

# Erneuerbare Energieautarkie in Europa.

**Wunsch und Wirklichkeit?**

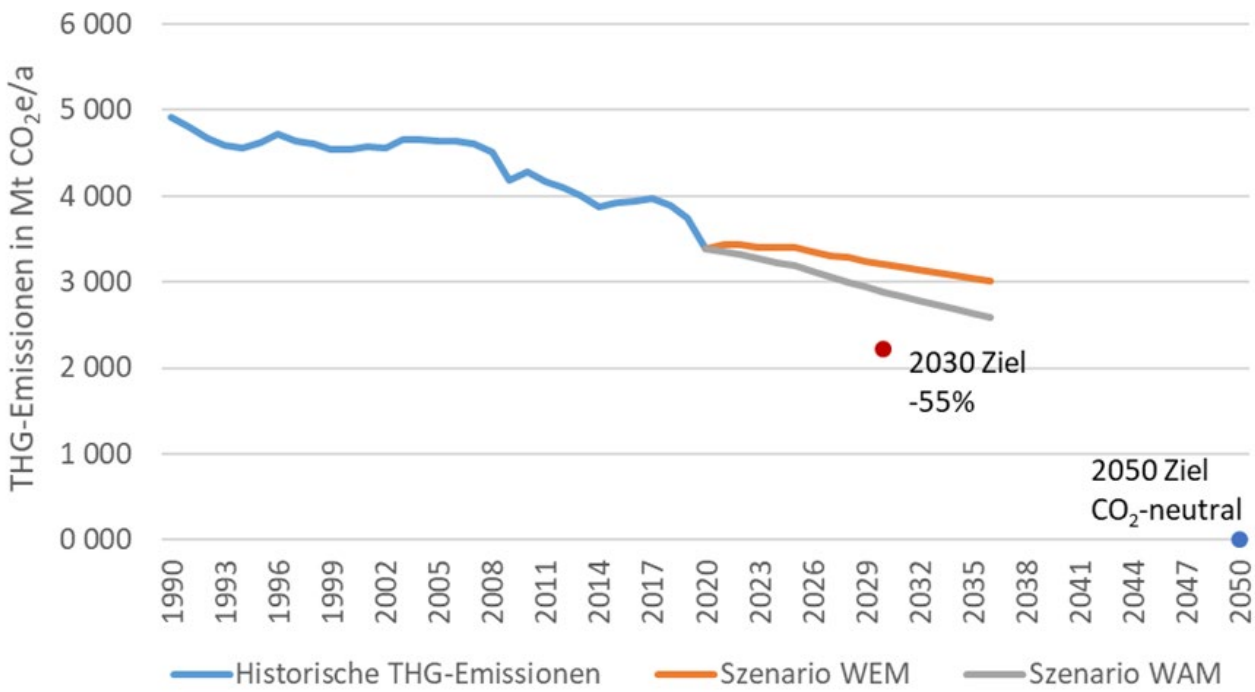
Prof. Thomas Kienberger

How to get out?



## Climate Pledges

- Als erster Kontinent: Klimaneutralität in Europa bis 2050 (Green Deal, FitFor55)
- Einige Staaten nehmen sich mehr vor – Finnland 2035, Austria 2040, Deutschland 2045
- CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken (aber nicht schnell genug)



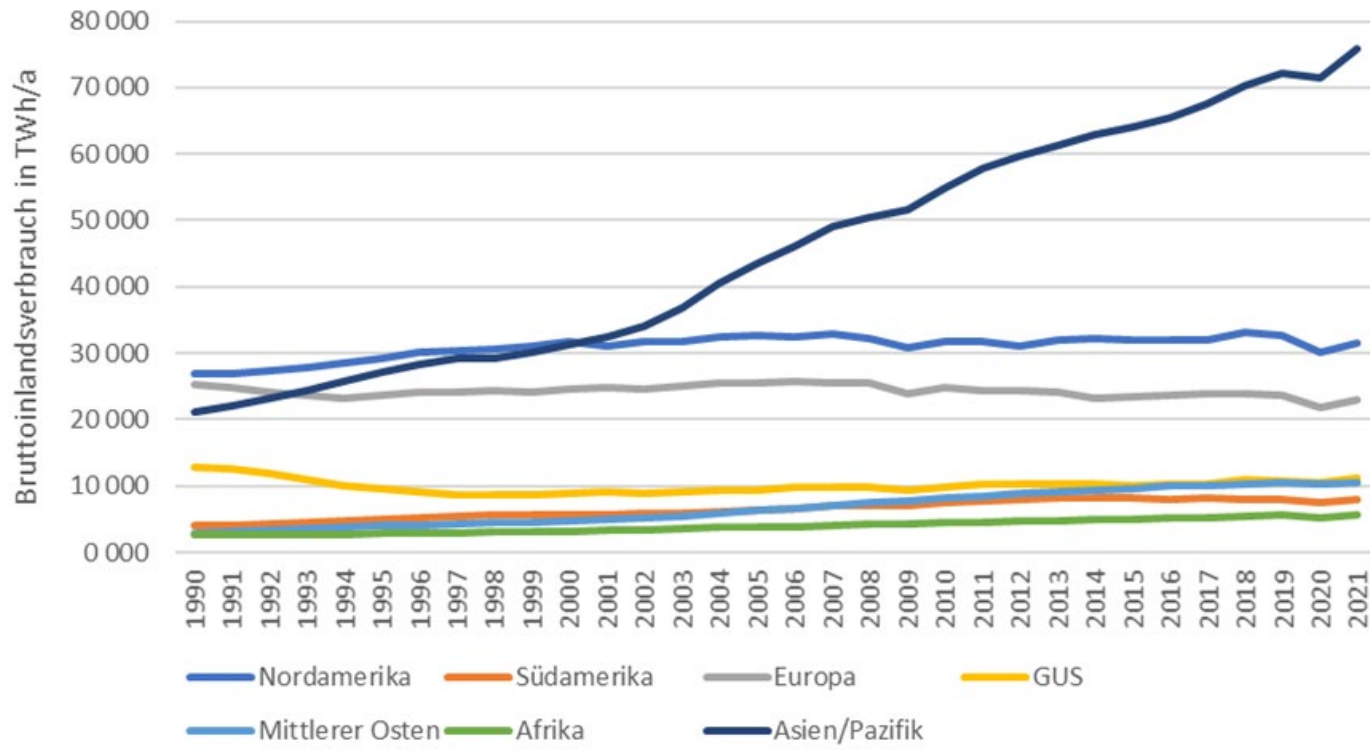
Quelle: European Environment Agency 2022

**Hypothese I:** Die europäischen Klimaziele können ordentliche FTI Politik vorausgesetzt, Technologieexporte pushen.

# Globale Einordnung

## Climate Pledges

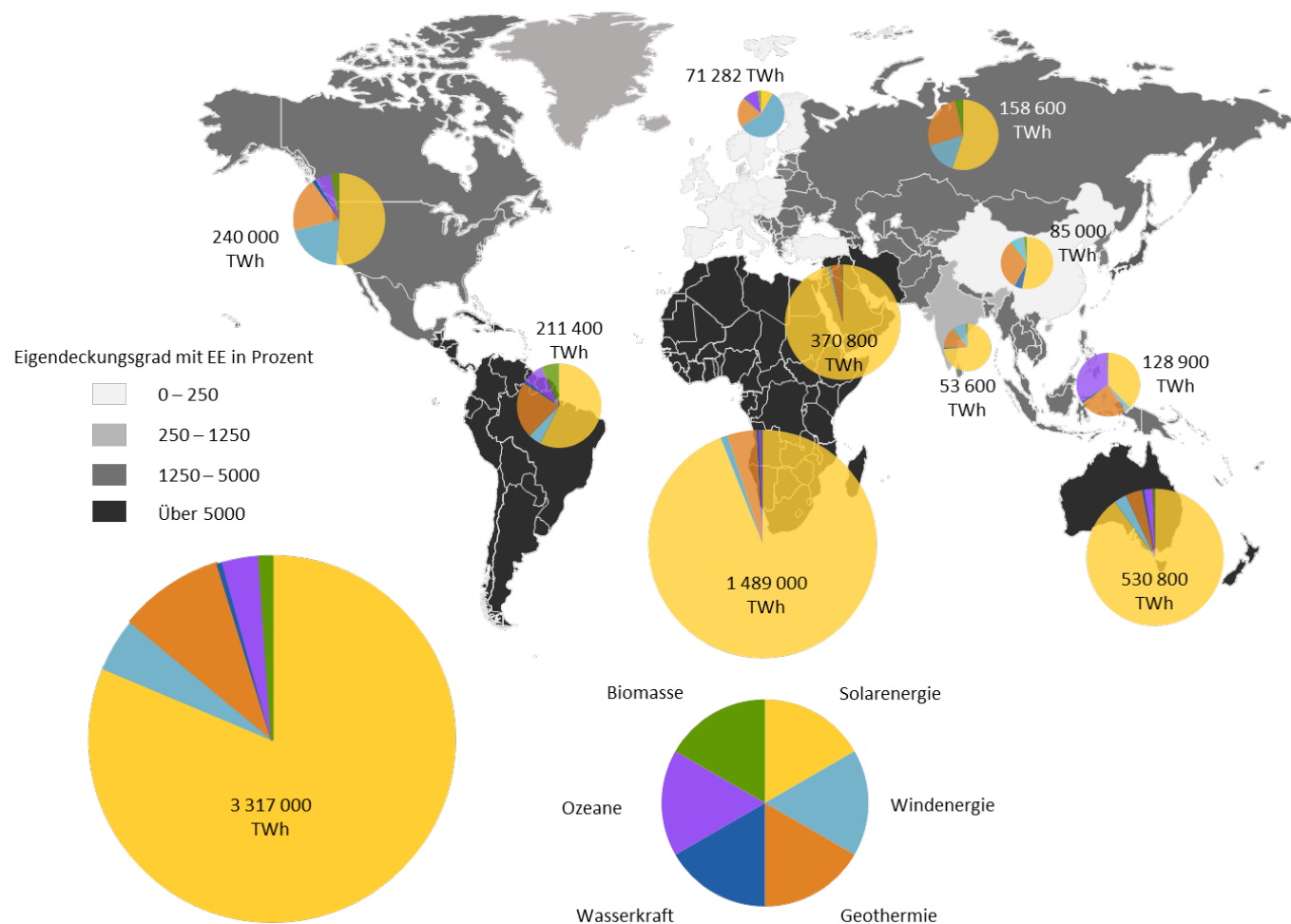
- Als erster Kontinent: Klimaneutralität in Europa bis 2050 (Green Deal, FitFor55)
- Einige Staaten nehmen sich mehr vor – Finnland 2035, Austria 2040, Deutschland 2045
- CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken (aber nicht schnell genug)
- Europäischer Energiebedarf in Seitwärtsbewegung
- Ausbau der Erneuerbaren ist für die bereits sichtbare CO<sub>2</sub>-Reduktion verantwortlich, Energieeffizienzmaßnahmen kompensieren jedoch ausschließlich das Wirtschaftswachstum



**Fazit:** Beides muss schneller und umfassender gehen, Umstieg auf Erneuerbare und Energieeffizienz

Quelle: BP 2022

# Erneuerbare Energiequellen

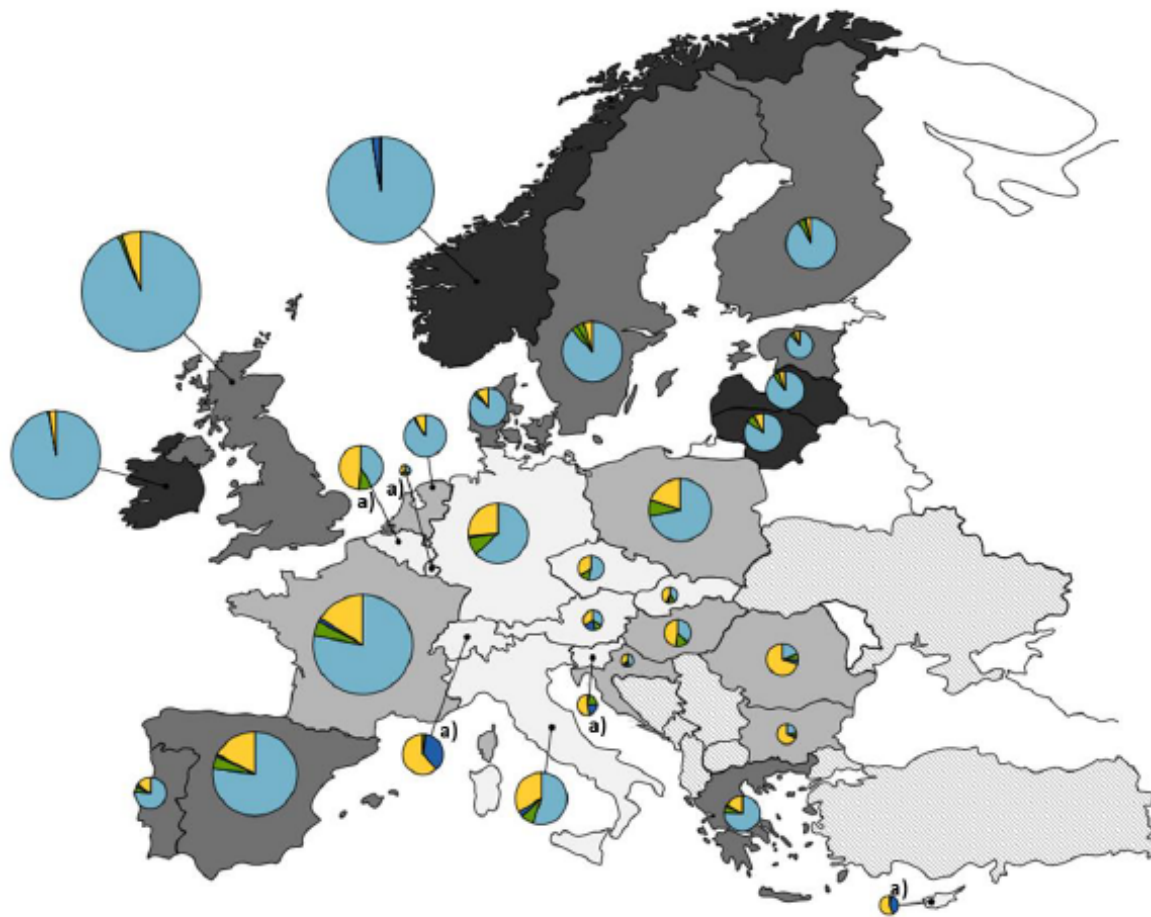


Erneuerbare in Europa sind beschränkter als anderswo

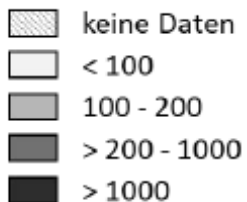
- Flächenverfügbarkeit aber auch Akzeptanz, langsames Handeln bei ihrem Ausbau und beim Ausbau der Infrastruktur.
- Andere Weltregionen haben bessere natürliche Bedingungen für Erneuerbare – höhere Volllaststunden → geringere Kosten → bessere Ausnutzung der Rohstoffe:

Hypothese II: Europa wird Erneuerbare Importe brauchen.

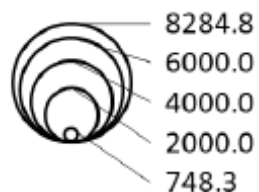
# Erneuerbare Energiequellen



## Eigenversorgungsgrad mit EE in Prozent

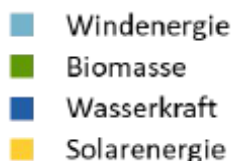


## Potential in TWh/a



a) tatsächliches Potential 10-mal geringer als dargestellt

## Erneuerbare Energiepotenziale



Technische Potentiale (PV, Wind, Wasser und Biomasse) in EU27:

- Ca. 51.500 TWh/a

Bruttoinlandsverbrauch EU27 in 2021

- Ca. 15.400 TWh/a

Erschließbare Potentiale:

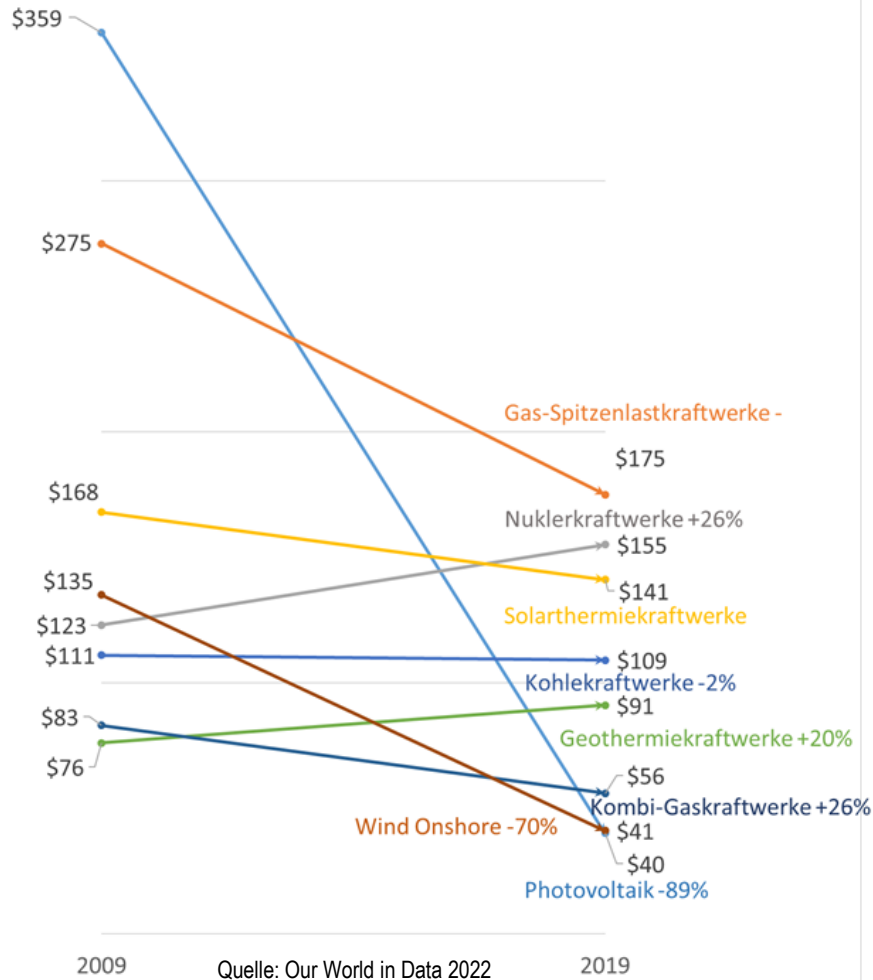
- Abschlüge zwischen technischen und erschließbaren Potentialen i.d.R zw. 3-5

Hypothese II: Europa wird Erneuerbare Importe brauchen.

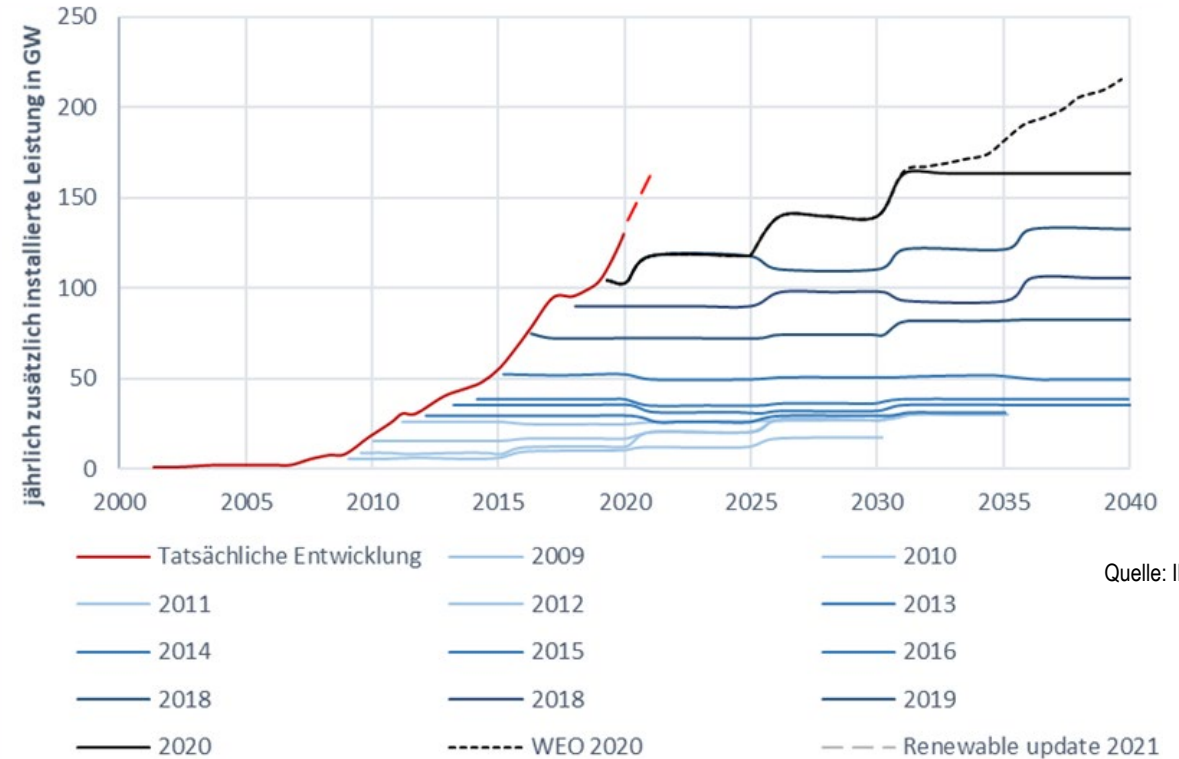
*Erschließbare Potentiale?*  
*EU Referenz-Szenario (2021) bildet WAM Policies ab*  
*ca. 6.400 TWh/a RES bis 2050*

*Vielleicht ein bisschen zaghaft, aber schon ein mal ein Anhaltswert*

# Kosten- und Durchdringungsratenentwicklung für erneuerbaren Strom und Wasserstoff



Aktuelle Entwicklung der Stromgestehungskosten



## PV-Ausbau: Prognosen vs. tatsächlicher Ausbau

- Entwicklung des globalen Ausbaus wird massiv unterschätzt!
- Rahmenbedingungen hinken der tatsächlichen Entwicklung hinterher – insbesondere Netze

# Kosten- und Durchdringungsratenentwicklung für erneuerbaren Strom und Wasserstoff

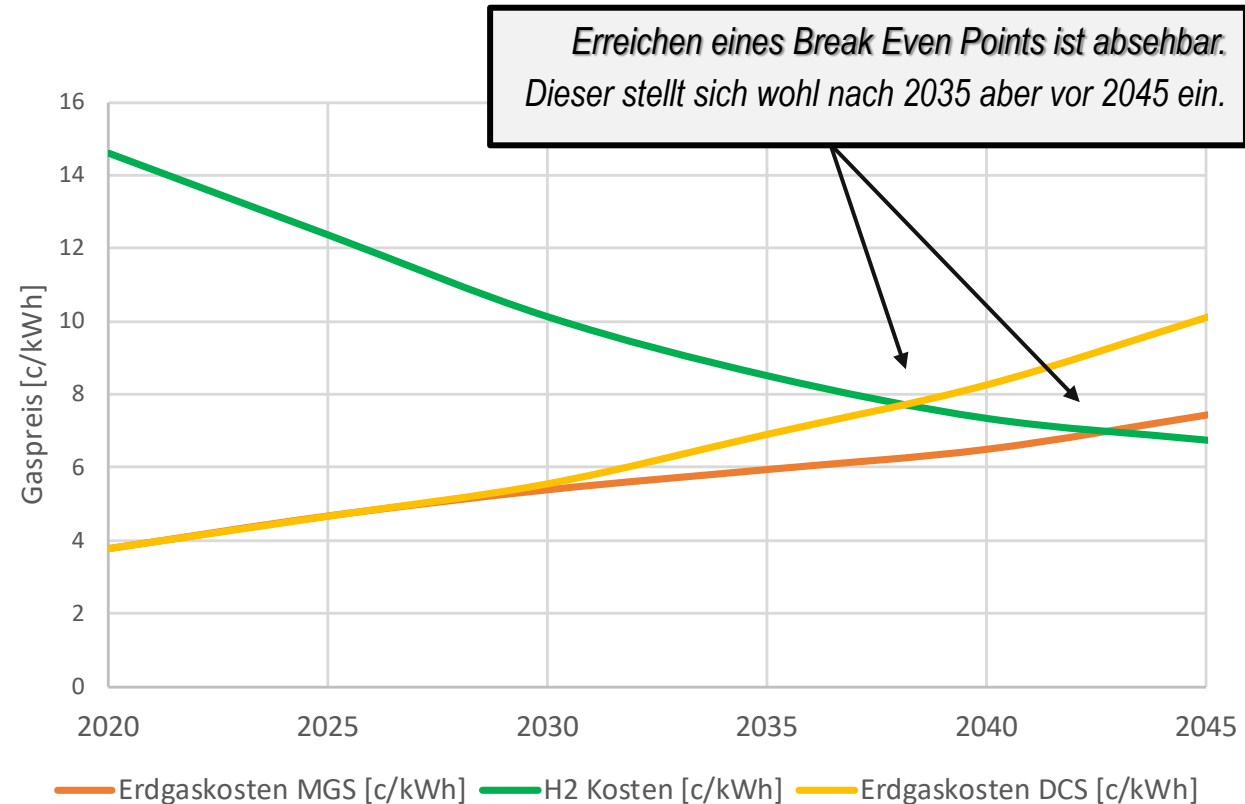
## Erdgas wird teuer bleiben

- Unsicherheit aufgrund des Ukrainekriegs
- **Aber**, auch bei geringen Energiepreisen, klare Trajektorien aus dem EU-ETS (Phase III, FitFor55)

## Cost-Down Potential grünen Wasserstoffs

- Elektrolyseure eignen sich zur Massenproduktion – Potential für große technologische Lernraten.
- PV- und Windstromkosten sind weiterhin am Sinken
- **Aber**, Umwandlungsverluste bzw. der Transport sind aus Kostensicht zu berücksichtigen

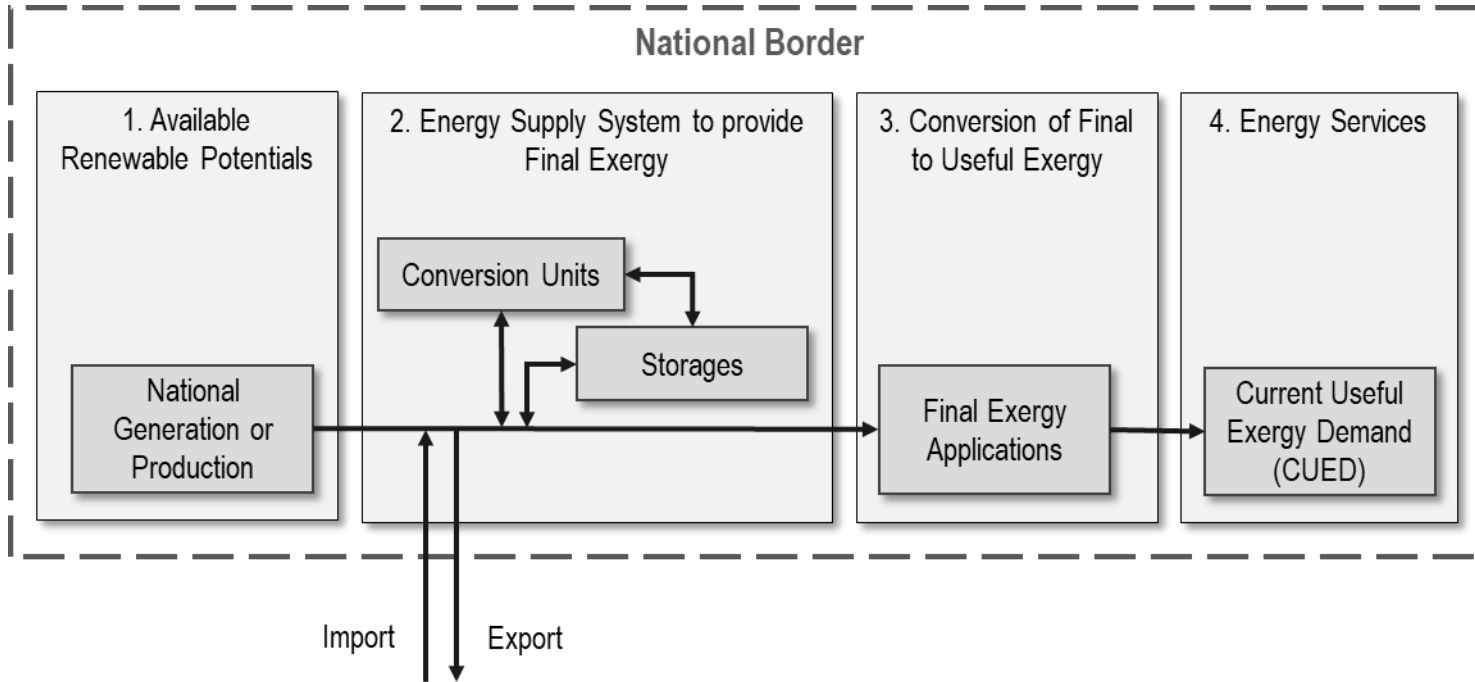
**Hypothese III:** Strom wird man nicht importieren sondern Wasserstoff und/oder seine Derivate. Diese werden teuer sein. Je weniger importiert werden muss, desto besser





# energie- bzw. exergieoptimales Energiesystem für Europa

## Bilanzzone und Systemgrenzen



- **Constraints:** RES Ausbau nach dem EU-Referenzszenario sowie Exergiebedarf der Services sind vorgegeben. Dieser entspricht dem Heutigen.
- **Optimierungsvariablen:** Kapazität und Betrieb von Conversion Units, Storages, Endanwendungstechnologien sowie Import/Export
- **Zielfunktion:** Maximierung der Exergieeffizienz = Minimierung der Exergiezerstörung.

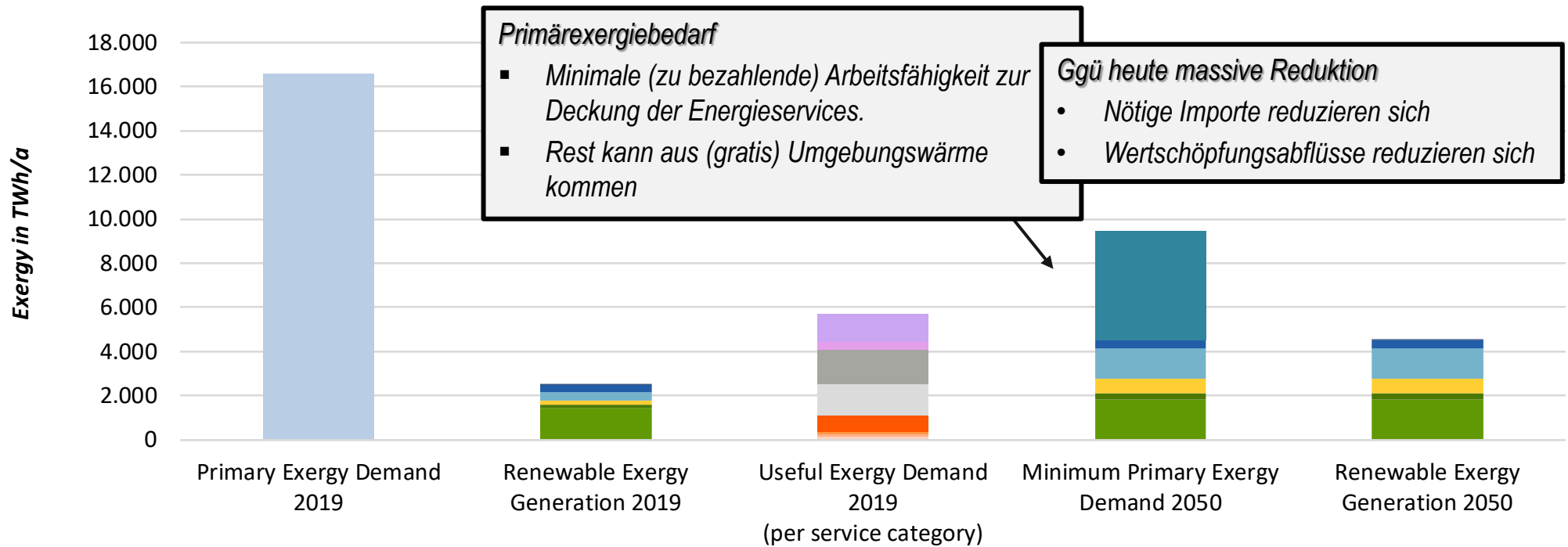
$$\begin{aligned} \min EX_{LossDest,tot} &= EX_{Sup,tot} - EX_{CUED,tot} = \\ &= \sum_i EX_{NatGP,i} + \left( \sum_j EX_{Imp,j} - \sum_k EX_{Exp,k} \right) - EX_{CUED,tot} \end{aligned}$$

*Vereinfachung durch  
Constraints* →

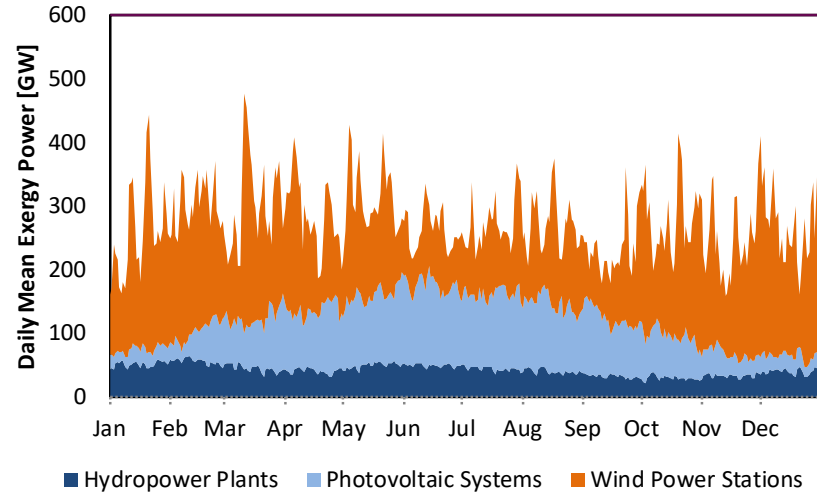
$$\min f = \sum_j EX_{Imp,j} - \sum_k EX_{Exp,k}$$

# energie- bzw. exergieoptimales Energiesystem für Europa

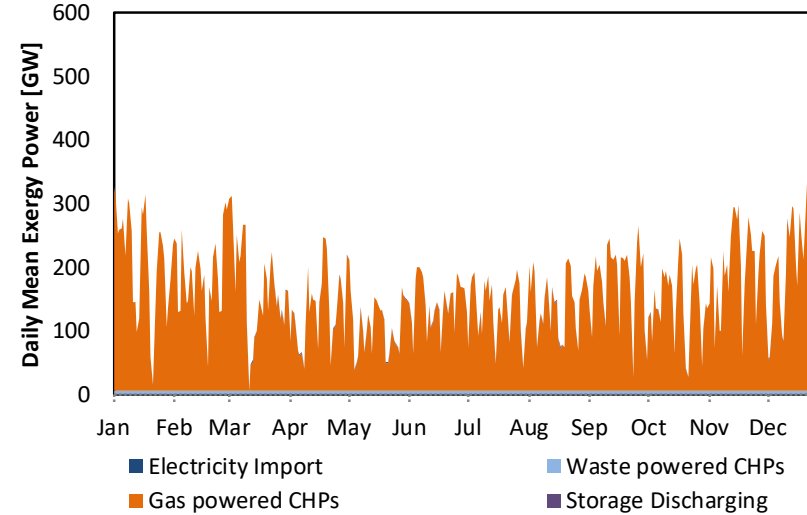
## Gegenüberstellung Bedarf und Aufbringung



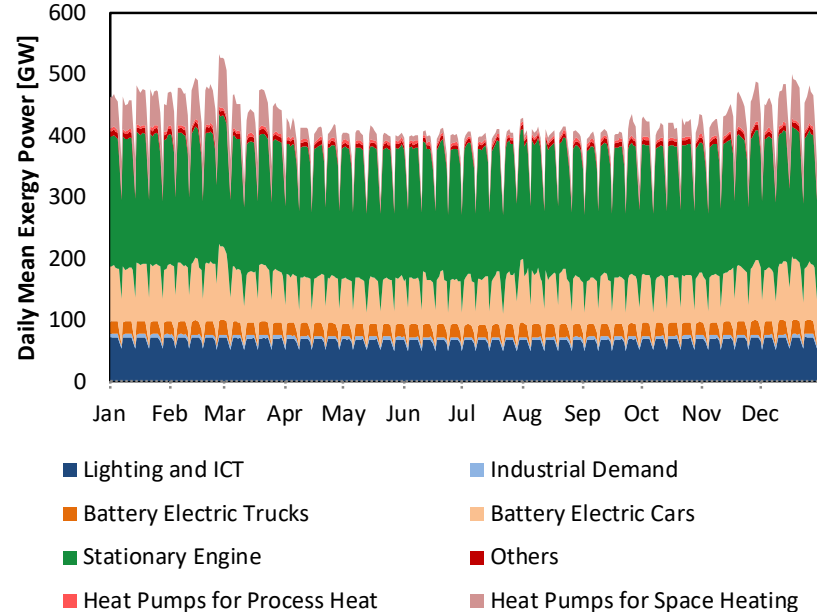
**A: Fluctuating Renewable Generation**



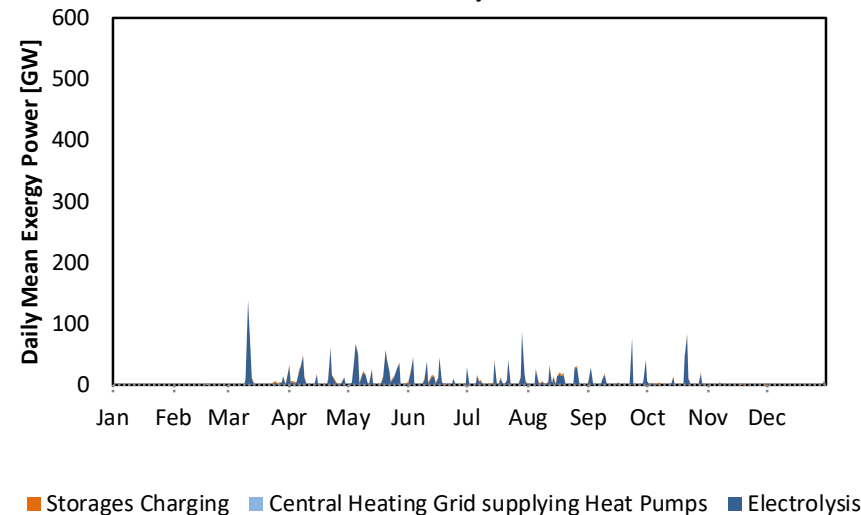
**B: Controllable Generation**



**C: Final Electricity Consumption**



**D: Other Electricity Utilization**

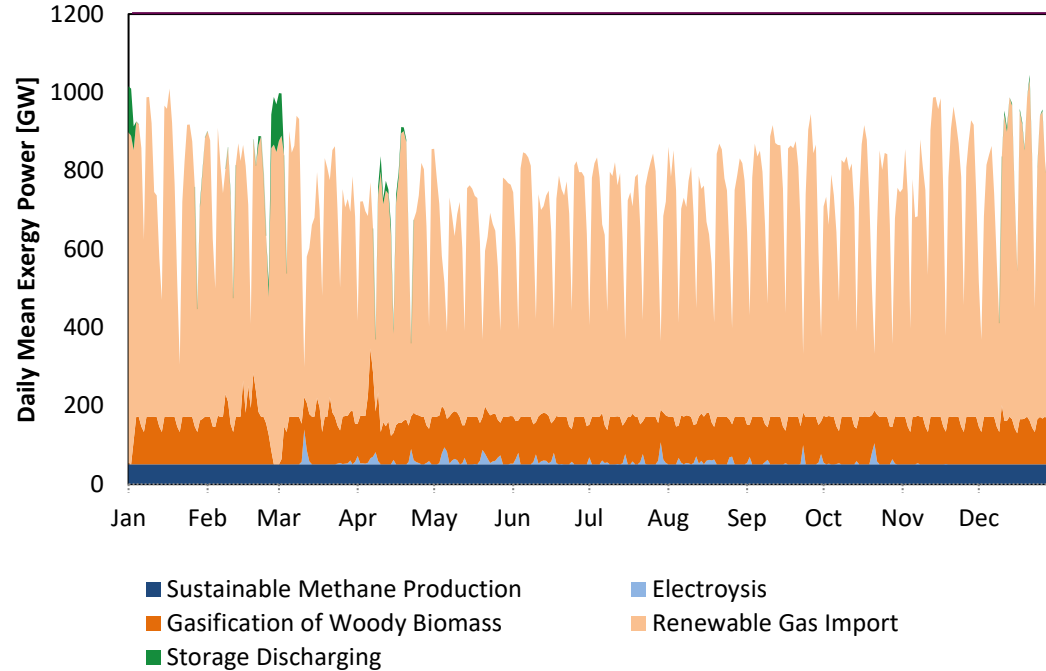


# Elektrizität 2050

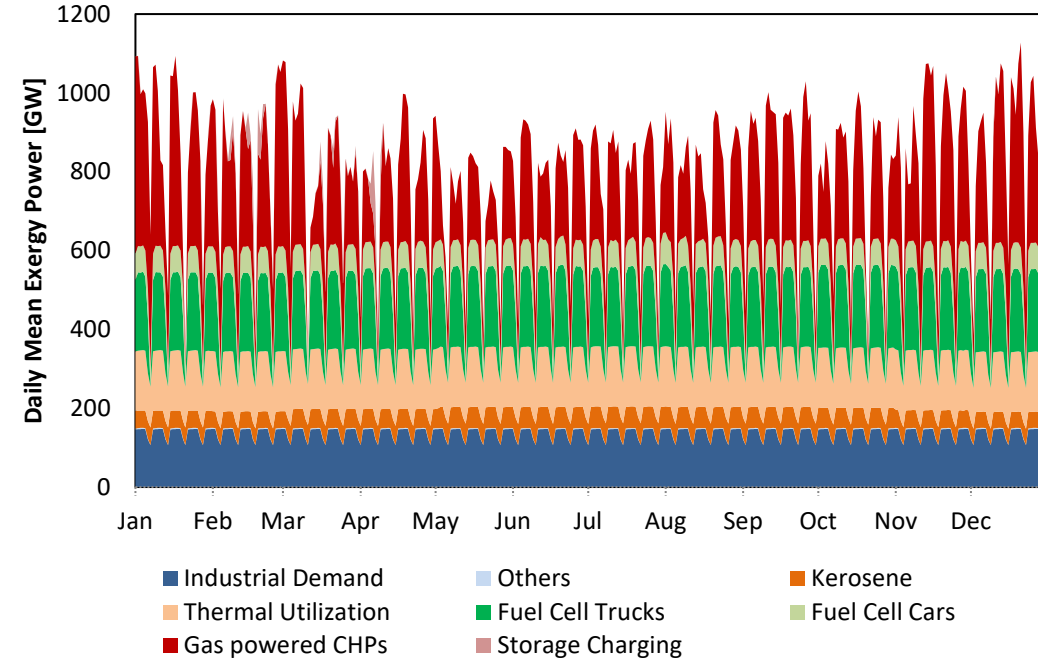
- Kaum saisonale Komponenten der Stromaufbringung – Wind und PV gleich sich europaweit aus
- Unterdeckungen durch GuD-Kraftwerke gedeckt, deren Abwärme Raumwärme und –kältebedarf der urbanen Räume deckt.
- Negative Residuallast (Überdeckungen) sehr gering – geringe Elektrolysekapazitäten (mit recht hohen Volllaststunden)
- Bedarf weist nur geringe saisonale Komponente auf – Wärmepumpen im nicht-urbanen Raum
- Weitgehende Elektrifizierung des PKW-Verkehrs.

# Gasbedarf 2050

**A: Gas Supply**



**B: Gas Utilization**



- Gas ausschließlich für hochexergetische Bedarfe. Feedstocks in der Stahl- und Chemieindustrie benötigt Wasserstoff. Für Hochtemperaturwärme z.T. auch Holzgas (Holzvergasung anstatt Verbrennung zur Niedertemperaturwärmebereitstellung).
- Teil des Schwerverkehrs
- Kaum saisonale Gasbedarfe der KWK (ggf. etwas mehr im Winter)
- Gasbedarfe höher wie Strombedarfe – Importbedarf hängt vom Erneuerbaren Ausbau ab. Endenergiebedarfe ändern sich kaum.

# Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

- „All Electric“ Denken macht keinen Sinn - Gasbedarf besteht auch zukünftig (Feedstock, long-haul transport, Stromaufbringung).
- Je weniger effizient wir Energie einsetzen, desto höher wird der (teure) Gasbedarf sein: „technologieoffenes“ Status-Quo Denken macht auch keinen Sinn.
- Umso stärker Erneuerbare ausgebaut werden, desto geringer der Gasbedarf der Stromaufbringung und umso höher die europäische Elektrolysekapazität
- Hypothese: Ohne klimaneutrale Gasimporte ist die Energiewende nicht möglich!

*Elektrifizierung und Effiziente Technologien gehen oft Hand in Hand*

*Stromaufbringung und Elektrolyse benötigen bei gesamteuropäischer Betrachtung keine Saisonspeicher und erlauben hohe Volllaststunden*

## Handlungsempfehlungen:

- Ausbau der europäischen Erneuerbaren so schnell und umfassend wie möglich!
- Ausbau der elektrischen Übertragungsnetze um Wind-Solarausgleich zu ermöglichen.
- Robuste Import-Routen für erneuerbare Gase (Wasserstoff + Derivate) sind zu entwickeln.

*Ausgezeichnete Möglichkeiten für die heutige fossile Industrie*