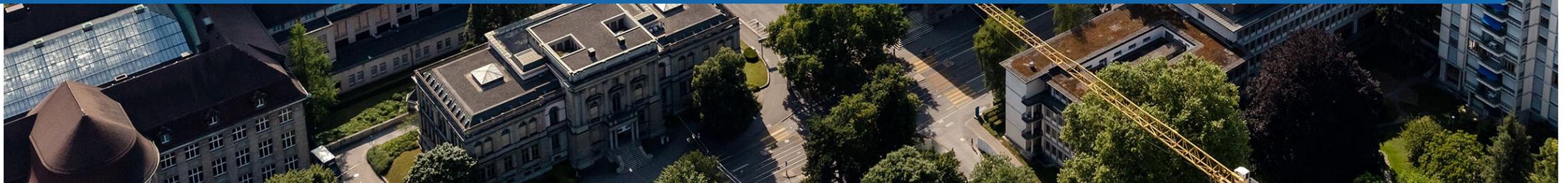




# Saisonale Wärmespeicher: ein wichtiger Beitrag zur ganzjährigen Sicherung unserer Energieversorgung

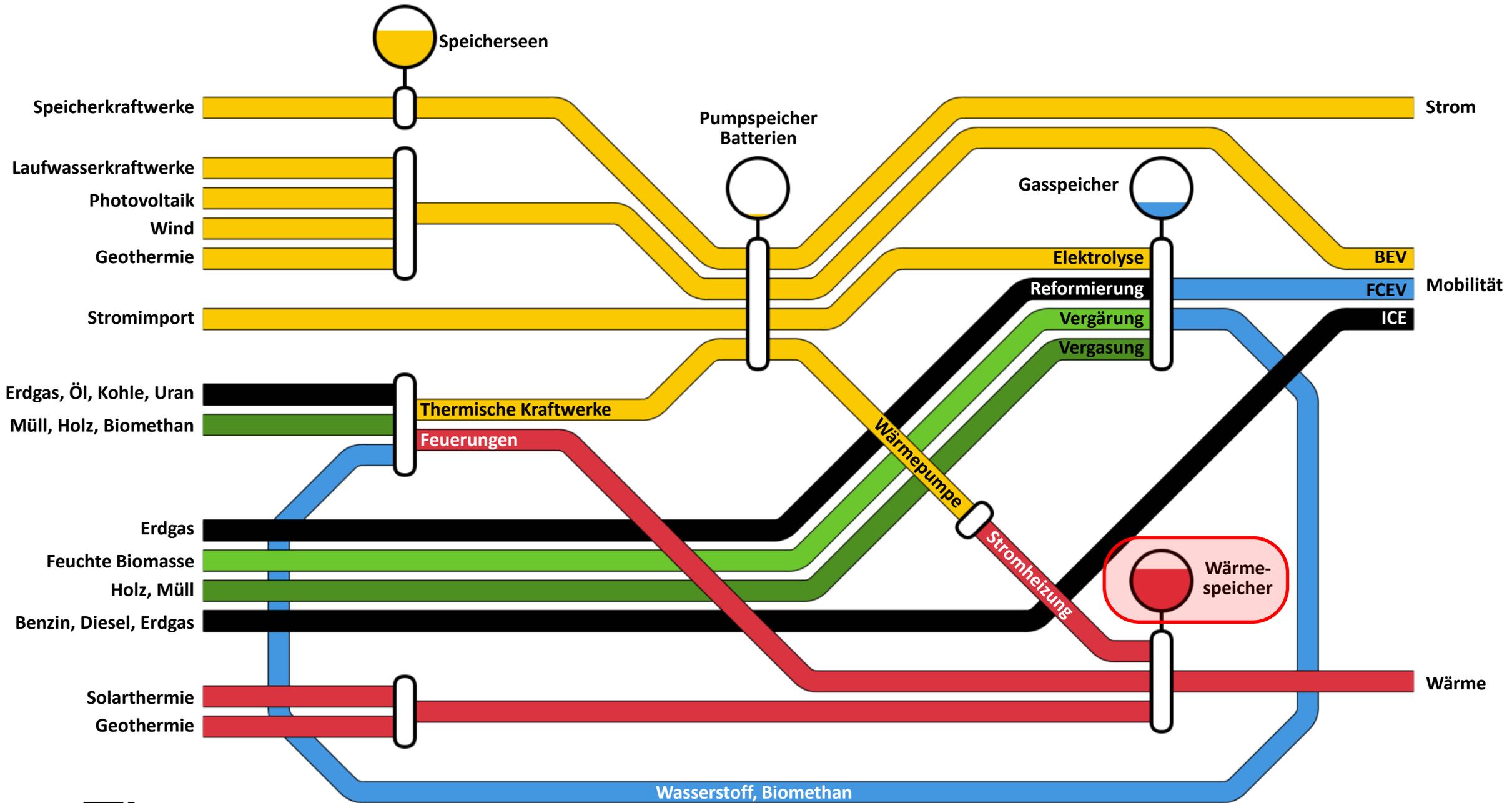
**Gianfranco Guidati**

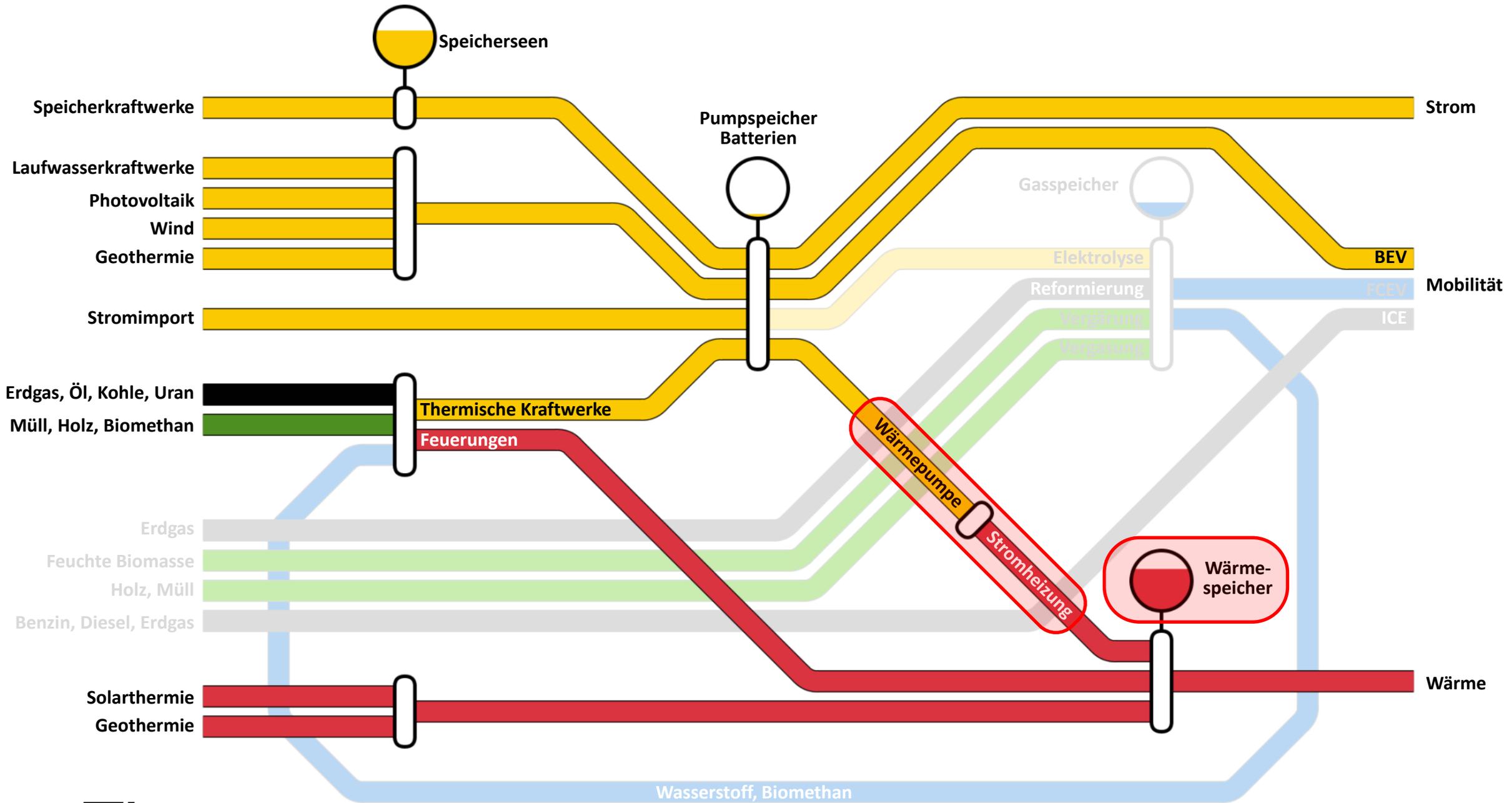
10. Mai 2022, FESS Roundtable



# Einführung

- Das Energiesystem ist ein Netzwerk aus Energieflüssen, das die primären Ressourcen (Brennstoffe, Biomasse, Wasserkraft, Sonne, Wind, usw) mit dem Verbrauch von Strom, Wärme und Mobilität verbindet
- Wichtige Elemente sind Konversionstechnologien, die eine Energieform in eine andere umwandeln und Speicher, die eine zeitliche Verschiebung ermöglichen
- Wärmespeicher wirken zunächst nur im Wärmesystem, via Wärmepumpen (und Stromheizungen) sind sie jedoch mit dem Stromsystem und damit mit dem kompletten Energiesystem verbunden
- Wärmespeicher können den Winterstrombedarf auf verschiedene Weise reduzieren
  - Wärmepumpen nutzen die durch Photovoltaik erhöhte Stromerzeugung im Sommer, speichern diese Wärme und entlasten dafür den Verbrauch im Winter; zusätzlich erhöht sich ihre jährliche Auslastung
  - Wärmespeicher erlauben es, den Wärmeüberschuss der Kehrlichtverbrennungsanlagen im Sommer für den Winter nutzbar zu machen; dies reduziert die Notwendigkeit für weitere Wärmepumpen und damit wieder den Winterstrombedarf
  - Die Regeneration von Erdsonden erlaubt einen stärkeren Ausbau dieser Technologie in dicht besiedeltem Gebiet und verringert den Winterstrombedarf durch eine höhere Effizienz





# Modellierung des Energiesystem

- Energiesystemmodelle bilanzieren die Energieflüsse zwischen den Elementen des Energiesystems
- Modelle unterscheiden sich nach räumlicher und zeitlicher Auflösung
- Die folgenden Ergebnisse wurden mit Swiss Energyscope (ETH) erzeugt
  - Keine räumliche Auflösung (ein PV-Panel, eine Luft/Wasser Wärmepumpe, usw)
  - 24 typische Tage ersetzen das vollständige Jahr
  - Zeitliche Auflösung von täglich acht 3-Stunden Blöcken  
(siehe auch [https://sccer-jasm.ch/JASMpapers/JASM\\_results\\_ses\\_eth.pdf](https://sccer-jasm.ch/JASMpapers/JASM_results_ses_eth.pdf))
- Linearer Optimierer optimiert das Design des Energiesystems und seinen jährlichen Betrieb für ein zukünftiges Zieljahr, hier 2050
- Totale Systemkosten (Betriebs- und annualisierte Investitionskosten) werden für ein gegebenes CO<sub>2</sub>-Ziel minimiert; hier für ein Netto-Null Szenario:  $-6 \text{ Mt}_{\text{CO}_2}/\text{a}$  im Energiesystem

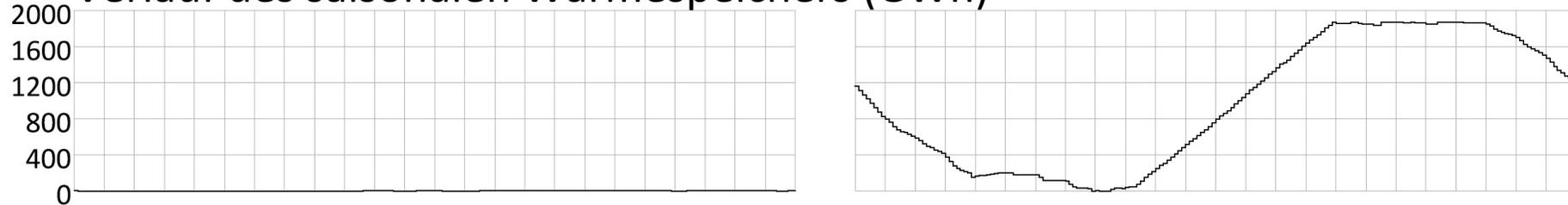
# Szenario Varianten: Technologie “Konservativ” vs. “Innovativ”

	<b>Konservativ</b>	<b>Innovativ</b>
Wasserkraft	< 33.6 TWh/a	< 37.1 TWh/a
Speicherseen	< 6.5 TWh	< 8.5 TWh
Tiefengeothermie	Nein	< 10 TWh/a
Windkraft	< 0.9 GW	< 2.1 GW
Alpine Photovoltaik	Nein	< 4 GW
Zentrale Güllevergärung	Nein	Ja
Pyrolyse von Gärresten	Nein	Ja
Saisonale H <sub>2</sub> -Speicher	Nein	Ja
<b>Saisonale Wärmespeicher (TES)</b>	<b>Nein</b> <b>Ja</b>	<b>Nein</b> <b>Ja</b>

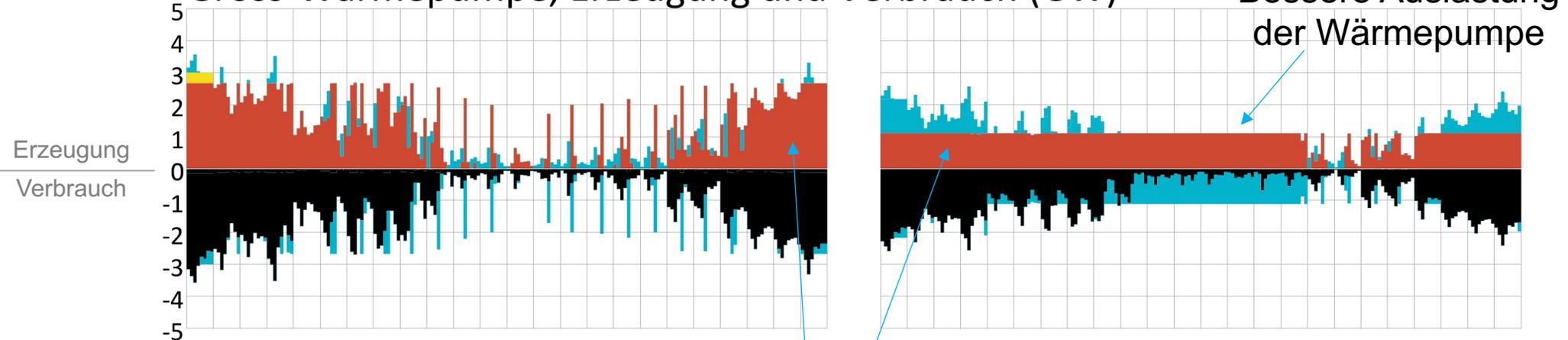
# Beispiel: Wärmepumpe im Wärmenetz

Zieljahr 2050 mit 24 typischen Tagen, Netto-Null Szenario bei  $-6 \text{ Mt}_{\text{CO}_2/\text{a}}$

### Verlauf des saisonalen Wärmespeichers (GWh)



### Gross-Wärmepumpe, Erzeugung und Verbrauch (GW)



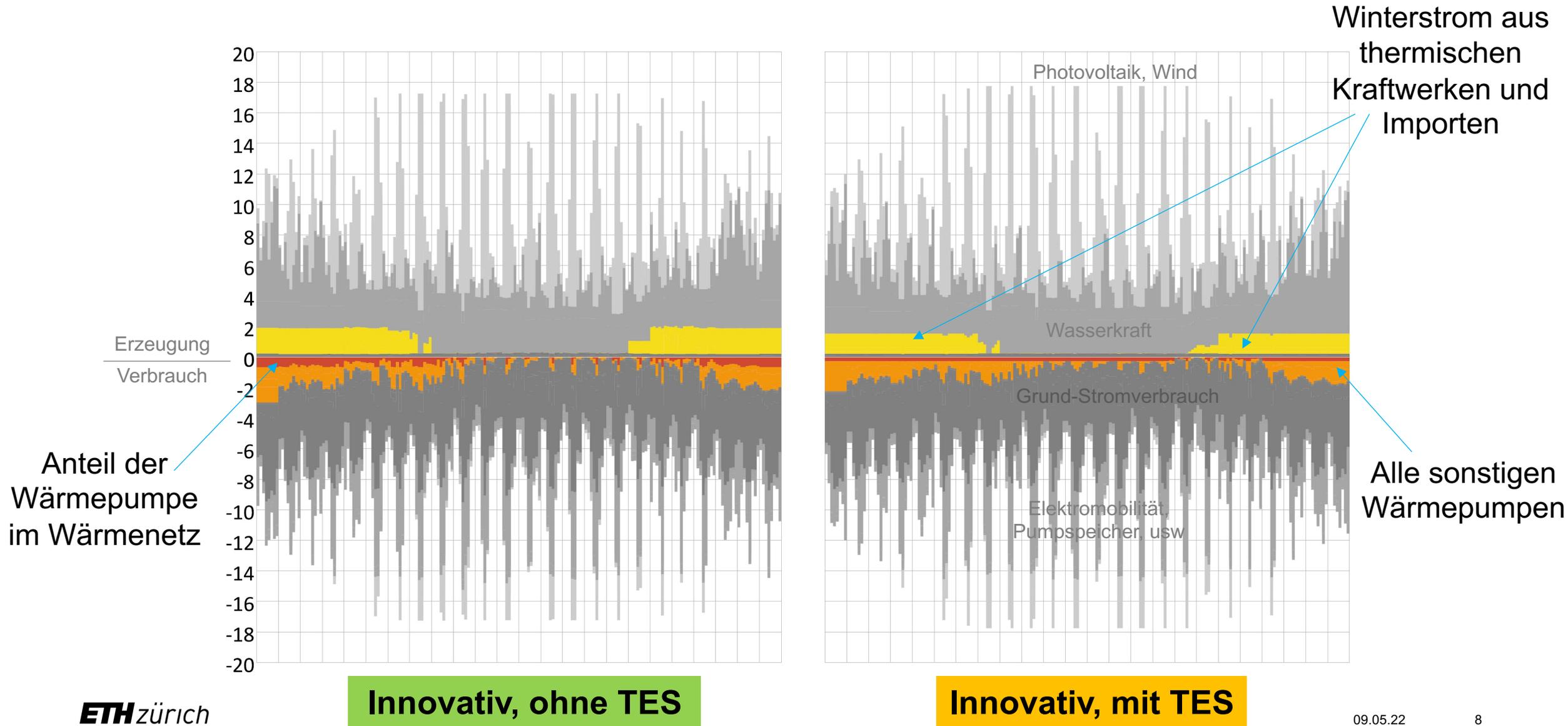
**Innovativ, ohne TES**

**Innovativ, mit TES**

Reduzierter  
Winterstrombedarf

# Stromerzeugung und –verbrauch im Energiesystem

Zieljahr 2050 mit 24 typischen Tagen, Netto-Null Szenario bei  $-6 \text{ Mt}_{\text{CO}_2/\text{a}}$



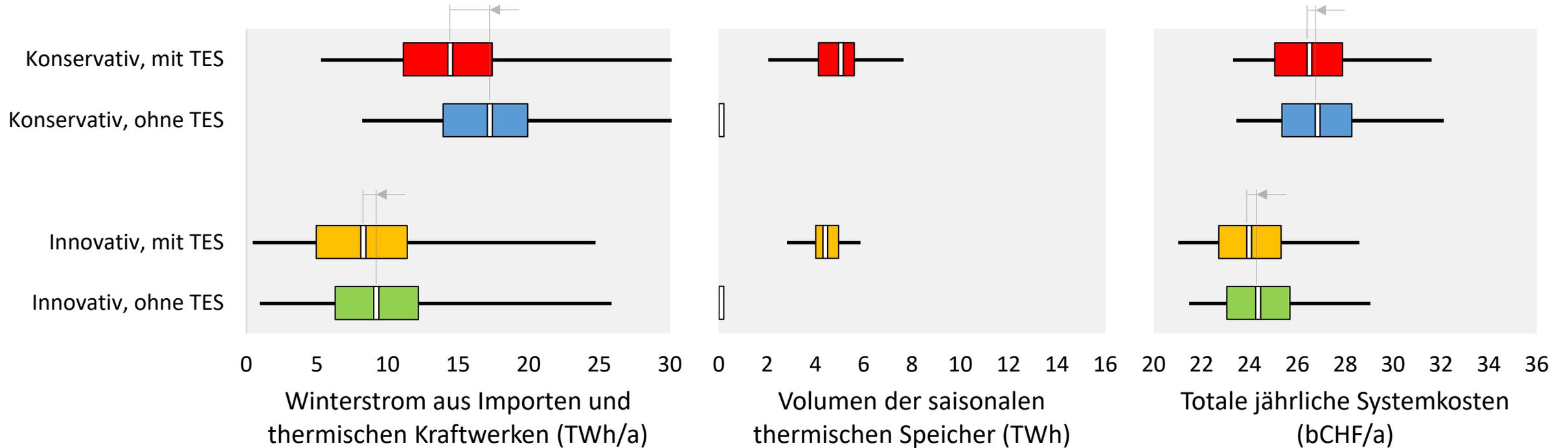
# Der Wert von thermischen Speichern

Zieljahr 2050, Netto-Null Szenario bei  $-6 \text{ Mt}_{\text{CO}_2/\text{a}}$ , Monte-Carlo Variation von Inputgrößen

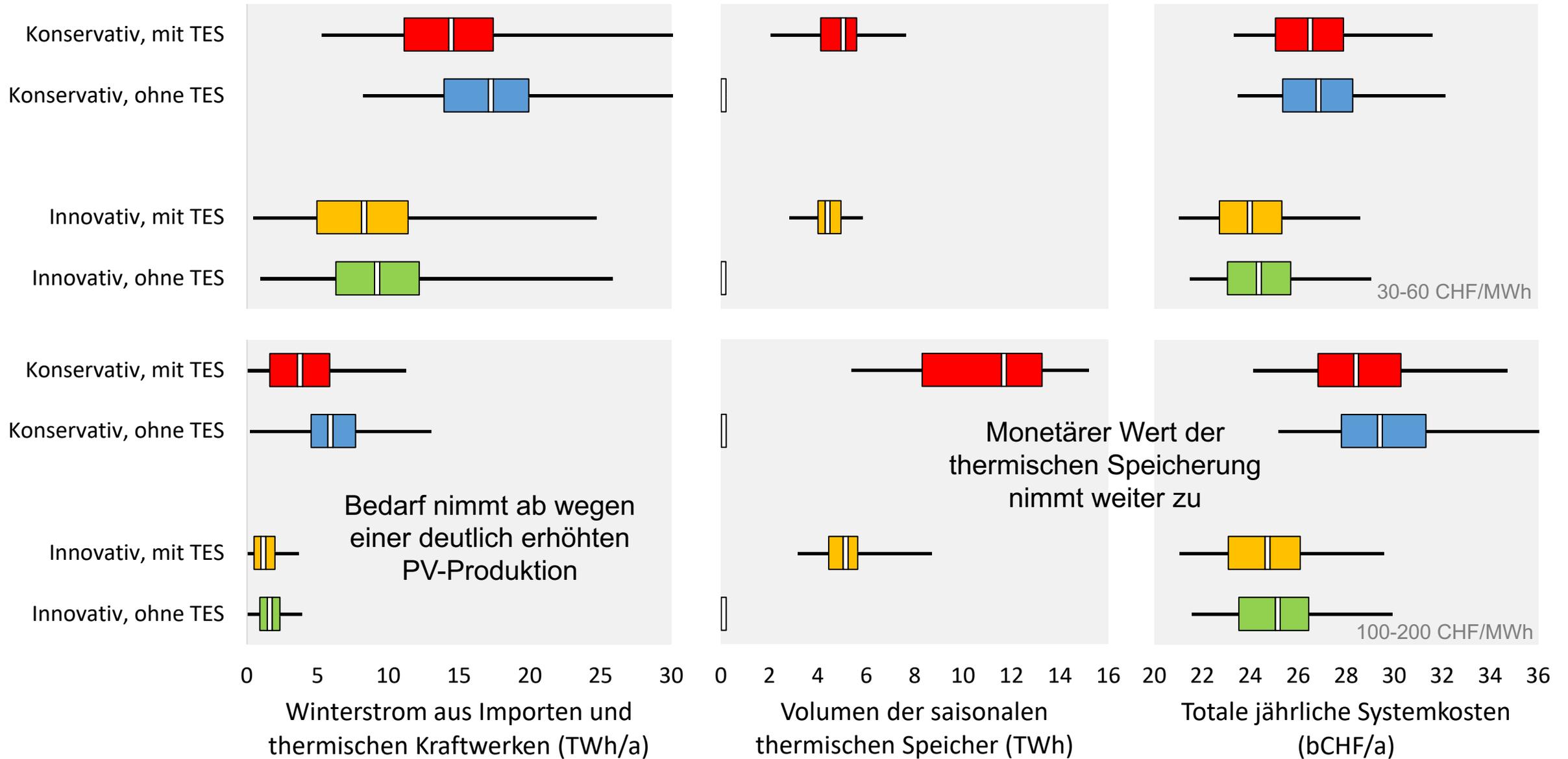
Reduktion des Winterstrombedarfs um 1-3 TWh

4-5 km<sup>2</sup> Erdbeckenspeicher ( $\Delta T = 50 \text{ K}$ , 20 m Tiefe)

Jährliche Einsparungen von 300-400 mio CHF



# Erhöhung des Gaspreises von 30-60 CHF/MWh auf 100-200 CHF/MWh



# Zusammenfassung

- Der Wert von saisonalen Wärmespeichern kann mittels Energiesystemmodellierung quantifiziert werden
- Speichervolumina in der Grössenordnung von 5-10 TWh<sub>th</sub> können den Bedarf an Winterstrom um 1-3 TWh<sub>el</sub>/a reduzieren
- Mit Erdbeckenspeichern würde das eine Fläche von 5-10 km<sup>2</sup> benötigen (Die Schweizer Speicherseen bedecken eine Fläche von 100 km<sup>2</sup> bei 8 TWh<sub>el</sub>)
- Weitere Möglichkeiten zur Reduktion des Winterstrombedarfs wurden nicht explizit modelliert
  - Saisonale Wärmespeicher in grösseren Überbauungen
  - Regeneration von Erdsondenfeldern
- Insgesamt wird die mögliche Einsparung von Strom in den Wintermonaten auf bis zu 4 TWh<sub>el</sub>/a geschätzt

**ETH** zürich

Dr. Gianfranco Guidati  
Projektmanager  
[Gianfranco.guidati@esc.ethz.ch](mailto:Gianfranco.guidati@esc.ethz.ch)

ETH Zürich  
Energy Science Center  
Sonneggstrasse 28  
8093 Zürich

[www.esc.ethz.ch](http://www.esc.ethz.ch)