

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Zukunft Wasserstoff (H₂)

**Taugt Wasserstoff
zum Beheizen
der eigenen Immobilie?**

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Vorstellung Referent

Wolfgang Schöllhammer

im früheren Leben Softwareentwickler

seit April 2019

Parents for Future Mainz

seit Dez. 2020

Redaktionsmitglied im bundesweiten
Parents for Future Newsletter

seit Nov. 2023

Rabenkopf BürgerEnergie (RaBE)
Wärme-AG

Kontakt: waerme@rabenkopf-energie.de

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Inhalt

- 1 Warum müssen wir weg von Öl und Gas?**
- 2 Heizen: gesetzliche Regelungen**
- 3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?**
 - 3.1 angesprochen: H₂-Ready-Heizung
 - 3.2 Verfügbarkeit
 - 3.3 Versorgungssicherheit
 - 3.4 Kosten
 - 3.5 Effizienz
- 4 Alternativen zum Heizen mit Wasserstoff**

Zukunft Wasserstoff (H₂)

1 Warum müssen wir weg von Öl und Gas?

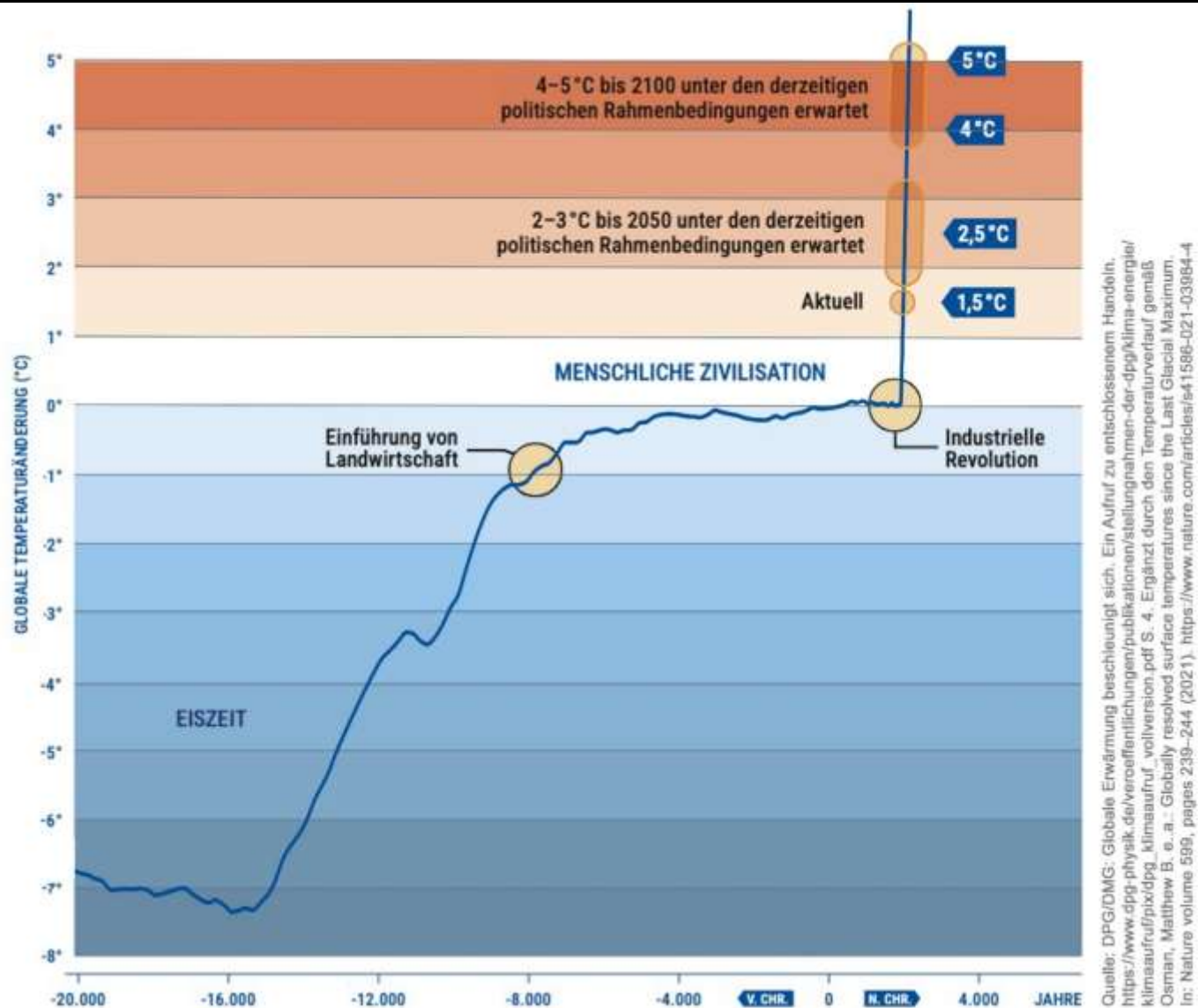
Erderhitzung hat 2024 die 1,5-Grad Schwelle überschritten

„Naturkatastrophen“ nehmen zu

Kipppunkte werden überschritten

Das Klima wartet nicht,
bis wir andere Herausforderungen bewältigt haben

Zukunft Wasserstoff (H₂)



Zukunft Wasserstoff (H₂)

Klimaschutz. Heizen.

Jedes Land muss seinen Beitrag leisten,
um wieder unter die 1,5-Grad-Schwelle zu kommen

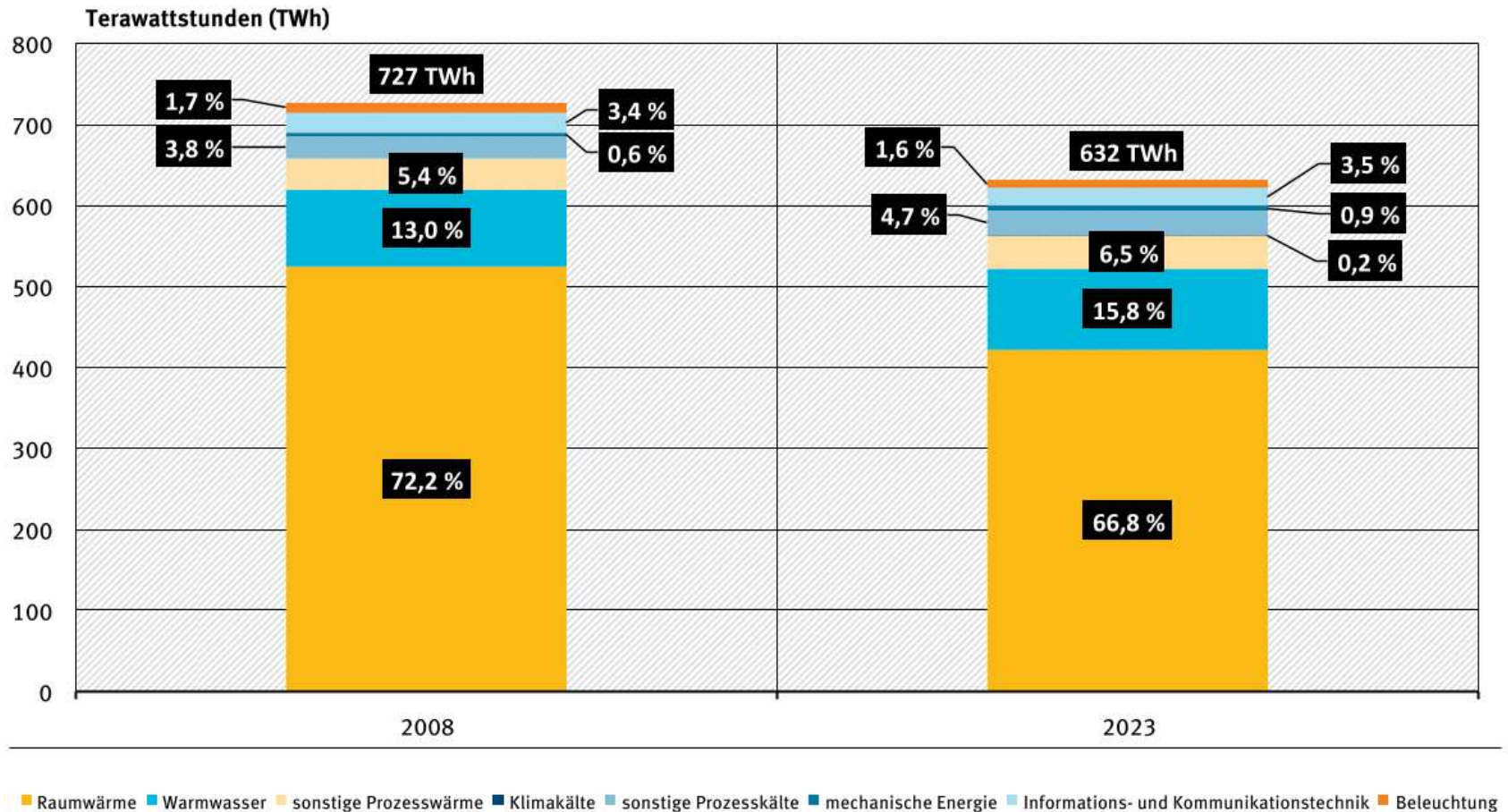
Deutsches Klimaziel: Klimaneutralität bis 2045

Der Wärmesektor verfehlt seit Jahren seine Reduktionsziele.

In privaten Haushalten entfallen über 80 % des
Energieverbrauchs auf Raumwärme und Warmwasser.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2023



Quelle: Eigene Darstellung des Umweltbundesamtes auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen, Stand 10/2024

Zukunft Wasserstoff (H₂)

2 Heizen: gesetzliche Regelungen

Regelungen für den Wärmesektor im

- Wärmeplanungsgesetz (WPG)
- Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Sie enthalten Bestimmungen u. a. zu

- Kommunale Wärmeplanung
- Anteil erneuerbarer Energien bei alten und neuen Heizungen
- Heizen mit Wasserstoff
- Übergangsregelungen

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Kommunale Wärmeplanung

Alle Kommunen müssen einen kommunalen Wärmeplan erstellen

- bis 30. Juni 2026 (für Kommunen > 100.000 Ew.)
- bis 30. Juni 2028 (für Kommunen ≤ 100.000 Ew.)
- Ziel: klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045
- Planung der Art der zukünftigen Wärmeversorgung

Der kommunale Wärmeplan kann Ausbaugebiete für Wärmenetze und Wasserstoffnetze ausweisen.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Vorgaben für neue Heizungsanlage (GEG)

Eine neue Heizungsanlage muss zu mindestens 65% mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme betrieben werden.

Als erneuerbare Energien gelten:

- Wärmenetze
- Wasserstoff und dessen Derivate (synth. Methan)
- Wärmepumpen
- Solarthermie
- Biomasse (Holz)

Es gibt Ausnahmen und Übergangsfristen.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Tabelle 1: Gesetzliche Vorgaben für neue Gasheizungen

Situation für neu zu installierende Gasheizungen ab 2024	Gesetzliche Regelung aus GEG und WPG
Neubauten (ab 01.01.2024)	65 % erneuerbare Energie sofort gültig
Bestandsgebäude vor Wärmeplanung	<p>Neue Gasheizung ab 2024 erlaubt, wenn H₂-ready. Wird eine neue Heizung eingebaut, bevor der Wärmeplan vorliegt, ist der Erneuerbare-Energien-Pflichtanteil geringer. In diesem Fall gelten folgende Quoten:</p> <ul style="list-style-type: none">• ab 2029 mindestens 15 % erneuerbare Energien• ab 2035 mindestens 30 % erneuerbare Energien• ab 2040 mindestens 60 % erneuerbare Energien
Nach Wärmeplanung	<p>65 %-EE-Pflicht greift</p> <p>Ausnahmen (Übergangsregelung) bei Wasserstoffnetzausbaugebieten, die in verbindlichen Fahrplänen (FAUNA¹¹) festgelegt wurden.</p> <p>Ab Ende 2044 vollständige Versorgung mit Wasserstoff.</p>
Beratungspflicht	Vor Einbau jeder gasförmigen oder flüssigen Heiztechnik (ab 1.1.2024)

Quelle: Fraunhofer IEG/ISI 2025: Heizen mit Wasserstoff

Zukunft Wasserstoff (H₂)

3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?

3.1 angesprochen: H₂-Ready-Heizung

3.2 Verfügbarkeit

3.3 Versorgungssicherheit

3.4 Kosten

3.5 Effizienz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

H₂-Ready-Gasheizungen



Quelle: Vaillant-Homepage / www.vaillant.de/heizung/klima-foerderung/heizen-mit-wasserstoff/

Zukunft Wasserstoff (H₂)

„H2-Ready“ Gasheizungen: Das Versprechen

Die Wärmeversorgung klapp so unkompliziert wie bisher

Die Gasinfrastruktur wird einfach auf Wasserstoff umgestellt

Mit einer H2-Ready-Gasheizung sind Sie auf dem richtigen Weg

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Was bedeutet „H2-Ready“?

H2-Readyness ist unscharf definiert.

Zwei Bedeutungen:

- Heizung verträgt Beimischung von 20 Volumenprozent (Vol-%) Wasserstoff
- Umrüstung auf reinen Wasserstoffbetrieb möglich

Zukunft Wasserstoff (H₂)

H2-Ready: „verträgt 20 Vol-% H₂-Beimischung“

Problematisch:

- Viele ältere Gasbrenner (vor 2020 eingebaut) vertragen nur 10 Vol.-% Wasserstoff
- Für eine Beimischung von 20 Vol.-% Wasserstoff müssten die Altgeräte umgerüstet oder ausgetauscht werden
- 20 Vol.-%-Beimischung ersetzt energetisch nur 7 Prozent des Erdgases – geringer Nutzen bei hohem Aufwand.
- Eine 20%-H2-ready-Gasheizung läuft bis auf weiteres als normale klimaschädliche Erdgasheizung

Zukunft Wasserstoff (H₂)

100%-H₂-Ready: „Umrüstbar auf 100% Wasserstoff“

Problematisch:

- Ohne Umrüstung kein reiner Wasserstoffbetrieb möglich
- Komponenten der Heizung und der Zuleitung sowie der Zähler müssen i.d.R. umgerüstet/ausgetauscht werden
- Umrüstkits sind noch in der Entwicklung
- Umrüstkosten können noch nicht angegeben werden
- Gasnetz muss für alle Netzkunden auf reinen Wasserstoff umgestellt werden
- Eine 100%-H₂-ready-Gasheizung läuft bis auf weiteres als normale klimaschädliche Erdgasheizung

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Heizen mit Wasserstoff: die Prüfung

Ein Heizsystem auf Basis von Wasserstoff muss anhand folgender Aspekte beurteilt werden:

- **Verfügbarkeit** – Gibt es genug Wasserstoff?
- **Versorgungssicherheit** – Abhängigkeit von Importen und Infrastruktur
- **Kosten** – Bezahlbarkeit für alle
- **Effizienz** – Ressourcenschonende Transformation

Zukunft Wasserstoff (H₂)

3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?

3.1 angepriesen: H₂-Ready-Heizung

3.2 Verfügbarkeit

3.3 Versorgungssicherheit

3.4 Kosten

3.5 Effizienz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Verfügbarkeit von Wasserstoff

Produktionsverfahren sehr unterschiedlich:

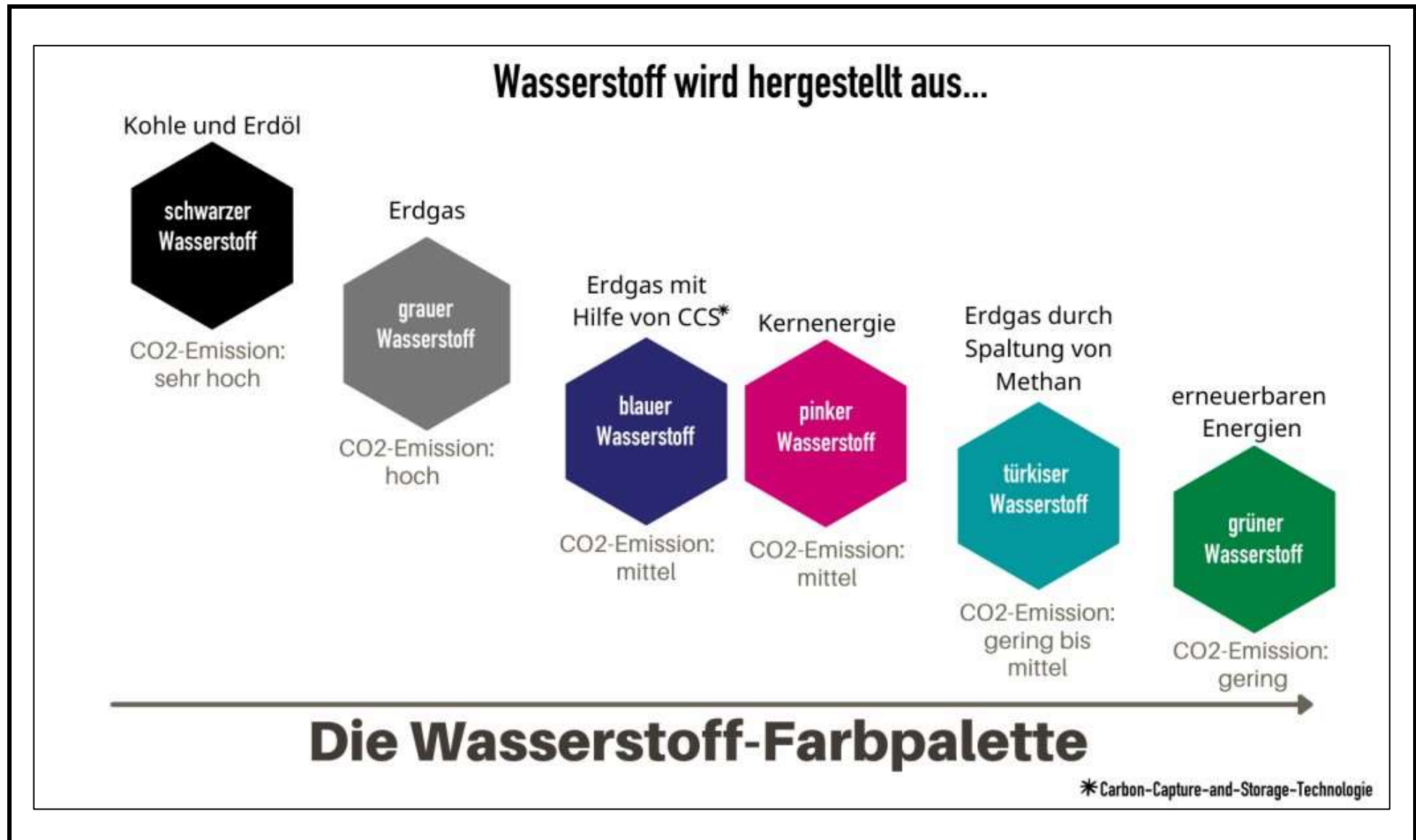
- Ausgangsstoff: Wasser, Kohle, Erdöl, Erdgas
- Energiequelle: Strom, Atom, fossile Energie
- Treibhausgase: ja/nein, Umgang damit

Zur Unterscheidung der Produktionsprozesse bekommt der erzeugte Wasserstoff eine Farbe, z.B. grau, blau, grün

Aktuelle Produktion von Wasserstoff ist gering.

Fast ausschließlich Produktion von grauem Wasserstoff

Zukunft Wasserstoff (H₂)



Zukunft Wasserstoff (H₂)

Grauer Wasserstoff

- Hergestellt aus Erdgas durch Dampfreformierung
- Klimaschädliches CO₂
- Zusätzlich sehr klimaschädliches Methan in der Vorkette (Methanleckagen bei Förderung, Transport und Verarbeitung)
- Methan ist hochgradig klimawirksam:
Im 20-Jahre-Zeitraum 81-mal wirksamer als CO₂
(GWP20 = 81,2, GWP100 = 27,9)

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Blauer Wasserstoff

- Produktion identisch mit grauem Wasserstoff
- Klimaschädliches CO₂ wird (unvollständig) abgefangen
- CO₂ wird alternativ
 - industriell genutzt (CCU, Carbon Capture and Utilization)
 - unterirdisch gespeichert (CCS, Carbon Capture and Storage)
- CCS ist aufwändig, teuer, umstritten
- Methanleckagen in der Vorkette bleiben ungelöst

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Grüner Wasserstoff

- Hergestellt in Elektrolyseuren aus Wasser mithilfe erneuerbarer Energien
- Großer Energie- und Süßwasserbedarf
- Nur Sauerstoff als „Abgas“
- Keine Methanleckagen in der Vorkette

Nur grüner Wasserstoff ist nachhaltig!

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoff: Import oder Inlandsproduktion?

Inlandsproduktion nicht ausreichend

Import:

- Bessere Energievoraussetzungen (Sonnenscheinintensität)
- Süßwasser oft knapp; Meerwasserentsalzung?
- Transportinfrastruktur erforderlich (Pipelines, Schiffe, Hafenanlagen)

Herstellungskosten:

- Hoch wg. hohem Energieeinsatz
- Kein großer Unterschied bei Import und Inlandsproduktion

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoff: Nachfragekonkurrenz (1)

Wasserstoff dringend benötigt für

- bestimmte Industriezweige
(Eisen/Stahl, Zement, Düngemittel, Chemie etc.)
- Langstrecken-Luftfahrt
- Langfrist-Stromspeicher für Dunkelflauten

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

(Schätzungen nach M. Liebreich 2023, Version 5.0)

Alternativlos



Unwirtschaftlich

* Als mittels Wasserstoffs erzeugte E-Fuels, Methan oder Ammoniak

Michael Liebreich 2023, Übersetzung G. Hagedorn, CC BY 4.0

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoff: Nachfragekonkurrenz (2)

Nicht genügend Wasserstoff verfügbar?

Versorgung der Industrie & Co. muss gesichert werden

Vorrangige Bedarfsdeckung möglich über:

- Preismechanismus (teuer für die Industrie!)
- gesetzlicher Vorrang für best. Einsatzbereiche

Bleibt genug Wasserstoff für das Heizen übrig?

Zukunft Wasserstoff (H₂)

3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?

3.1 angepriesen: H₂-Ready-Heizung

3.2 Verfügbarkeit

3.3 Versorgungssicherheit

3.4 Kosten

3.5 Effizienz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoff: Versorgungssicherheit

Wasserstoff-Import:

- Bezug oft aus totalitären Staaten
- Sicherheit von Schiffsrouten und Pipelines

Netz-Infrastruktur:

- Wann steht das Kernnetz zur Verfügung?
- Werden die Verteilnetze auf Wasserstoff umgerüstet?

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoffnetzausbaubereich: Planung

Im GEG / WPG sind die Voraussetzungen für die Ausweisung von Wasserstoffnetzausbaubereichen festgelegt:

- Gasnetzbetreiber müssen einen Umstellungsfahrplan erstellen
- Plan ist von der Bundesnetzagentur zu genehmigen
- Muss technische, zeitliche und Finanzierungsdetails enthalten
- Muss die verbleibenden Treibhausgasemissionen berücksichtigen

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wasserstoffnetzausbaubereich: Umsetzung

Umsetzung des Fahrplans wird von der Bundesnetzagentur kontrolliert.

Bei unzureichender Umsetzung

- wird die Errichtung des Wasserstoffnetzes beendet
- müssen bestehende Heizungen nach 3 Jahren den Anforderungen entsprechen
- muss der Netzbetreiber die Gebäudeeigentümer für die Mehrkosten entschädigen

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Verteilnetze: Kostenrisiko für Gasnetzbetreiber

Eine Umstellung von Gasnetzen auf Wasserstoff ist mit hohen Kostenrisiken für die Betreiber verbunden:

- Netzumstellungskosten zusätzlich zu üblichen Wartungskosten
- Anzahl Gaskunden nimmt ab wegen Umstieg auf Wärmepumpen
- Regresspflicht bei Scheitern der Umstellung

Fazit: Eine Umrüstung der Verteilnetze auf Wasserstoff wird in aller Regel nicht stattfinden.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?

3.1 angepriesen: H₂-Ready-Heizung

3.2 Verfügbarkeit

3.3 Versorgungssicherheit

3.4 Kosten

3.5 Effizienz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Heizen mit Wasserstoff: Investitions- und Verbrauchskosten

Die Heizkosten setzen sich zusammen aus

- Investitionen in die Heizungsanlage
- Infrastrukturkosten (Speicherung, Transport, Verteilnetz)
- Kosten der Wasserstoffproduktion
- Steuern, Abgaben

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Investitionen in die Heizungsanlage

Folgende Investitionen stehen an:

- 100% H₂-Ready-Gasheizung
- Umrüstkit auf 100% Wasserstoffbetrieb
- Neuer Gaszähler
- Div. neue Netzanschlusskomponenten
- Evtl. Austausch der Gasleitungen im Haus
- Arbeitskosten

Der Kauf einer 100%-H₂-Ready-Gasheizung macht nur rund die Hälfte der Investitionskosten aus.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Investitionen in die Heizungsanlage

Tabelle 2: Nötige Investition für Gebäude in eine H₂-ready-Gasheizung und Umrüstung auf 100 Prozent Wasserstoff in einem Einfamilienhaus

Gebäudeseitige Voraussetzung	Investitionen in €
Gasheizung (100%-H ₂ -ready), inkl. Installation	6.000 – 17.000
Umrüstkit auf 100% H ₂ (Tausch von Brenner, Sensoren, Kabel der Gasheizung) auf 100% H ₂	300 - 1.000
Einbau Umrüstkit durch Fachbetrieb	200 – 500
Balgengaszähler Wasserstoff mit Einbau	300 – 1200
Hausanschluss ³⁰	4.500 - 5.500
Gasleitungen im Haus	Individuell je nach aktueller Installation (0 – 2.000€)
Gesamtinvestition	11.300 – 27.200

Quelle: Fraunhofer IEG/ISI 2025: Heizen mit Wasserstoff

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Infrastrukturkosten

Zusatzkosten für die Gasverteilnetze:

- Umrüstung des existierenden Gasnetzes oder Neuerrichtung eines Wasserstoffnetzes

Infrastrukturkosten werden üblicherweise über den Grundpreis auf die Kunden umgelegt.

Abnehmende Kundenzahl bedeutet höherer Grundpreis für die verbleibenden Kunden.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Kosten der Wasserstoffproduktion

Genaue Kostenentwicklung ist nicht vorhersagbar.

Wasserstoff wird auf absehbare Zeit (mind. 20 Jahre) teuer bleiben, denn

- Herstellung von (grünem) Wasserstoff ist ineffizient.
- Die Gebäudeheizung steht in Konkurrenz zu anderen Einsatzbereichen.
- Die Nachfrage wird lange das Angebot übersteigen.
- Hohe Nachfrage treibt die Kosten hoch.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

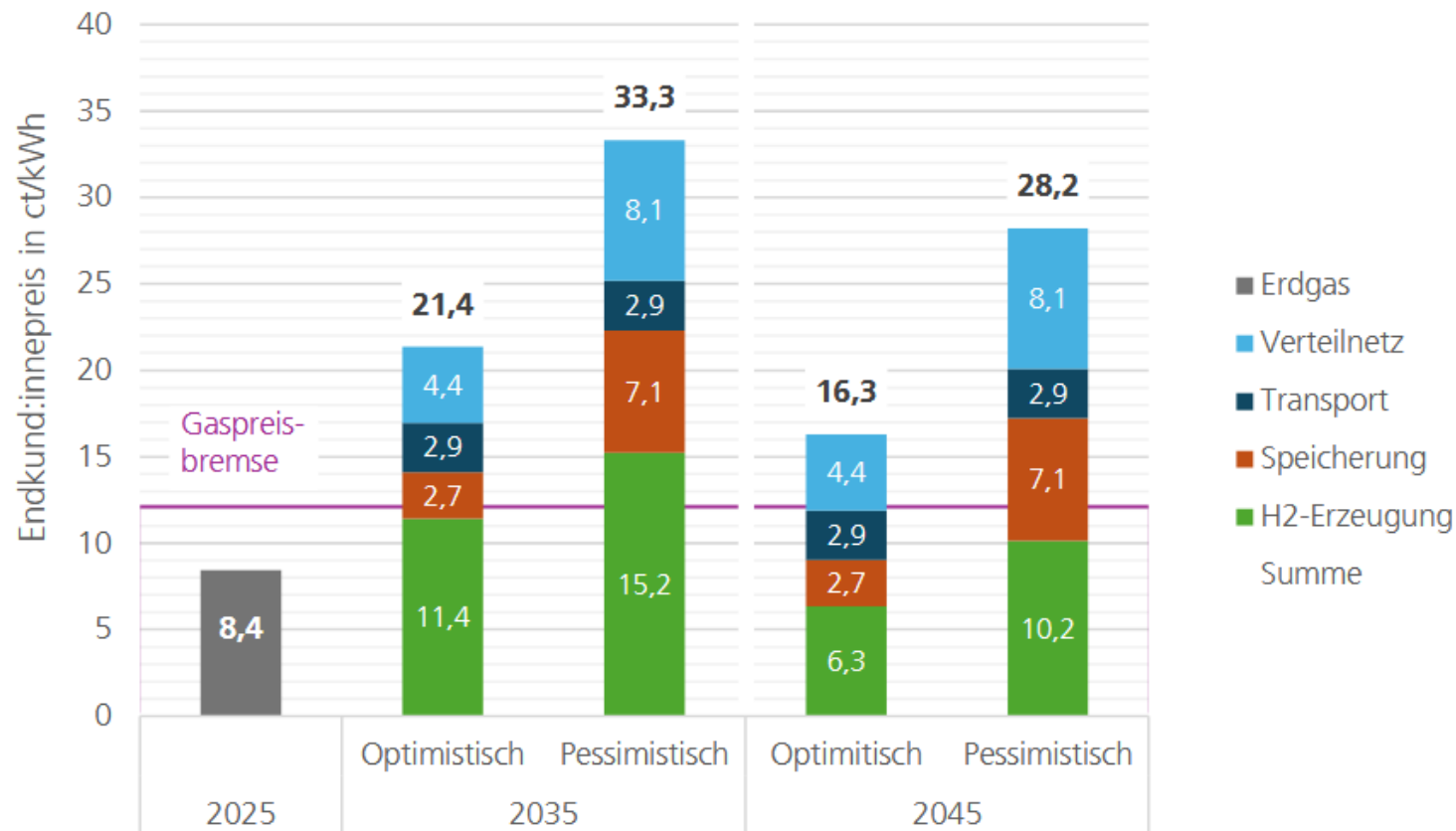
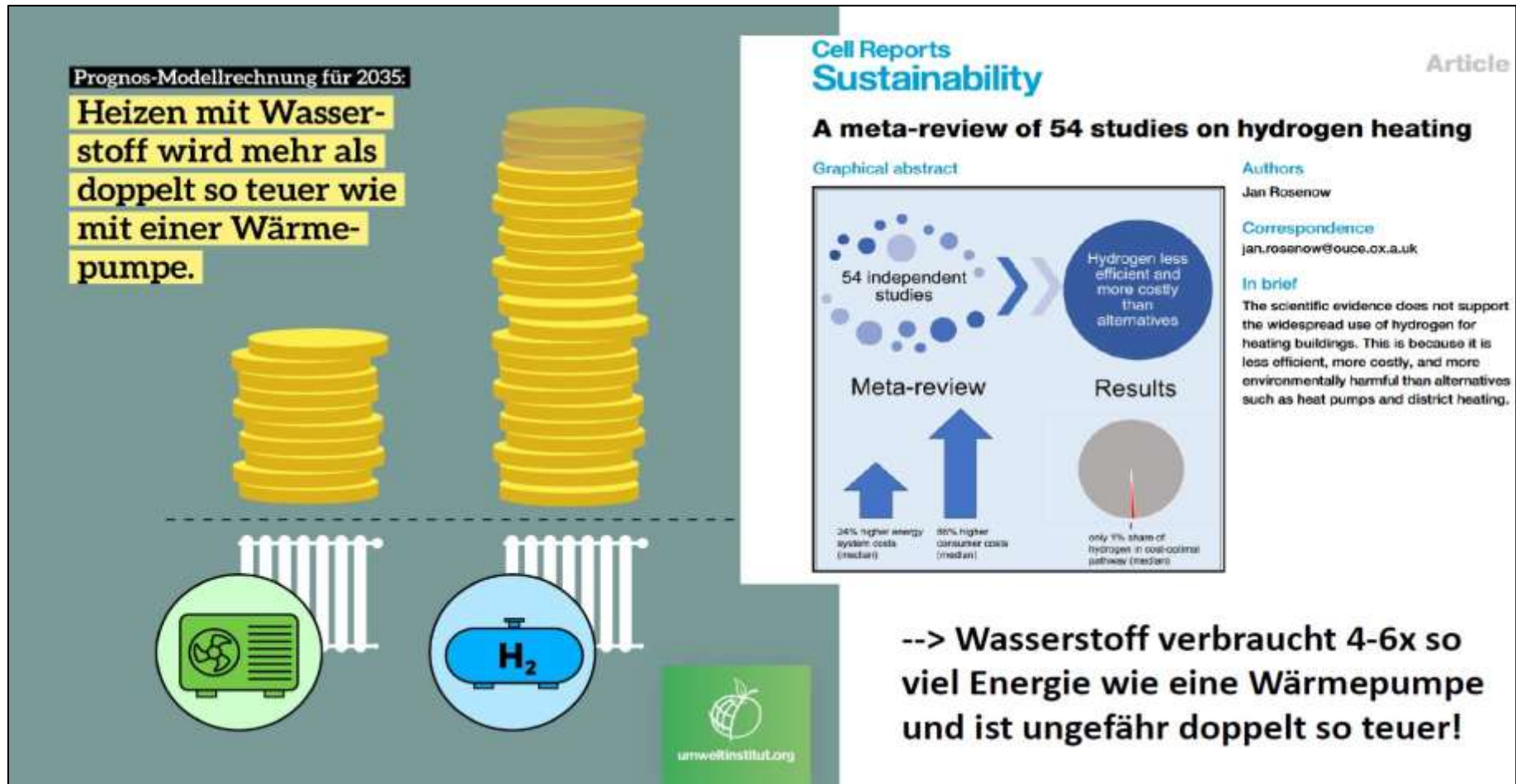


Abbildung 4: Resultierende Endkund:innenpreise in 2035 und 2045 sowie zum Vergleich der aktuelle Gaspreis (2025). Alle Angaben – auch Erdgas – ohne Steuern, Abgaben und Umlagen.

Quelle: Fraunhofer IEG/ISI 2025: Heizen mit Wasserstoff

Zukunft Wasserstoff (H_2)

Kostenvergleich: Wasserstoffheizung – Wärmepumpe



Quelle: Umweltinstitut München, Basis: Jan Rosenow (2023): Meta Review of 54 studies on hydrogen heating

Zukunft Wasserstoff (H₂)

3 Heizen mit Wasserstoff – eine gute Lösung?

3.1 angepriesen: H₂-Ready-Heizung

3.2 Verfügbarkeit

3.3 Versorgungssicherheit

3.4 Kosten

3.5 Effizienz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

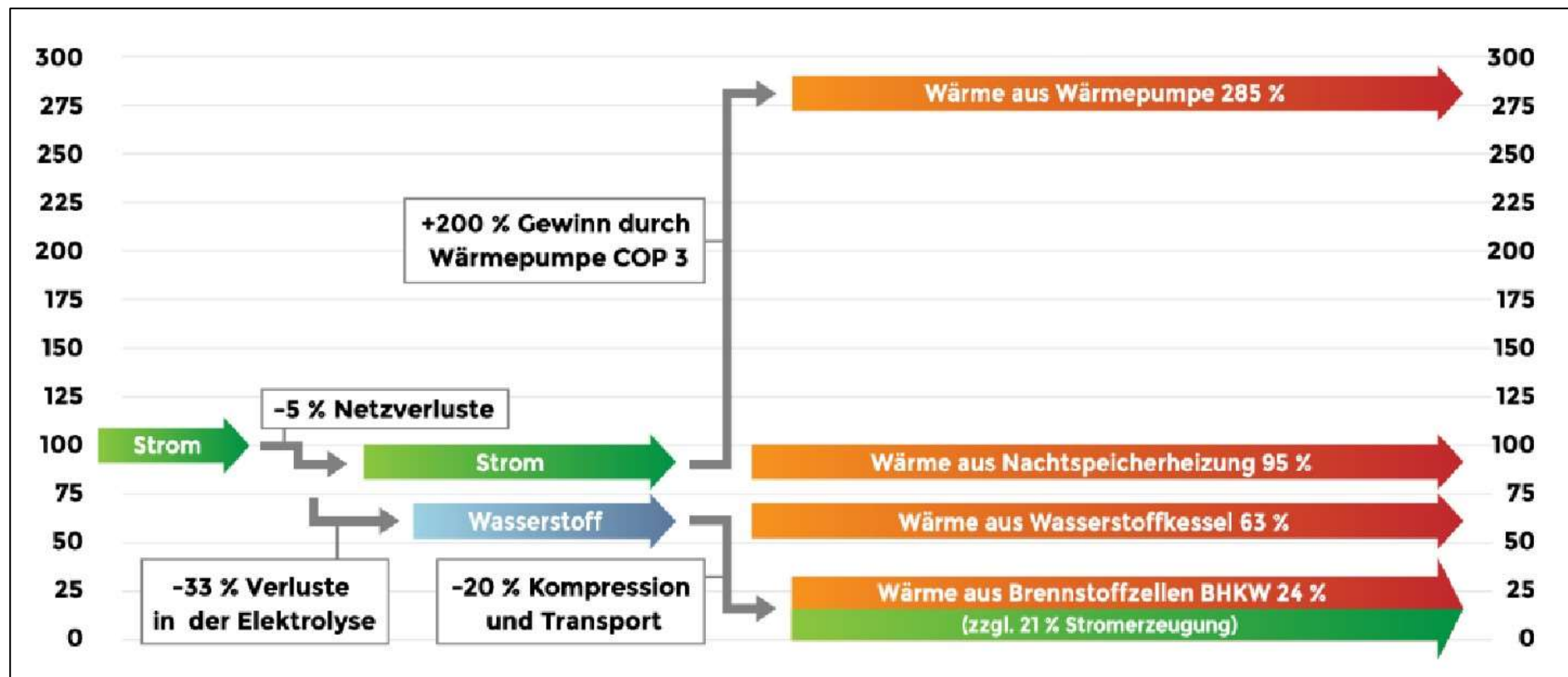
Heizen mit Wasserstoff: eine effiziente Lösung?

Wasserstoffheizungen sind im Vergleich zu Wärmepumpen sehr ineffizient:

- Der Energiebedarf ist 5- bis 6-mal so hoch
- Mehr Windräder und Freiflächen-PV-Anlagen erforderlich
- Zusätzliche Investitionen in die Infrastruktur (Stromnetz, Elektrolyseure, Gasverteilnetze etc.)
- Mehr Wasserstoff muss importiert werden

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Grobe Abschätzung der Verluste und Gewinne bei der Umwandlung von Strom in Raumwärme



Quelle: Scientists for Future (Clausen et al.) 2024: Die Wärmewende

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Tabelle 1: Vergleich der Versorgung von Wärmekunden mit einem Bedarf von 179 TWh/a durch Wasserstoff oder durch Heizen mit Wärmepumpen

	Heizen mit Wasserstoff	Heizen mit Wärmepumpen
Wärmebedarf, der nach Ansicht des DVGW über das Erdgasnetz auch zukünftig gedeckt werden sollte	179 TWh	179 TWh
Für die Bereitstellung der Wärme erforderlicher Strombedarf incl. Übertragungsverluste und Elektrolyse von Wasserstoff, aber ohne Stromspeicherverluste	271 TWh	53,8 TWh
Notwendige zusätzliche Zahl an Windrädern	13.950	2.790
Erforderlich Fläche für Freiflächen-Photovoltaikanlagen	1.135 km ²	222 km ²
Heizkosten pro Haus (14.000 kWh _{therm}) und Jahr	4.000 €	1.600 €
Neu installierte Leistungen im Stromnetz, die zu hohen Netzausbaukosten führen, bei 50 % Wasserstoffimport	40 GW	30 GW
Investitionen in Energieerzeugung (Wind + PV)	169 Mrd. €	33 Mrd. €
Investitionen in Elektrolyseanlagen	56 Mrd. €	0 Mrd. €
Kosten für neue Heizgeräte in den Gebäuden	75 Mrd. €	188 Mrd. €
Kosten für die Umstellung der Erdgasnetze auf H ₂	253 Mrd. €	0 €
Teilsumme Investitionen, soweit sie hier abgeschätzt wurden	553 Mrd. €	221 Mrd. €

Quelle: Borderstep Institut, alle Annahmen siehe Kap. 3.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Heizen mit Wasserstoff: keine effiziente Lösung!

Ineffizienz bedeutet:

- Hohe Kosten für Versorger und Verbraucher
- Verschwendung von Ressourcen, die an anderer Stelle für den Klimaschutz eingesetzt werden könnten.

Zukunft Wasserstoff (H₂)

**Taugt Wasserstoff
zum Beheizen
der eigenen Immobilie?**

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Heizen mit Wasserstoff: eine schlechte Wahl

Zu teuer

- Wasserstoffpreise für lange Zeit hoch
- Steigende Infrastrukturkosten pro Kunde

Versorgung nicht gesichert

- Begrenztes Angebot an grünem Wasserstoff
- Nachfragekonkurrenz (Industrie, Flugverkehr, Stromnetz)
- „Wasserstoffausbaubereiche“ unwahrscheinlich

Klimaschädlich

- Vergeudung von Ressourcen
- Verlängerter Einsatz von Erdgas

Zukunft Wasserstoff (H₂)



„Heizen mit Wasserstoff ist wie Duschen mit Champagner“

Prof. Dr. Claudia Kemfert

Zukunft Wasserstoff (H₂)

4 Alternativen zum Heizen mit Wasserstoff

Wärmepumpe

(Warme) Fernwärme

Kalte Nahwärme

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Wärmepumpe

Geeignet für lockere und mäßig dichte Bebauung

Verbreitete Varianten:

Luft-Wasser-Wärmepumpe

- Entzieht der Außenluft die Wärmeenergie
- Verteilt die Wärme über wassergeführte Heizkörper

Sole-Wasser-Wärmepumpe

- Entzieht dem Erdreich über Erdsonden „kalte“ Erdwärme (oberflächennahe Geothermie bis max. 400 m Tiefe)
- Wärmepumpe im Gebäude entzieht der Sole die Wärme
- Verteilung der Wärme über wassergeführte Heizkörper

Zukunft Wasserstoff (H₂)

(Warme) Fernwärme

Geeignet für dichte Bebauung

Zentrale Wärmeversorgung

- Versorgung der Gebäude mit Fernwärme (z. B. 80°C) von einer Heizzentrale
- Heizzentrale muss Wärme nachhaltig erzeugen
- Wärmetauscher übertragen die Wärme in das hausinterne wassergeführte Heizsystem
- Gesamtplanung für ein Versorgungsgebiet erforderlich
Dynamischer Ausbau nicht möglich

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Kalte Nahwärme

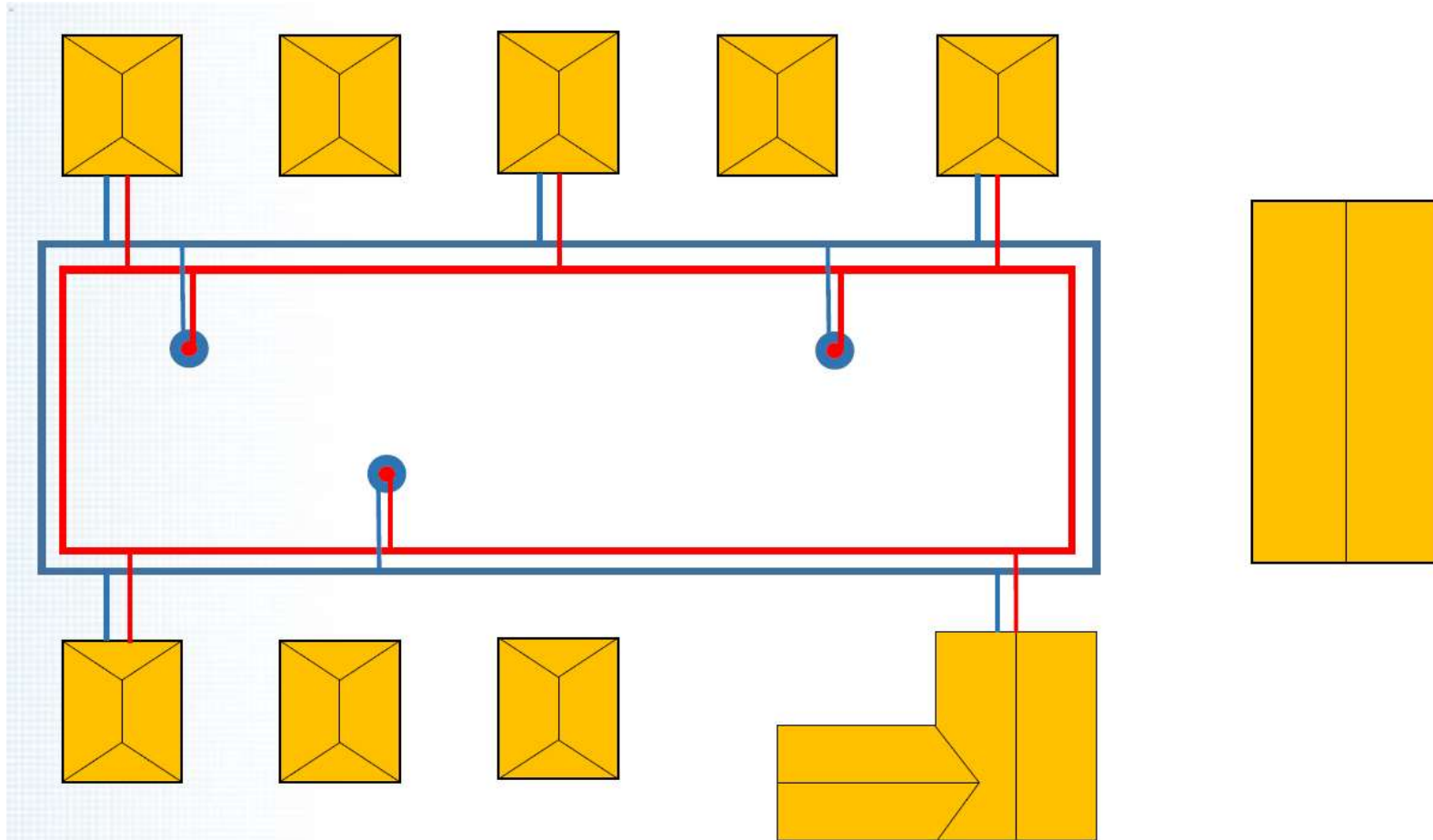
Geeignet für mäßig dichte und dichte Bebauung

Netzlösung mit Sole-Wasser-Wärmepumpen:

- Entzieht dem Erdreich über Erdsonden „kalte“ Erdwärme (oberflächennahe Geothermie bis max. 400 m Tiefe)
- Mehrere Erdsonden in einem Nahwärmenetz versorgen mehrere Gebäude mit „kalter“ Erdwärme
- Wärmepumpen in den Gebäuden entziehen der Sole die Wärme
- Verteilung der Wärme über wassergeführte Heizkörper
- Dynamischer Ausbau möglich

Zukunft Wasserstoff (H_2)

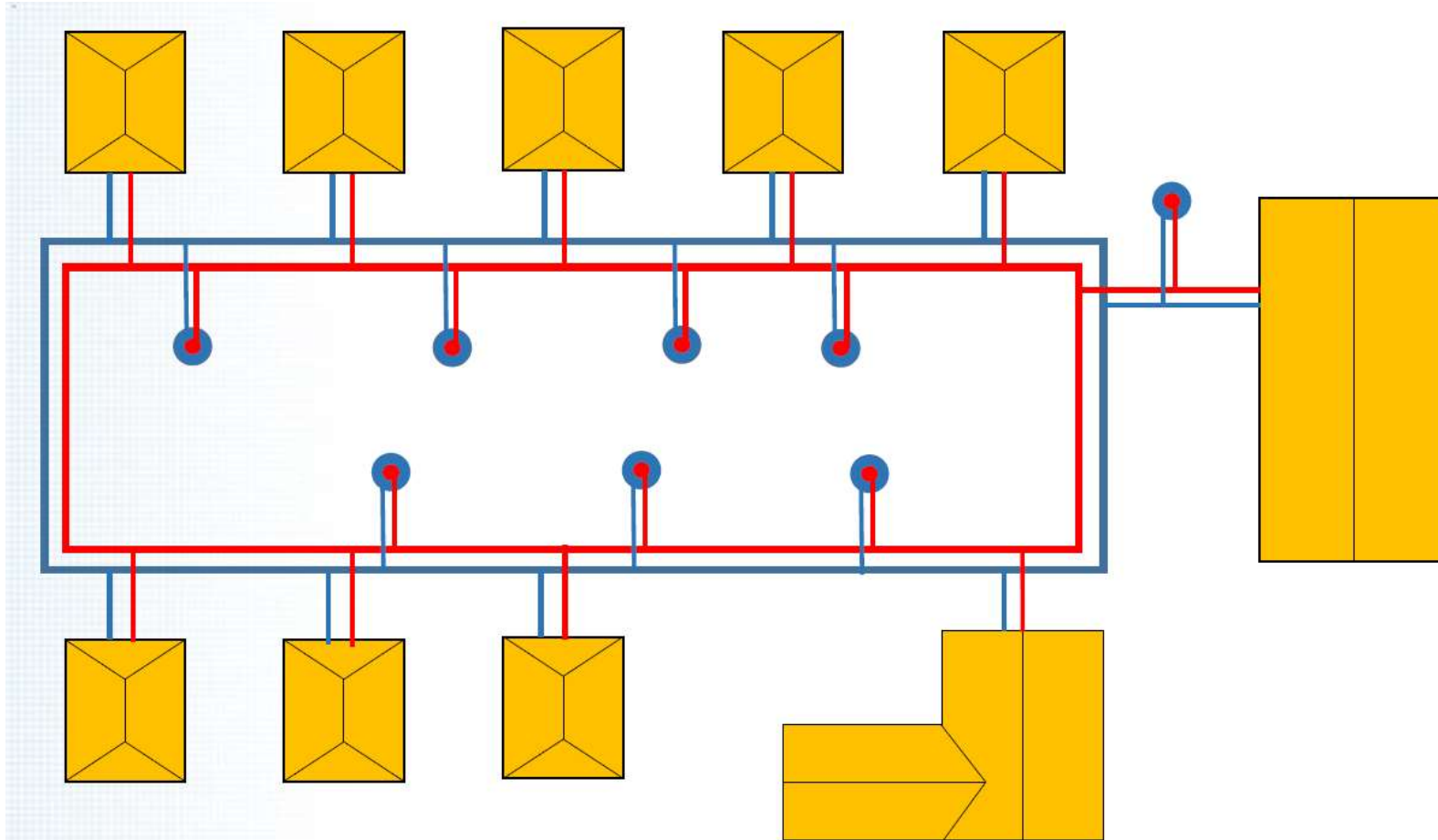
Kaltes Nahwärmenetz: Start



Quelle: Prof. Thomas Giel, Hochschule Mainz

Zukunft Wasserstoff (H_2)

Kaltes Nahwärmenetz: Vollausbau



Quelle: Prof. Thomas Giel, Hochschule Mainz

Zukunft Wasserstoff (H₂)

**Vielen Dank
Für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Zukunft Wasserstoff (H₂)

Quellen (Auswahl)

Fraunhofer IEG/ ISI: Heizen mit Wasserstoff. Aufwand und Kosten für Haushalte anhand aktueller Daten und Prognosen (Kurzstudie im Auftrag von Greenpeace), Oktober 2025

https://www.greenpeace.de/publikationen/251014_Studie_Heizen_mit_Wasserstoff_20251013.pdf

UBA: Energieverbrauch privater Haushalte (7.2.2025)

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte>

Borderstep: Diskussionspapier. Das Erdgasnetz, das Heizen mit Wasserstoff und die Wärmepumpe (2024)

<https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2024/05/2024-Erdgasnetz-Heizen-mit-H2-Waermepumpe-.pdf>

Hagedorn, G.: Einsatzbereich sauberen Wasserstoffs V.5 Deutsch, 2024, nach Michael Liebreichs »Clean Hydrogen Ladder 5.0«, (2023) <https://zenodo.org/records/10793833>

Lobbycontrol: Wasserstoff. Der Stoff aus dem die Träume der Gaslobby sind (29.01.2021)

<https://www.lobbycontrol.de/lobbyismus-und-klima/wasserstoff-der-stoff-aus-dem-die-traeume-der-gaslobby-sind-84977/>

Umweltinstitut München: Wasserstoff: zu teuer zum Verheizen

<https://umweltinstitut.org/energie-und-klima/wasserstoff/heizen-mit-wasserstoff/>

Zukunft Wasserstoff (H₂)