



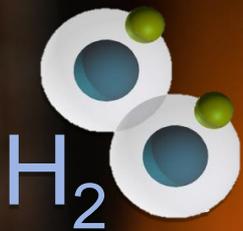
HEIZUNG

**MIT WASSERSTOFF
HEIZEN?**

 **Allgäuer
Altbautage**

Hochschule
Kempten
University of Applied Sciences 

eza!
Energie- und
Umweltzentrum Allgäu



VISION

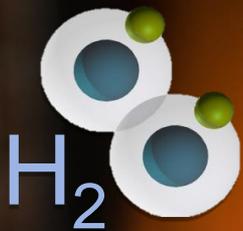
HEIZEN MIT WASSERSTOFF

Wasserstoff: Klimaneutraler Brennstoff für die Hälfte aller Haushalte & für das gesamte Gewerbe, Handwerk und den industriellen Mittelstand

Brennwertkessel und Brennstoffzelle – effiziente Wärmezeugung für den Gebäudesektor

Gasnetz und Heizgeräte werden **H₂-ready**

Wasserstoff über die Gasverteilnetze für alle nutzbar machen



VISION

HEIZEN MIT WASSERSTOFF

IST WASSERSTOFF KLIMANEUTRAL?

SIND WASSERSTOFF-HEIZUNGEN EFFIZIENT?

WIEVIEL WASSERSTOFF WIRD VERFÜGBAR SEIN?

WAS BEDEUTET H2-READY?



INHALT

1. Wasserstoffproduktion
2. Effizienz Wasserstoff-Heizungen
3. Wasserstoffverfügbarkeit & -verteilung
4. H2-Ready
5. Zusammenfassung

WASSERSTOFFGEWINNUNG

Grüner Wasserstoff

- wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt
- und ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt



Türkiser Wasserstoff (fossil) → ähnliche CO_{2e}-Bilanz wie grauer H₂ und nicht marktreif

- wird über thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt
- anstelle von CO₂ entsteht fester Kohlenstoff, der nicht in die Atmosphäre gelangt

Blauer Wasserstoff (fossil) → ähnliche CO_{2e}-Bilanz wie grauer H₂

- grauer Wasserstoff, dessen CO₂ bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert wird (CCS)
- das bei der Wasserstoffproduktion erzeugte CO₂ gelangt nicht in die Atmosphäre

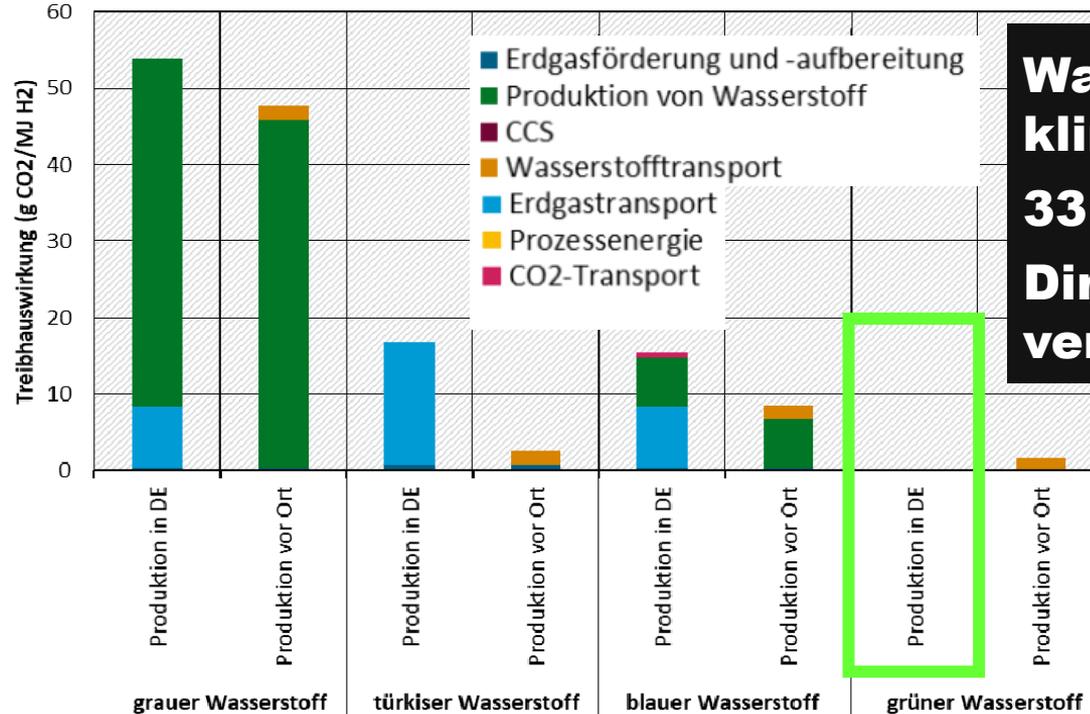
Grauer Wasserstoff (fossil) → heute werden 55 - 60 TWh insb. in der Öl- und Gasindustrie produziert, ca. 2% CO_{2e}-Emissionen in Deutschland

- wird aus fossilen Brennstoffen gewonnen
- in der Regel wird der Wasserstoff durch Dampfreformierung gewonnen
- das CO₂ wird in die Atmosphäre abgegeben und verstärkt den Treibhauseffekt
- bei der Produktion 1 t Wasserstoff entstehen ~10 t CO₂



EMISSIONEN WASSERSTOFFPRODUKTION

Emissionen in einem Erneuerbaren Energiesystem



Wasserstoffemissionen sind klimaschädlich

33 CO_{2e}

Direkte Emissionen müssen vermieden werden



INHALT

1. Wasserstoffproduktion
2. **Effizienz Wasserstoff-Heizungen**
3. Wasserstoffverfügbarkeit & -verteilung
4. H2-Ready
5. Zusammenfassung

H2-READY BRENNWERTKESSEL

Gesamtwirkungsgrad ca. 66 %

Windkraft/
Photovoltaik



Grüner Strom

Elektrolyseur
ca. 75 %



Grüner H₂

Speicherung
und Verteilung
ca. 90 %



Grüner H₂

H2-Ready
Brennwertkessel
ca. 98 %



Wärme



ENERGETISCHER VERGLEICH

H₂-Brennwertkessel
 $\eta = 66\%$ (Strom zu Wärme)



6,2

34.800 kWh

Elektrolyse 75%

26.100 kWh

Verteilung, Speicherung,
Kompression 90%

23.500 kWh

Brennwertkessel
 $\eta = 98\%$

Luft-Wärmepumpe
 $\eta = 310\%$
(Strom zu Wärme)



1,3

7.400 kWh

Erd-Wärmepumpe
 $\eta = 410\%$
(Strom zu Wärme)



1

5.600 kWh

**BETRIEB VON H₂-
HEIZUNGEN UM
FAKTOREN TEURER**

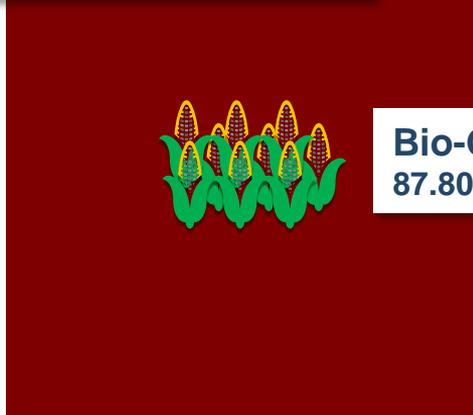
23.000 kWh Wärme



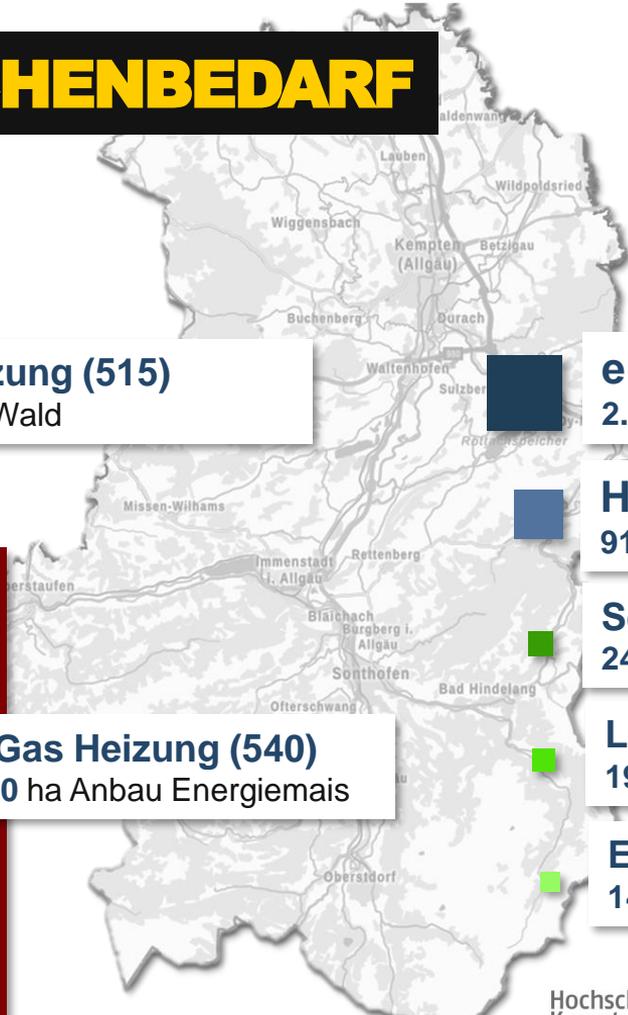
VERGLEICH FLÄCHENBEDARF



Holz Heizung (515)
76.270 ha Wald



Bio-Gas Heizung (540)
87.800 ha Anbau Energiemais



10 km

Kempten + Oberallgäu
Wärmebedarf *: ~1.400 GWh
Fläche: 159.100 ha
* Nur Raumwärme und Warmwasser in Gebäuden

eFuel-Heizung (15)
2.235 ha Photovoltaik

H₂-Heizung (6,2)
917 ha Photovoltaik

Solarthermie (1,6) (COP3,1)
242 ha Photovoltaik

Luft-Wärmepumpe (1,3) (COP3,1)
196 ha Photovoltaik

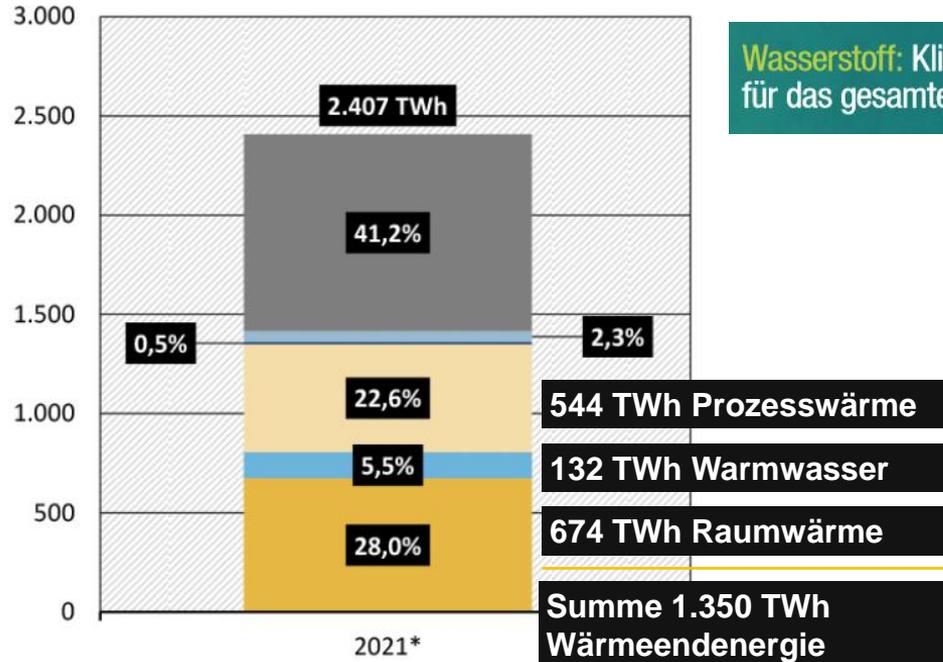
Erd-Wärmepumpe (COP4,1)
148 ha Photovoltaik



INHALT

1. Wasserstoffproduktion
2. Effizienz Wasserstoff-Heizungen
3. **Wasserstoffverfügbarkeit & -verteilung**
4. H2-Ready
5. Zusammenfassung

ANTEIL DES WÄRMEVERBRAUCHS AM ENDENERGIEVERBRAUCH



Wasserstoff: Klimaneutraler Brennstoff für die Hälfte aller Haushalte & für das gesamte Gewerbe, Handwerk und den industriellen Mittelstand

GEDANKENEXPERIMENT

Hätte man 50% des (675 TWh) Wärmeverbrauchs von 2021 mit grünem Wasserstoff gedeckt, hätte man

CA. 1.000 TWH

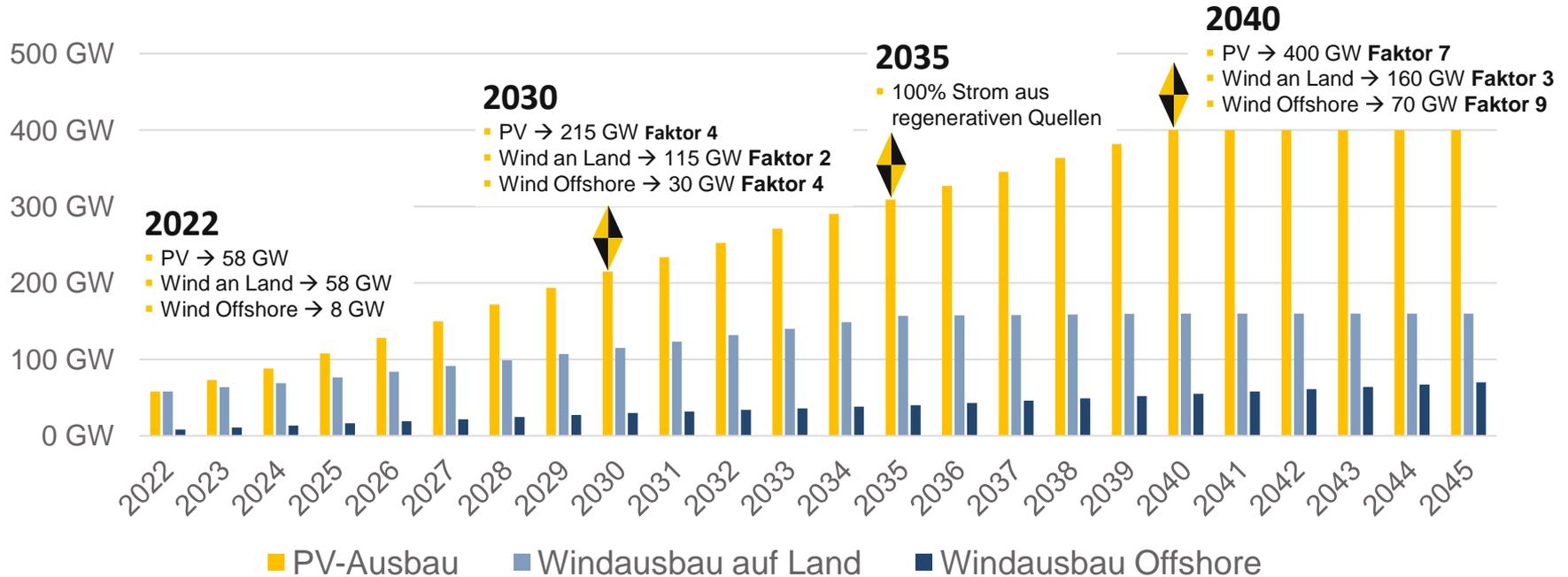
grünen Strom für die Produktion von

CA. 690 TWH

Wasserstoff benötigt

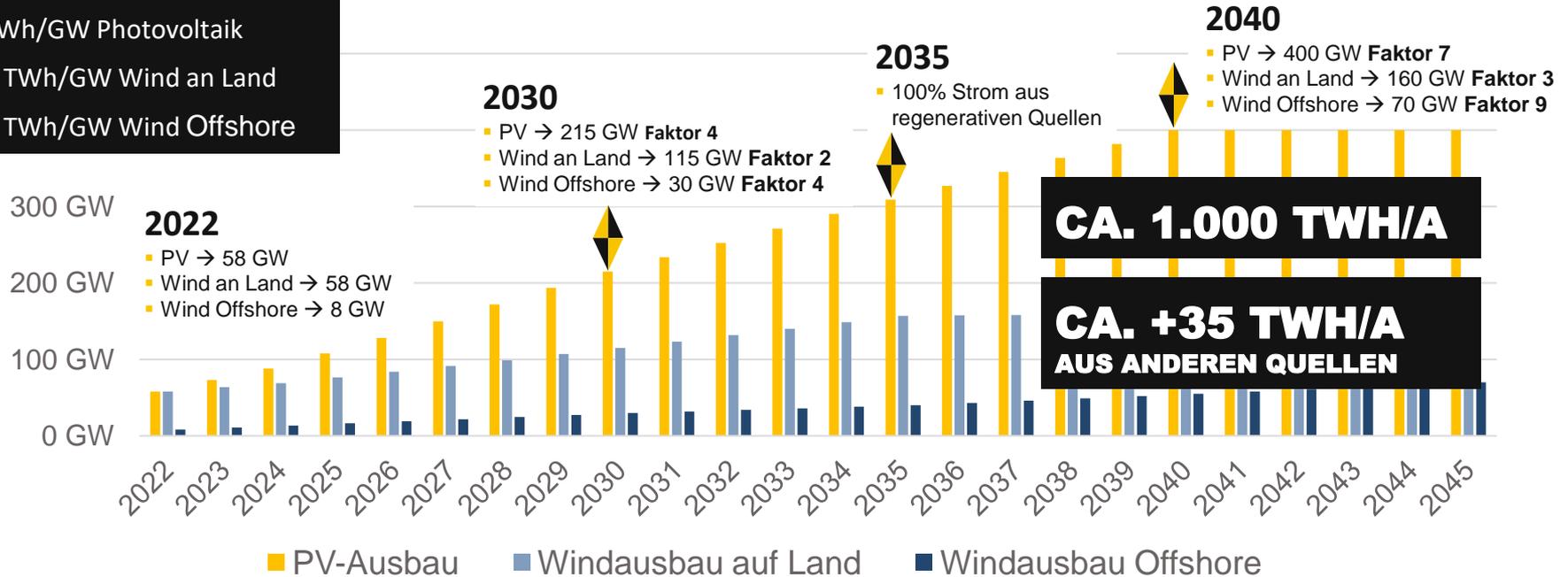
■ Raumwärme ■ Warmwasser ■ sonstige Prozesswärme ■ Klimakälte ■ sonstige Prozesskälte ■ übrige Anwendungsbereiche

AUSBAUPFADE NACH EEG23 UND WINDSEEG23

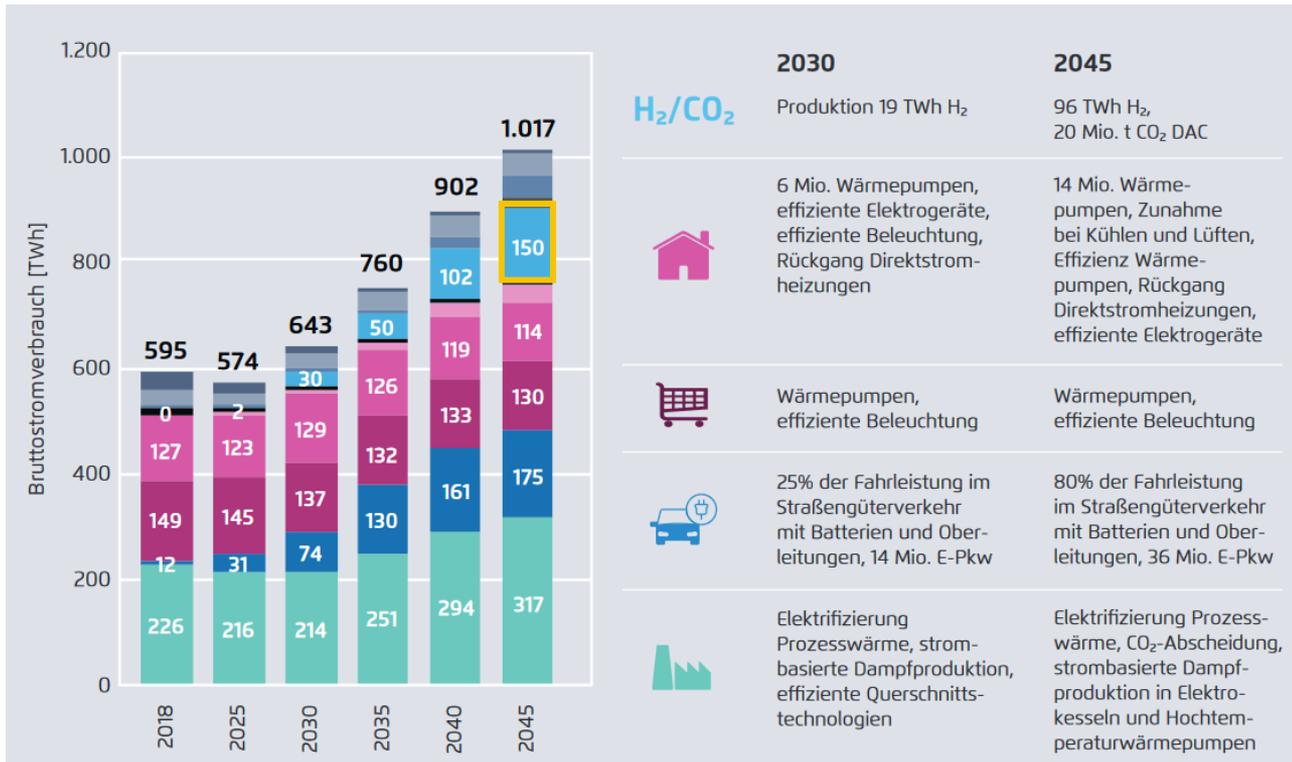


AUSBAUPFADE NACH EEG23 UND WINDSEEG23

~ 1 TWh/GW Photovoltaik
 ~ 2,2 TWh/GW Wind an Land
 ~ 3,6 TWh/GW Wind Offshore

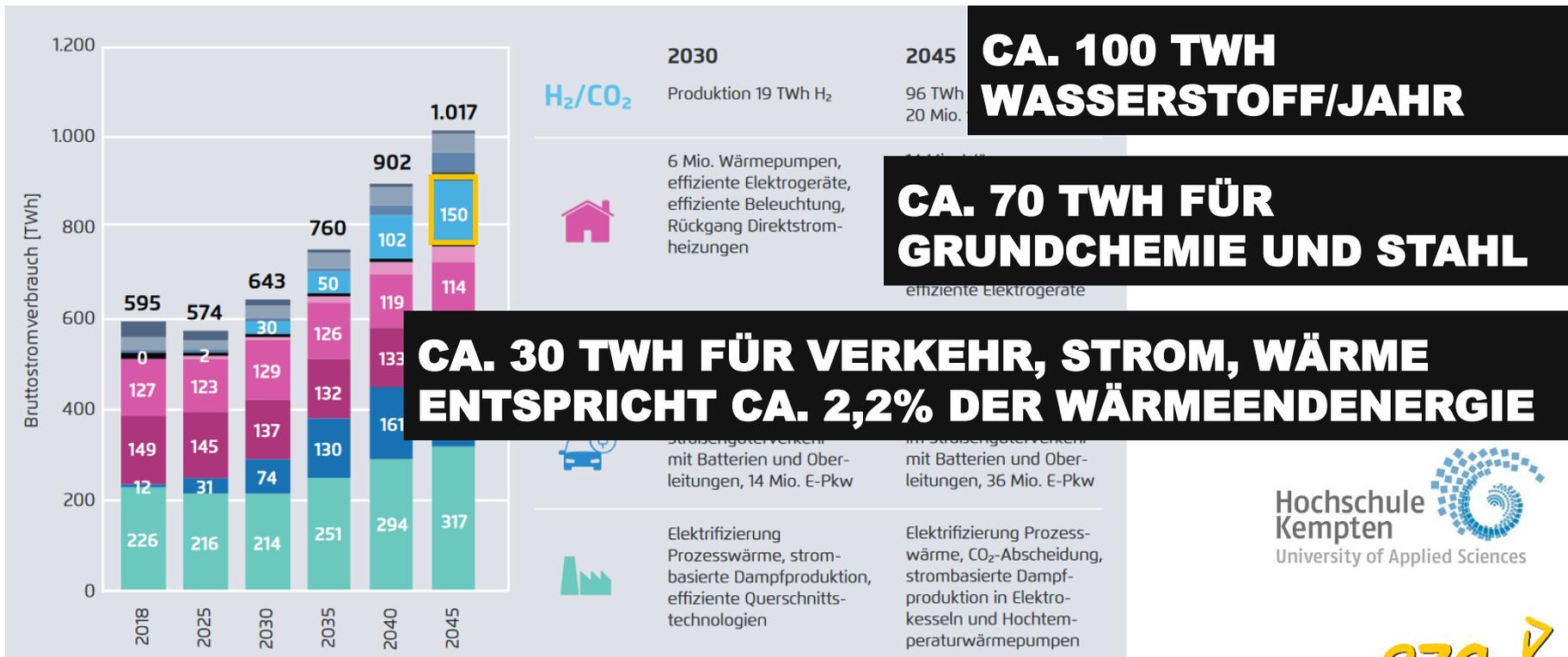


STROM ZUR WASSERSTOFFGEWINNUNG



»Klimaneutrales Deutschland 2045« Agora Energiewende Abb. 8

STROM ZUR WASSERSTOFFGEWINNUNG



»Klimaneutrales Deutschland 2045« Agora Energiewende Abb. 8

H2-VERFÜGBARKEIT

Nationale Wasserstoffstrategie

- ▶ 10 GW Elektrolyse bis 2030 → 28 TWh H₂
- ▶ H₂-Bedarf bis 2030 → 90 – 110 TWh H₂
- ca. 2/3 des H₂-Bedarfs soll importiert werden
- ▶ Bedarfsprognosen bis 2045 → 230 bis 977 TWh H₂
die meisten Szenarien gehen von unter 500 TWh aus

Europäische Wasserstoffstrategie

- ▶ 40 GW Elektrolyse bis 2030 → 112 TWh H₂
- ▶ Fehlende Mengen voraussichtlich durch grauen H₂ gedeckt



H2-VERFÜGBARKEIT

Nationale Wasserstoffstrategie

- ▶ 10 GW Elektrolyse bis 2030 → 28 TWh H₂
- ▶ H₂-Bedarf bis 2030 → 90 – 110 TWh H₂
- ca. 2/3 des H₂-Bedarfs soll importiert werden
- ▶ Bedarfsprognosen bis 2045 → 230 bis 977 TWh H₂
die meisten Szenarien gehen von unter 500 TWh aus

Europäische Wasserstoffstrategie

- ▶ 10 GW Elektrolyse bis 2030 → 112 TWh H₂

**PROGNOSE:
MITTELFRISTIG WIRD KEIN EUROPÄISCHES
LAND GROßE MENGEN GRÜNEN
WASSERSTOFF EXPORTIEREN KÖNNEN**



gedeckt

IMPORT VON H2

Internationale Wasserstoff-Kooperationen [BMBF]

- ▶ Afrika insb. Namibia
- ▶ Kanada
- ▶ Australien
- ▶ Neuseeland

Überwiegend weit entfernte Länder

Wie kann der Wasserstofftransport erfolgen?



H2-TRANSPORT

Wasserstoff-Trailer



10 Einzelbehälter mit 200 - 250 bar
~500 kg H₂ → 16.650 kWh



Suiso 116 m lang
75 t Wasserstoff → 2,5 GWh

Diesel-Trailer



~40.000 l Diesel
→ 384.000 kWh



Pinchat 120 m lang
10.348 t Öl → 114 GWh

Faktor

23

45

Zusätzliche Boil-off-Verluste

H2-TRANSPORT

Wasserstoff-Trailer



10 Einzelbehälter mit 200 - 250 bar
~500 kg H₂ → 16.650 kWh



Suiso 116 m lang
75 t Wasserstoff → 2,5 GWh

Zusätzliche Boil-off-Verluste

Diesel-Trailer



~40.000 l Diesel
→ 384.000 kWh

Faktor

23



Pinchat
10.348 t

NATIONALER WASSERSTOFFFRAT

- Gasförmiger Transport durch Pipelines wirtschaftlichste Option
- Fernverkehr voraussichtlich über Ammoniak



H2-PLANUNG FÜR DEN WÄRMESEKTOR



»Allgemein wird der Einsatz von Wasserstoff in der dezentralen Wärmeerzeugung nach derzeitigem Erkenntnisstand eine eher nachgeordnete Rolle spielen.«

Keine großen Mengen Wasserstoff im Gebäudebereich erwartet
→ wird nicht eingeplant



INHALT

1. Wasserstoffproduktion
2. Effizienz Wasserstoff-Heizungen
3. Wasserstoffverfügbarkeit & -verteilung
4. **H2-Ready**
5. Zusammenfassung

H2-READY BRENNWERTKESSEL

H2-Ready Brennwertkessel



H2 Ready-Siegel

- ▶ Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)
- ▶ Funktionalität des Gas-Heizkessels für Wasserstoff bescheinigen

»H2-Ready bedeutet, dass der Kessel auch bei einer Beimischung von 20 % H₂ zum Erdgas funktioniert. Künftig soll eine Ausweitung oder sogar vollständige Nutzung mit Grünem Wasserstoff möglich sein.«

H2-READY BRENNWERTKESSEL

Erdgasnetz



»Welche Rolle Wasserstoff künftig im Gesamtsystem spielen soll, ist noch weitgehend unklar. Weder ist geklärt, inwieweit eine erhöhte Beimischung von Wasserstoff in die bestehenden Gasnetze angestrebt werden soll, noch ob und in welchem Umfang Wasserstoffnetze durch Neuaufbau oder Umwidmung bestehender Netze benötigt werden. Da sowohl eine erhöhte Beimischung als auch Neuaufbau und Umwidmung von Netzen in substantiellem Umfang enorme Transformationsbedarfe mit sich bringen, ziehen sie sich potenziell über Jahrzehnte hin.«



H2-READY BRENNWERTKESSEL

H2-Ready Brennwertkessel



Gedankenexperiment

- H₂ kann erst dann im Gasnetz beigemischt werden, wenn alle angeschlossenen Endgeräte auf H2-Ready umgestellt wurden
- Ob H2-Ready-Heizungen mit 100 % Wasserstoff betrieben werden können ist unklar und bedarf einer Umrüstung
- Derzeit ist es nicht geplant, ein Wasserstoffnetz zu installieren, welches an einzelne Gebäude angeschlossen wird

Prognose

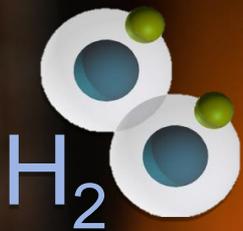
- Neues H2-Netz für Industrie- bzw. Großkunden
- Gasnetz wird in Teilen auf Wasserstoff umgestellt
- Hausanschlüsse werden sich nicht mehr lohnen
- Die Gasheizungen werden wirtschaftlich oder politisch verdrängt



INHALT

1. Wasserstoffproduktion
2. Effizienz Wasserstoff-Heizungen
3. Wasserstoffverfügbarkeit & -verteilung
4. H2-Ready
5. **Zusammenfassung**





VISION

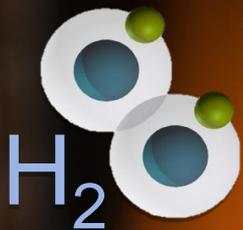
HEIZEN MIT WASSERSTOFF

IST WASSERSTOFF KLIMANEUTRAL?

SIND WASSERSTOFF-HEIZUNGEN EFFIZIENT?

WIEVIEL WASSERSTOFF WIRD VERFÜGBAR SEIN?

WAS BEDEUTET H2-READY?



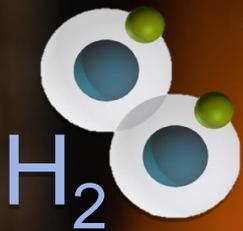
VISION

HEIZEN MIT WASSERSTOFF

- ▶ Wasserstoff kann klimaneutral produziert und verbrannt werden
- ▶ Ob Wasserstoff emissionsfrei transportiert werden kann ist unklar

Prognosen

- ▶ Grüner Wasserstoff wird auf absehbare Zeit knapp und teuer sein
- ▶ H₂-Heizungen sind vergleichsweise ineffizient
- ▶ Wasserstoff wird nur kleine Anteile der Wärmeversorgung bereitstellen (können)



VISION

HEIZEN MIT WASSERSTOFF

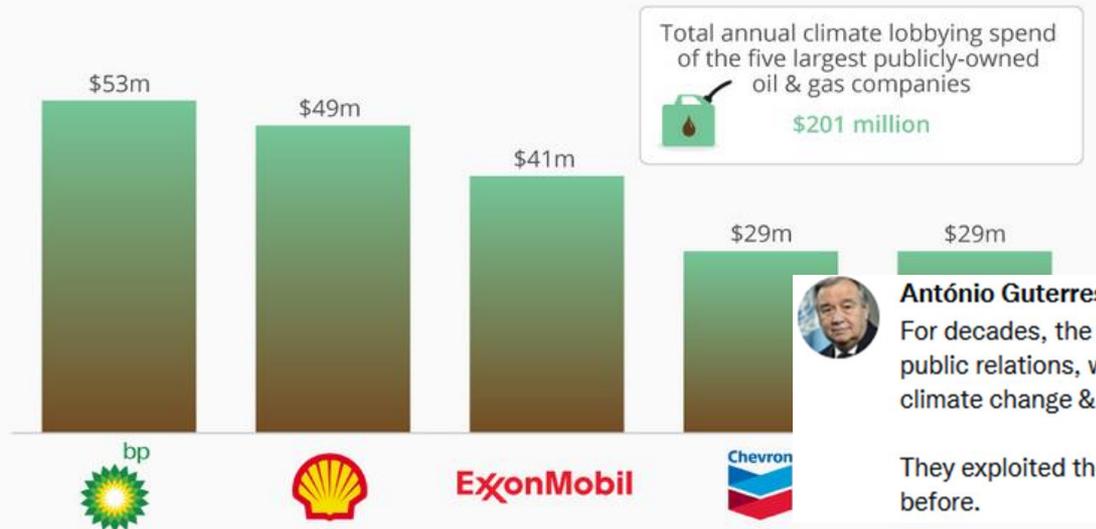
Gutachterliche Empfehlung

- ▶ Wasserstoff sollte nur dort eingesetzt werden, wo er zwingend erforderlich ist
- ▶ Im Wärmesektor bestehen deutlich effizientere und kostengünstigere klimaneutrale Alternativen
- ▶ Hoffentlich werden nur wenige Personen auf die Verwendung von Wasserstoff im Wärmesektor setzen (Abhängigkeit, Verfügbarkeit, Wir verlieren Zeit)

WARUM WERBEN FIRMEN MIT WASSERSTOFF

Oil Firms Spend Millions On Climate Lobbying

Annual expenditure on climate lobbying by oil and gas companies*



António Guterres ✓ @antonioguterres · Jun 17

For decades, the fossil fuel industry has invested in pseudo-science & public relations, with a false narrative to minimize their responsibility for climate change & undermine ambitious climate policies.

They exploited the same scandalous tactics as Big Tobacco decades before.



* As of 2019. Climate lobbying means spending to delay, control or block policies to tackle climate change.

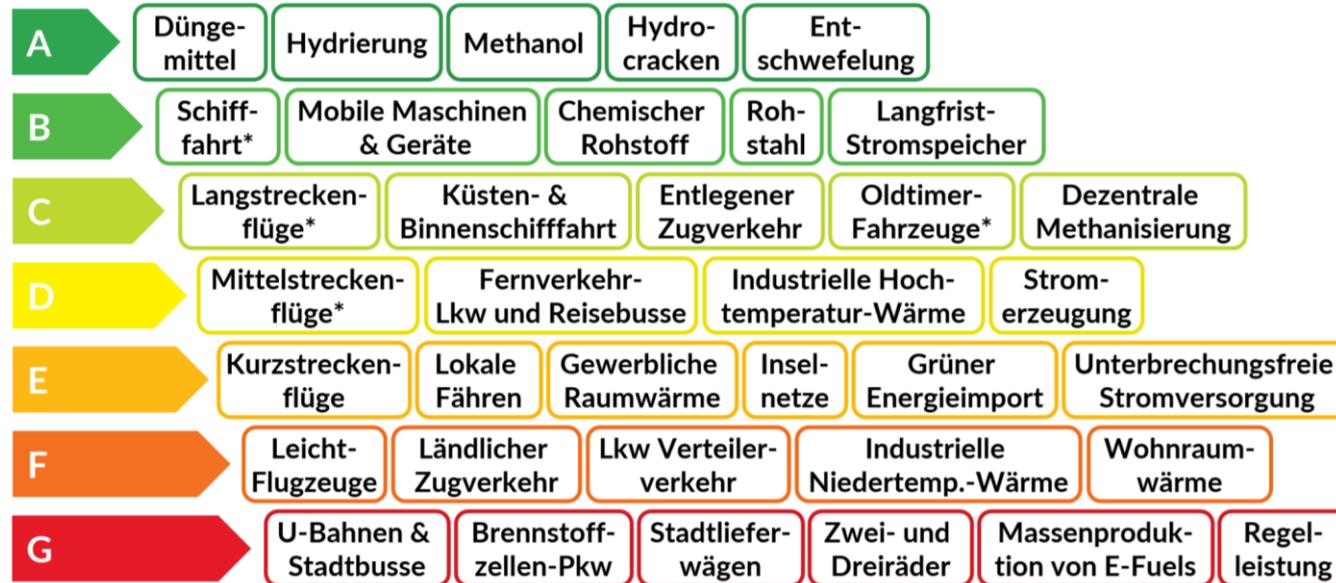
Source: InfluenceMap



EINSATZBEREICHE SAUBEREN WASSERSTOFFS

(Schätzungen, nach Michael Liebreich, 2021)

Alternativlos



Unwirtschaftlich

* Sehr wahrscheinlich in Form von mittels Wasserstoff erzeugten E-Fuels oder Ammoniak.

NOCH FRAGEN?



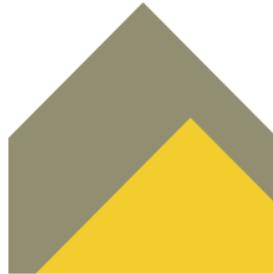
Prof. Martin Steyer

E-Mail: martin.steyer@hs-kempten.de

Straße: Bahnhofstraße 61

PLZ Ort: 87435 Kempten

Website: www.hs-kempten.de



**Allgäuer
Altbautage**

QUELLEN

[AGORA17]	Fraunhofer IWES/IBP (2017): Wärmewende 2030. Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, 107/01-S-2017/DE, Februar 2017: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Sektoruebergreifende_EW/Waermewende-2030_WEB.pdf - aufgerufen am 19.02.2024
[AGORA21]	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende, https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
[BAYE20]	Statistik kommunal 2019, (Januar 2020), 09 780 Landkreis Oberallgäu, Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten, Bestellnummer Z50021 201900 https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/statistik_kommunal/2019/09780.pdf - aufgerufen am 26.04.2022
[BMBF20]	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Eine kleine Wasserstoff-Farbenlehre, 10.06.20, https://www.bmbf.de/de/eine-kleine-wasserstoff-farbenlehre-10879.html - aufgerufen 01.03.20
[BMBF23]	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Welche Projekte für die internationale Wasserstoff-Kooperation fördert das BMBF?, 26.07.2023, https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/woher-soll-der-gruene-wasserstoff-kommen.html - aufgerufen am 15.02.2024

QUELLEN

[DEST22]	Alleinlebende verbrauchen 38 % mehr Wohnenergie als der Pro-Kopf-Durchschnitt aller Haushalte, Zahl der Woche Nr. 09 vom 1. März 2022, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2022/PD22_09_p002.html - aufgerufen am 02.07.2023
[EEG23]	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), Ausfertigungsdatum 21.07.2014, Stand 04.01.2023 Nr. 6, https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/ - aufgerufen am 09.03.2023
[ETAP24]	Was bedeutet H2Ready?, ETAPART AG https://www.etapart.com/de/wissen/hallenheizung-technik/was-bedeutet-h2ready - aufgerufen am 15.02.2024
[FNR23]	Biogas – Faustzahlen, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen - aufgerufen am 02.07.2023
[FRAU20]	Danny Günther, Jeannette Wapler, Robert Langner, Sebastian Helmling, Dr.-Ing. Marek Miara, Dr.-Ing. David Fischer, Dirk Zimmermann, Tobias Wolf, Dr.-Ing. Bernhard Wille-Hausmann, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Abschlussbericht: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Ergebnisse aus dem Forschungs-Projekt „WPSmart im Bestand“, Version 2.1 (Stand: 23.07.2020), https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPSmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf - aufgerufen am 15.02.2024
[GÖBE23]	Jona Göbelbecker, Transport des Energieträgers H2, Wie sieht das neue Wasserstoff-Netz für Deutschland aus?, Chemie Technik, 19. Februar 2023, https://www.chemietechnik.de/energie-utilities/wasserstoff/plaene-fuer-ein-nationales-wasserstoff-netz-in-deutschland-341.html – aufgerufen am 06.10.2023

QUELLEN

[H2AT24]	Bundesministeriums für Bildung und Forschung, H2 Atlas-Afrika, https://www.h2atlas.de/de/ - aufgerufen am 15.02.2024
[KEMP13]	„Masterplan 100% Klimaschutz bis 2050“ – Klima schützen - Kempten handelt - Masterplankonzept der Stadt Kempten (Allgäu), Stadt Kempten 29.11.2013, https://www.kempten.de/file/MP_Konzept_Endfassung_031213_formatiert%20(3).pdf – aufgerufen am 02.07.2023
[KOID21]	Taiki Koide, Staff Writer, Kawasaki Heavy builds world’s first tanker for liquid hydrogen, The Asahi Shimbun, May 25, 2021, https://www.asahi.com/ajw/articles/14357692 - aufgerufen am 06.10.2023
[MILA18]	S. Milanzi, C. Spiller, B. Grosse, L. Hermann, J. Kochems, J. Müller-Kirchenbauer, Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens, Fachgebiet Energie- und Ressourcenmanagement, Technische Universität Berlin, 29.08.2018: https://www.er.tu-berlin.de/fileadmin/a38331300/Dateien/Technischer Stand und Flexibilit%C3%A4t des Power-to-Gas-Verfahrens.pdf
[LFL07]	Methanproduktivität nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Datum Juli 2007, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_27455.pdf - aufgerufen am 02.07.2023
[PINC23]	Tankschiff, https://www.hafen-hamburg.de/de/schiffe/pinchat-33727/ - aufgerufen am 06.10.2023
[THER19]	Wirkungsgrad der Heizung – wichtige Kennzahl für die Effizienz des Heizgeräts, 05.12.2019: https://www.thermondo.de/info/rat/vergleich/wirkungsgrad-der-heizung/ - aufgerufen am 05.12.2023

QUELLEN

[UBA21]	Umweltbundesamt, 12/2019, Roadmap Gas für die Energiewende – Nachhaltiger Klimabeitrag des Gassektors, UBA-FB FB000040, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-15_cc_12-2019_roadmap-gas_2.pdf - aufgerufen am 15.02.2024
[UBA22a]	Umweltbundesamt, 30. November 2022, Welche Treibhausgasemissionen verursacht die Wasserstoffproduktion? https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/uba_welche_treibhausgase_missionen_verursacht_die_wasserstoffproduktion.pdf - aufgerufen 15.02.24
[UBA22b]	Umweltbundesamt, 30. November 2022, Ist Wasserstoff treibhausgasneutral? https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/uba_ist_wasserstoff_treibhausgasneutral.pdf - aufgerufen 15.02.24
[UBA24]	Umweltbundesamt, 19.01.2024, Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme - - aufgerufen 15.02.24
[WAEU20]	Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa, #EUGreenDeal, Europäische Kommission, 08. Juli 2020, file:///C:/Users/marti/Downloads/EU_Hydrogen_Strategy_DE.pdf-1.pdf - aufgerufen am 15.02.2024
[WASS23]	Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie – NWS2023, Herausgeber Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Stand Juli 2023, https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1 – aufgerufen am 15.02.2024

QUELLEN

[WIKI21]	Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einsatzbereiche_sauberen_Wasserstoffs.svg , - aufgerufen am 12.10.2023
[WIKI23]	https://www.asahi.com/ajw/articles/14357692 - aufgerufen am 06.10.2023
[WINDG23]	Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz - WindSeeG), Ausfertigungsdatum 13.10.2016, Stand 16.07.2021, letzte Änderung 20.12.2022 Nr. 54, https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/ - aufgerufen am 09.03.2023