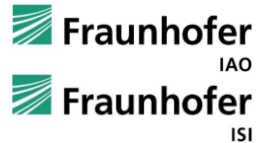


Ökologische Perspektiven: Grüner Wasserstoff

Ökologische Begleitforschung "H2 Companion"



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



IREES



Baden-Württemberg



Kofinanziert von der
EUROPÄISCHEN UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Inhaltliche Struktur dieses WS

Kurze Einführung

- Beteiligungstool
Mentimeter

Teil 1

- Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?
- Ein Überblick über Einsatzmöglichkeiten

Teil 2

- Welche Klimawirkungen haben Wasserstoff-Leckagen?
- ... ein wenig Atmosphärenchemie

Teil 3

- Welche Auswirkungen hat die Nutzung von Wasserstoff in der Wirtschaft?
- Blick auf die Sektoren und weitere Umweltwirkungen neben Klima

Teil 1

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?

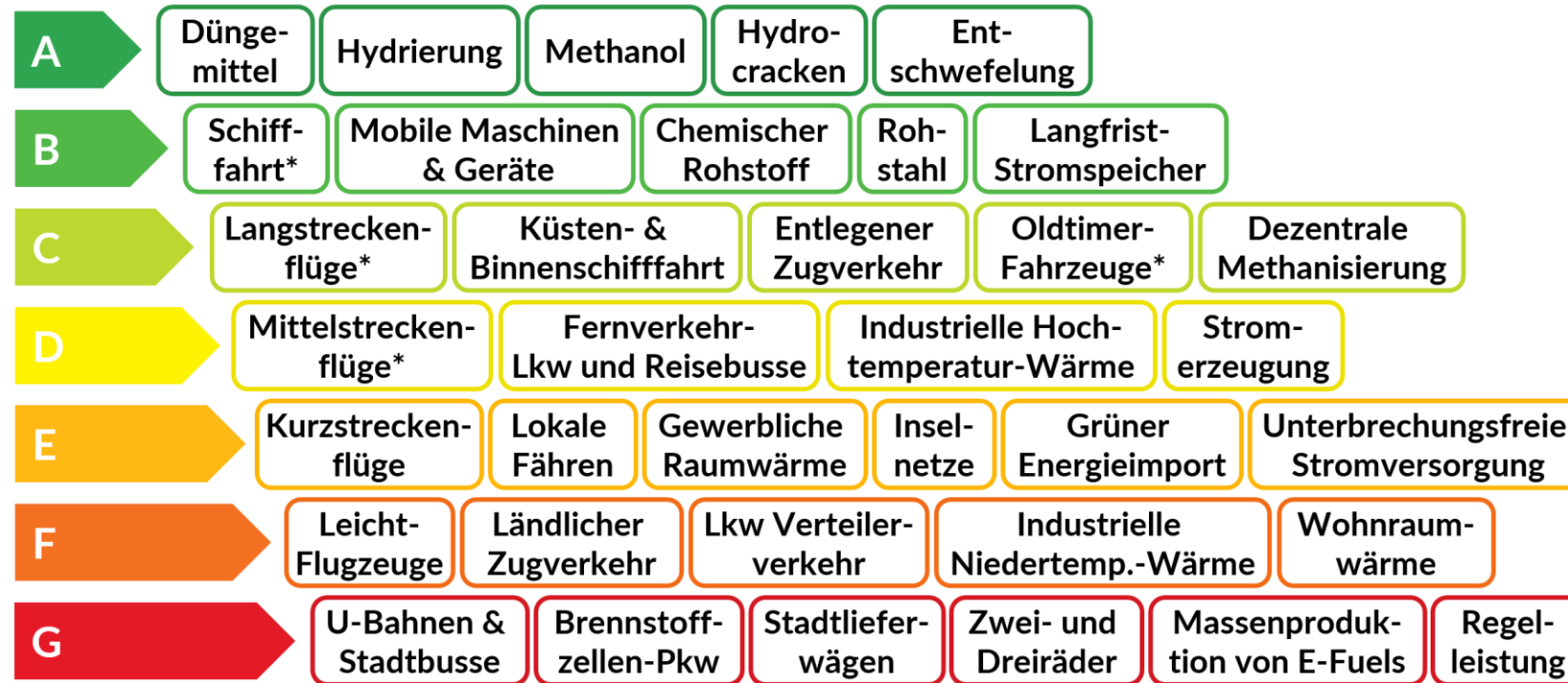
Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

(Schätzungen, nach Michael Liebreich, 2021)

Alternativlos



Unwirtschaftlich

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

Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?

Einsatzbereiche sauberen Wasserstoffs

(Schätzungen, nach Michael Liebreich, 2021)

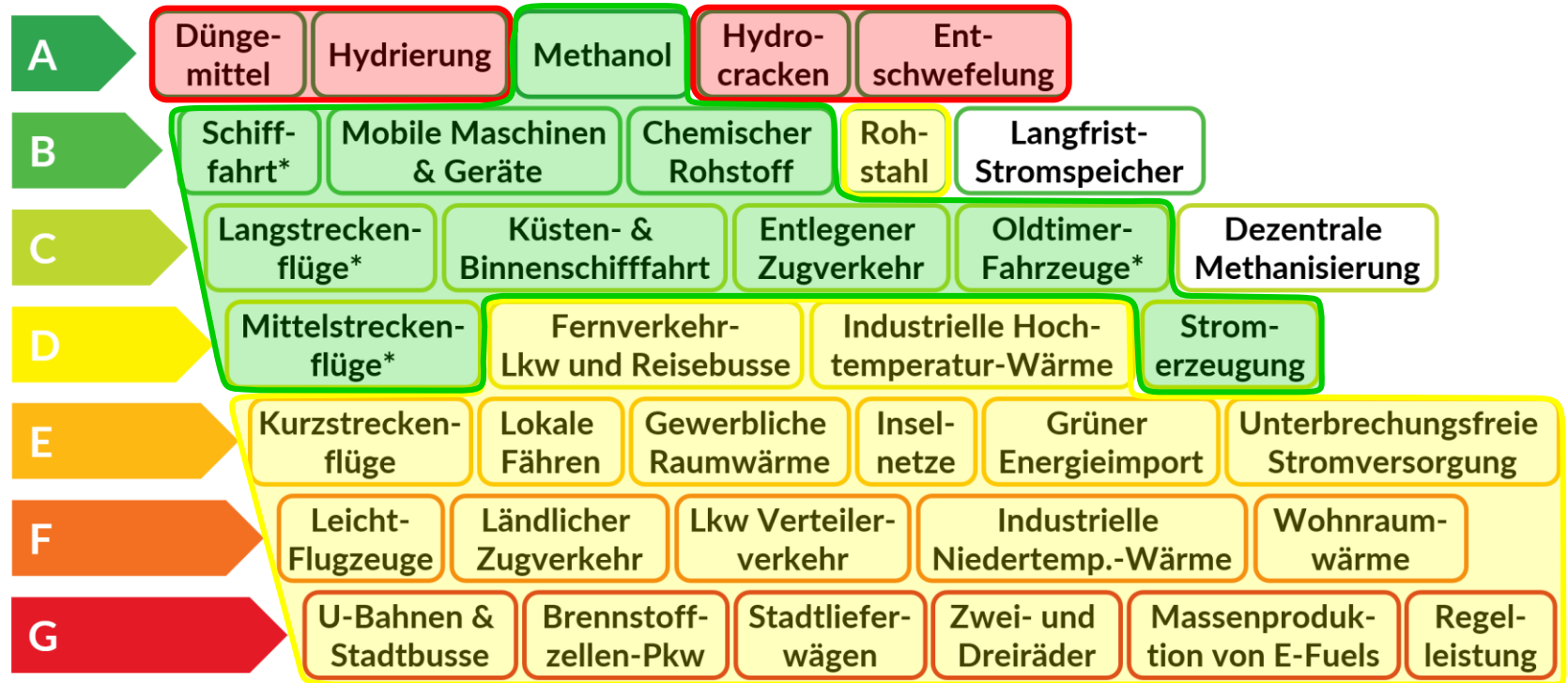
Alternativen:

Keine Alternative

Elektrifizierung

Biomasse, Biogas

Alternativlos

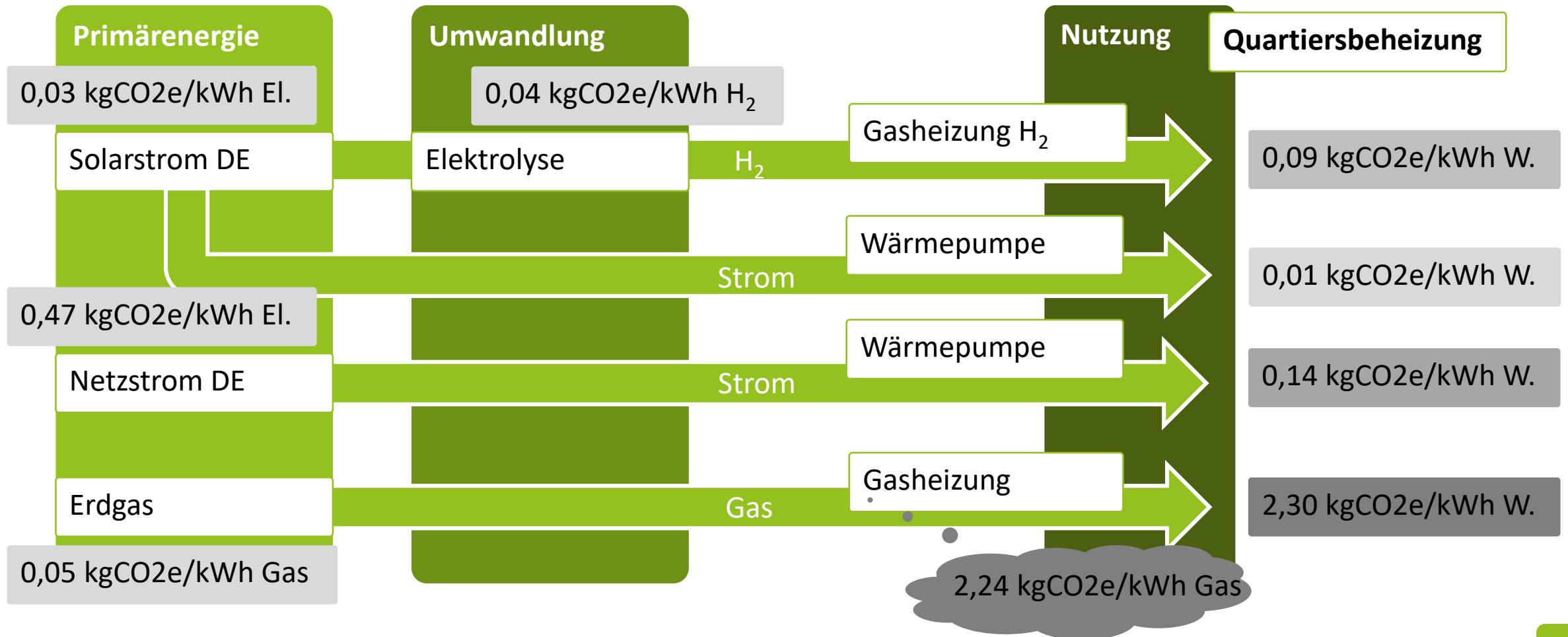


Unwirtschaftlich

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

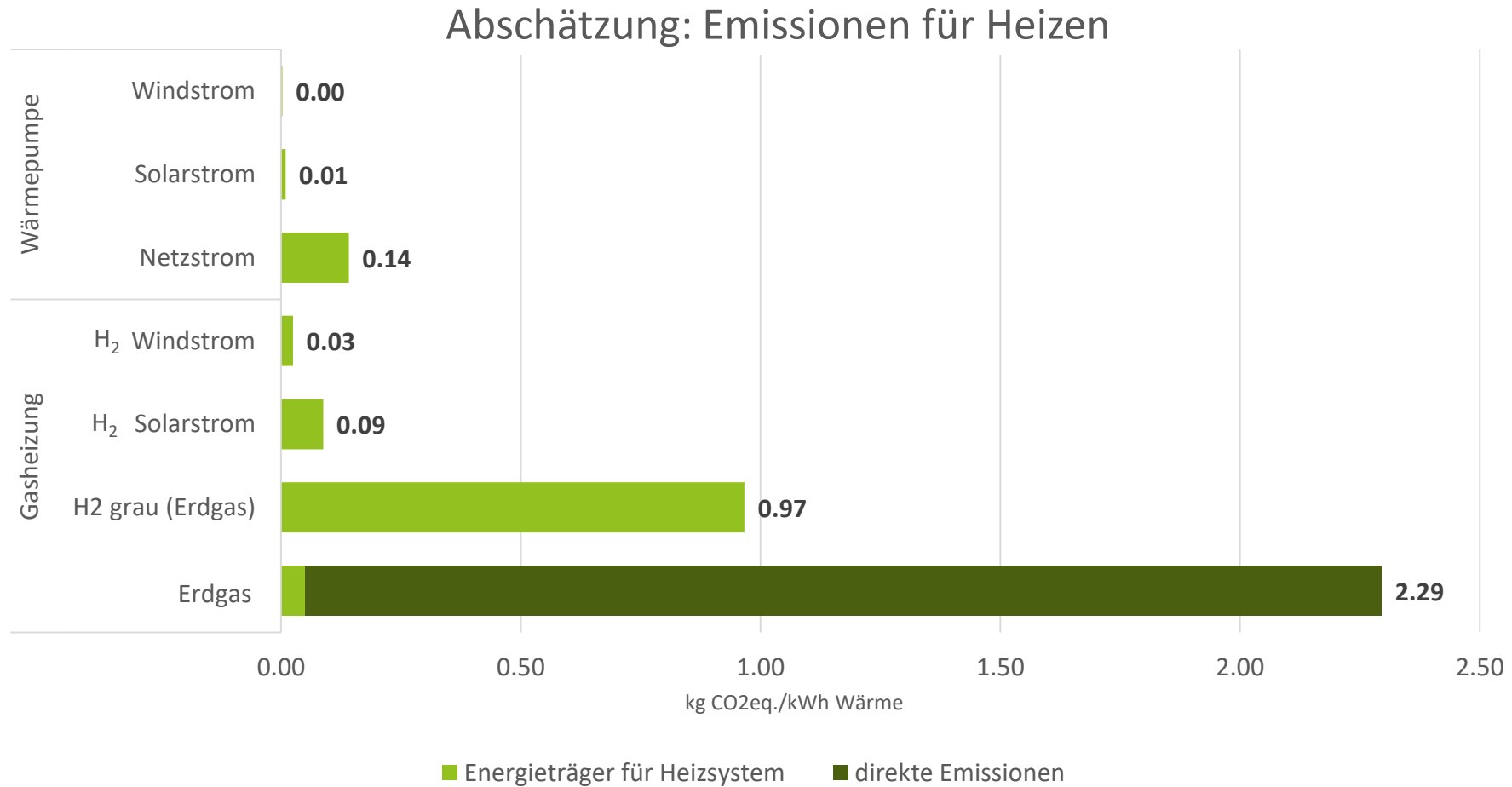
Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?



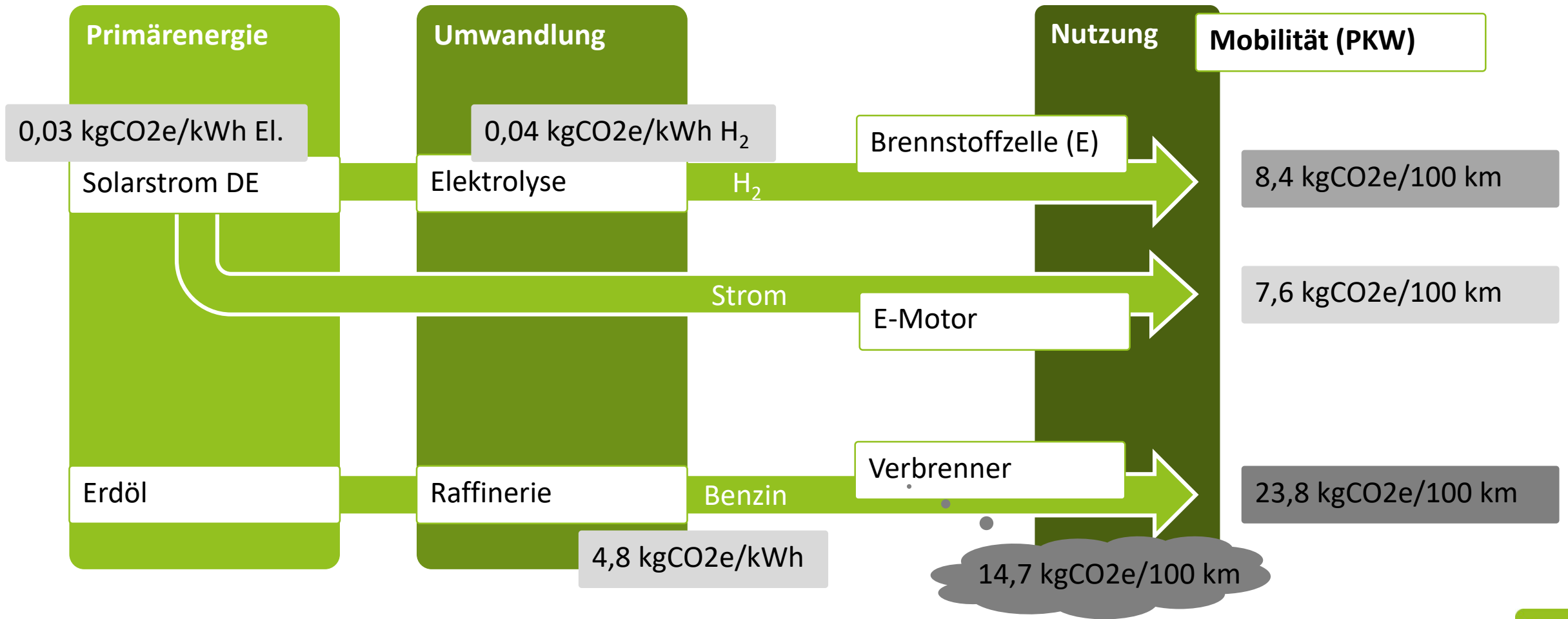
Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

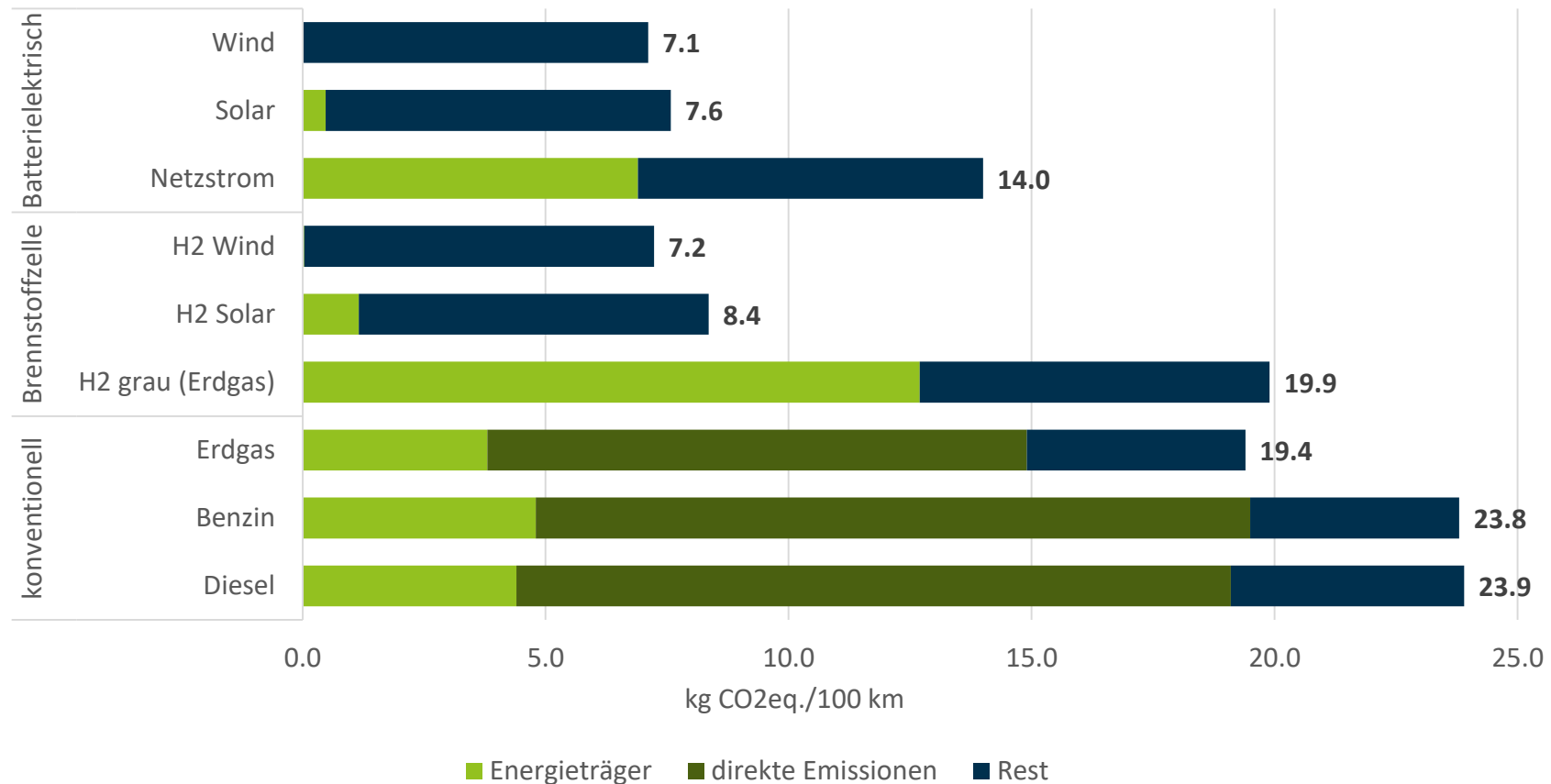
Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Wo ist grüner Wasserstoff am sinnvollsten einzusetzen?

Abschätzung: Emissionen für Mobilität: PKW



Teil 2

Klimawirkung von H₂ Leckagen

Abfrage unter den Workshop-Teilnehmer*innen

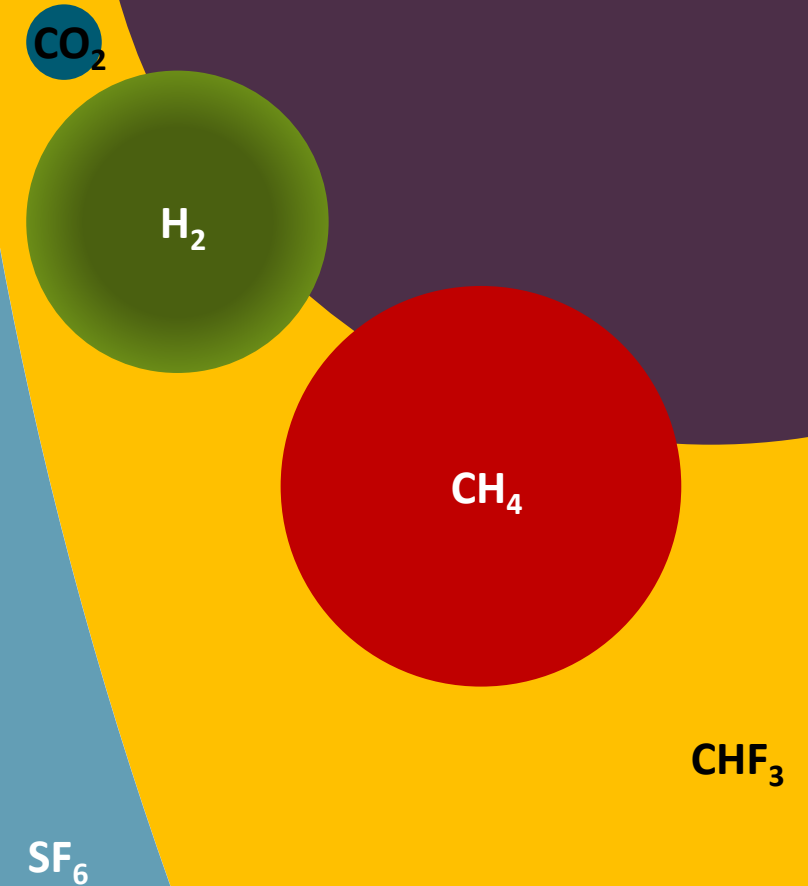
Sortieren Sie die Gase nach ihrer Klimawirkung (GWP) - Platz 1 (stärkstes) bis Platz 5 (schwächstes)



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

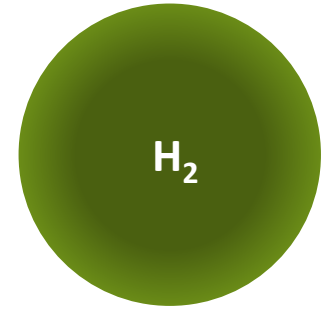
Klimawirkung von H₂ Leckagen

1. Kohlendioxid (CO ₂) (Norm für kg CO ₂ Eq./kg)	GWP ₁₀₀ = 1
2. Wasserstoff (H ₂)	GWP ₁₀₀ = 11±5
3. Methan (CH ₄)	GWP ₁₀₀ = 28
4. Lachgas (N ₂ O)	GWP ₁₀₀ = 265
5. FCKW R-23 (CHF ₃)	GWP ₁₀₀ = 12.400
6. Schwefelhexafluorid (SF ₆)	GWP ₁₀₀ = 23.500



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Klimawirkung von H₂ Leckagen



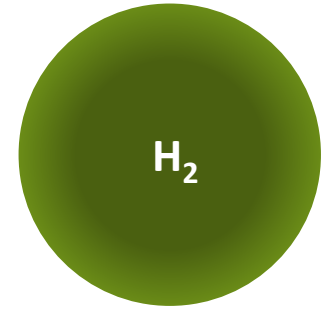
Atmosphärenchemie:

- H₂ reagiert mit dem Hydroxyl-Radikal OH (Bildung von H₂O)
- OH hat bodennah eine Lebensdauer von unter 1 Sek.
- OH entsteht aus Ozon + H₂O in Bodennähe durch Sonneneinstrahlung
- OH ist die wichtigste Senke für Methan (CH₄)
- Verlängerung der CH₄ Lebensdauer und damit
- Verringerung des Abbaus anderer Luftschadstoffe

OH ist das „Waschmittel der Atmosphäre“ und entfernt
NO₂, CO, CH₄, aber auch SO₂, NH₃, H₂S, HX

Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Klimawirkung von H₂ Leckagen



Wichtige Effekte:

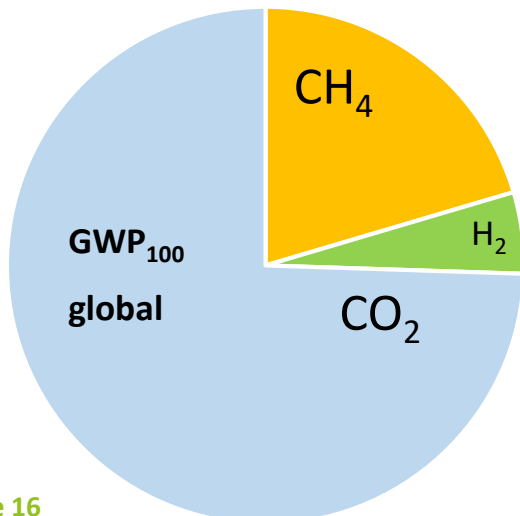
- Verlängerung der CH₄ Lebensdauer und damit
- Verringerung des Abbaus anderer Luftschadstoffe
- Erhöhung troposphärischer Ozonkonzentration (Sommermog)
- Verringerung stratosphärischer Ozonkonzentrationen (Ozonschicht)
- Erhöhung von H₂O, auch in der Stratosphäre (Auswirkungen auf Klima: Temperaturprofil der Atm. → globale Zirkulation)

(da Atmosphärenchemie komplex ist, können die Auswirkungen von H₂ auch anders ausfallen, je nach Entwicklung der Emissionen der anderen Spurengase z.B. durch weniger Nutzung fossiler Energieträger)

Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

Klimawirkung von H₂ Leckagen

- THG-Emissionen (2022) bei ca. 53.786 Mt CO₂e/a
- Davon Methan-Emissionen (2022) ca. 400 Mt/a (das sind 11.300 Mt CO₂e)
- Globale H₂-Produktion bei ca. 75 Mt/a (plus weitere 45 Mt/a in Gasmischen)
- Globales H₂-Budget liegt bei ca. 80 Mt/a (0,5 ppm)
- Davon ca. 20 % anthropogene Emissionen und 25 % Methanoxidation
- Globaler H₂-Bedarf bis 2050 bis zu ca. 859 Mt/a
- Leckage Rate 1–10 %
- Globale H₂-Emissionen von zusätzlich 9–96 Mt/a



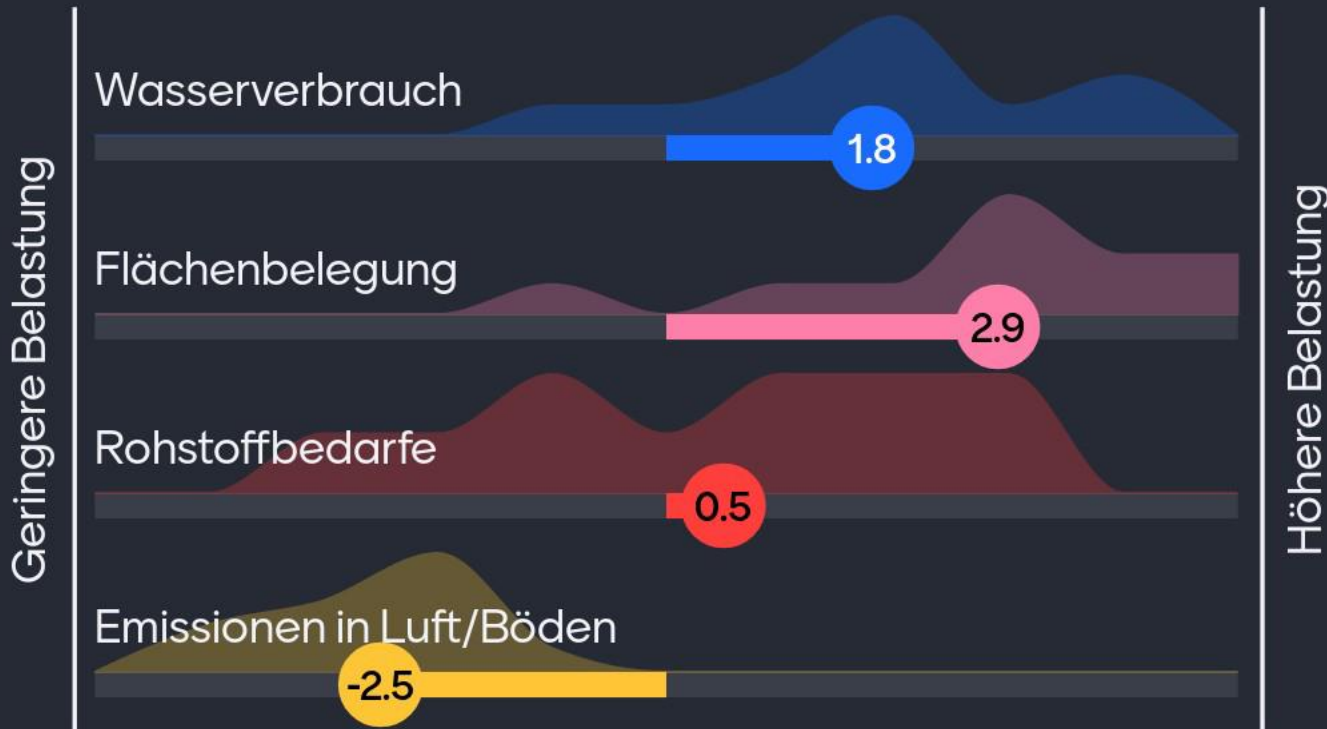
Verdopplung des globalen H₂-Budgets möglich

Teil 3

H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren (Deutschland)

Abfrage unter den Workshop-Teilnehmer*innen

Wie werden sich andere Umweltwirkungen durch die breite Nutzung von Wasserstoff entwickeln?*



*Deutschlandweit und über alle Sektoren in den kommenden Jahrzehnten, unter der gleichzeitigen Voraussetzung hoher Materialeffizienz-, Energieeffizienz- und Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren

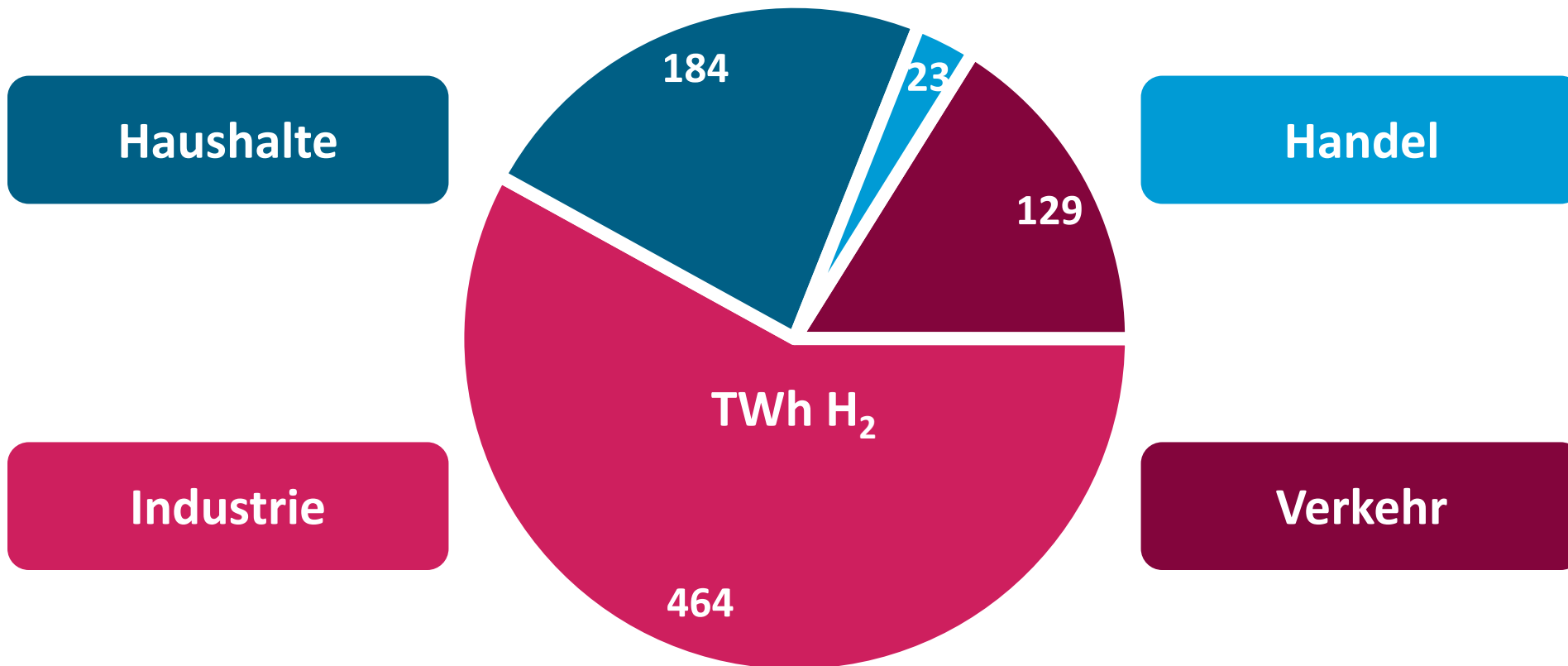
- Langfristszenario einer Wasserstoffwirtschaft
 - THG-Emissionsminderung um 55 % bis 2030 (gegenüber 1990)
 - THG-Emissionsminderung um 97 % bis 2050
 - Restemissionen in Höhe von 7–8 Mt CO₂
- H₂ in allen Sektoren verfügbar, fossile Energieträger werden vollständig ersetzt
- Aufbau einer umfassenden Infrastruktur für Transport auch in kleine Verteilebenen
- Materialeffizienz-, Energieeffizienz- und Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

Umfassende Modellierung eines Wirtschaftssystems mit über 18.000 Prozessen in 3.000 Datensätzen und 70.000 Parametern pro Szenario

Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

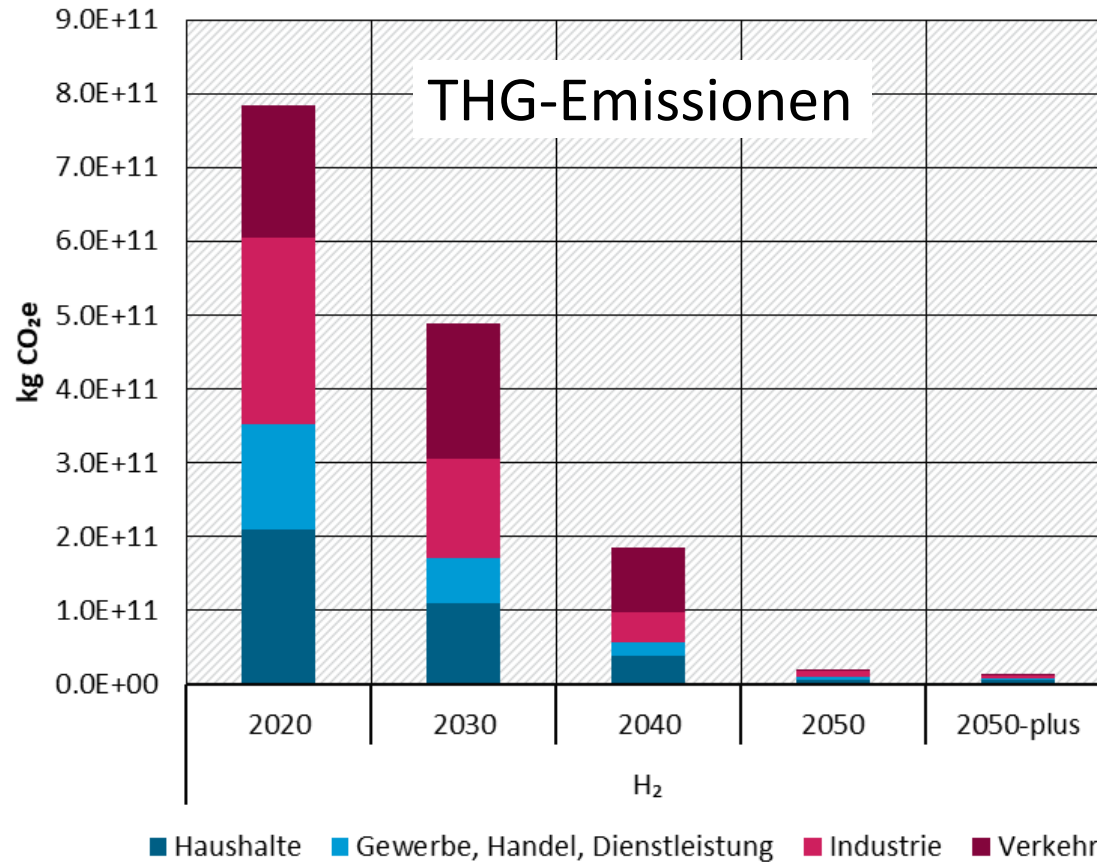
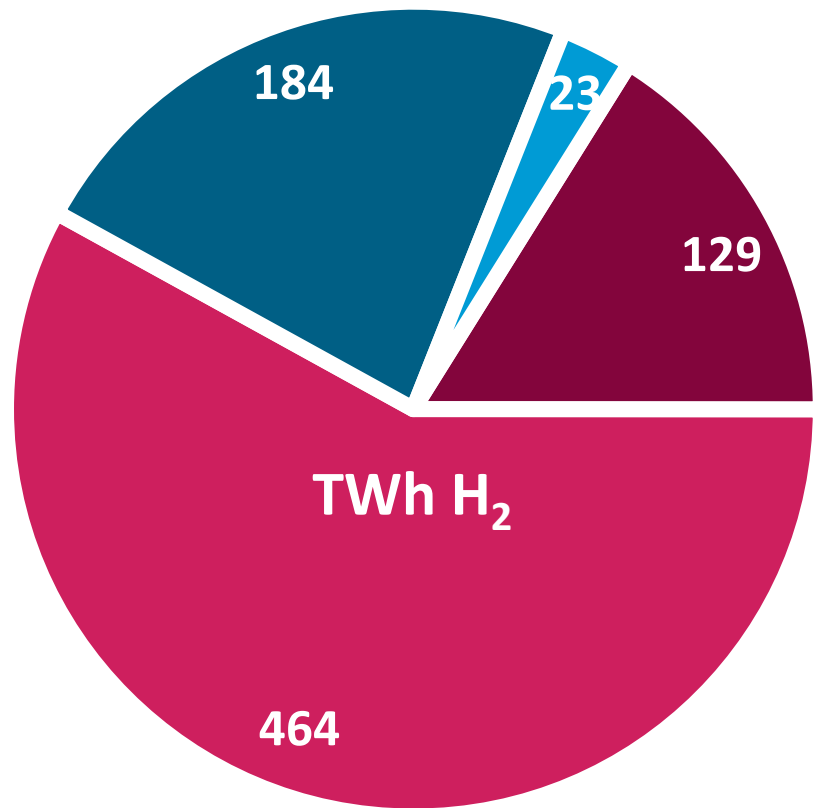
H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren

Bedarfe einer Wasserstoffwirtschaft (Deutschland)



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren



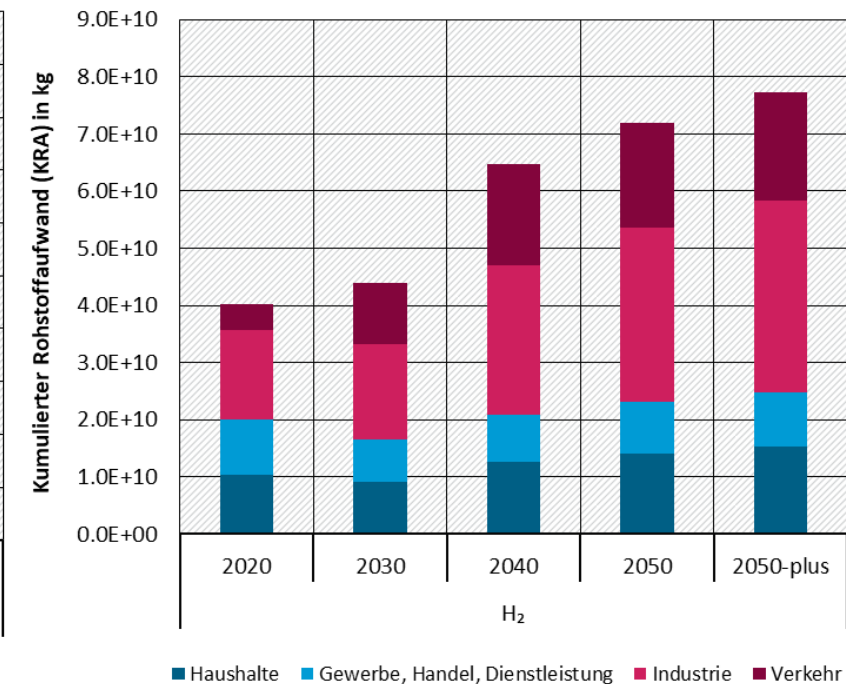
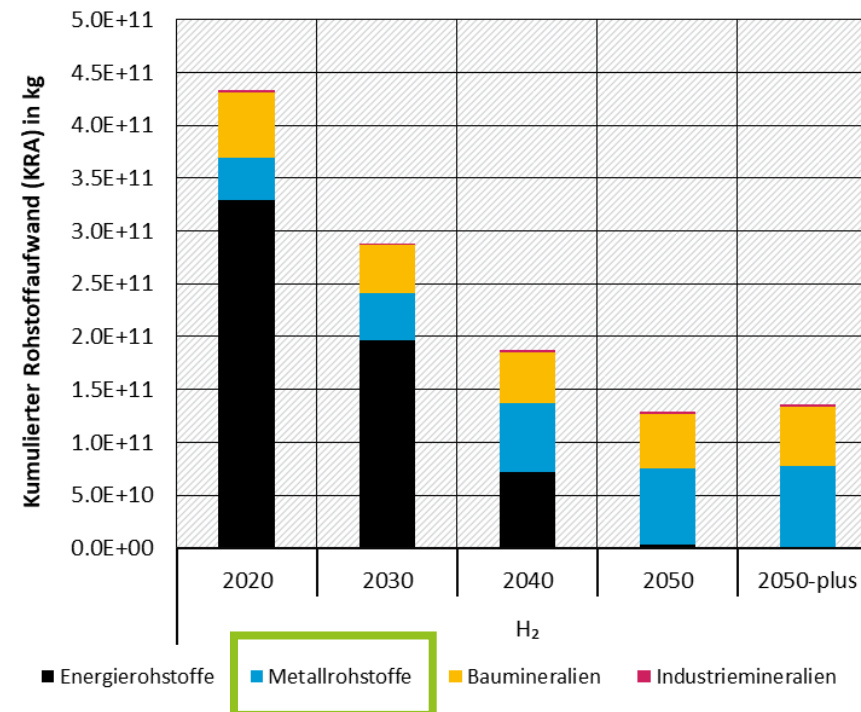
Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren

- Reduktion von THG-Emissionen geht einher mit:

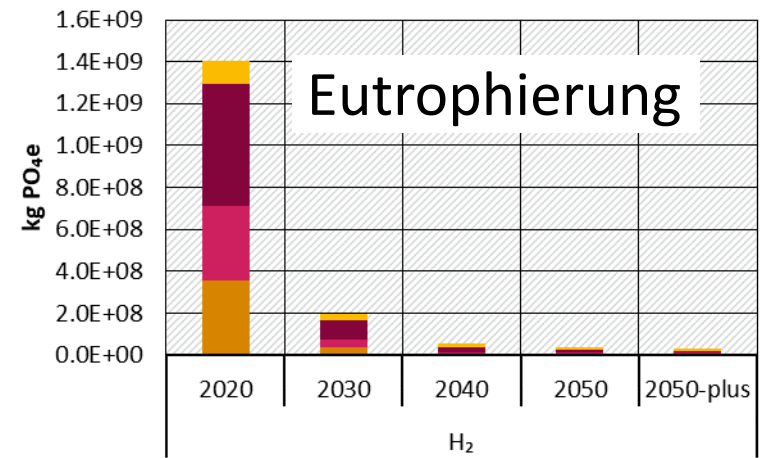
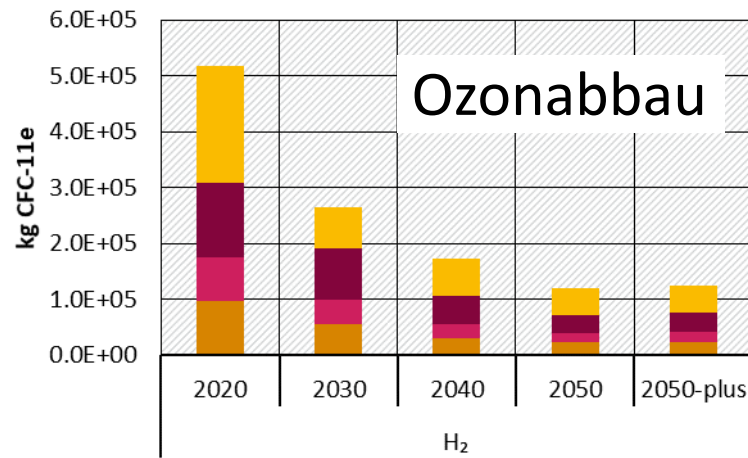
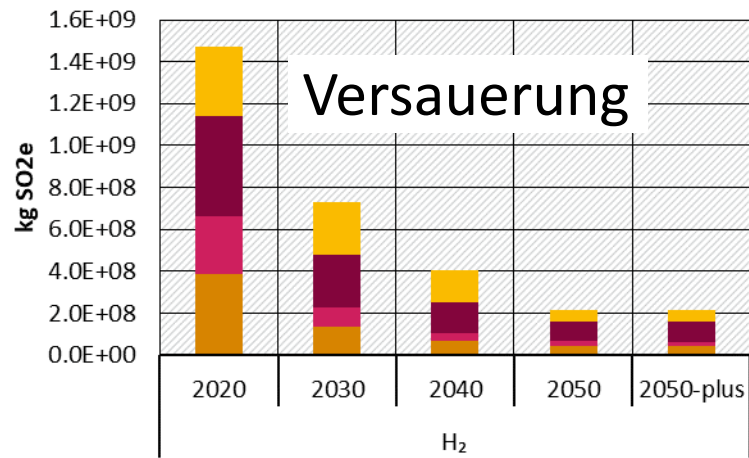
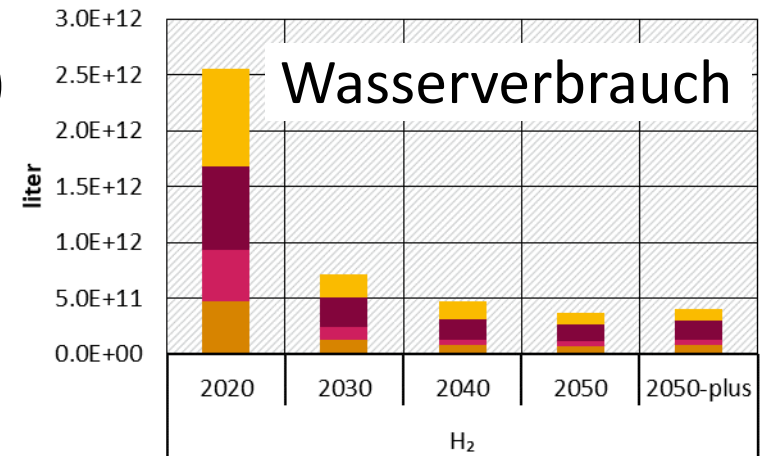
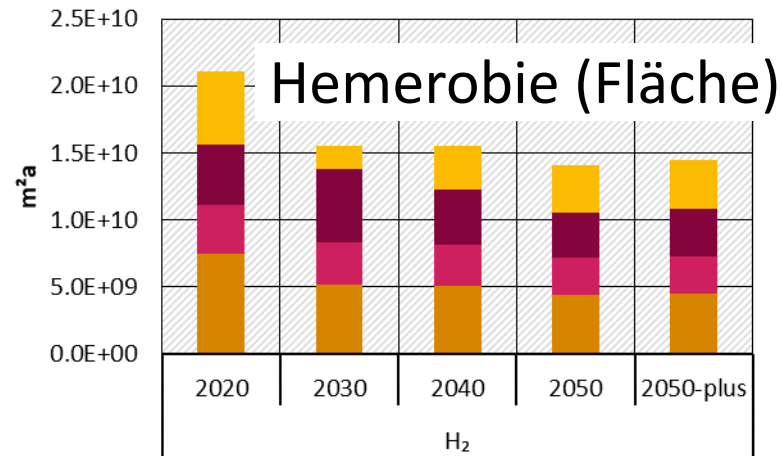
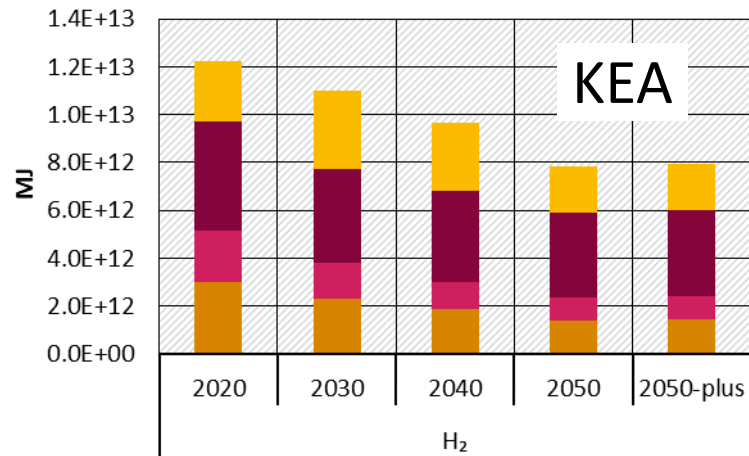
– Geringerem Bedarf **Energierohstoffen**

– Höherer Nachfrage **Metallrohstoffen**



Ökologische Perspektiven von grünem Wasserstoff

H₂-Nutzung und Auswirkungen auf weitere Sektoren



■ Haushalte
 ■ Gewerbe, Handel, Dienstleistung
 ■ Industrie
 ■ Verkehr



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Sabrina Ludmann
Marian Rosental
Thomas Fröhlich

Ifeu – Institut für Energie- und
Umweltforschung Heidelberg gGmbH

Wilckenstrasse 3, 69120 Heidelberg

www.ifeu.de

Quellenverzeichnis

- Michael Liebreich/Liebreich Associates, Clean Hydrogen Ladder, Version 4.1, 2021. Concept credit: Adrian Hiel, Energy Cities. This version found on Wikipedia. License CC-BY 4.0
- Biemann, K.; Helms, H.; Münter, D.; Liebich, A.; Pelzeter, J.; Kämper, C.; Müller, J. UBA Texte 13/2024 „Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr“
- N. Warwick et al., Atmospheric implications of increased Hydrogen use, University of Reading, April 2022
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf E., Becker, W., Monforti-Ferrario, F., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Brandao De Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Vignati, E., GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/953322, JRC134504.
- EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research) Community GHG Database, a collaboration between the European Commission, Joint Research Centre (JRC), the International Energy Agency (IEA), and comprising IEA-EDGAR CO₂, EDGAR CH₄, EDGAR N₂O, EDGAR F-GASES version 8.0, (2023) European Commission, JRC (Datasets).
- Dittrich, M.; Liebich, A.; Vogt, R.; Münter, D.; Wingenbach, C.; Ludmann, S.; Rosental, M.; Fröhlich, T.; Petri, F.; Ewers, B.; Doppelmayr, A.; Limberger, S.; Müller, J.; Loibl, A.; Marscheider-Weidemann, F.; Rostek, L.; Brauer, C.; Schoer, K. (2024): REFINE (Umwelt): Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland. Teilbericht Umweltwirkungen. FKZ 3719311030. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. Noch unveröffentlicht, voraussichtliche Veröffentlichung 2024.
- ecoinvent 3.10 <https://ecoquery.ecoinvent.org/>