

# **Energie für die Welt und die Schweiz**

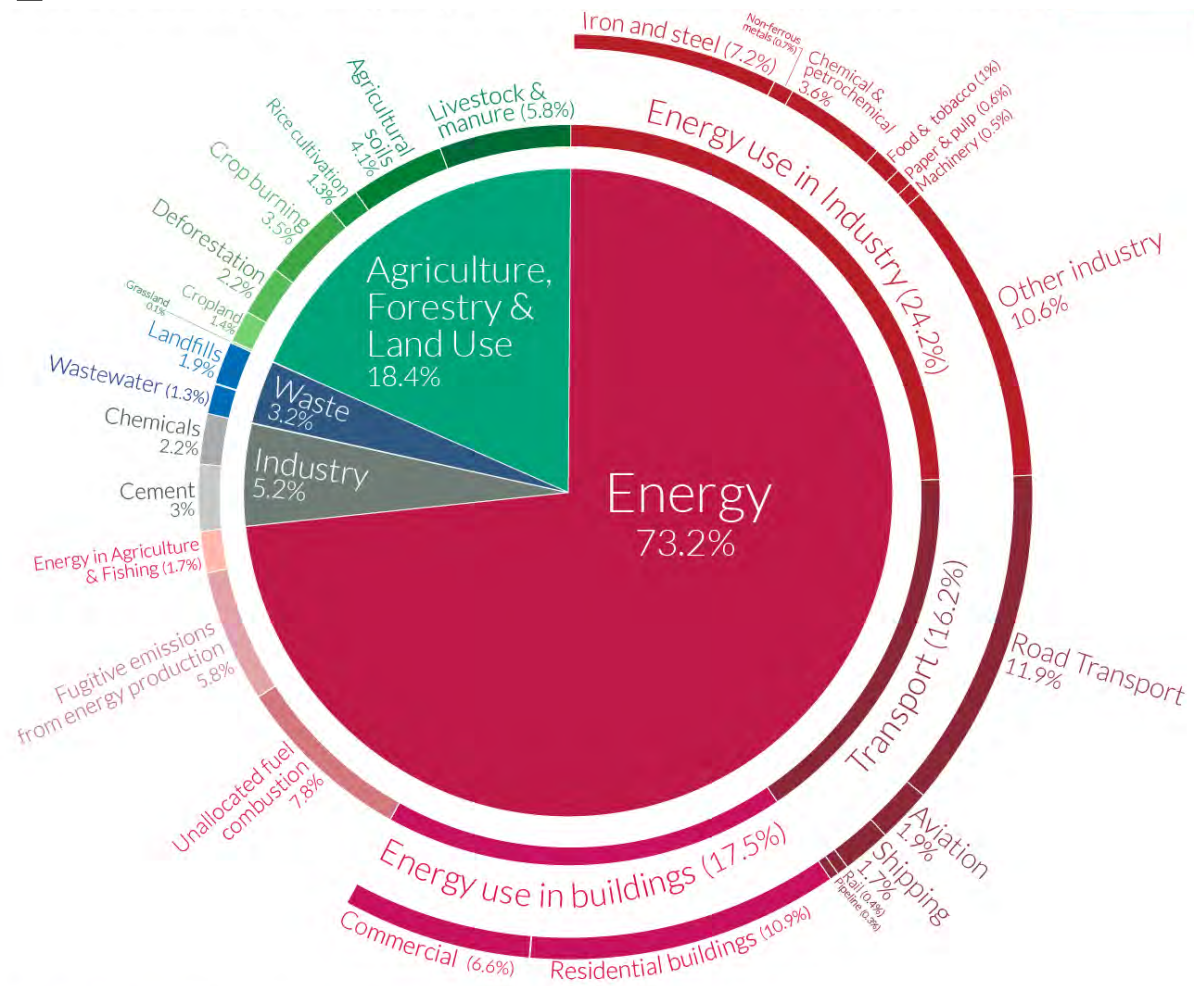
## **Eine Auslegeordnung**

28. März 2023, Umweltarena

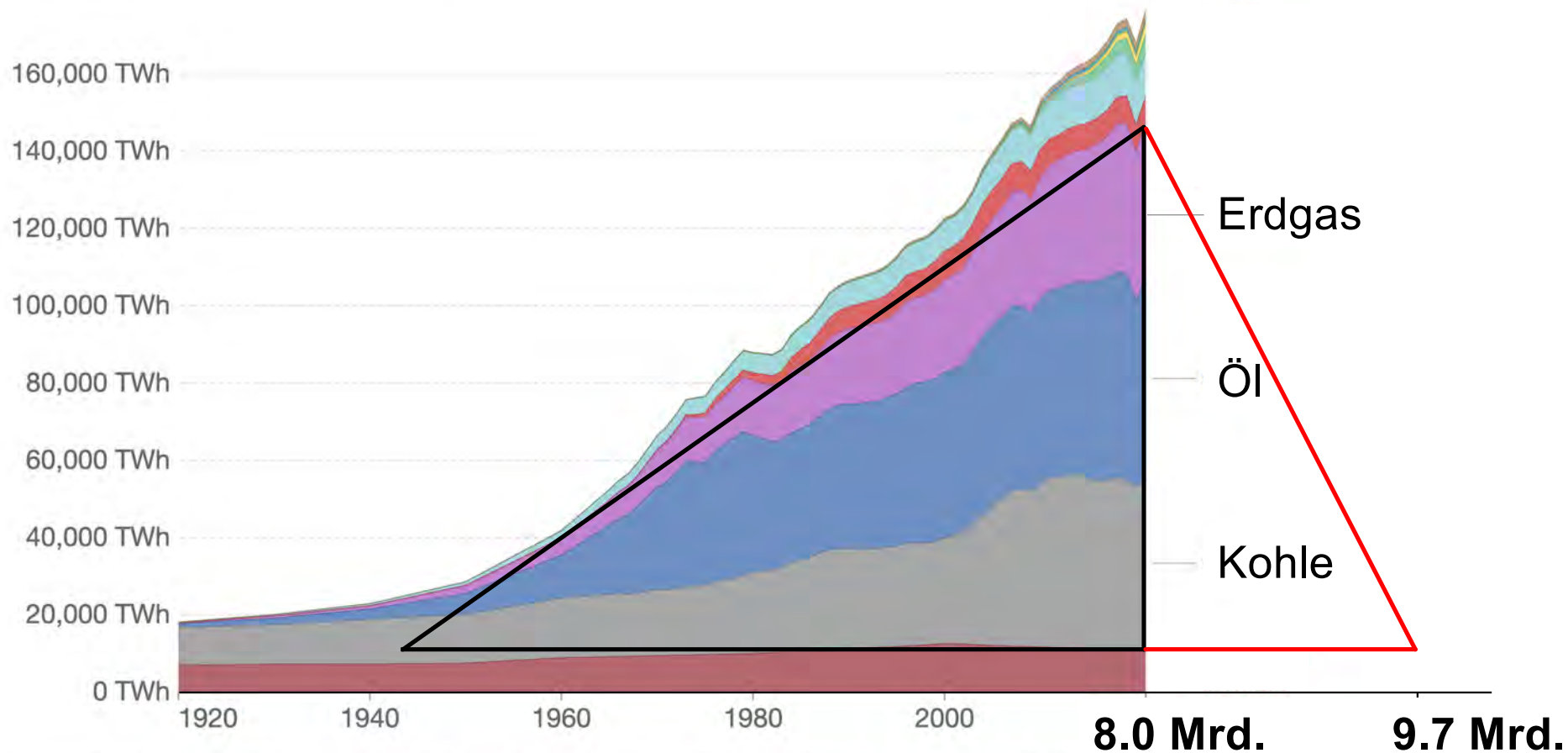
Lino Guzzella, 45 Minuten

# **Generelle Bemerkungen**

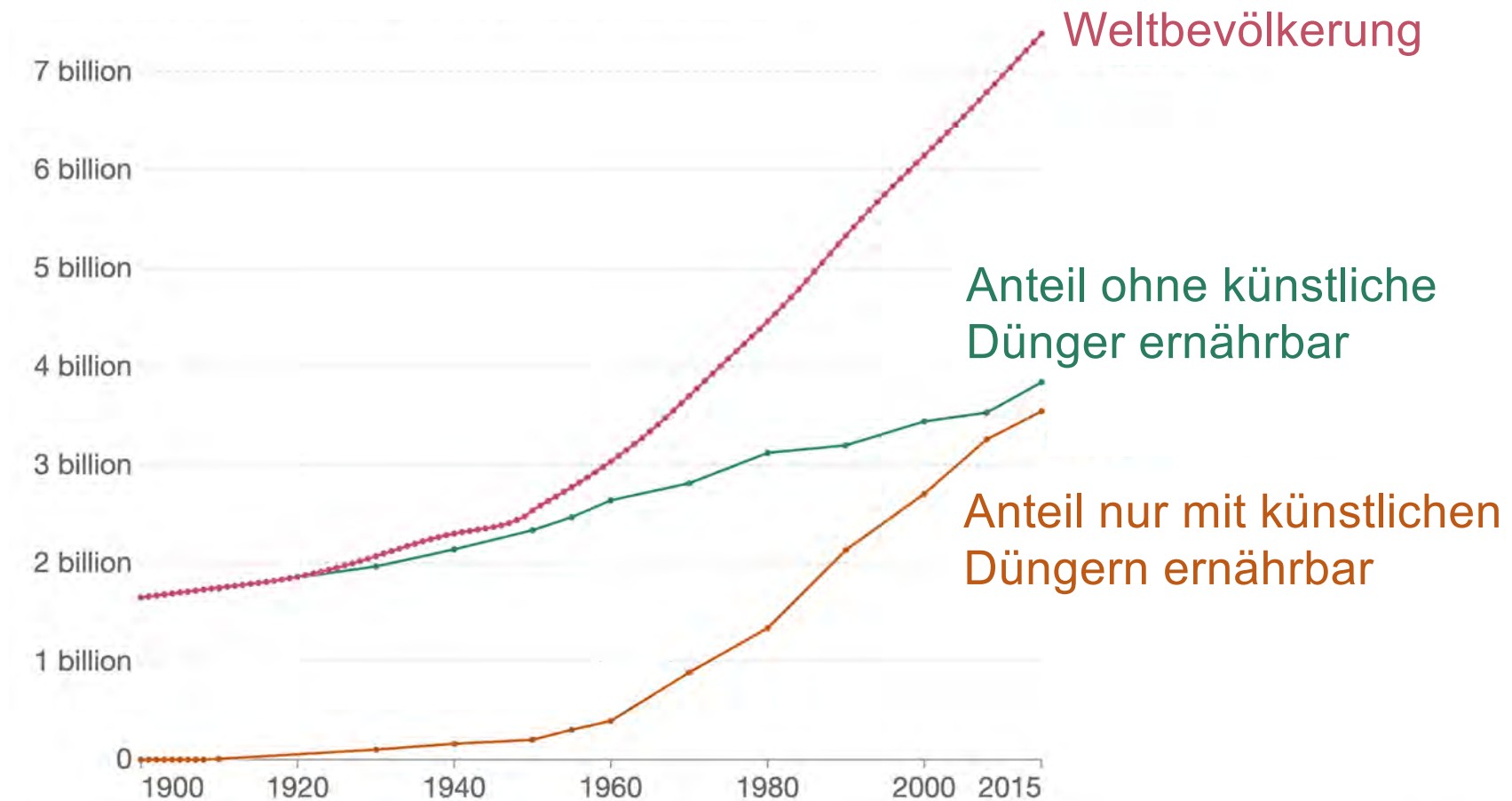
# Welt – CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren (2020)



# Jahresverbrauch Energieträger Welt



# Was ernährt die Welt?



# Wie macht man künstlichen Dünger?

Stickstoff  
(71% der Umgebungsluft)



Erdgas



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

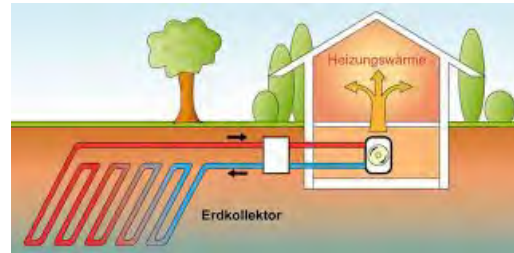


Ammoniumnitrat  
Harnstoff

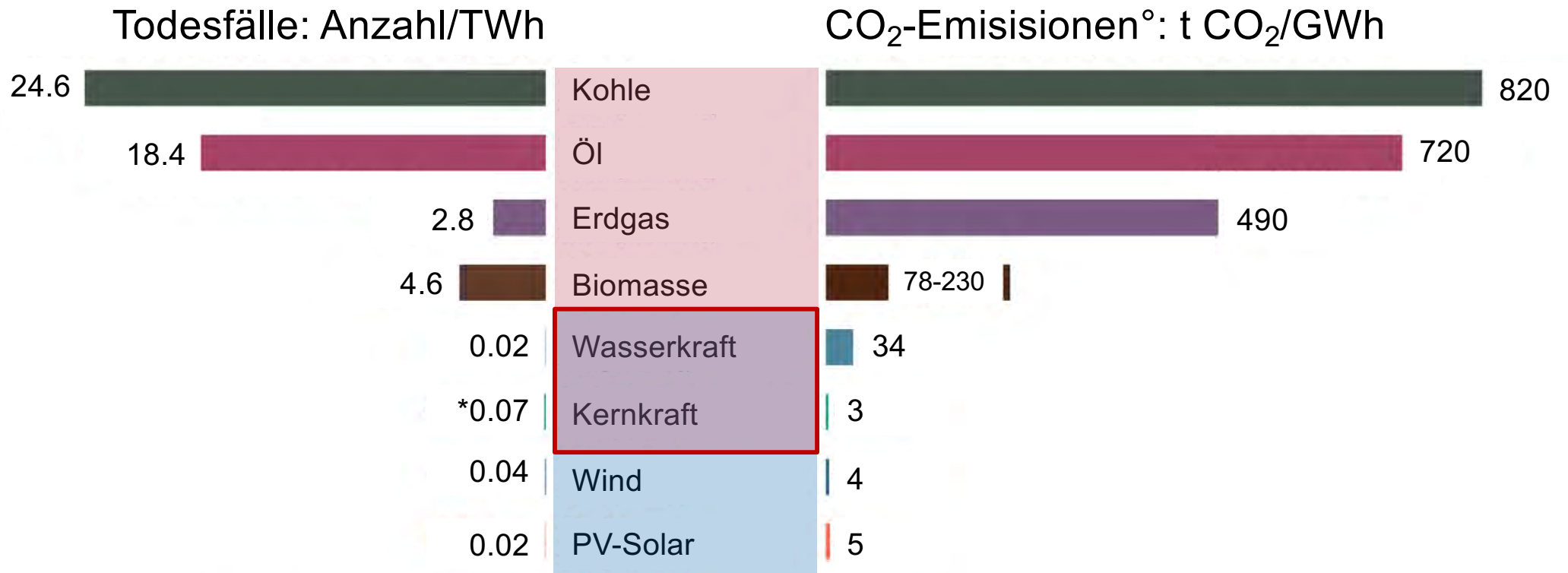
.....

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

# Elektrifizierung für die «Energiewende»



# 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

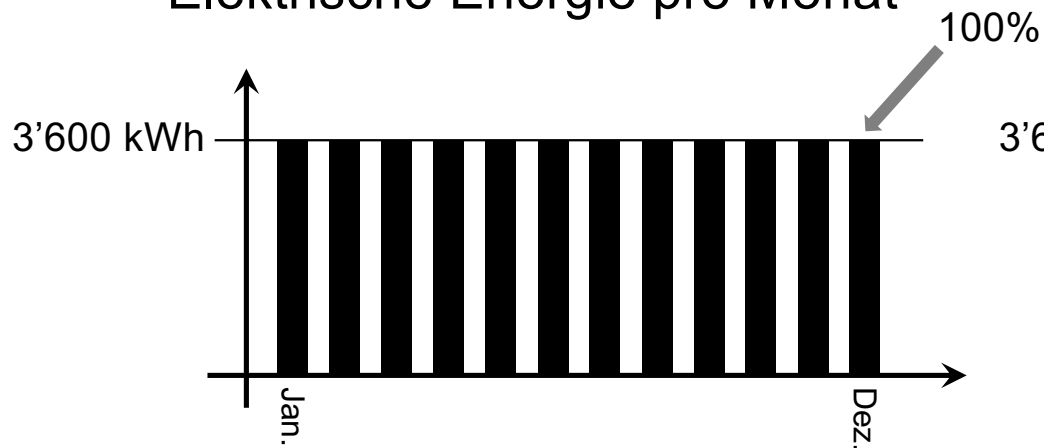
Maximale Leistung 5 kW



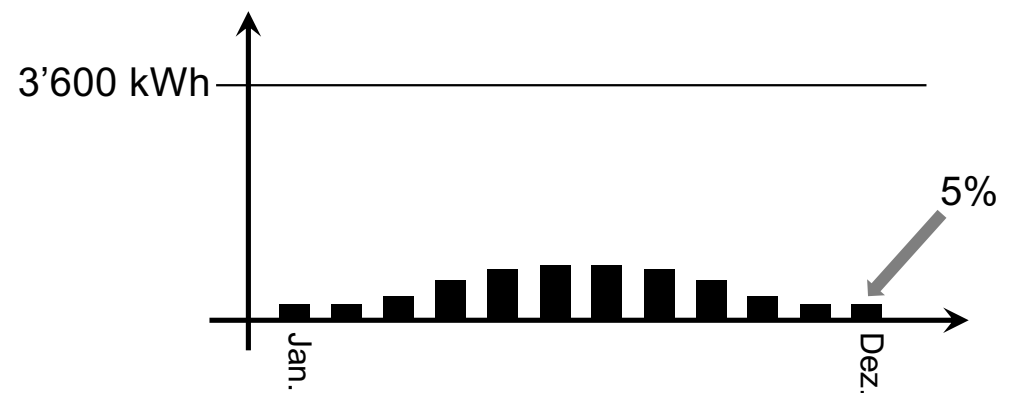
Maximale Leistung 5 kW



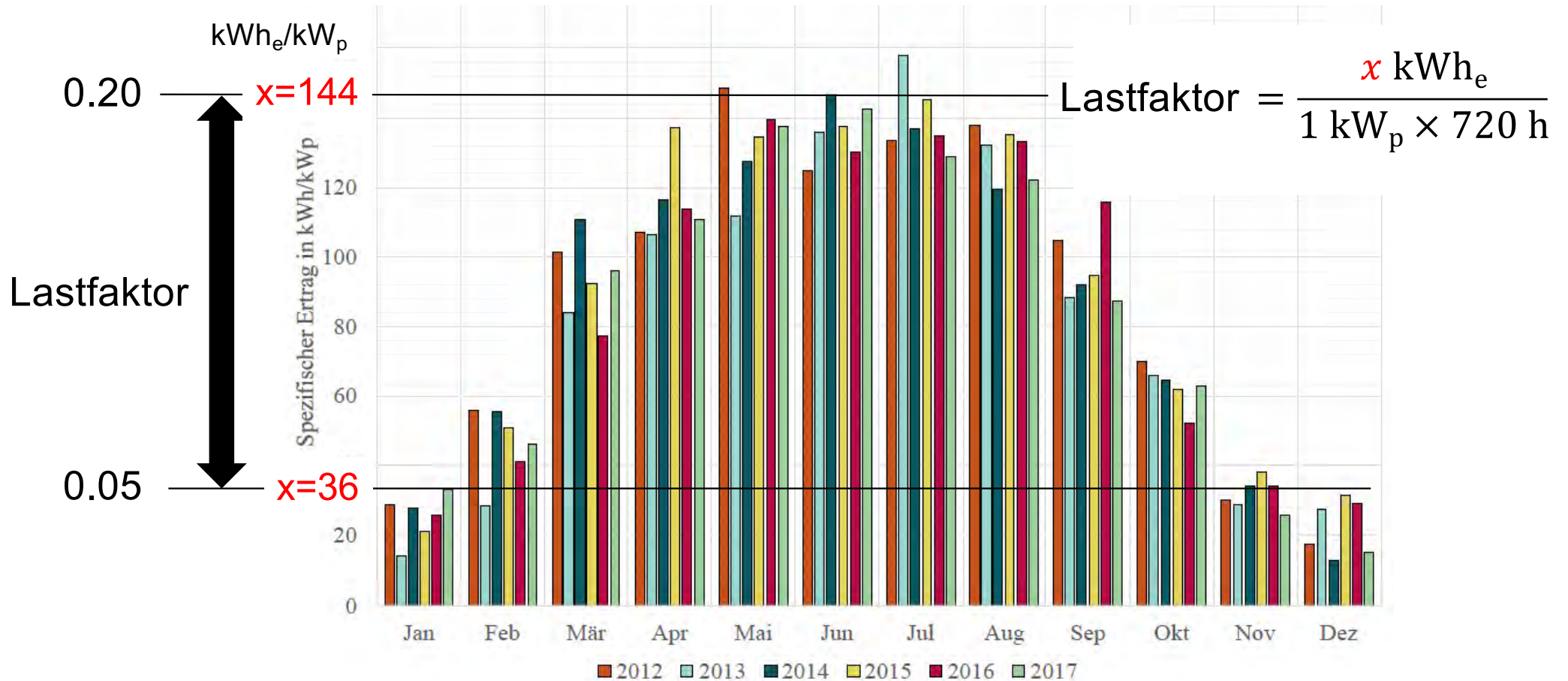
Elektrische Energie pro Monat



Elektrische Energie pro Monat

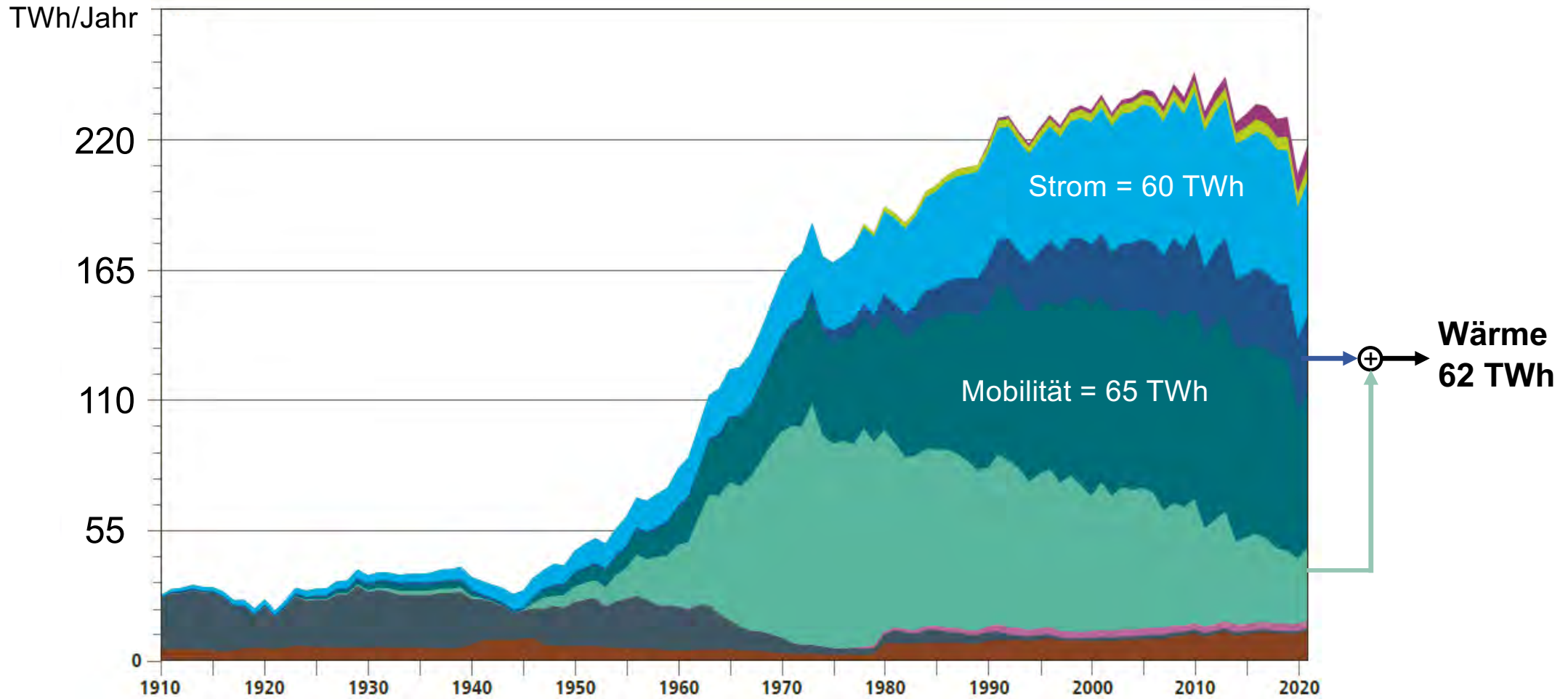


# Lastfaktoren PV – Monatsdurchschnitt (Mittelland)



# Die Schweiz

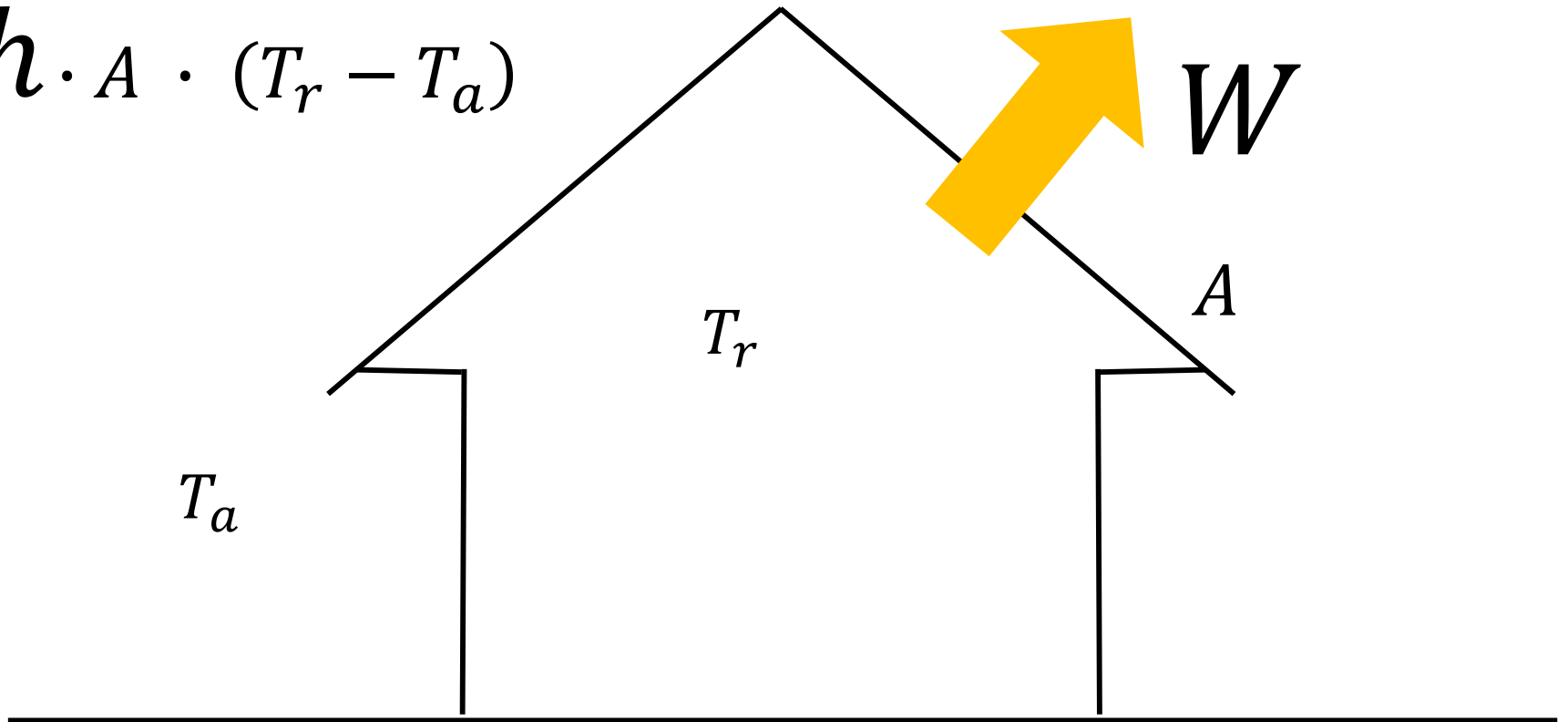
# Endenergieverbrauch Schweiz



BfE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik, 2021

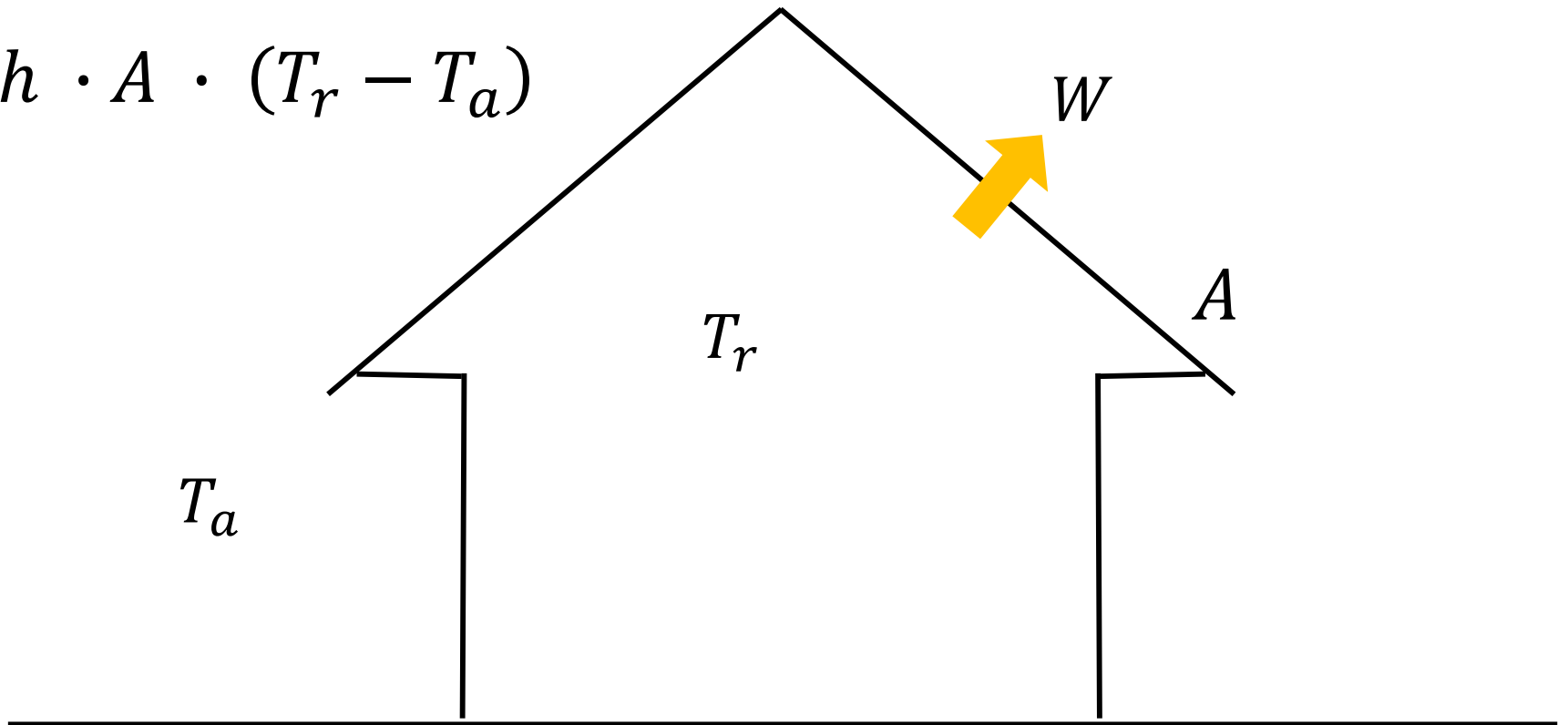
# Wärmeverluste

$$W = h \cdot A \cdot (T_r - T_a)$$

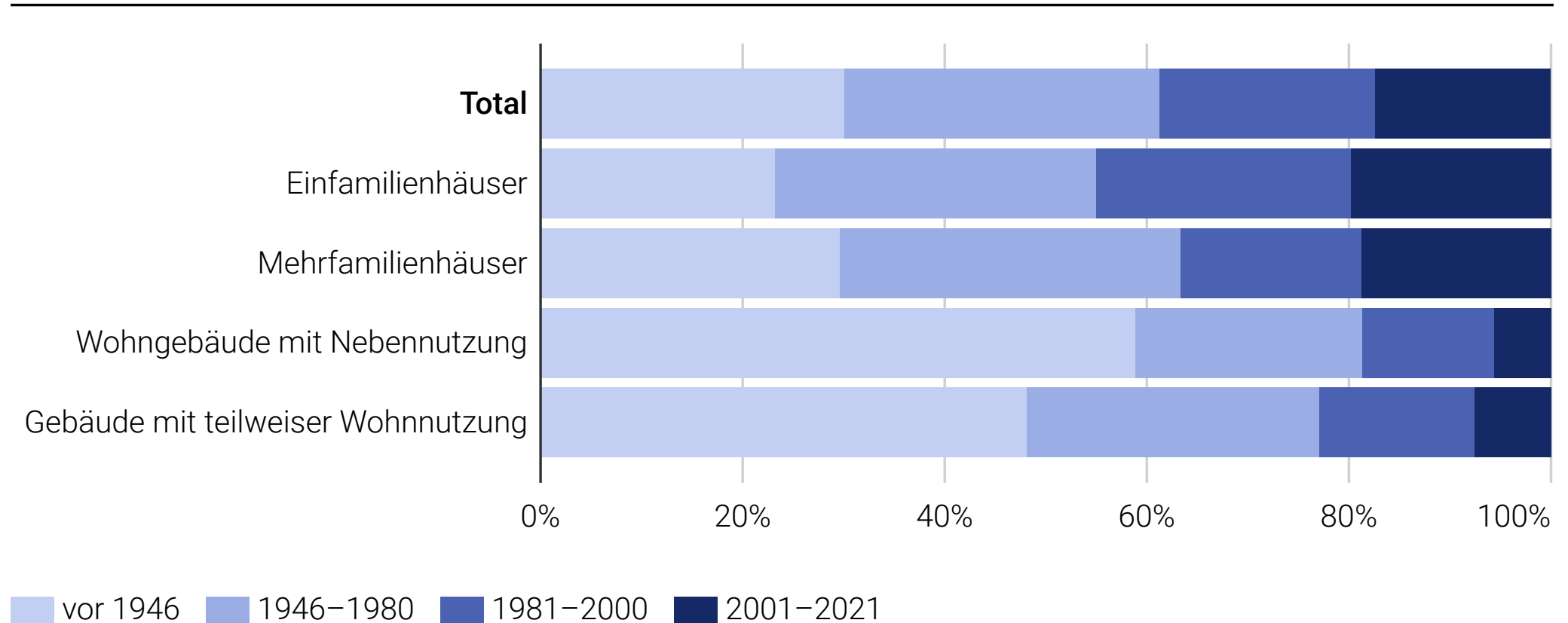


# Wärmeverluste

$$W = h \cdot A \cdot (T_r - T_a)$$

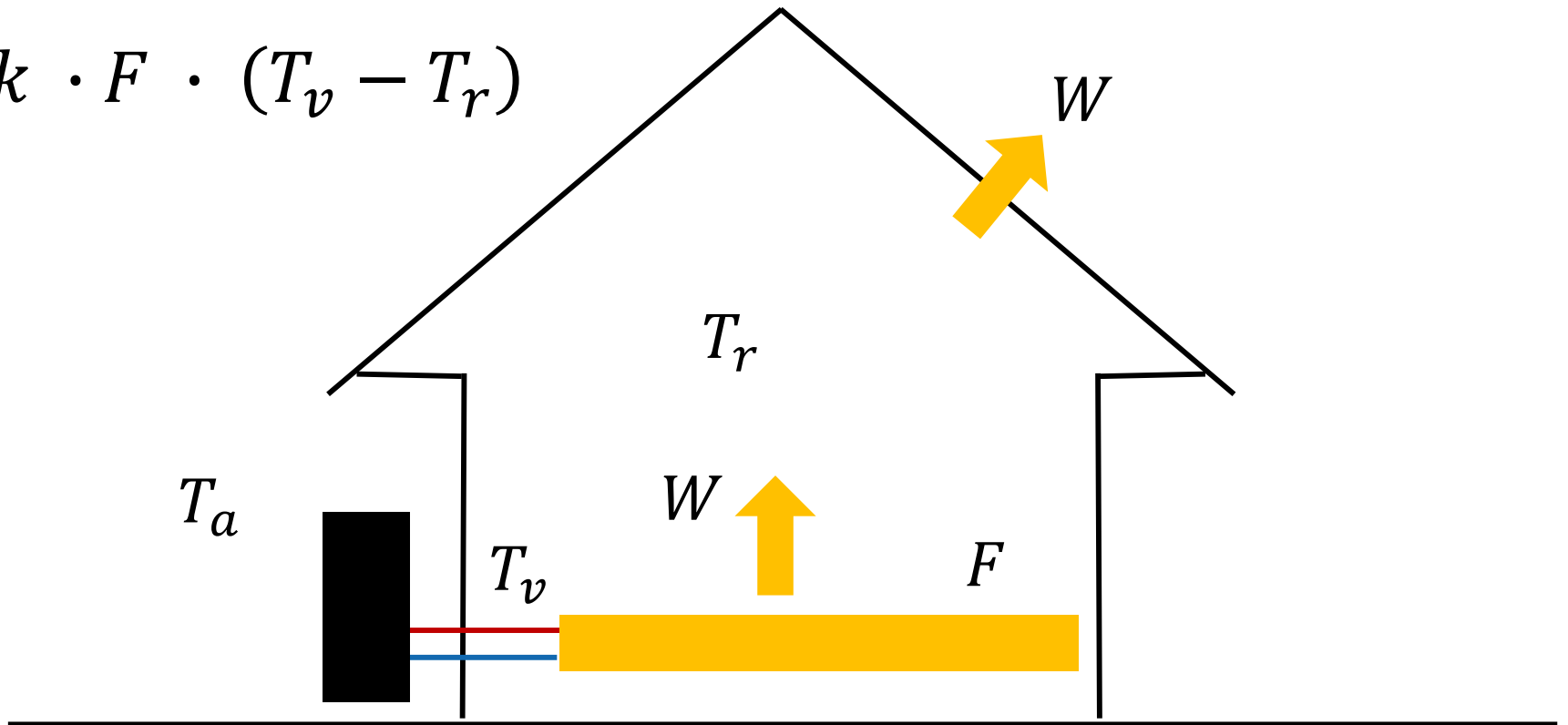


# Gebäude nach Kategorie und Bauperiode, 2021



# Bodenheizung

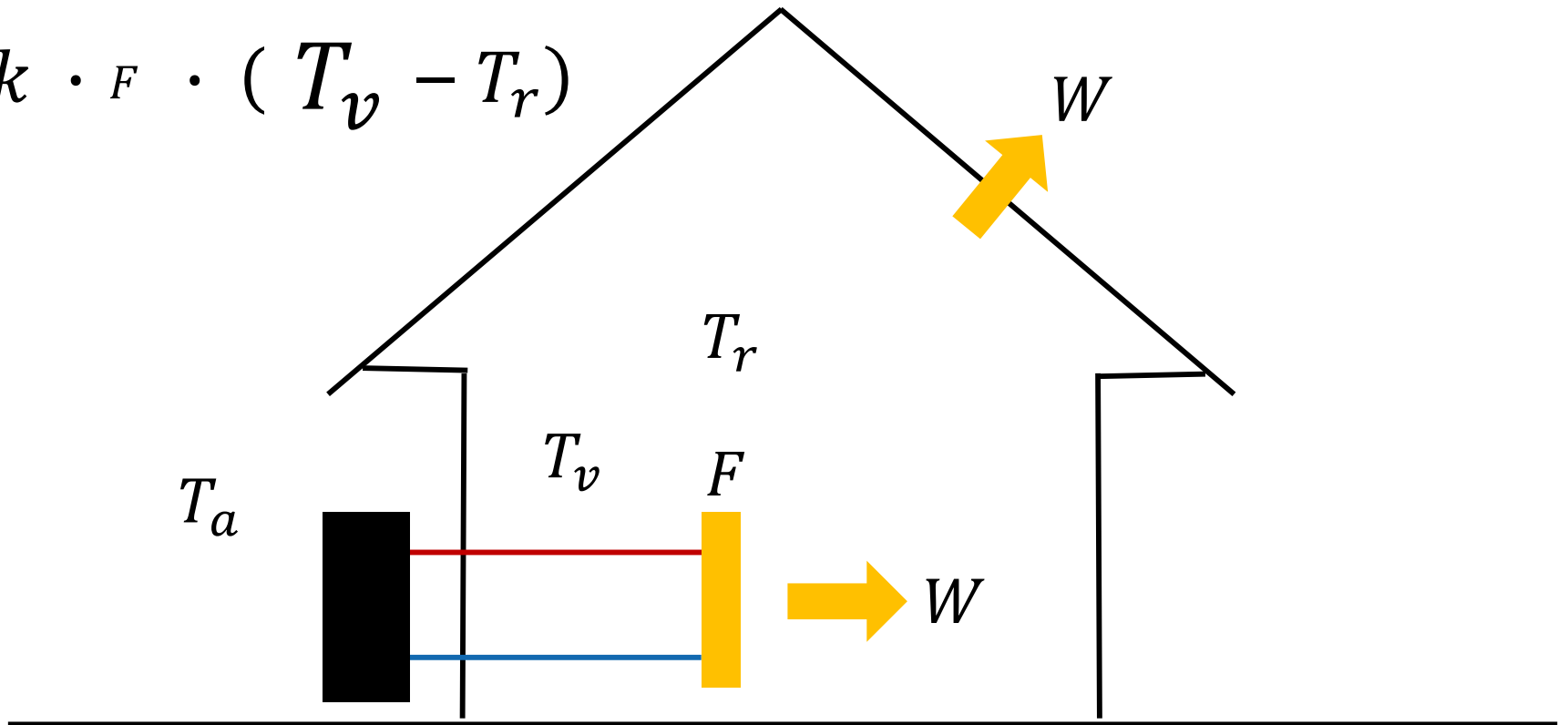
$$W = k \cdot F \cdot (T_v - T_r)$$





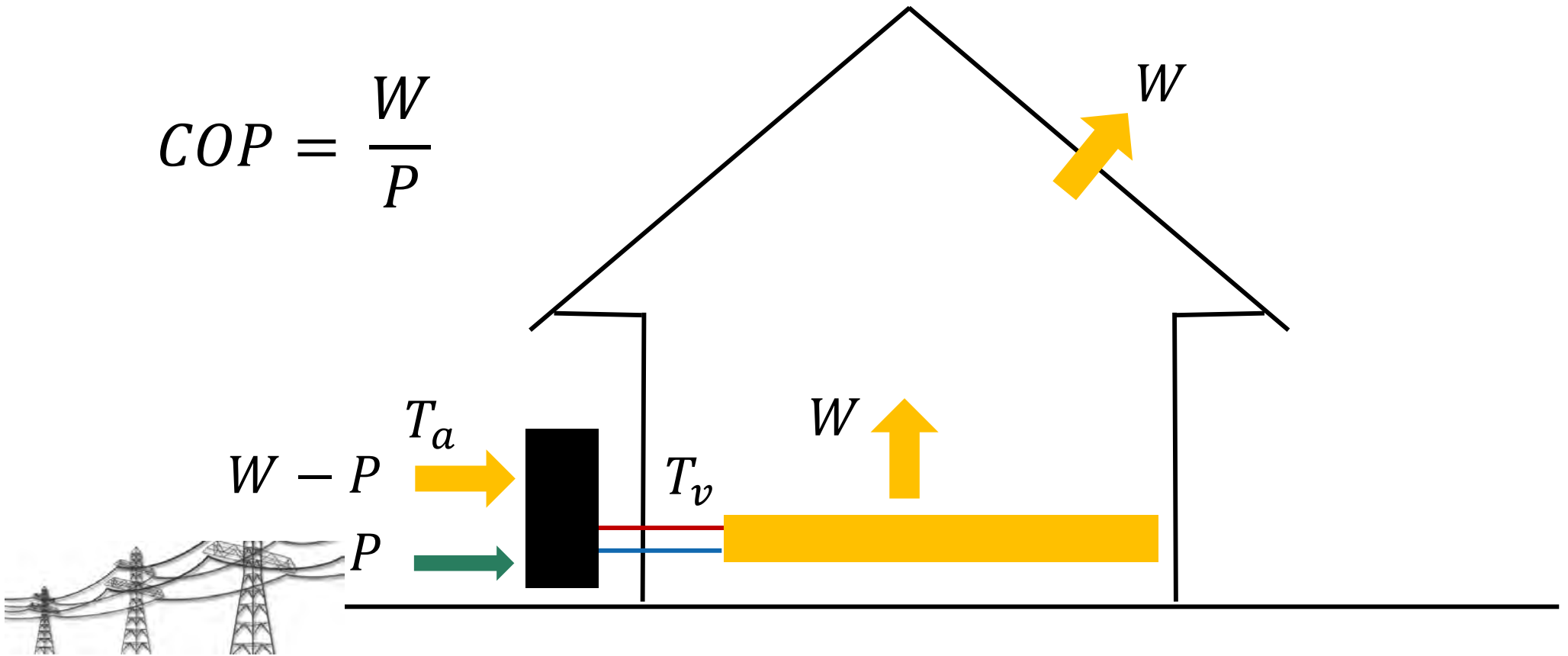
# Radiatoren

$$W = k \cdot F \cdot (T_v - T_r)$$

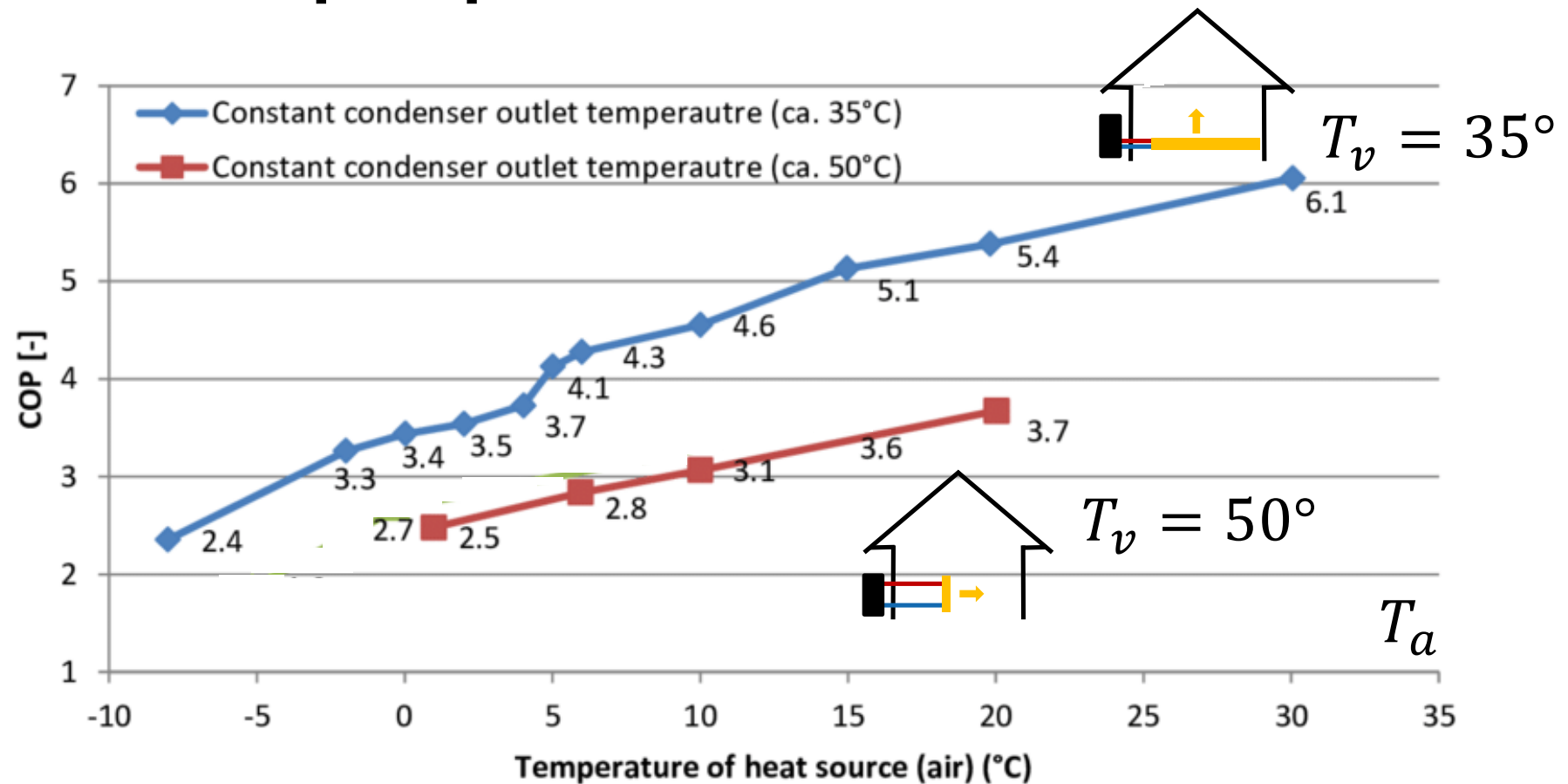


# Wärmepumpen

$$COP = \frac{W}{P}$$



# COP Wärmepumpen



# 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 (Jahresmittel),  $31 \text{ TWh} / 3.5 \approx 9 \text{ TWh}$

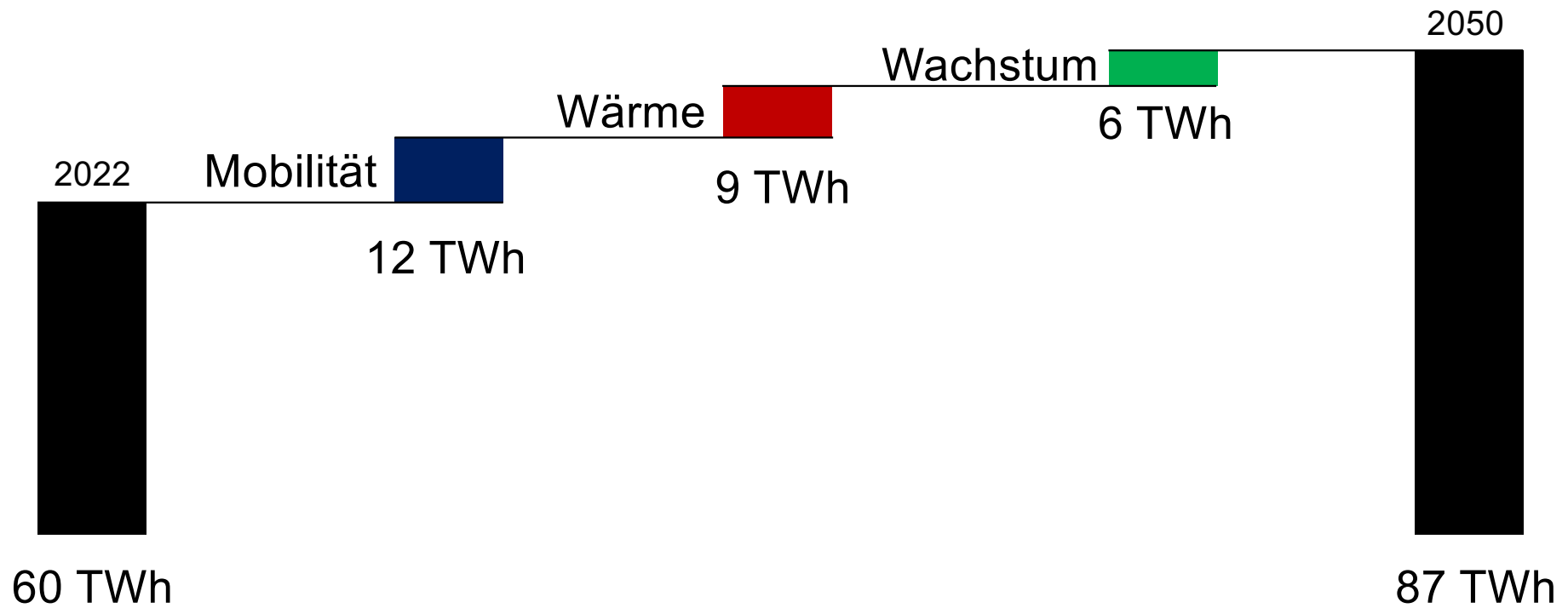
Mobilität rein elektrisch, 5 Mio. Autos, 20 kWh/100 km, 12'000 km/Jahr  $\approx 12 \text{ TWh}$

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

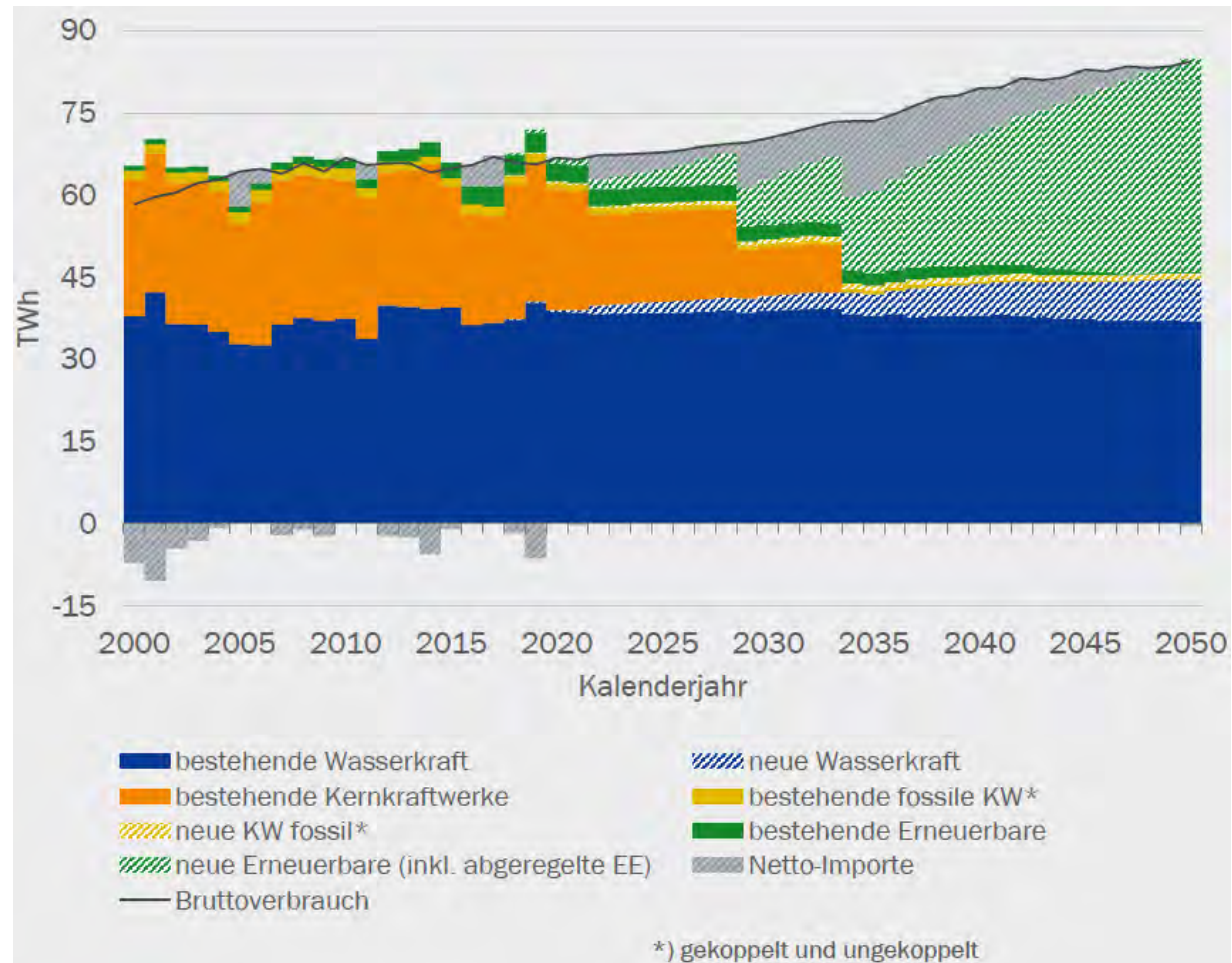
**Durchschnittsleistung: Sommer  $\approx 9 \text{ GW}$ , Winter  $\approx 13 \text{ GW}$**

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

# Abschätzung jährlicher Strombedarf CH – 2050

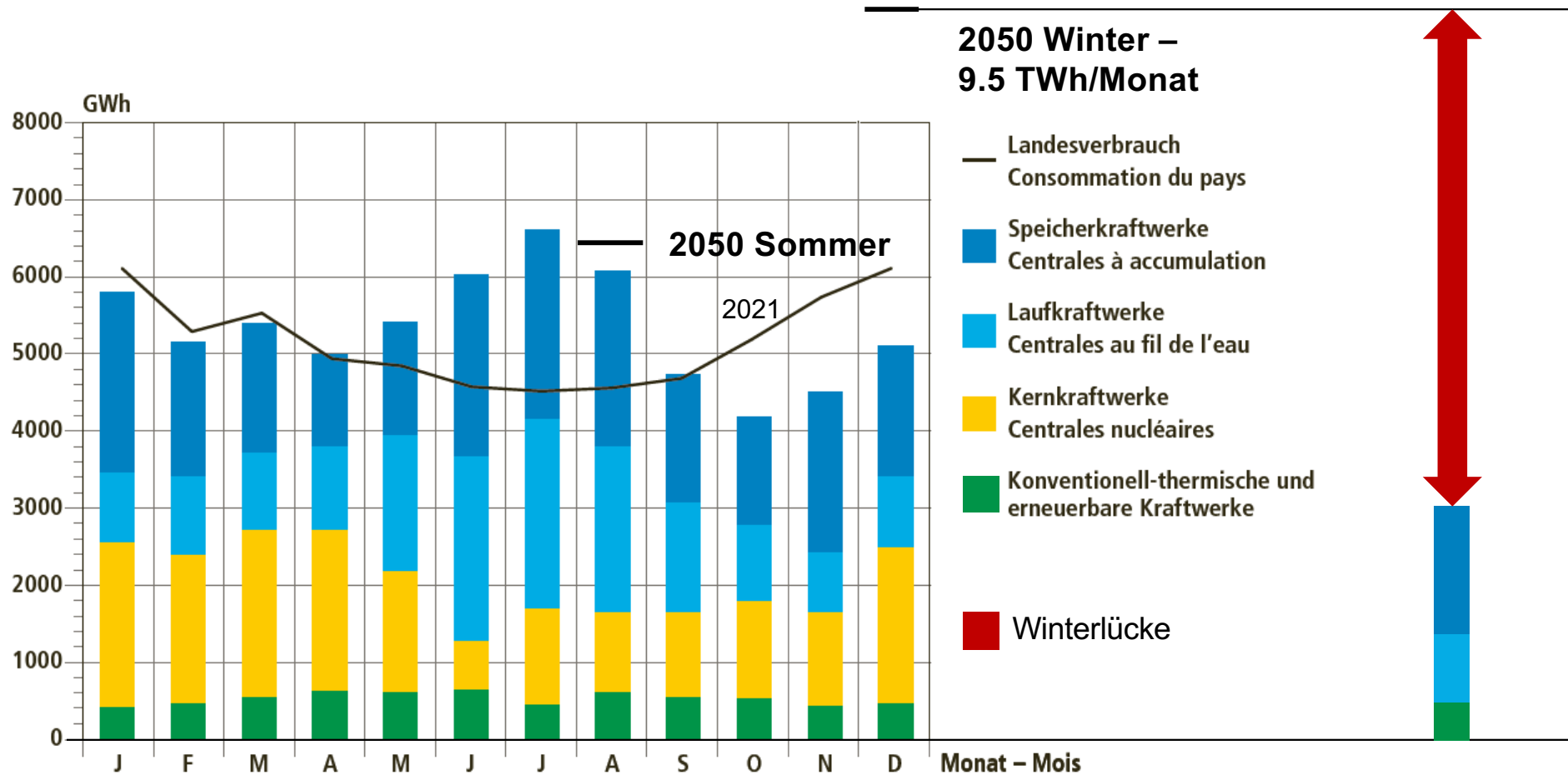


# Zukünftige Stromversorgung Schweiz – Jahresbetrachtung



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

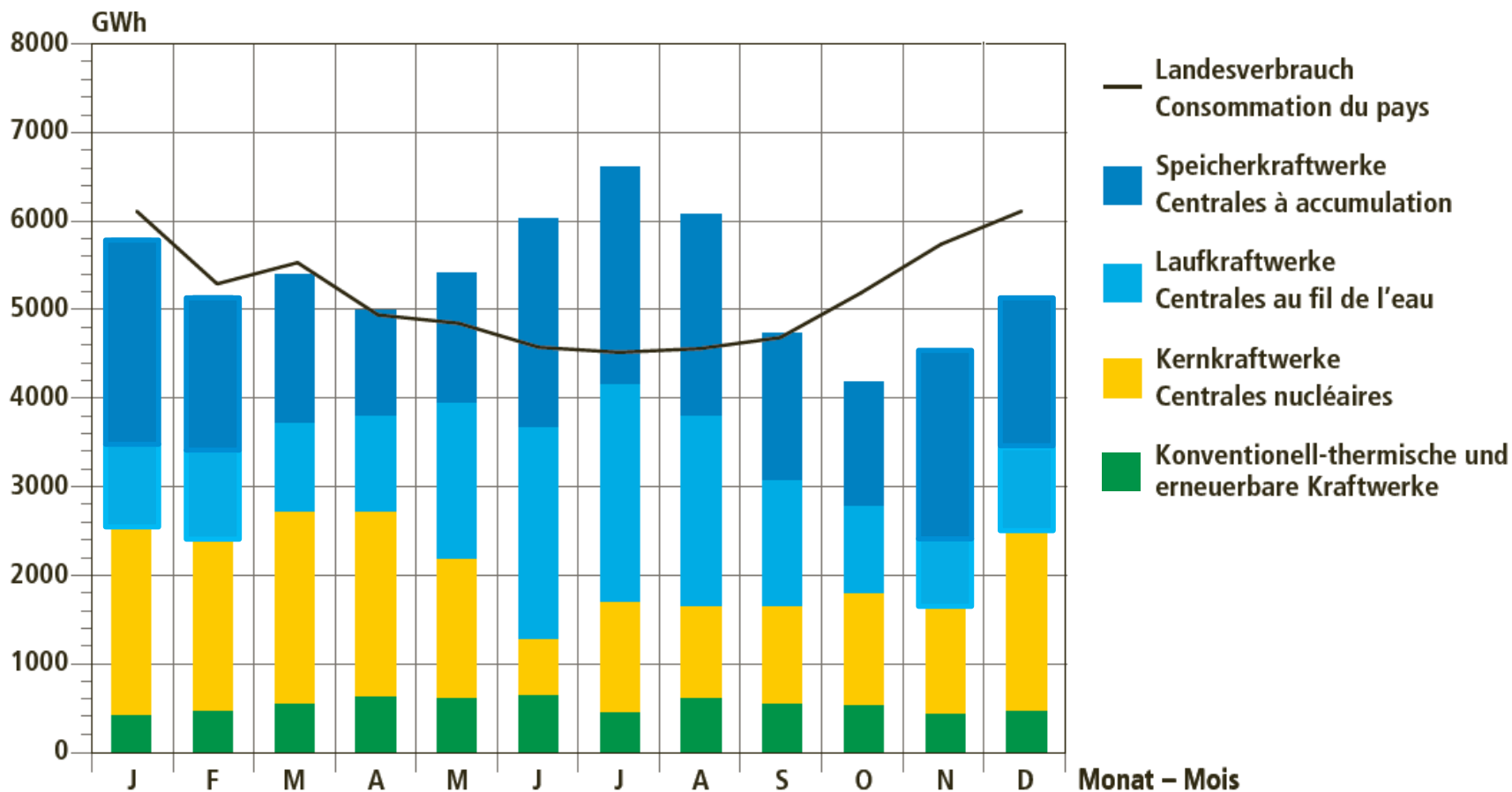


Speicher

3.7 TWh



Lauf

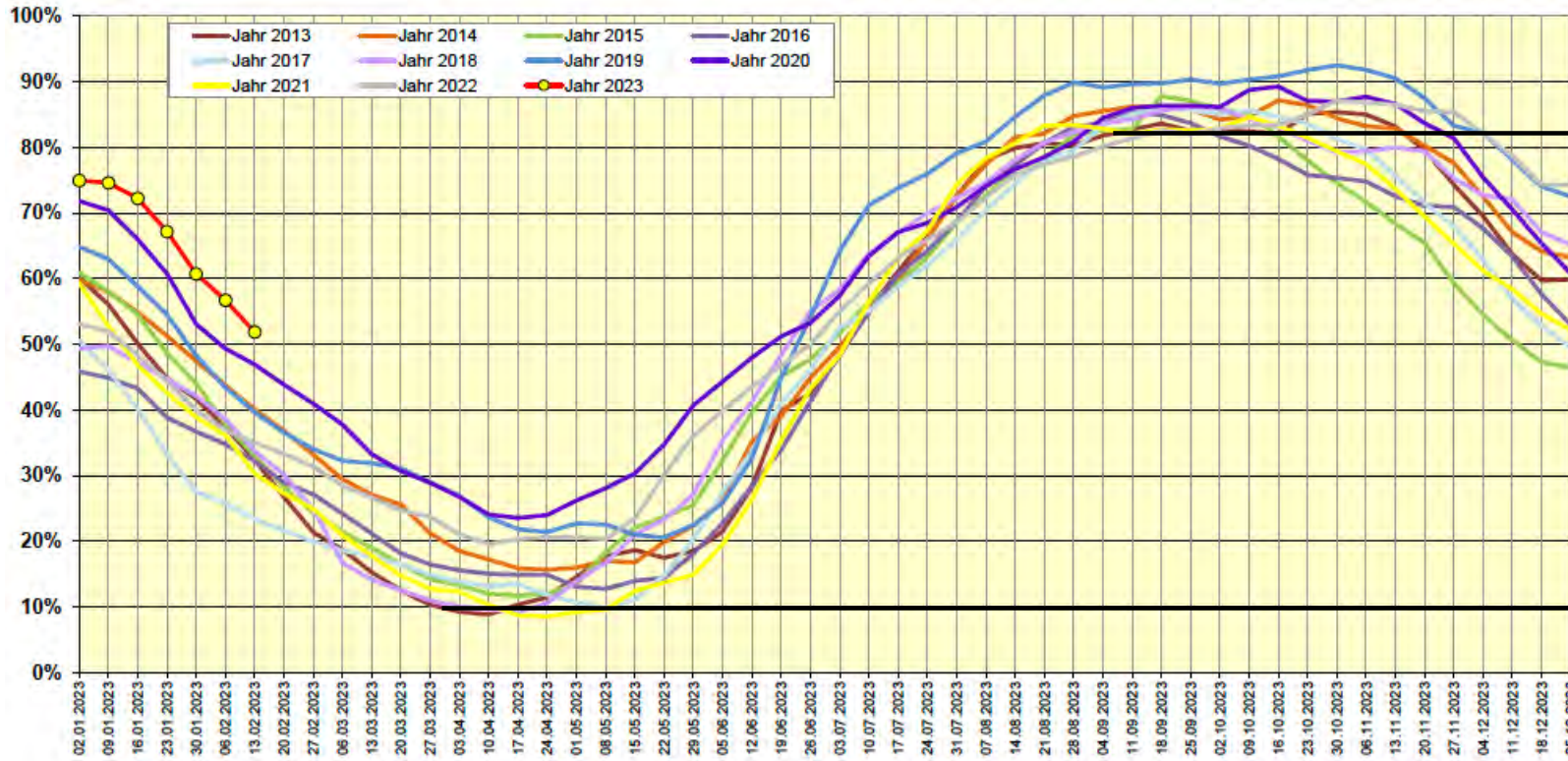


BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2021 (Fig. 10)  
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2021 (fig. 10)



# Füllstände Schweizer Speicherseen

8.8 TWh

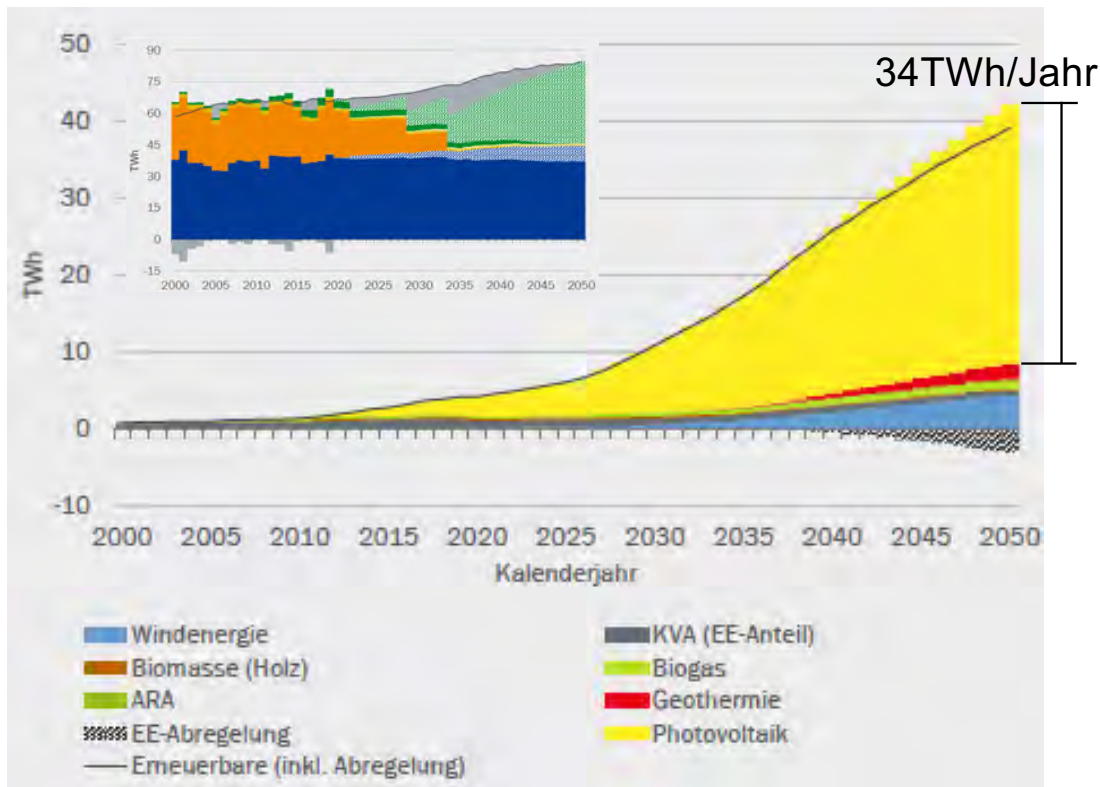


0.9 TWh

6.4 TWh

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

# Energie und Leistung von PV – Jahresbetrachtung



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

## PV-Anlagen CH, Jahr 2020

Installierte Leistung 2.9 GW

Generierte elektrische Energie 2.75 TWh/Jahr

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

Quelle: Swissolar, Faktenblatt, 2021

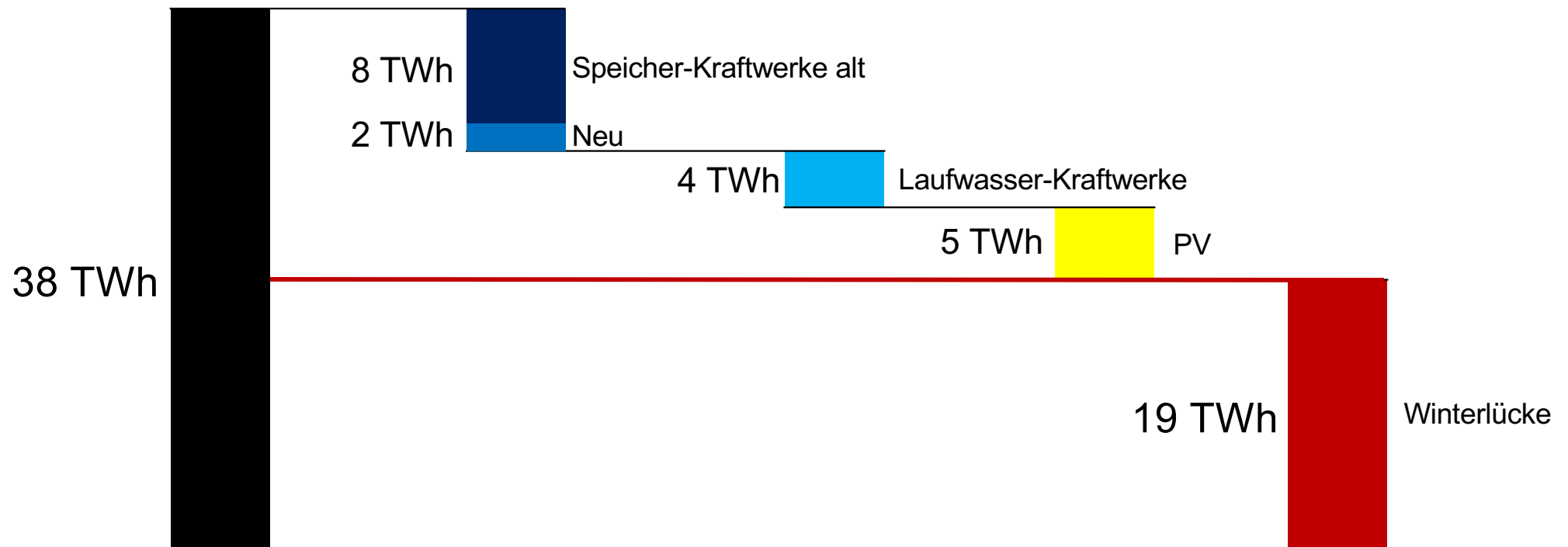
## PV-Anlagen CH, Prognosejahr 2050

$$\frac{2.9 \text{ GW} \times 34.00 \text{ TWh}}{2.75 \text{ TWh}} = 36.0 \text{ GW}$$

## Pro Memoria: Bedarf Prognosejahr 2050

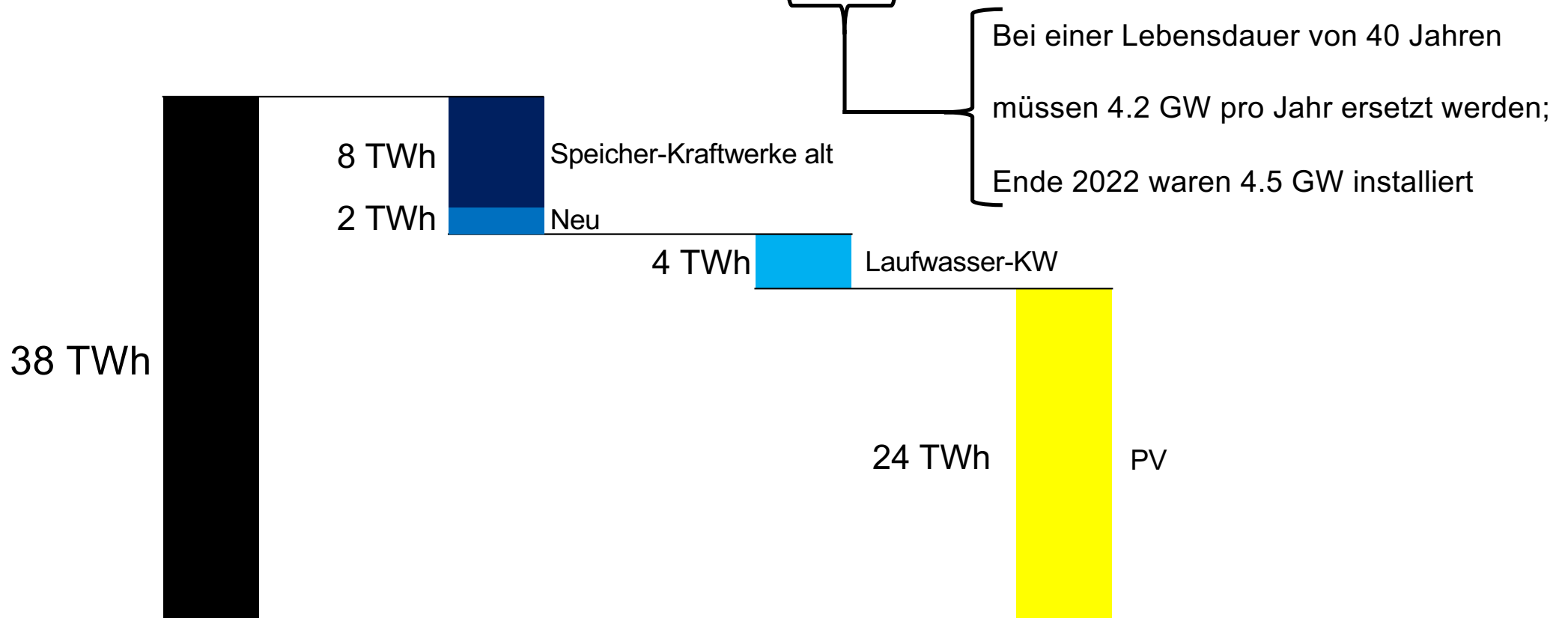
Im Sommer  $\approx 9 \text{ GW}$ , im Winter  $\approx 13 \text{ GW}$

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



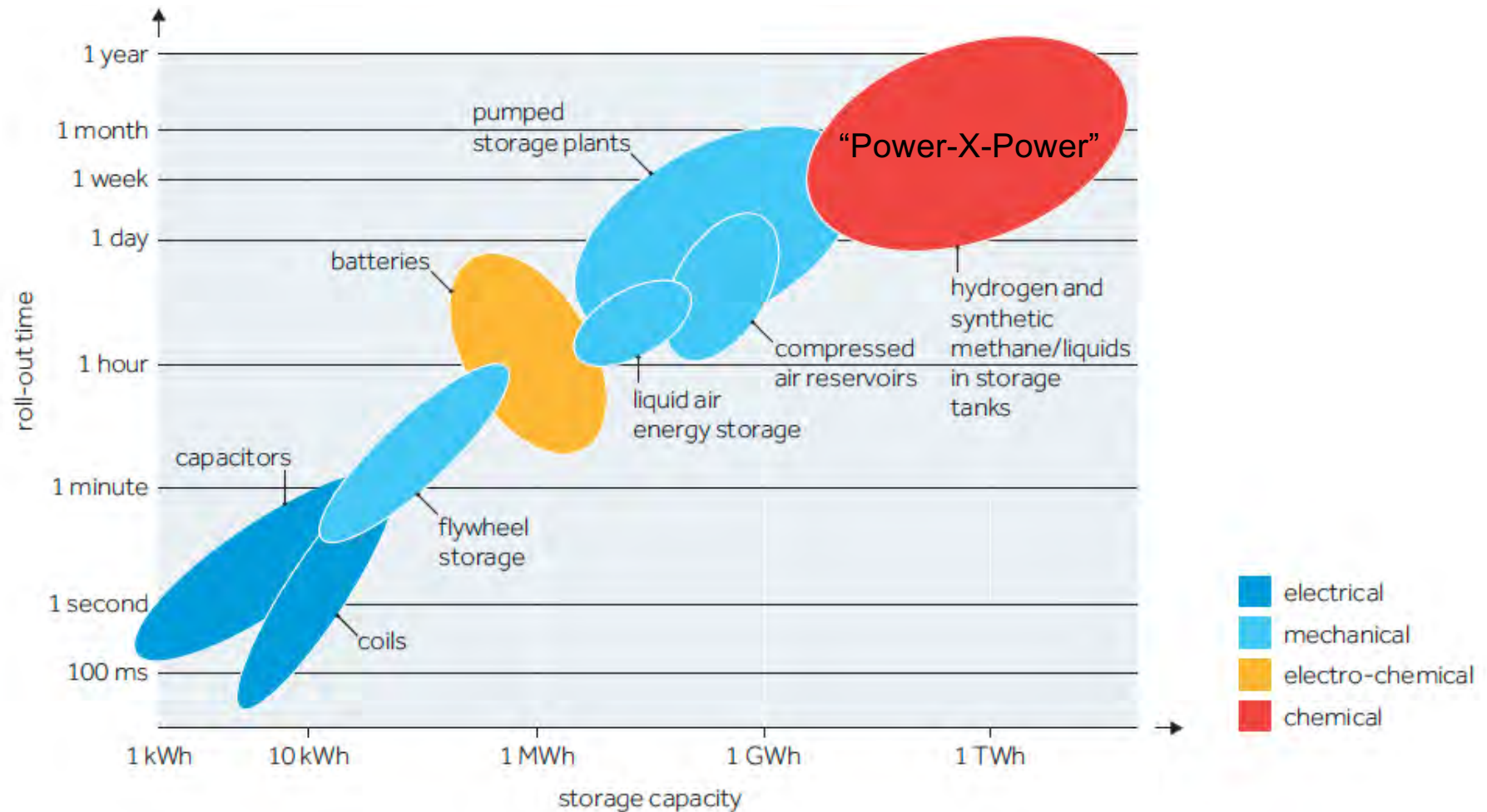
<sup>°</sup> Winter: 1. November -28. Februar

# Auslegeordnung Winter<sup>°</sup> – 170 GW PV im Mittelland



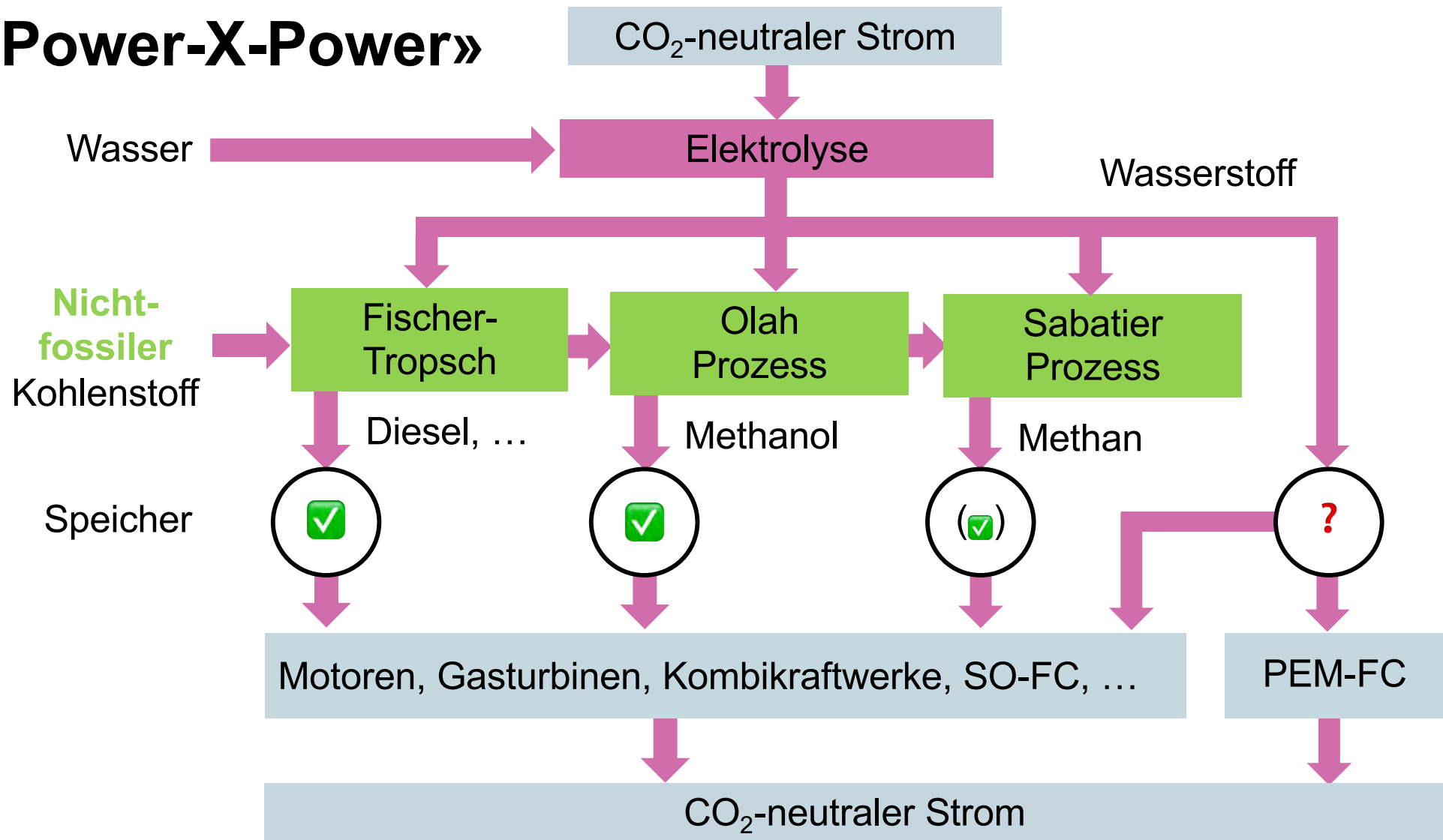
<sup>°</sup> Winter: 1. November -28. Februar

# Saisonale Speicherung elektrischer Energie

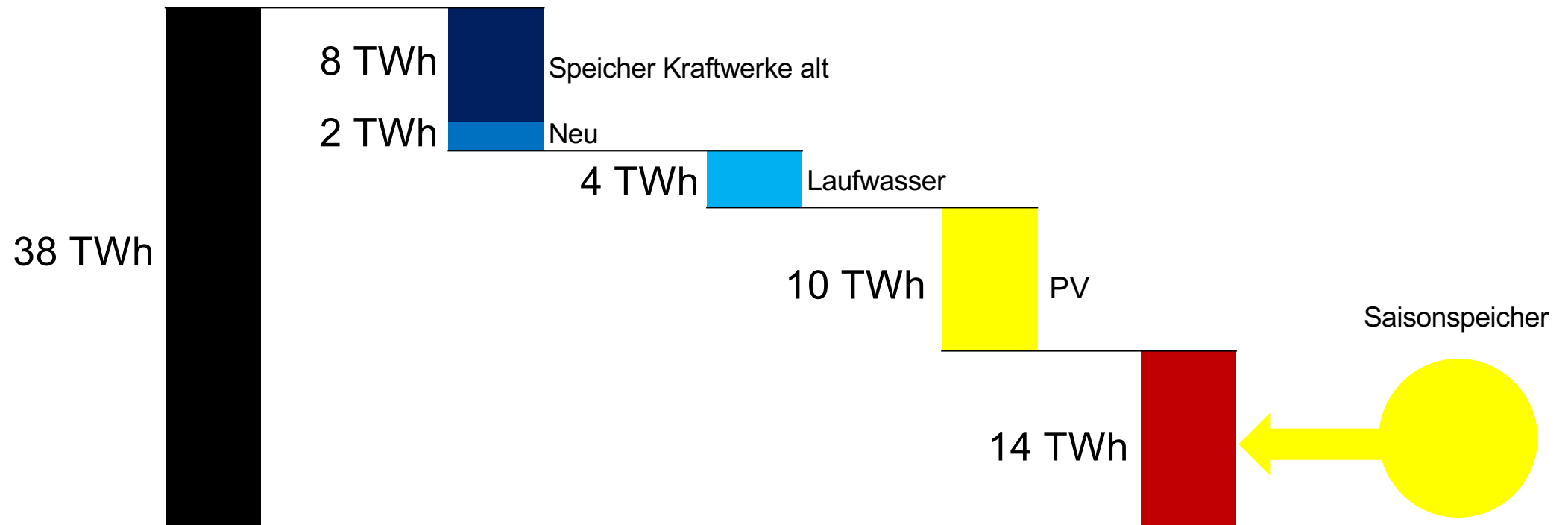


M. Yugo, A. Soler. A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe. Concave Review, vol. 28, no.1.

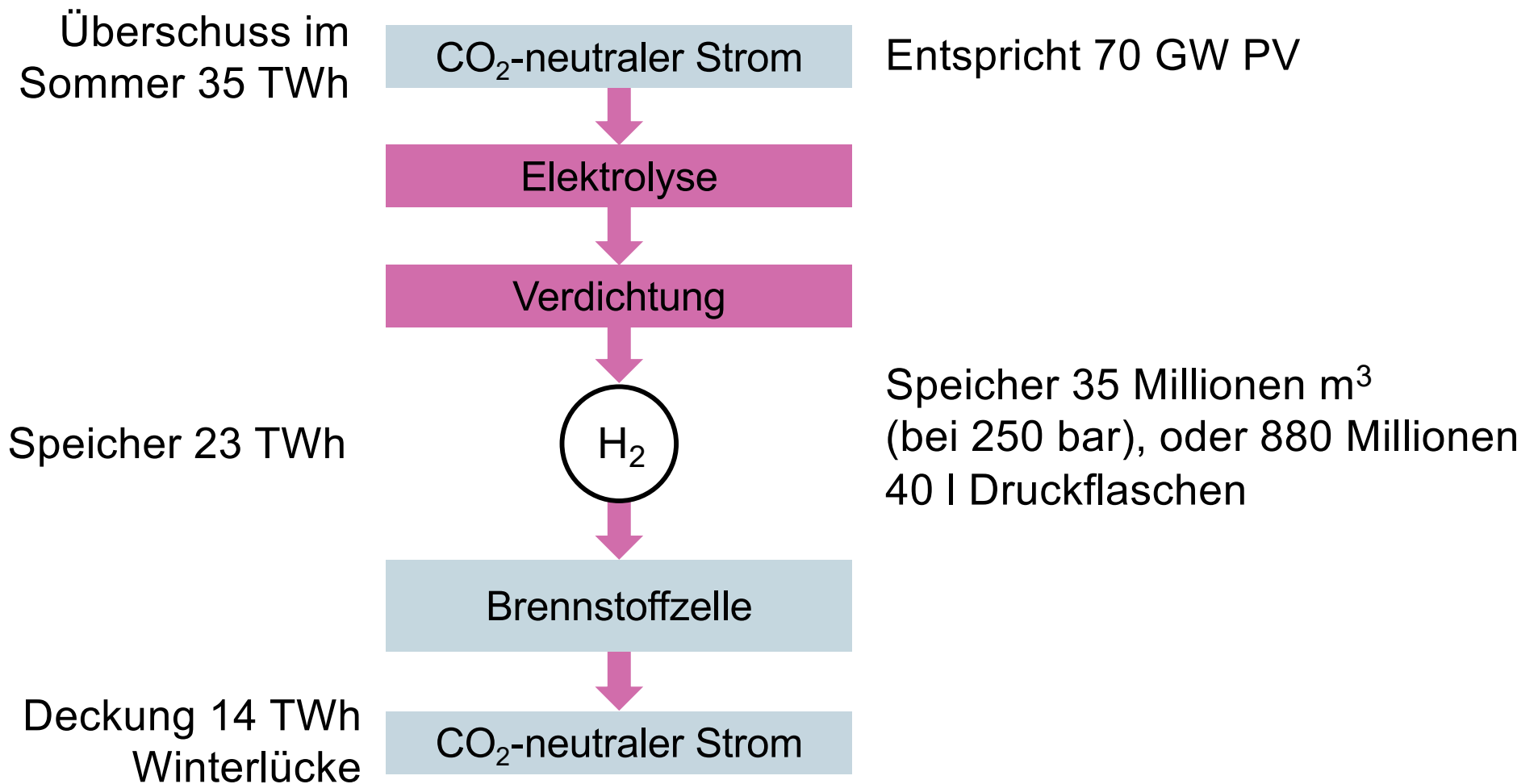
# «Power-X-Power»



# Auslegeordnung Winter – 70 GW PV im Mittelland



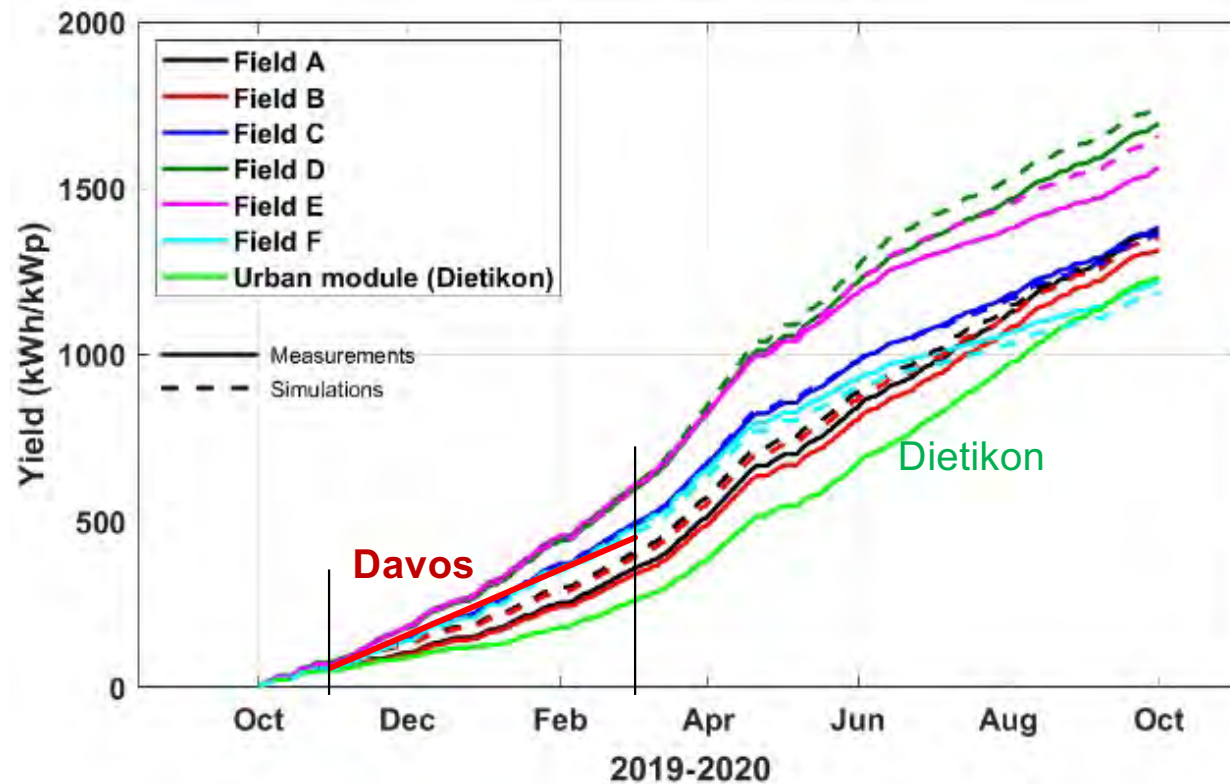
# Saisonspeicher mit Wasserstoff H<sub>2</sub>







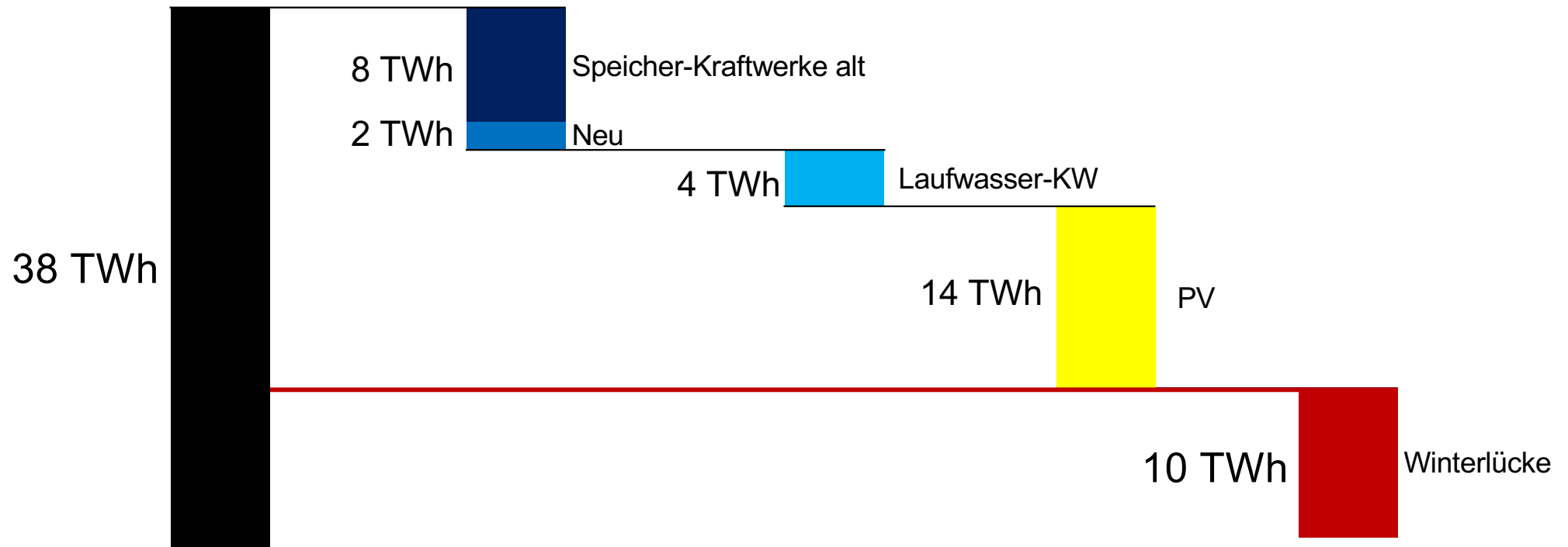
# PV Erträge in den Alpen – Pilotanlagen



Lastfaktor Davos:

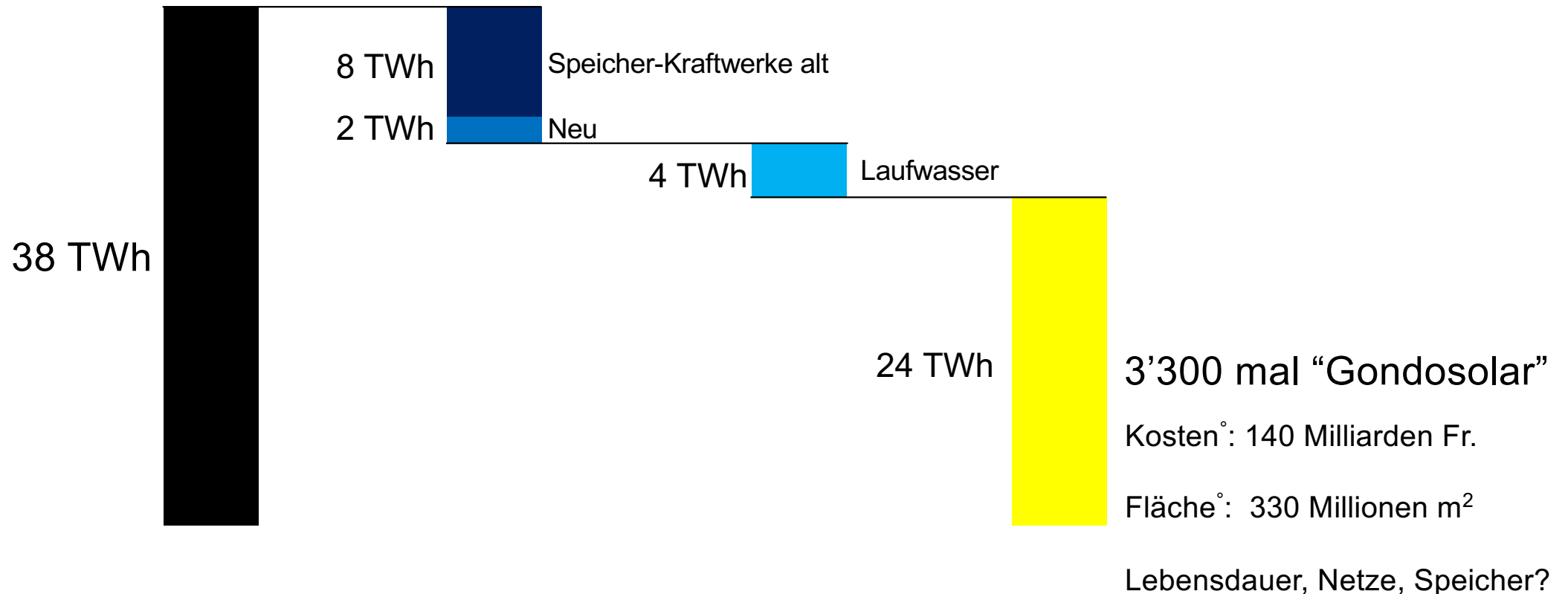
$$390 \text{ kWh} / 2'880 \text{ kWh} = 0.14$$

# Auslegeordnung Winter – 36 GW PV in den Alpen

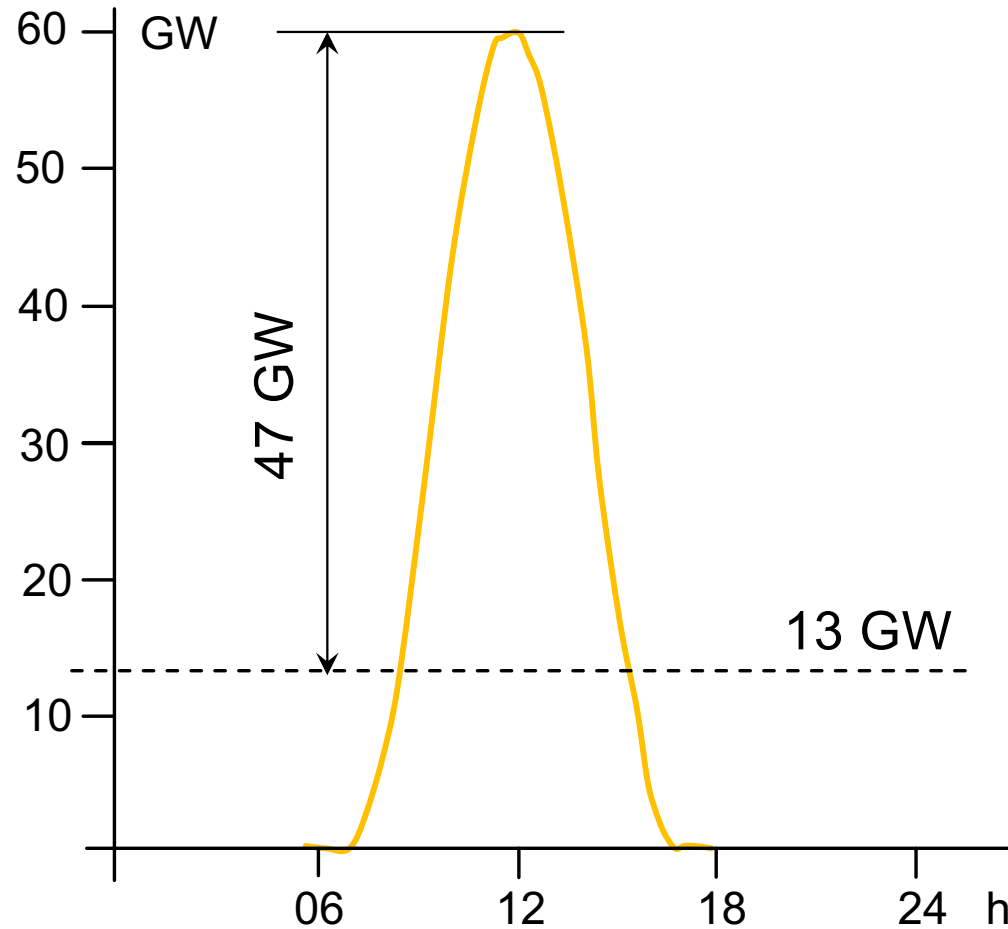


° Winter: 1. November -28. Februar

# 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)