



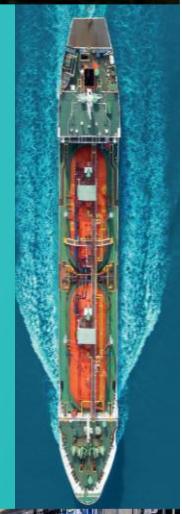
Fraunhofer ISE



Energien der Zukunft
wie Unternehmen sich heute auf morgen vorbereiten

—

Prof. Dr. Christopher Hebling
Fraunhofer Institute für Solare Energiesysteme, Freiburg
Pforzheim, 15. Oktober 2026







Die Energiewende ist für Genossenschaftsbanken eine Investitions-, Wettbewerbs- und Strukturaufgabe in den Regionen

Markenkern und aktuelle Positionierung

- **Markenkern.** Die Volksbanken Raiffeisenbanken stehen für regionale Verankerung, Mitgliederorientierung, Partnerschaftlichkeit, Verantwortung, Transparenz und langfristige Stabilität. Die 2026 eingeführte Markenpositionierung rückt das „WIR“ als Ausdruck der genossenschaftlichen Idee in den Mittelpunkt.

- **Mission Statement.** Menschen und Unternehmen in den Regionen gemeinsam stärken, wirtschaftliche Entwicklung ermöglichen und Verantwortung für eine langfristig tragfähige Zukunft übernehmen.

- **Geschäftliche Ausgangslage.** Die Genossenschaftliche Finanzgruppe ist ein zentraler Finanzierungspartner des Mittelstands. Ende 2025 umfasste sie 646 Genossenschaftsbanken und 17,5 Millionen Mitglieder; die Kundenkredite beliefen sich auf 827 Milliarden Euro.

© Fraunhofer ISE
restricted

Die Bürger als tragende Säule der Energiewende.

Bürgerenergie

Die EU-Richtlinien RED II (Art. 22) und IEMD (Art. 16) definieren Energy Sharing als politisches Instrument.



Demokratisierung & Dekartellisierung

Stärkung der Teilhabe von Bürger:innen als Produzenten und Investoren



Resilienz & Souveränität

Schaffung robuster, dezentraler Strukturen zur Krisenvorsorge



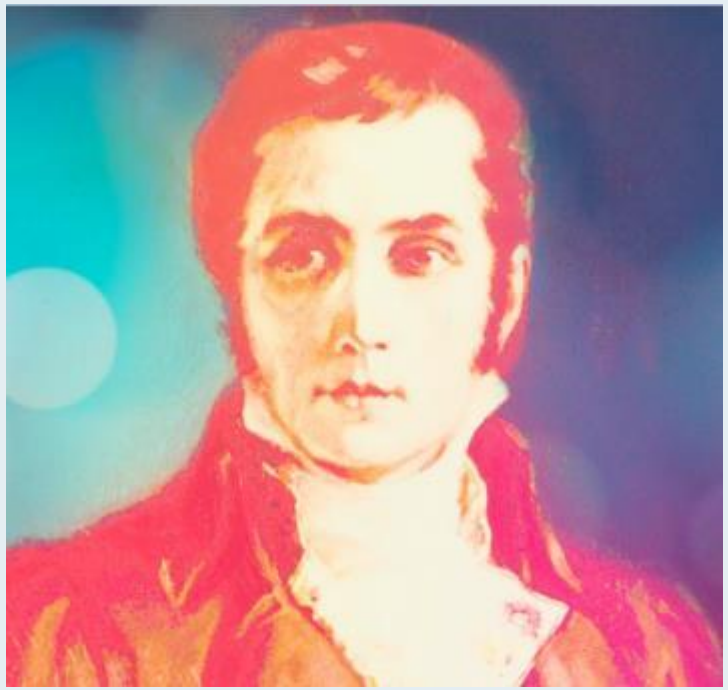
Soziale Teilhabe & Akzeptanz

Zugang zu günstiger, lokaler Energie auch für Haushalte mit niedrigem Einkommen.

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer als Schüsselpartner für die Industrie in Innovationsprozessen

Fraunhofer's Mission und Rolle im Innovationssystem



Joseph von Fraunhofer
(1787–1826)

€ 3.7 Milliarden
Forschungsbudget

Finanzbericht 2025

74
Forschungsinstitute und Einrichtungen, in jedem Bundesland verortet

31,000
Beschäftigte

15 Internationale Representationsbüros

Aktive Kollaborationen mit Partnern aus etwa **90** Ländern

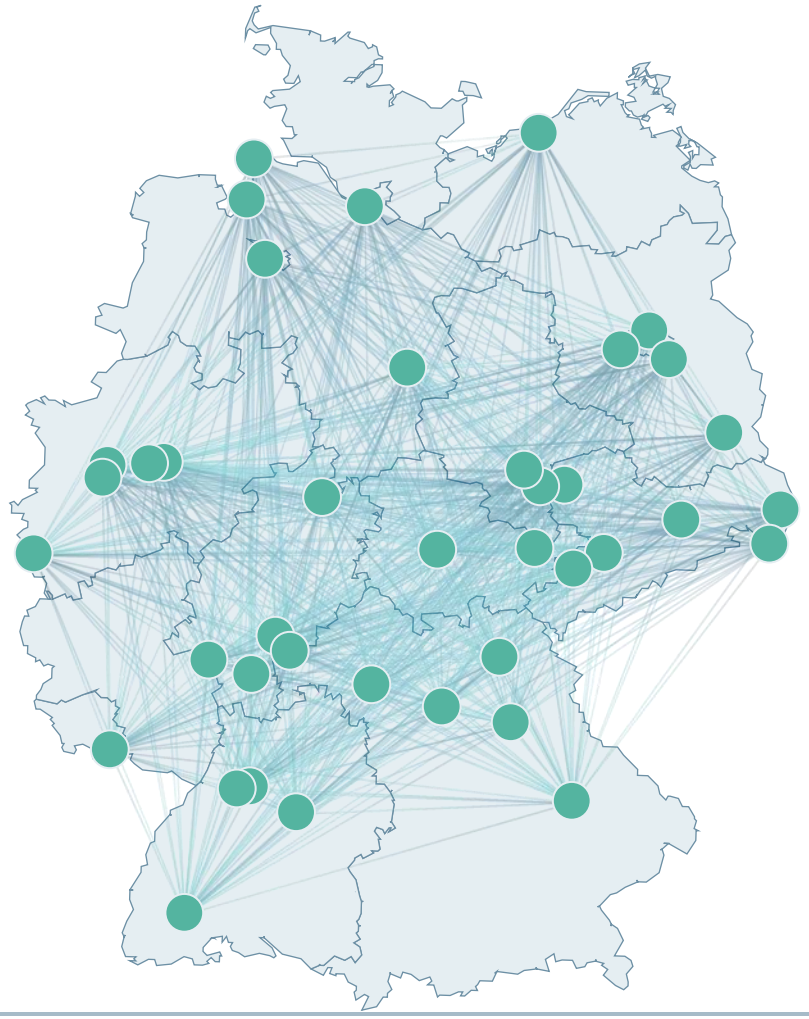
Rounded figures

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Fraunhofer-Gesellschaft für Angewandte Forschung: Das Wasserstoff-Netzwerk

Kompetenzen von **39** Mitgliedsinstituten mit über **1.000** Wissenschaftler, Ingenieure und Studierenden



Speaker



Prof. Dr. Christopher Hebling
Director International
Fraunhofer ISE



Prof. Dr. Mario Ragwitz
Director
Fraunhofer IEG

6 Dimensions

Production	Applications	Infrastructure	System modelling	Safety and Regulations
▪ Classical electrolysis ▪ Alternative production methods ▪ Series production	▪ Industry ▪ Mobility ▪ Energy and heating sector	▪ Storage ▪ Transport ▪ Power-to-X ▪ Distribution grids	▪ Techno-economic analyses (TEA) ▪ Potential studies (GIS) ▪ Roadmaps & strategies	▪ Standardization and norms ▪ Monitoring and diagnostics

Materials (Cross-cutting topic)

▪ Durability and stability ▪ Cost efficiency ▪ Recycling

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Science and Technology in Society *forum*



Tokyo GX Week (Green Transformation)

Ministry for Economy, Trade and Industry, METI

Die Energiekrise erfordert, dass die globale Gesellschaft drei Ziele gleichzeitig erreicht:
Energiesicherheit, Maßnahmen gegen den **Klimawandel** und das Vorantreiben des **Wirtschaftswachstums**
.
Es ist es wichtig, dass jedes Land Anstrengungen zur Förderung der „**Green Transformation**“ (GX) unternimmt, einschließlich **Innovation**, **Politikgestaltung** und dem Aufbau von **Rahmenbedingungen**.

Dabei sollten alle auf das gemeinsame Ziel – Netto-Null-Emissionen – hinarbeiten, unter Berücksichtigung verschiedener Ansätze, die ihren jeweiligen Energiesituationen und anderen Umständen entsprechen.

Vor diesem Hintergrund hat METI beschlossen, die **Tokyo GX Week** abzuhalten, mit dem Ziel, durch GX den Wandel zu einer auf saubere Energie ausgerichteten Wirtschaft, Gesellschaft und Industrie zu fördern und die Ergebnisse mit Dekarbonisierung sowie dem Wachstum und der Entwicklung der Wirtschaft zu verknüpfen.

Source: IRENA, 2023, http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/
© Fraunhofer ISE
restricted



No one country or constituency alone can solve the issues of science and technology facing the humankind. STS *forum* is a platform to form collaborative networks among global leaders in academia, industry and government in order for us to build a better world together.

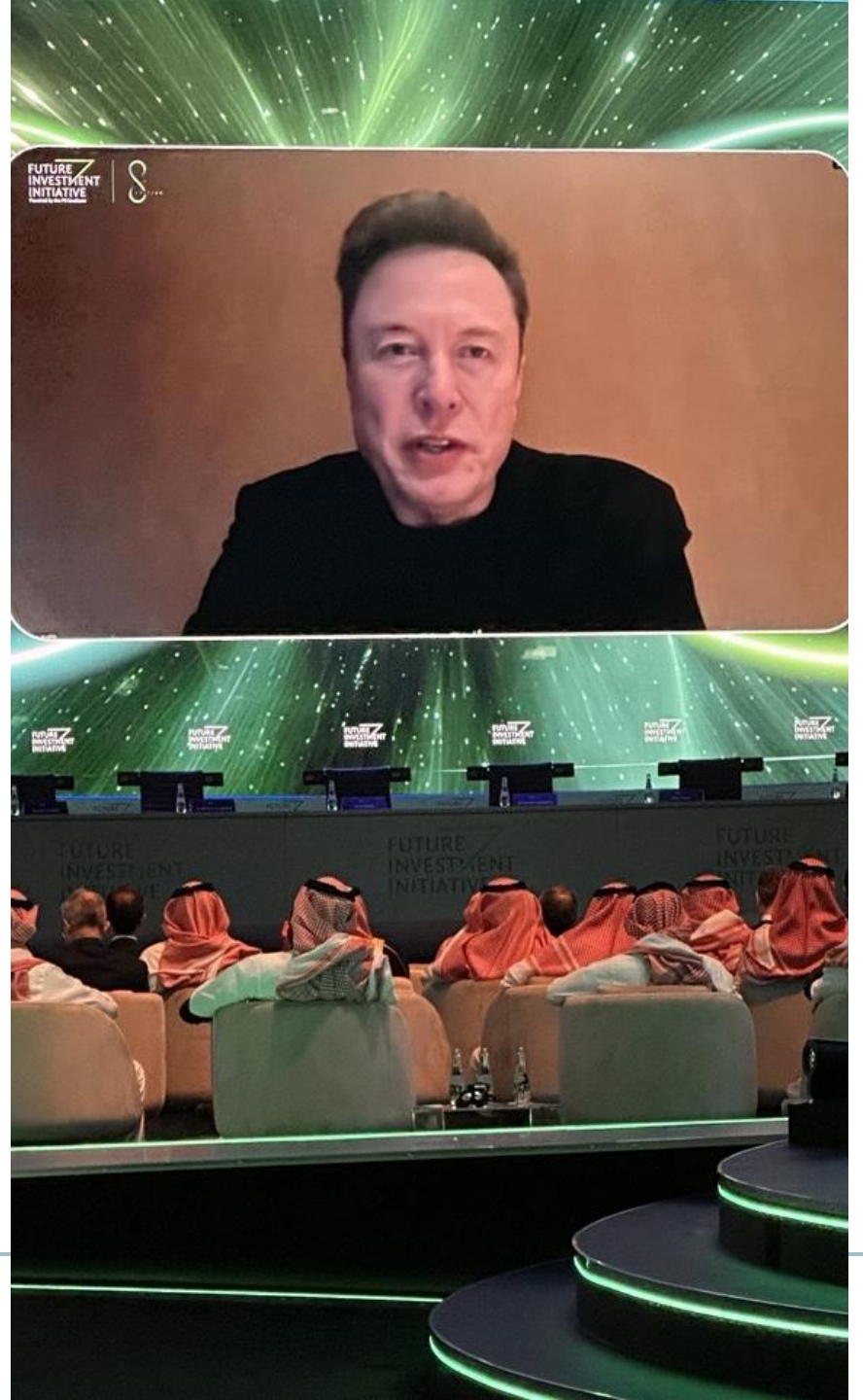
Future Investment Initiative FII, Riyadh









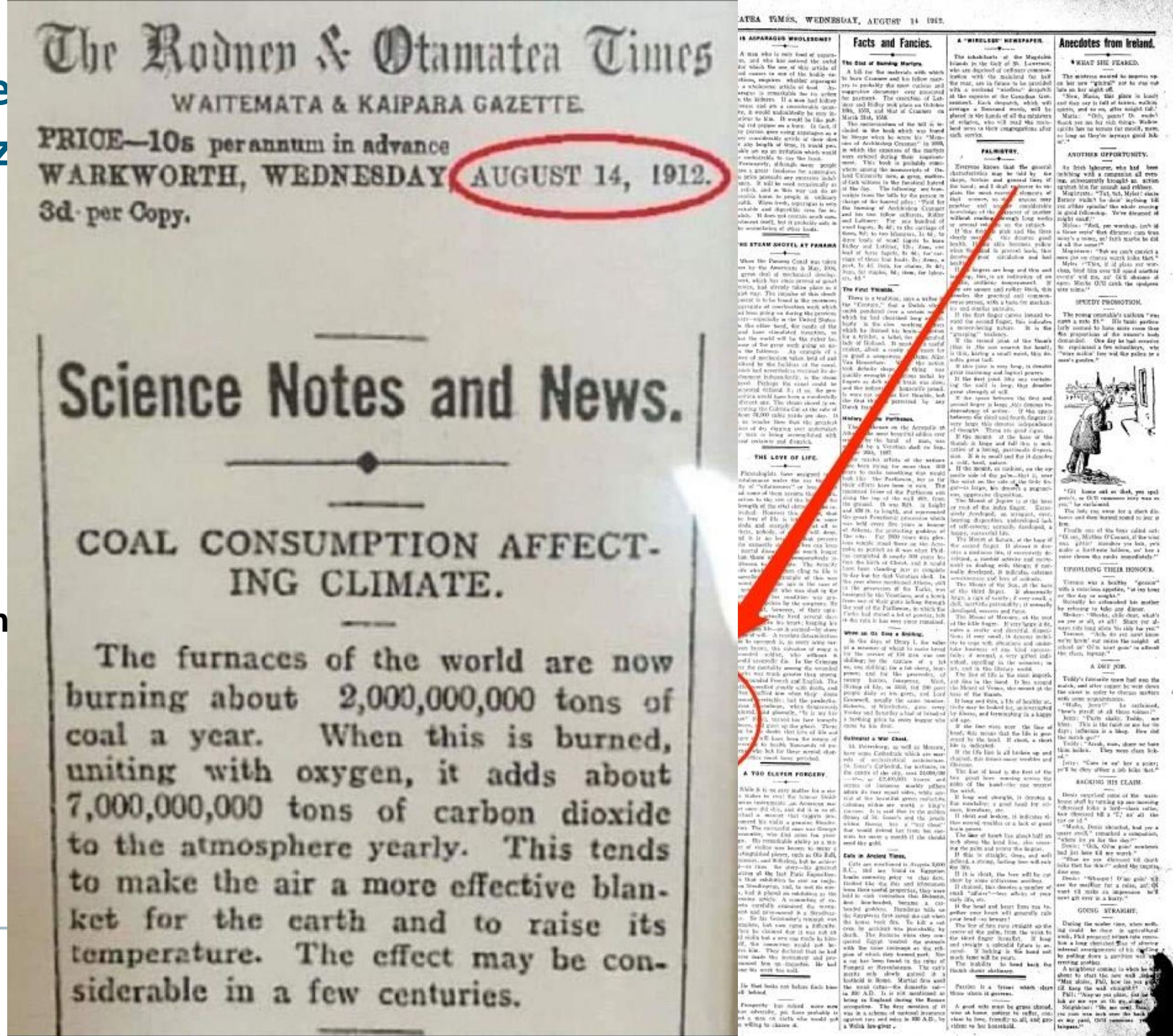

FUTURE INVESTMENT INITIATIVE


SHOU CHEW



Rodney und Otamatea Time
Waitemata und Kaipara Gaz

- Globaler Kohleverbrauch in 2025: 8,845,000,000 Tonnen
- Globaler Ölverbrauch in 2025: 5,200,000,000 Tonnen
- Globaler Erdgasverbrauch 2025 3,010,000,000 Tonnen
- **Globale CO_2-Emissionen erreichten ein Rekordhoch von 37.2 Gt in 2025**



The Rodney & Otamatea Times
WAITEMATA & KAIPARA GAZETTE.
PRICE—10s per annum in advance
WARKWORTH, WEDNESDAY, AUGUST 14, 1912.
3d per Copy.

Science Notes and News.

COAL CONSUMPTION AFFECTING CLIMATE.

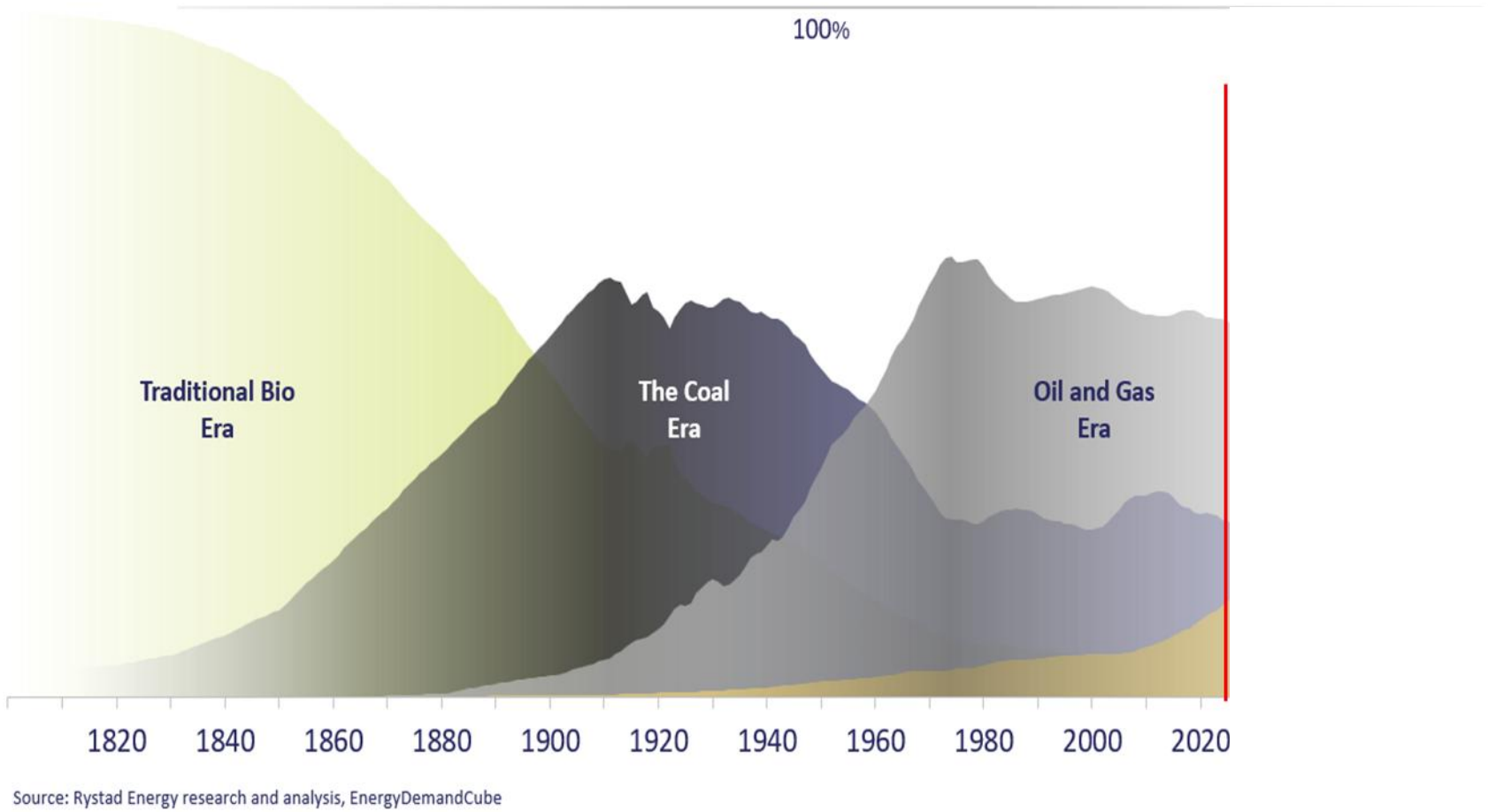
The furnaces of the world are now burning about 2,000,000,000 tons of coal a year. When this is burned, uniting with oxygen, it adds about 7,000,000,000 tons of carbon dioxide to the atmosphere yearly. This tends to make the air a more effective blanket for the earth and to raise its temperature. The effect may be considerable in a few centuries.

Facts and Fancies.

Anecdotes from Ireland.

© Fraunhofer ISE
restricted

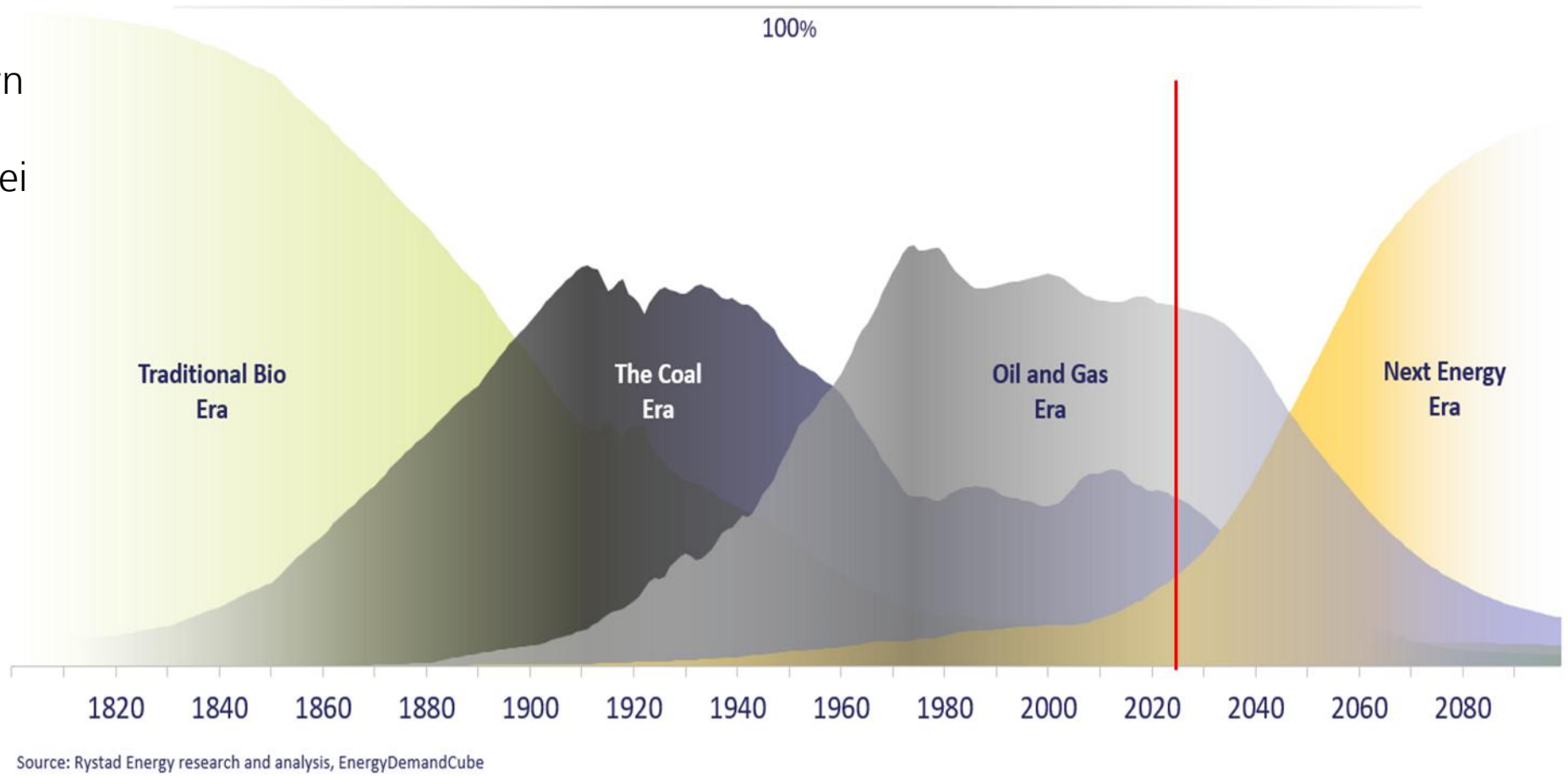
Relativer Anteil des Globalen Primärenergieverbrauchs nach Herkunft in %



© Fraunhofer ISE
restricted

Relativer Anteil des Globalen Primärenergieverbrauchs nach Herkunft in %

Die Energiequellen der “Next Energy Era” steuern in 2025 etwa **15%** der globalen Primärenergie bei

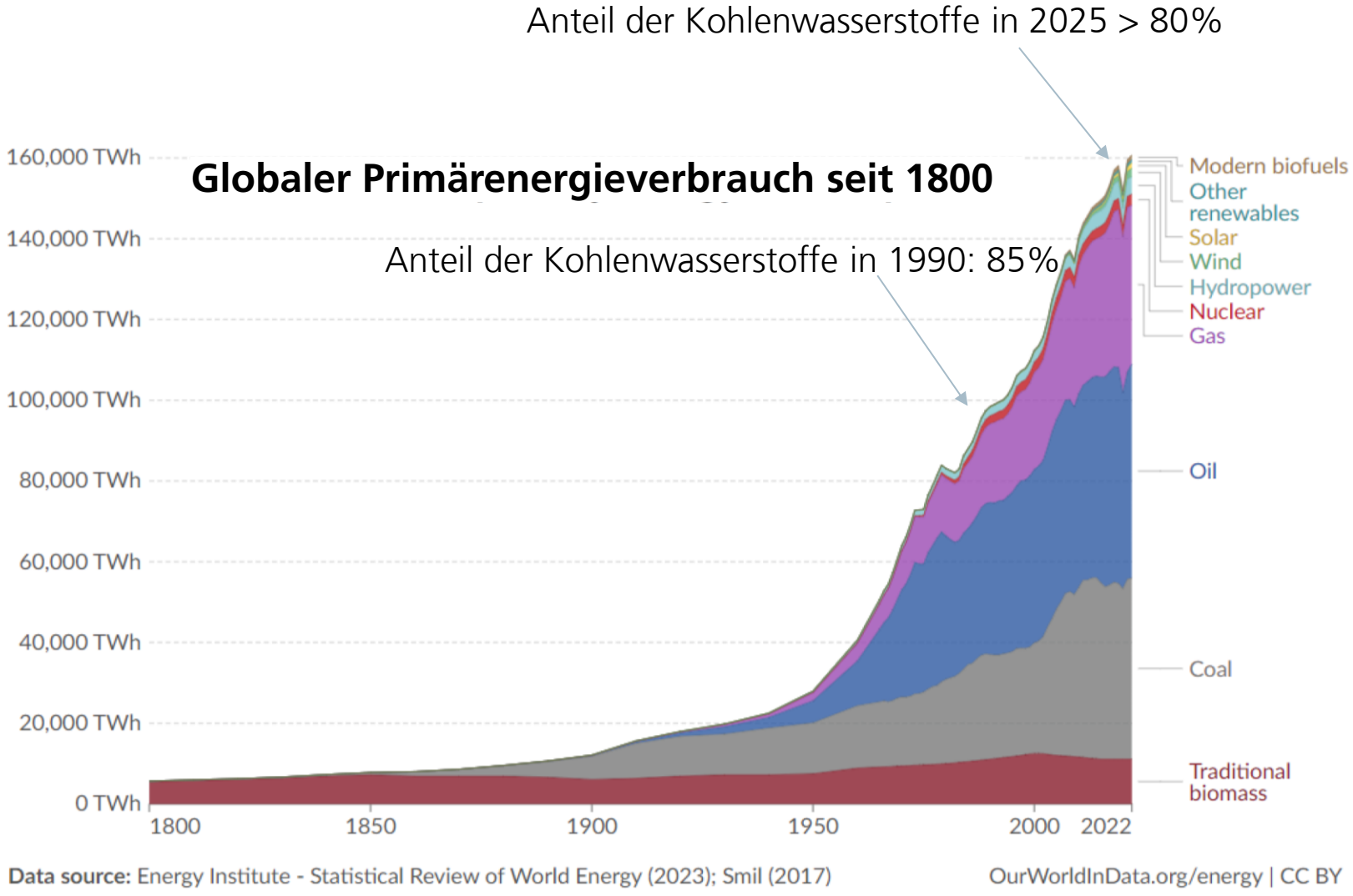


© Fraunhofer ISE
restricted

Anstieg des Globalen Primärenergieverbrauchs seit 1800

- Öl, Erdgas und Kohle brauchten jeweils etwa 50 Jahre, um einen 10-% Marktanteil im globalen Energiemix.
- Photovoltaik und Windkraft wuchsen von ~0% to 15% in 15 Jahren
- Wasserstoff als Teil des globalen Energiesystems ist in Jahr 5
- Globaler Primärenergieverbrauch war etwa 183,000 TWh in 2025

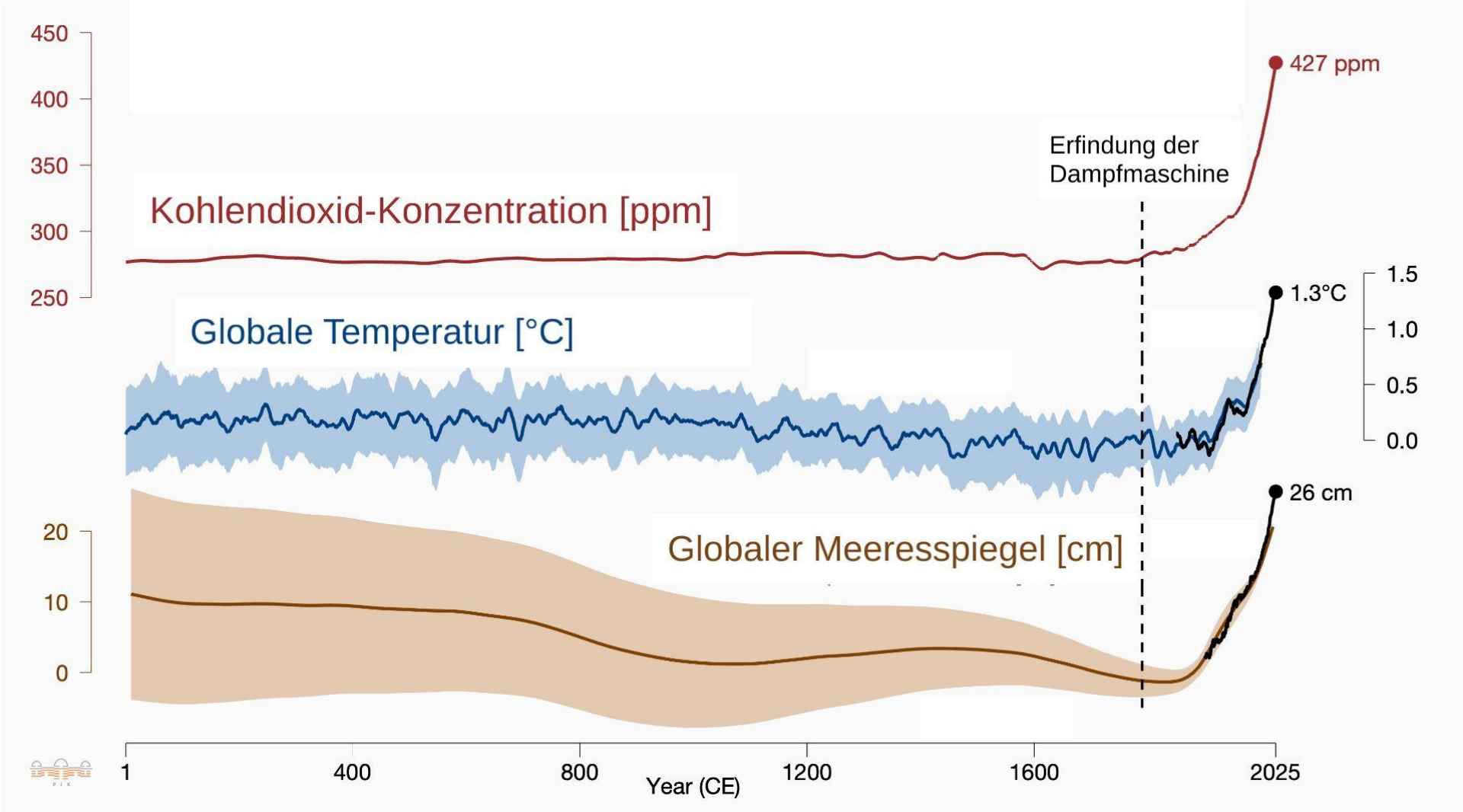
Energy Transition or **Energy Addition:** Ersetzen die erneuerbaren Energien wirklich fossile Energieträger, oder decken sie einen Teil des zusätzlichen Energiebedarfs?



http://www.climate-lab-book.ac.uk/spirals/

© Fraunhofer ISE
restricted

CO_2-, Temperatur-, und Meeresspiegelveränderung der letzten 2025 Jahre



Stefan Rahmsdorf, PIC

© Fraunhofer ISE
restricted

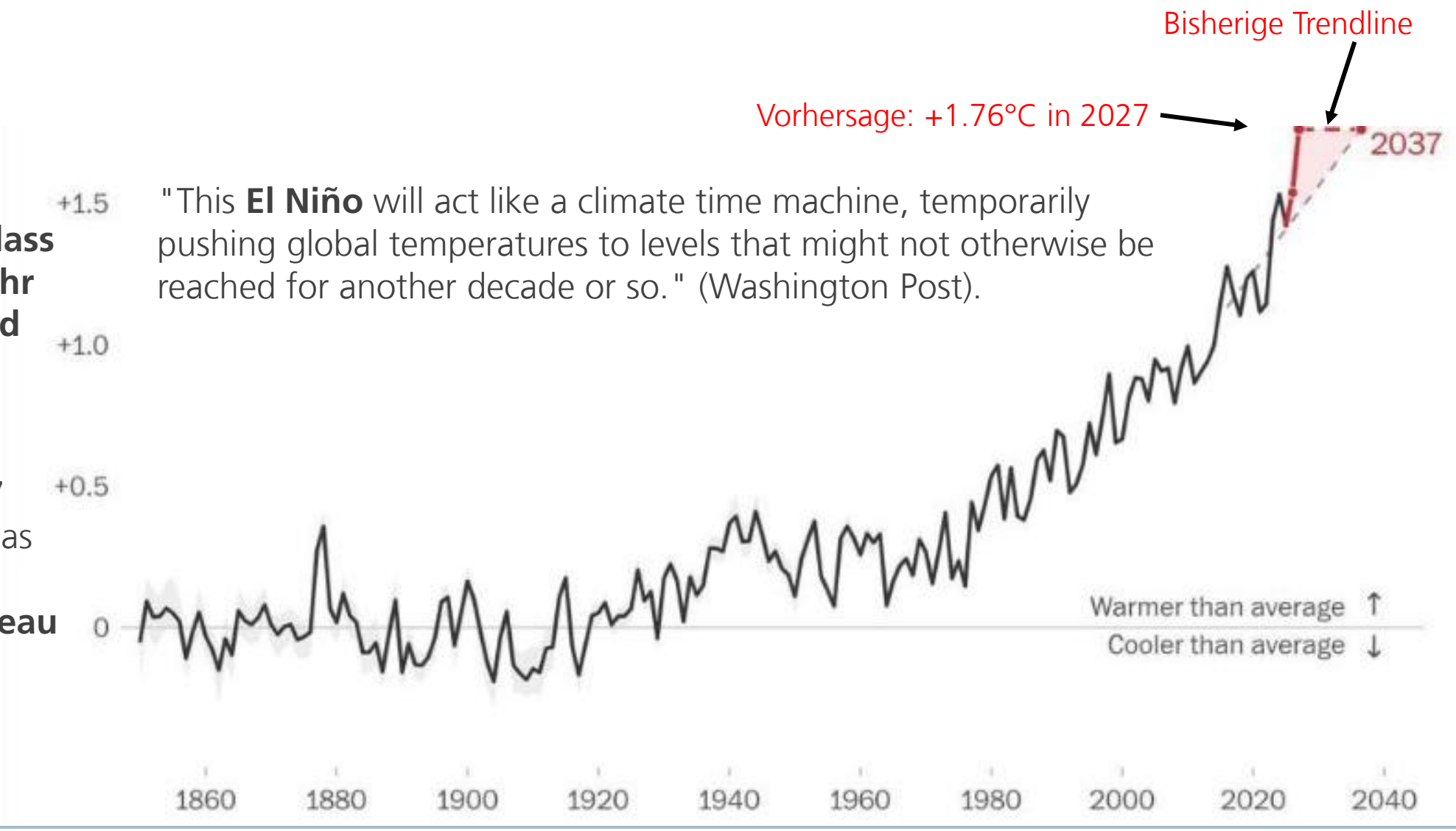
Fraunhofer ISE

Globale Temperaturen von 1850-1900

Es gibt eine etwa **95-Prozentige Wahrscheinlichkeit dass 2027 das heißeste Jahr der Erde werden wird**

Ein Temperaturanstieg, den die meisten Klimamodelle für 2037 vorausgesagt haben, das wären **1.76° über vorindustriellem Niveau**

"This **El Niño** will act like a climate time machine, temporarily pushing global temperatures to levels that might not otherwise be reached for another decade or so." (Washington Post).



Source: Ben Noll / The Washington Post; Zeke Hausfather

© Fraunhofer ISE restricted

Sommer in Europa

Dreisam in Freiburg in der Tagesschau

Freiburg hatte 53 Hitzetage mit Temperaturen zwischen 30 and 40 Grad.
(19 im Durchschnitt zwischen 1991 und 2020)

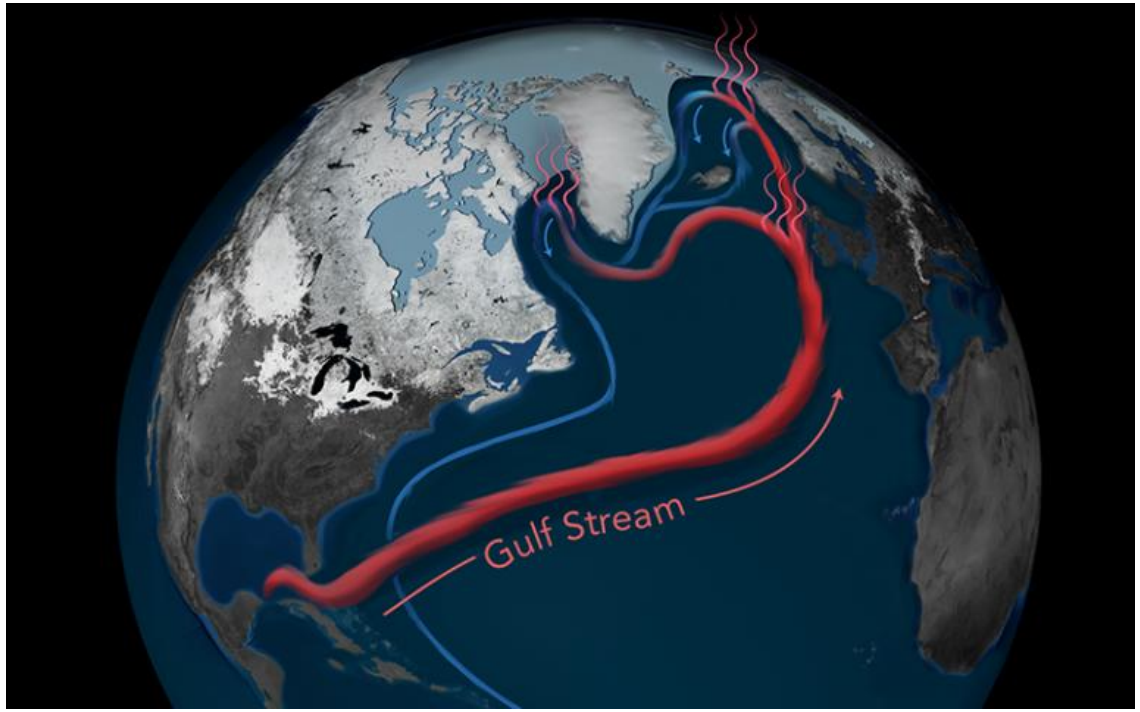


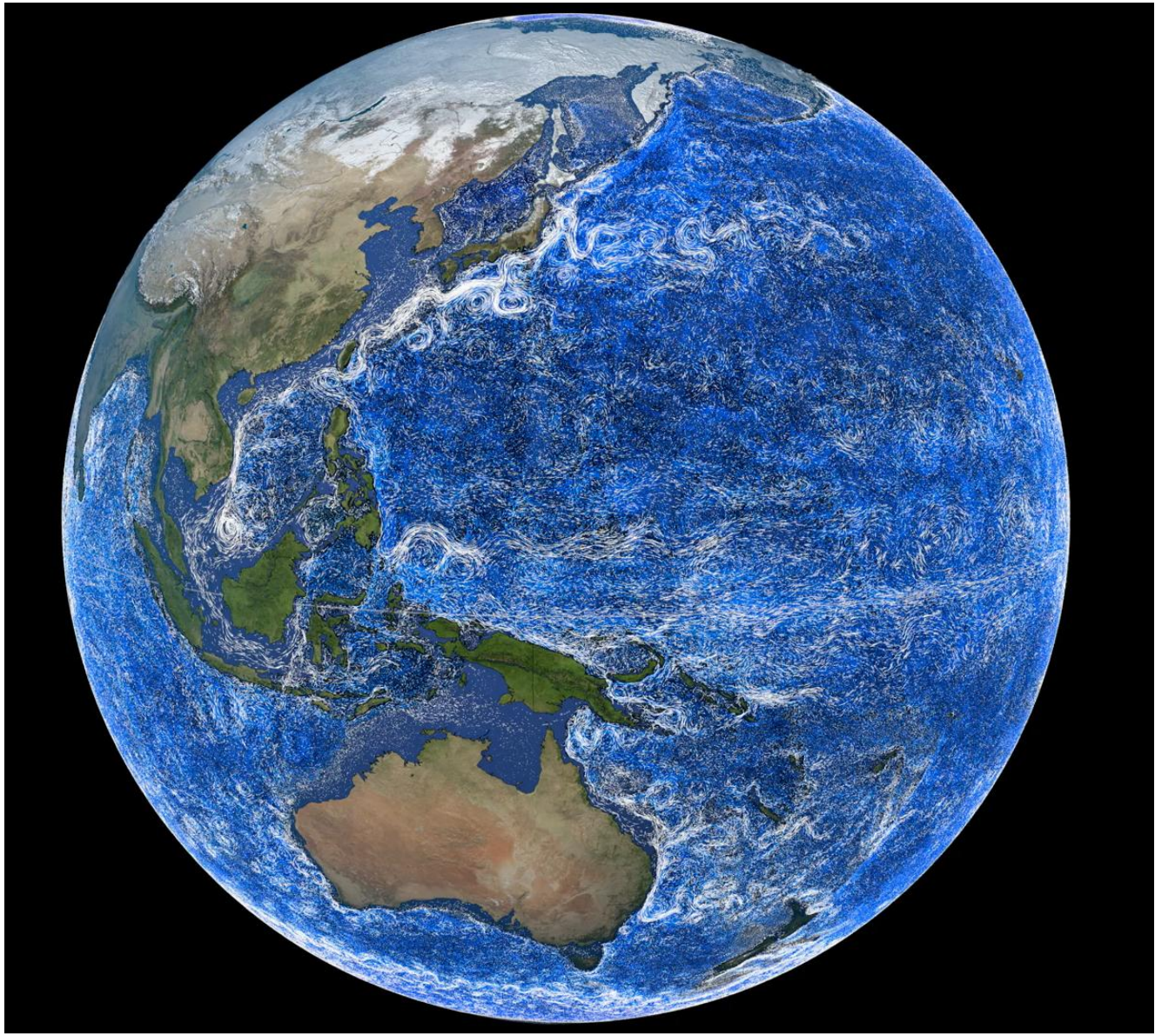


© Fraunhofer ISE
restricted

Antarktischer Zircumpolarstrom ACC und Atlantische Umwälzzirkulation AMOC

Wassermasse: Der ACC transportiert etwa 100 bis 150 Millionen Kubikmeter Wasser pro Sekunde, mehr als das Hundertfache aller Flüsse der Erde zusammen.





© Fraunhofer ISE restricted

Caesar, L., McCarthy, G.D., Thornalley, D.J.R. *et al.* Current Atlantic Meridional Overturning Circulation weakest in last millennium. *Nat. Geosci.* **14**, 118–120 (2021).

Fraunhofer ISE

ADIPEC: Energy. Intelligence. Impact.
CERAWeek: Convergence and Competition: Energy, Technology and Geopolitics

ADIPEC Schwerpunktthema in 2025:

Energy Addition anstatt Energy Transition (240.000 Teilnehmer)

2.250 Firmen, 1.800 Sprecher, 45 Minister, $46 Mrd Abschlüsse

CERAWeek: Schwerpunktthema in 2026

Convergence and Competition: Energy, Technology, Geopolitics

10.000 Teilnehmer, 2200 C-Level Entscheidungsträger, 600 Ministerielle

- **Infrastruktur & Investitionen**
  -> 6 Mio. km neue Stromleitungen bis 2050 notwendig
- **Weltweit 4 Mrd. USD/Jahr Investitionsbedarf** (Netze, Energie, Data-Center) -> Kapital benötigt Derisking und klare Politikvorgaben
- **Gas bleibt zentrale Säule**, Wasserstoff -> Fokus auf Kosten. Skalierung / stabile Rahmenbedingungen
- **Nuklearenergie erlebt Renaissance** (SMRs, Sicherheit, Regulierung)



Dr. Sultan Al Jaber
ADIPEC

- UAE Minister of Industry and Technology,
- ADNOC Managing Director
- Group CEO |XRG
- Executive Chairman, Masdar Chairman



Daniel Yergin
CERAWeek

- Founder of CERAWeek,
- one of the world's foremost authorities on global energy markets, geopolitics, and international relations

© Fraunhofer ISE
restricted
Fraunhofer ISE

Weitere Treiber für den Erwarteten Gobalen Anstieg des Energiebedarfs



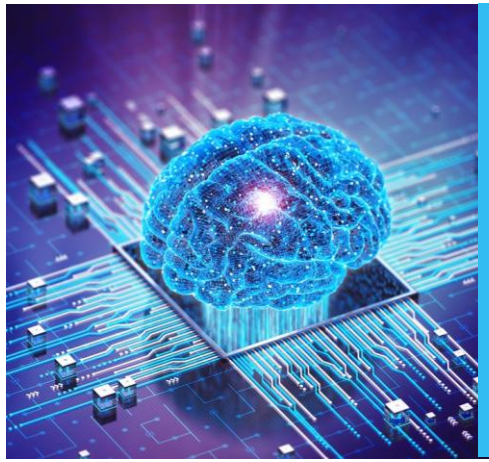


Elektrifizierung + steigender Energiebedarf in Schwellen- und Entwicklungs-ländern



Bildquelle: Umweltbundesamt

Wasserstoff basierte Energie-träger und chemische Rohstoffe



Künstliche Intelligenz, Cybersicher-heit, Gaming, Kryptowäh-rungen



© Luca Locatelli, Nat Geo Image Collection

Zunehmender Einsatz für Meerwasser-entsalzung



https://www.scinexx.de/news/technik/erste-kommerzielle-anlage-saugt-co2-aus-der-luft/

Negative Emissions-technologien, direkte CO_2-Entnahme aus der Luft

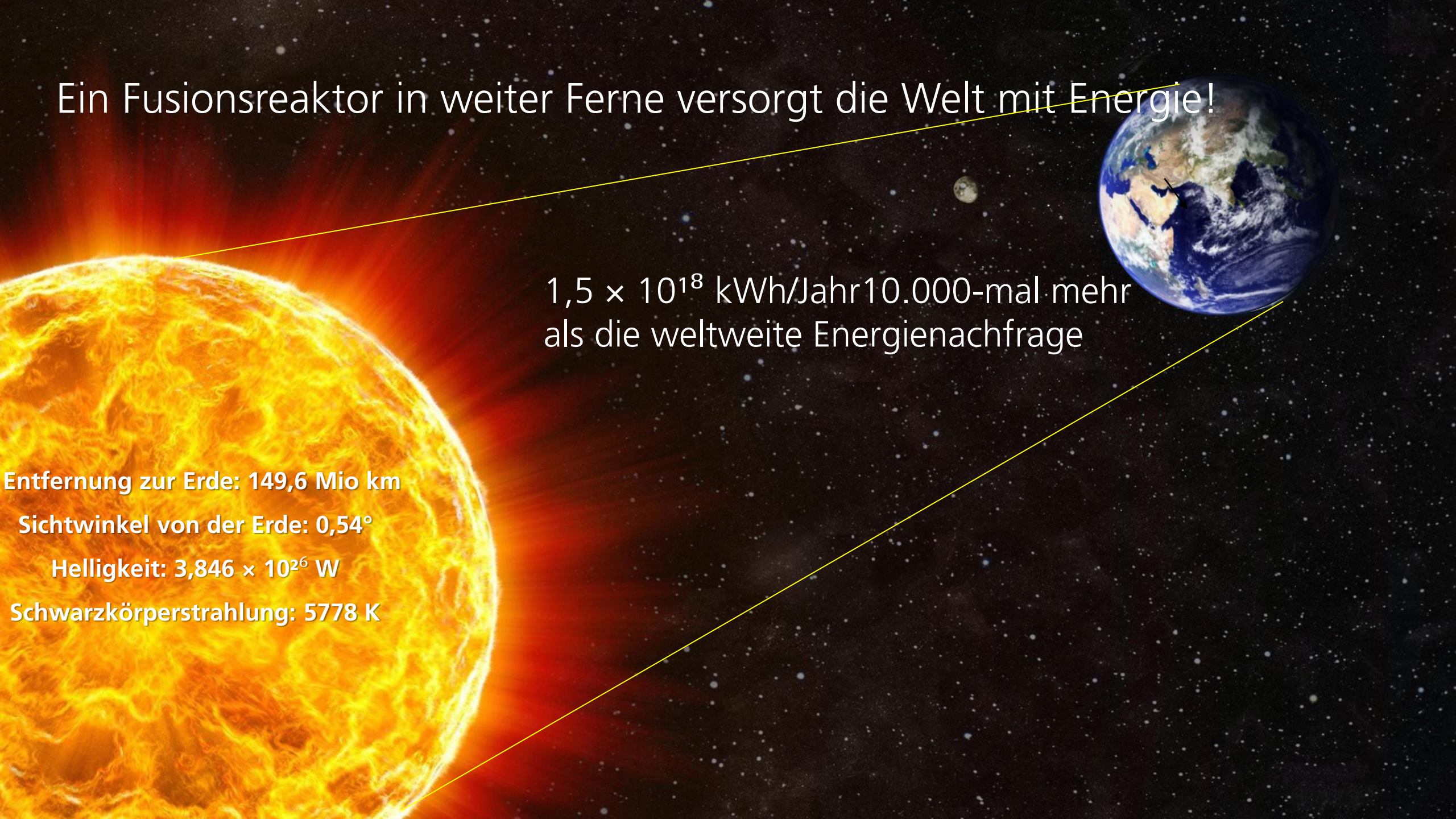


Weltraum-missionen, Raum-stationen, Marsmission

© Fraunhofer ISE restricted

Fraunhofer ISE

Ein Fusionsreaktor in weiter Ferne versorgt die Welt mit Energie!



$1{,}5 \times 10^{18}$ kWh/Jahr10.000-mal mehr
als die weltweite Energienachfrage

Entfernung zur Erde: 149,6 Mio km

Sichtwinkel von der Erde: 0,54°

Helligkeit: $3{,}846 \times 10^{26}$ W

Schwarzkörperstrahlung: 5778 K

Ein Fusionsreaktor in weiter Ferne versorgt die Welt mit Energie!



Entfernung zur Erde: 149,6 Mio km

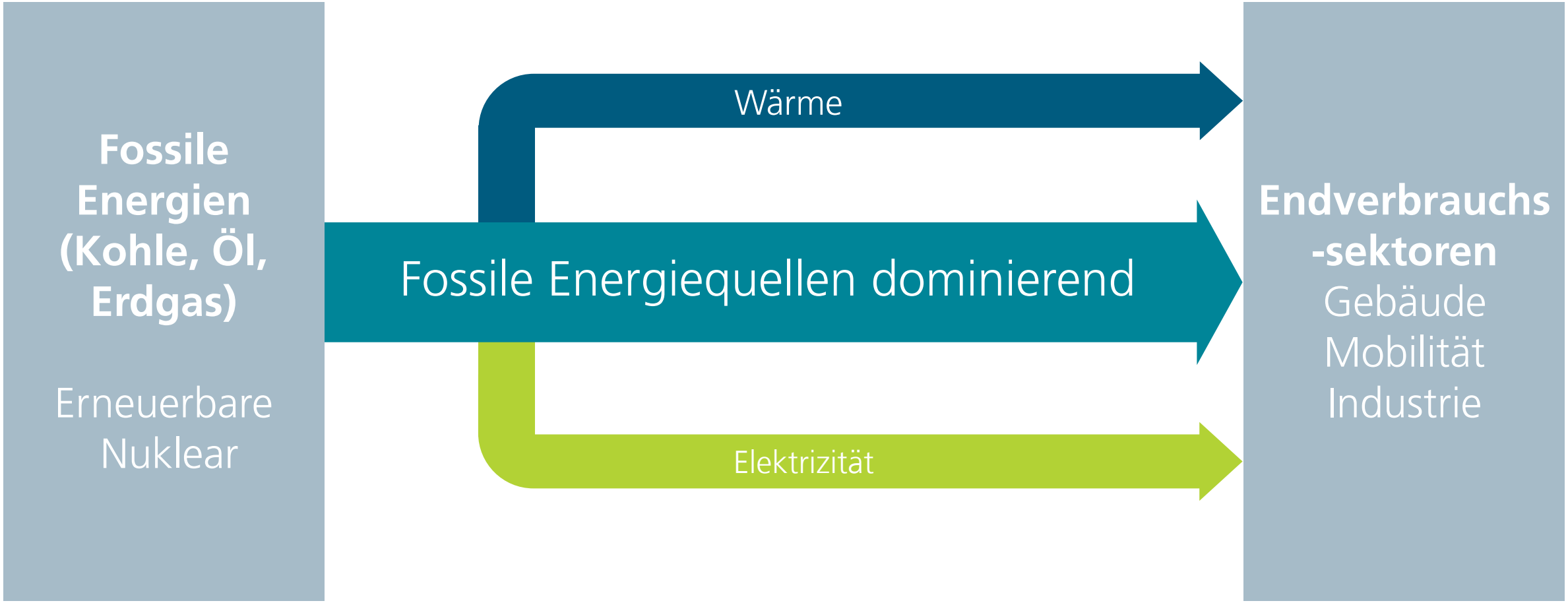
Sichtwinkel von der Erde: 0,54°

Helligkeit: 3,846 × 10^{26} W

Schwarzkörperstrahlung: 5778 K

Das bisherige Globale Energiesystem

Dominante Primärenergie basierte auf fossilen Energieträgern

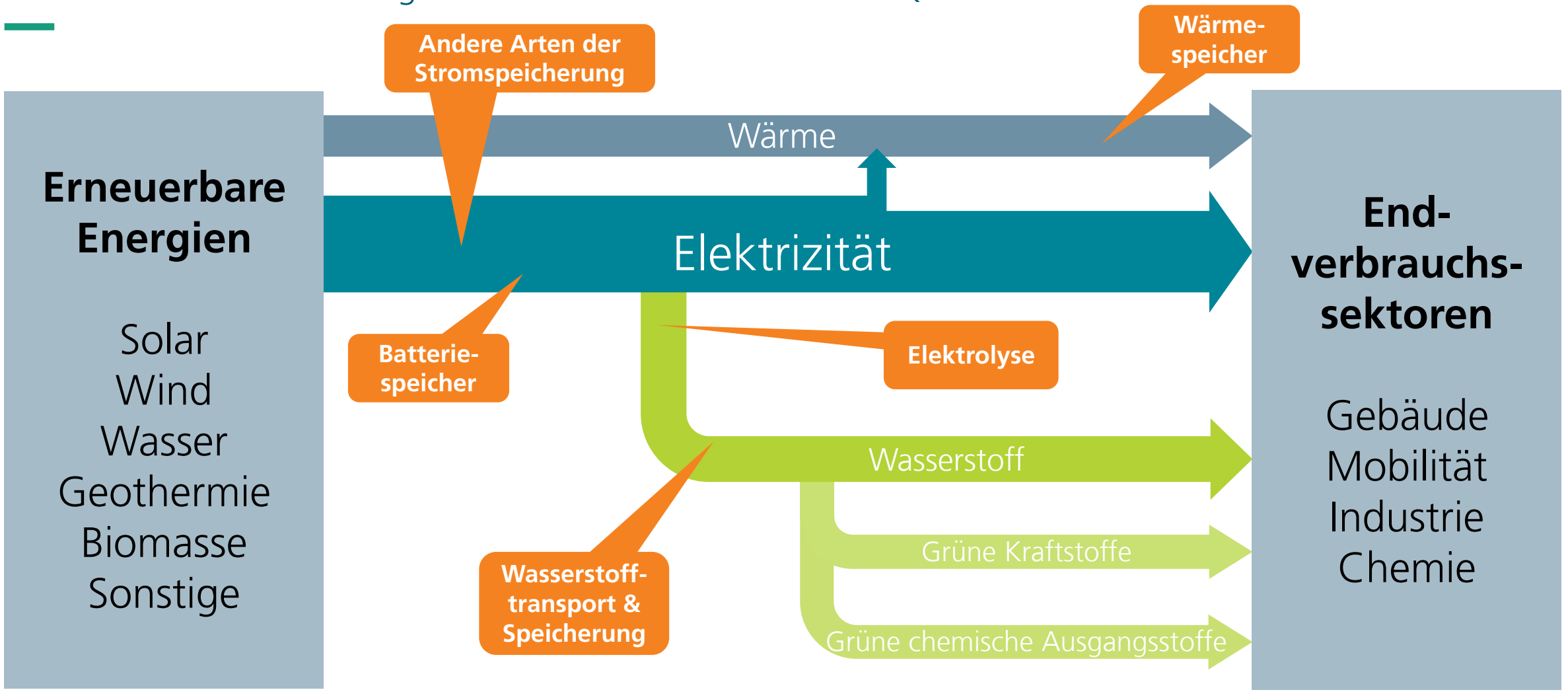


© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Das Energiesystem der Zukunft

Die dominante Primärenergie wird Strom aus erneuerbaren Quellen sowie Wasserstoff incl. Derivate sein



© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Schlüsselbausteine des Zukünftigen Energiesystems

1. **Strom wird zur wichtigsten Primärenergie**
   Starker Anstieg der Stromnachfrage weltweit
2. **Erneuerbare Energien dominieren die Stromerzeugung**
   Sonne und Wind wichtigste Quellen
3. **Flexibilisierung als neues Paradigma**
   Wachsender Bedarf an flexibler Stromerzeugung und -nutzung
4. **Andere erneuerbare Energiequellen**
   Biomasse, Geothermie und Solarthermie hauptsächlich für Wärmesektor
5. **Grüne Moleküle als global handelbare Güter**
   Klimaneutrale Energieträger und Chemierohstoffe
6. **Ressourcenbedarf als Herausforderung**
   Notwendigkeit geschlossener Stoffkreisläufe

© Fraunhofer ISE
restricted

Erneuerbare Energien haben einen Kostenvorteil

Globale durchschnittliche Stromgestehungskosten, 2010–2025



- Seit 2010 sanken die globalen durchschnittlichen Stromgestehungskosten von **Photovoltaik um 89 %**, von **Onshore-Wind um 71 %** und von **Offshore-Wind um 63 %**.
- **Mehr als 90 %** der 2025 neu in Betrieb genommenen großen Erneuerbare-Energien-Projekte **erzeugten Strom günstiger als die jeweils günstigste neue fossile Alternative** im betreffenden Markt.

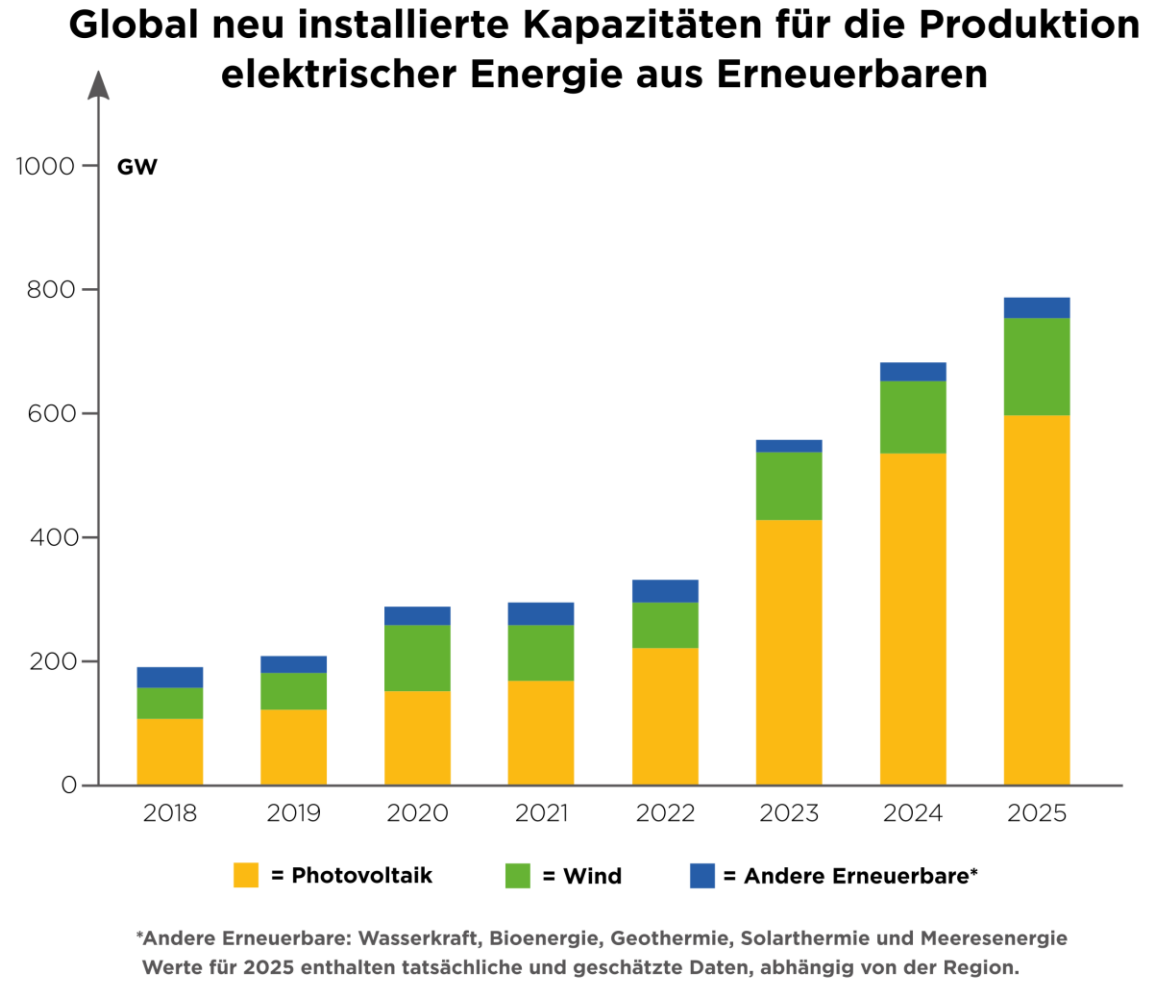
Source: IRENA (2026), *Renewable Power Generation Costs in 2025*, Figure S2, p. 15.
IRENA: Renewable power generation costs in 2025

© Fraunhofer ISE restricted

Der weltweite Ausbau erneuerbarer Energien beschleunigt sich

2025 wurden weltweit 692 GW erneuerbare Erzeugungsleistung neu installiert

- **692 GW** erneuerbare Leistung wurden 2025 weltweit neu installiert, **15,5 % mehr als in 2024.**
- **Solar-PV stellte mehr als drei Viertel** des gesamten Zubaus (510 GW); Wind kam auf rund **20 %** (159 GW)
- Der **Batteriespeicherzubau** betrug **108 GW,** 40% mehr als in 2024. Die installierte Kapazität ist jetzt elf Mal höher als in 2021.



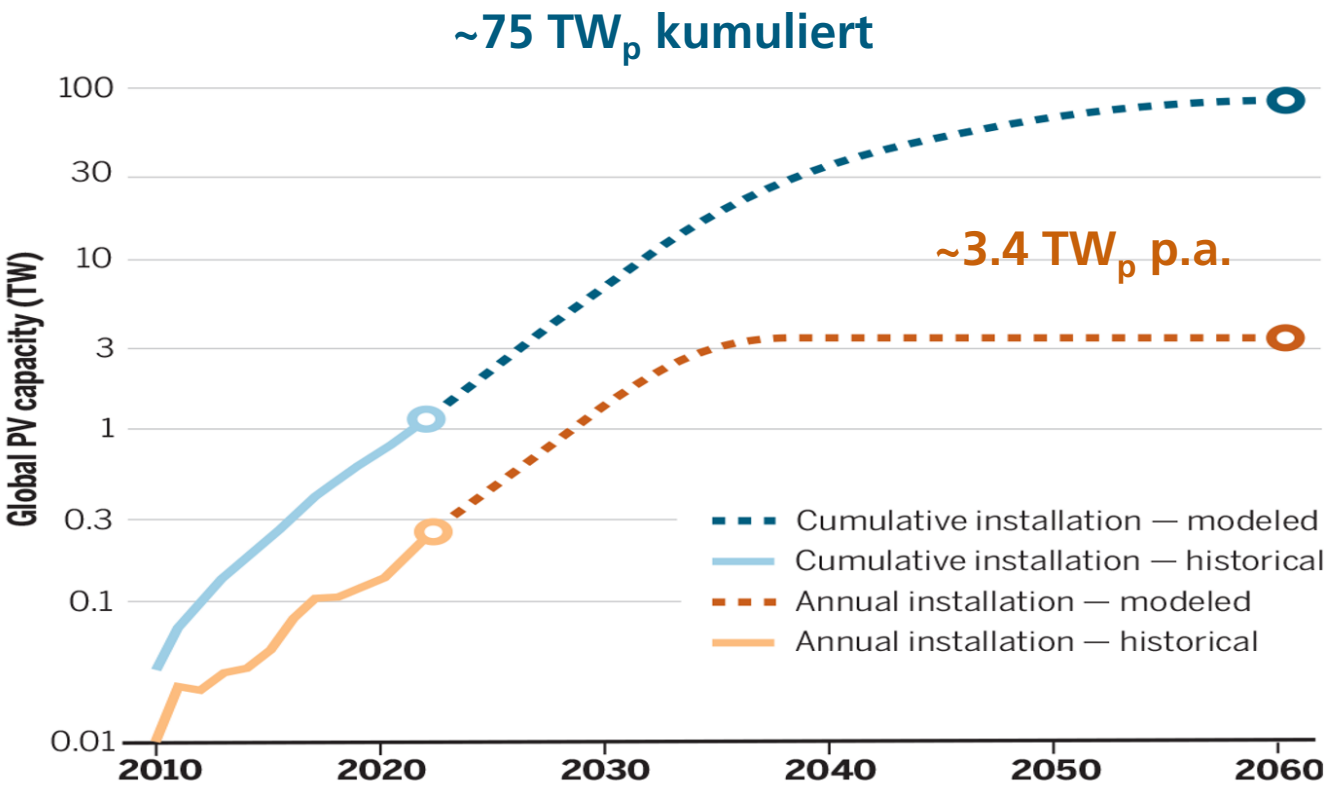
Quelle: IEA (2026), Global Energy Review 2026, S. 32.
Global Energy Review 2026 - IEA

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Benötigter Photovoltaikzubau pro Jahr und kumuliert bis 2060

PV-Installationen und Wachstum auf 75 TW bis 2050



- PV-Wachstum 2004: **1 GW/Jahr**
- PV-Wachstum 2010: **1 GW/Monat**
- PV-Wachstum 2015: **1 GW/Woche**
- PV-Wachstum 2023: **1 GW/Tag**

→ PV-Wachstum 2030: **1GW/3h**

25 % Produktionswachstum über die nächsten 7 Jahre, gefolgt von einer langsamen Reduzierung auf einen stabilen Zustand



Haegel, N. et al.: Photovoltaics at multi-terawatt scale: Waiting is not an option, Science, Apr 2023, Vol 380, Issue 6640, pp. 39-42, DOI: 10.1126/science.adf6957

© Fraunhofer ISE
restricted

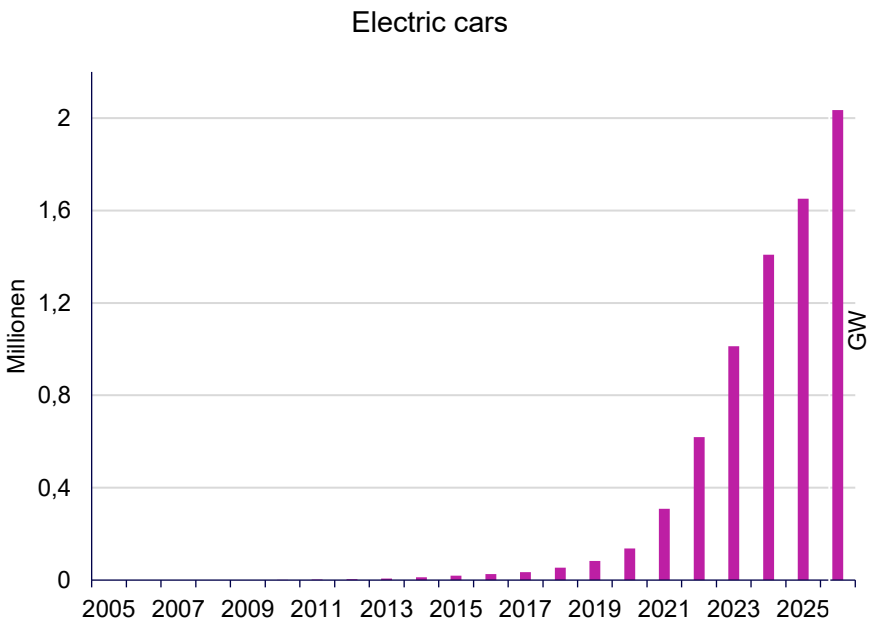
Fraunhofer ISE

Electrifizierung in Mobilität, Speichern und Wärmepumpen in Deutschland

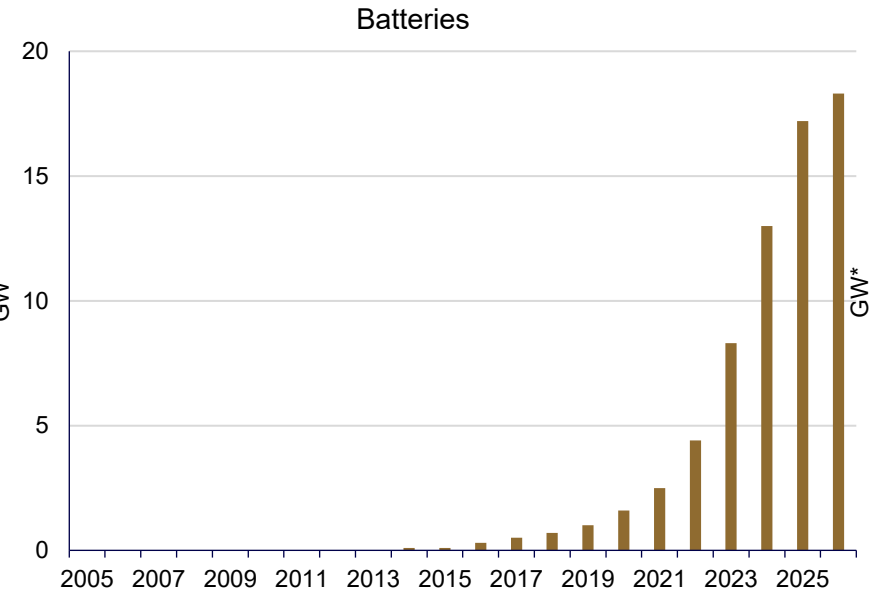
2005 -2025

Elektr. Fahrzeuge 2026: ~22 GW*

*at ~10 kW charging power

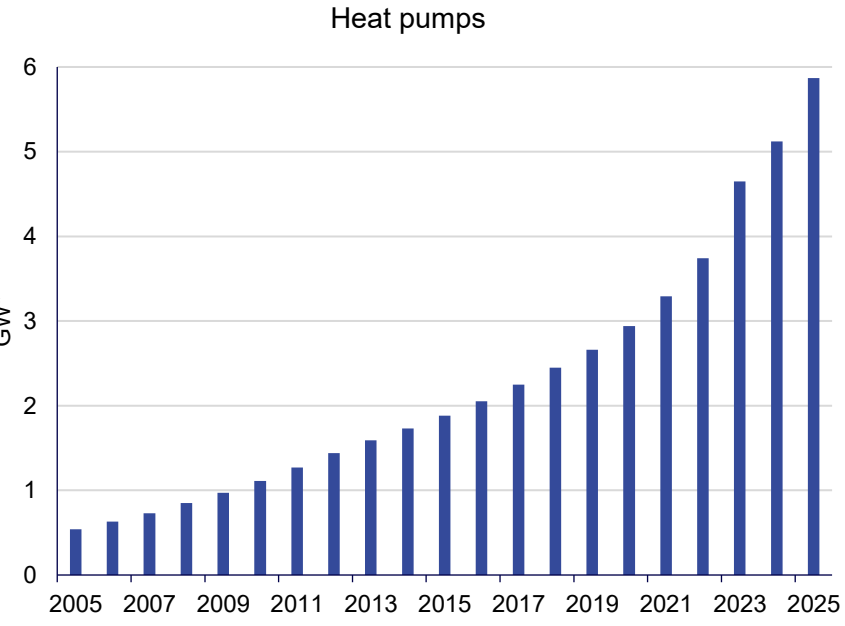


Batterien 2026: ~18 GW



Wärmepumpen 2025: ~6 GW**

**thermal divided by 3



[Sources: KBA, Battery-Charts, UBA, each 2026]

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Schlüsselbausteine des zukünftigen Energiesystems

1. **Strom wird zur wichtigsten Primärenergie**
   Starker Anstieg der Stromnachfrage weltweit



2. **Erneuerbare Energien dominieren die Stromerzeugung**
   Sonne und Wind wichtigste Quellen



3. **Flexibilisierung als neues Paradigma**
   Wachsender Bedarf an flexibler Stromerzeugung und -nutzung



4. **Andere erneuerbare Energiequellen**
   Biomasse, Geothermie und Solarthermie hauptsächlich für Wärmesektor



5. **Grüne Moleküle als global handelbare Güter**
   Klimaneutrale Energieträger und Chemierohstoffe

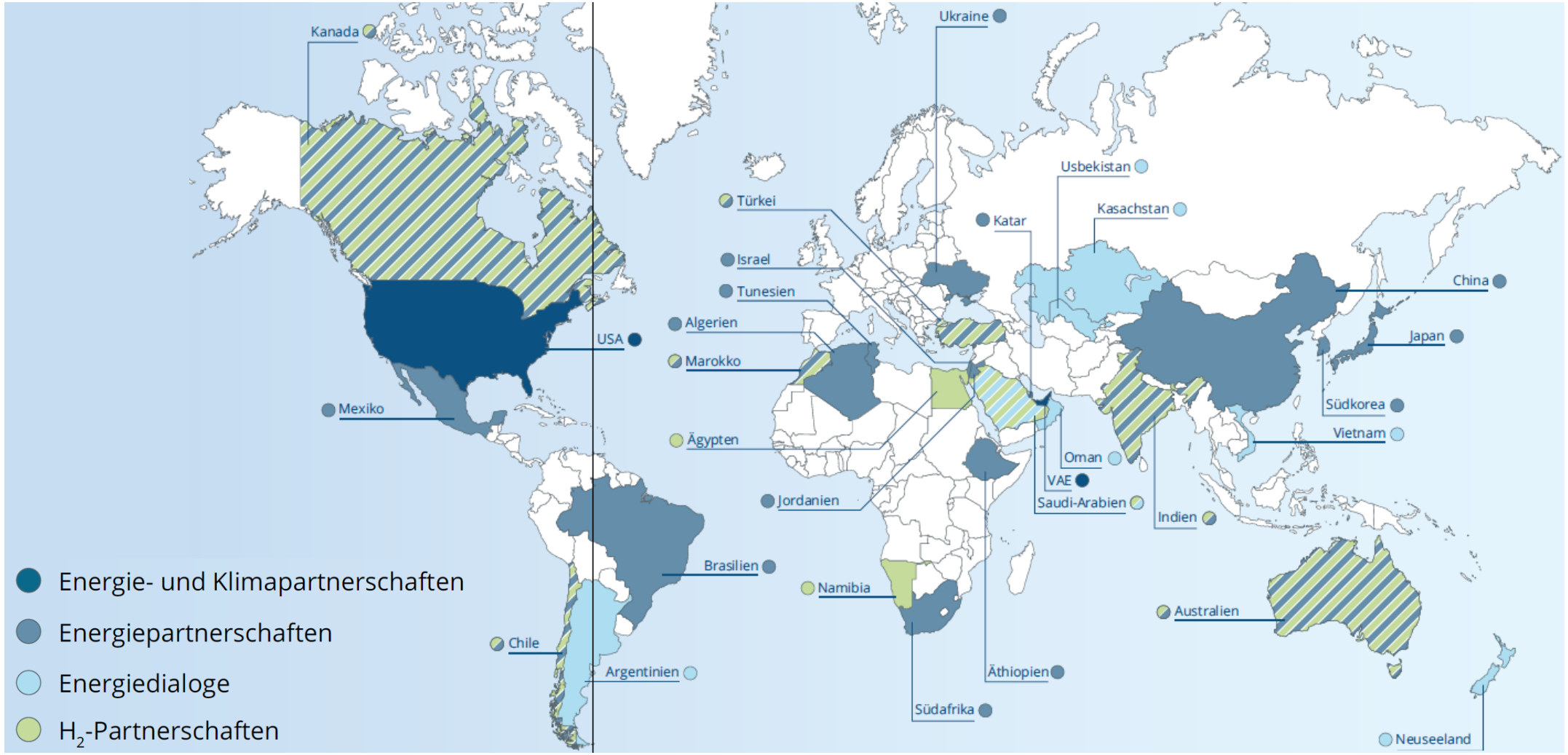


6. **Ressourcenbedarf als Herausforderung**
   Notwendigkeit geschlossener Stoffkreisläufe



© Fraunhofer ISE
restricted

33 Deutsche Klima- und Energiepartnerschaften



© Fraunhofer ISE
restricted

NEOM

Saudi Arabien

- $8.5 Mrd. Investment
- 600 t CO2-freier Wasserstoff pro Tag
- 1.2 Mio t grünes Ammoniak pro Jahr
- Angetrieben durch 4 GW Photovoltaik + Wind
- 2.2 GW Elektrolysekapazität
- Joint venture von NEOM, ACWA Power, Air Products
- Betriebsbeginn Ende 2027



© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

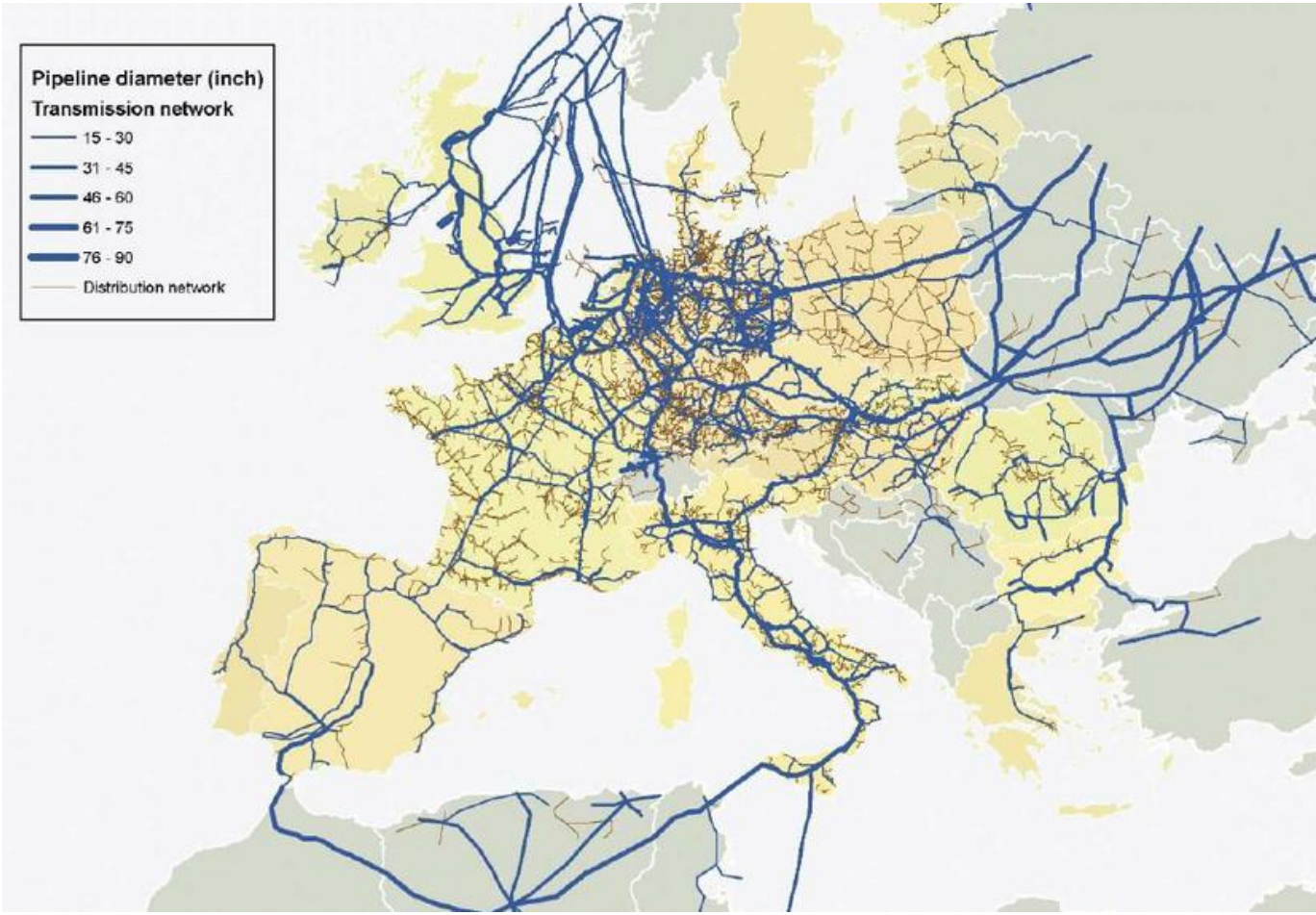
Europäisches Erdgas-Pipeline Netzwerk

Übertragungs- und Verteilnetz

- 200.000 km Hochdruck-Übertragungspipelines
- 1.8 Mio km Pipelines auf Verteilnetzebene mit 93 mio Kunden

Hydrogen Production Sites (Reforming and By-products)





© Fraunhofer ISE restricted

Carvalho, Rui & Buzna, Lubos & Bono, Flavio & Gutierrez, Eugenio & Just, Wolfram & Arrowsmith, David. (2009). Robustness of Trans-European Gas Networks. Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics. 80. 016106. 10.1103/PhysRevE.80.016106.

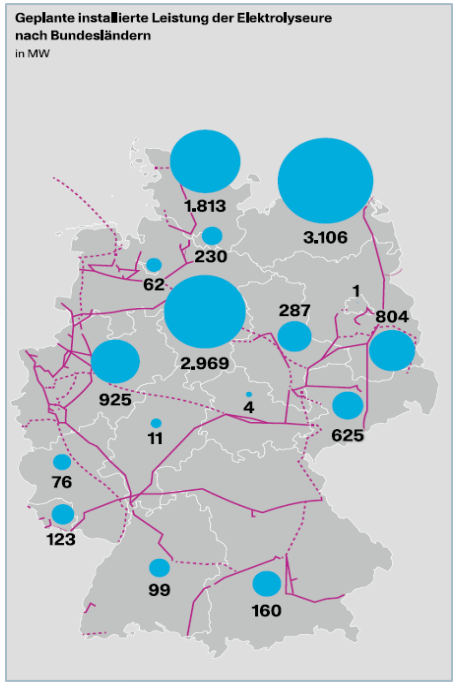
Der deutsche Wasserstoff Backbone

„Intertemporaler Kostenallokationsmechanismus“

- **Target year: 2032**, with flexibility for individual projects up to 2037
- First pipelines will go into operation in 2025 (525 km)
- Total pipeline length: **9,040 km**, of which approx. 60% will be converted natural gas pipelines
- Transport capacity: **278 TWh**
- Offtake capacity: **87 GW**
- Injection capacity: **101 GW**
- Total investment volume: **€18.9 billion**

- **Main Uncertainty: Local Production vs. Import**

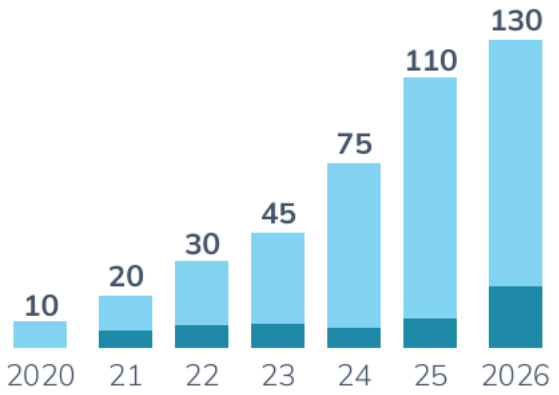


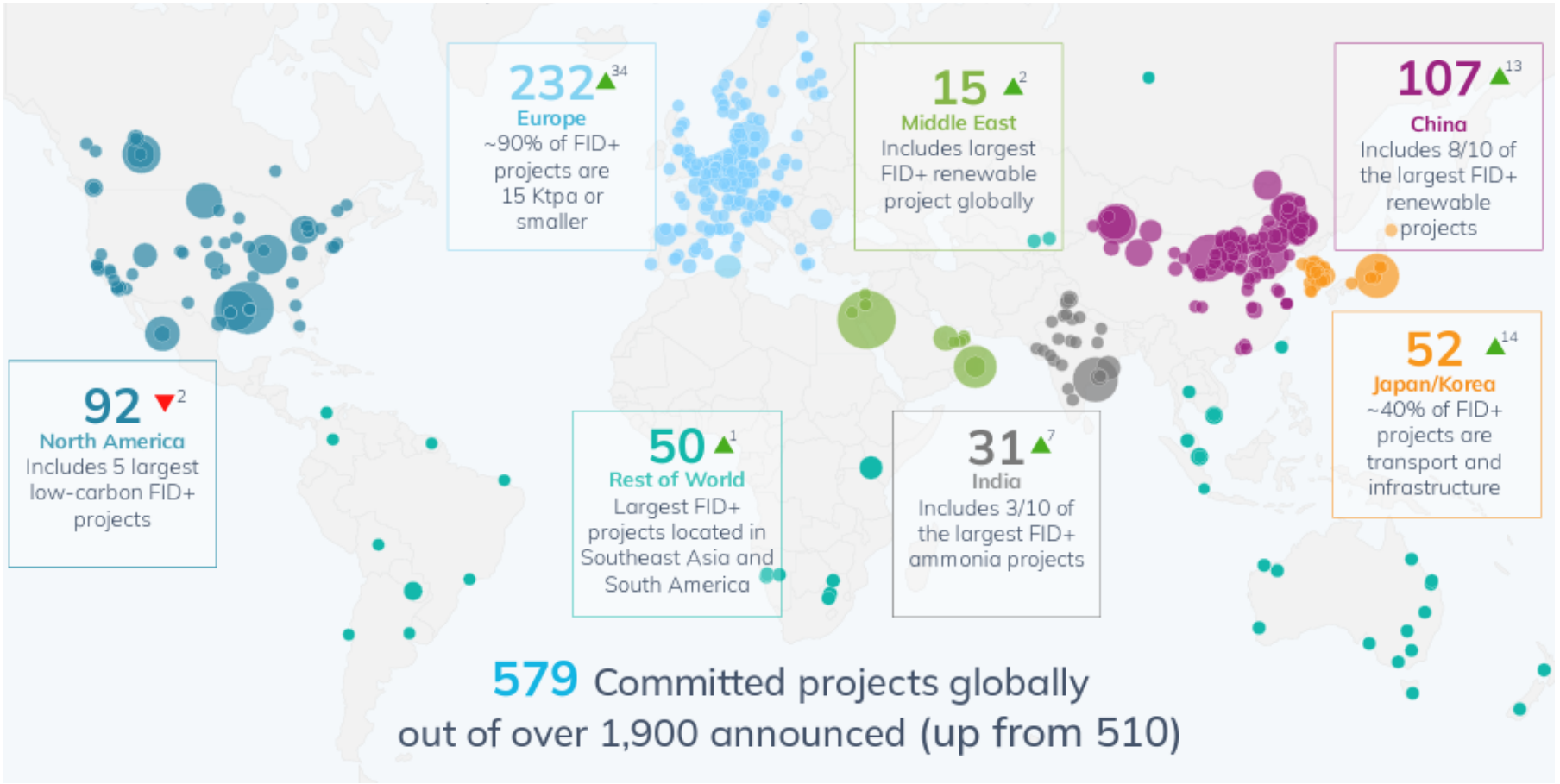


Bundesnetzagentur - Wasserstoff-Kernnetz
© Fraunhofer ISE
restricted

Globaler Wasserstoffkompass des “Hydrogen Councils” (09/2026)

579 vereinbarte “Clean Hydrogen Projects”, $ 130 Mrd. Gesamtinvestitionen





© Fraunhofer ISE
restricted

Global Hydrogen Compass 2026 | Hydrogen Council, McKinsey & Company
https://hydrogencouncil.com/en/

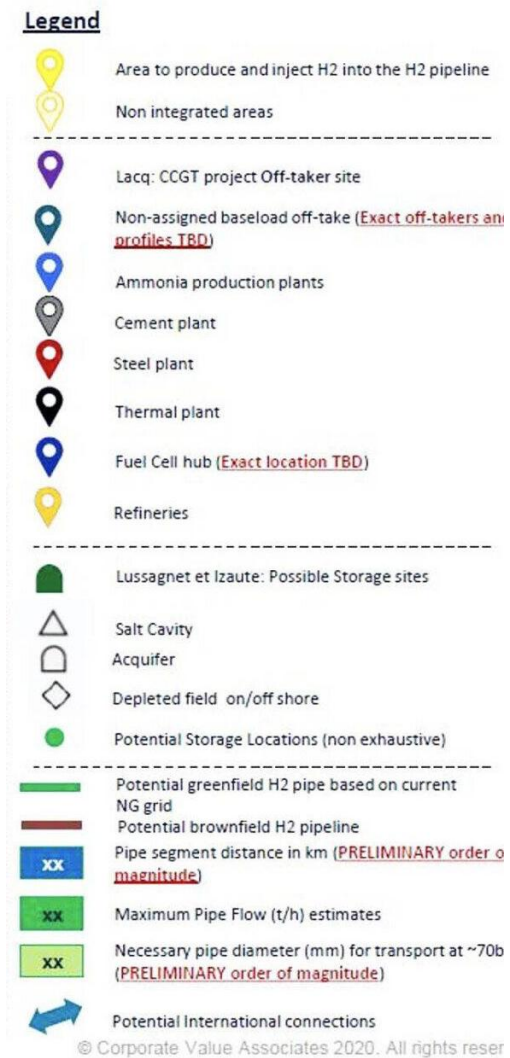
Fraunhofer ISE

HyDeal – Solar PV zu Hydrogen

Ziel bis 2030

95 GW PV-Kapazität
67 GW Elektrolyse-Kapazität

→
3.6 Mt Wasserstoff für
1.50 €/ kg

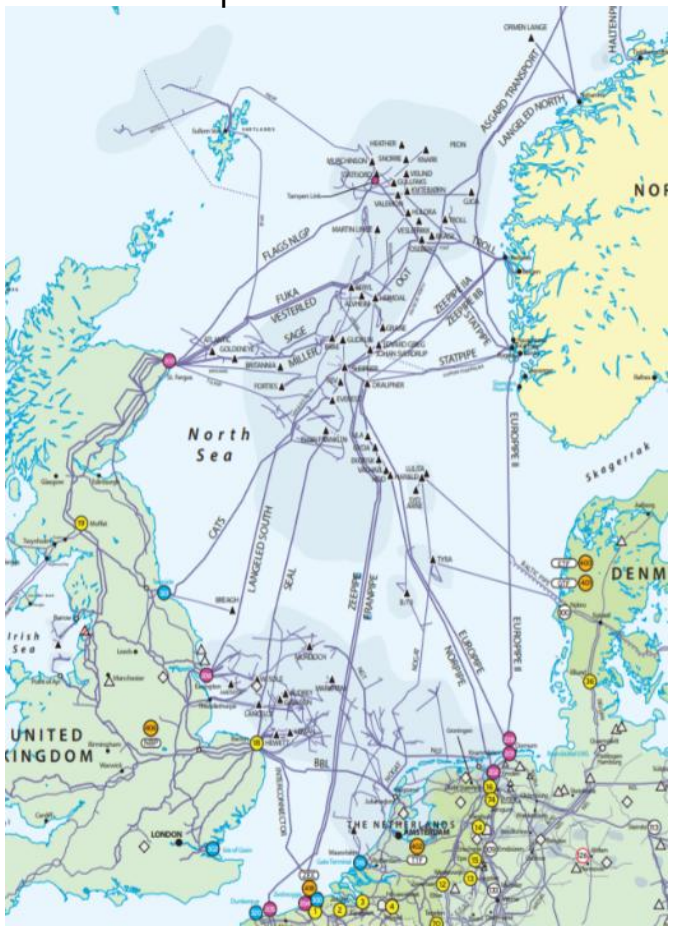




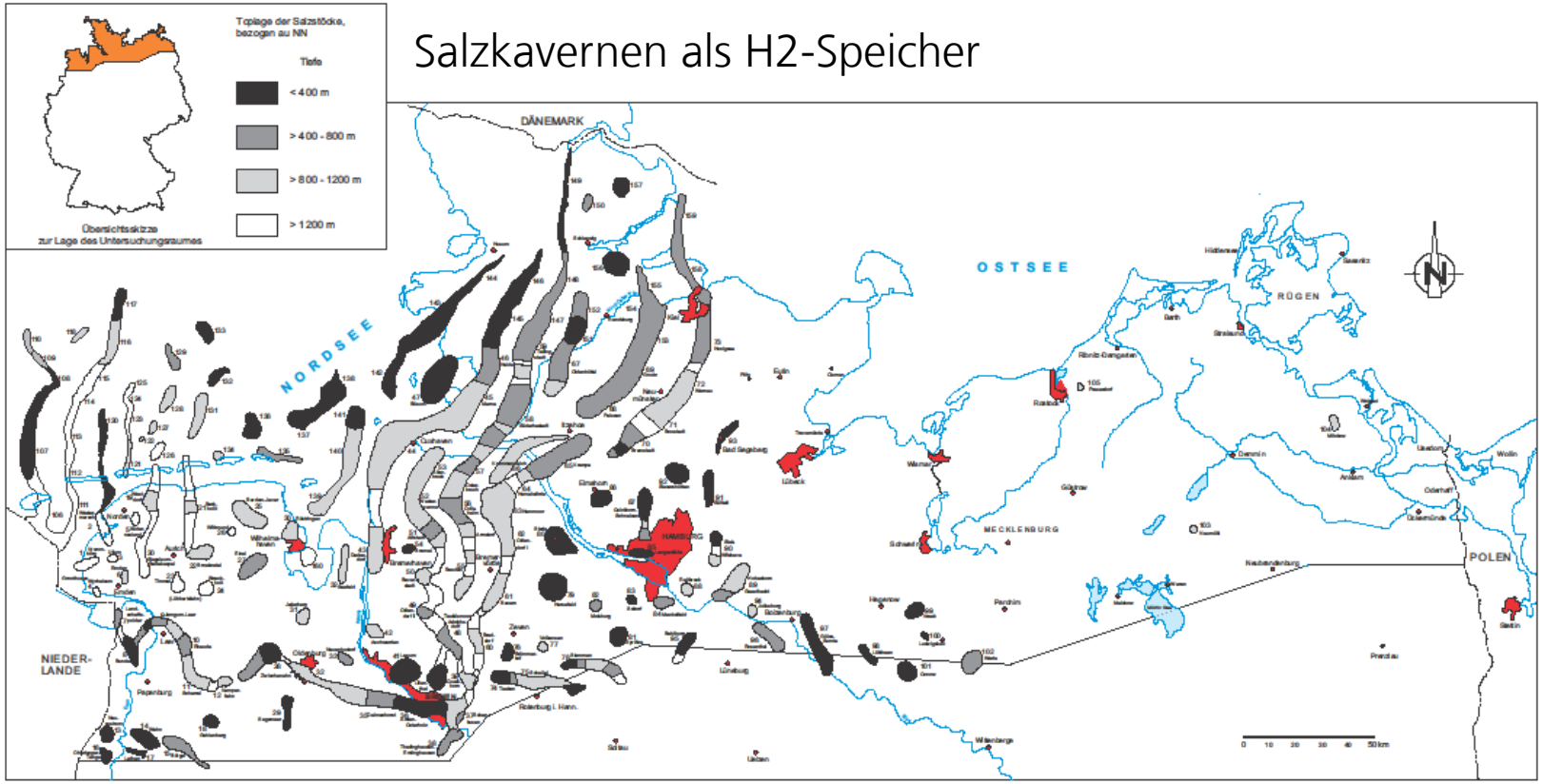
© Fraunhofer ISE
restricted

70 GW Windpotenzial in der Nordsee kann auch für Wasserstoff genutzt werden

Nordsee Pipelines



Salzkavernen als H2-Speicher



© Fraunhofer ISE
restricted

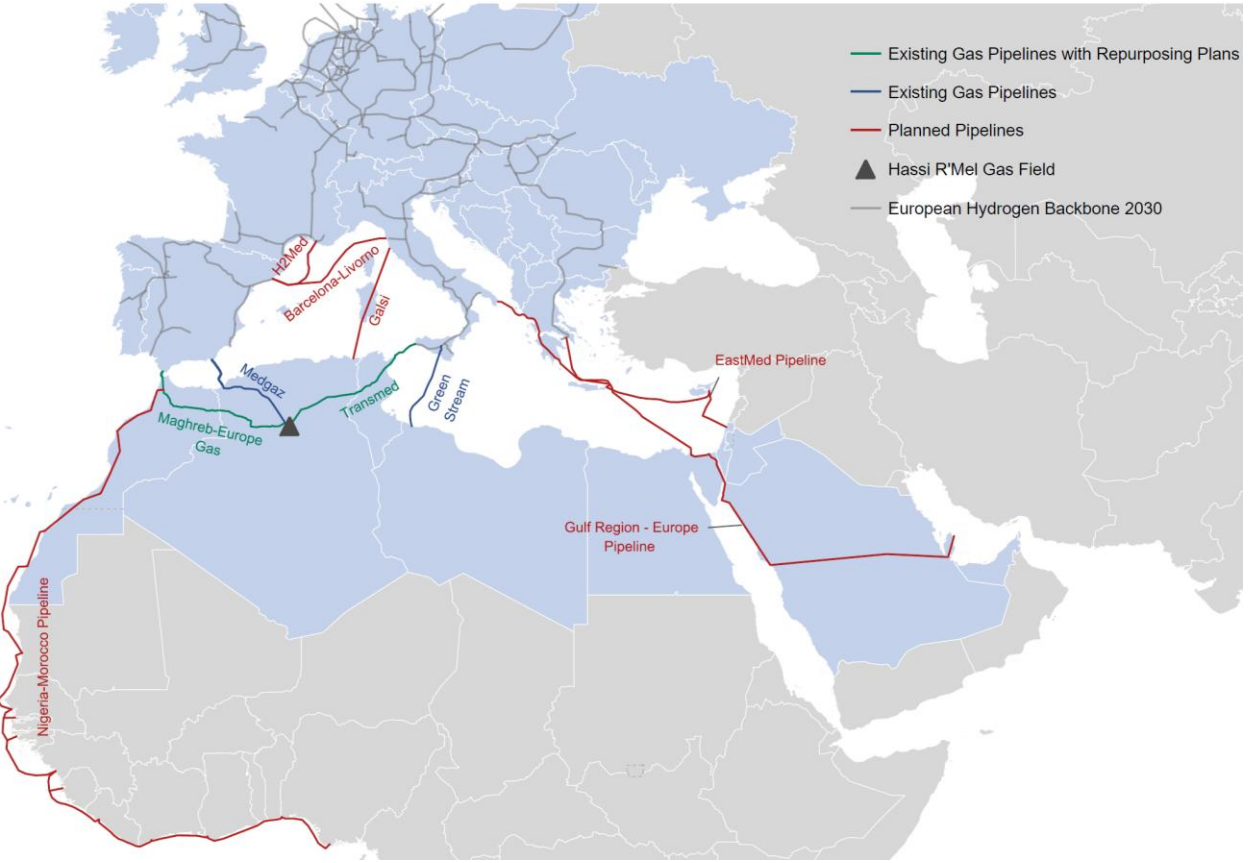
Fraunhofer ISE

Capacity: 16.7 bcm/a

Interkontinentale Pipelines zwischen MENA und Europa

Große Wasserstoffpipelines (Ø 48 Zoll) können bis zu 2,56 Mt/a (13 GW) transportieren

1x 36" Pipe - 50 bar - 4.7 GW
1x 48" Pipe - 80 bar - 13 GW



geplante Pipeline	Länge [km]	Kapazität [TWh]	Kosten [$ Mrd.]
H2Med	400	67	2.1
Barcelone-Livorno	630	66	
Trans-Mediterranean	2475	340	
Medgaz	757	106	
Nigeria-Morocco	7000	305	25
Maghreb-Europe	1016	122	
Green Stream	520	111	
Galsi	861	81	
EastMed	2000	203	
GCC	3400	83	18

Matthes et al. (2023), Bulk Transport Options for Green Molecules

© Fraunhofer ISE restricted

Fraunhofer ISE

Joint Declaration of Intent (JDoI) to Strengthen Southern Hydrogen Corridor

Rome, January 21st

Length 3300km

share repurposed >65%

> 4 Mtpa green hydrogen import potential 2030

in operation 2030

- The pipeline will span from North **Africa to Europe**, strengthening the European Hydrogen Backbone
- **163** TWh/year of green hydrogen will be transported to Europe and **55** TWh to Germany
- Recognized as **Projects of Common Interest** (IPCI) by the EU and designated Global Gateway Project







© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Lokale Wasserstofflösungen mit Röhrenspeichern

Langzeitspeicher zur Bewältigung der Dunkelflaute

- Storage capacity potential for hydrogen in Germany totals 26.5 TWh
- Salt cavern storage located in northern Germany

- Local Hydrogen Storage in Gas Tube Fields
- (buried pipes or aboveground tanks)
  - Compression of hydrogen to 60 bars (max. storage pressure)

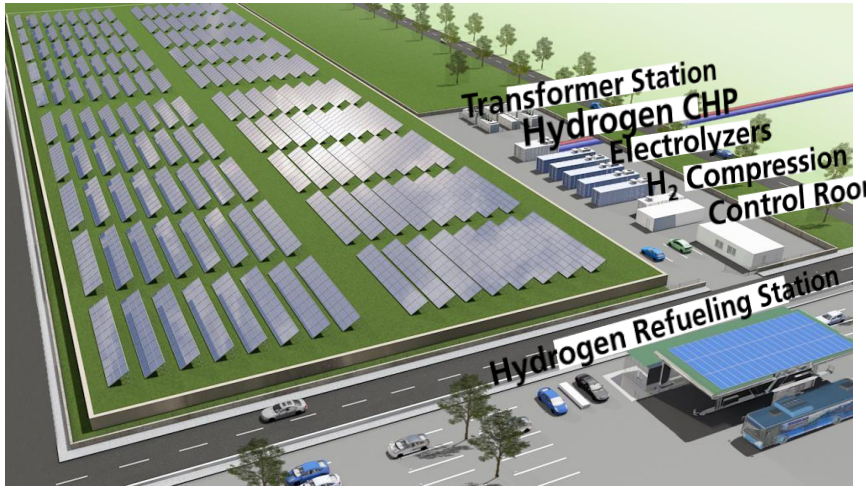
Volketswil: (2 GWh,H2) sufficient for:

- 25.000 Cars (Assumptions: 0,3 kWh/ km, 14.000 km/ a, 269 km/ week)
- 280 buses (Assumptions: 4 kWh/ km 250 km/ d, 1750 km/ week)

Erdgasspeicherung in Röhrenfeldern (Volketswil, Zurich)

2 GWh energy storage when filled with hydrogen





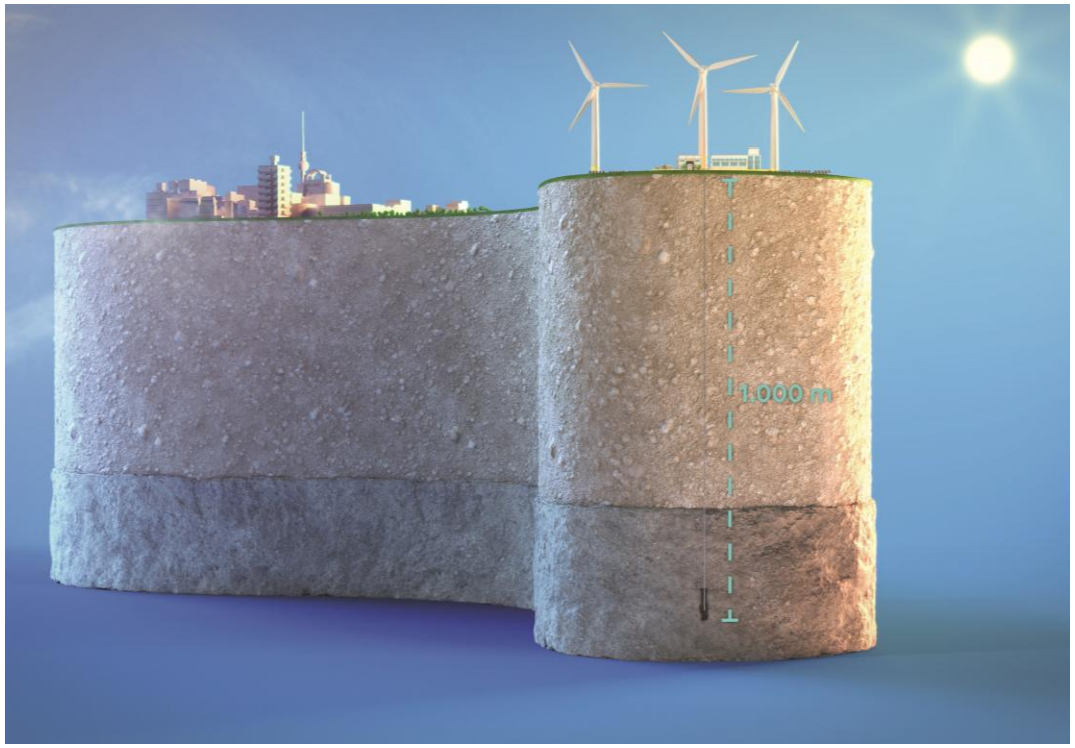


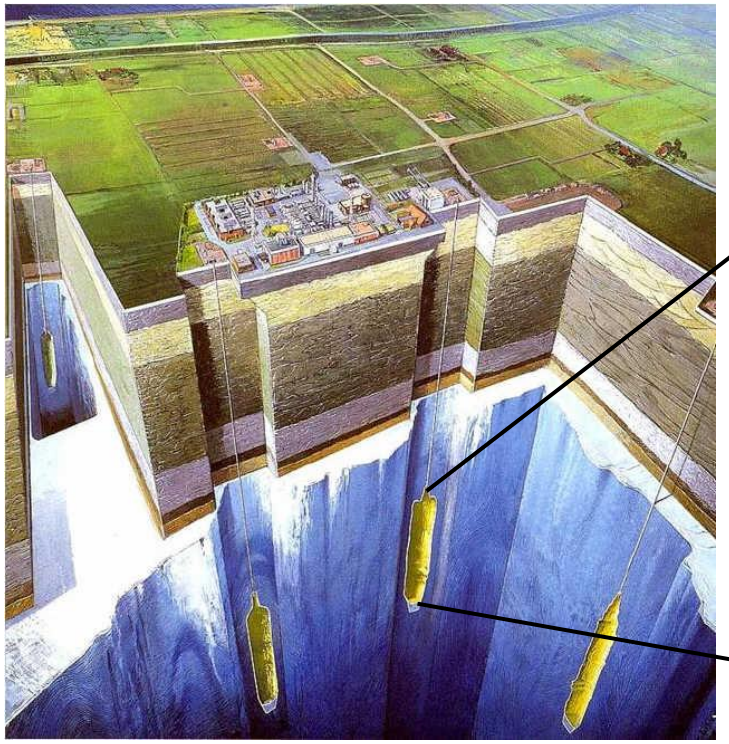
Source: Michalski et al. 2017

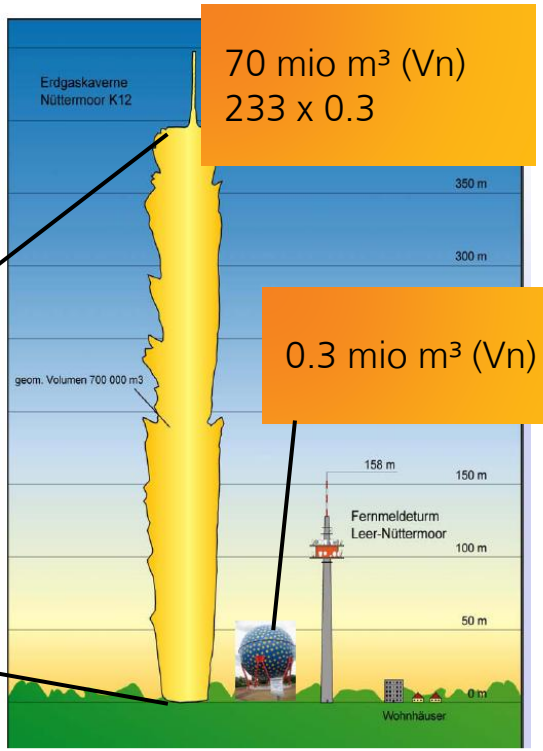
© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Salzkavernen für großmaßstäbliche Wasserstoffspeicherung







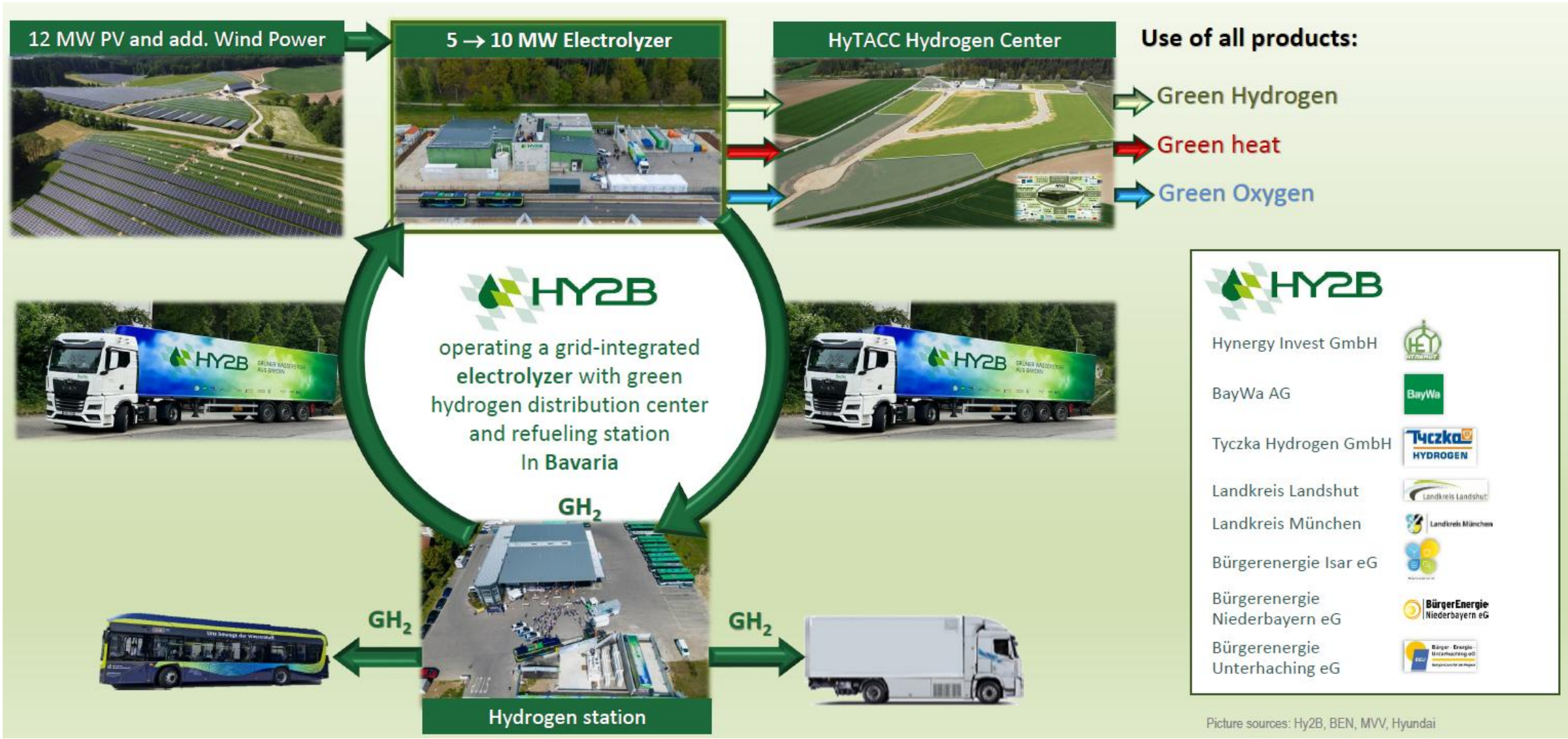
70 mio m³ (Vn)
233 x 0.3

0.3 mio m³ (Vn)

Sources: EWE / C3 Visual lab, KBB UT,EWE AG

© Fraunhofer ISE
restricted

Projekt Pfeffenhausen – H_2-Erzeugung, Verteilung und Tankstellennutzung



© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

5 MW netzintegrierte Elektrolyse zur Produktion von 400 t grünen H_2 pro Jahr



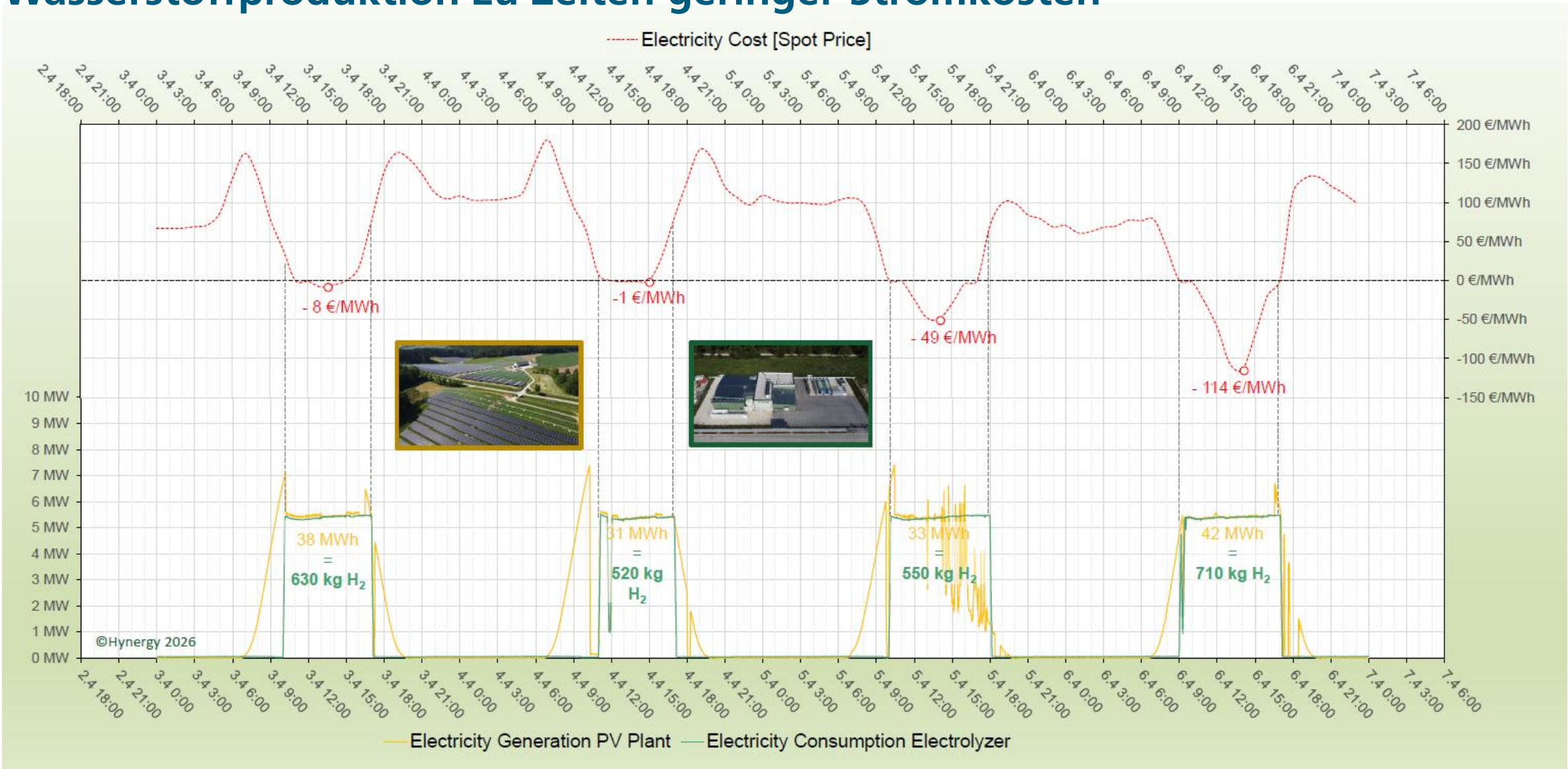
HY2B

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE


CHYPERFORMER

Wasserstoffproduktion zu Zeiten geringer Stromkosten



© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Schlüsselbausteine des zukünftigen Energiesystems

1. **Strom wird zur wichtigsten Primärenergie**
   Starker Anstieg der Stromnachfrage weltweit



2. **Erneuerbare Energien dominieren die Stromerzeugung**
   Sonne und Wind wichtigste Quellen



3. **Flexibilisierung als neues Paradigma**
   Wachsender Bedarf an flexibler Stromerzeugung und -nutzung



4. **Andere erneuerbare Energiequellen**
   Biomasse, Geothermie und Solarthermie hauptsächlich für Wärmesektor



5. **Grüne Moleküle als global handelbare Güter**
   Klimaneutrale Energieträger und Chemierohstoffe



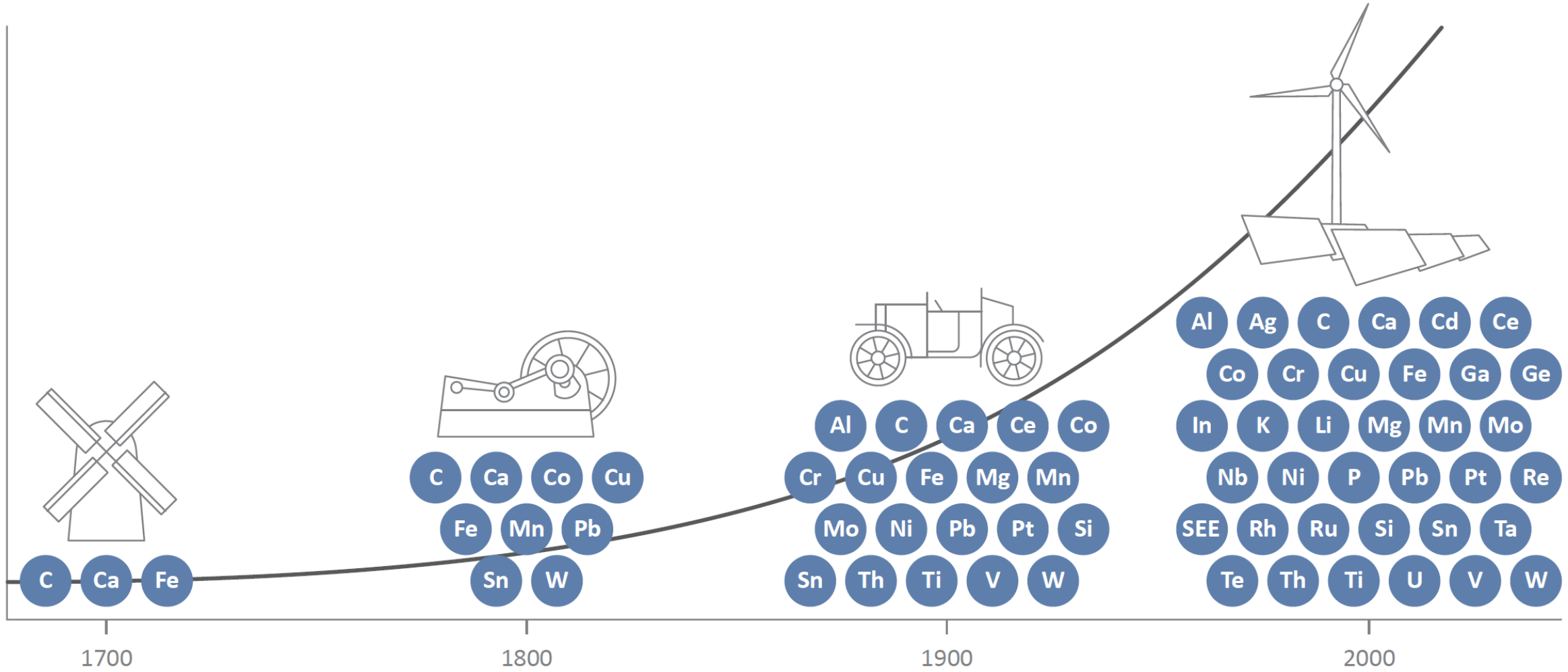
6. **Ressourcenbedarf als Herausforderung**
   Notwendigkeit geschlossener Stoffkreisläufe



© Fraunhofer ISE
restricted

Entwicklung des zukünftigen Energiesystems

Wachsende Nachfrage nach Metallen und Mineralien (in Bezug auf Vielfalt und Menge)



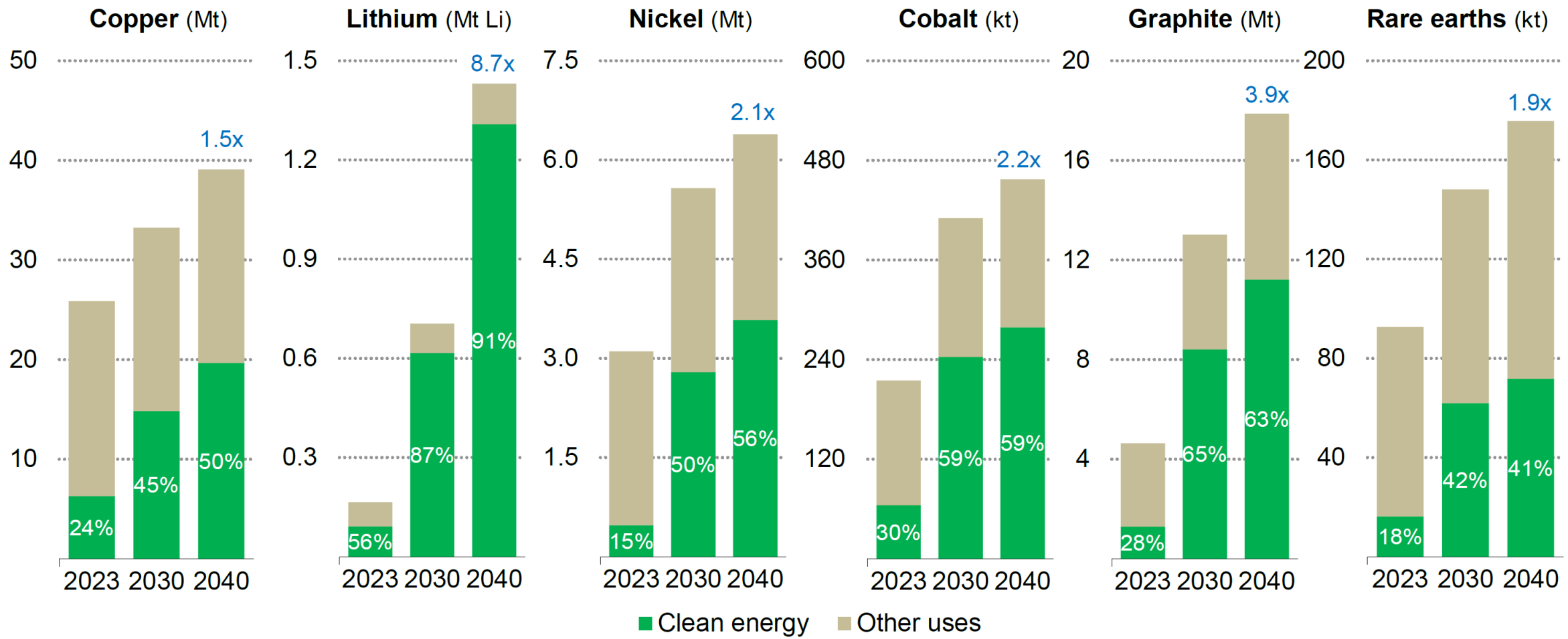
Angerer et al.: *Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft: Geologie – Märkte – Umwelteinflüsse* (Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft), München 2016.

© Fraunhofer ISE
restricted

Fraunhofer ISE

Ressourcenfragen als Herausforderung

Globale Nachfrage nach kritischen Mineralien und Wachstumsraten bis 2040



© Fraunhofer ISE
restricted

IEA (2024), *Global Critical Minerals Outlook 2024*, IEA, Paris, Licence: CC BY 4.0; https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024

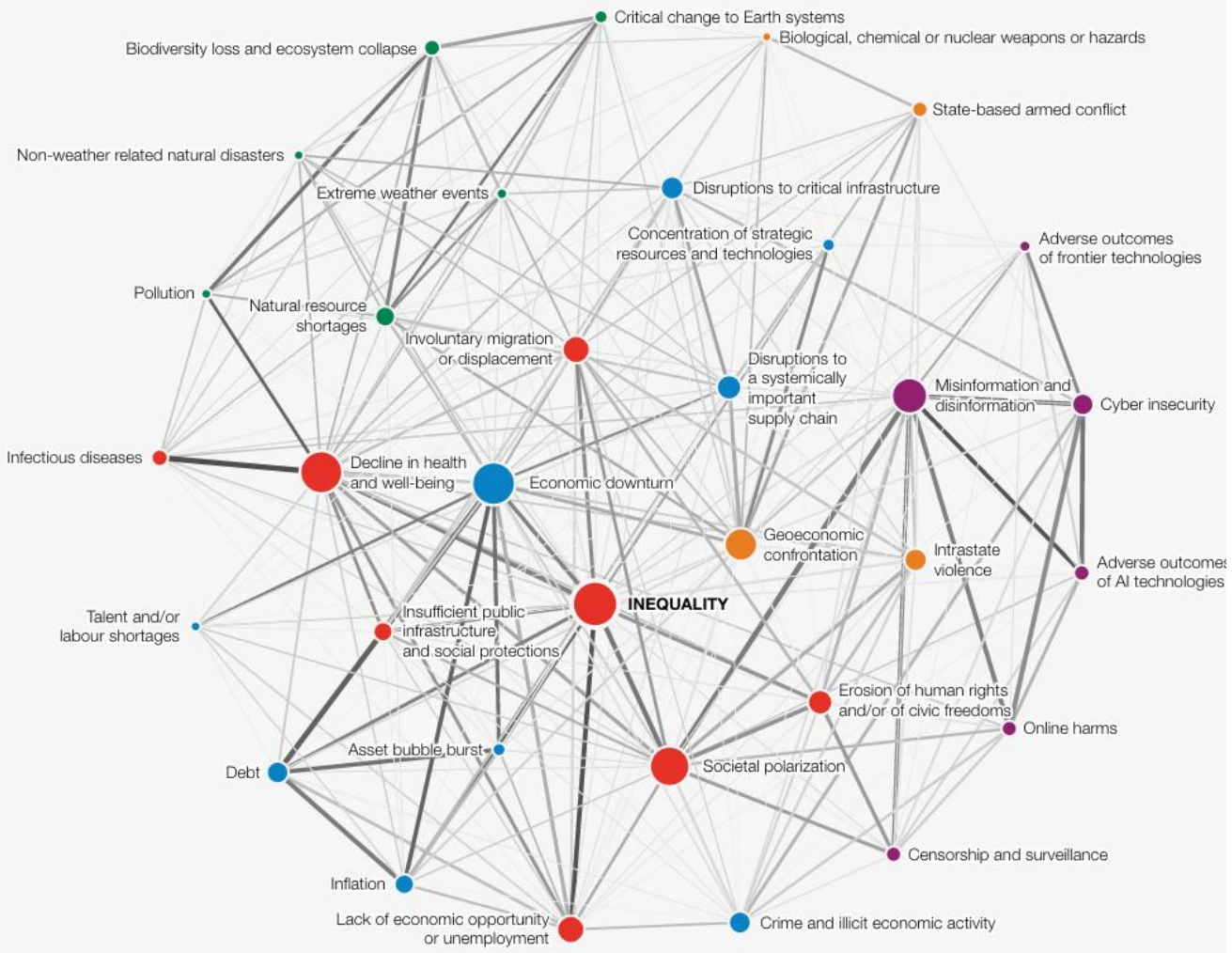
Fraunhofer ISE

Globale Risikolandschaft (Global Risks Report, World Economic Forum)

Überlappungen von wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, geopolitischen, Umwelt und technologischen Krisen

- **Kurzfristige Globalen Riskiken (2 Jahre)**
  1. Geoökonomische Konfrontation
  2. Fehl- und Desinformation
  3. Gesellschaftliche/Politische Polarisierung
  4. Extremwetterereignisse
  5. Zwischenstaatliche bewaffnete Konflikte

- **Langfristige Globale Risiken (10 Jahre)**
  1. Extremwetterereignisse
  2. Biodiversitätsverlust, kollabierende Ökosysteme
  3. Kritische Änderungen von Erdsystemen: (Atmosphäre, Hydrosphäre, Litosphäre, Biosphäre)
  4. Fehl- und Desinformation
  5. Unerwünschte Auswirkungen von KI



© Fraunhofer ISE restricted

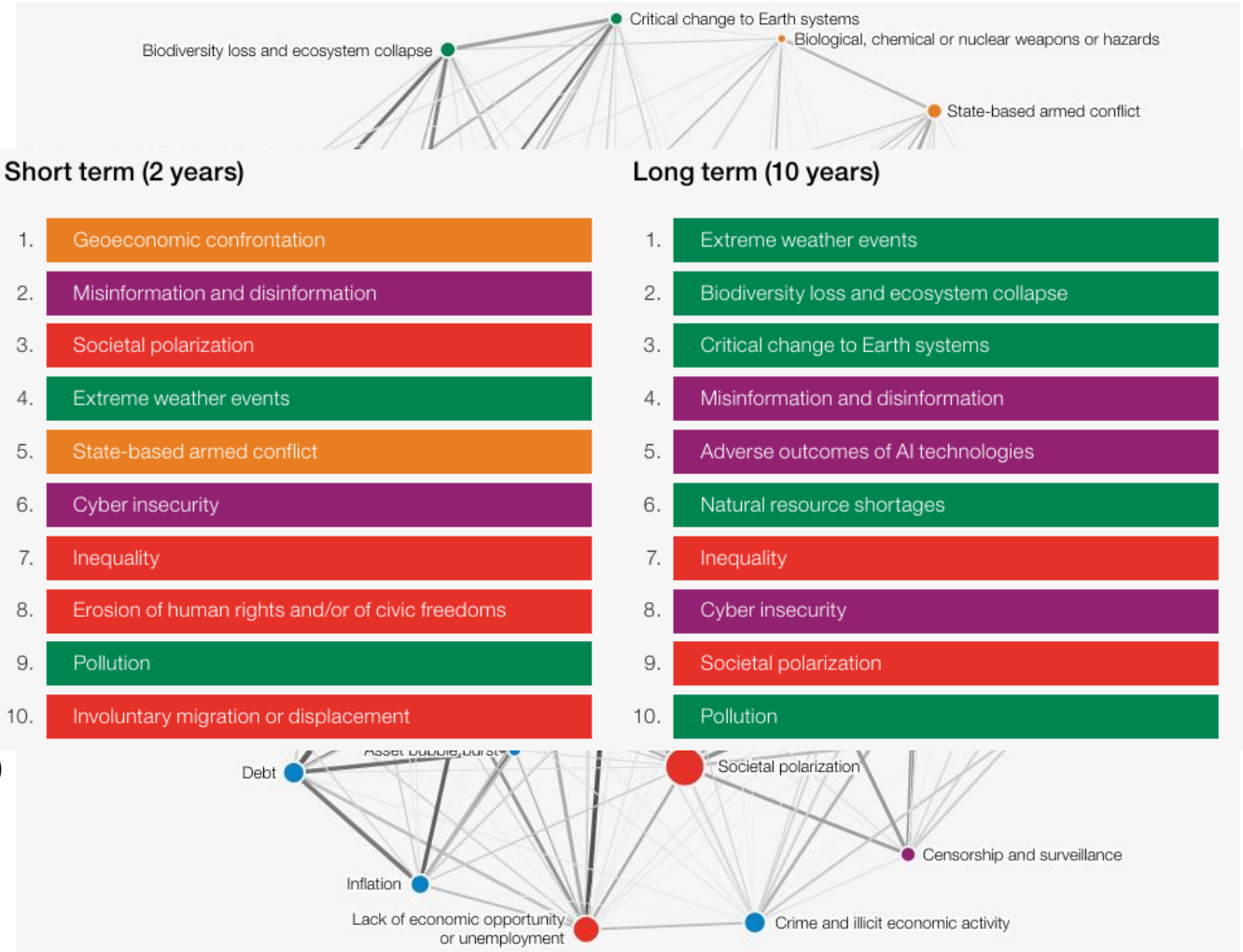
The Global Risks Report 2025 from World Economic Forum,
1,300 global leaders and experts across academia, business, government, international organizations and civil society

Globale Risikolandschaft (Global Risks Report, World Economic Forum)

Überlappungen von wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, geopolitischen, Umwelt und technologischen Krisen

- **Kurzfristige Globalen Riskiken (2 Jahre)**
  1. Geoökonomische Konfrontation
  2. Fehl- und Desinformation
  3. Gesellschaftliche/Politische Polarisierung
  4. Extremwetterereignisse
  5. Zwischenstaatliche bewaffnete Konflikte

- **Langfristige Globale Risiken (10 Jahre)**
  1. Extremwetterereignisse
  2. Biodiversitätsverlust, kollabierende Ökosysteme
  3. Kritische Änderungen von Erdsystemen: (Atmosphäre, Hydrosphäre, Litosphäre, Biosphäre)
  4. Fehl- und Desinformation
  5. Unerwünschte Auswirkungen von KI



© Fraunhofer ISE restricted

The Global Risks Report 2025 from World Economic Forum,
1,300 global leaders and experts across academia, business, government, international organizations and civil society

Wie lassen sich globale Energieumbrüche in regionale Investitionen, tragfähige Mittelstandsprojekte und quantifizierbare Kreditrisiken übersetzen

Thema	Relevanz für Sie
Age of Electricity	Elektrifizierung macht Stromverfügbarkeit, Netze, Speicher und Flexibilität zu Standort- und Investitionsfaktoren.
Lokale Lösungen	PV, Speicher, Energiemanagement, Prozesswärme, Ladeinfrastruktur und Wärmenetze schaffen konkrete regionale Finanzierungsanlässe.
CO2-Reduktion	Bankfähig wird Dekarbonisierung, wenn sie mit Technikprüfung, Wirtschaftlichkeit und belastbaren Wirkungsdaten verbunden ist.
Internationales	Globale Energiemärkte und Lieferketten bestimmen die Wettbewerbsfähigkeit regionaler Firmenkunden.
Wasserstoff	Relevant für schwer elektrifizierbare Anwendungen, aber nur bei stimmiger Kette aus Strom, Erzeugung, Infrastruktur und Abnahme.
Fraunhofer	Unabhängige Technologie- und Systembewertung kann technische Unsicherheit reduzieren und Investitionsentscheidungen fundieren.

© Fraunhofer ISE
restricted

“Das Fenster zu handeln is endlich und es wird kleiner”

- **Drei Ansätze, um die Klimakrise zu adressieren:**
    1) **Beschleunigte Technologieentwicklungen** (Wandler, Synthese, Speicherung, Transport, Nutzung)
    2) **Politische Rahmensetzung** (Net-Zero Ziele, Kohlenstoffbepreisung, CO2-Grenzausgleichssysteme (CBAM), Fördermechanismen, Zertifikatehandel, Klimapolitik,…)
    3) **Finanzmärkte** (Wirksamkeit der Finanzinstrumente, katalytisches Kapital, strukturierter Kapitaleinsatz)
- Es gibt eine duale Struktur von **lokalen Stromanwendungen und globalem Wasserstoffhandel**
- Verschiedene **Kulturen, Märkte und Industriesparten** haben verschiedene Herausforderungen und verschiedene Bedürfnisse und reagieren daher unterschiedlich
- **Verhaltensänderungen und gesellschaftliche Normen** haben größere Auswirkungen als technische Effizienz
- Die besten **Innovationen, Prozesse und Technologien** sind bedeutungslos wenn wir nicht verstehen, wie sie das menschliche Leben beeinflussen und wie wir die Änderungen am besten kommunizieren, begleiten und kontrollieren
- Eine **globale Nachhaltigkeitsbewertung** ist notwendig unter Berücksichtigung der **planetaren Grenzen**
- Internationale Politik muss klare **Ziele und Pfade für CO2-Neutralität** entwickeln und das entsprechende Regelwerk für dessen Erreichung verabschieden (Besteuerung, Abgaben, Anreizsysteme, etc.)

© Fraunhofer ISE
restricted

6th Edition of the Freiburg Energy Talks

Key Take-Aways

Freiburg Energy Talks



- **Cross-sectoral collaboration** is essential: science, industry, policy, and capital market must closely work together
- **Energy Addition rather than transition**: renewables grow, but fossil use remains high due to increasing energy demand.
- **Cost reduction via scale**: mass production, industrialization, and scalable deployment are key to lowering costs.
- **People, place, and policy design**: social license, public acceptance, and just transition strategies are critical for deployment.
- **Data, digitalization & AI** as enablers: data-driven planning accelerates system optimization (digital twins, secure data spaces,...)
- **Infrastructure and resilience**: integrated planning for grids, storage and demand-side flexibility needed for high renewable shares.
- **Pragmatic policy implementation**: stable incentives, predictable rules, and flexible deployment pathways outperform rigid sequencing



© Fraunhofer ISE
restricted

Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften
acatech DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN
UNION DER DEUTSCHEN AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN
Fraunhofer ISE



Thank you for your attention!

Prof. Dr. Christopher Hebling
christopher.hebling@ise.fraunhofer.de

International Initiatives

Greater coherence by means of global activities is needed to increase impact



IAHE, 1974
Objective: Dissemination
Activities: WHEC, IJHE

IEA Technology Collaboration Programme Advanced Fuel Cells

AFC TCP, 1990
Objective: Collaboration on R&D
Activities: Tasks

MISSION INNOVATION
CLEAN HYDROGEN MISSION

MI, 2015 (COP21, Paris)
Objective: reach GW
Activities: Hydrogen Valleys + Gas Grid WG

HYDROGEN INITIATIVE
AN INITIATIVE OF THE CLEAN ENERGY MINISTERIAL

CEM H2I, 2019 (CEM 10)
Objective: Collaboration on policies, programs, projects
Activities: WGs

Hydrogen TCP, 1977
Objective: Collaboration on R&D
Activities: Tasks

IPHE, 2003
Objective: RCS
Activities: Certification, LCA, carbon footprint

Hydrogen Council, 2017 (Davos)
Objective: Mobilize CEOs
Activities: Reports, Hydrogen Insights

CLEAN HYDROGEN MISSION

MI 2.0, 2021-2022
Objective: 2USD/kg green H_2 by 2030
Activity: Hydrogen Valleys (100 by 2030)

R20 Research and Development 20 for Clean Energy Technologies

Founded in 2019 by Prime Minister Abe in Japan, fostering International Collaboration of leading Research Institutions of the G20 countries
Partnerships between industry, academia and politics
Activity: Annual conference and leaders meeting

International Energy Agency

IRENA International Renewable Energy Agency

World Economic Forum

UNIDO

© Fraunhofer ISE
restricted

IEA - Global Hydrogen Review 2023, incl. Clean Hydrogen Ministerial and Hydrogen Initiative (An Initiative of the Clean Hydrogen Ministerial)

- Demand remains concentrated in traditional uses in refining and the chemical industry and mostly met by hydrogen produced from unabated fossil fuels
- To meet climate ambitions, there is an urgent need to switch hydrogen use in existing applications to low-emission hydrogen and to expand use to new applications in heavy industry or long-distance transport.
- 2020 China accounted for less than 10% of global electrolyser capacity, in 2022 installed capacity in China grew to more than 200 MW, representing 30% of global capacity, end of 2023, China's installed electrolyser capacity is expected to reach 1.2 GW – 50% of global capacity
- Equipment and financial costs are increasing, putting projects at risk and reducing the impact of government support for deployment. Inflation is increasing capital and financial costs, threatening the bankability of projects across the entire hydrogen value chain, which are capital intensive
- Governments have started to make funding available to support the first large-scale projects, but slow implementation of support schemes is delaying investment decisions. North America and Europe have taken the lead in implementing initiatives to encourage low-emission hydrogen production
- Electrolyser manufacturers have announced ambitious expansion plans. Around 14 GW of manufacturing capacity are available today, half of which is in China. Electrolyser production in 2022 is estimated to be just over 1 GW. Manufacturers have announced plans for further expansion, aiming to reach 155 GW/year of manufacturing capacity by 2030
- Hydrogen demand reached a historical high in 2022, but it remains concentrated in traditional applications. Global hydrogen use reached 95 Mt in 2022, a nearly 3% increase year-on-year, with strong growth in all major consuming regions except Europe