



SECURES

SECURING AUSTRIA'S ELECTRICITY SUPPLY IN TIMES OF
CLIMATE CHANGE

(Erste) Ergebnisse & Erkenntnisse der Strommarktmodellierung

15. Februar 2023 | IEWT | SECURES Session

Franziska Schöniger, Florian Hasengst | TU Wien, Energy Economics Group

Gustav Resch, Demet Suna, Nicolas Pardo-Garcia, Gerhard Totschnig, Peter Widhalm | AIT Austrian
Institute of Technology

Herbert Formayer, Philipp Maier, David Leidinger, Imram Nadeem | BOKU Met

Vorwort

Erkenntnisse der Klimamodellierung
(BOKU-Met)

Stromsystemmodellierung
(TU Wien/AIT)

- Erste Ergebnisse aus der Strommarktmodellierung auf Basis von zwei Anwendungsfällen:
 - **Reference (REF) 2050** ... entspricht i.A. dem „National Trends“ Szenario gemäß ENTSO-e TYNDP bzw. UBA WAM-NEKP (AT) → Dekarbonisierung „moderat“ umgesetzt, kombiniert mit starkem Klimawandel (RCP 8.5)
 - **Decarbonisation Needs (DN) 2050** ... vollständige Dekarbonisierung Europas Energiesystems → **Massiver Stromnachfrageanstieg, massiver Ausbau Erneuerbarer in Europa**, kombiniert mit moderatem Klimawandel (RCP 4.5)
- Identifikation und Modellierung von **Extremereignissen** aus stromsystemischer Sicht

Normaljahr

Dunkelflaute

Hitzewelle

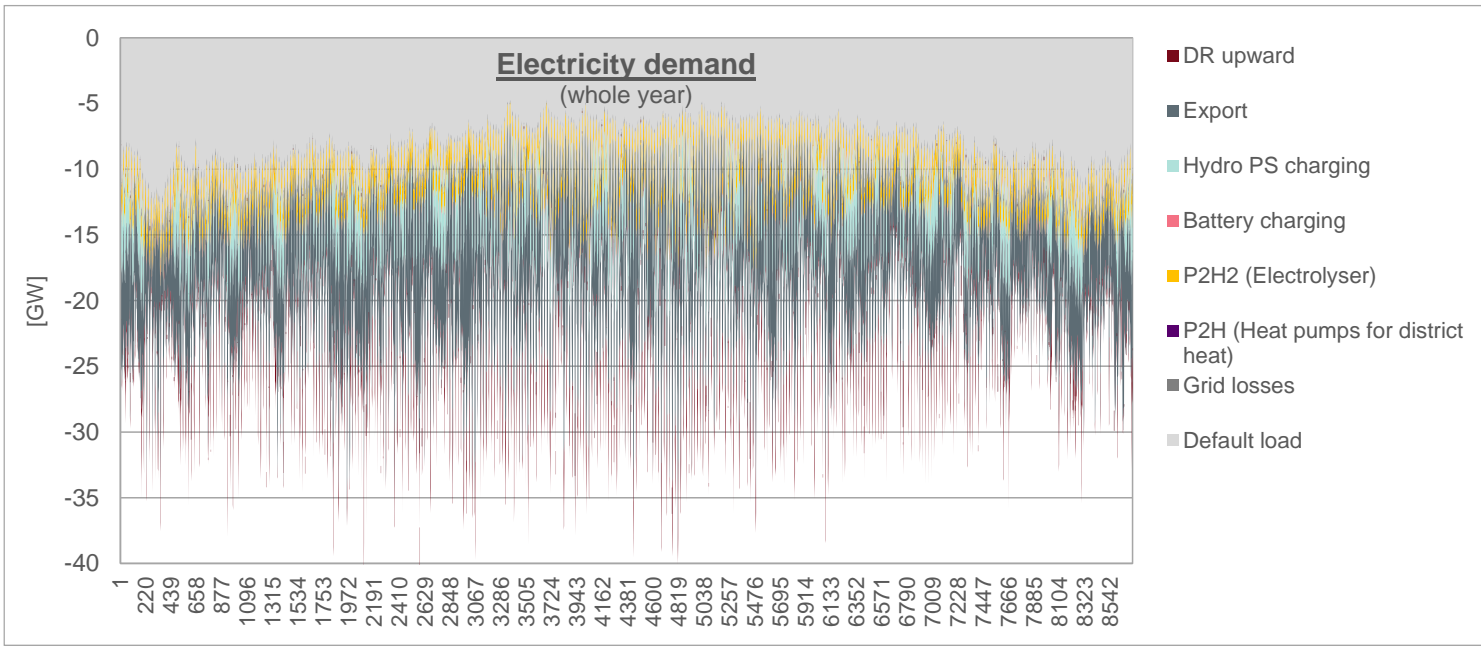
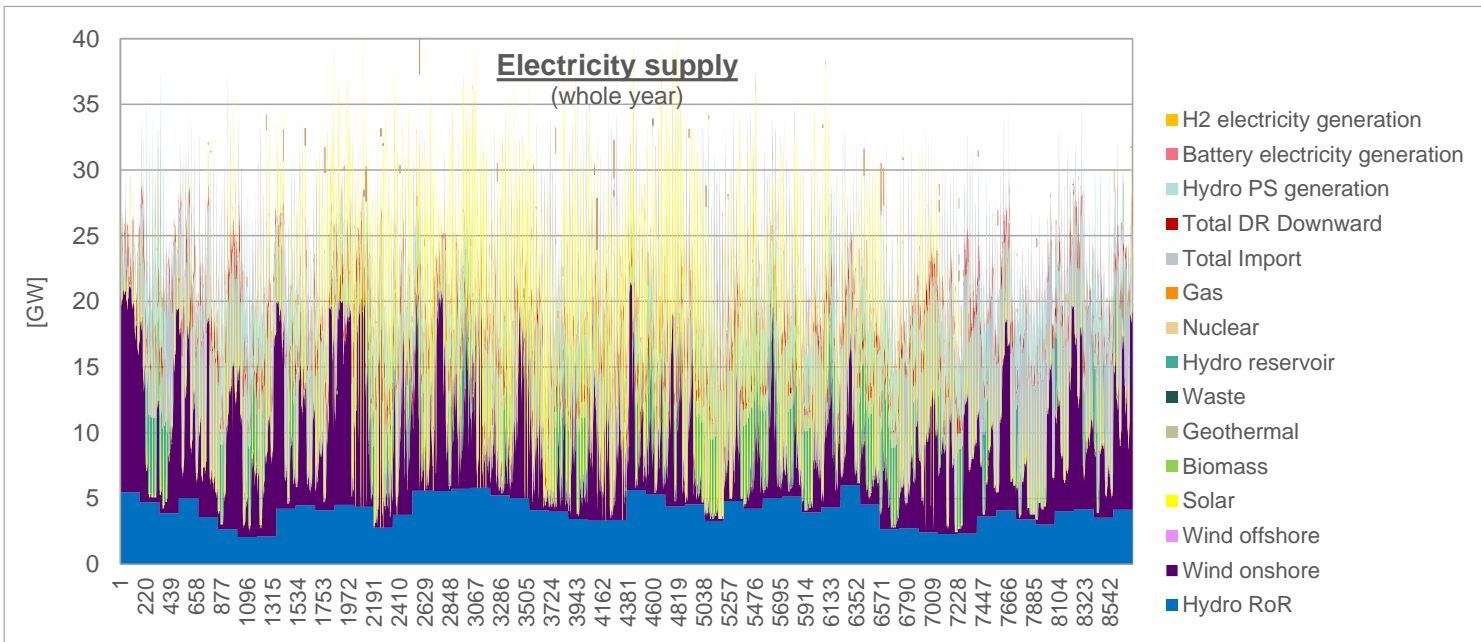
Szenario:

(Reference) REF 2050

Normaljahr Starker Klimawandel

- Blick auf die **Stromerzeugung** (oben) & **Stromnachfrage** (unten) im Jahresverlauf

Österreich



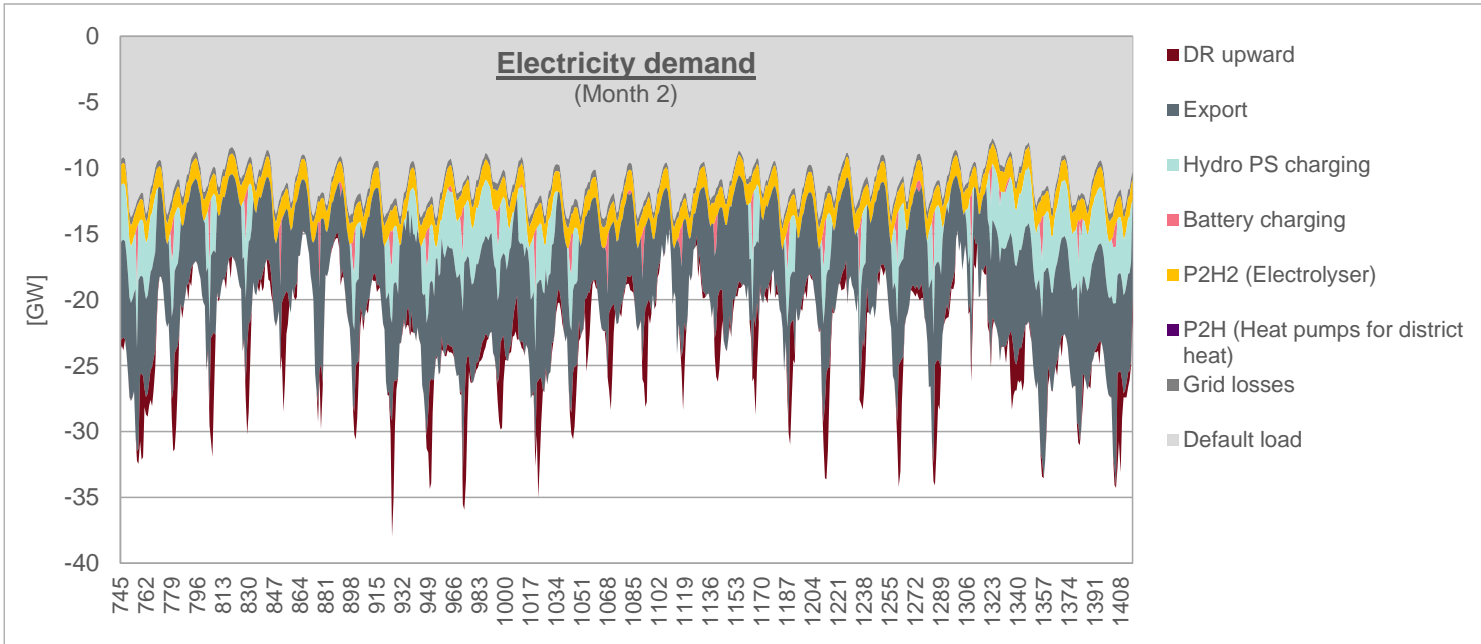
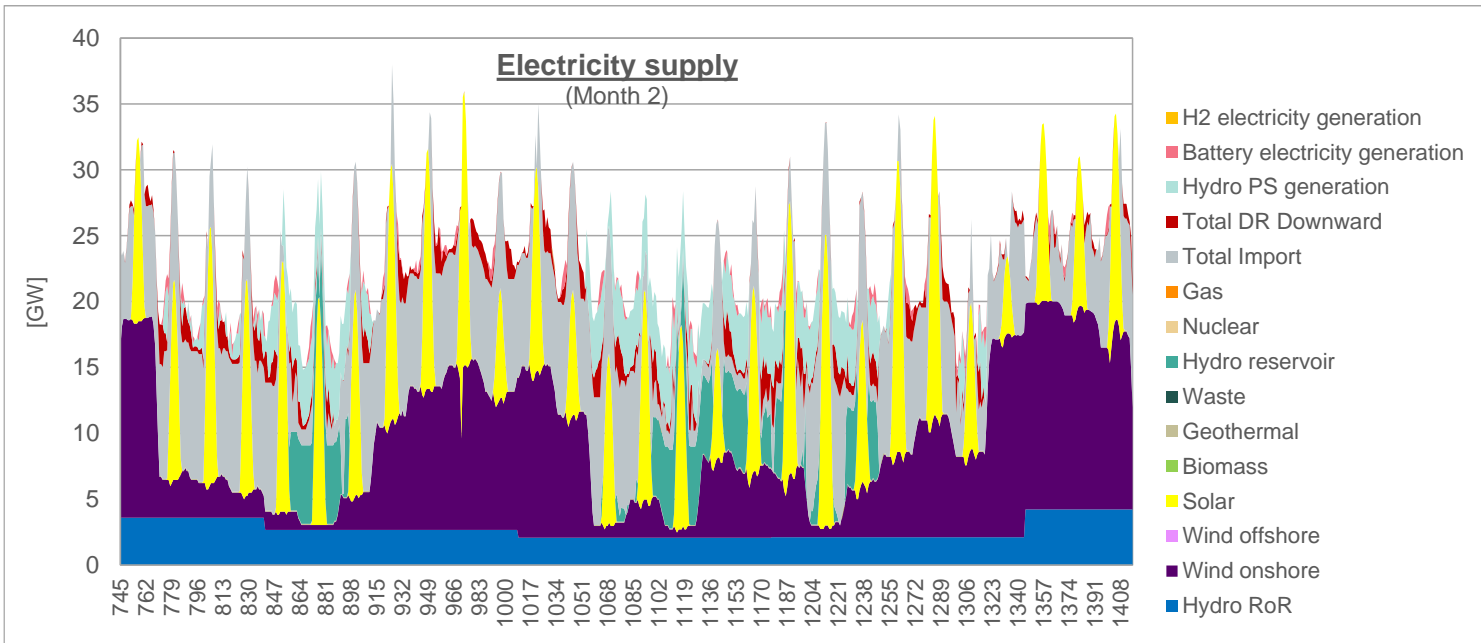
Szenario:

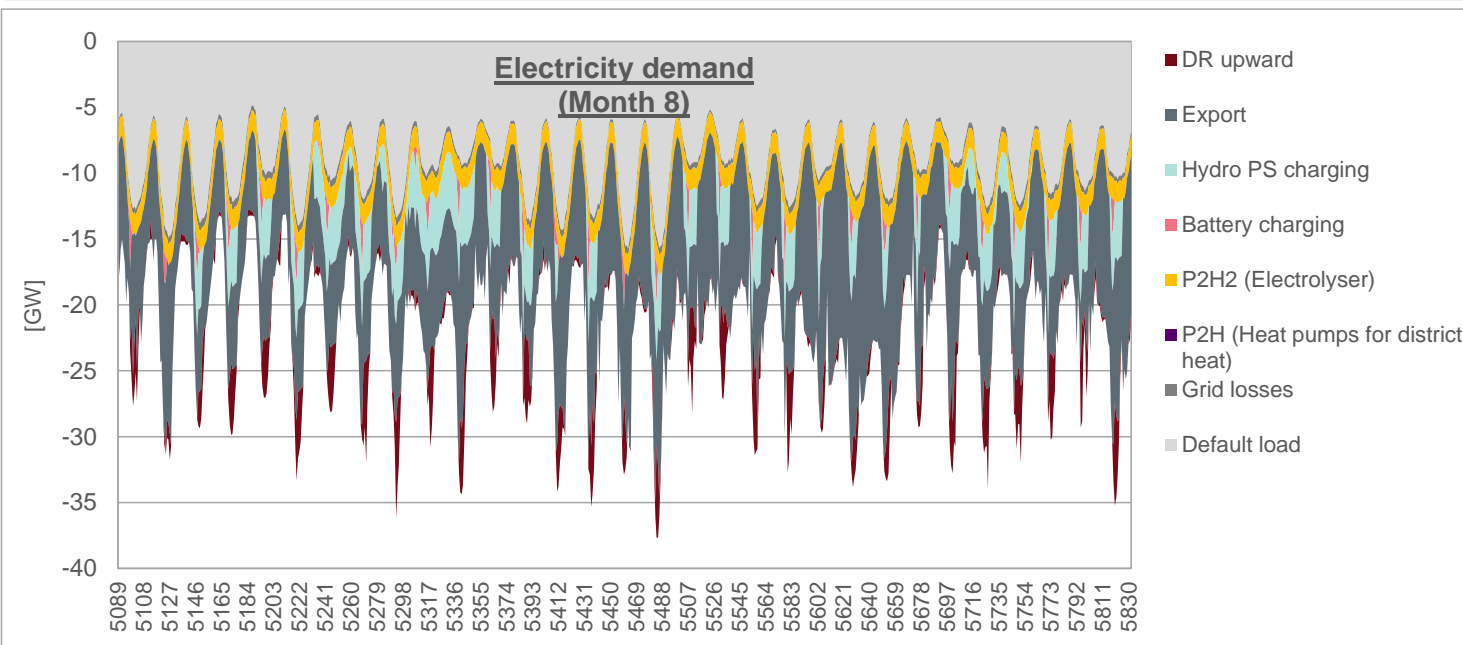
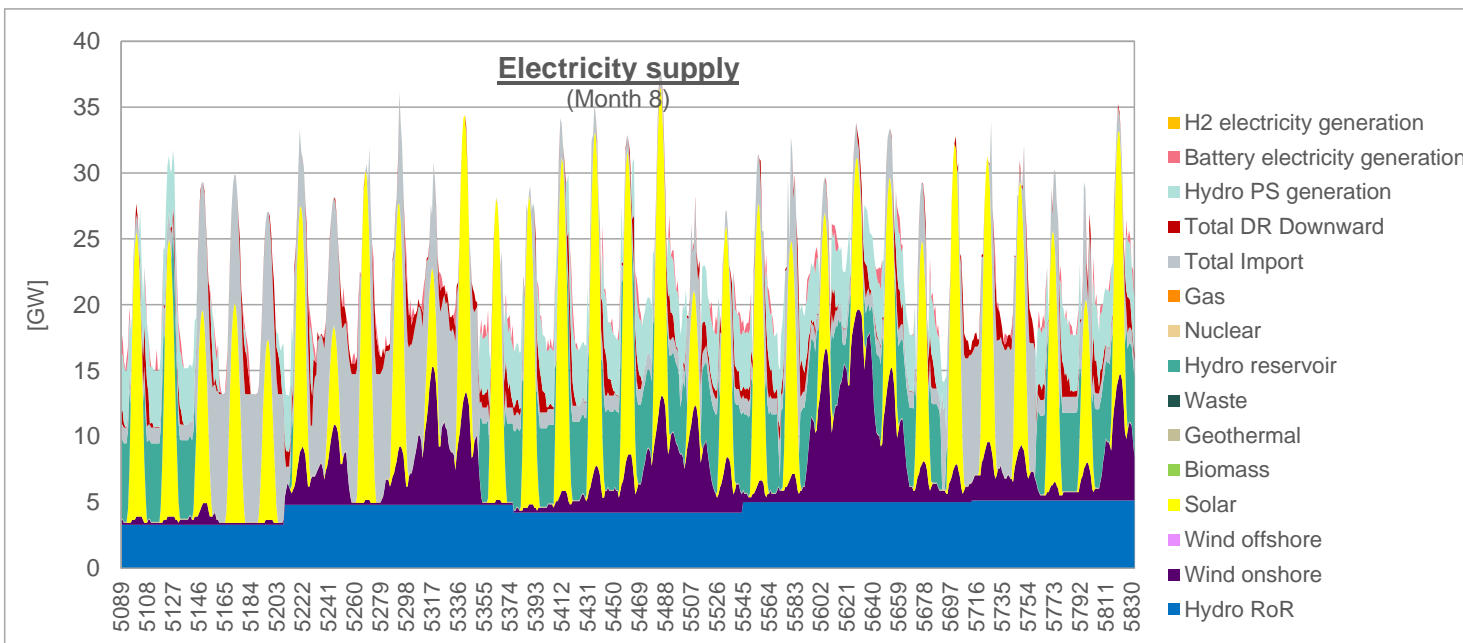
(Reference) REF 2050

Normaljahr Starker Klimawandel

- Blick auf die **Stromerzeugung** (oben) & **Stromnachfrage** (unten) im einem Wintermonat

Österreich





Szenario:

(Reference) REF 2050

Normaljahr

Starker Klimawandel

- Blick auf die **Stromerzeugung** (oben) & **Stromnachfrage** (unten) im einem typischen Sommermonat

Österreich

| Energy system assets | Planned stock | Endogenous expansion | Total stock (planned & expansion) | Yearly electricity generation | |
|--|---------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | (beyond planned) | | | |
| | GW | GW | GW | TWh | |
| Electricity supply (incl. CHP) | | | | | |
| Wind onshore | 18.7 | 0.0 | 18.7 | 46.9 | |
| Wind offshore | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Solar | 37.5 | 0.0 | 37.5 | 42.2 | |
| Hydro RoR | 6.4 | 0.0 | 6.4 | 35.8 | |
| Biomass | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.5 | |
| Waste | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | |
| Hydro reservoir | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 10.4 | |
| Nuclear | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Gas | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | |
| Heat/Steam supply | GW | GW | GW | | |
| Biomass | 2.2 | 0.0 | 2.2 | | |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | | |
| Heat pumps (for district heating) | 0.5 | 0.0 | 0.5 | | |
| Storage & selected flexibility components | GW | GW | GW | TWh (storage size) | TWh (asset use per year) |
| Batteries | 1.6 | 0.0 | 1.6 | 0.00 | 1.6 |
| Hydro pumped storage | 4.3 | 0.0 | 4.3 | 0.95 | 12.9 |
| Thermal storage | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 |
| H2 storage | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 |
| H2 electrolyser | 0.0 | 1.6 | 1.6 | | 13.7 |
| H2 reelectrification | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

Szenario:

(Reference) REF 2050

Normaljahr

Starker Klimawandel

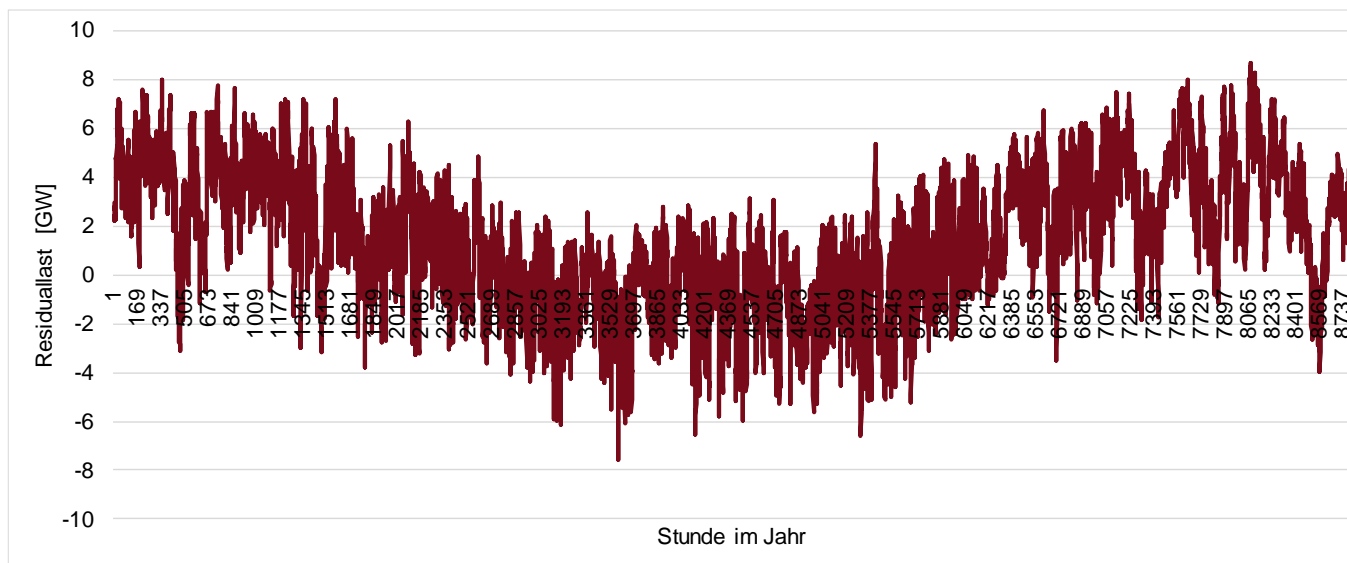
- Kenngrößen des Stromsystems 2050

Österreich

Fokus auf Versorgungssicherheit: Vorgehensweise in der Analyse und Darstellung

→ Indikatoren im Detail: Analyse der Versorgungssicherheit und des **Flexibilitätsbedarfs**

- 1. Residuallast: Nachfrage** (ohne Einsatz von nachfrageseitiger Flexibilitätsoptionen) **abzüglich Erzeugung variabler Erneuerbarer** (Laufwasserkraft, Wind, PV)



Beispiel: Mögliche Residuallast im Jahr 2030 in Österreich bei Erreichen des Ausbauziels für Erneuerbare Energien (gemäß NEKP) (Quelle: Mission-Flex-Studie (OE))

Zentrale Indikatoren zur Residuallast (RL):

- **Maximale positive RL** (in GW)
- **Maximale negative RL** (in GW)
- **Maximaler Gradient positiver RL** (in MW/h)
- **Maximaler Gradient negativer RL** (in MW/h)
- **Residuallast im Jahresmittel** (in GW)

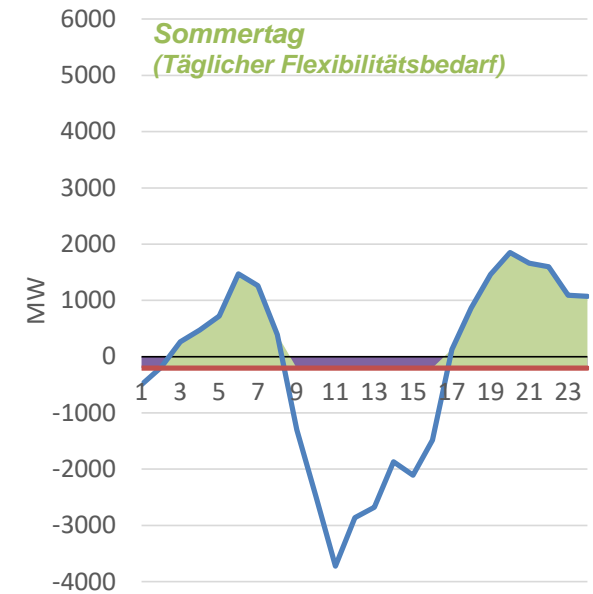
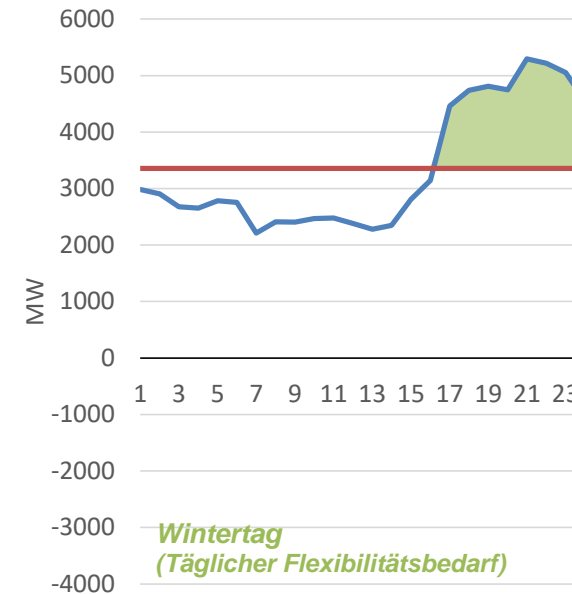
→ Indikatoren im Detail: Analyse der Versorgungssicherheit
und des **Flexibilitätsbedarfs**

1. Residuallast: Nachfrage abzüglich Erzeugung variabler Erneuerbarer

2. Nachfrage nach Flexibilität:

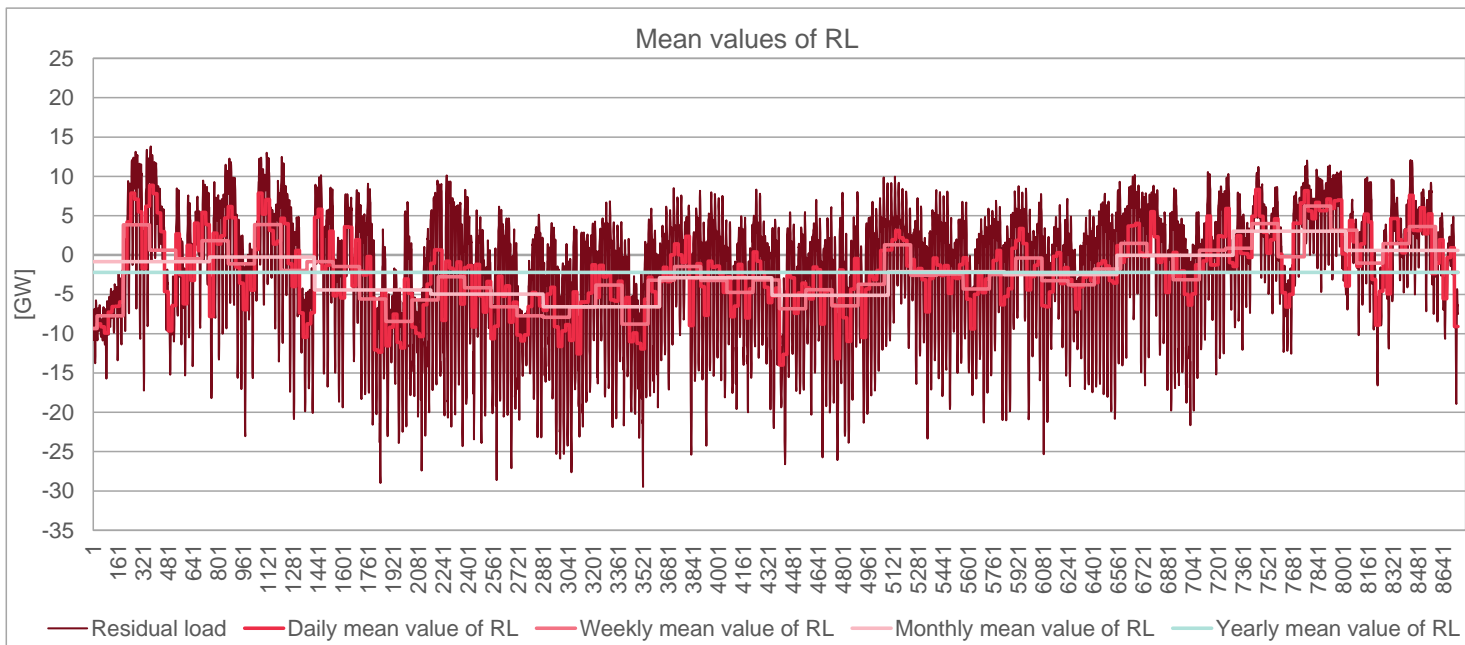
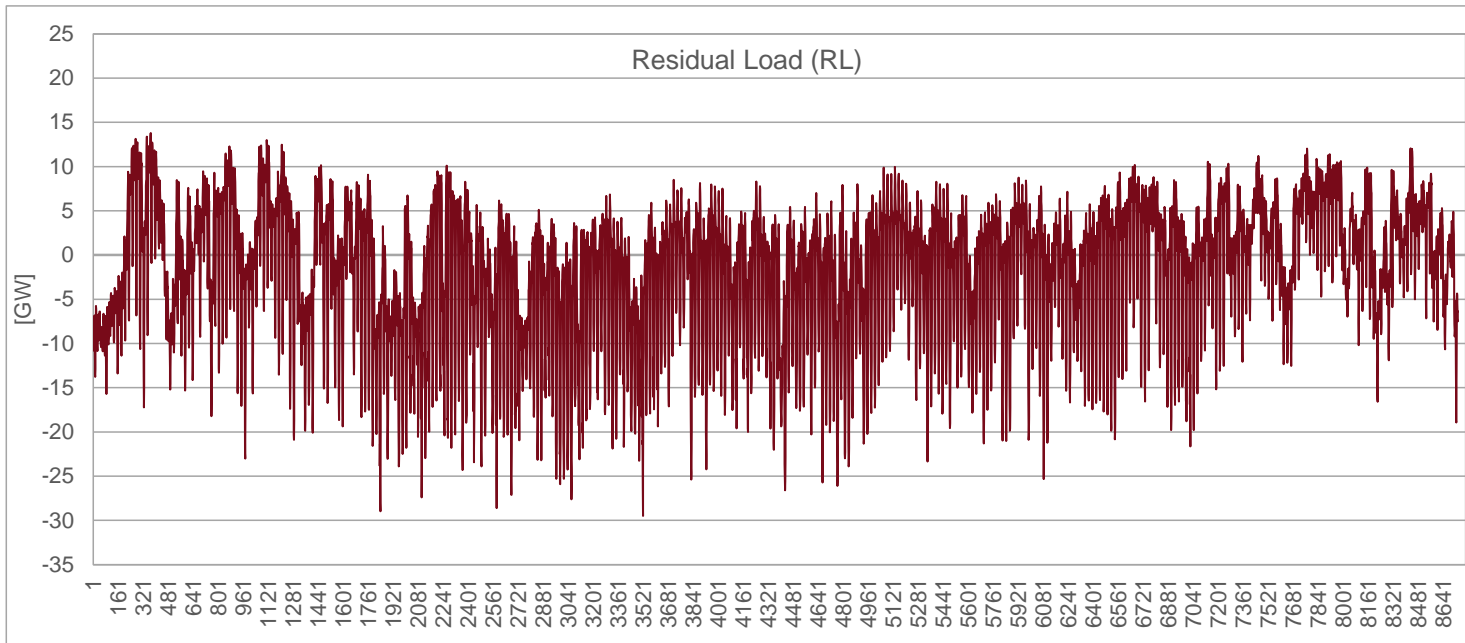
- Residuallast, aggregiert (im Mittel pro Jahr)
- Analyse der Schwankungen der Residuallast

je Zeitperiode (**stündlich**, täglich, wöchentlich, saisonal)



■ Positiver Flex.bedarf (am Tagesmittel)
— Residuallast, stündlich
— Residuallast, täglicher Mittelwert

Täglicher Flexibilitätsbedarf:
Stündliche Schwankungen im Vergleich zum Tagesmittel



Szenario:

(Reference) **REF 2050**

Normaljahr

Starker Klimawandel

- Blickpunkt Versorgungssicherheit:
Analyse des Flexibilitätsbedarfs auf Basis der residualen Last (RL)

Key parameter on flexibility needs (residual load)

Residual load (RL)

| | |
|--------------------|-----------|
| Yearly average | -2.2 GW |
| Yearly total | -19.3 TWh |
| Maximum positiv RL | 13.8 GW |
| Maximum negativ RL | -29.5 GW |

Variance of RL

| | |
|-----------------------------|------------|
| Maximum gradient positiv RL | 9.7 GW/h |
| Maximum gradient negativ RL | -14.1 GW/h |

- Blickpunkt Versorgungssicherheit:

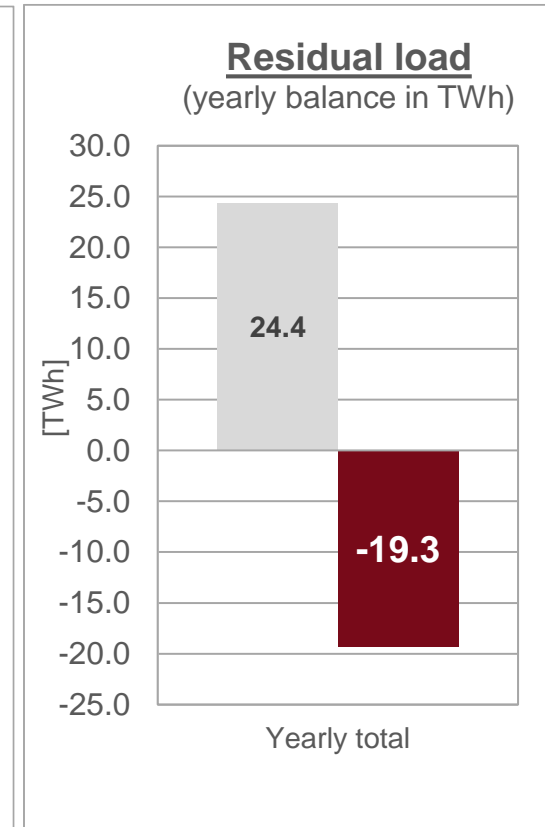
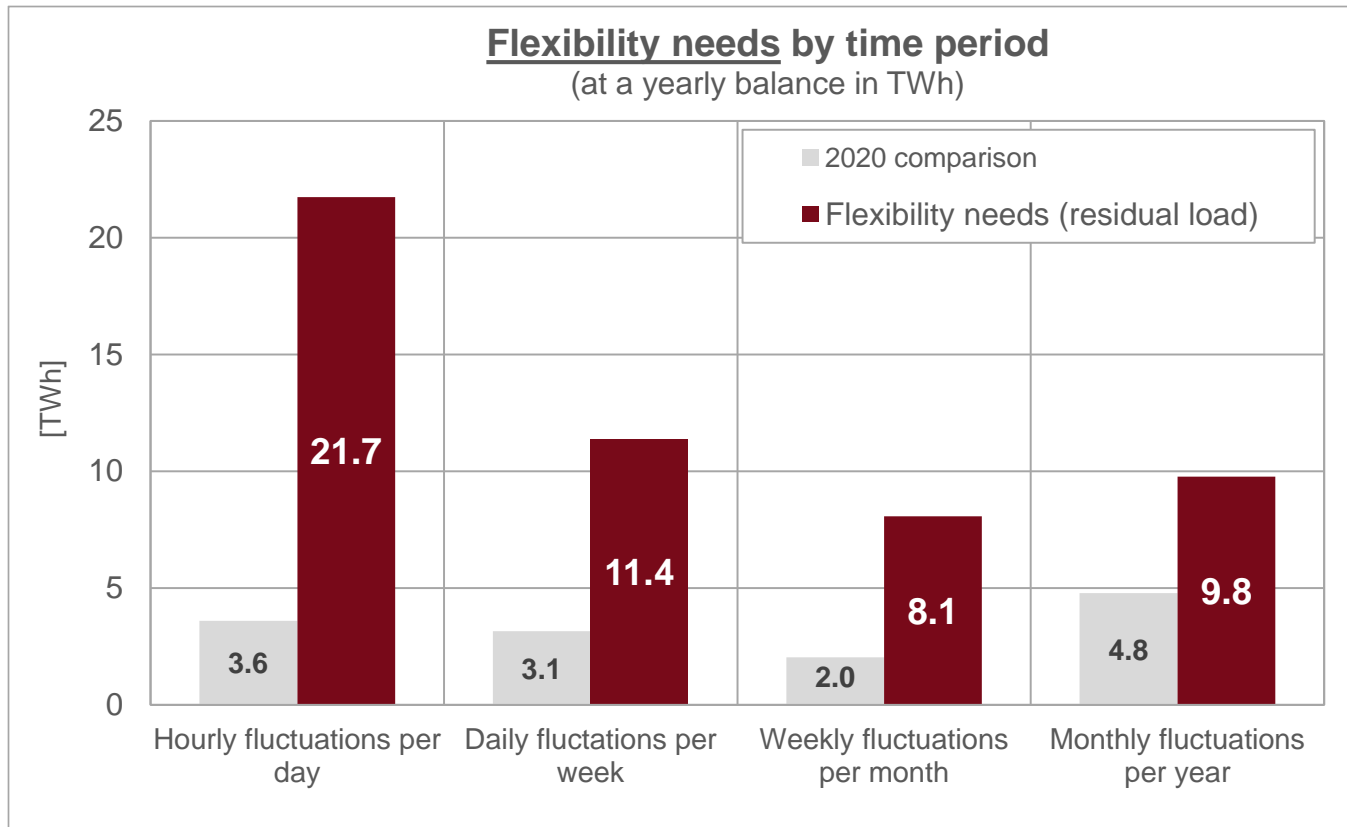
Analyse des **Flexibilitätsbedarfs**: Unterjährliche Schwankungen & Jahresbilanz

Szenario:

(Reference) **REF 2050**

Normaljahr

Starker Klimawandel



- Blickpunkt Versorgungssicherheit:

Deckung des Flexibilitätsbedarfs: Unterjährige Schwankungen & Jahresbilanz

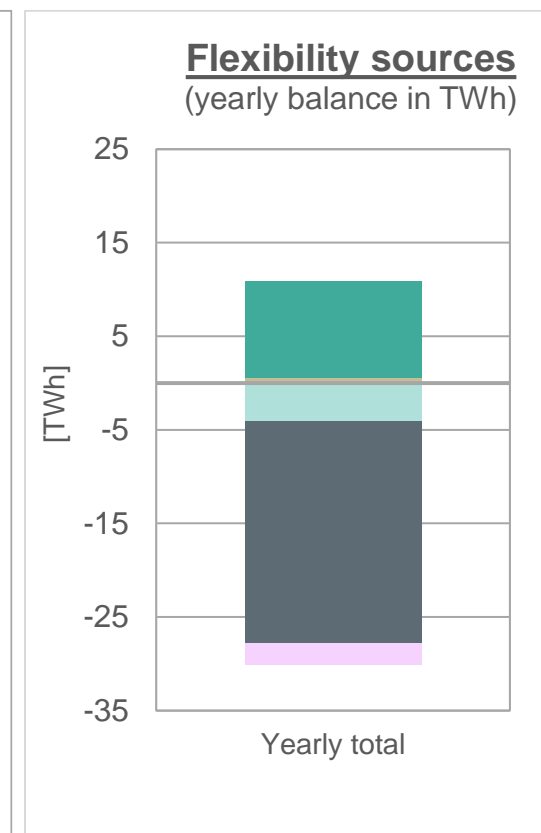
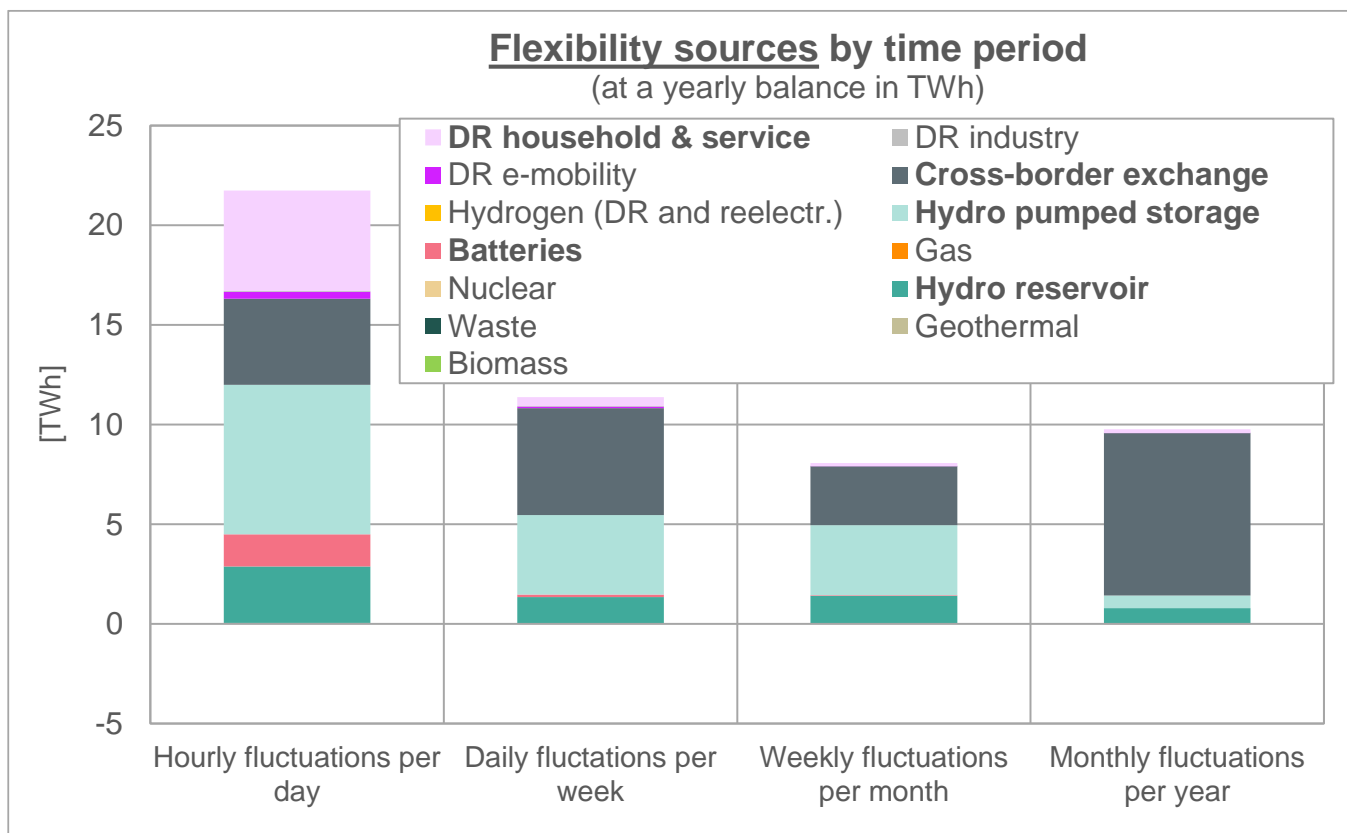
Szenario:

(Reference)

REF 2050

Normaljahr

Starker Klimawandel



- Blickpunkt Versorgungssicherheit:

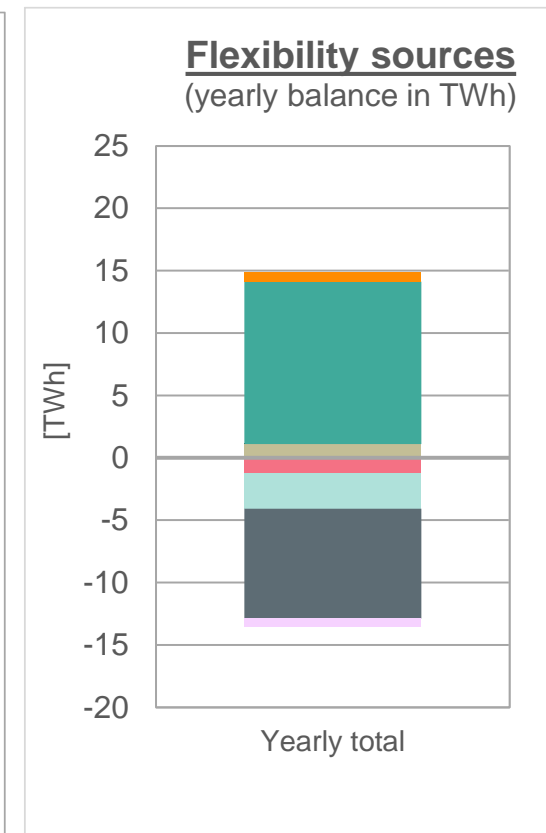
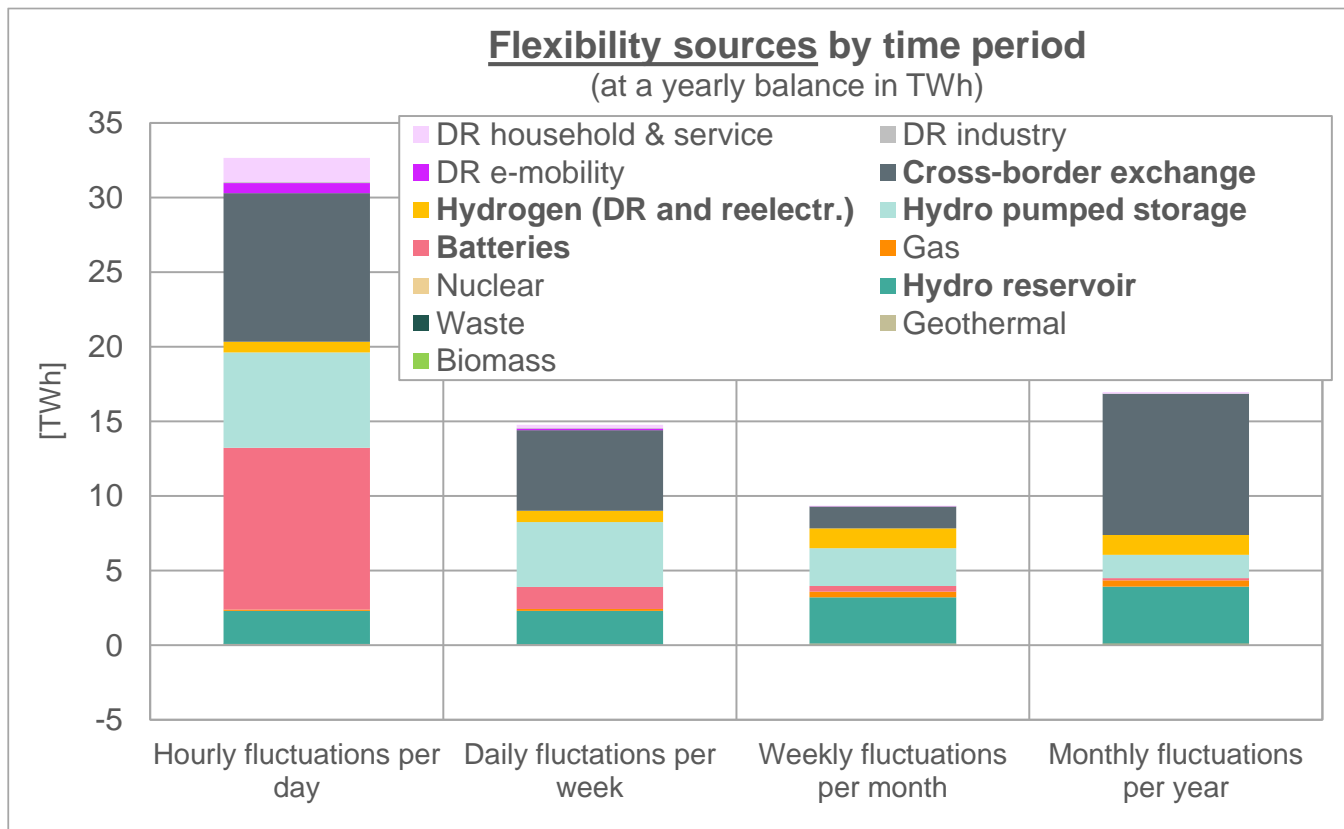
Deckung des Flexibilitätsbedarfs: Unterjährliche Schwankungen & Jahresbilanz

Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Normaljahr

Moderater Klimawandel



• Kenngrößen des Stromsystems 2050 im Vergleich

Szenario:

(Reference) **REF 2050**

Normaljahr **Starker Klimawandel**

| Energy system assets | Endogenous expansion | | | Yearly electricity generation | |
|--|----------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | Planned stock | (beyond planned) | Total stock (planned & expansion) | | |
| Electricity supply (incl. CHP) | GW | GW | GW | TWh | |
| Wind onshore | 18.7 | 0.0 | 18.7 | 46.9 | |
| Wind offshore | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Solar | 37.5 | 0.0 | 37.5 | 42.2 | |
| Hydro RoR | 6.4 | 0.0 | 6.4 | 35.8 | |
| Biomass | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.5 | |
| Waste | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | |
| Hydro reservoir | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 10.4 | |
| Nuclear | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Gas | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | |
| Heat/Steam supply | GW | GW | GW | | |
| Biomass | 2.2 | 0.0 | 2.2 | | |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | | |
| Heat pumps (for district heating) | 0.5 | 0.0 | 0.5 | | |
| Storage & selected flexibility components | GW | GW | GW | TWh (storage size) | TWh (asset use per year) |
| Batteries | 1.6 | 0.0 | 1.6 | 0.00 | 1.6 |
| Hydro pumped storage | 4.3 | 0.0 | 4.3 | 0.95 | 12.9 |
| Thermal storage | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 |
| H2 storage | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.0 |
| H2 electrolyser | 0.0 | 1.6 | 1.6 | | 13.7 |
| H2 reelectrification | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

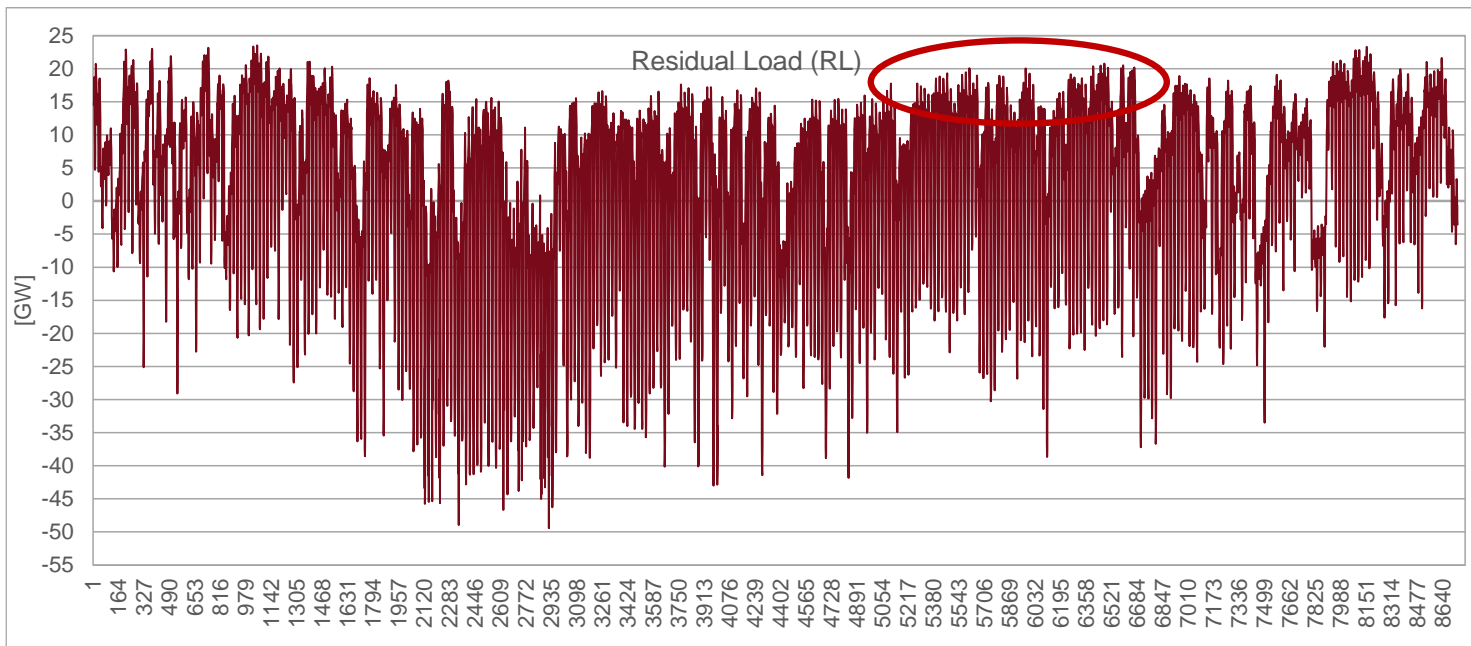
Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Normaljahr **Moderater Klimawandel**

| Energy system assets | Endogenous expansion | | | Yearly electricity generation | |
|--|----------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | Planned stock | (beyond planned) | Total stock (planned & expansion) | | |
| Electricity supply (incl. CHP) | GW | GW | GW | TWh | |
| Wind onshore | 26.3 | 0.0 | 26.3 | 65.8 | |
| Wind offshore | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Solar | 54.0 | 0.0 | 54.0 | 61.1 | |
| Hydro RoR | 6.4 | 0.0 | 6.4 | 39.6 | |
| Biomass | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.2 | |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.9 | |
| Waste | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | |
| Hydro reservoir | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 13.0 | |
| Nuclear | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Gas | 0.0 | 4.7 | 4.7 | 0.7 | |
| Heat/Steam supply | GW | GW | GW | | |
| Biomass | 2.4 | 0.0 | 2.4 | | |
| Geothermal | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| Heat pumps (for district heating) | 1.8 | 0.0 | 1.8 | | |
| Storage & selected flexibility components | GW | GW | GW | TWh (storage size) | TWh (asset use per year) |
| Batteries | 2.7 | 8.7 | 11.5 | 0.04 | 10.2 |
| Hydro pumped storage | 4.3 | 0.0 | 4.3 | 0.95 | 9.5 |
| Thermal storage | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.03 | 0.4 |
| H2 storage | 0.0 | 1.8 | 1.8 | 9.15 | 2.4 |
| H2 electrolyser | 0.0 | 7.1 | 7.1 | | 57.7 |
| H2 reelectrification | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

Österreich



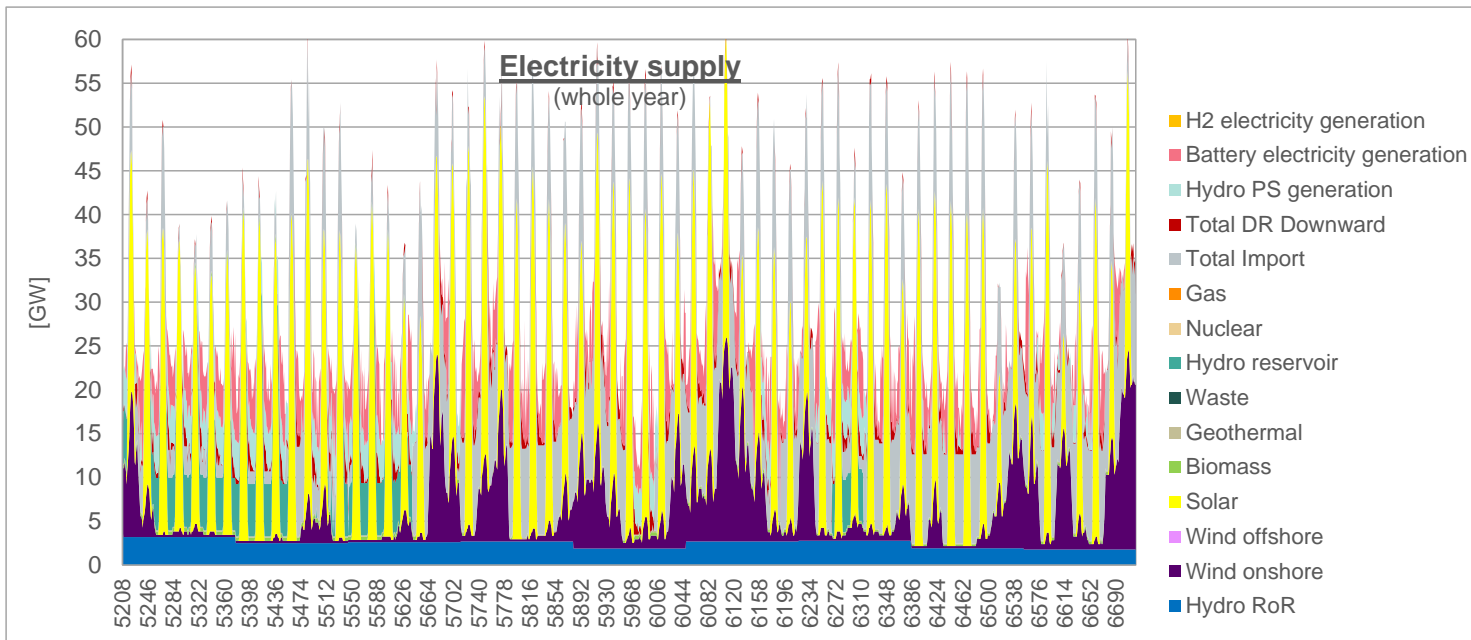
Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Hitzewelle

Moderater Klimawandel

- Einfluss Klimawandel / Wetterextreme: Sommerliche Hitzewelle in Zentraleuropa



- Blickpunkt Versorgungssicherheit:

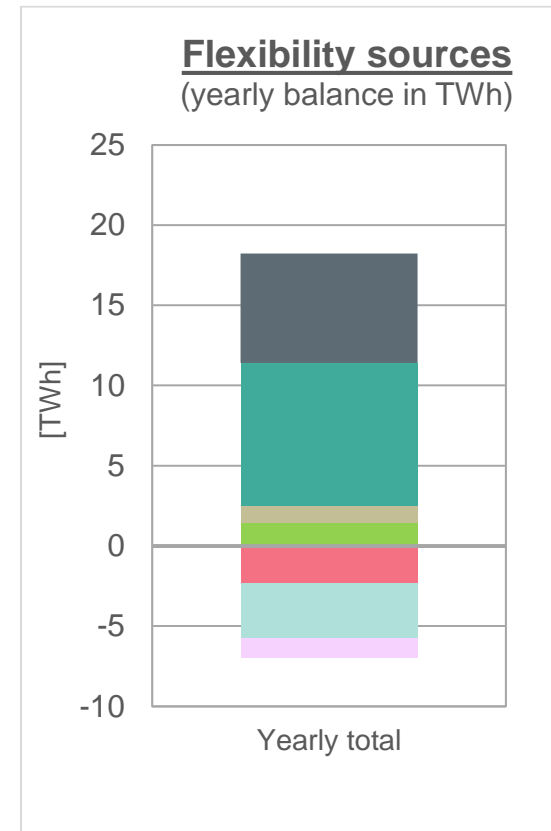
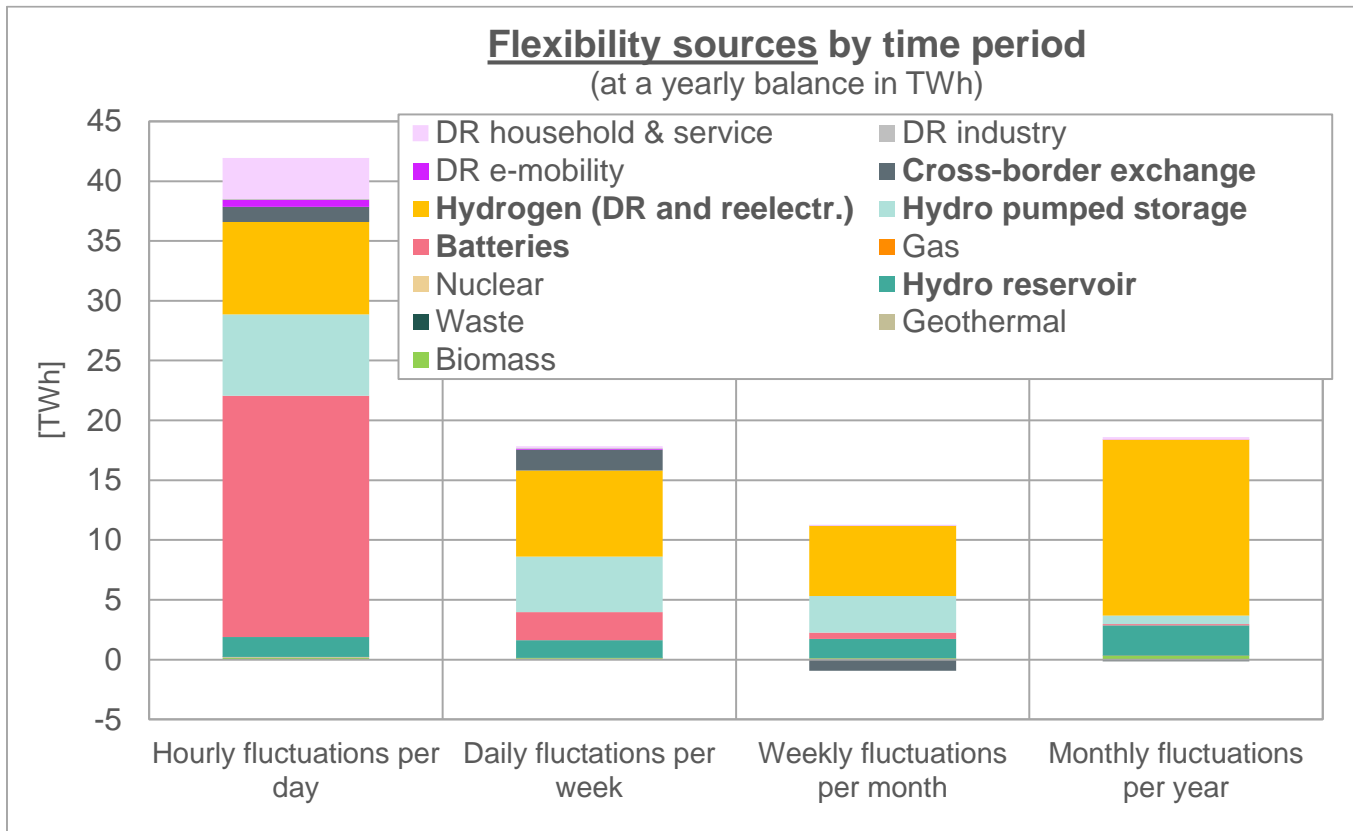
Deckung des Flexibilitätsbedarfs: Unterjährige Schwankungen & Jahresbilanz

Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Hitzewelle

Moderater Klimawandel



• Kenngrößen des Stromsystems 2050 im Vergleich

Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Normaljahr

Moderater Klimawandel

| Energy system assets | Endogenous expansion | | | Total stock (planned & expansion) | Yearly electricity generation |
|--|----------------------|------------------|------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | Planned stock | (beyond planned) | | | |
| Electricity supply (incl. CHP) | GW | GW | GW | GW | TWh |
| Wind onshore | 26.3 | 0.0 | 26.3 | 26.3 | 65.8 |
| Wind offshore | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Solar | 54.0 | 0.0 | 54.0 | 54.0 | 61.1 |
| Hydro RoR | 6.4 | 0.0 | 6.4 | 6.4 | 39.6 |
| Biomass | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 0.2 |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.9 |
| Waste | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 |
| Hydro reservoir | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 6.0 | 13.0 |
| Nuclear | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Gas | 0.0 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 0.7 |
| Heat/Steam supply | GW | GW | GW | GW | |
| Biomass | 2.4 | 0.0 | 2.4 | 2.4 | |
| Geothermal | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Heat pumps (for district heating) | 1.8 | 0.0 | 1.8 | 1.8 | |
| Storage & selected flexibility components | GW | GW | GW | TWh (storage size) | TWh (asset use per year) |
| Batteries | 2.7 | 8.7 | 11.5 | 0.04 | 10.2 |
| Hydro pumped storage | 4.3 | 0.0 | 4.3 | 0.95 | 9.5 |
| Thermal storage | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.03 | 0.4 |
| H2 storage | 0.0 | 1.8 | 1.8 | 9.15 | 2.4 |
| H2 electrolyser | 0.0 | 7.1 | 7.1 | | 57.7 |
| H2 reelectrification | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

16.02.2023

Szenario:

(Decarbonisation Needs) **DN 2050**

Österreich

Hitzewelle

Moderater Klimawandel

| Energy system assets | Endogenous expansion | | | Total stock (planned & expansion) | Yearly electricity generation |
|--|----------------------|------------------|------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | Planned stock | (beyond planned) | | | |
| Electricity supply (incl. CHP) | GW | GW | GW | GW | TWh |
| Wind onshore | 26.3 | 5.3 | 31.6 | 31.6 | 68.2 |
| Wind offshore | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Solar | 54.0 | 8.4 | 62.4 | 62.4 | 76.1 |
| Hydro RoR | 6.4 | 0.0 | 6.4 | 6.4 | 31.5 |
| Biomass | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 1.5 |
| Geothermal | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 1.0 |
| Waste | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 |
| Hydro reservoir | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 6.0 | 8.9 |
| Nuclear | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Gas | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Heat/Steam supply | GW | GW | GW | GW | |
| Biomass | 2.4 | 0.0 | 2.4 | 2.4 | |
| Geothermal | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Heat pumps (for district heating) | 1.8 | 0.0 | 1.8 | 1.8 | |
| Storage & selected flexibility components | GW | GW | GW | TWh (storage size) | TWh (asset use per year) |
| Batteries | 2.7 | 15.9 | 18.7 | 0.07 | 18.9 |
| Hydro pumped storage | 4.3 | 0.0 | 4.3 | 0.95 | 11.6 |
| Thermal storage | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.09 | 0.8 |
| H2 storage | 0.0 | 3.2 | 3.2 | 15.94 | 15.9 |
| H2 electrolyser | 0.0 | 16.1 | 16.1 | | 76.3 |
| H2 reelectrification | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |

Fazit

Erste Ergebnisse aus der Strommarktmodellierung auf Basis von zwei Anwendungsfällen:
Referenz 2050 vs. **Decarbonisation Needs 2050**

- Der starke/moderate **Einfluss des Klimawandels** auf die Nachfrage (und Erzeugung) **kann durch den geplanten/unterstellten Wandel des Stromsystems in Österreich und Europa ausgeglichen werden**
- Neben dem **Ausbau der Erzeugungstechnologien Wind und PV** und dem **Netzausbau** sind für die Wahrung der Versorgungssicherheit **Speicher von zentraler Bedeutung** in Österreich:
 - **Batterien, thermische & Wasserstoff-Speicher** sowie **Pumpspeicher** sowie
 - eine Flexibilisierung der Nachfrage aufgrund **systemdienlich betriebener H2-Elektrolyseure**

Ausblick auf anstehende Arbeiten im Rahmen von SECURES:

- Modellrechnungen auf Basis historischer Wetterverhältnisse (zum besseren Vergleich des Klimaeinflusses)
- Blick über den Tellerrand (Auswertungen zentraler Ergebnisse auch für Österreichs Nachbarn / Europa)
- ...

→ **Ihre Wünsche & Anregungen sind herzlich willkommen!**

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
Fragen / Anregungen:
gustav.resch@ait.ac.at