

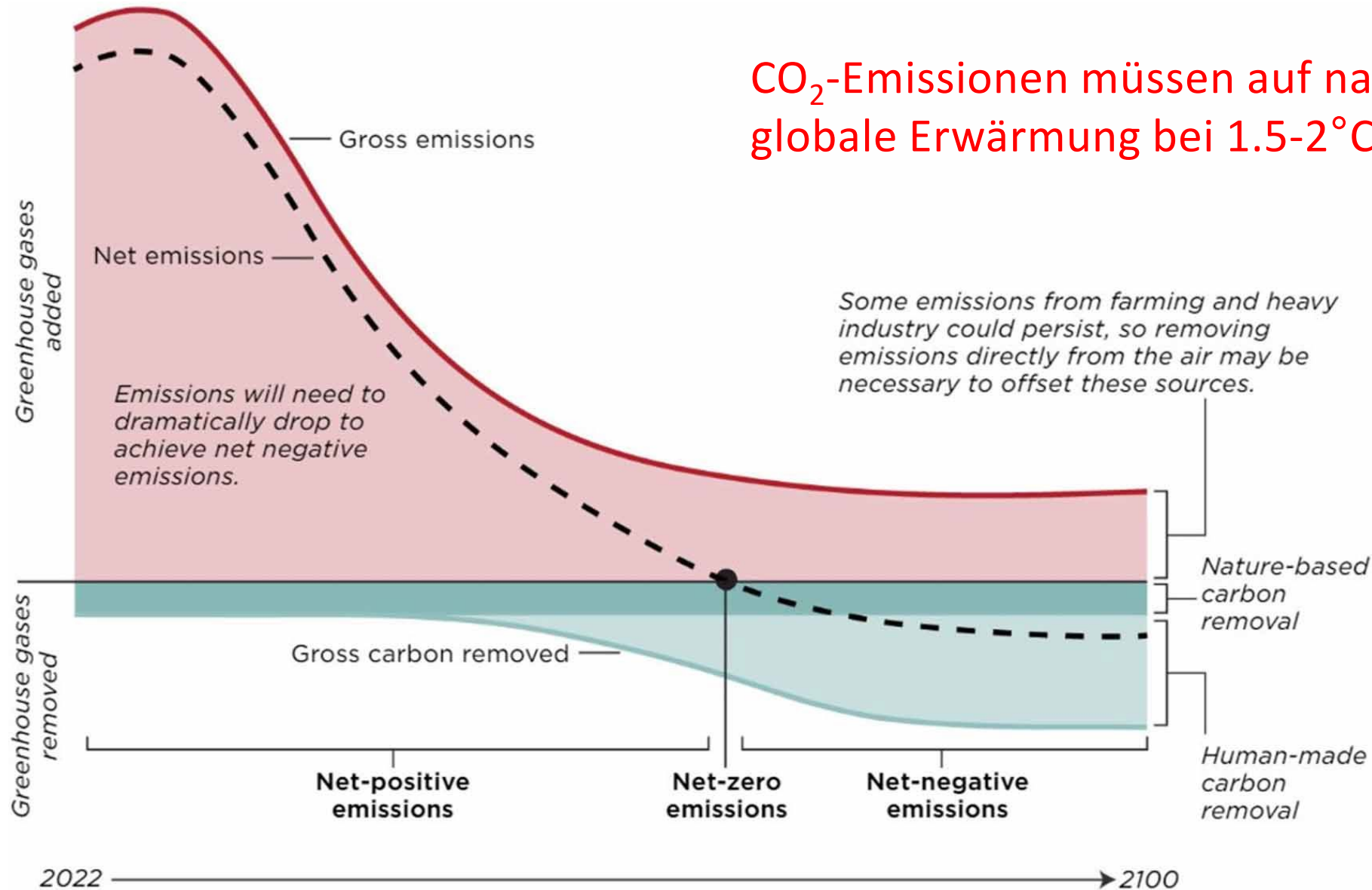


Christian Bauer :: Labor für Energiesystem-Analysen (LEA) :: Paul Scherrer Institut (PSI)

Strom aus Photovoltaik-Anlagen – ein Kernbestandteil der zukünftigen Energieversorgung

Warum Photovoltaik?

CO₂-Emissionen müssen auf nahe Null sinken, um globale Erwärmung bei 1.5-2°C zu begrenzen

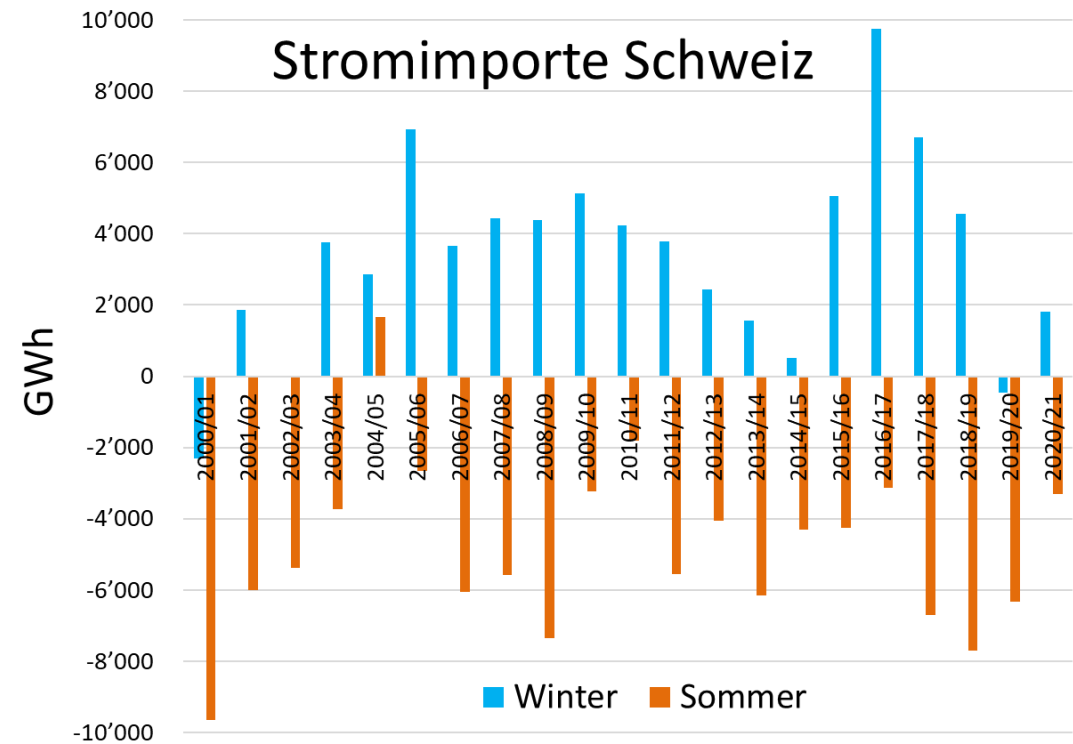
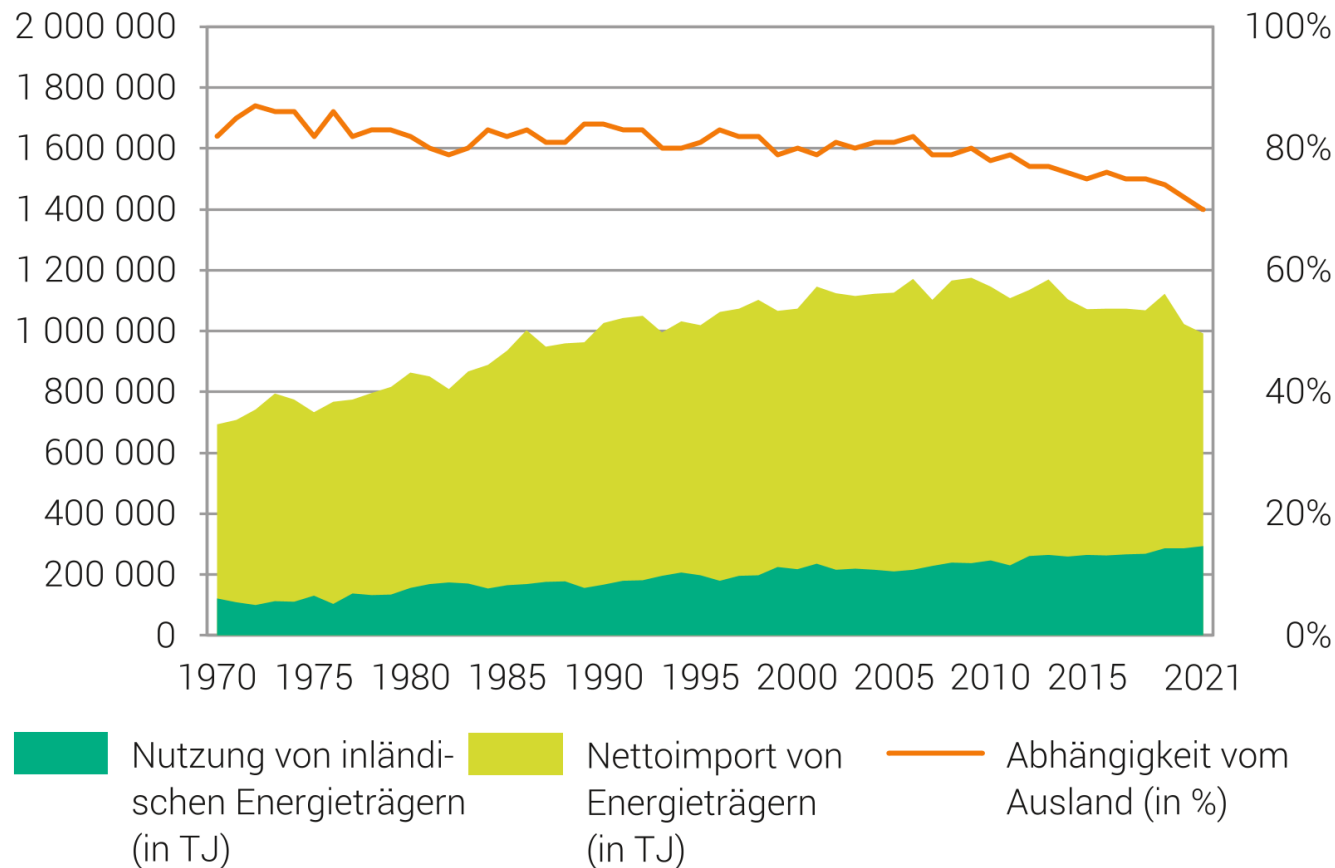


Warum Photovoltaik?

PV-Strom ermöglicht es, die Abhängigkeit vom Ausland in der Energieversorgung zu reduzieren

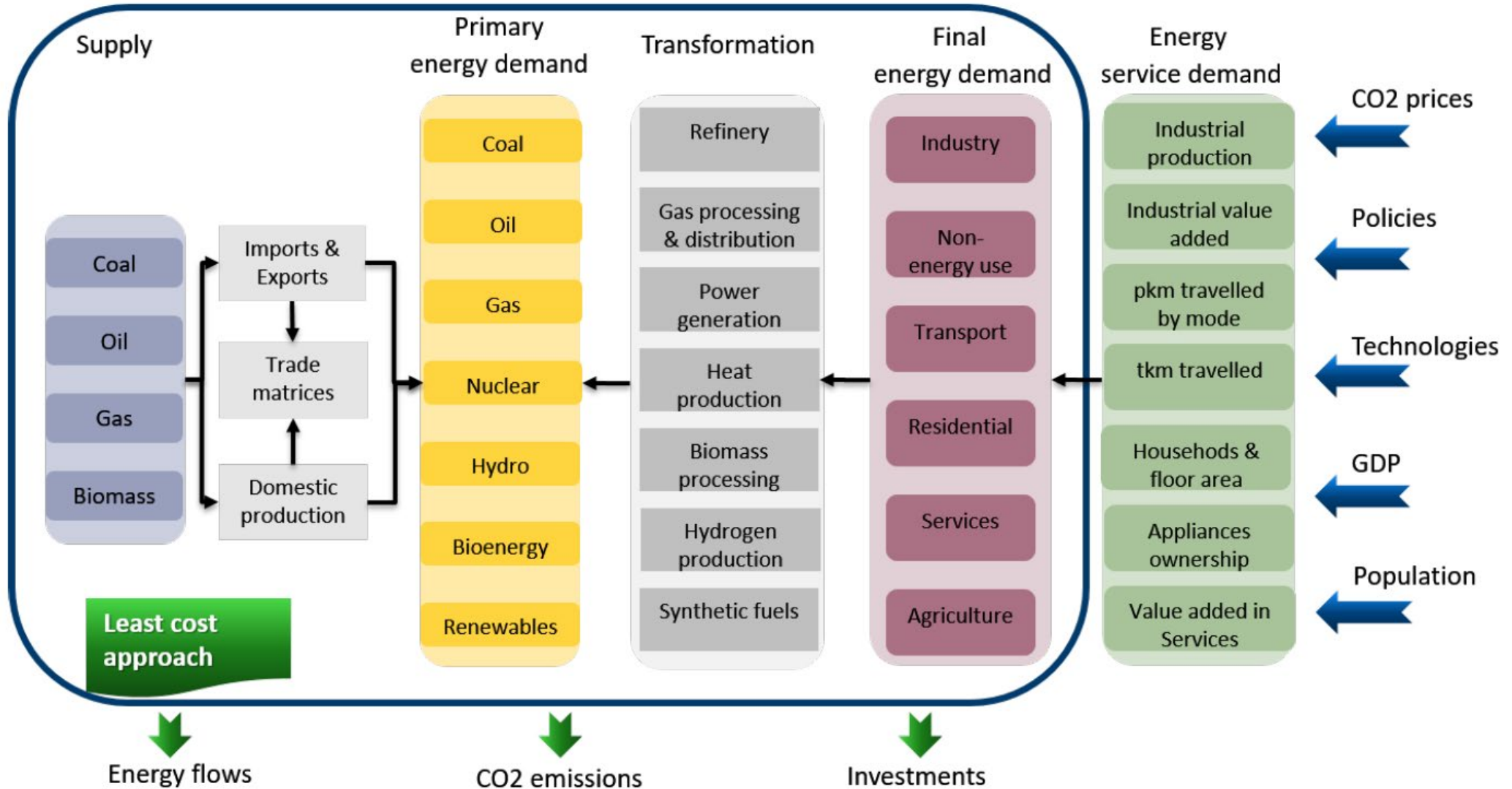
Primärenergieverbrauch Schweiz

Terajoules



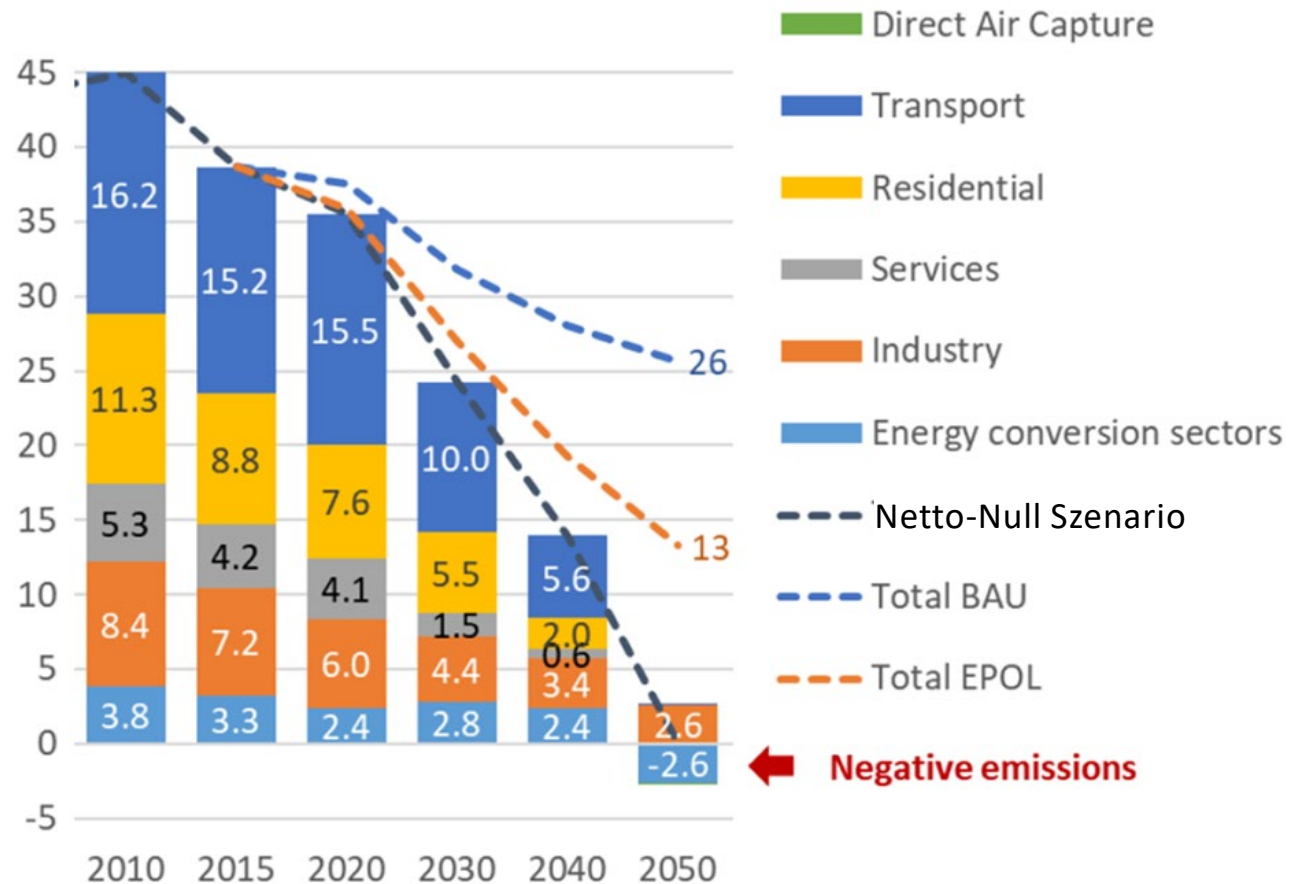
Energieszenarien Schweiz – Netto-Null 2050

Modellbasierte Analyse, mit dem Ziel die Systemkosten insgesamt zu minimieren

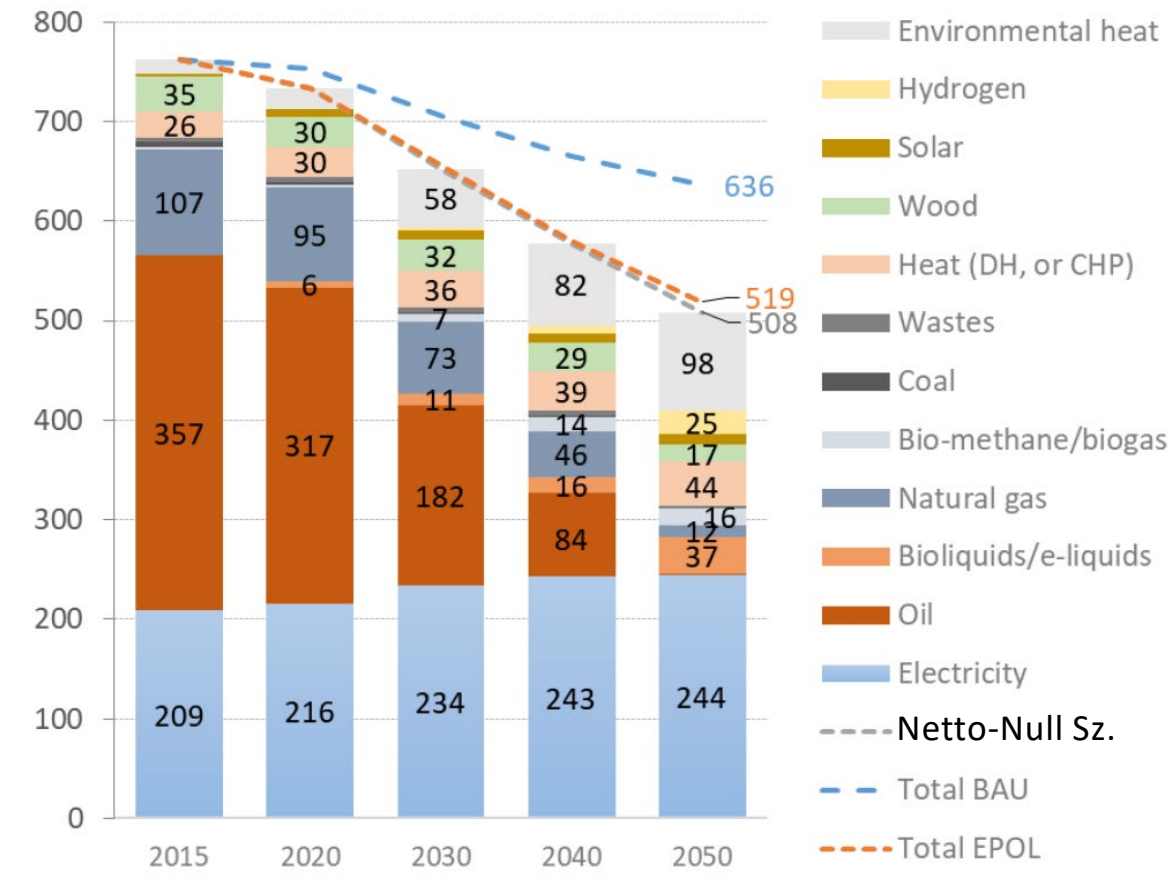


Energieszenarien Schweiz – Netto-Null 2050

CO₂-Emissionen [Mt/a]

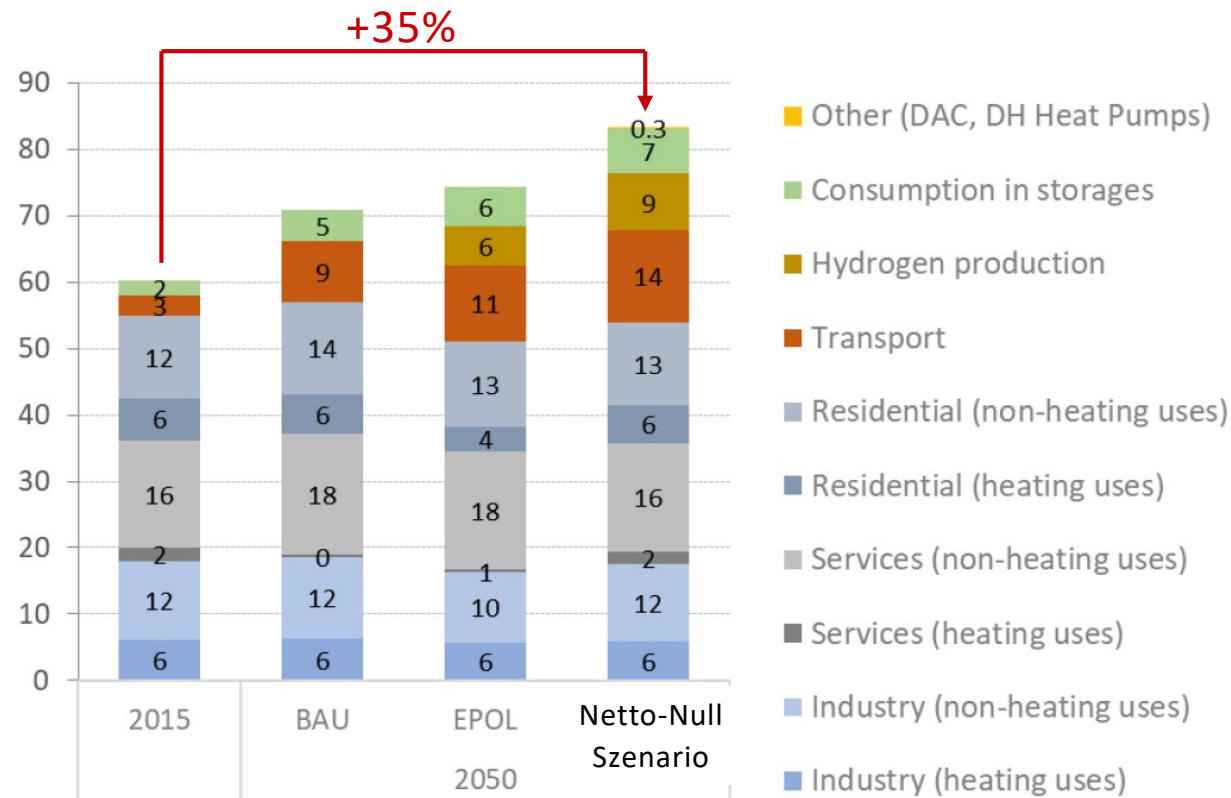


Endenergieverbrauch [PJ/a]

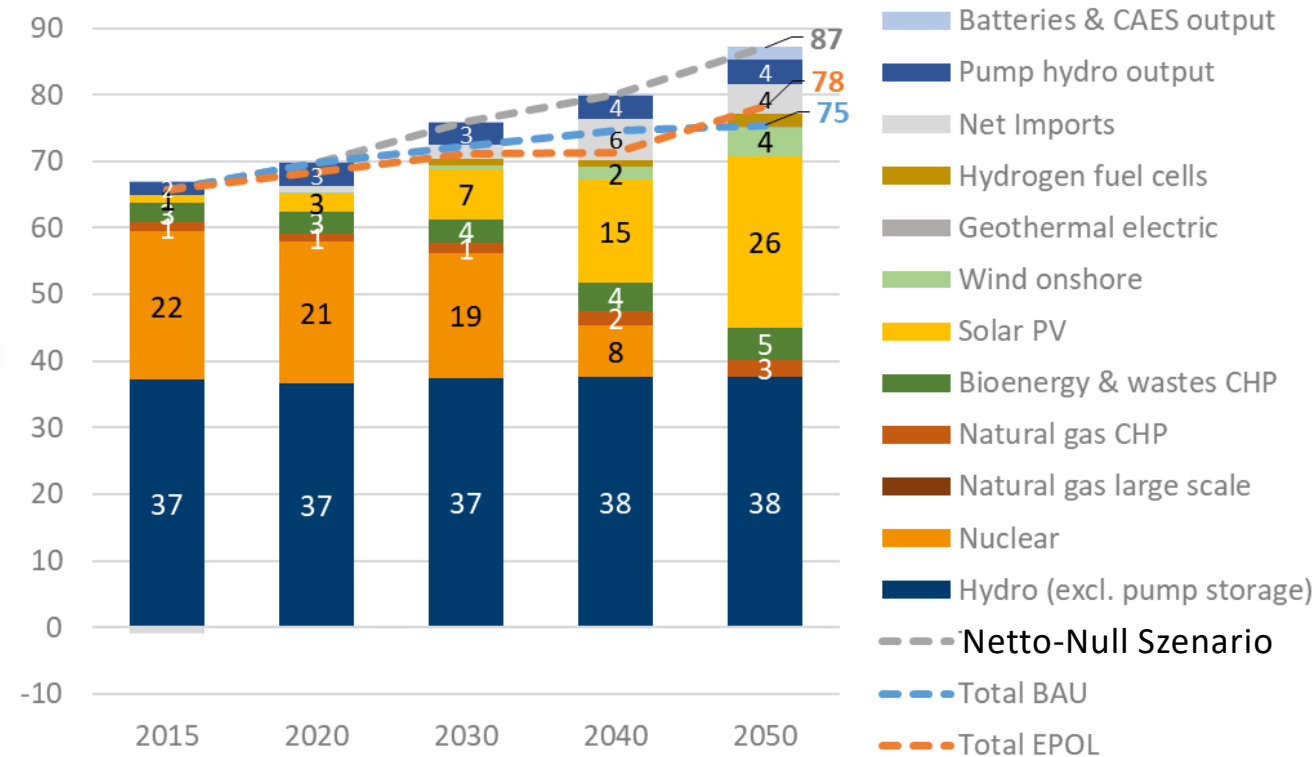


Energieszenarien Schweiz – Netto-Null 2050

Stromverbrauch [TWh/a]



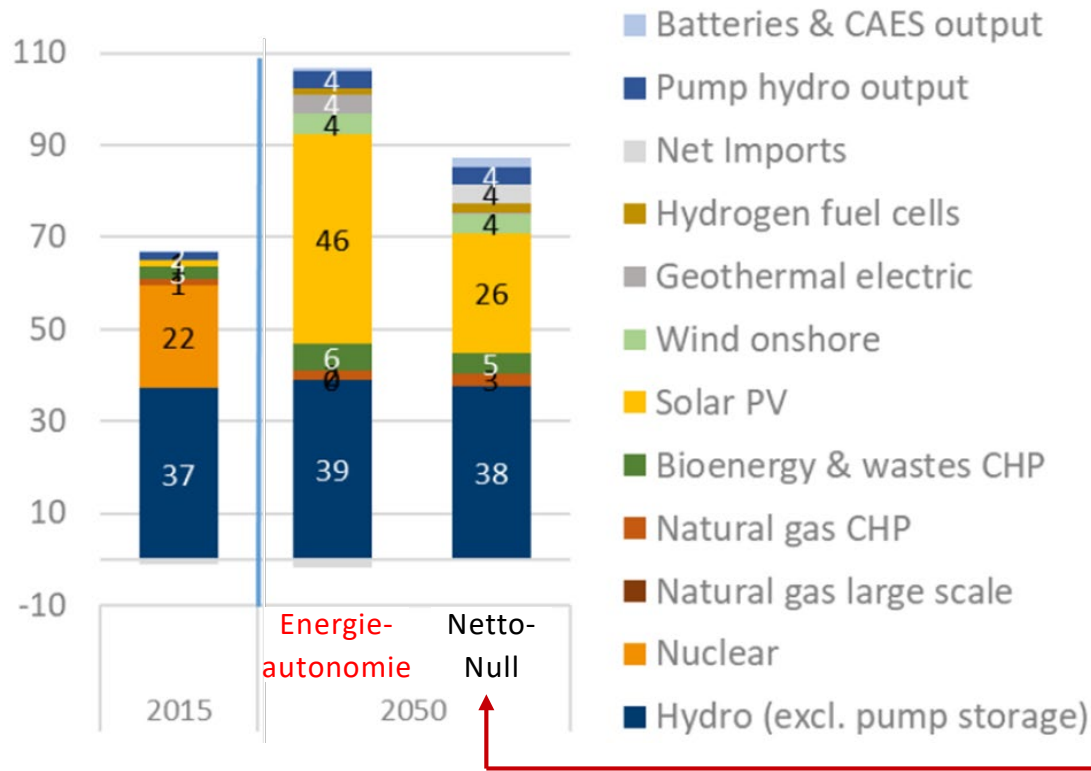
Stromproduktion [TWh/a]



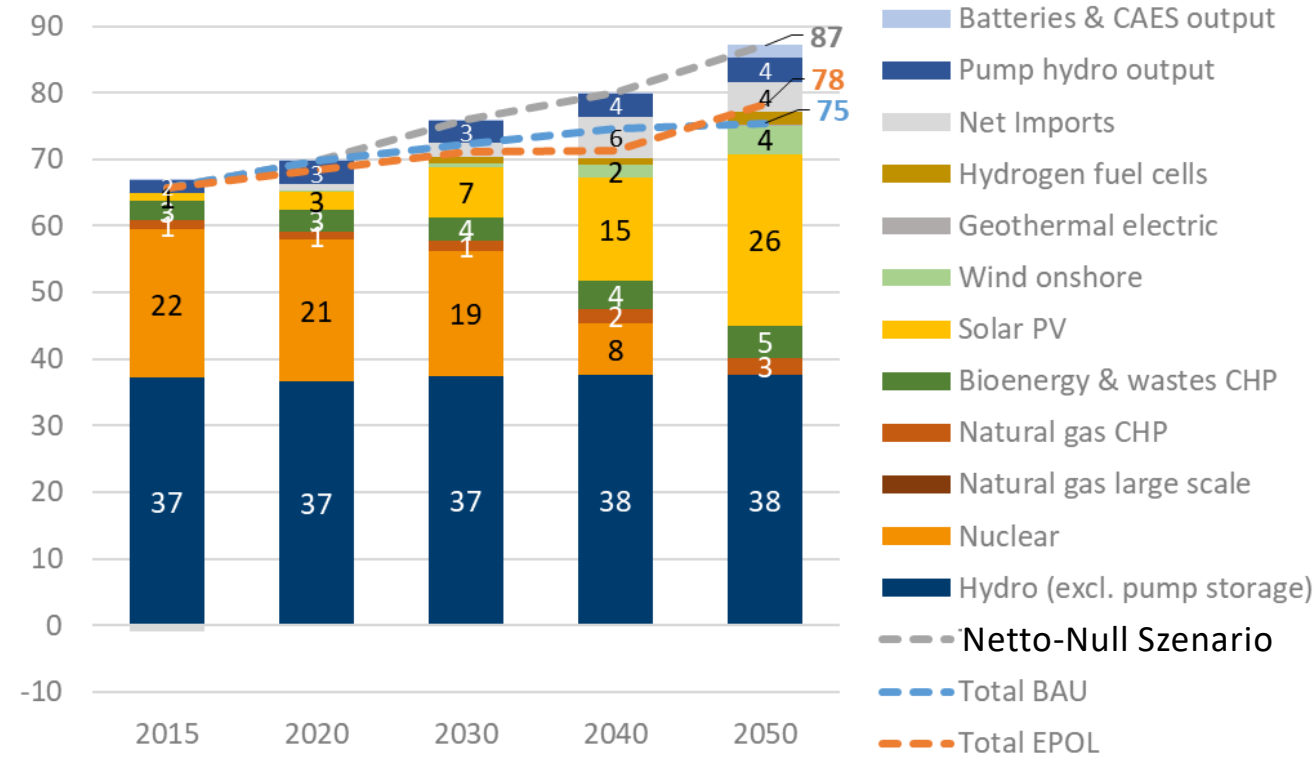
“ungehinderter Stromhandel mit EU”

Energieszenarien Schweiz – Netto-Null 2050

Ungehindertes Handel vs. Energieautonomie



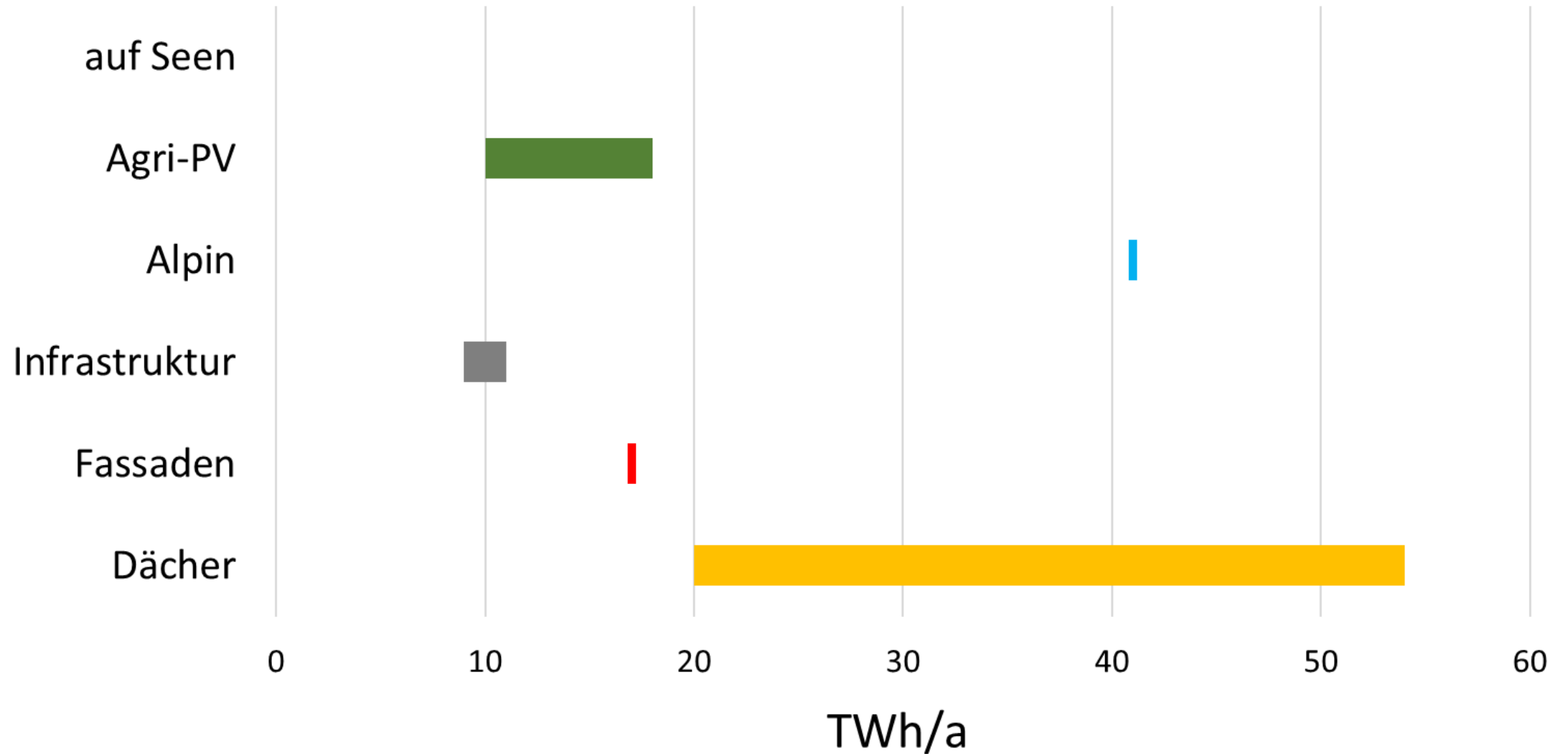
Stromproduktion [TWh/a]



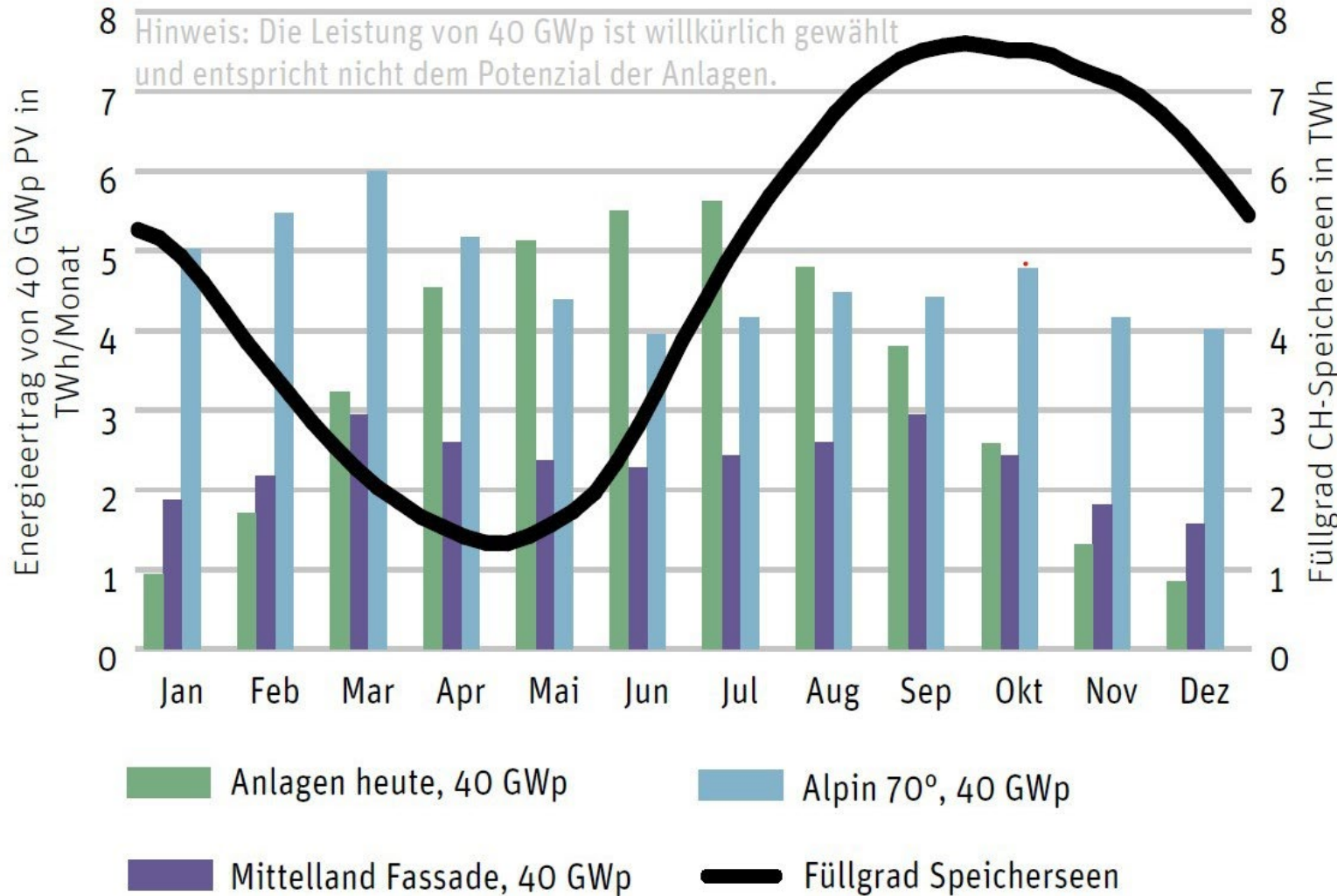
Massiver Ausbau der Photovoltaik in der Schweiz

- Wohin mit all den PV-Anlagen?
Ist das Potenzial vorhanden?
- Ist PV-Strom nicht viel zu teuer?
- Ist das wirklich so klimafreundlich?
- Haben wir in der Nacht und im Winter trotzdem genug Strom?

PV-Potenzial Schweiz



PV-Ertrag je nach Anlagentyp



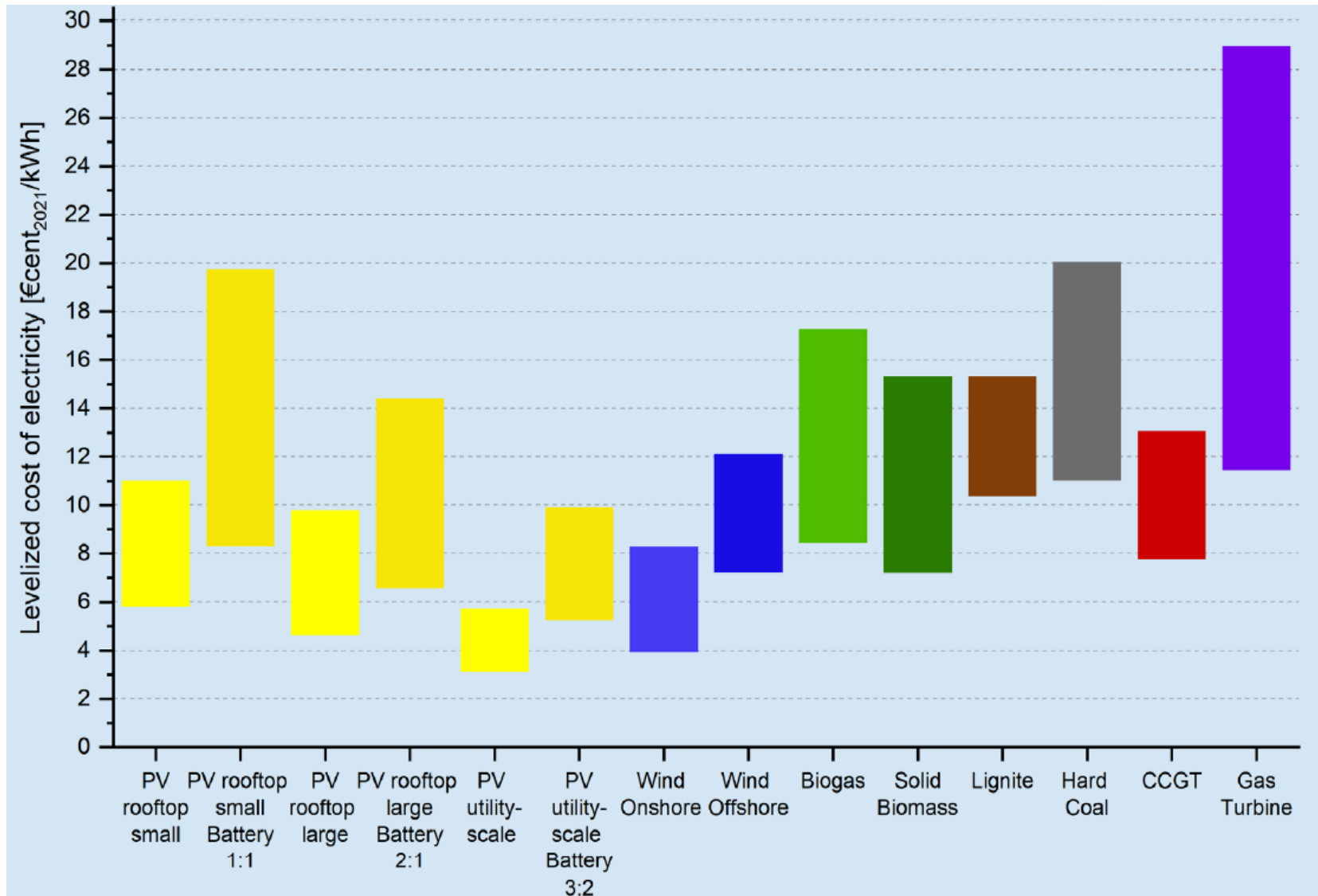
Dachanlagen ("heute")

- + am billigsten
- + brauchen keine neuen Flächen
- + einfache Installation
- geringer Ertrag
- Max. Produktion im Sommer

Alpine Anlagen

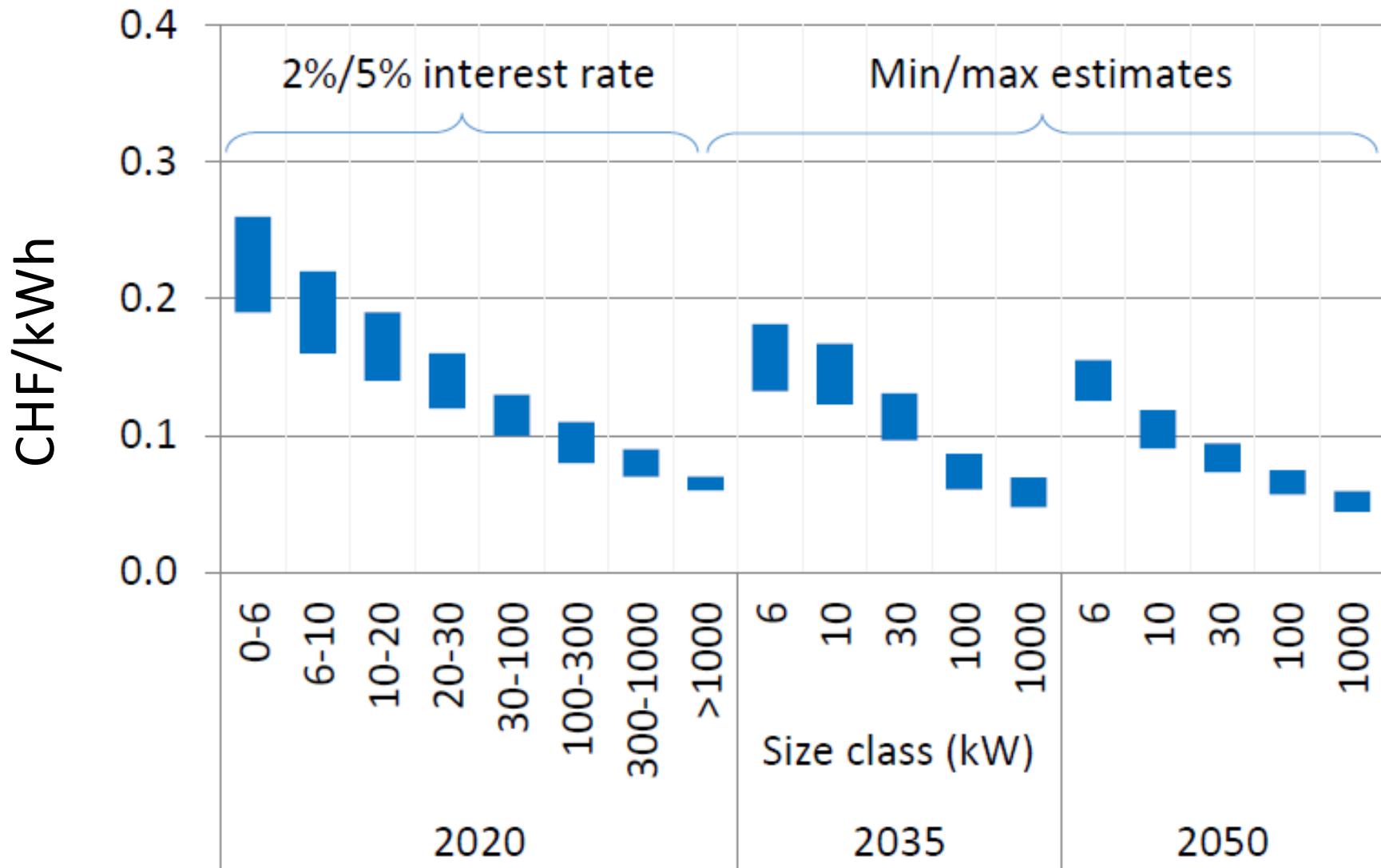
- teurer
- brauchen unbebaute Flächen
- tlws fehlende Akzeptanz
- + höherer Ertrag
- + max. Produktion im Winter

Kosten der Stromproduktion (DE 2021)



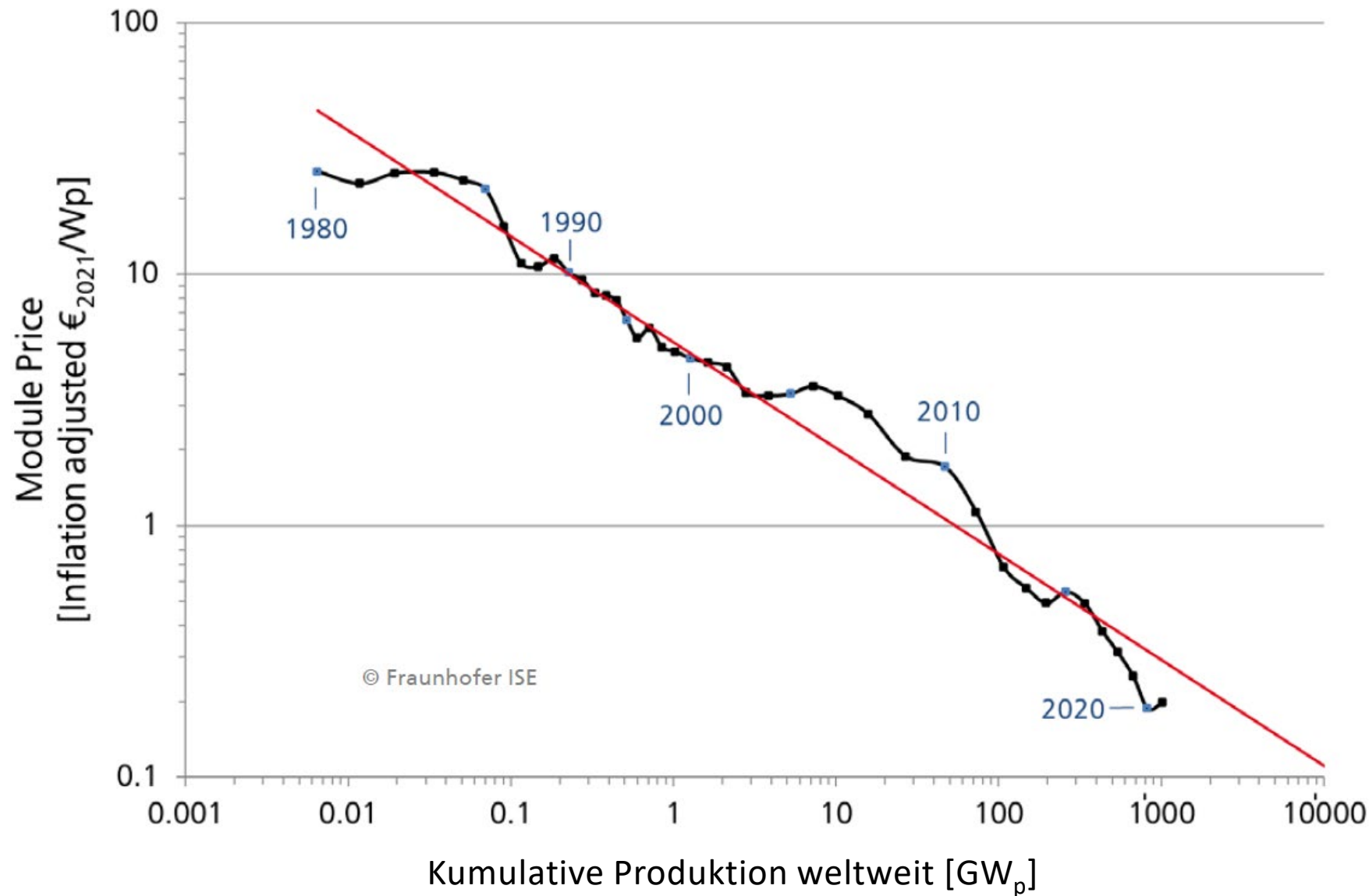
- Stromproduktionskosten Deutschland 2021
- Preisanstiege der letzten Monate nicht berücksichtigt
- In der Schweiz sind Kosten generell höher

Kosten der PV-Stromproduktion, Dachanlagen Schweiz



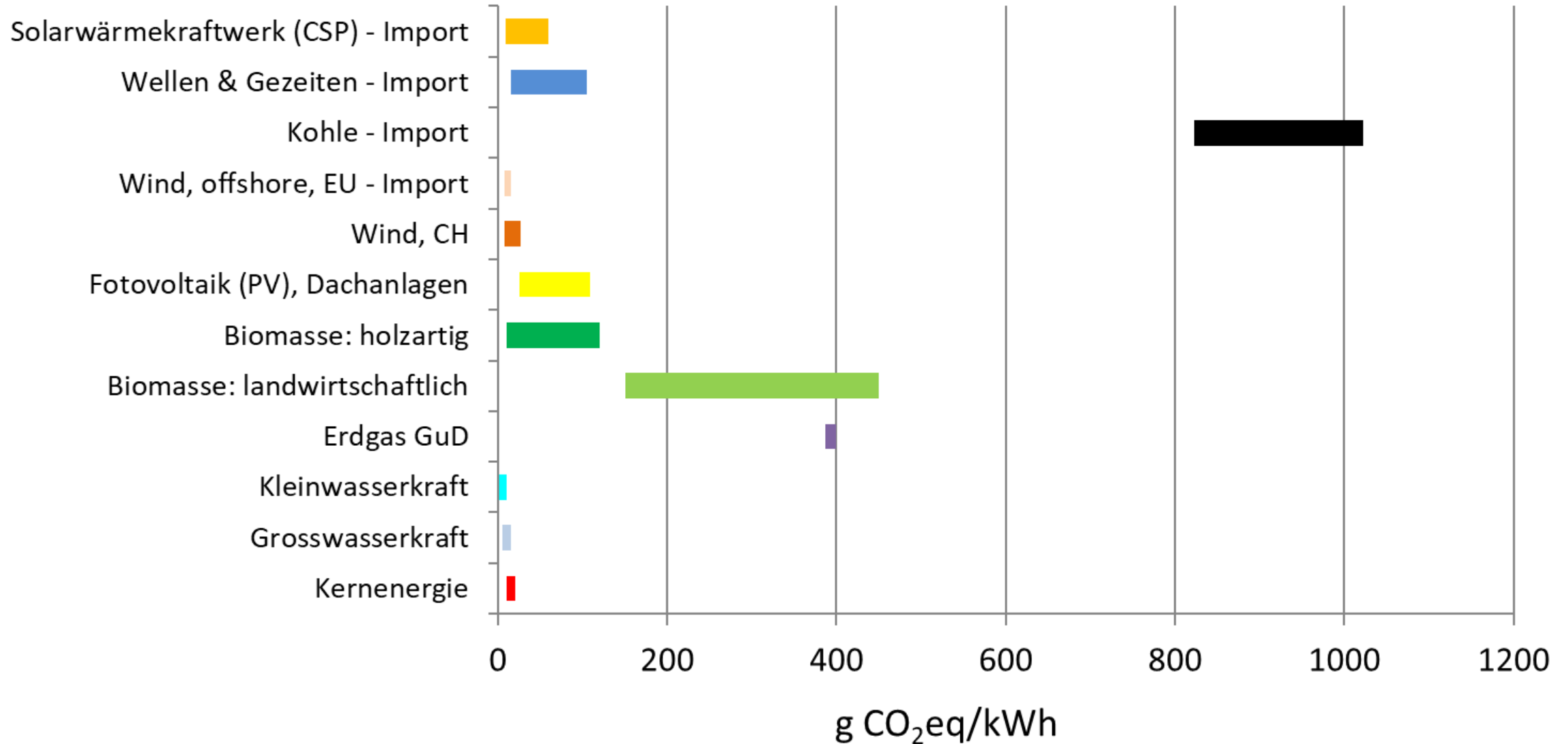
- PV-Kosten sind sehr stark abhängig von der Anlagen-grösse
- Zinssatz beeinflusst Kosten stark
- Abnahme der Kosten in Zukunft vor allem für Kleinanlagen zu erwarten

Preisentwicklung PV weltweit



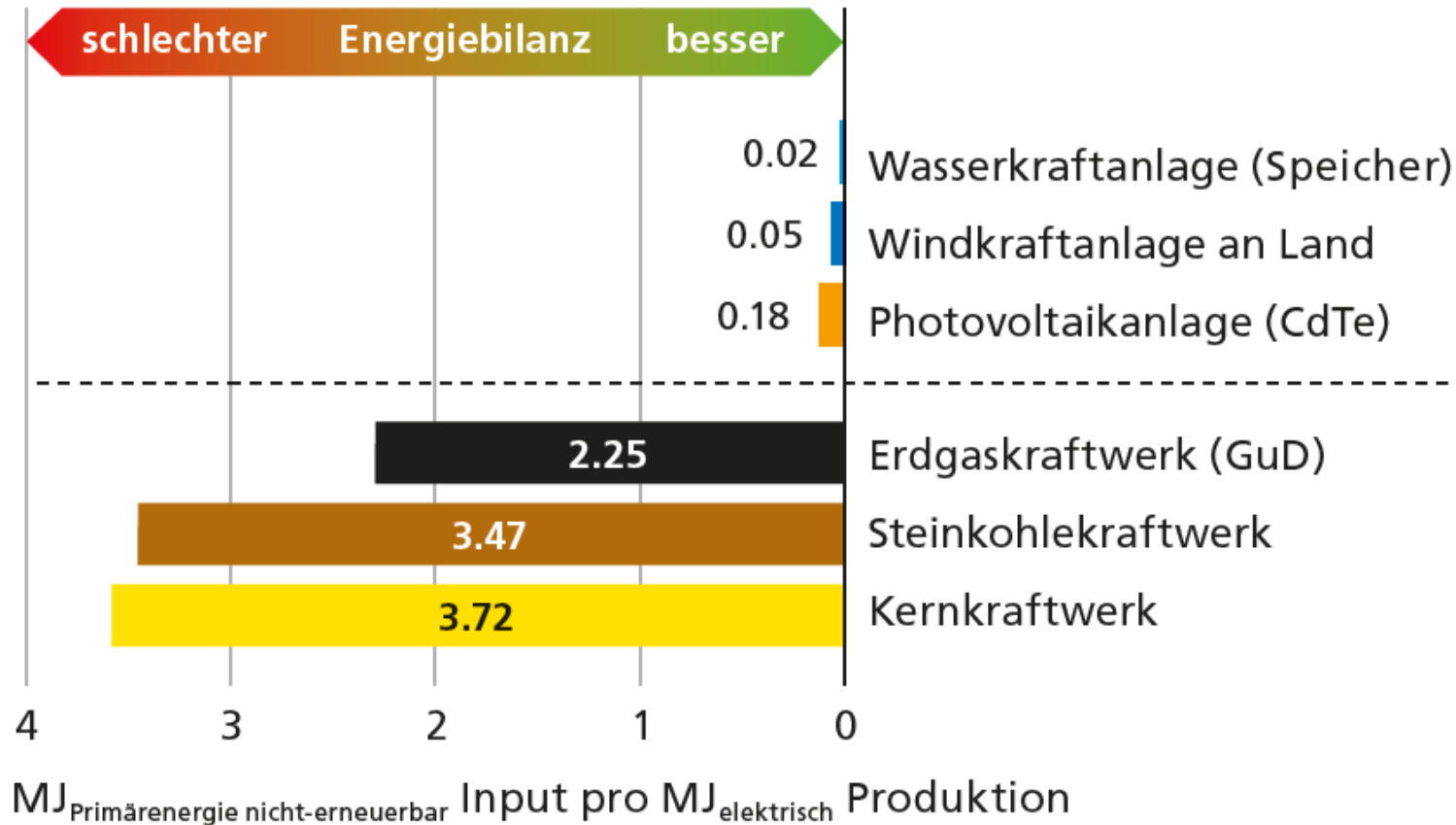
- Preisreduktion von 25% bei Verdopplung der Produktion im Schnitt der letzten 40 Jahre
- Geringer Preisanstieg 2021 durch Störung der Produktions- und Lieferketten

Treibhausgasemissionen der Stromproduktion

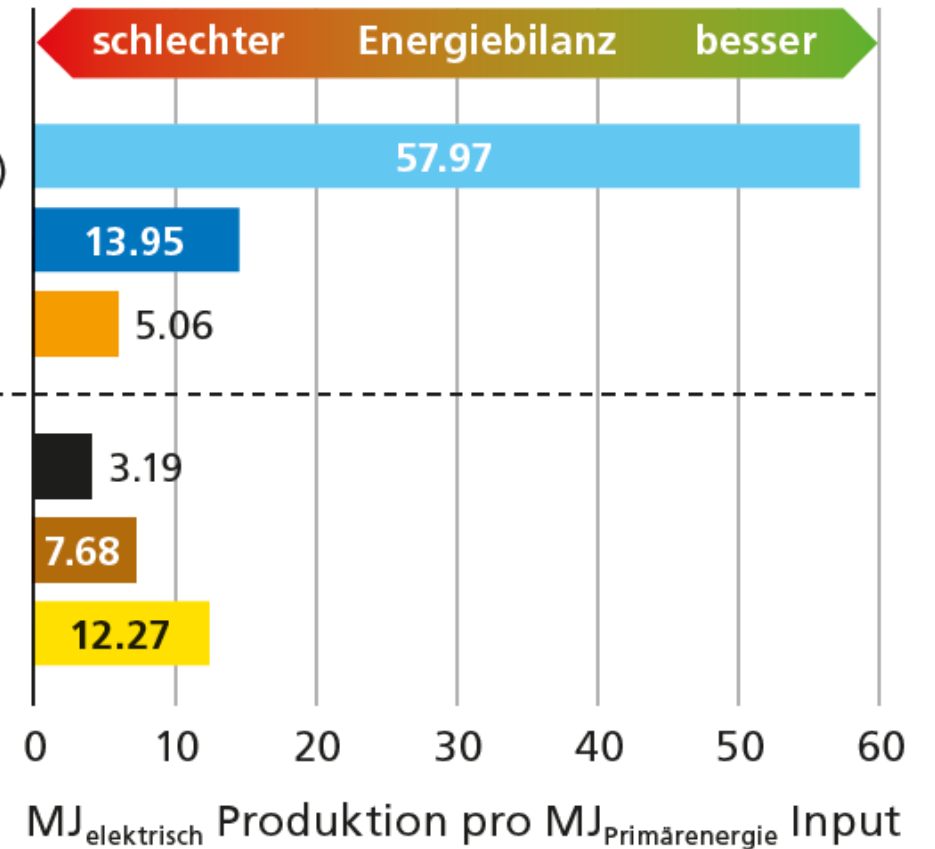


Energiebilanz der Stromproduktion

Gesamtenergiebedarf (nicht-erneuerbar)



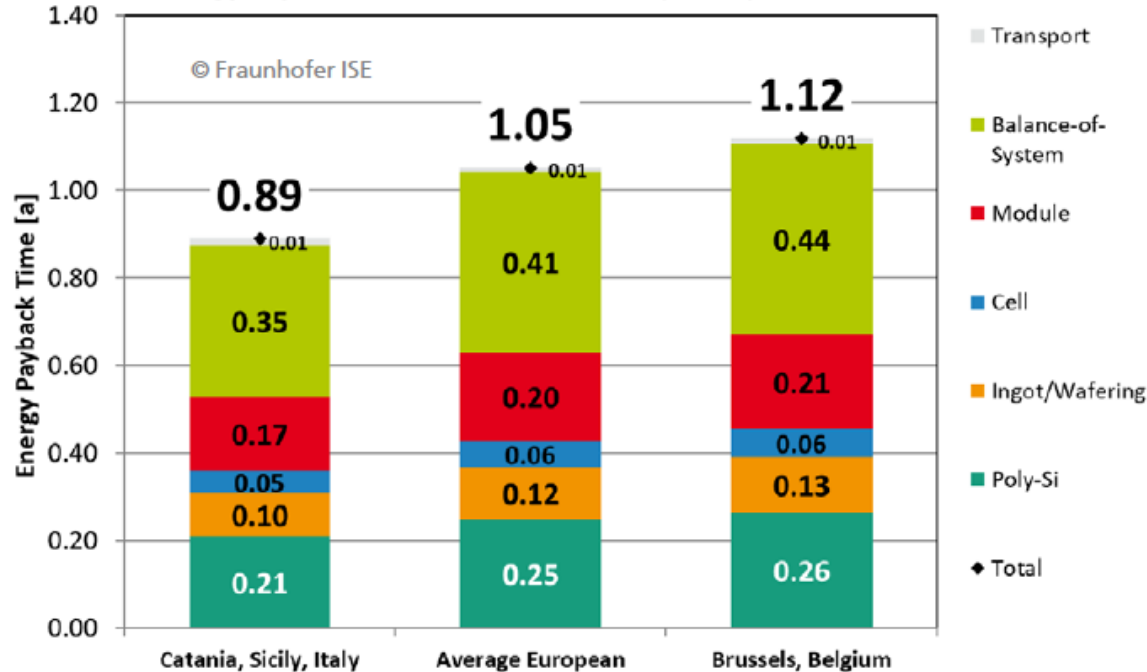
Erntefaktor (EROI)



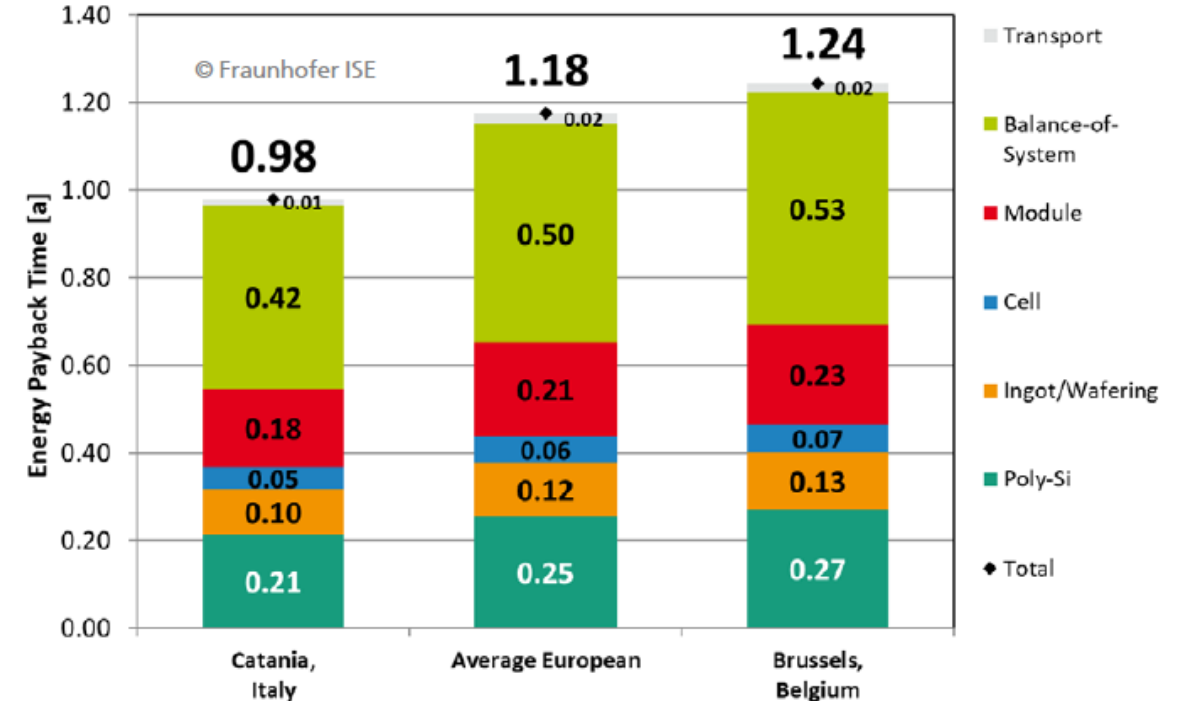
$$EROI_{\text{electric}} = \frac{E_{\text{electric, delivered at power plant}}}{E_{\text{primary, invested for feedstock}} + E_{\text{primary, invested for power plant}}} \left[\frac{\text{MJ}_{\text{electric}}}{\text{MJ}_{\text{primary energy}}} \right]$$

Energie-Rückzahldauer von PV-Dachanlagen

Hergestellt in der EU

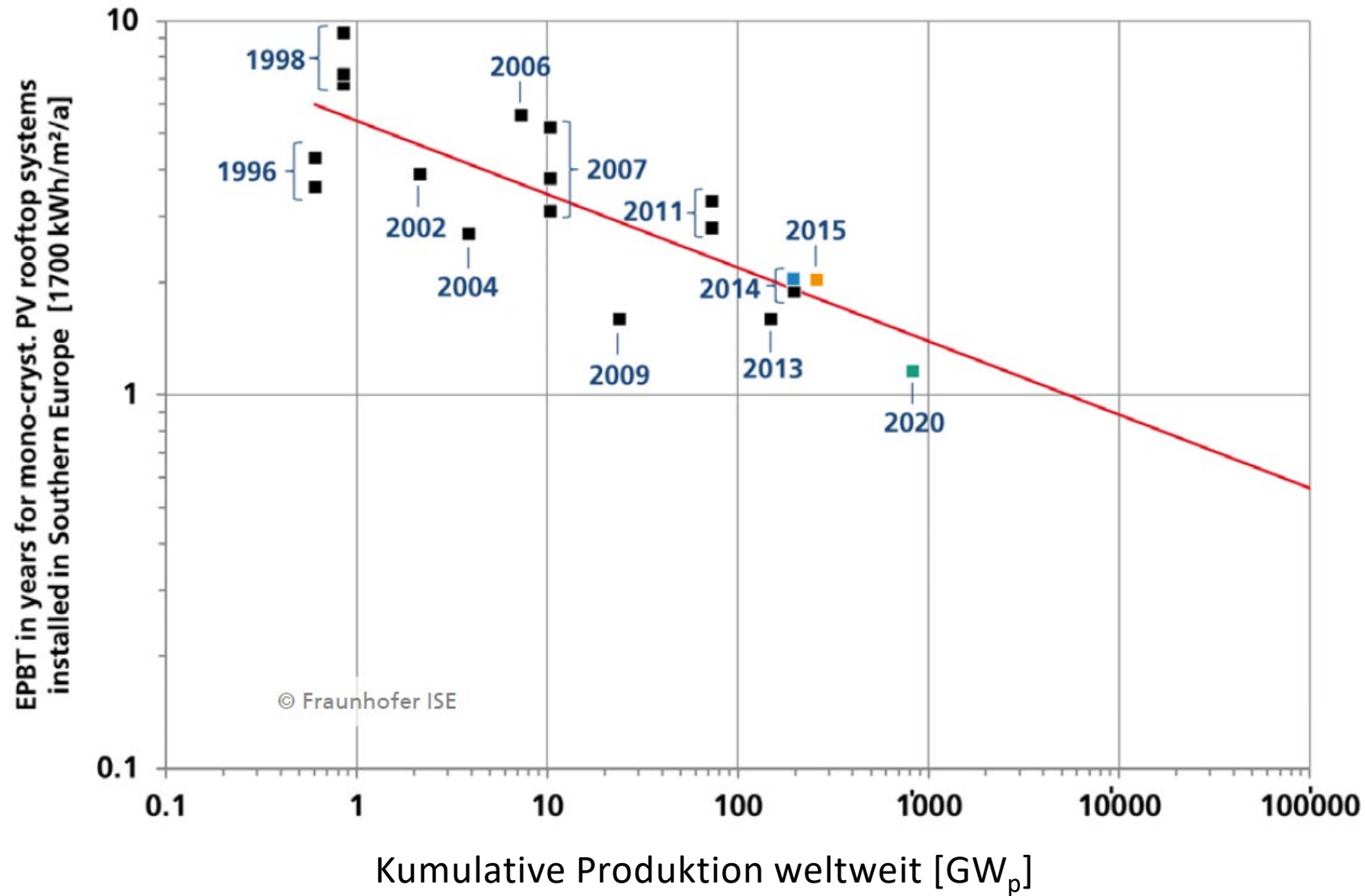


Hergestellt in China



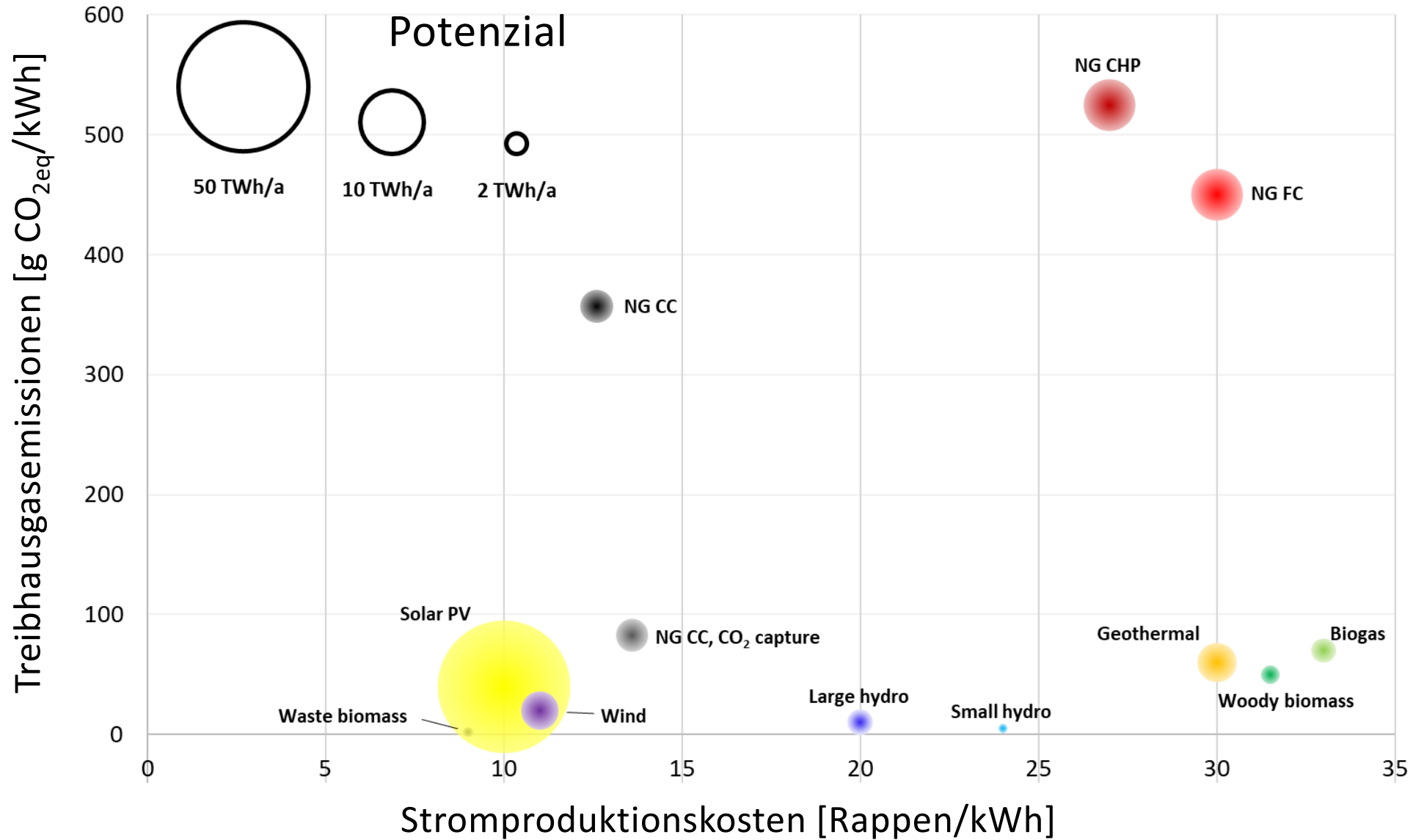
- Produktion in der EU ist energieeffizienter (und verursacht auch geringere CO₂-Emissionen)
- “Peripherie” der PV-Anlagen ist mittlerweile für einen grossen Anteil des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen verantwortlich

Energie-Rückzahldauer, PV-Dachanlagen – historische Entwicklung

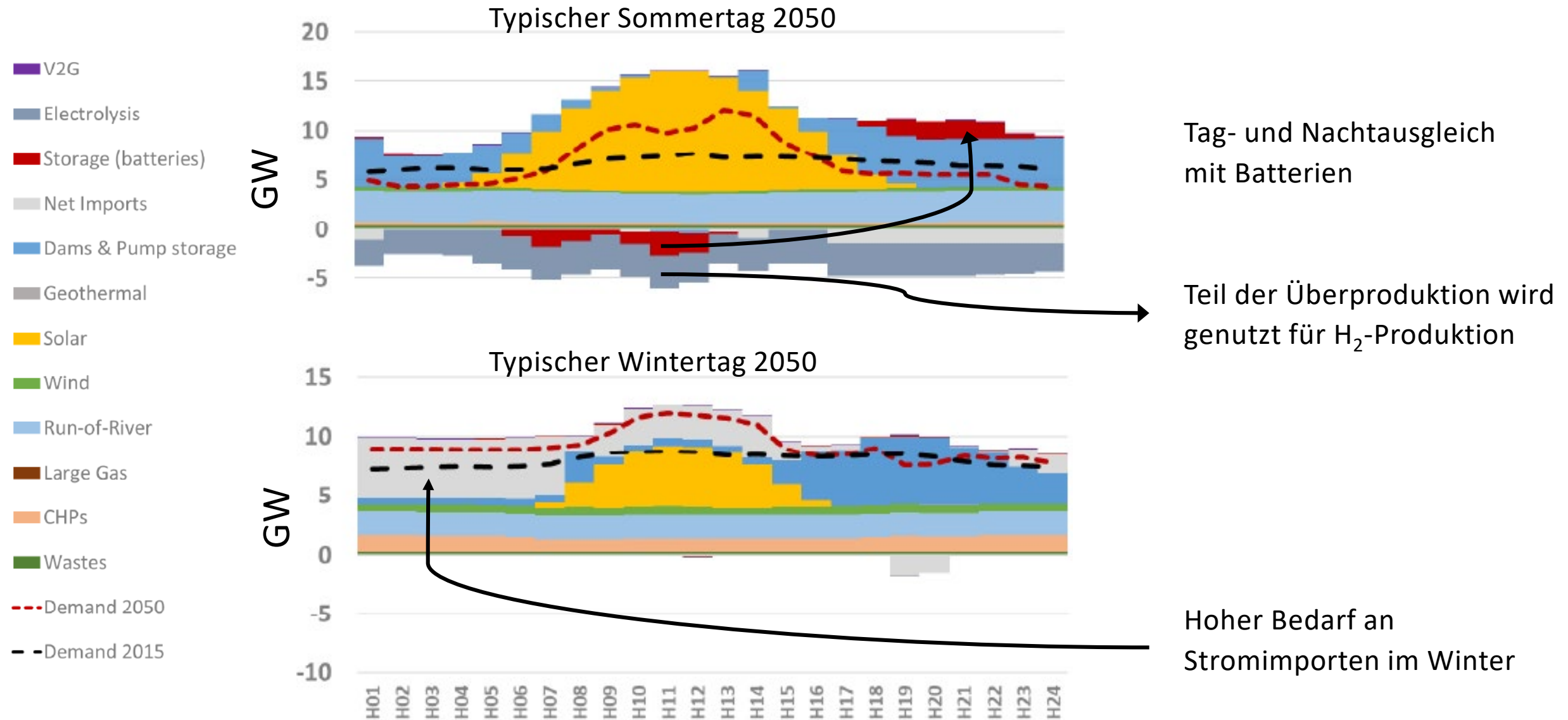


- Material- und Energieeffizienz der Herstellung steigen parallel zur Reduktion der Kosten
- Ähnliches Bild für die herstellungsbedingten CO₂-Emissionen

Warum Photovoltaik?



Tages- und Saisonausgleich der PV-Produktion



Akzeptanz



Akzeptanz

«Geplanter Solarpark im Oberwallis: Widerstand wächst»



Das Wichtigste in Kürze

- Es braucht einen **massiven Ausbau der Solarenergie** – weltweit und in der Schweiz – um CO₂-armen Strom bereitzustellen und das 1.5-2°C Klimaziel zu erreichen
 - Als Ersatz von Kohle-, Gas- und Kernkraftwerken
 - Zur Deckung des steigenden Stromverbrauchs
- **Ausbaupotenziale** sind **vorhanden**, es müssen aber Wege gefunden werden, sie rascher zu nutzen
- Ausbau der **Fotovoltaik in den Alpen** wäre hilfreich, den **Strombedarf im Winter** zu decken
- **Kosten und CO₂-Emissionen** von PV-Anlagen sind bereits **(relativ) gering** und werden weiter sinken
- **Herausforderungen** bei massivem PV-Ausbau:
 - Speicherung des PV-Stroms
 - Akzeptanz
 - Nötiges Tempo beim Ausbau

Literatur

- Panos, E., et al. (2021) Long-term energy transformation pathways. Integrated Scenario Analysis with the Swiss TIMES energy system model. Joint activity Scenarios and Modeling. PSI, Energy Economics group.
- Fraunhofer-ISE (2021) LEVELIZED COST OF ELECTRICITY – RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES.
- Fraunhofer-ISE (2022) PHOTOVOLTAICS REPORT.
- Bucher, C. (2022) Photovoltaik-Potenziale der Schweiz. Berner Fachhochschule, Labor für Photovoltaiksysteme.
- Burgherr, P., Bauer, C., Guidati, G., Giardini, D. (eds.), Biollaz, S., Densing, M., Kahl, A., Kim, A., Lehning, M., Schenler, W., Treyer, K., Zhang, X. (2021) Sources of Primary Electricity Supply, Synthesis Report, ETH Zurich, Switzerland.
- Bauer, C. (ed.), Cox, B., Heck, T., Zhang, X. (2019) Potentials, costs and environmental assessment of electricity generation technologies – An update of electricity generation costs and potentials. Paul Scherrer Institute (PSI) and Swiss Competence Center for Energy Research (SCCER) – Supply of Electricity.
- Anderegg, D., Strebel, S., Rohrer, J. (2022) Photovoltaik Potenzial auf Dachflächen in der Schweiz – Synthese aus Sonnendach.ch und einer repräsentativen Stichprobe an Dachbelegungen. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen.
- Steffen, B., et al. (2018) Current and future energy performance of power generation technologies in Switzerland. Study commissioned by the Swiss Academy of Engineering Sciences (SATW).

Wir schaffen Wissen – heute für morgen

Kontakt:

christian.bauer@psi.ch

<https://www.psi.ch/de/lea>

