

WEGE ZU EINEM KLIMANEUTRALEN ENERGIESYSTEM MIT NACHHALTIGEN KRAFTSTOFFEN UND CHEMIKALIEN

ENERGIE.CROSS.MEDIAL – das forum der energiewende



Prof. Dr. Christopher Hebling

Bereichsleiter Energietechnologien und –systeme
Geschäftsbereichsleiter Wasserstofftechnologien

Fraunhofer Institut für Solare Energie Systeme ISE

ENERGIE.CROSS.MEDIAL 2020

dbb forum berlin

10. März 2020, Berlin www.ise.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Forschen für die Energiewende



Bereiche

Photovoltaik
Energietechnologien
und -systeme

Mitarbeitende

Etwa 1300

Budget 2019 (vorl.)

Betrieb	93,8 Mio. EUR
Investition	10,3 Mio. EUR
Gesamt	104,1 Mio. EUR

Wasserstofftechnologien

Defossilisierung von Verkehr, Chemie und Prozesswärme



Power-to-X Technologien

Wasserelektrolyse als Basistechnologie für erneuerbare Brennstoffe und Kraftstoffe



Emissionsfreie Mobilität

Brennstoffzellenfahrzeug an der solaren Wasserstofftankstelle am Fraunhofer ISE



Synthetische Kraftstoffe

Katalysator- und Prozessentwicklung incl. LCA-Bewertung von Power-to-Liquid-Prozessen

Motivation

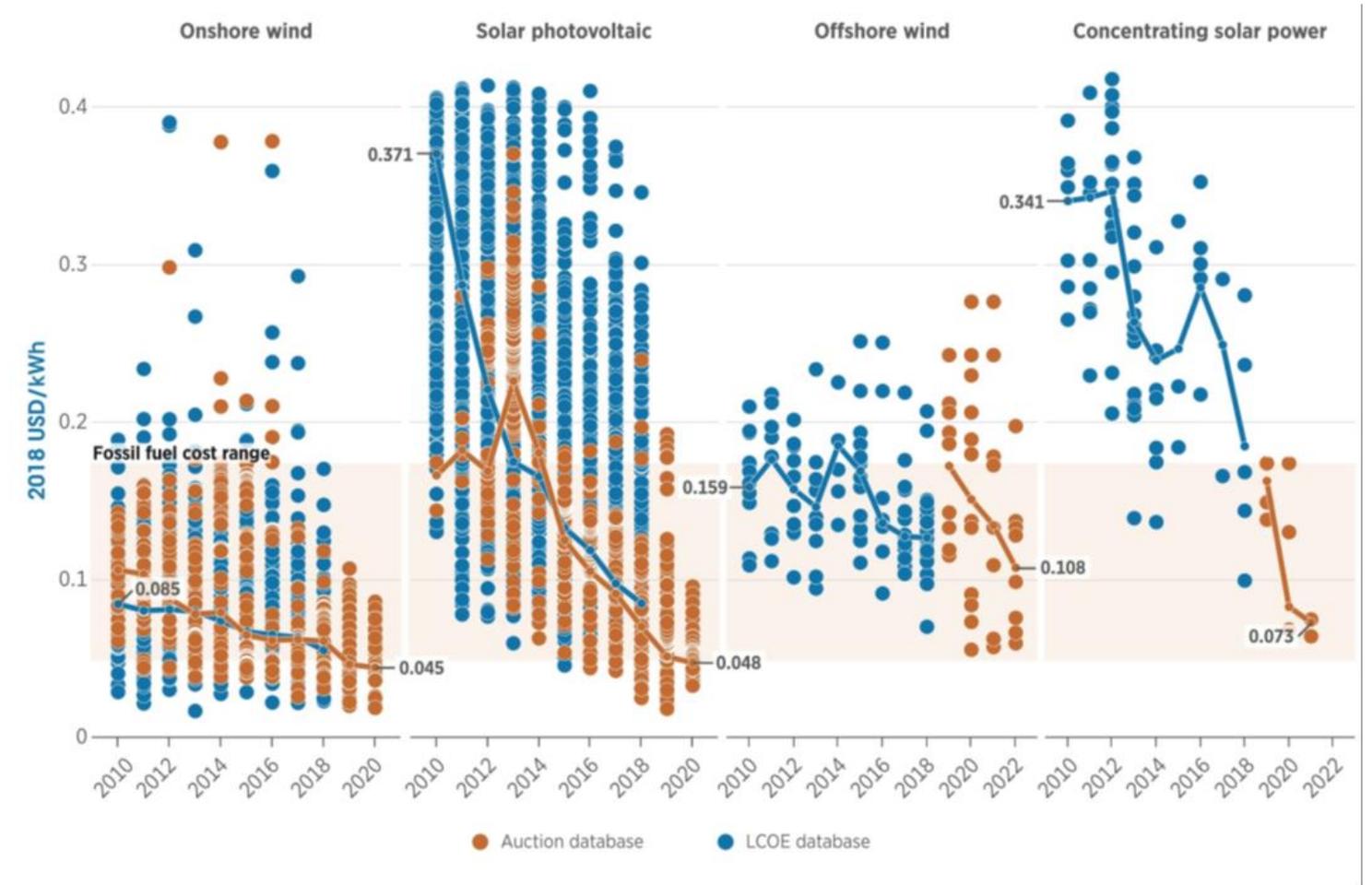
Treibhausgasemissionen Deutschland – Historie und Ziele



Photovoltaik stellt heute Energie am kostengünstigsten zur Verfügung

Freiflächenanlagen

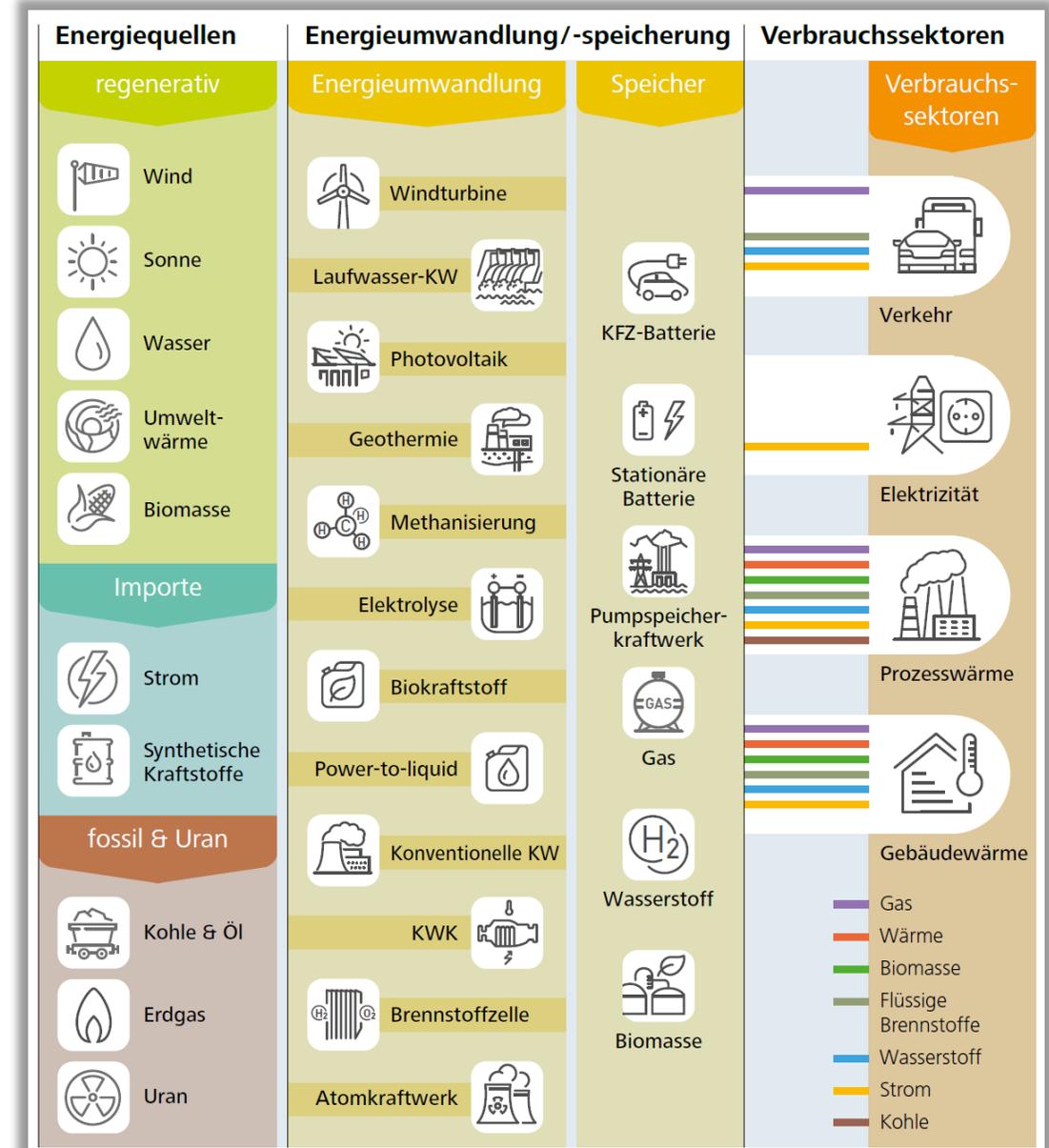
- Reduktion der Kosten für Strom aus Sonne und Wind von 2010 bis 2018 um 70 – 80 %
- Weltweit schon PPAs unter 1,4 €-cent/kWh
- In Deutschland zwischen 4,3 – 5,5 €-cent/kWh



Systemanalyse – Methodik

Regenerative Energien Modell REMod

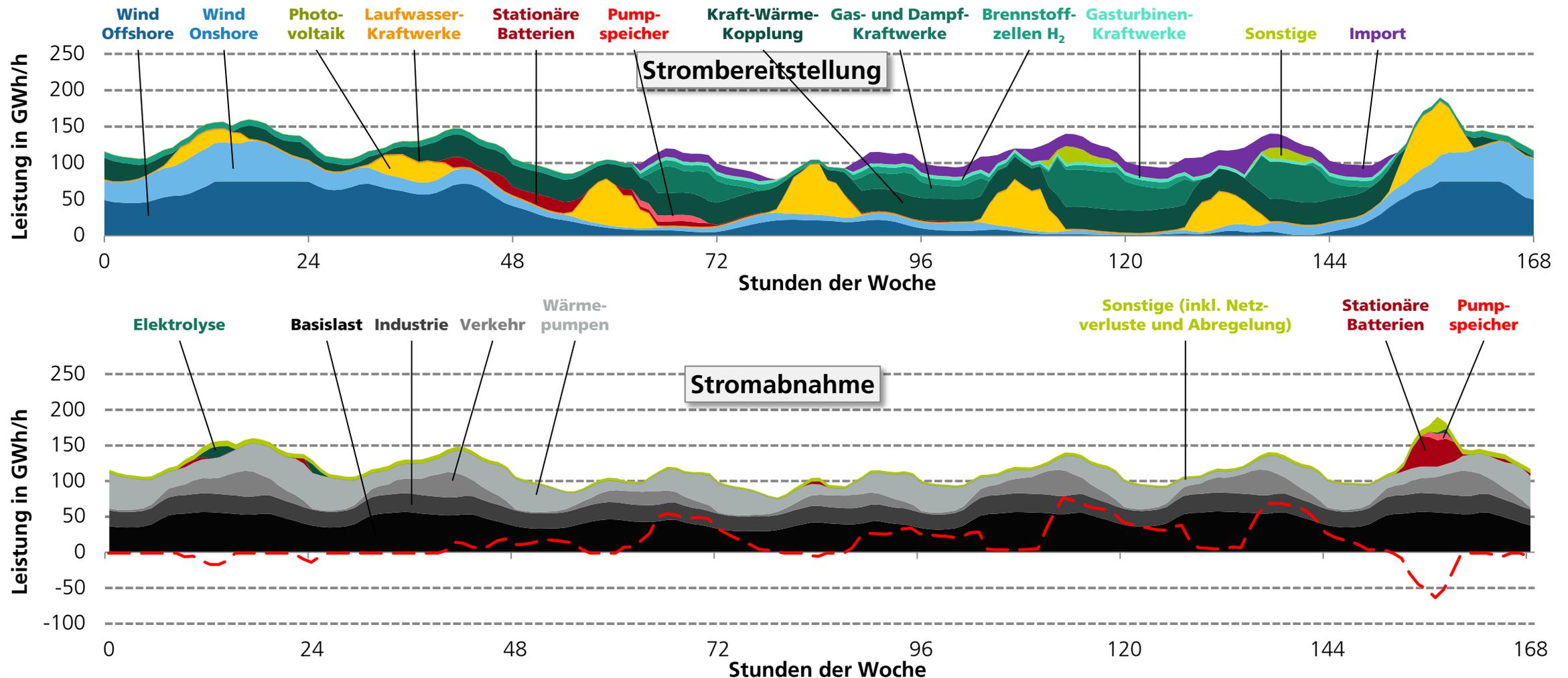
- **Modell zur Simulation und Optimierung der Entwicklung nationaler Energiesysteme**
 - Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger
 - Minimierung der Transformationskosten
 - Stundengenauere Modellierung



Systemanalyse – Methodik

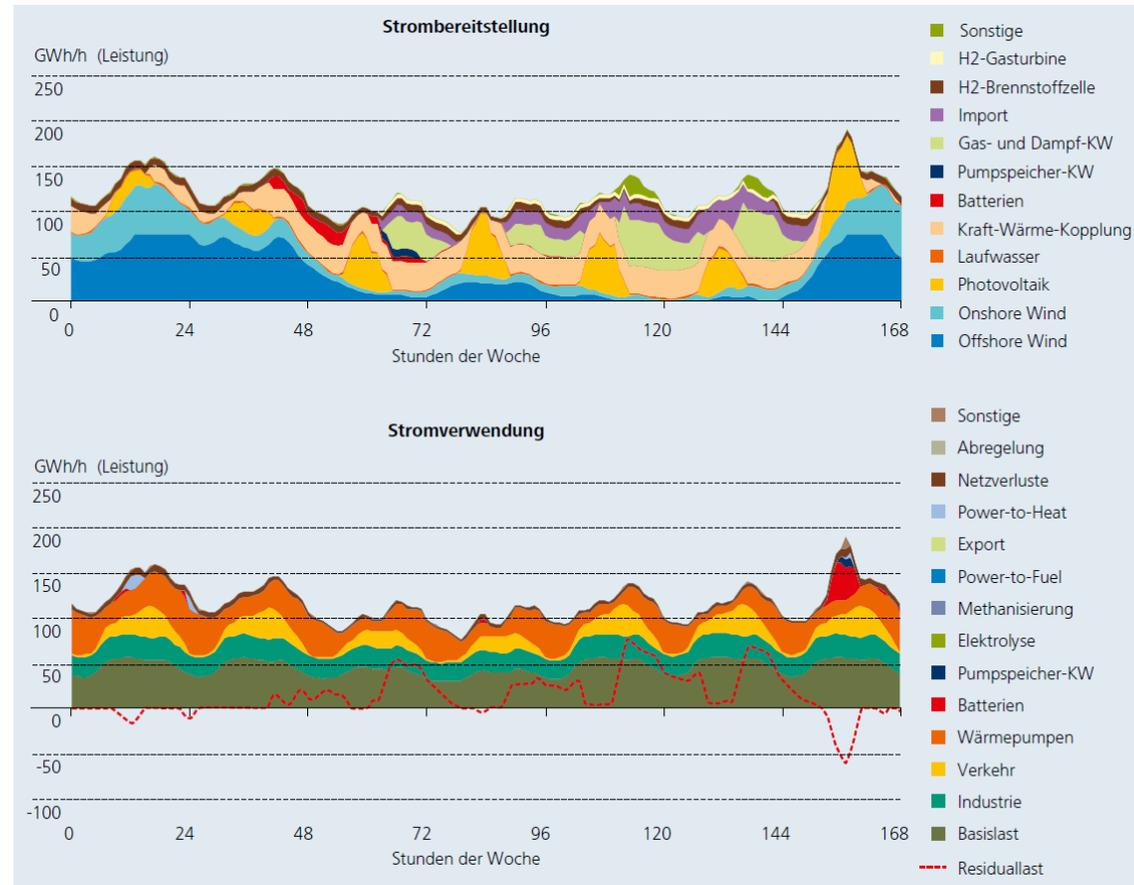


Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung (Beispielwoche April 2050)

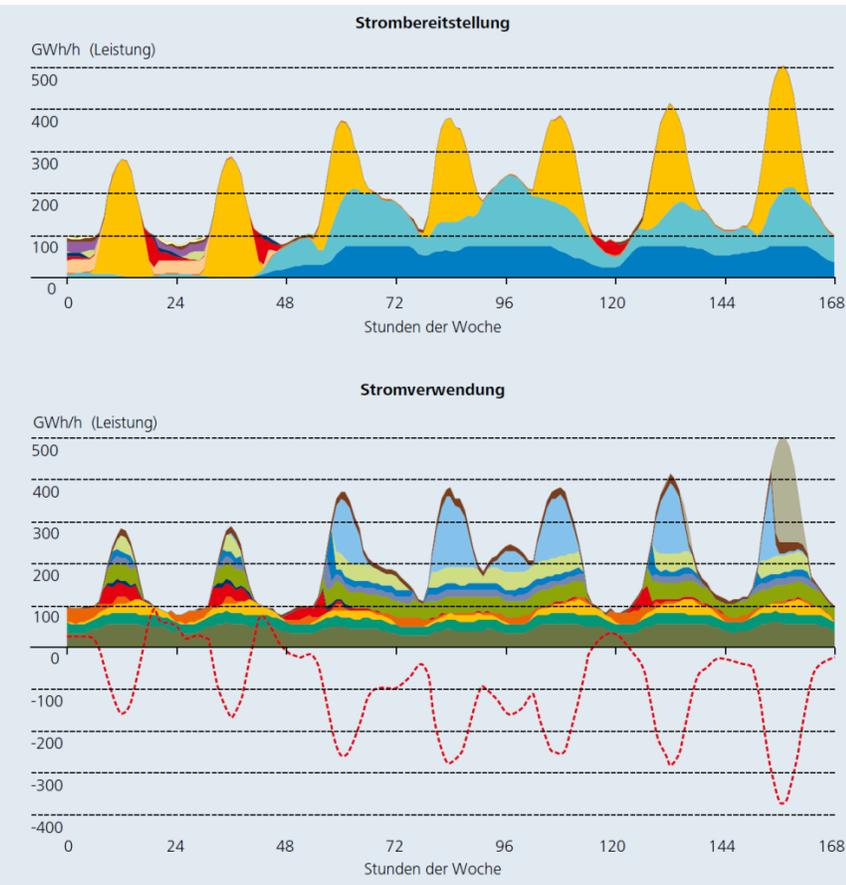


Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung.

Woche im April 2050



Woche im Oktober 2050



Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung.

Woche im April 2050

Woche im Oktober 2050



Systemanalyse – Methodik

Annahmen für die vier Energiewelten/Szenarien

Referenz

- Kostenoptimale Szenario
- Keine Vorgaben durch Nutzerverhalten

kosten-
optimaler
Pfad

Beharrung

- Verkehr: höherer Anteil von Verbrennungsmotoren bei PKW-Neuzulassungen
- Mehr Gaskessel bei Neuinstallationen, Wärmepumpen; geringere Sanierungsrate

Beharrung auf
konventionellen
Technologien

Inakzeptanz

- Reduktion der Ausbaupotenziale für Windenergie
- Geringerer Netzausbau für Stromimporte
- Kein Einsatz von Oberleitungs-LKW

massiver Wi
gegen Wind
und Leitu

Alle Szenarien
Reduktion energiebedingter
CO₂-Emissionen um 95 %

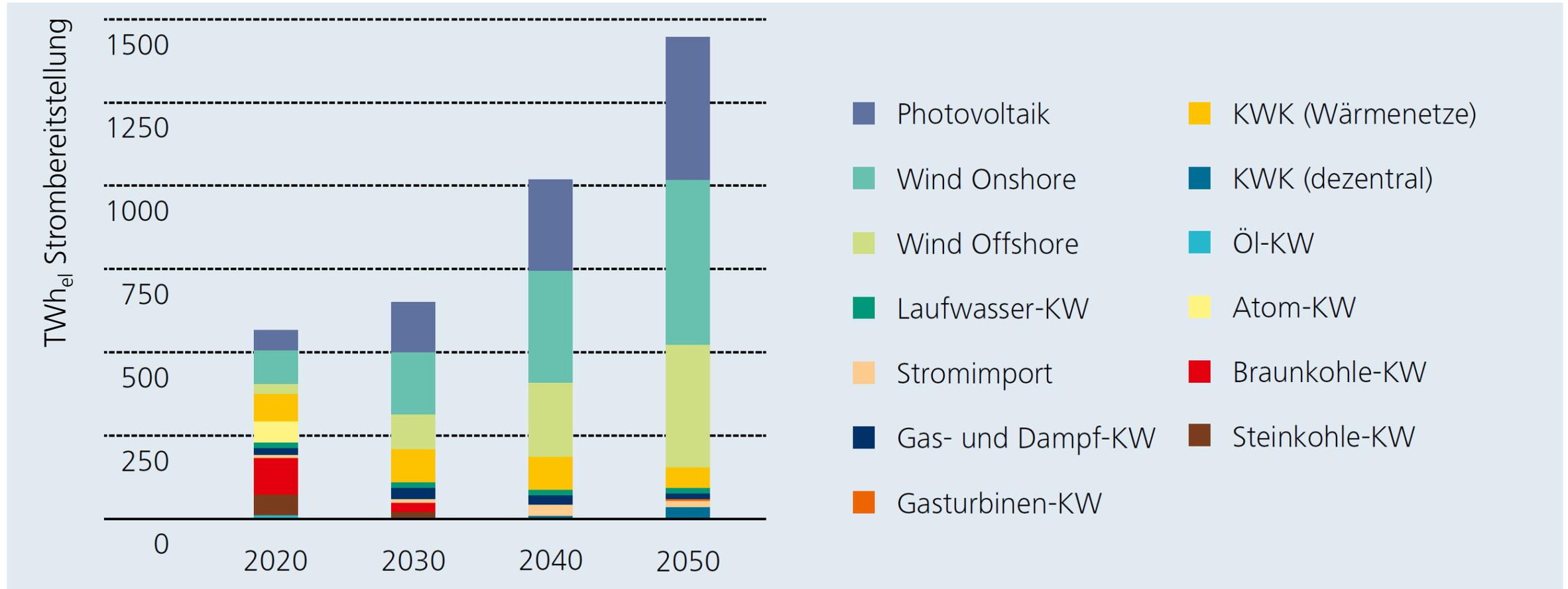
Suffizienz

- Rückgang des Energieverbrauchs in allen Sektoren (z.B. weniger gefahrene km, Abnahme der Stromnachfrage)
- Erhöhte Flexibilität bei Autobatterien (V2G, G2V)

Energieeinsparungen
und Verhaltens-
änderungen

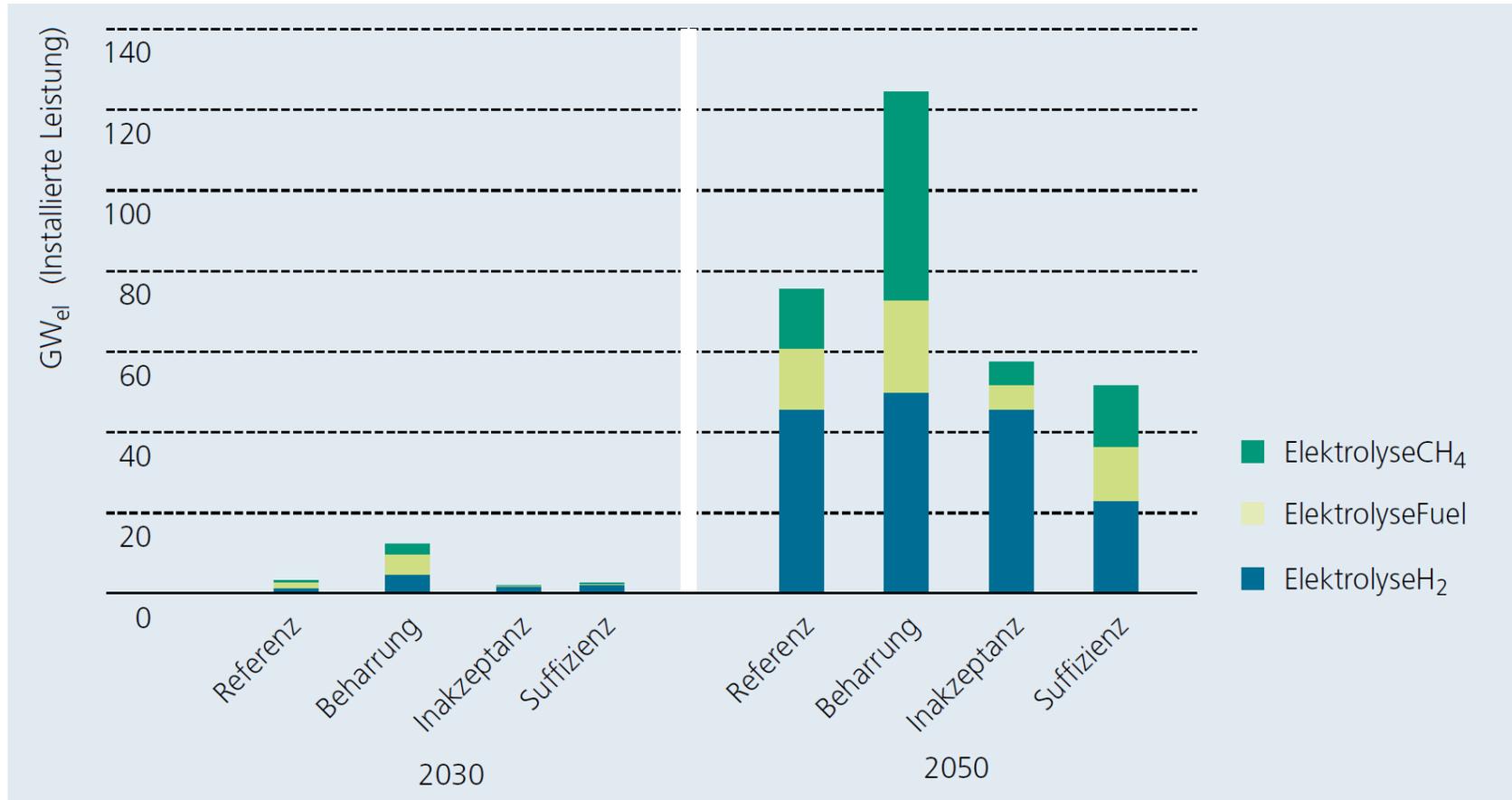
Strom aus erneuerbaren Quellen wird zur wichtigsten Primärenergie

Erneuerbaren Energien Wind und Sonne liefern hierzu den größten Beitrag.



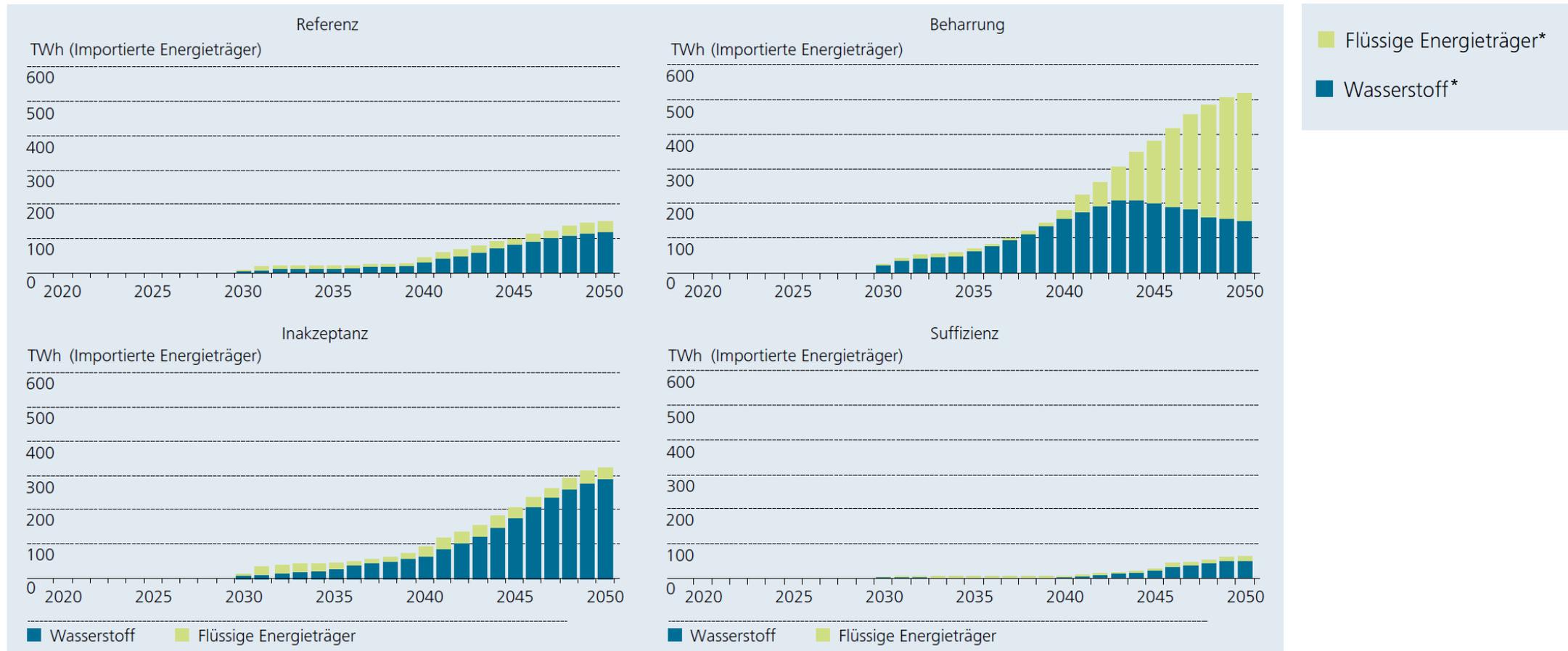
Elektrolyse und Nutzung von Wasserstoff in Deutschland

Wichtiger Baustein der zukünftigen Energieversorgung



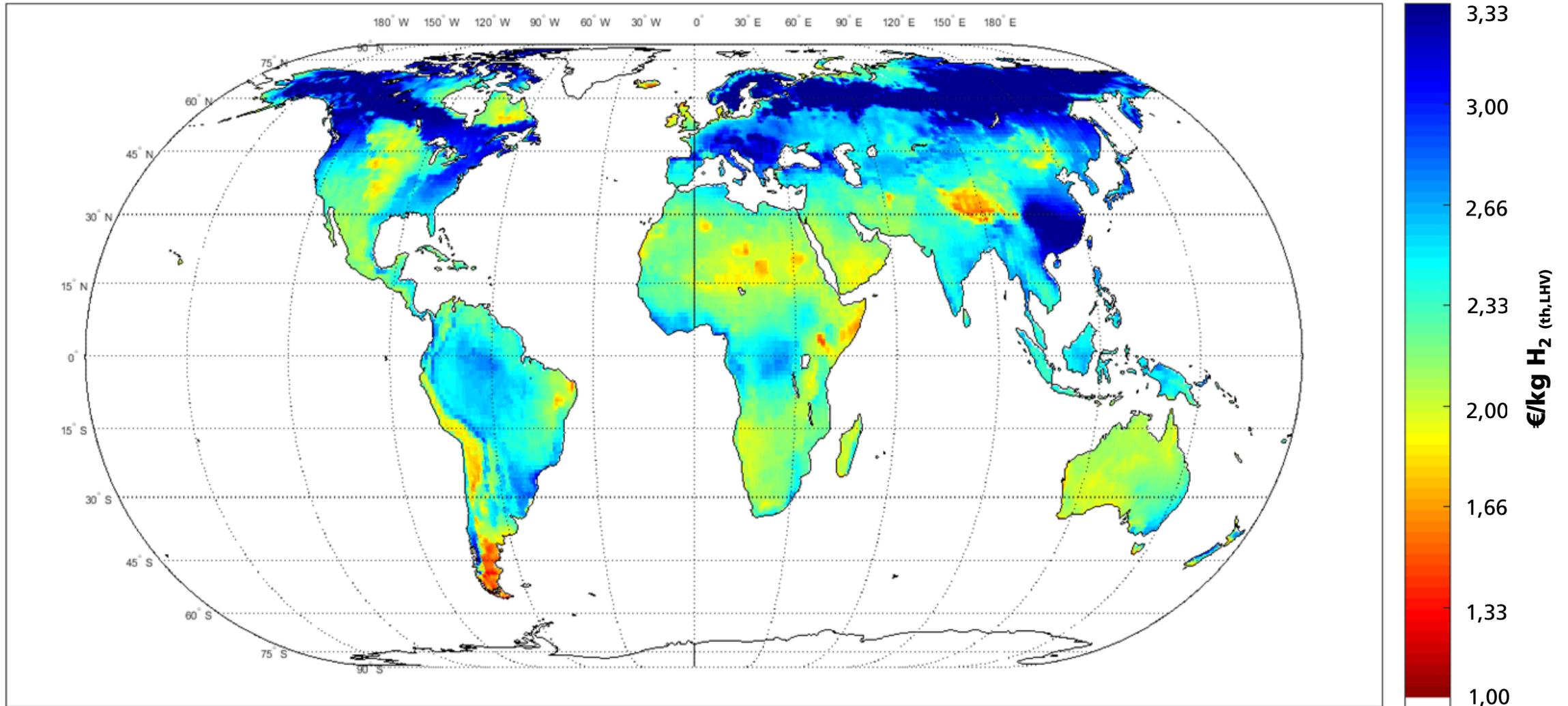
Import von Energie ist wichtiger Teil zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele

Strom und synthetische chemischer Energieträger



Import von synthetischen Energieträgern

Levelised cost" der grünen Wasserstoffproduktion vor Ort

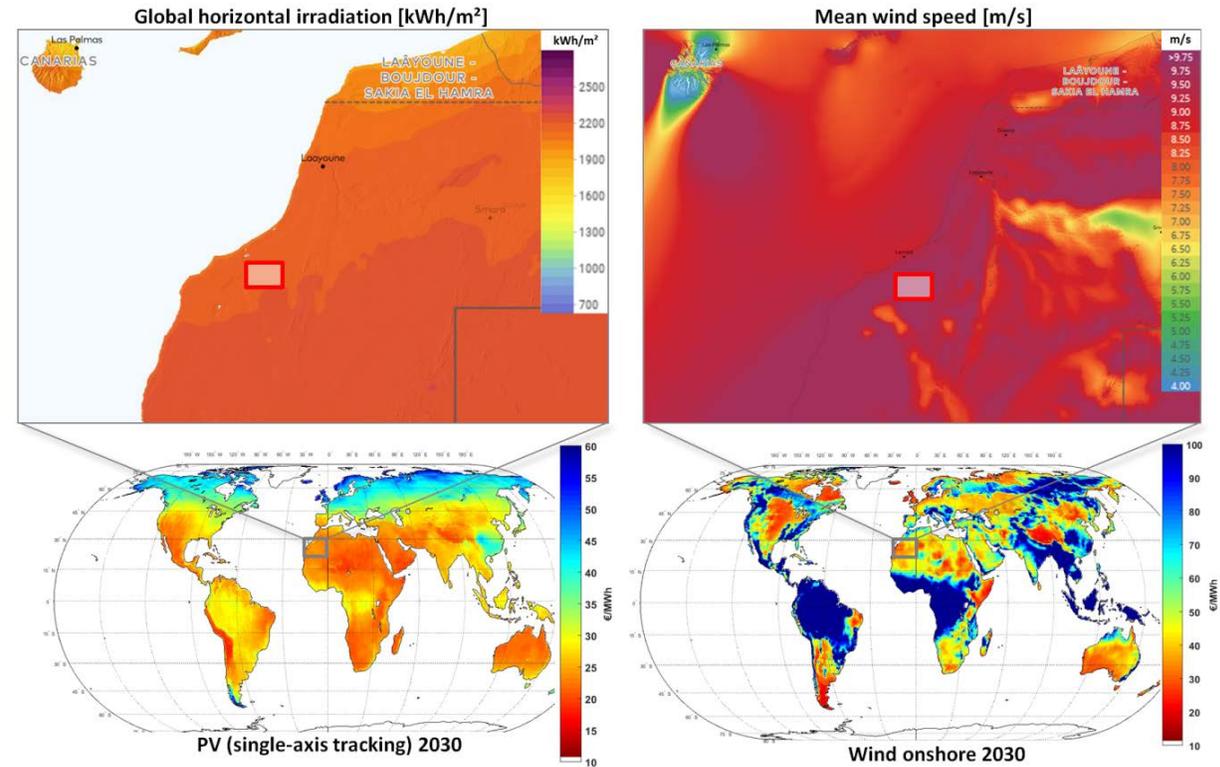


15 Source: Jensterle et al. 2019 (LUT-model)

Langstreckentransport und Import von PtX-basierten Energieträgern

Forschungsfragen

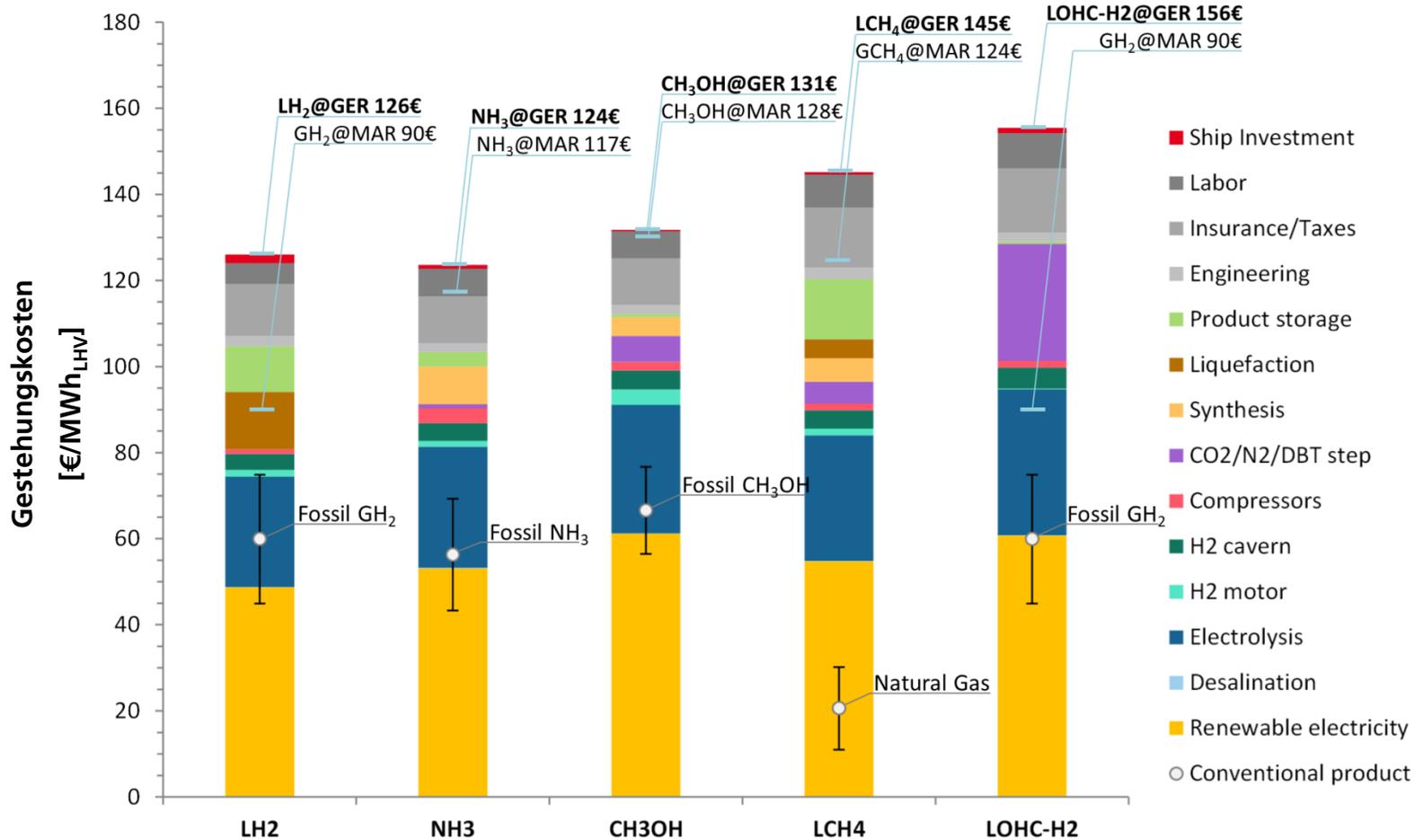
- Der Energie-Import wird auch in Zukunft eine tragende Säule unserer Energiesysteme darstellen
- Weg von den fossilen, hin zu nachhaltigen PtX-basierten Energieträgern
- **Welche PtX-Energieträger eignen sich für den globalen Handel von Erneuerbarer Energie?**
 - Methan, Methanol, Ammoniak, verflüssigter H₂ und LOHC-H₂*
 - Energie- und Kosteneffizienz
 - Einfluss der fluktuierenden EE-Erzeugung
 - Fallstudie: Marokko → Deutschland



Source: Hank et al. 2020 – based on Fasihi et al. 2020

Langstreckentransport und Import von PtX-basierten Energieträgern

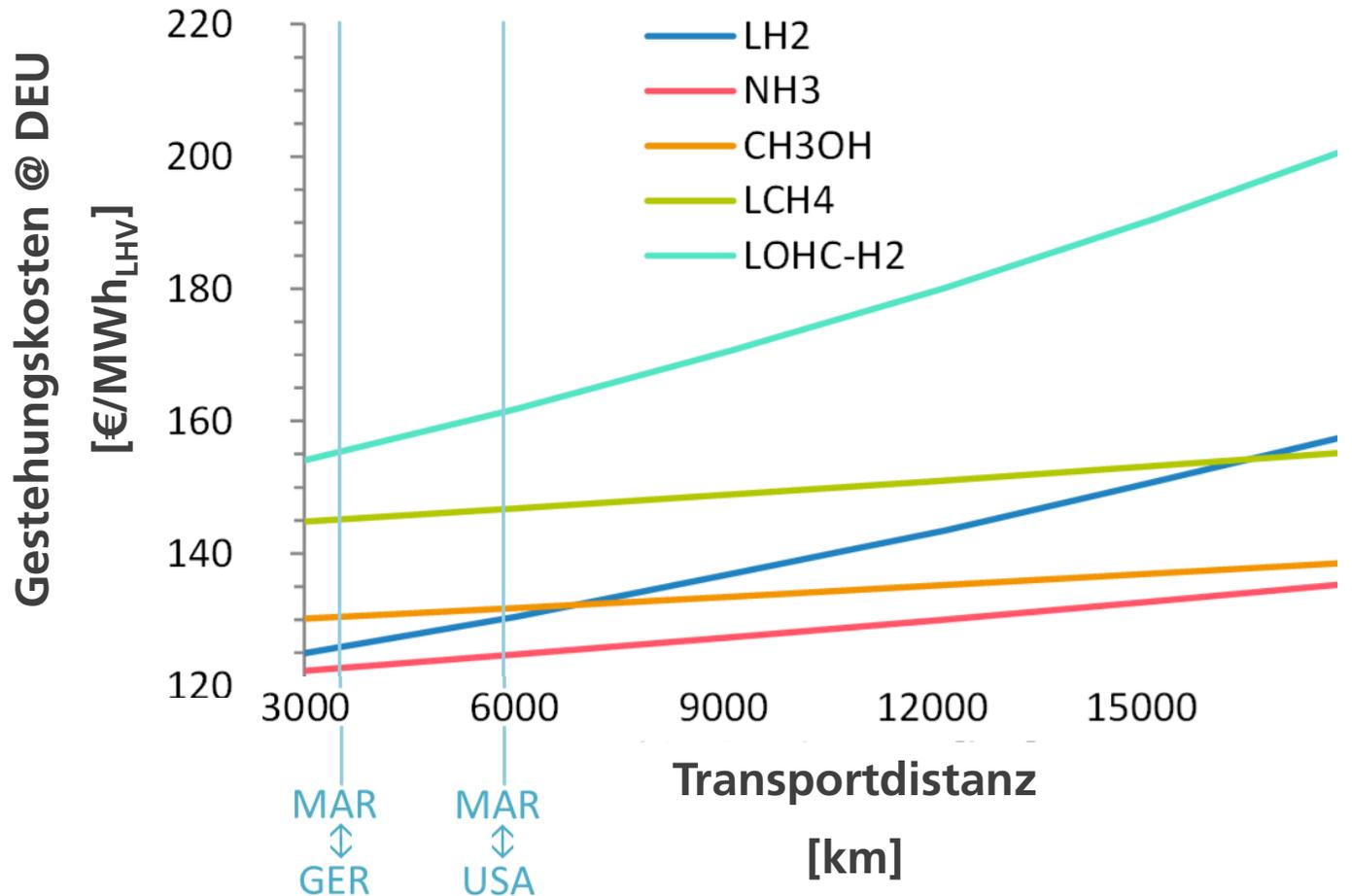
Gestehungskosten 2030 inkl. Transport von 4000 km



- **PtX Gestehungskosten:**
124 – 156 € / MWh @ DEU
- **Wasserbereitstellung via Meerwasserentsalzung**
technisch und ökonomisch vielversprechend
- **LOHC-Pfad:**
Hoher Preis für LOHC-Medium

Langstreckentransport und Import von PtX-basierten Energieträgern

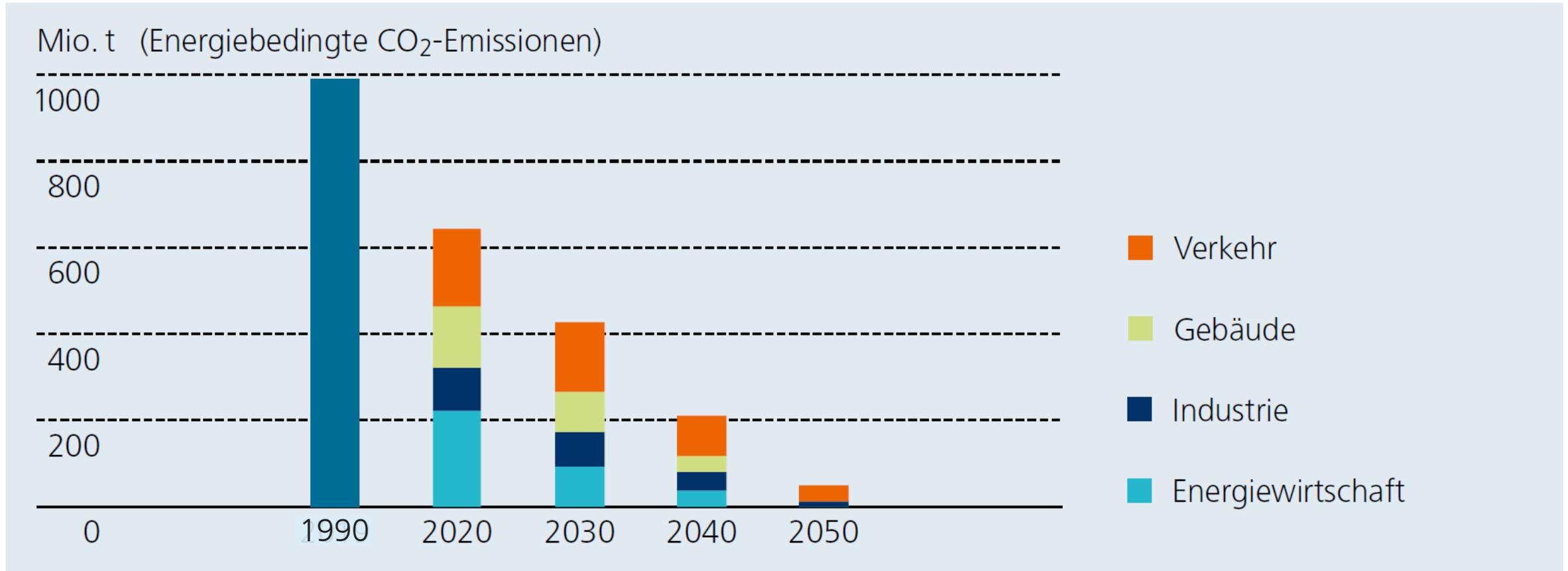
PtX-Kosten in Abhängigkeit von der Transportdistanz



- Bei kürzeren Distanzen:
(zB MAR → DE ~ 4000km)
Schiffstransport geringer Einfluss auf Kosten und Gesamteffizienz
- Bei längeren Distanzen:
Energiedichte des transportierten Energieträgers wird relevant
 - DE → Saudi-Arabien: 7400 km
 - DE → Australien : 18000 km
- Schiffe nutzen transportierten Energieträger als Kraftstoff (100% Defossilisierung)
- Boil-off ist berücksichtigt und kann genutzt werden

Ergebnisse der Systemanalyse – Entwicklung der CO₂-Minderung

Aufteilung des energiebedingten CO₂-Ausstoß (Referenz-Szenario)

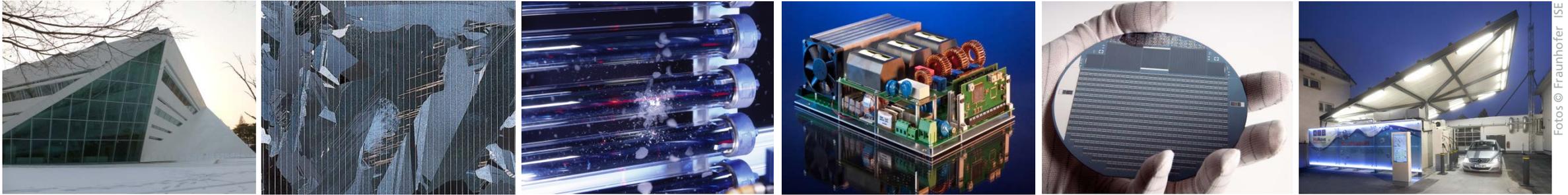


Schlussfolgerungen

Globaler Handel von Erneuerbarer Energie beginnt jetzt

- Die Transformation des Energiesystems zur **Einhaltung des 1.5°C-Ziels ist technisch möglich**
- **Transformationsprozess schneller und grundlegender betrieben** und politisch gestaltet werden
- **Schnelle Absenkung der CO₂-Emissionen Stromerzeugung**
 - CO₂-Faktor unter 200g/kWh in 2030, damit Sektorenkopplung sinnvoll ist (heute rund 414 g/kWh*)
 - Mindestens Verdoppelung der Leistung von Windenergieanlagen und PV bis 2030
- **Elektrifizierung nimmt deutlich zu → Einsatz von Erneuerbaren Quellen (Wind & Solar) ist Voraussetzung**
- **Sektorenkopplung als zentraler Bestandteil** der fortschreitenden Energiewende
 - **Elektrolyse im großen Stil wird wichtig (5-10 GW bis 2030 in D)**
PtX: Indirekter Einsatz von EE-Strom im Mobilitäts-, Wärme und Industriesektor, geschl. C-Kreislauf
 - Transformationsprozesse hin zu **-95% THG: volkswirtschaftlich vorteilhaft** ggü. „business as usual“
sofern CO₂-Emissionen einen Preis erhalten (sektorenübergreifend)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Prof. Dr. Christopher Hebling

www.ise.fraunhofer.de

christopher.hebling@ise.fraunhofer.de,