



# Analyse des Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicherbedarfs

in Österreich für 2040

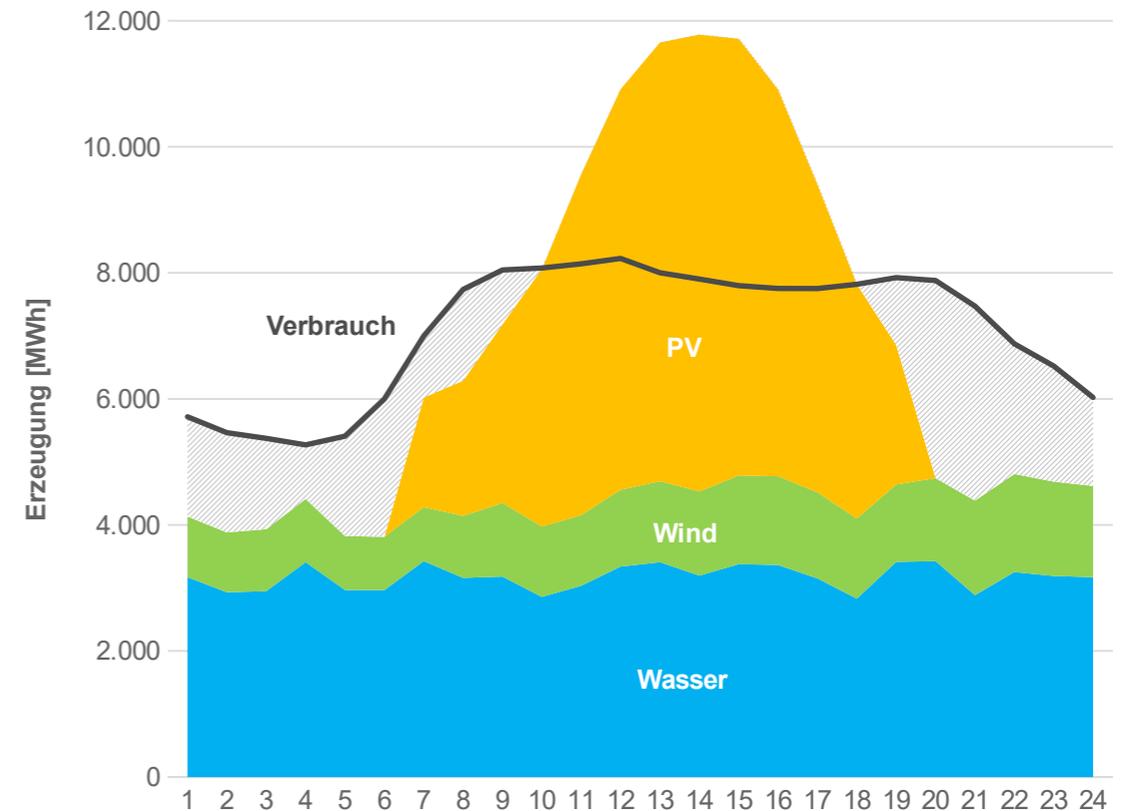
**Robert Gaugl**  
**Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation/TU Graz**

14.02.2024

# Rolle der Speicher

in erneuerbaren Elektrizitätssystemen

- Die meisten **erneuerbaren Energiequellen** sind **fluktuierend**

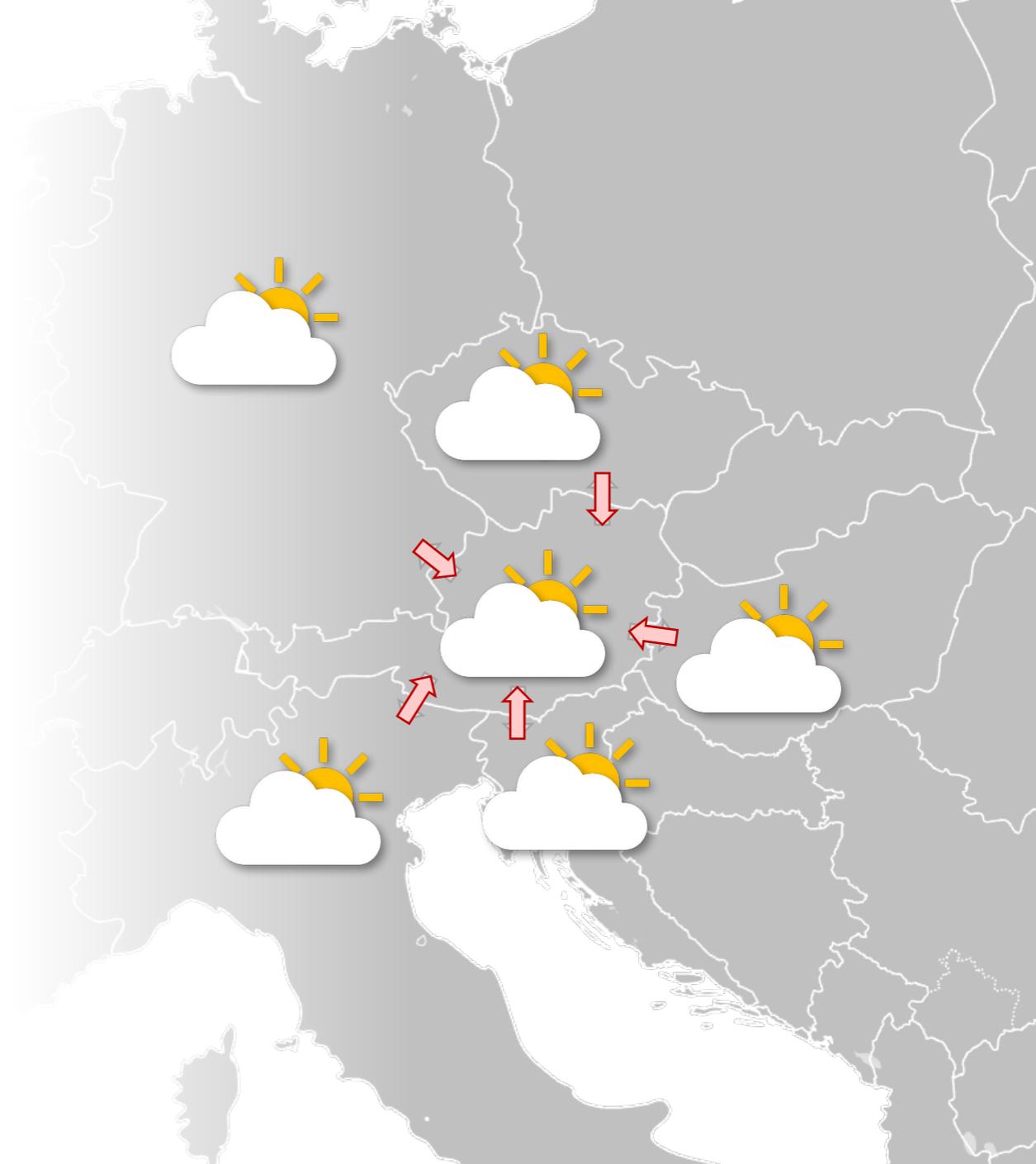


Illustratives Beispiel

# Rolle der Speicher

in erneuerbaren Elektrizitätssystemen

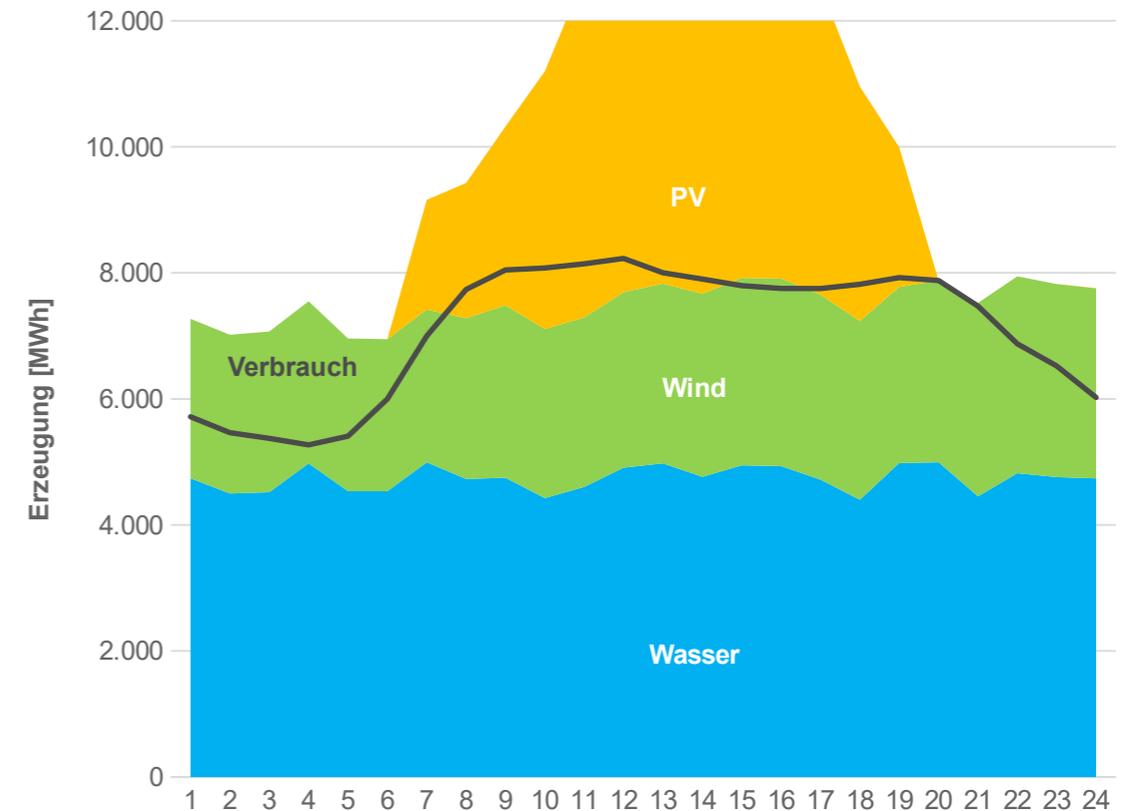
- Die meisten **erneuerbaren Energiequellen** sind **fluktuierend**
- **Lösung 1: Importe und Exporte**
  - Was, wenn Nachbarländer gleich denken?



# Rolle der Speicher

## in erneuerbaren Elektrizitätssystemen

- Die meisten **erneuerbaren Energiequellen** sind **fluktuierend**
- Lösung 1: **Importe und Exporte**
  - Was, wenn Nachbarländer gleich denken?
- Lösung 2: **Überdimensionierung**
  - Wirtschaftlich nicht sinnvoll

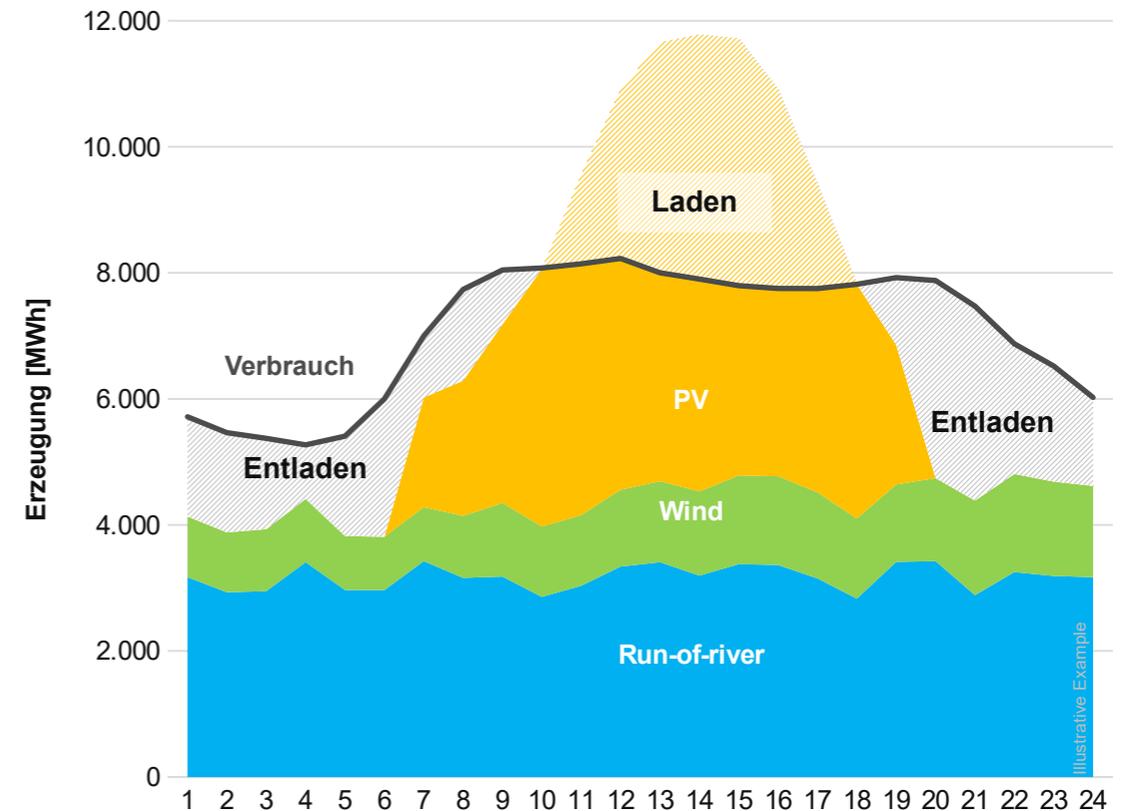


Illustratives Beispiel

# Rolle der Speicher

## in erneuerbaren Elektrizitätssystemen

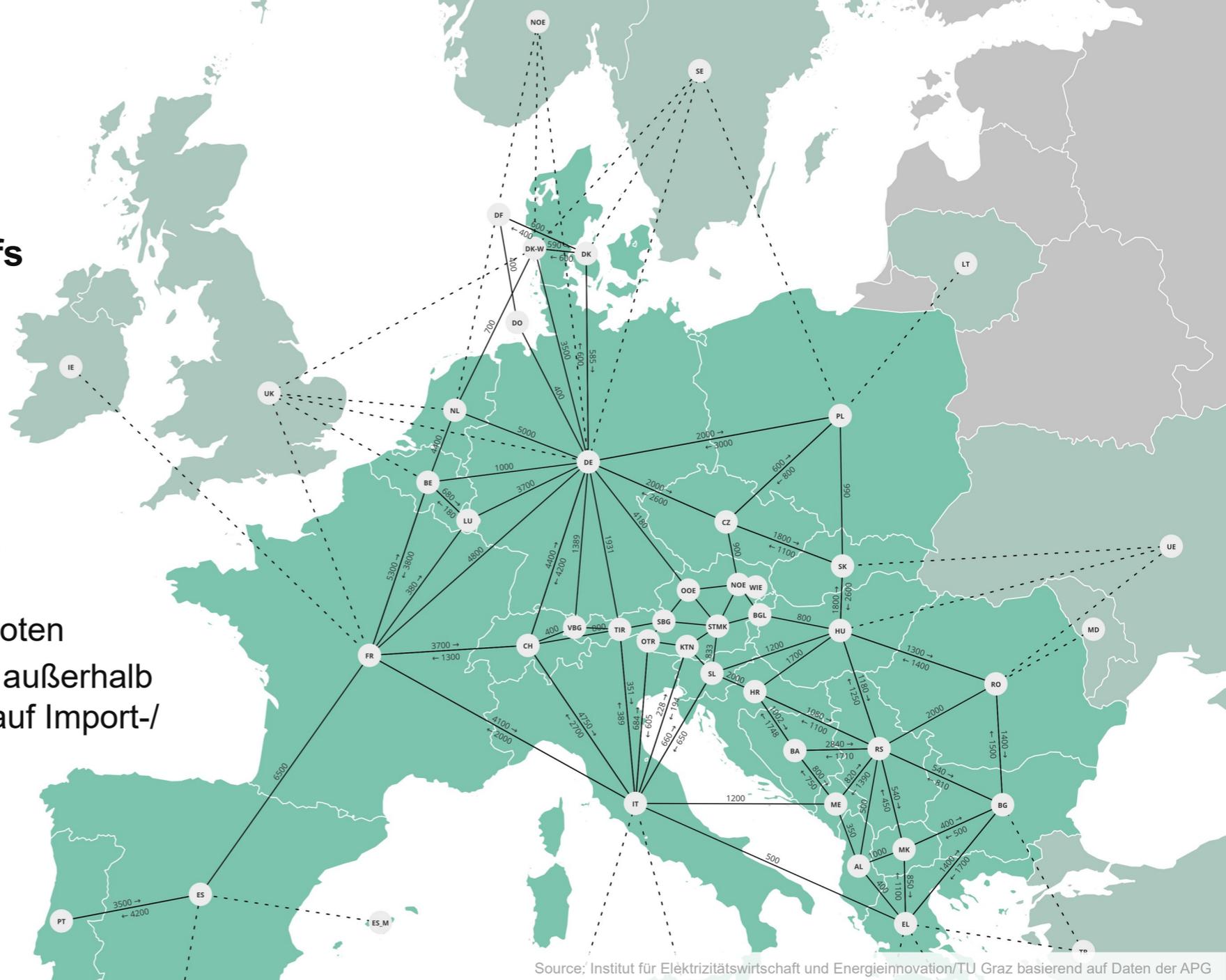
- Die meisten **erneuerbaren Energiequellen** sind **fluktuierend**
- Lösung 1: **Importe und Exporte**
  - Was, wenn Nachbarländer gleich denken?
- Lösung 2: **Überdimensionierung**
  - Wirtschaftlich nicht sinnvoll
- Lösung 3: **Speicher**
  - Speichern von Überschussstrom zur Nutzung in Knappheitsstunden



# Methodik

## NTC-Modell

- Ermittlung des **Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicherbedarfs** im österreichischen Elektrizitätssystem 2040
- **Transportmodell**
  - Single-Node pro Land
  - Österreich mit 10 Knoten
  - NTC-Übertragungskapazitäten zwischen Knoten
  - Modellierung der Länder außerhalb des Systems basierend auf Import-/Exportzeitreihen



Source: Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation/TU Graz basierend auf Daten der APG

# Methodik

## NTC-Modell

- Zielfunktion (Minimiere Gesamtsystemkosten)

$$\min \sum_{g,h} c_g^{op} \cdot p_{g,h} + \sum_g x_g \cdot \left( c_g^{Inv, MW} + c_g^{Inv, MWh} \cdot E \right) P_g$$

- Nebenbedingung 1 (Gleichgewicht Erzeugung, Einspeicherung, Export, Import, Demand je Zone)

$$\sum_g p_{gz(g,z),h} - \sum_g cs_{gz(g,z),h} - \sum_{z \neq y} exp_{z,y,h} + \sum_{z \neq y} imp_{h,z,y} = dem_{z,h}$$

- Nebenbedingung 2 (Einhaltung der NTC-Grenzwerte)

$$exp_{z,y,h} \leq NTC_{z,y} \cdot bn_{z,y,h}$$

- Nebenbedingung 3 (Flussrichtung nur in eine Richtung)

$$imp_{z,y,h} \leq NTC_{y,z} \cdot (1 - bn_{z,y,h})$$

- Nebenbedingung 4 (Export aus einer Zone ist gleich Import in andere Zone)

$$exp_{z,y,h} = imp_{y,z,h}$$

- Nebenbedingung 5 (Einhaltung Erzeugungslimits der Kraftwerke)

$$\underline{P}_g \leq p_{g,h} \leq \overline{P}_{g,h}$$

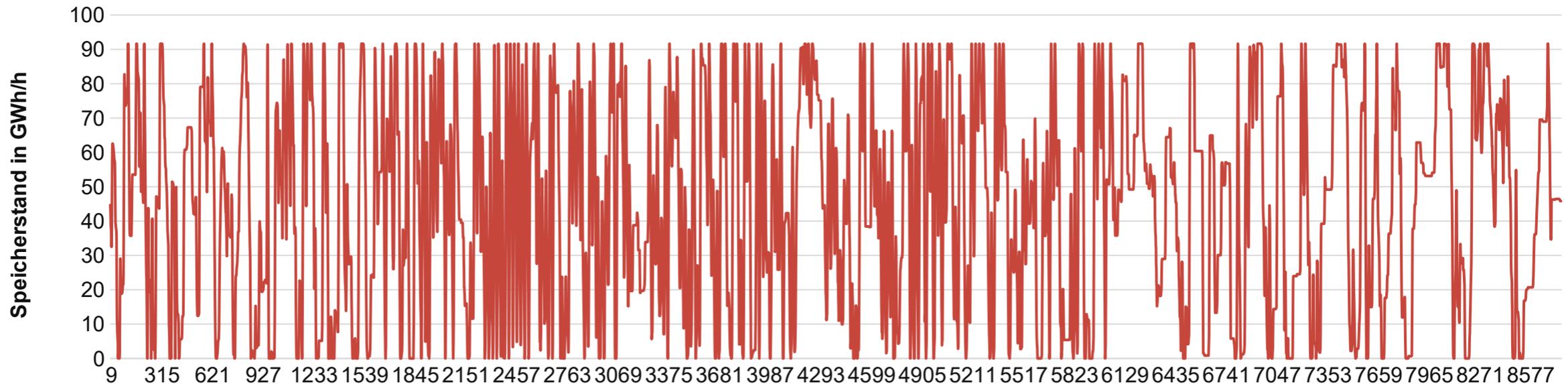
# Methodik

## Definition Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicher

- Kurzzeitspeicher: Stunden bis wenige Tage

Investmentoption	Fixed Operation und Maintenance [%/Jahr]	Gesamtwirkungsgrad [p.u.]	Investment [€/kW <sub>el</sub> ]	Investment [€/kWh]	Lebensdauer [Jahre]	Energy to Power Ratio [h]
Kurzzeit	0,70	0,85	126	173	26	4

State-of-Charge Kurzzeitspeicher Österreich



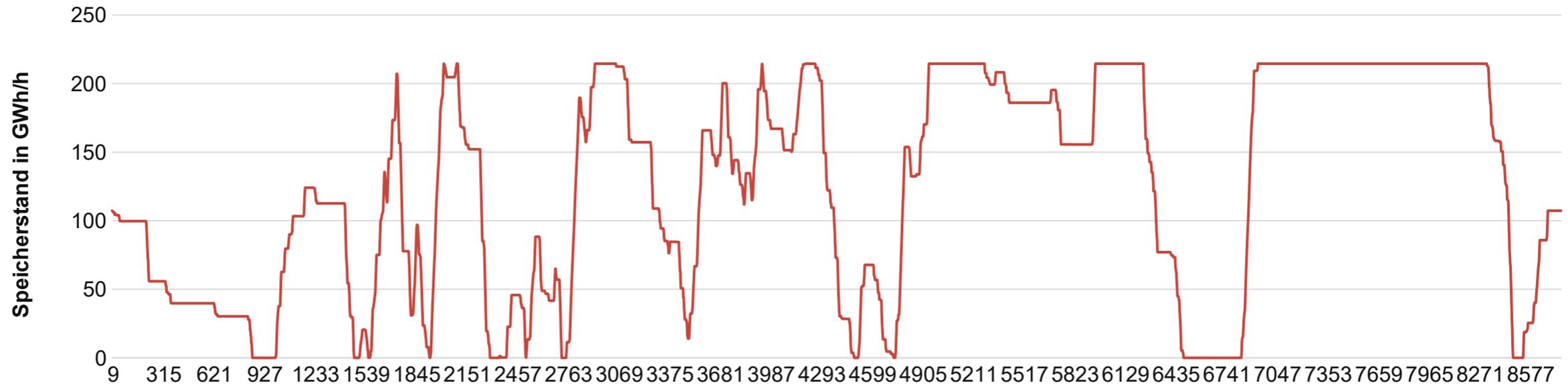
# Methodik

## Definition Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicher

- Mittelzeitspeicher: einige Wochen bis ca. 6 Monate

Investmentoption	Fixed Operation und Maintenance [%/Jahr]	Gesamtwirkungsgrad [p.u.]	Investment [€/kW <sub>el</sub> ]	Investment [€/kWh]	Lebensdauer [Jahre]	Energy to Power Ratio [h]
Mittelzeit	0,99	0,76	1218	- <sup>1</sup>	45	50

State-of-Charge Mittelzeitspeicher



<sup>1</sup>Keine Aufteilung der Kosten zwischen Leistung und Volumina. Da ein fixes Verhältnis zwischen Zubauleistung und Zubauvolumina angenommen wurde, ist dies aus Modellsicht auch nicht notwendig.

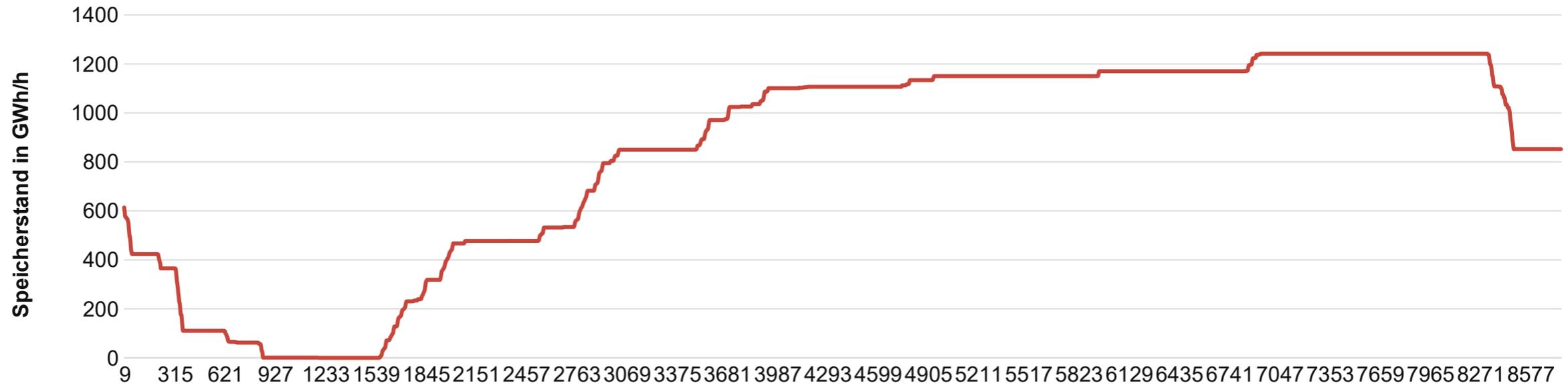
# Methodik

## Definition Kurz-, Mittel- und Langzeitspeicher

- Langzeitspeicher: 6 Monate und darüber hinaus

Investmentoption	Fixed Operation und Maintenance [%/Jahr]	Gesamtwirkungsgrad [p.u.]	Investment [€/kW <sub>el</sub> ]	Investment [€/kWh]	Lebensdauer [Jahre]	Energy to Power Ratio [h]
Langzeit 1	1,54	0,48	714	0,211	22	168
Langzeit 2	1,54	0,48	714	57	30	12

State-of-Charge Langzeitspeicher



# Daten

## Europa, Deutschland



- **TYNDP2022 Szenario Distributed Energy Climate Year 2009 für Base Scenario**
  - Verbrauchszeitreihen
  - Installierte Leistungen je KW-Typ
  - Kapazitätsfaktoren (PECD für PV, CSP, Wind onshore, Wind offshore OtherRES und OtherNonRES)
  - Zuflüsse (PEMMDB für Speicher, Pumpspeicher und Laufwasser)
  - Brennstoffpreise
  - CO2-Preise
  - Emissionsfaktoren



- **Deutschland wird gesondert behandelt → Daten aus NEP 2037/2045 Szenario B (lineare Interpolation der Werte von 2037 und 2045)**
  - Jahresverbrauch (Zeitreihe von TYNDP wird skaliert)
  - Installierte Leistungen je KW-Typ

# Daten

## Österreich



- **Daten** wurden auf 10 Knoten **aufgeteilt geliefert**
  - Jahresverbrauch (Zeitreihe von TYNDP für AT wird skaliert)
  - Installierte Leistungen je KW-Typ (installierte Speicherleistung 2022)
  - Erwartete Übertragungskapazitäten zwischen den 10 Knoten in Österreich und ins Ausland
- **Restliche Daten** von **TYNDP2022**
  - Kapazitätsfaktoren (PECD für PV, CSP, Wind onshore, Wind offshore OtherRES und OtherNonRES)
  - Zuflüsse (PEMMDB für Speicher, Pumpspeicher und Laufwasser)
  - Brennstoffpreise
  - CO2-Preise
  - Emissionsfaktoren

# Szenarien

## Österreich



### Basisszenario

- Verbrauch und Ausbau Erneuerbare basierend auf TYNDP2022
- Subszenarien
  - Subszenario Kosten Langzeitspeicher
  - Subszenario Import-/Exportkapazitäten
  - Subszenario hypothetische Stromautarkie Österreich
  - Subszenario Klimajahr 1995

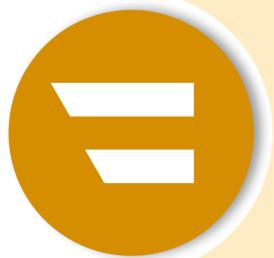
# Szenarien

## Österreich



### Basisszenario

- Verbrauch und Ausbau Erneuerbare basierend auf TYNDP
- Subszenarien
  - Subszenario Kosten Langzeitspeicher
  - Subszenario Import-/Exportkapazitäten
  - Subszenario hypothetische Stromautarkie Österreich
  - Subszenario Klimajahr 1995

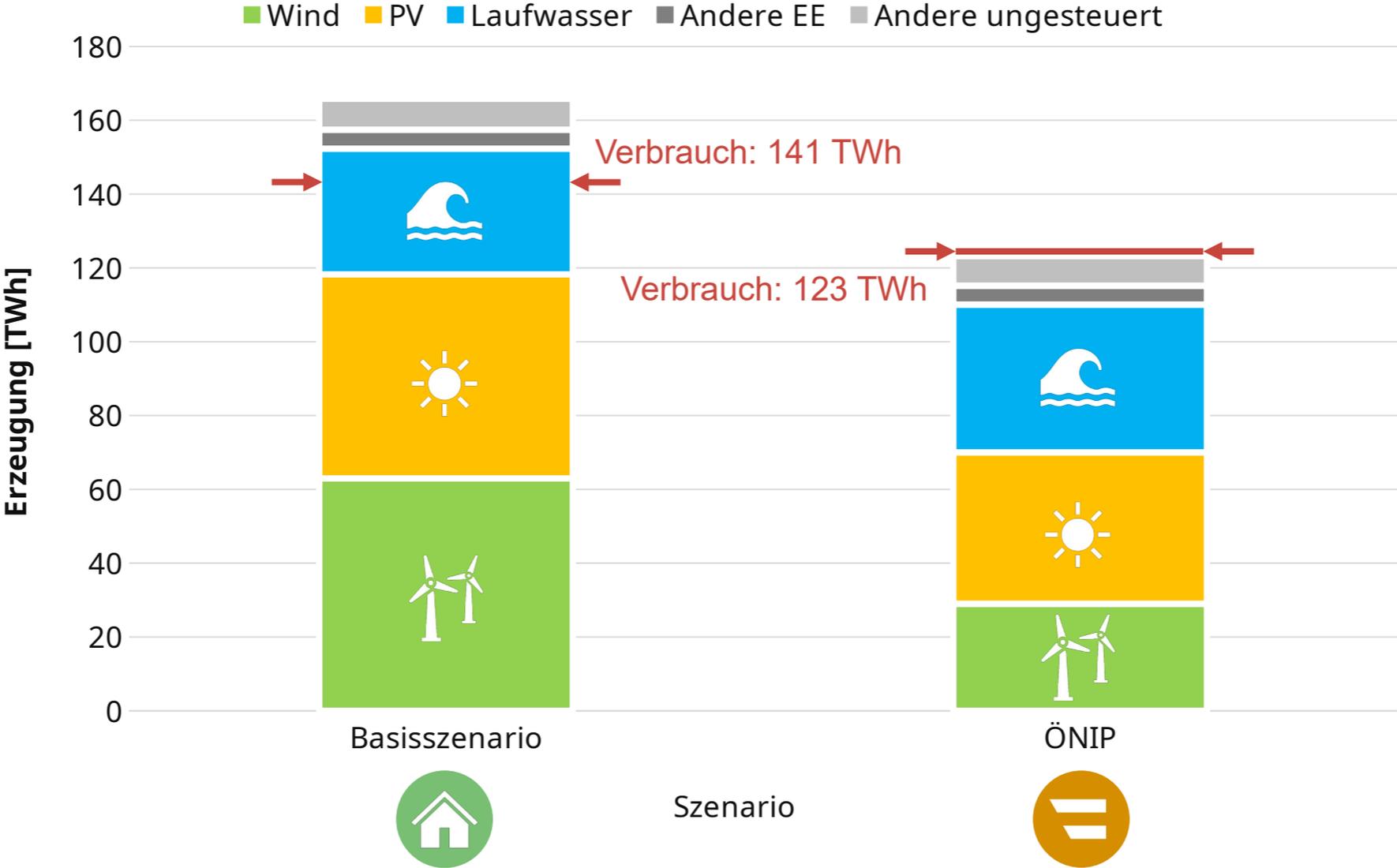


### Szenario ÖNIP

- Verbrauch und Ausbau Erneuerbare basierend auf integrierten österreichischen Netzinfrasturplan

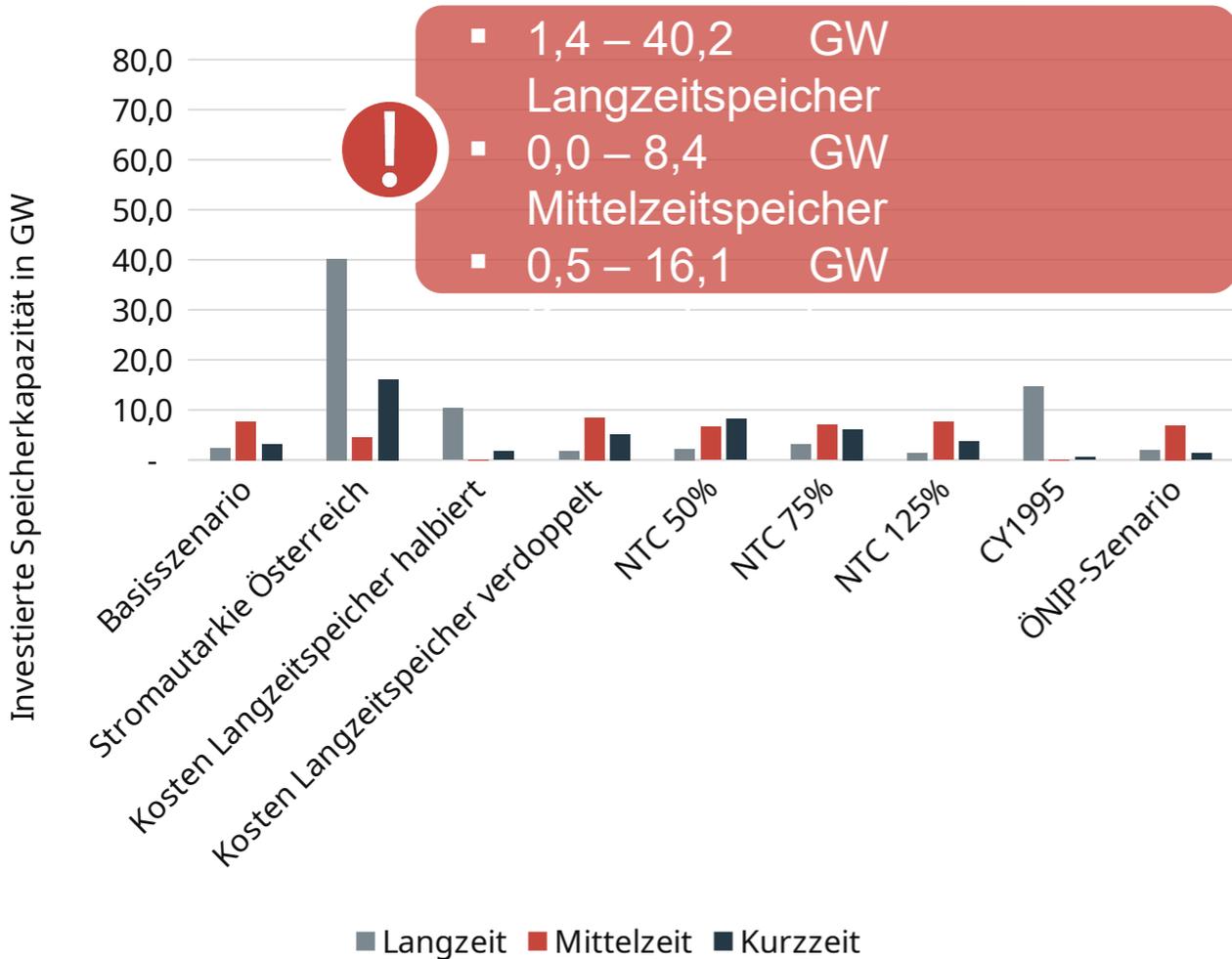
# Szenarien Österreich

## Ungesteuerte Erzeugung und Verbrauch

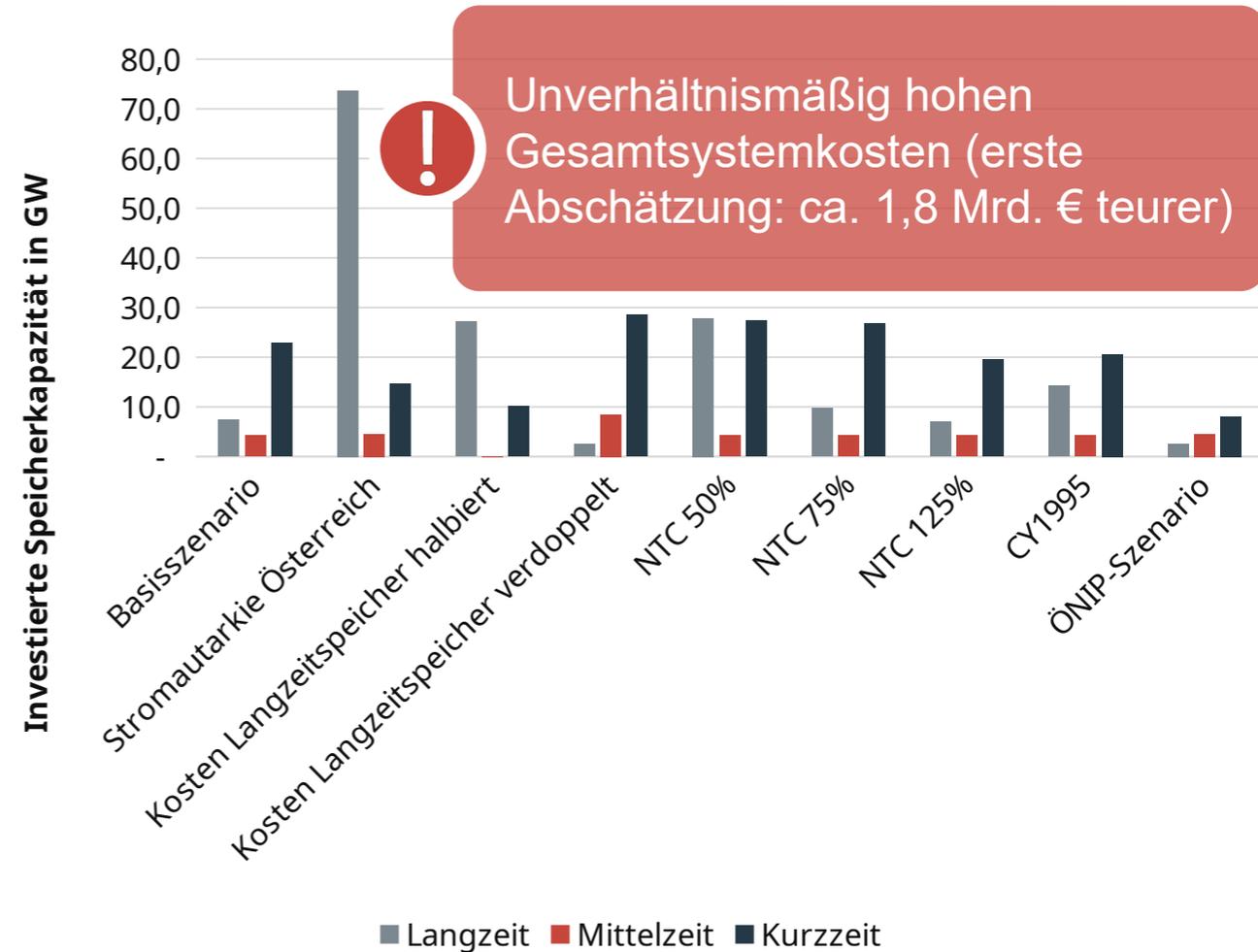


# Resultate

## Investierte Speicherkapazitäten mit Abregelung in Österreich 2040

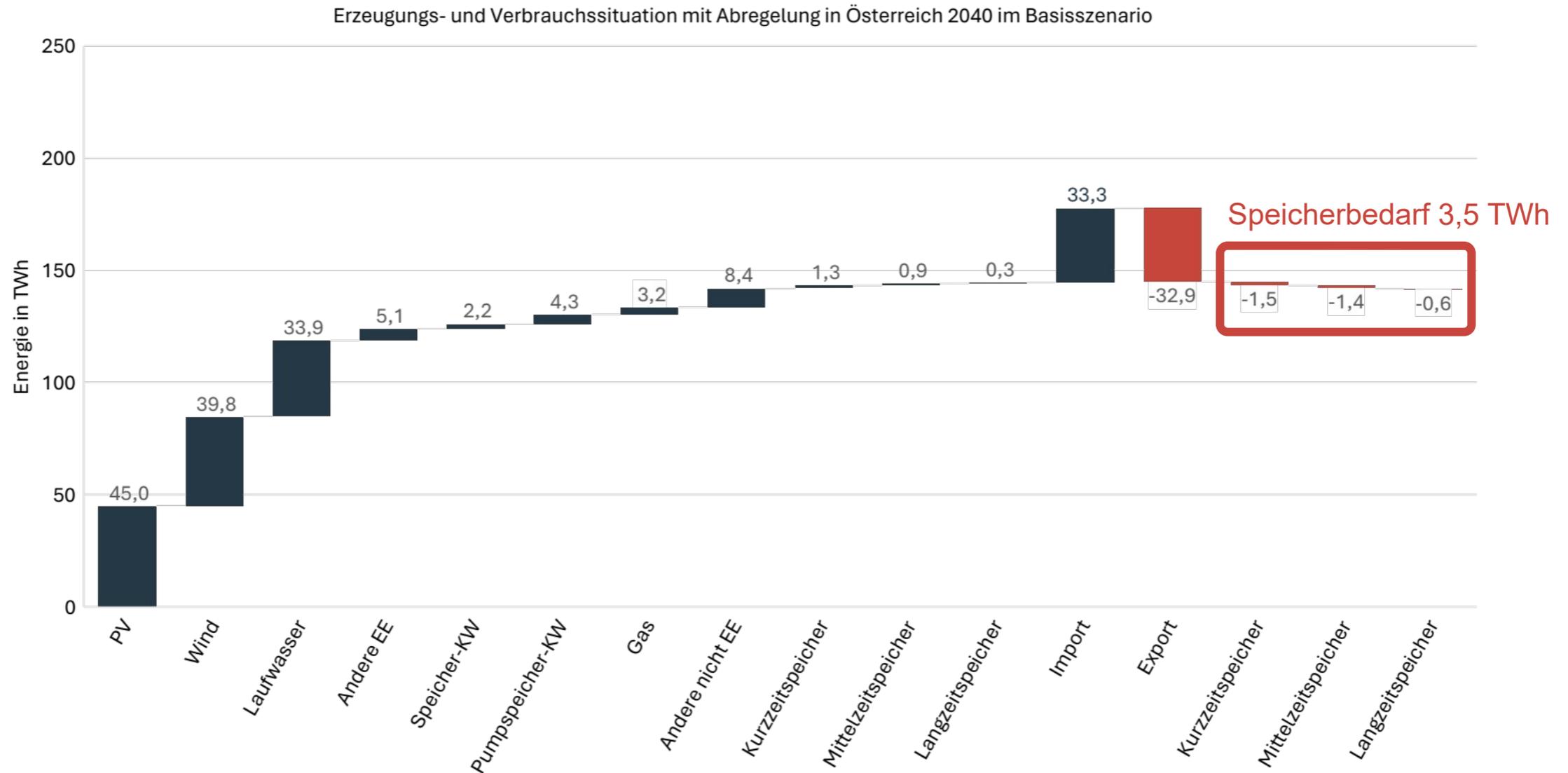


## Investierte Speicherkapazitäten ohne Abregelung in Österreich 2040



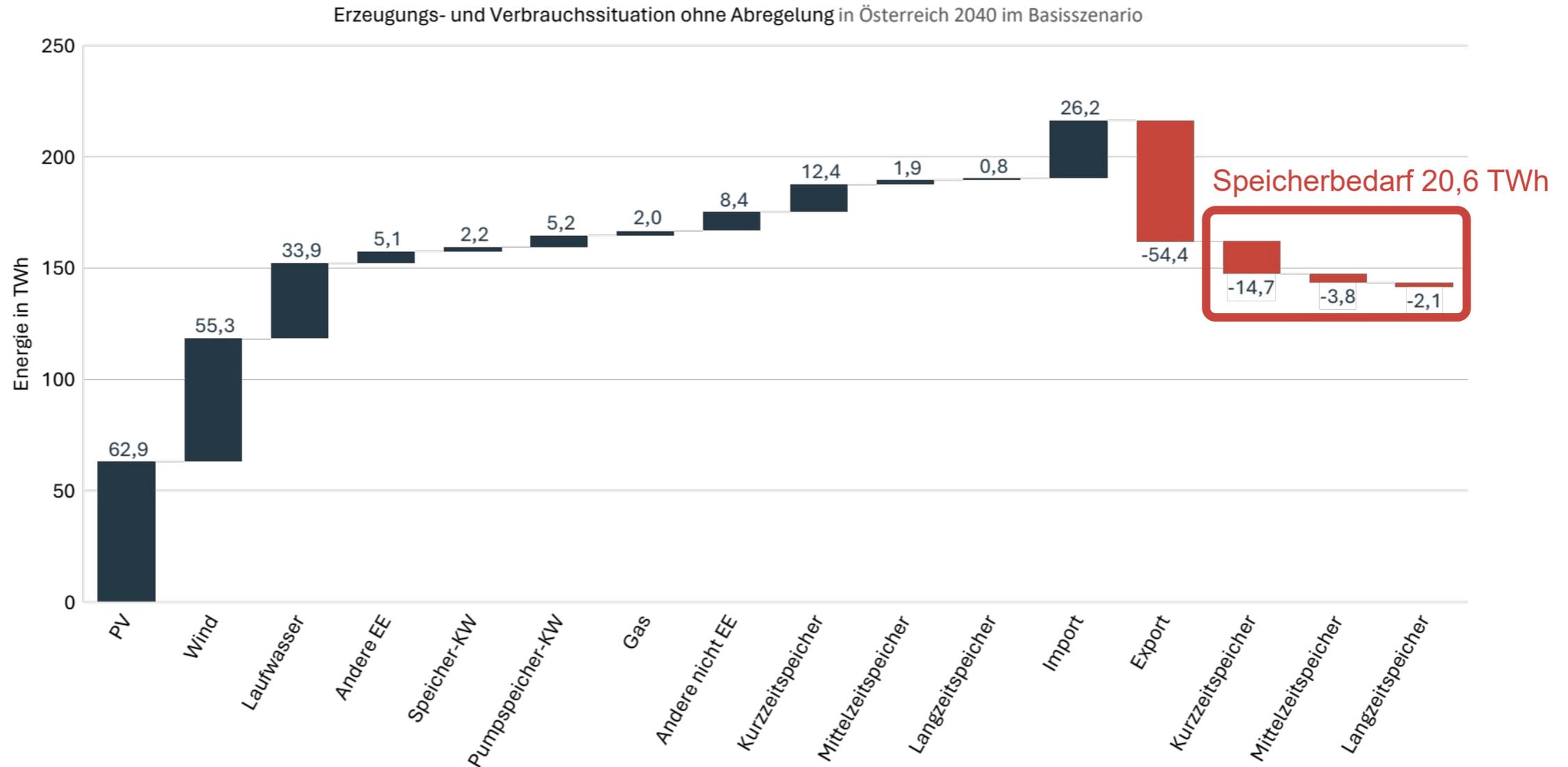
# Resultate

## Basisszenario mit Abregelung



# Resultate

## Basisszenario ohne Abregelung



# Key Take-aways

## Restliche Szenarien

- **Unabhängig der Kostenannahmen für Langzeitspeicher ist ein gewisser Grad an Summen-Speicherkapazitäten immer notwendig**
- **Wirtschaftlich sowie versorgungssicherheitstechnisch ist eine vollständige leistungsmäßige hypothetische Stromunabhängigkeit Österreichs nicht sinnvoll**
- Auch bei einer **Erhöhung der Transportmöglichkeiten** bleibt der **Bedarf nach wesentlichen Speichermöglichkeiten** erhalten
- Die **Berücksichtigung verschiedener Klimajahre** kann den **Bedarf an Speicherkapazität** erheblich **verändern**
- Auch im **Szenario** angelehnt an den **ÖNIP** bestehen **wesentliche Speicherbedarfe**

**Detailergebnisse zu den restlichen Szenarien sind in der Langfassung zu finden!**



# Danke!



## Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation/TU Graz

**Robert GAUGL**  
[robert.gaugl@tugraz.at](mailto:robert.gaugl@tugraz.at)

**Sonja WOGGRIN**



## Austrian Power Grid

**Valentin WIEDNER**  
[valentin.wiedner@apg.at](mailto:valentin.wiedner@apg.at)

**Jean-Yves BEAUDEAU**

**Katharina GRUBER**

**Stephan ÖSTERBAUER**

**Christian TODEM**

**Stefanie SCHREINER**



[in linkedin.com/in/robert-gaugl](https://www.linkedin.com/in/robert-gaugl)