

# **Energie für die Schweiz**

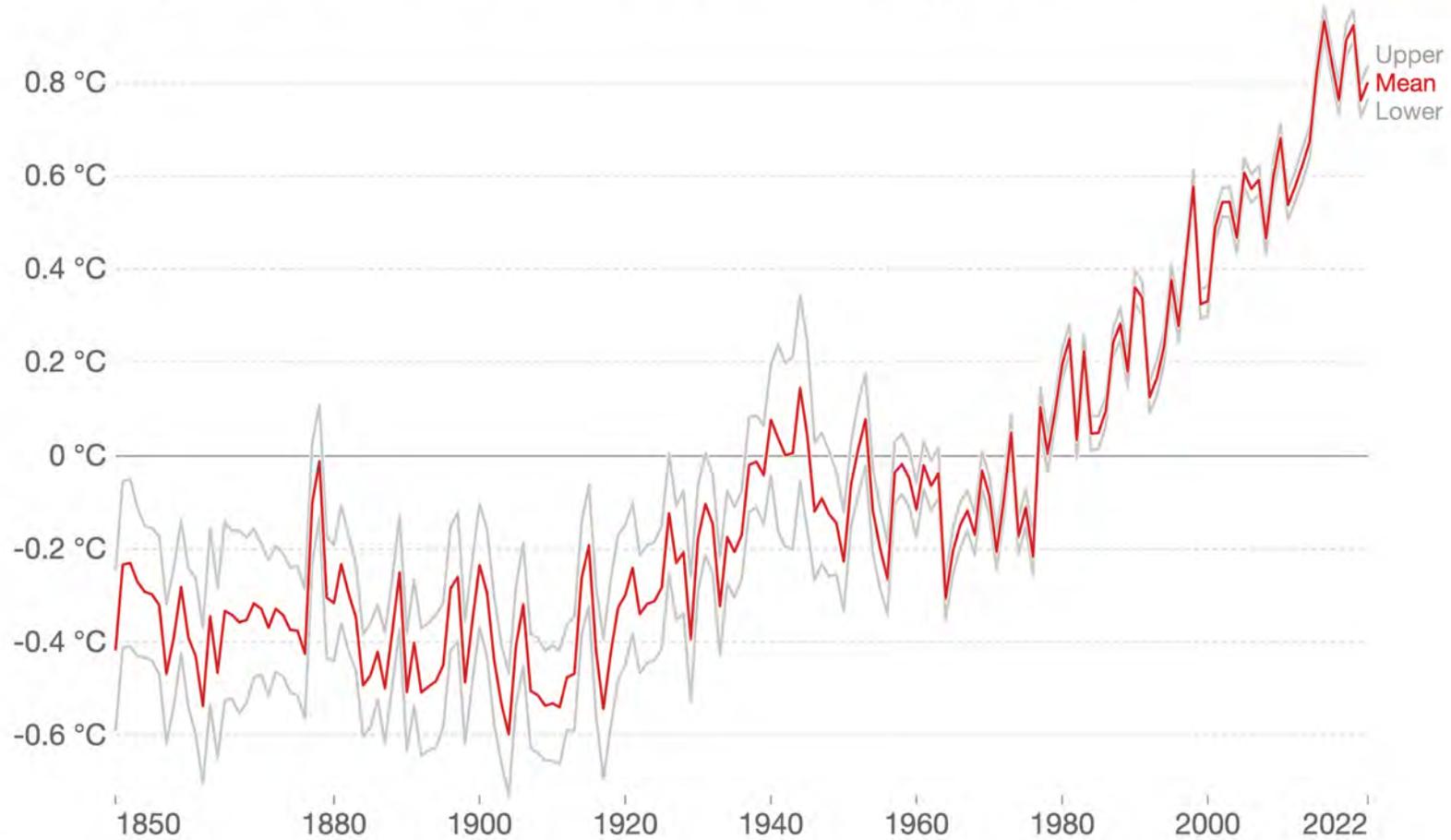
Eine Auslegeordnung

13. März 2024, Langenthal

Lino Guzzella

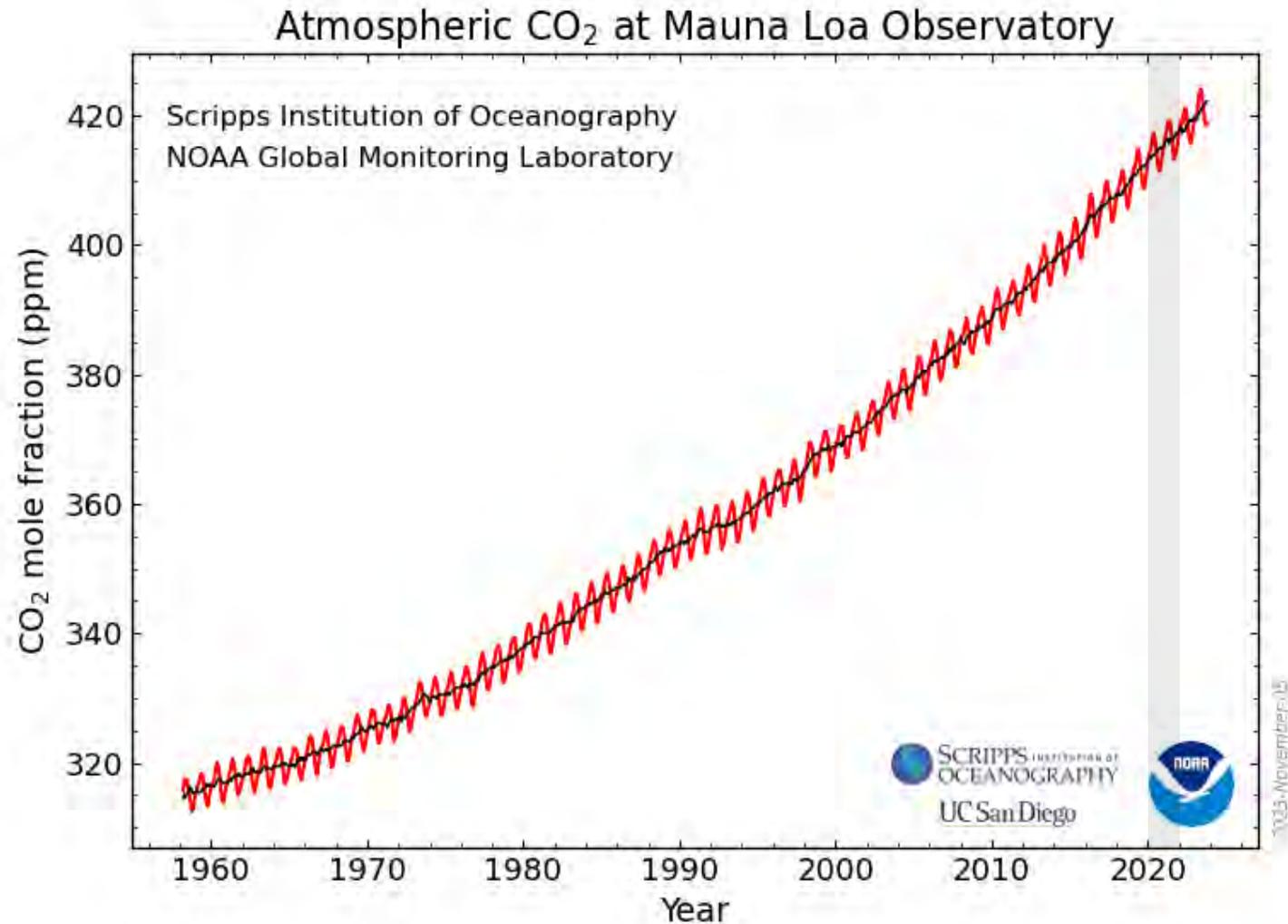
# Motivation

# Globale mittlere Temperatur

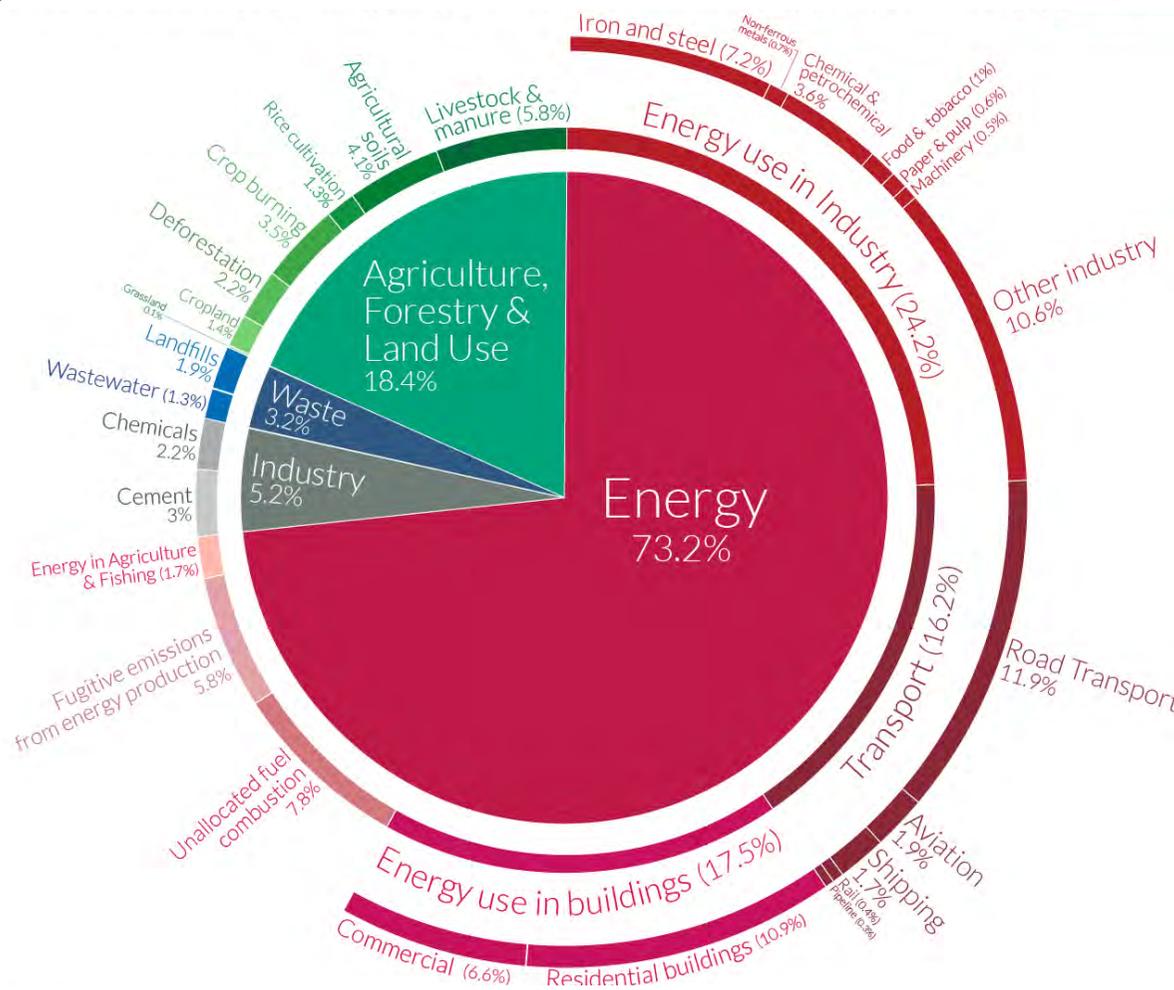


<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

# CO<sub>2</sub> Konzentration in der Atmosphäre

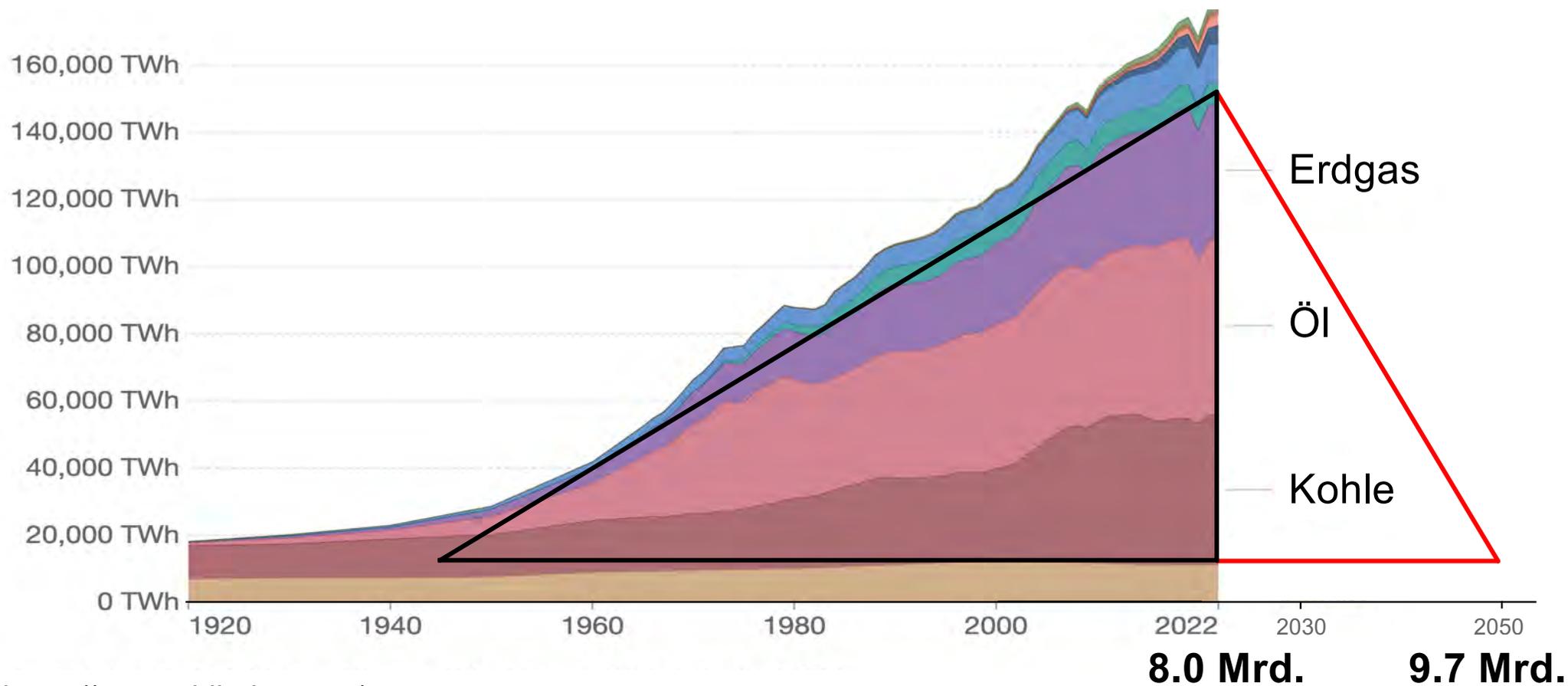


# Welt – CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren (2020)



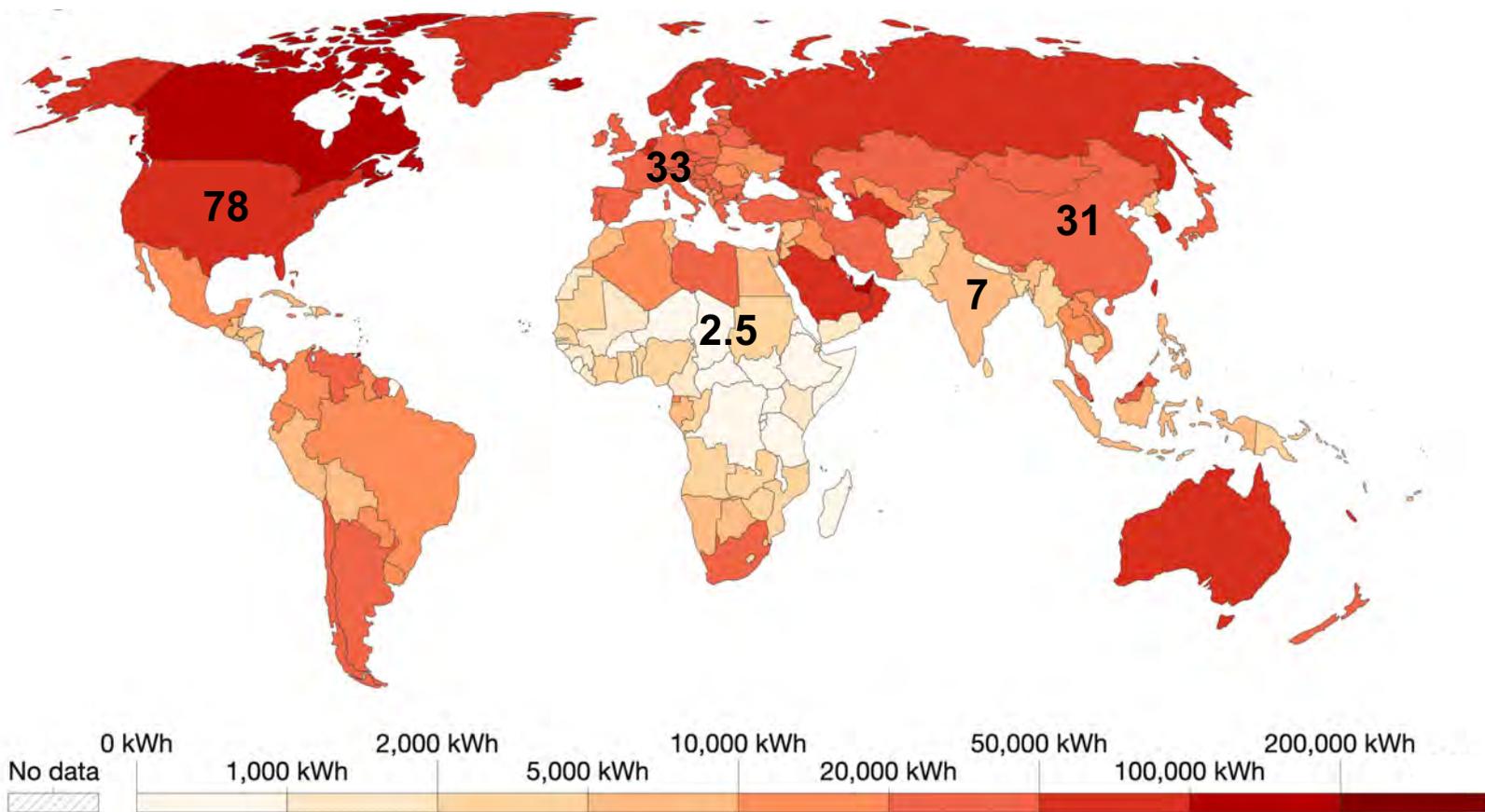
<https://ourworldindata.org/>

# Globaler Einsatz von Primärenergie



<https://ourworldindata.org/>

# Welt – Primärenergie pro Kopf und Jahr



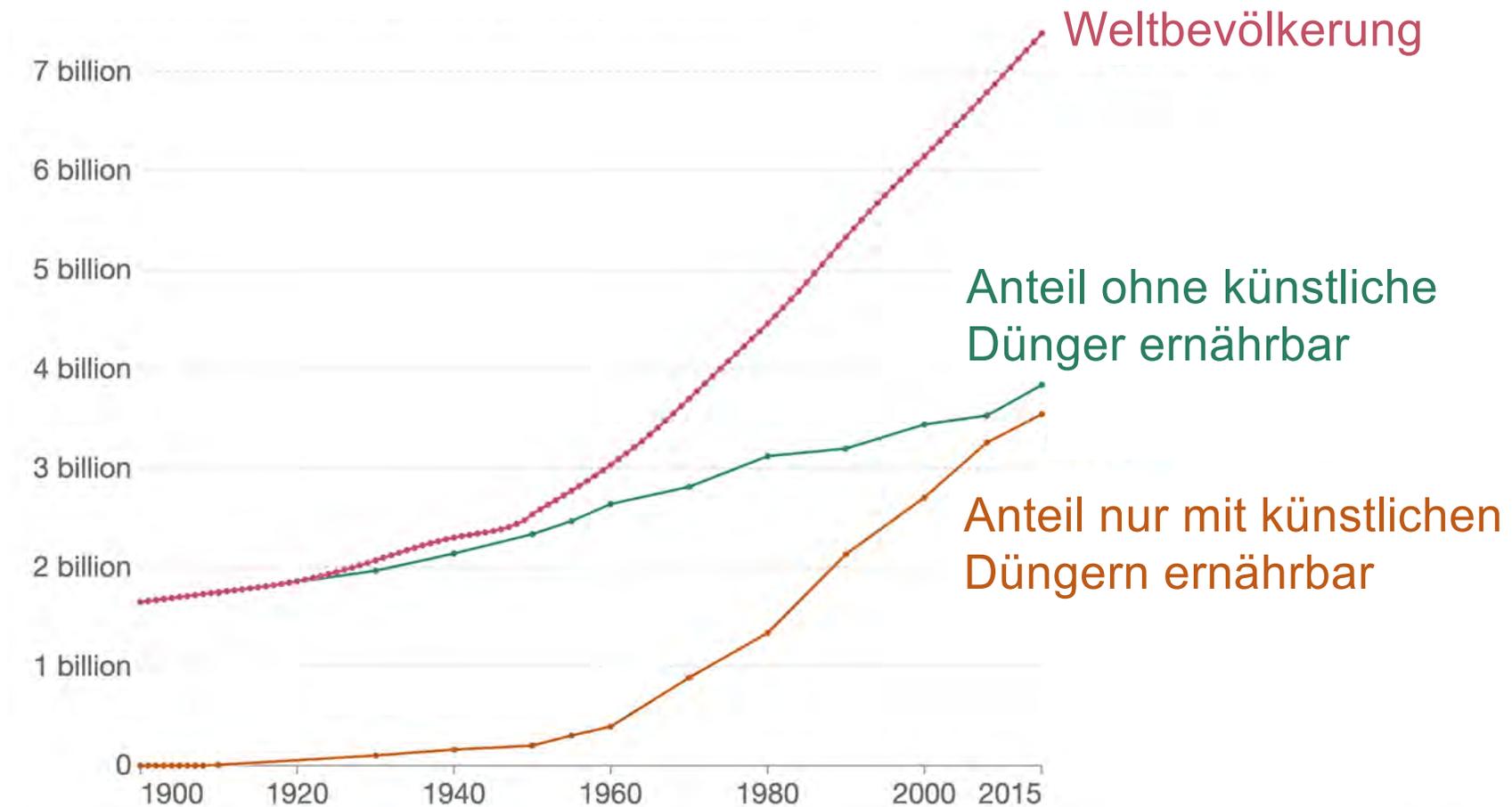
[xx]=MWh/(year capita)

Source: U.S. Energy Information Administration (EIA); Energy Institute Statistical Review of World Energy (2023)

Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

OurWorldInData.org/energy • CC BY

# Was ernährt die Welt?



# Wie macht man künstlichen Dünger?

Stickstoff  
(78% der Umgebungsluft)



Erdgas



The Nutrien Redwater Fertilizer plant near Fort Saskatchewan, Alberta, Canada, October 7, 2021.

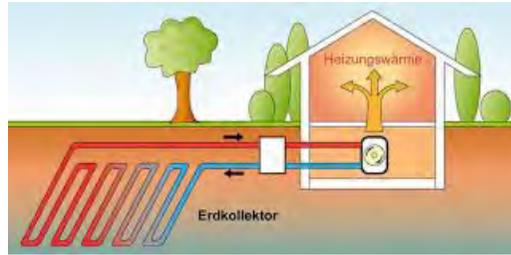


Ammoniumnitrat  
Harnstoff

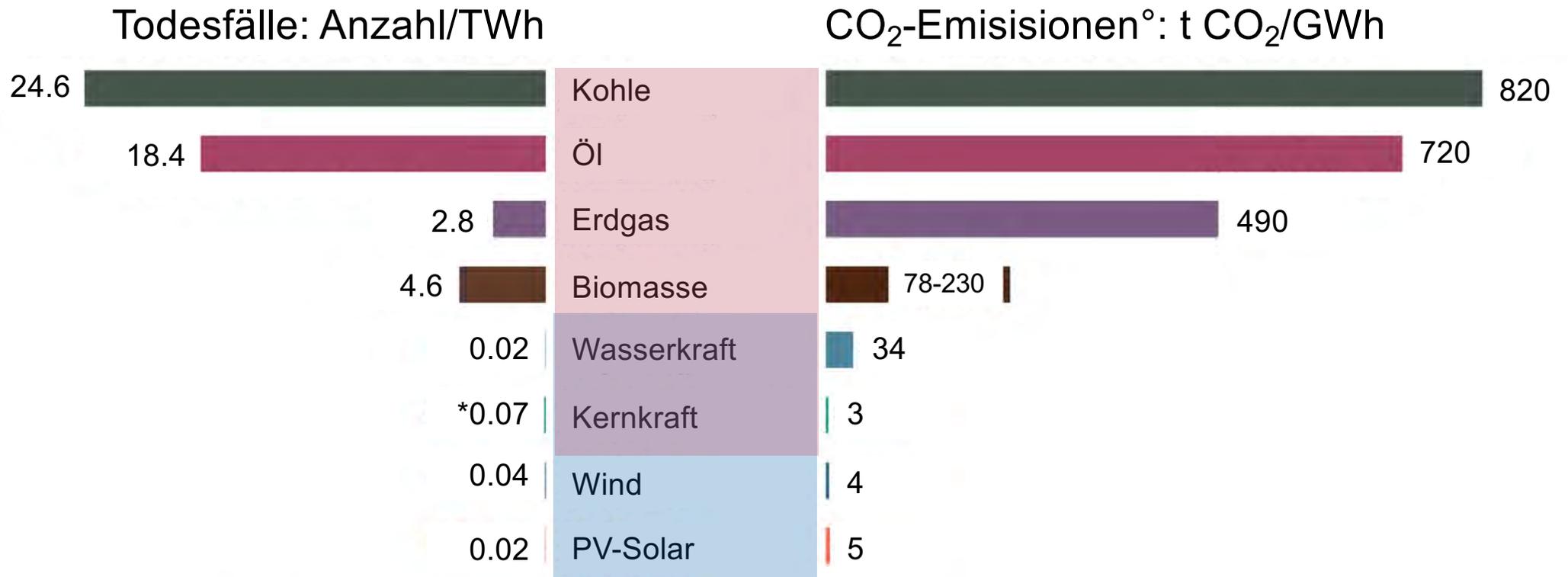
.....

Total ca. 230 Mio. t pro Jahr, ca. 30 % China, ca. 10% Russland, ...

# **Defossilisierung durch Elektrifizierung**



# Vergleich diverser Stromerzeugungsarten



<https://ourworldindata.org/>,

\* Einschliesslich aller Unfälle (Tschernobyl, Fukushima, ...)

° Einschliesslich aller Emissionen beim Bau, Betrieb, ... («graues» CO<sub>2</sub>)

# Leistung, Energie und Lastfaktoren

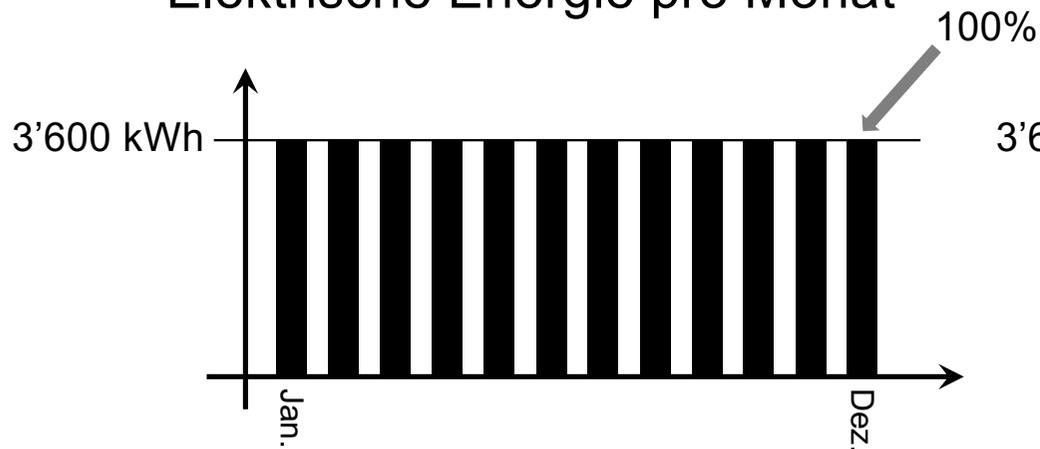
Maximale Leistung 5 kW



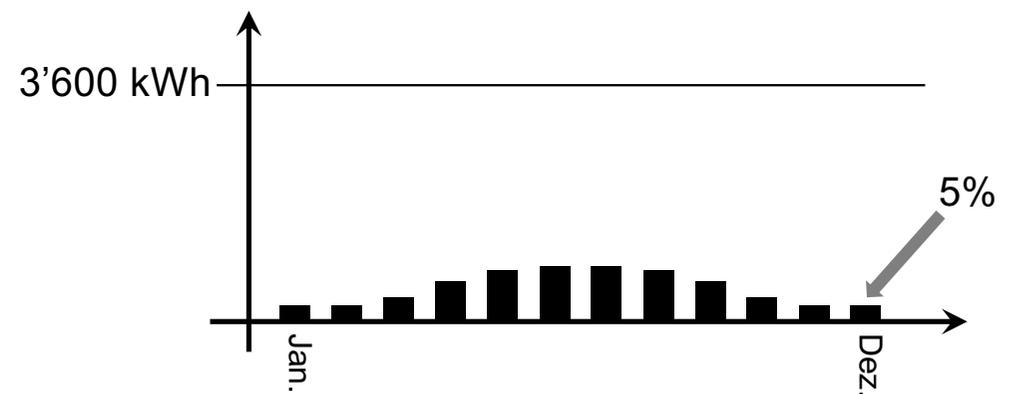
Maximale Leistung 5 kW



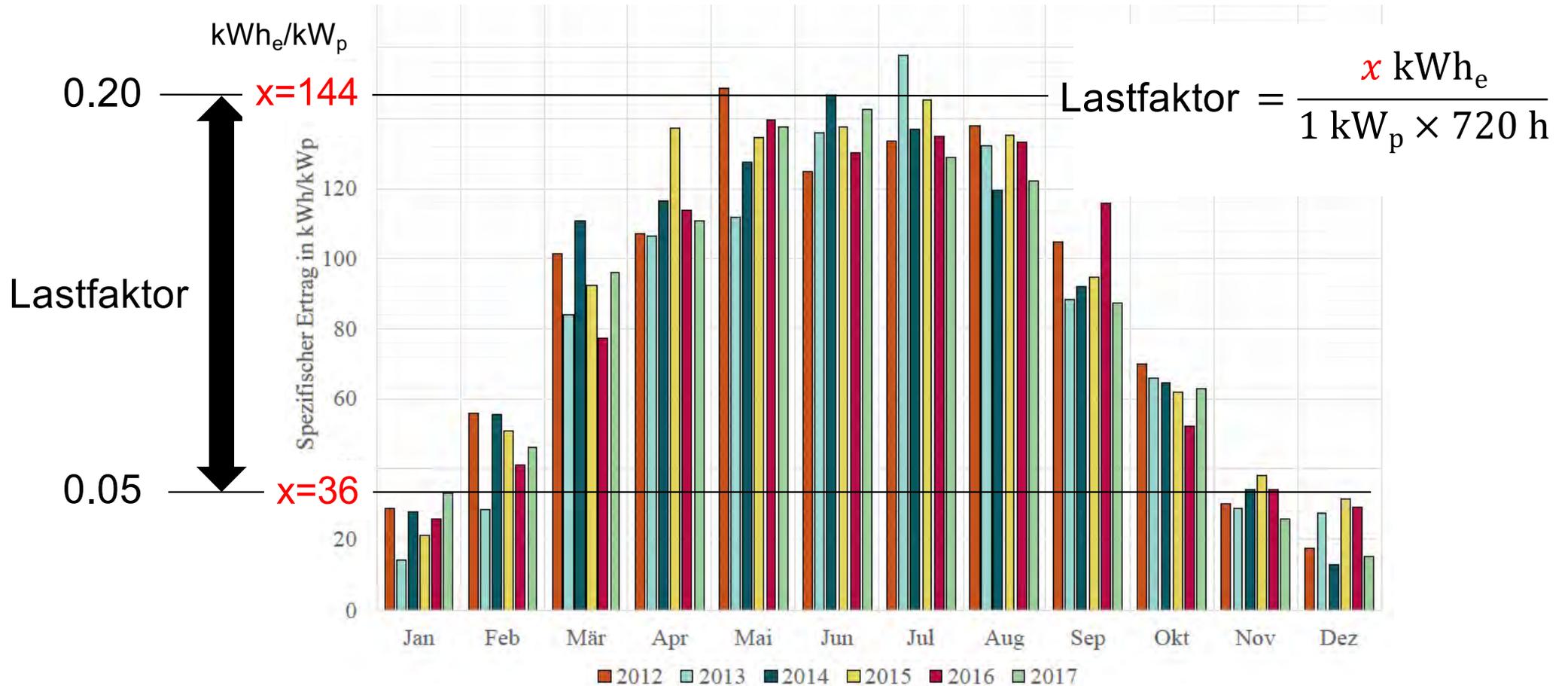
Elektrische Energie pro Monat



Elektrische Energie pro Monat



# Lastfaktoren PV – Monatsdurchschnitt (Mittelland)



# **Ausblick 2024**

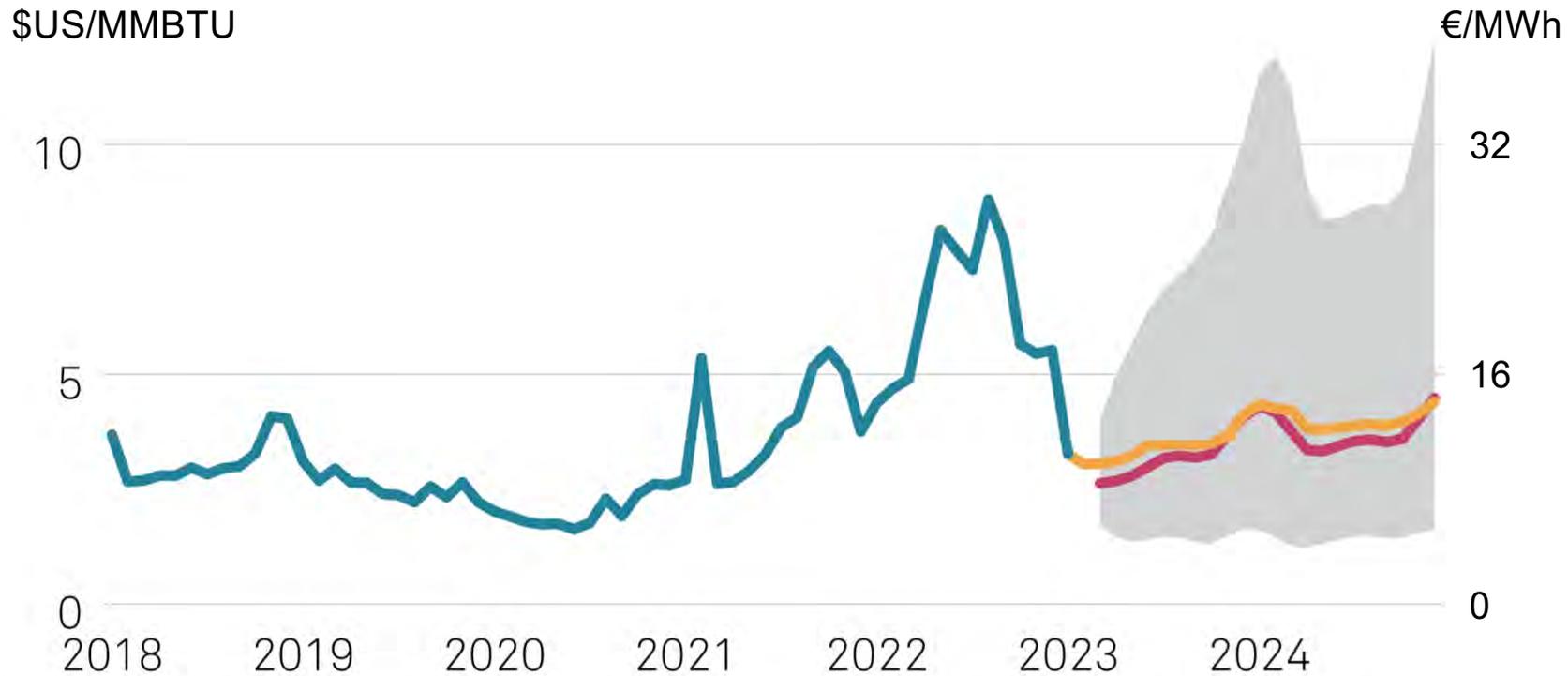
# TTF Gaspreise EU Futures Q1-2024

€/MWh



Quelle: <https://www.ice.com/products/27996665/Dutch-TTF-Gas-Futures/>

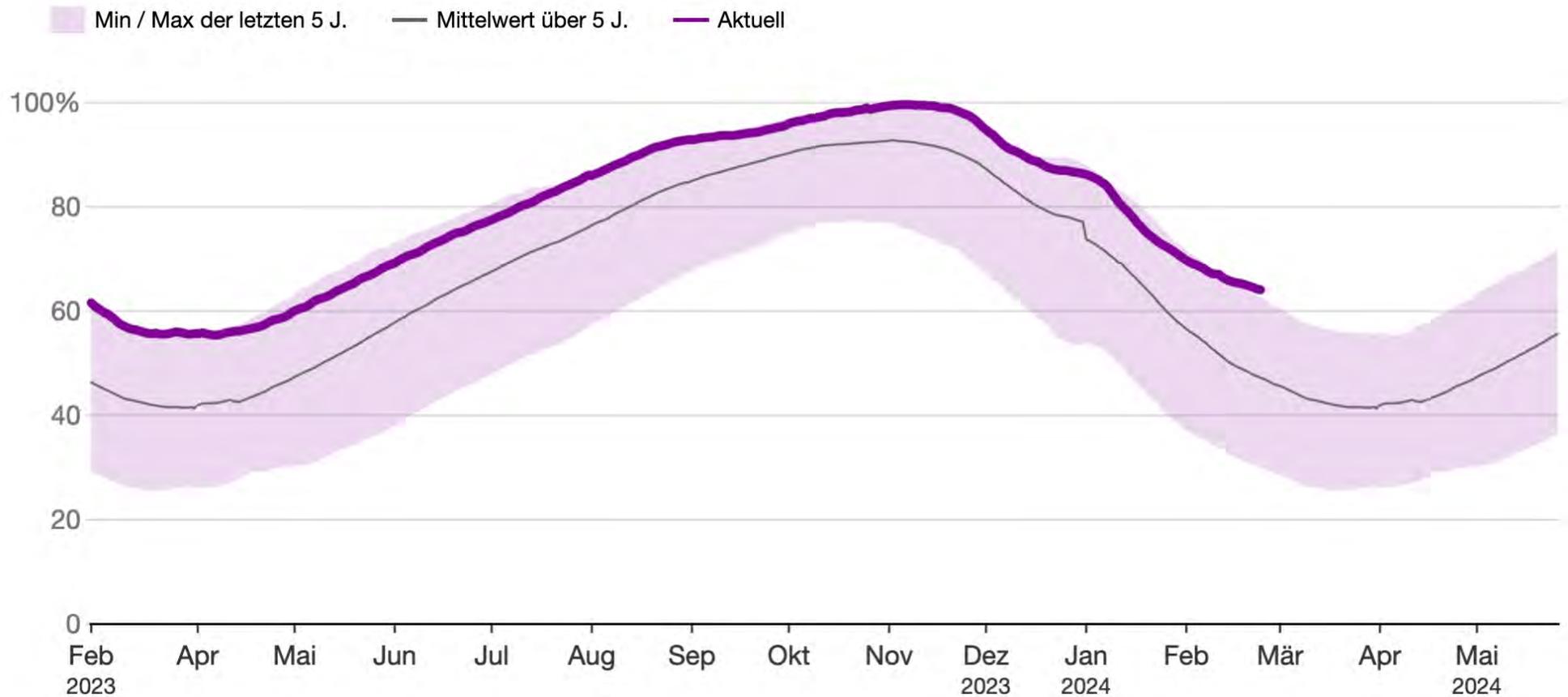
# HH Gaspreise USA Futures Q1-2024



Sources: EIA's Short-Term Energy Outlook, CME Group, Refinitiv an LSEG Business

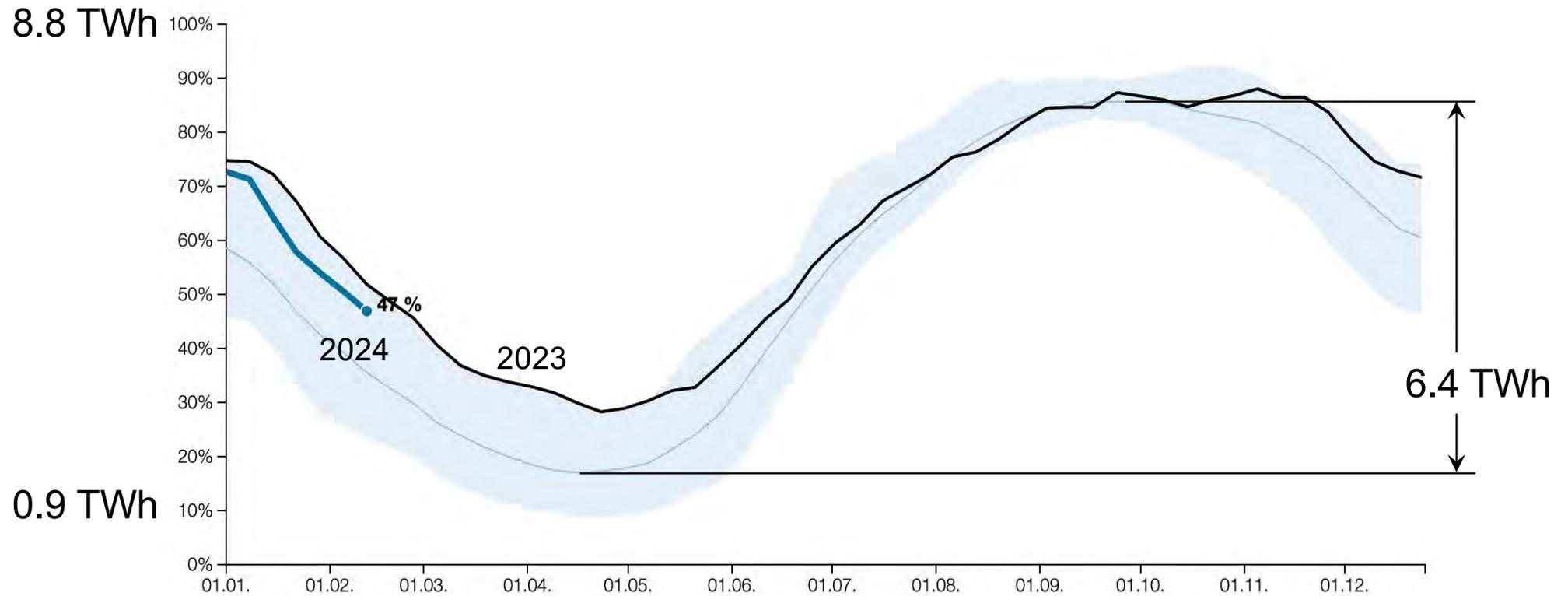
Quelle: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/natural-gas/>

# Energie – Speicherfüllstand EU



Quelle: Datas AIS, Darstellung <https://www.energiesdashboard.admin.ch/gas/eu-gasspeicher>

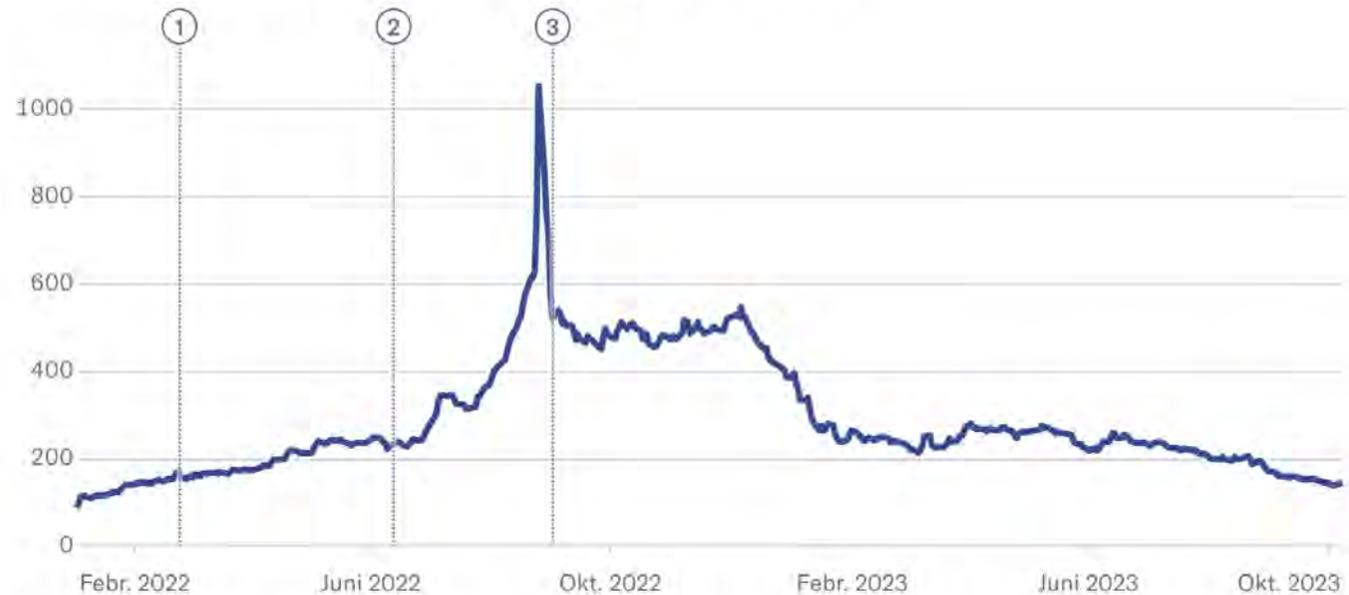
# Füllstände Schweizer Speicherseen



Quelle: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.html/>

# Energie – Strompreise CH Termin Januar

Abschlusspreise für Schweizer Strom für Januar 2024, in €/MWh



- ① Russische Invasion in der Ukraine (Ende Februar 2022).
- ② Gazprom drosselt erstmals die Gaslieferungen durch Nord Stream 1.
- ③ Kompletter Stopp der Lieferungen über Nord Stream 1.

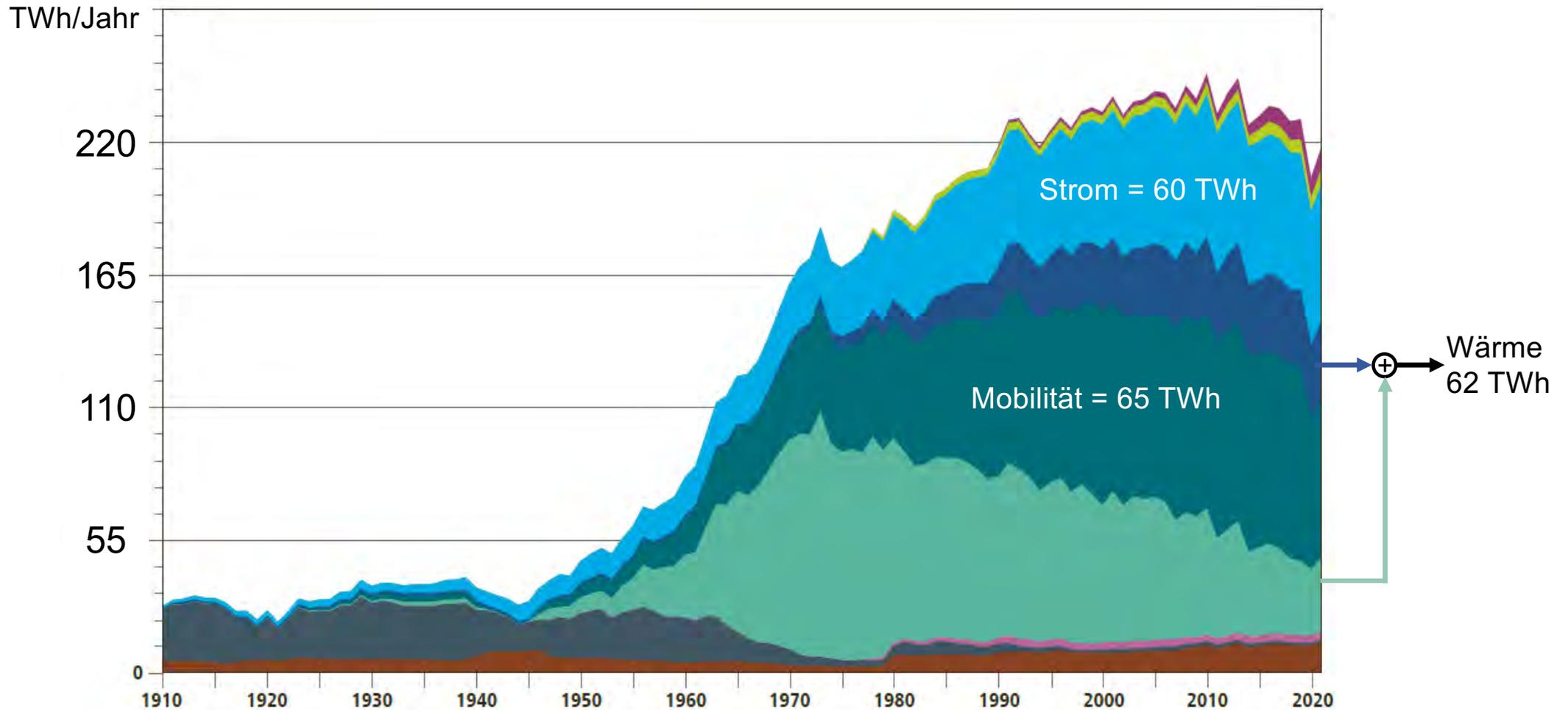
Stand: 10. 10. 2023

Quelle: Intercontinental Exchange

NZZ / fsl.

# **Schweiz 2050**

# Endenergieeinsatz – Vergangenheit und Gegenwart



# Abschätzung jährlicher Strombedarf CH – 2050

Annahmen: Gebäude werden so weit wie möglich isoliert, Wärmebedarf statt heute 62 TWh nur noch 31 TWh

Alle Raumwärme wird durch Wärmepumpen erzeugt mit COP von 3.5 (gewichtetes Jahresmittel),  $31 \text{ TWh} / 3.5 \approx 9 \text{ TWh}$

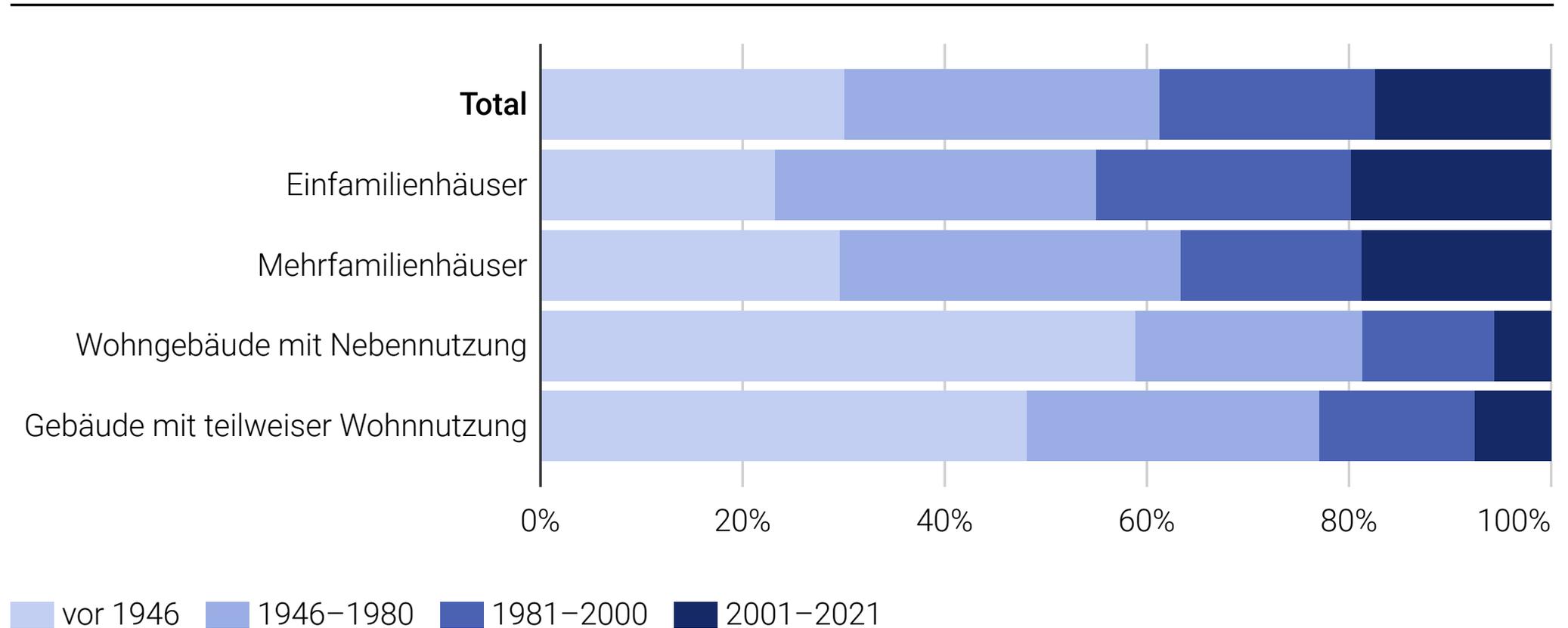
Mobilität rein elektrisch, 5 Mio. Autos, 20 kWh/100 km, 12'000 km/Jahr  $\approx 12 \text{ TWh}$

Bevölkerungswachstum, neue Anwendungen, ... führen zu Wachstum (CAGR) von 0.35% pro Jahr, bis 2050  $\approx 6 \text{ TWh}$

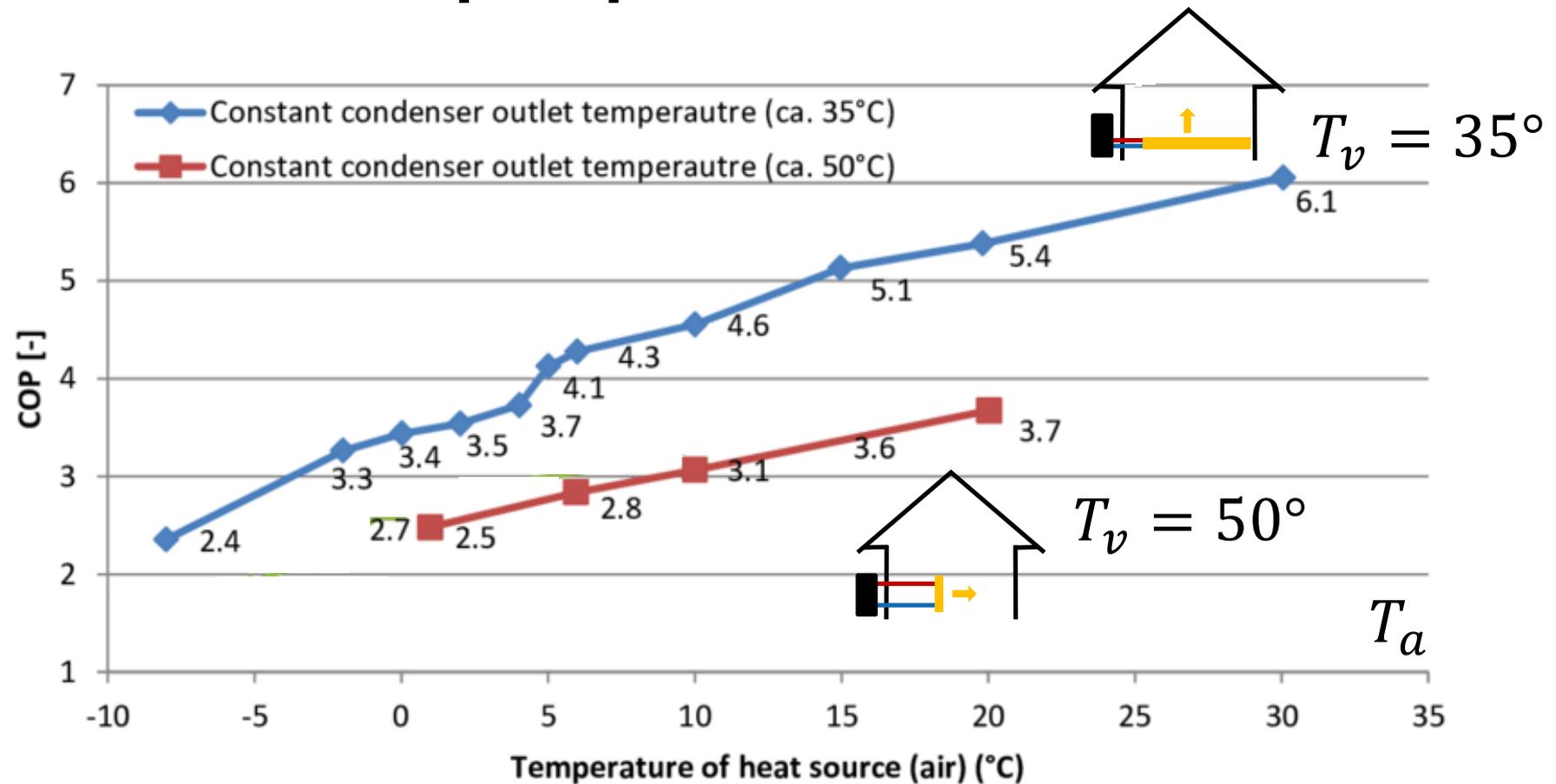
**Durchschnittsleistung: Sommer  $\approx 9 \text{ GW}$ , Winter  $\approx 13 \text{ GW}$**

Abschätzung LGU, «Winter» hier die vier Monate 1. November bis 28. Februar, im Winter=9.4 TWh/Monat, im Sommer=6.5 TWh/Monat

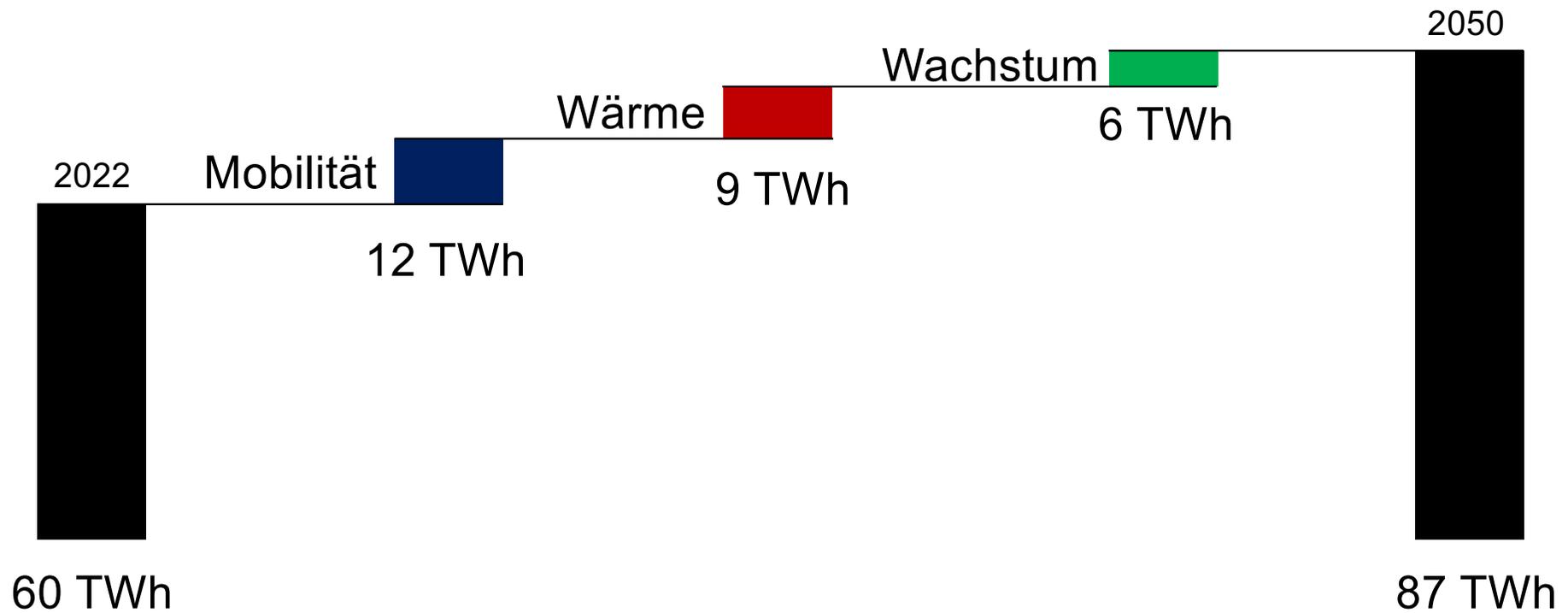
# Gebäude nach Kategorie und Bauperiode, 2021



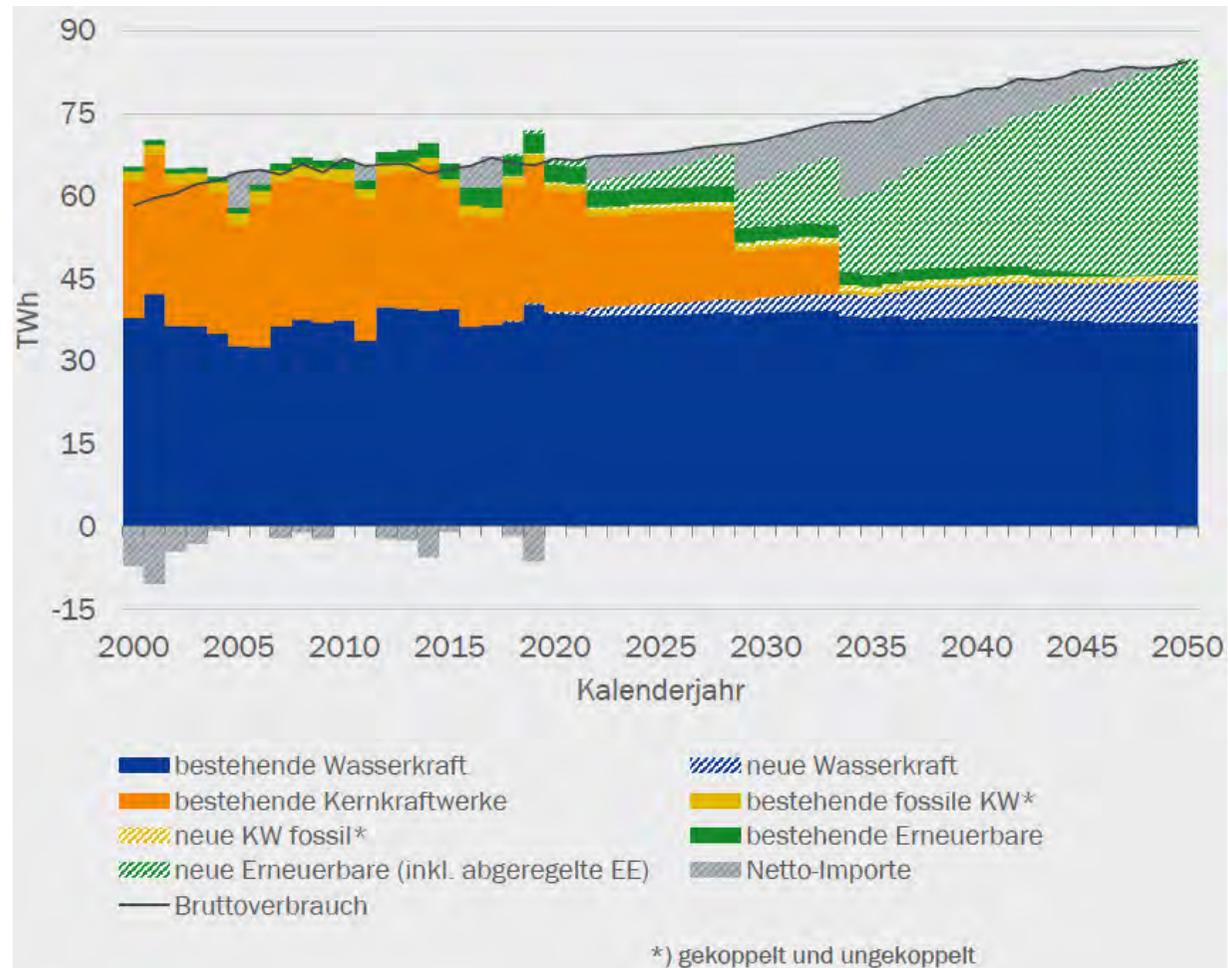
# COP von Wärmepumpen



# Abschätzung jährlicher Strombedarf CH – 2050

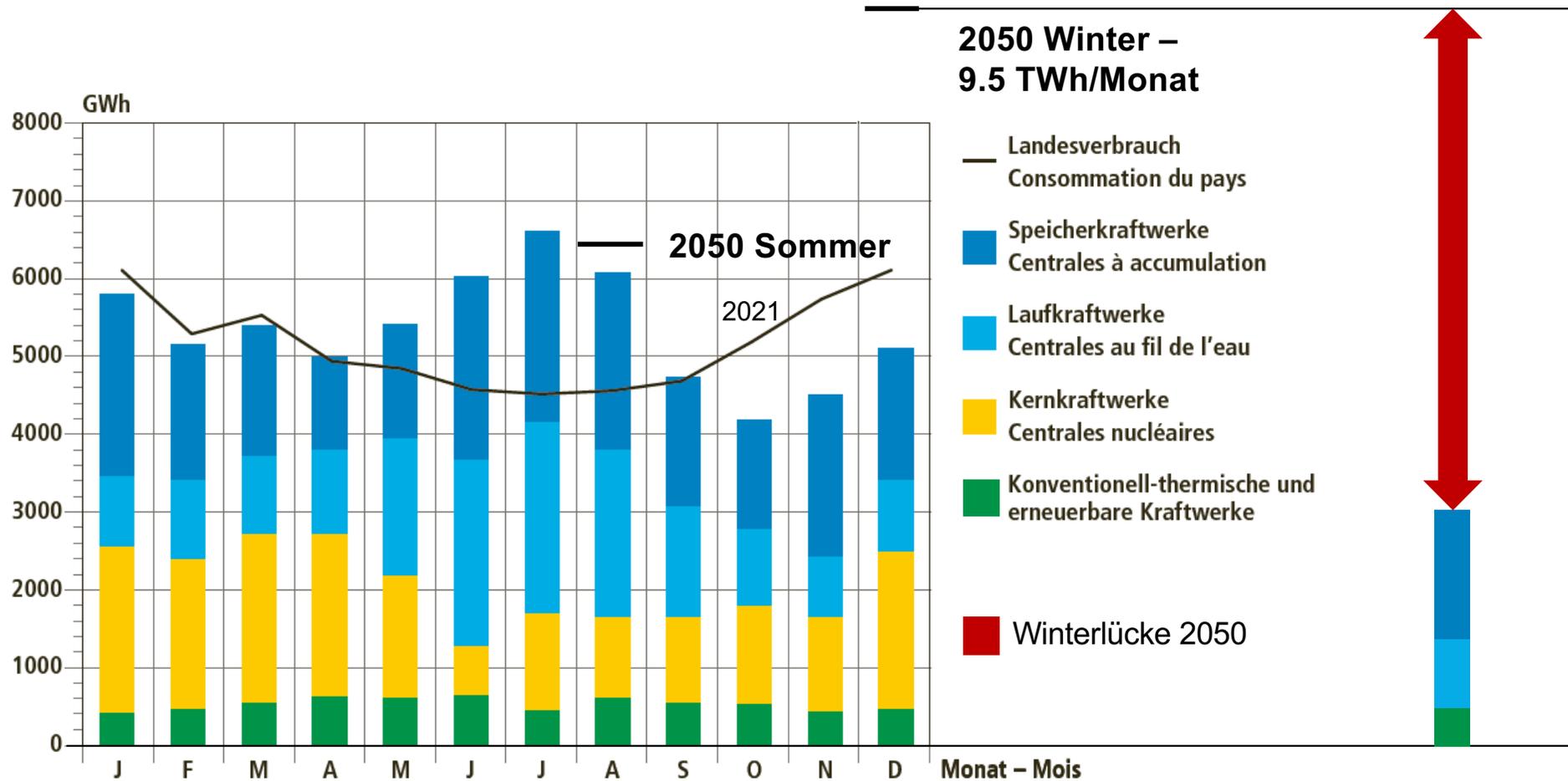


# Energiestrategie 20250 – Jahresbetrachtung



Quelle: Szenarienrechnungen Ecoplan, TEP, Infrac und Prognos, 2021

# Prognose Verbrauch 2050 – Monatsbetrachtung



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2021 (Fig. 10)  
 OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2021 (fig. 10)

# Monatliche Erzeugungsanteile – 2021

7.8 TWh

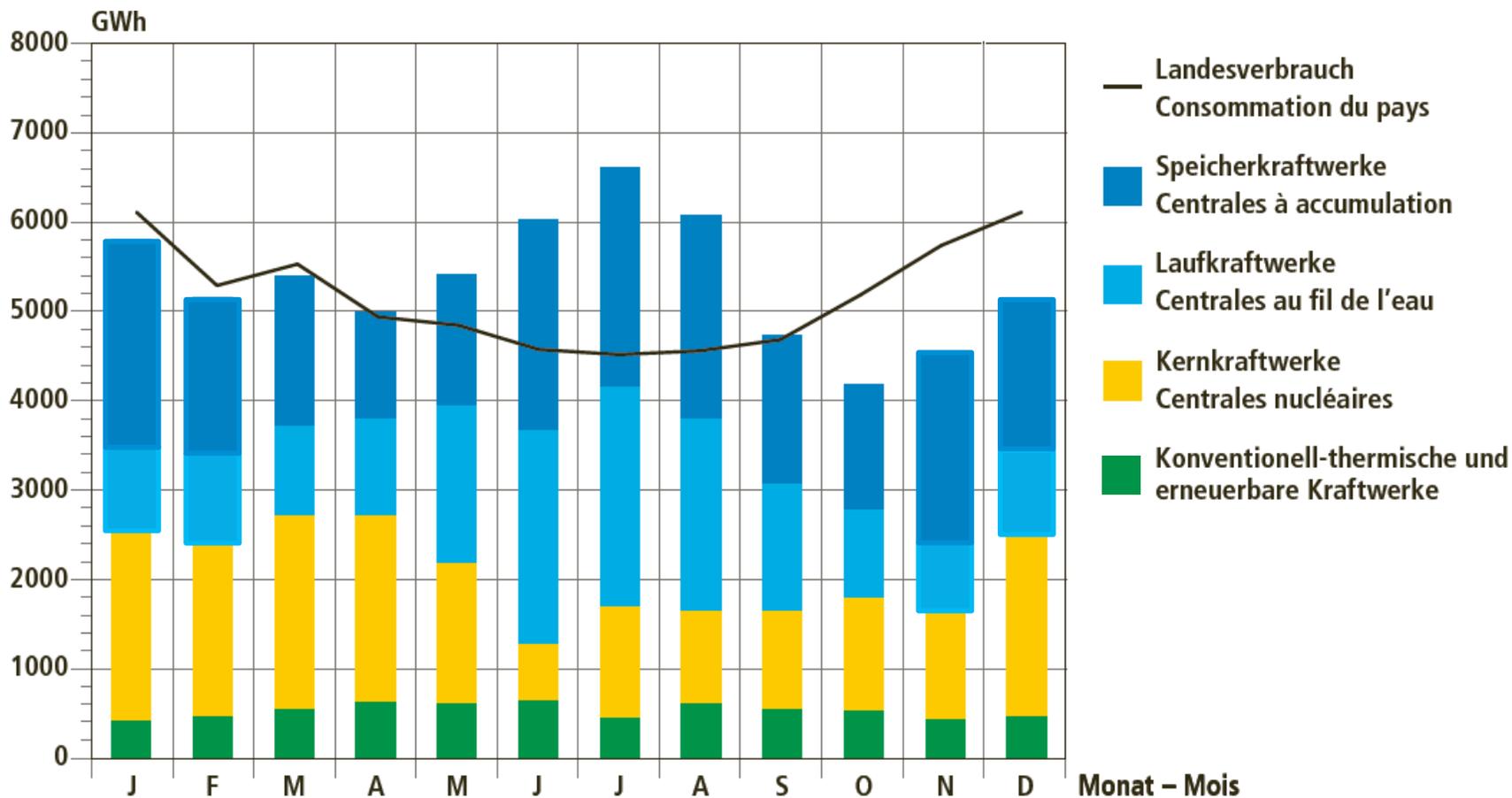


Speicher

3.7 TWh

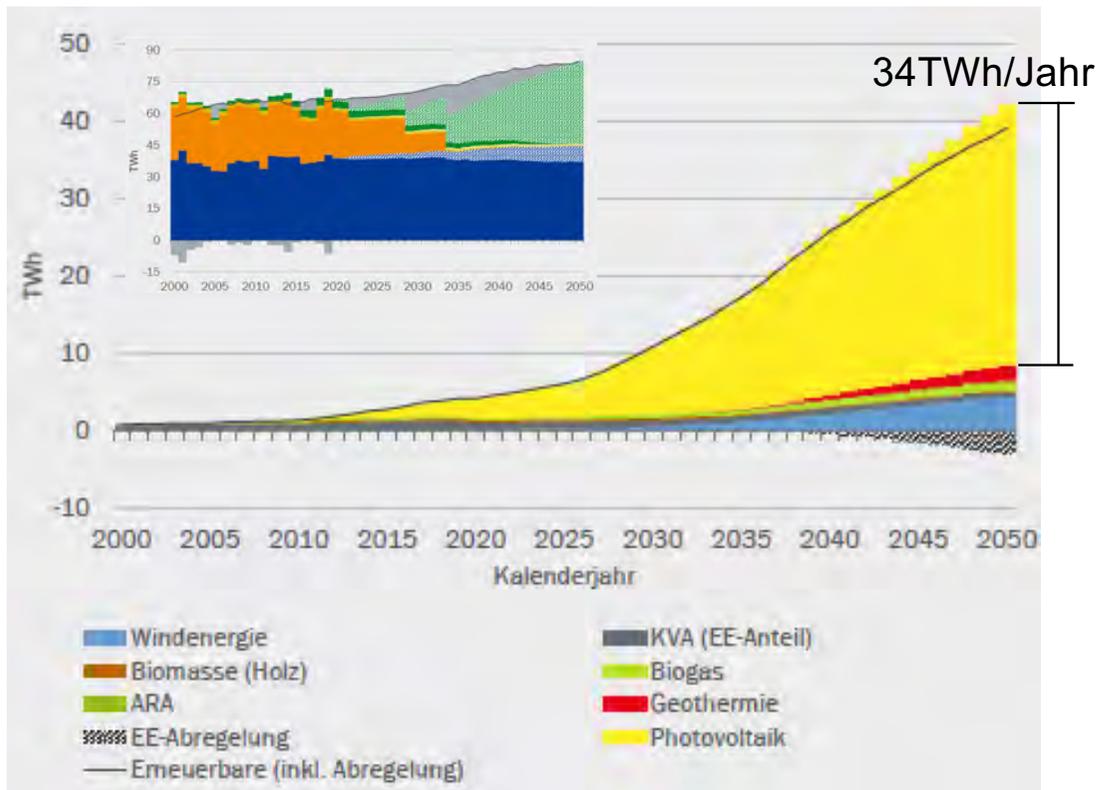


Lauf



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2021 (Fig. 10)  
 OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2021 (fig. 10)

# Energie und Leistung von PV – Jahresbetrachtung



## PV-Anlagen CH, Jahr 2020

Installierte Leistung: 2.9 GW

Generierte elektrische Energie: 2'750 GWh/Jahr

Lastfaktor:  $2'750 \text{ GWh} / (2.9 \text{ GW} \times 365 \times 24) = 0.11$

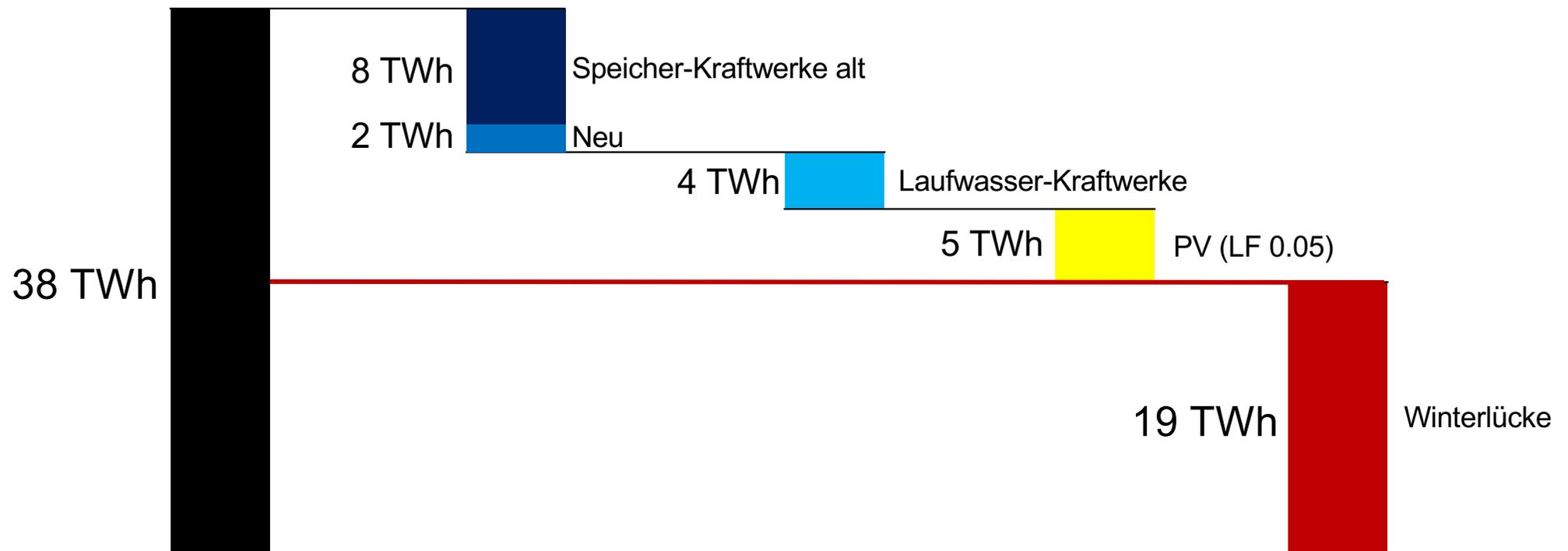
Quelle: Swissolar, Faktenblatt, 2021

## PV-Anlagen CH, Prognosejahr 2050

$$\frac{2.9 \text{ GW} \times 34 \text{ TWh}}{2.75 \text{ TWh}} = 36.0 \text{ GW}$$

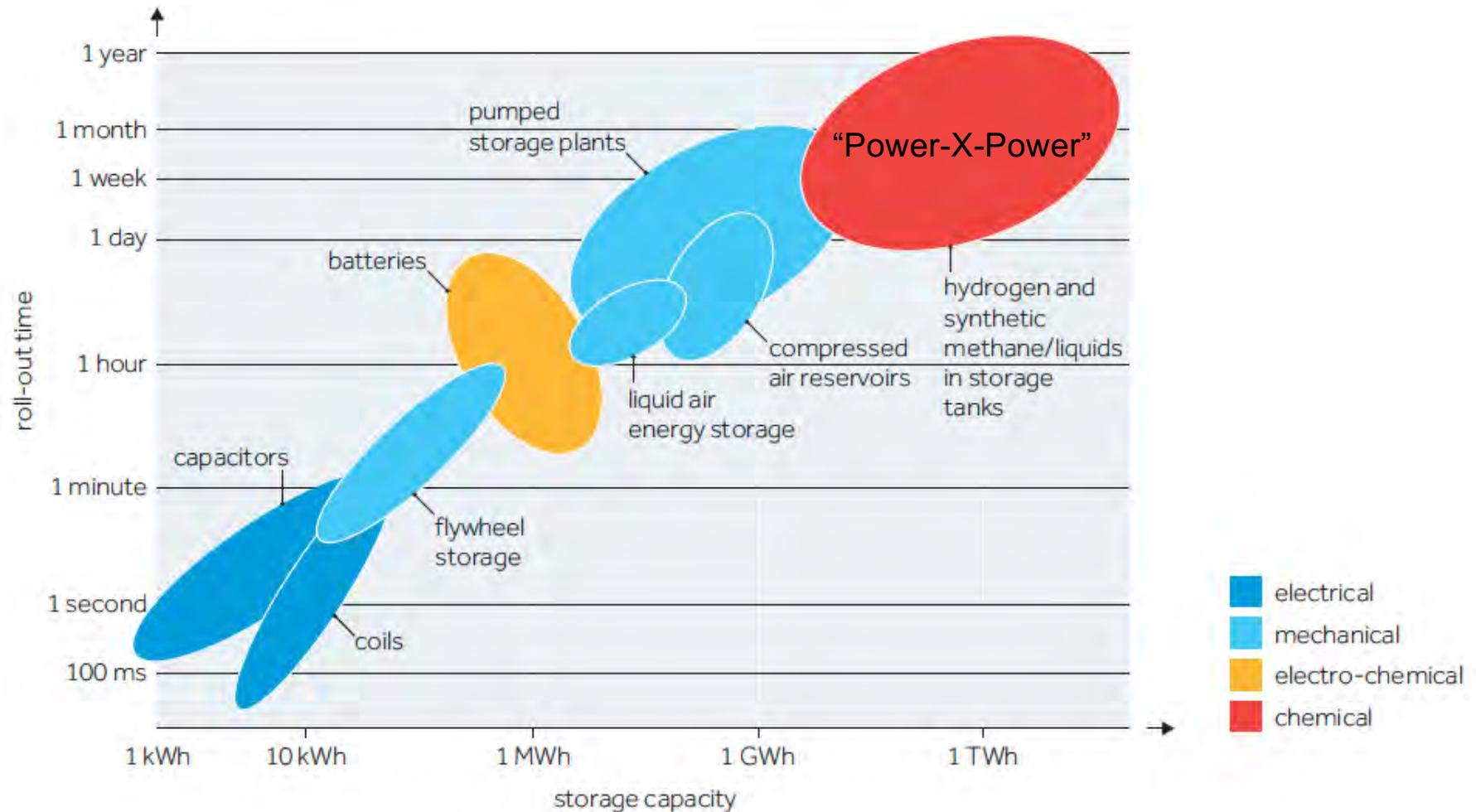
Quelle: Szenarienrechnungen EcoPlan, TEP, Infrac und Prognos, 2021

# Auslegeordnung Winter<sup>°</sup> – 36 GW PV im Mittelland



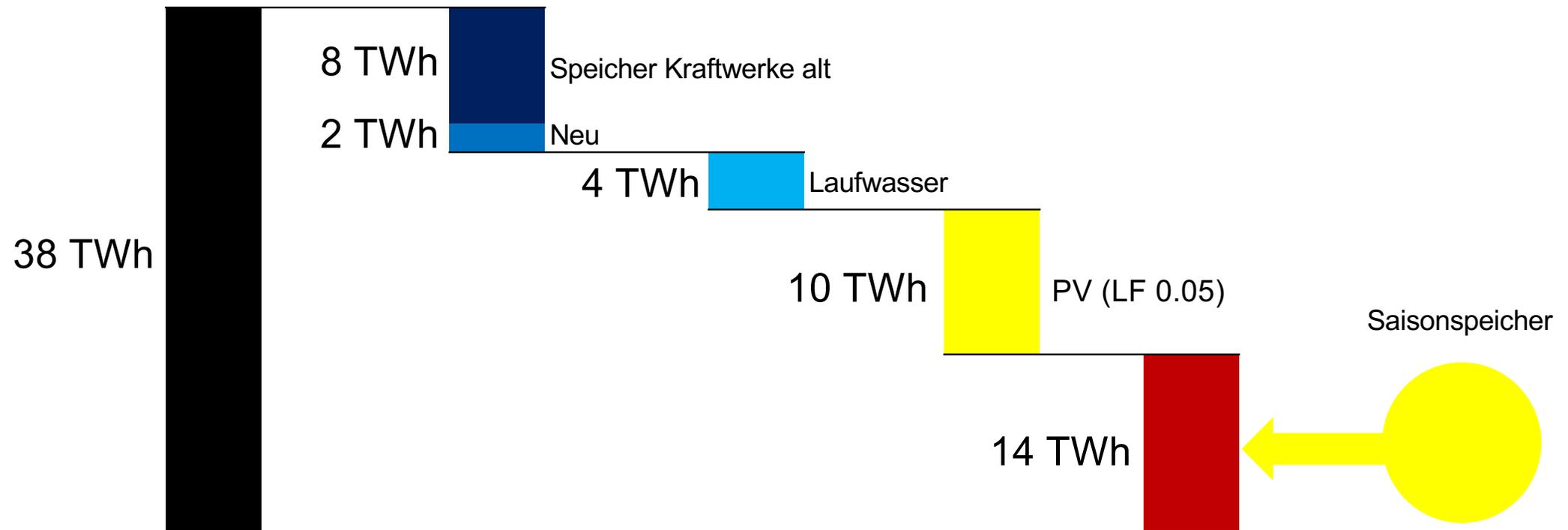
<sup>°</sup> Winter: 1. November - 28. Februar

# Saisonale Speicherung elektrischer Energie

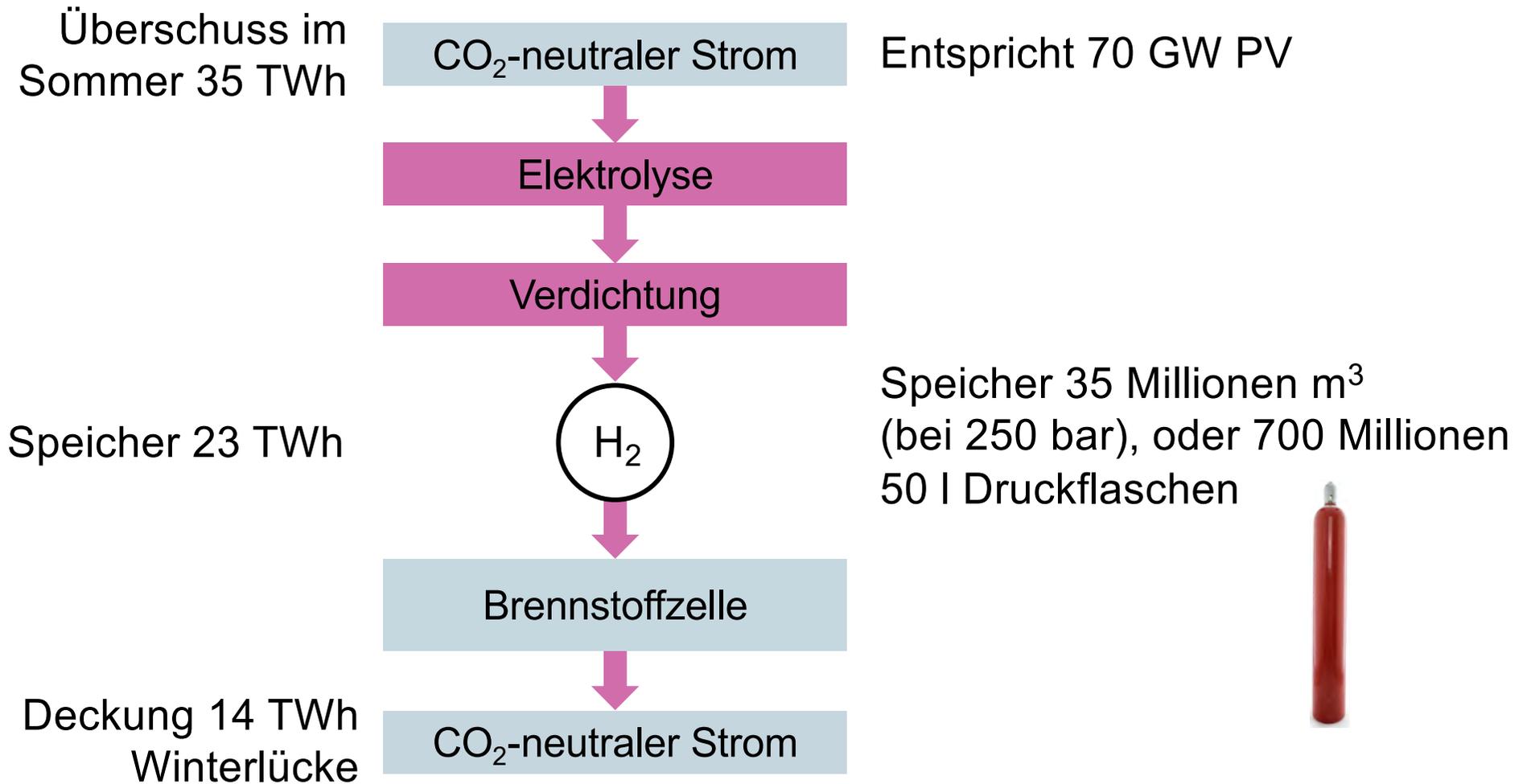


M. Yugo, A. Soler. A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe. Concave Review, vol. 28, no.1.

# Auslegeordnung Winter – 70 GW PV im Mittelland

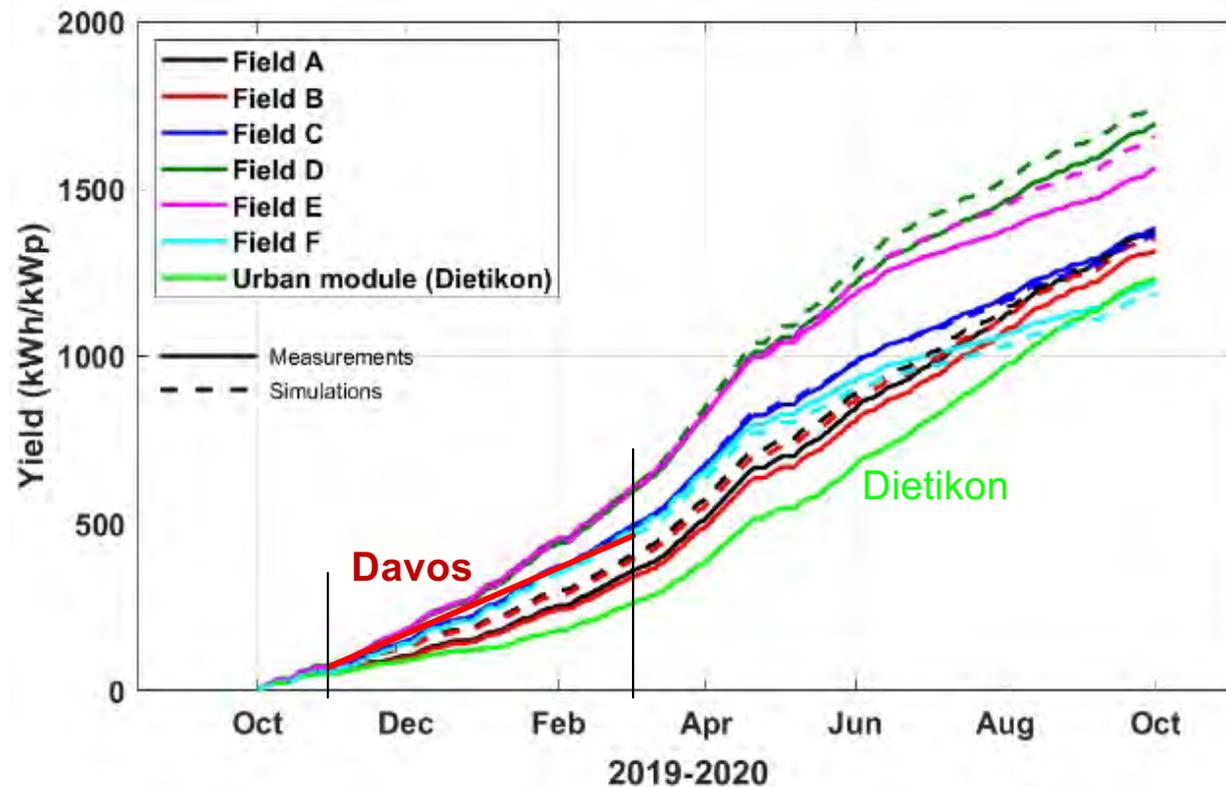


# Saisonspeicher mit Wasserstoff H<sub>2</sub>





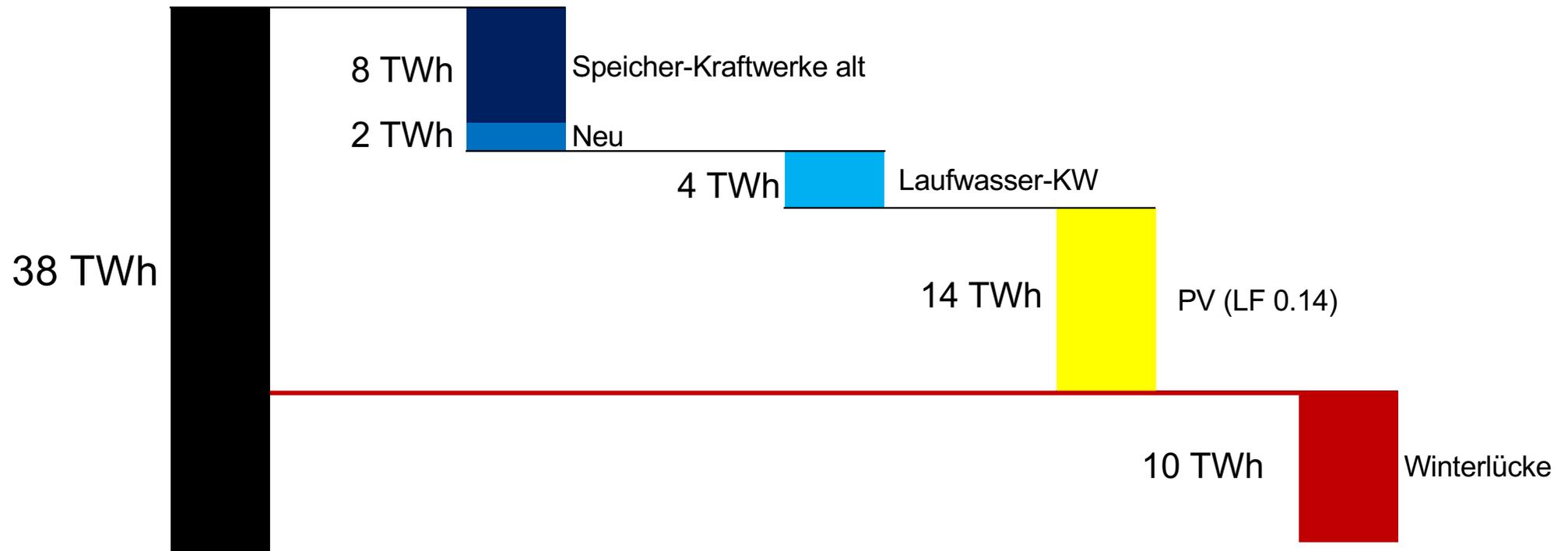
# PV Erträge in den Alpen – Pilotanlagen



Lastfaktor Davos:

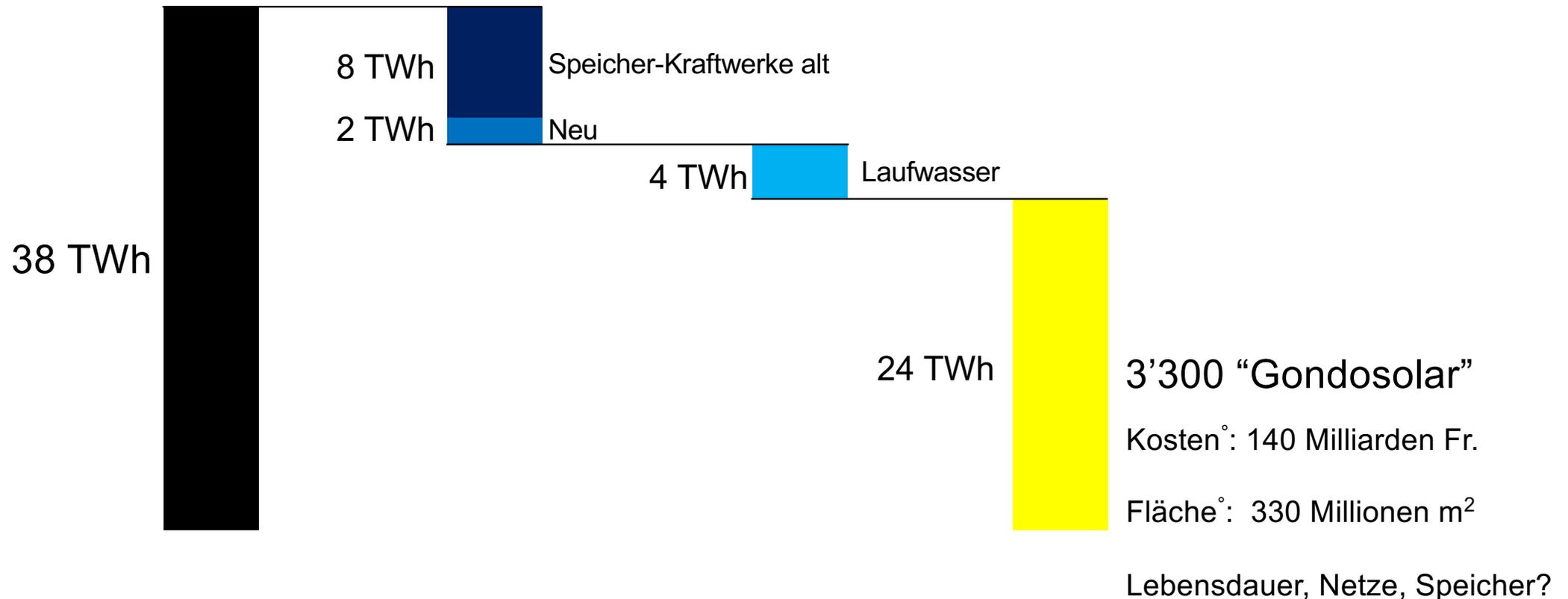
$$390 \text{ kWh} / 2'880 \text{ kWh} = 0.14$$

# Auslegeordnung Winter – 36 GW PV in den Alpen

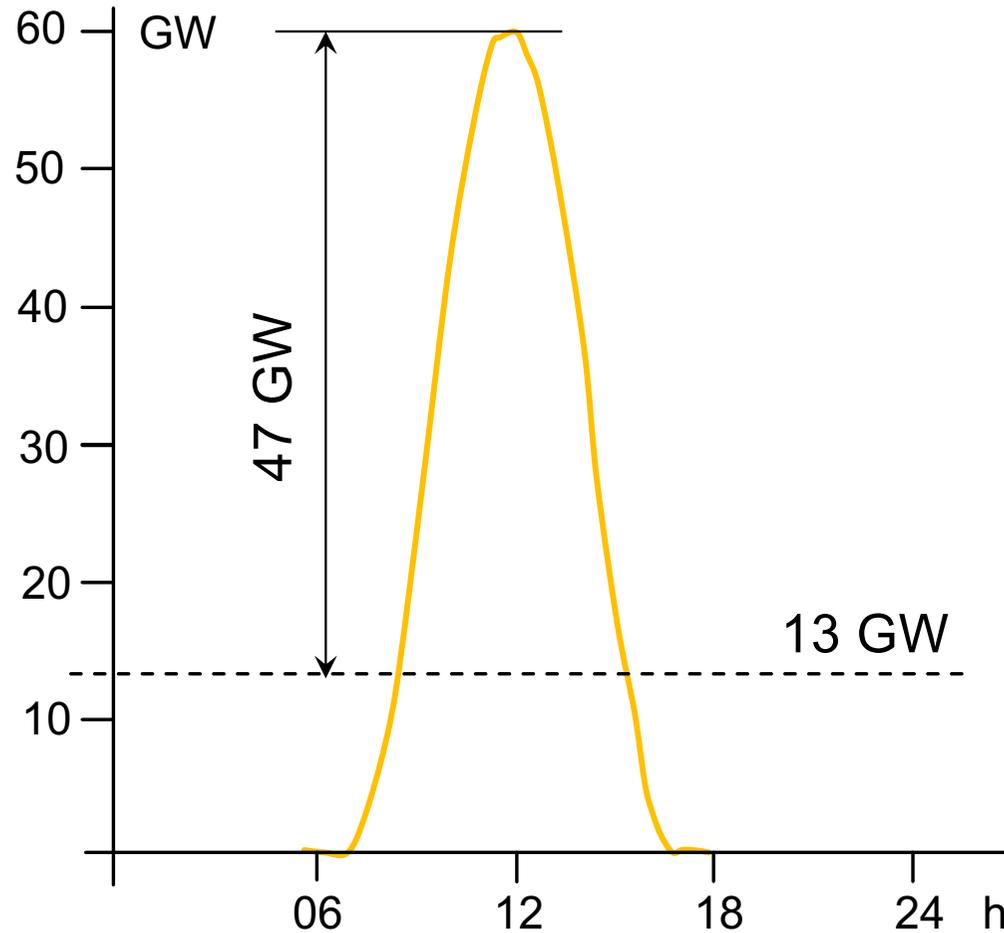


° Winter: 1. November -28. Februar

# Auslegeordnung Winter – 60 GW PV in den Alpen



# Tagesschwankungen – 60 GW PV in den Alpen



22 kW



47 GW / 22 kW ca. 2 Mio.

2022: 7271 Ladepunkte, Quelle: TCS

- Die Welt (Schweiz) braucht mehr (elektrische) Energie.
- Der Ausstoss von Treibhausgasen muss weltweit einen Preis bekommen.
- Absichtserklärungen sind gut, Resultate sind besser, Denkverbote sind schlecht.
- Der Umbau muss so geschehen, dass die Versorgung mit ausreichend und bezahlbarer (elektrischer) Energie jederzeit sichergestellt ist.
- Forschung und Entwicklung sind die besten Investitionen.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

[guzzella@mac.com](mailto:guzzella@mac.com)