



SECURING AUSTRIA'S ELECTRICITY SUPPLY IN TIMES OF
CLIMATE CHANGE

SECURES: ein interdisziplinärer Forschungsansatz zur Versorgungssicherheit des Energiesystems in Zeiten des Klimawandels

Klimatag 2024, 03.04.2024, Session Technischer Fortschritt II

Franziska Schöniger, Florian Hasengst

Demet Suna, Gustav Resch, Nicolas Pardo-Garcia, Gerhard Totschnig, Peter Widhalm

Herbert Formayer, **Philipp Maier**, David Leidinger, Imran Nadeem

| TU Wien, Energy Economics Group

| AIT Austrian Institute of Technology

| BOKU-Met



SECURES: Die Studie im Überblick

Motivation

- Die Dekarbonisierung und Elektrifizierung des Energiesystems implizieren eine höhere Wetterabhängigkeit des Stromsystems
- Der Klimawandel beeinflusst Planung und Betrieb des Energiesystems, beispielsweise durch häufigere Extremereignisse und erhöhten Kühlbedarf
- Brauchbare Wetterdaten für die Modellierung des Stromsystems erfordern ein hohes Maß an Interdisziplinarität

Ziele

- Analyse der Auswirkungen des veränderten Klimas/Wetters auf optimale Investitionsentscheidungen für den Umbau des Energiesystems
- Abschätzung der benötigten Systemflexibilität

Methode

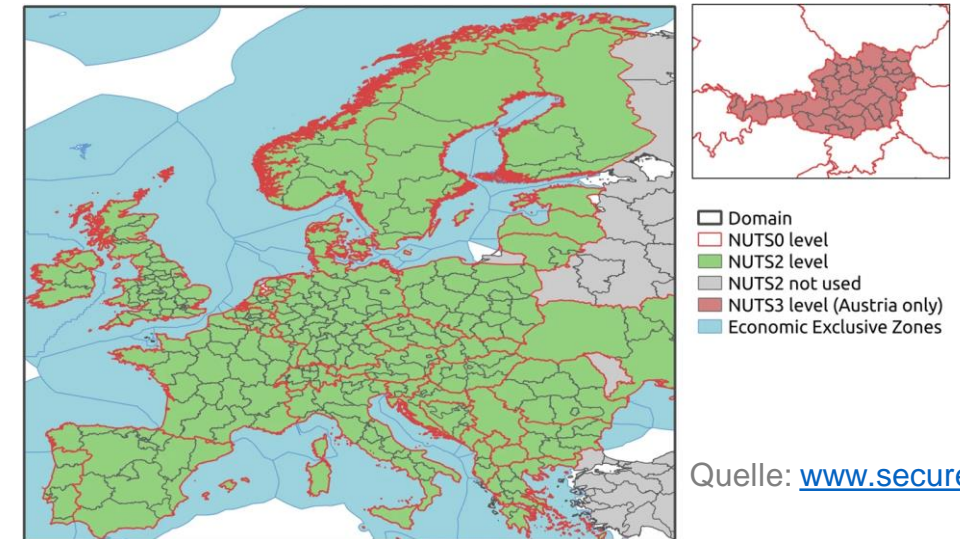
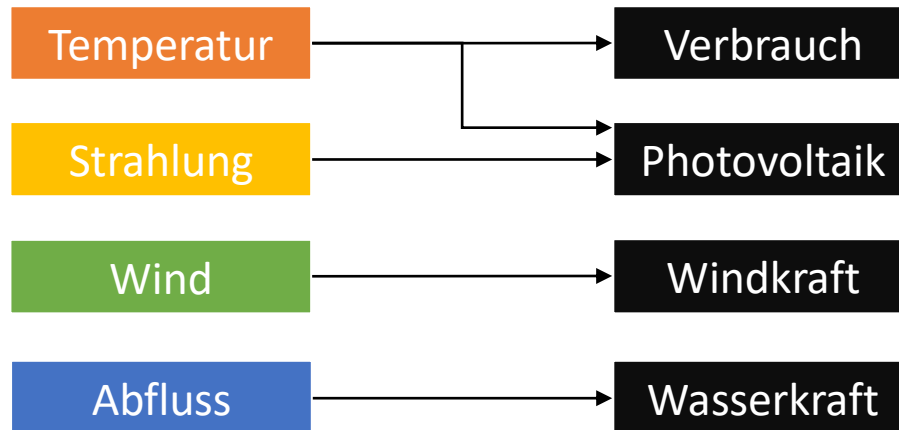
- **Kombination von Klima- und Energiesystemmodellierung**
- **Detaillierte Open-Source-Datensätze aus der Klima-modellierung** (NUTS3 AT, NUTS0 EU) als Input für die Modellierung des Energiesystems

Vorgehensweise



Anforderungen an meteorologische Daten

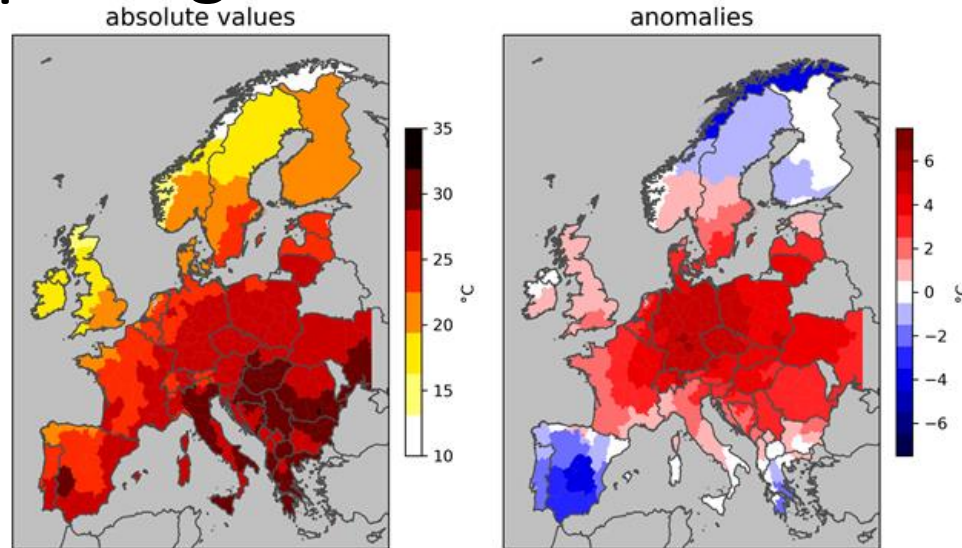
- Historische Daten und unterschiedliche Emissionsszenarien (Reference für business as usual & Volle Dekarbonisierung)
- Verarbeitbare Größe, ohne die räumliche und zeitliche Variabilität des Wetters zu vernachlässigen
 - Stromsystem ist europaweit vernetzt → starke räumliche Ausdehnung
 - Stündliche Zeitauflösung
- Repräsentative Aggregationsmethoden
- Analyse von Extremszenarien und Normalperioden



Quelle: www.secures.at

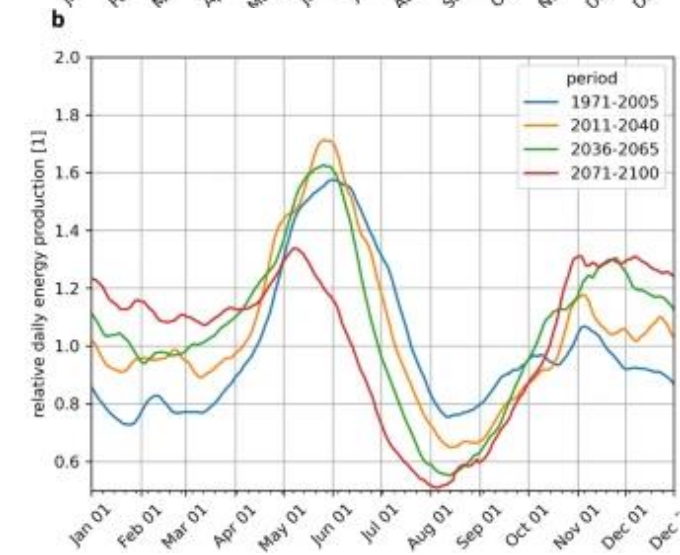
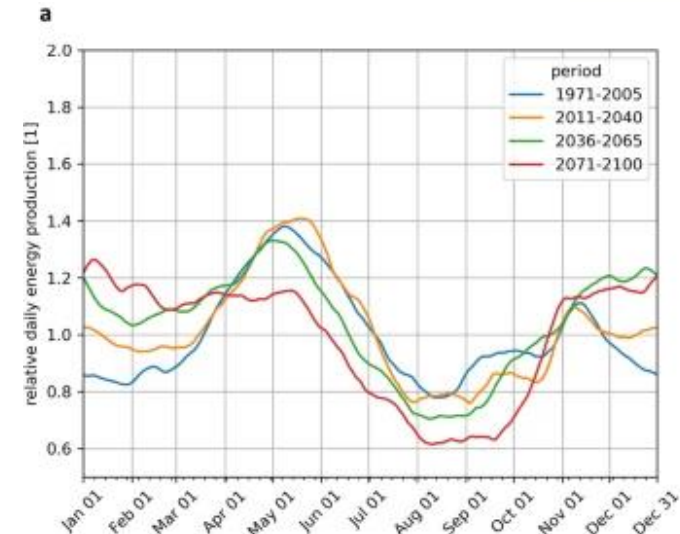
Aggregationslevel

Beispielerggebnisse



Anomalie zur historischen Periode	AT	EU
Temperatur [°C]	5.3	4.0
Maximaltemperatur [°C]	6.3	4.4
Minimaltemperatur [°C]	4.0	3.4
Wind Power [%]	56.3	95.5
Wind Power offshore [%]	-	92.1
Strahlung [%]	120.1	110.6
Hydro Power [%]	58.2	107.5

Beispiel einer Juni-Hitzewelle in der Mitte des Jahrhunderts im Vergleich zum Normalklima in dieser Periode im Business-as-usual-Szenario



Jahresgang der Wasserkraftproduktion für (a) Laufwasser- und (b) Reservoir- Kraftwerke für das Reference-Szenario in Bezug auf die mittlere Energieproduktion der historischen Periode.

Quelle: www.secures.at

Meteorologische Variablen

Variable	Einheit	Aggregationsmethode	Zeitliche Auflösung
Temperatur (2 m)	°C	Räumlicher Mittelwert Bevölkerungsgewichtet	Stündlich
Globalstrahlung	W/m ²	Räumlicher Mittelwert	Stündlich
Direkt-Normalstrahlung	W/m ²	Bevölkerungsgewichtet	Stündlich
Potentielle Windenergieproduktion	1	Normiert mit der potentiell verfügbaren Fläche und Windturbinen-Leistungskurven	Stündlich
Potentielle Wasserkraftproduktion	MW	Summe	Täglich
	1	Normalisiert mit der durchschnittlichen täglichen Produktion	



Publikation: <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02494-4>

Datensatz: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7907883>



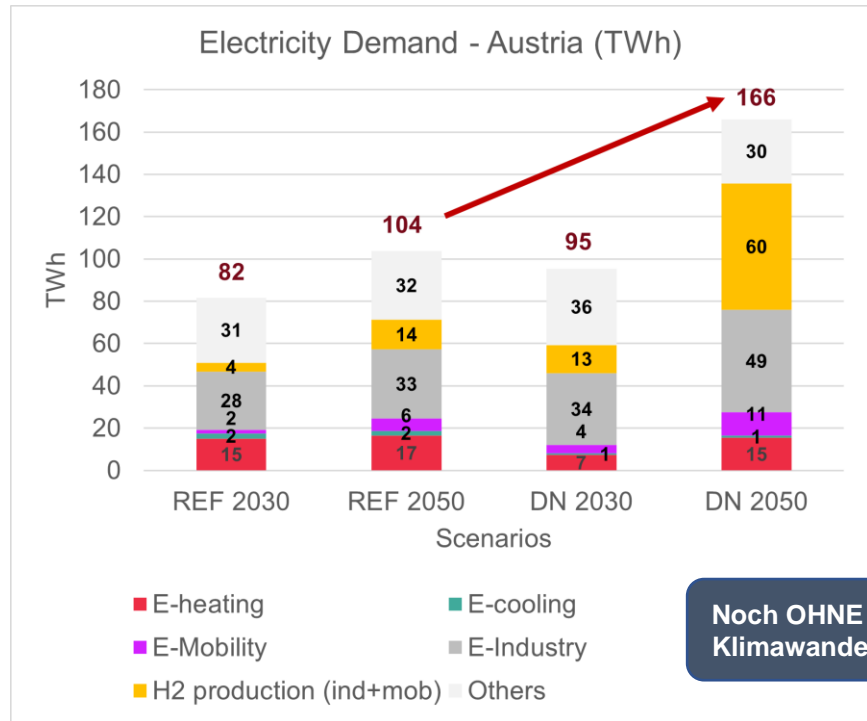
Abschätzung der Nachfrage und installierten Leistung

Untersuchte Transformationspfade: Reference (REF) vs Decarbonisation Needs (DN)

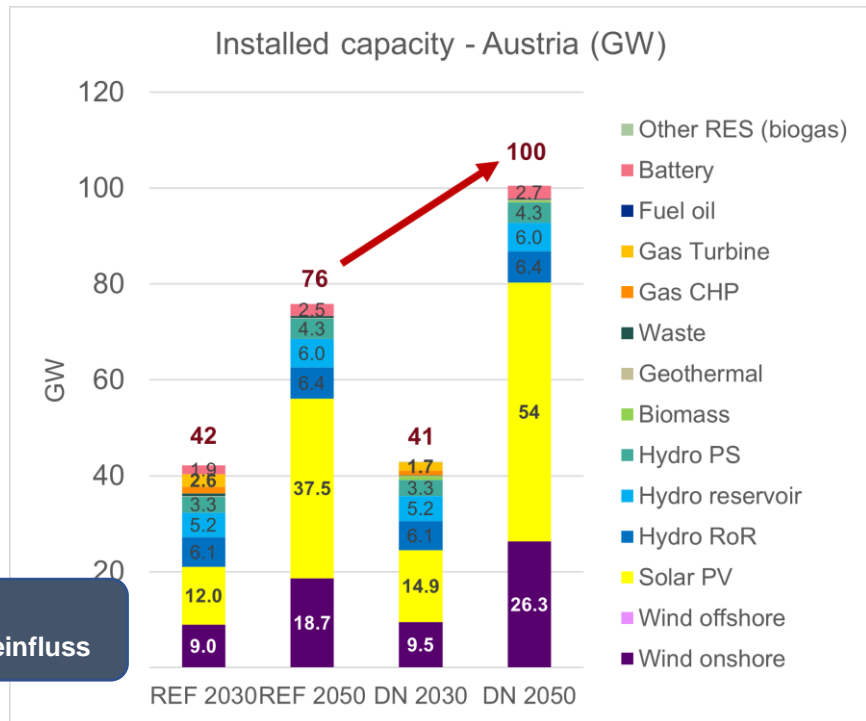
Im **Referenzpfad (REF)** und den entsprechenden Szenarien strebt Österreich bis 2030 und darüber hinaus eine EE-basierte Stromversorgung an. In anderen Sektoren und EU-Ländern werden jedoch **weniger ambitionierte Dekarbonisierungsziele** verfolgt. Dementsprechend wurde in REF ein **starker Klimawandel** unterstellt (Klimaszenario RCP 8.5).



Der Pfad „**Decarbonisation Needs**“ (DN) steht für ein ehrgeiziges Dekarbonisierungsziel in der gesamten EU, das bis 2050 einen Netto-Null-Wert vorsieht. Es wird ein starker Anstieg der Stromnachfrage erwartet, der durch eine starke sektorale Kopplung zur Dekarbonisierung anderer Sektoren wie Industrie und Mobilität angetrieben wird. Der DN-Pfad wurde mit einem **moderaten Klimawandelszenario (RCP 4.5)** gekoppelt.



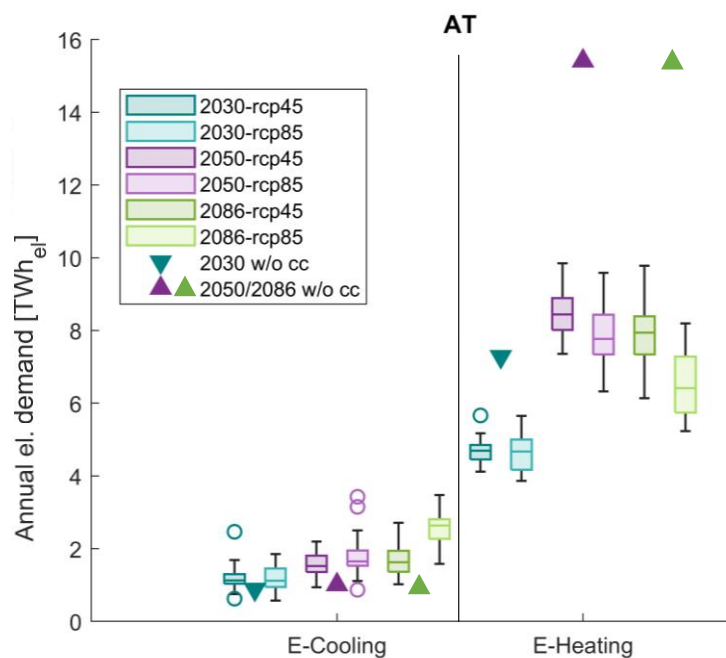
Noch OHNE Klimawandeleinfluss



SECURITY OF SUPPLY
Für beide Pfade haben wir Wetterjahre analysiert, die **extreme Wetterbedingungen** (z. B. **Hitzewelle, Dunkelflaute**) für die mittlere Zukunft (2050) widerspiegeln

Quelle: www.secures.at

Einfluss des Klimawandels auf die Energieversorgung



Nachfrage ohne
Klimawandel

e-cooling & e-heating
Nachfrage in
energetischer Basis
(basierend auf der
unterstellten Entwicklung
bei Wärmepumpen /
Klimaanlagen gemäß DN-
Szenario)

Nachfrage: Blick auf Wärme- und Kälte

- **Rückgang des jährlichen Wärmebedarfs** (um ca. 50 % bis zum Ende des Jahrhunderts)
- **Anstieg des Kühlbedarfs** (bis zu 350%)
- Da der E-Heizbedarf in Österreich höher ist als der E-Kühlbedarf, wird **insgesamt ein negativer Nettoeffekt** erwartet.

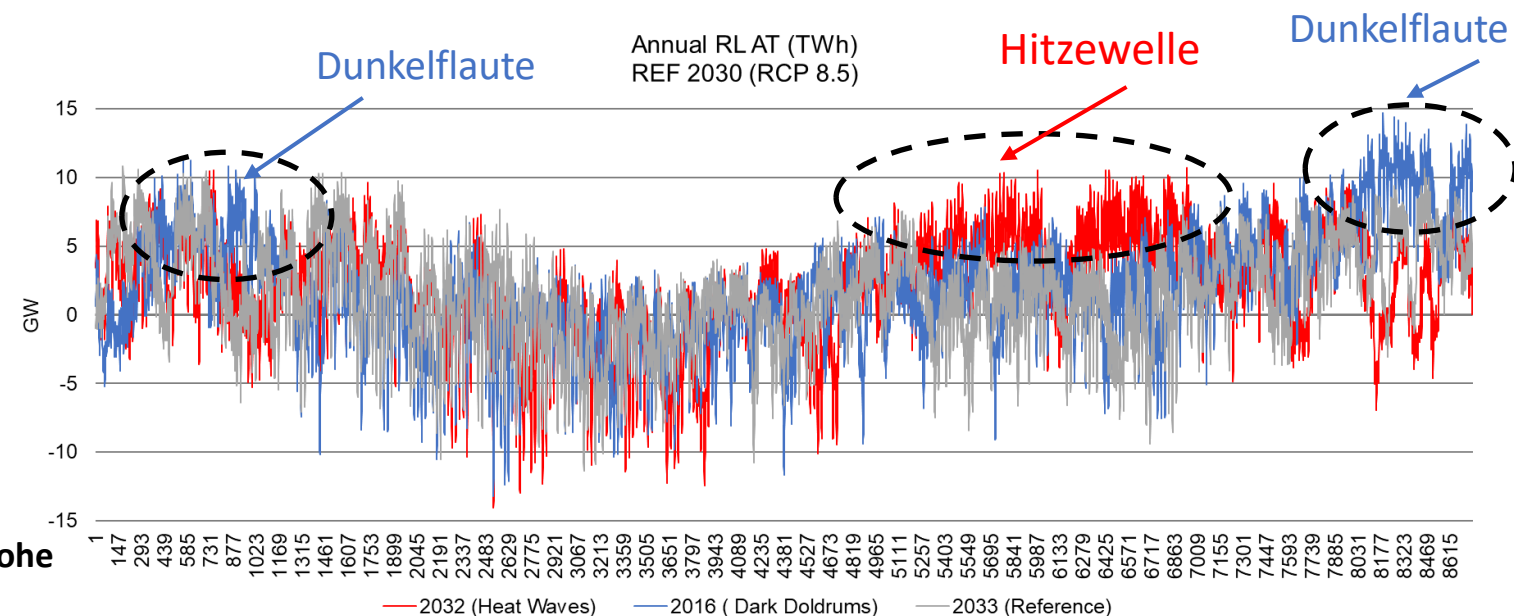


Identifikation kritischer Power-Systemzustände

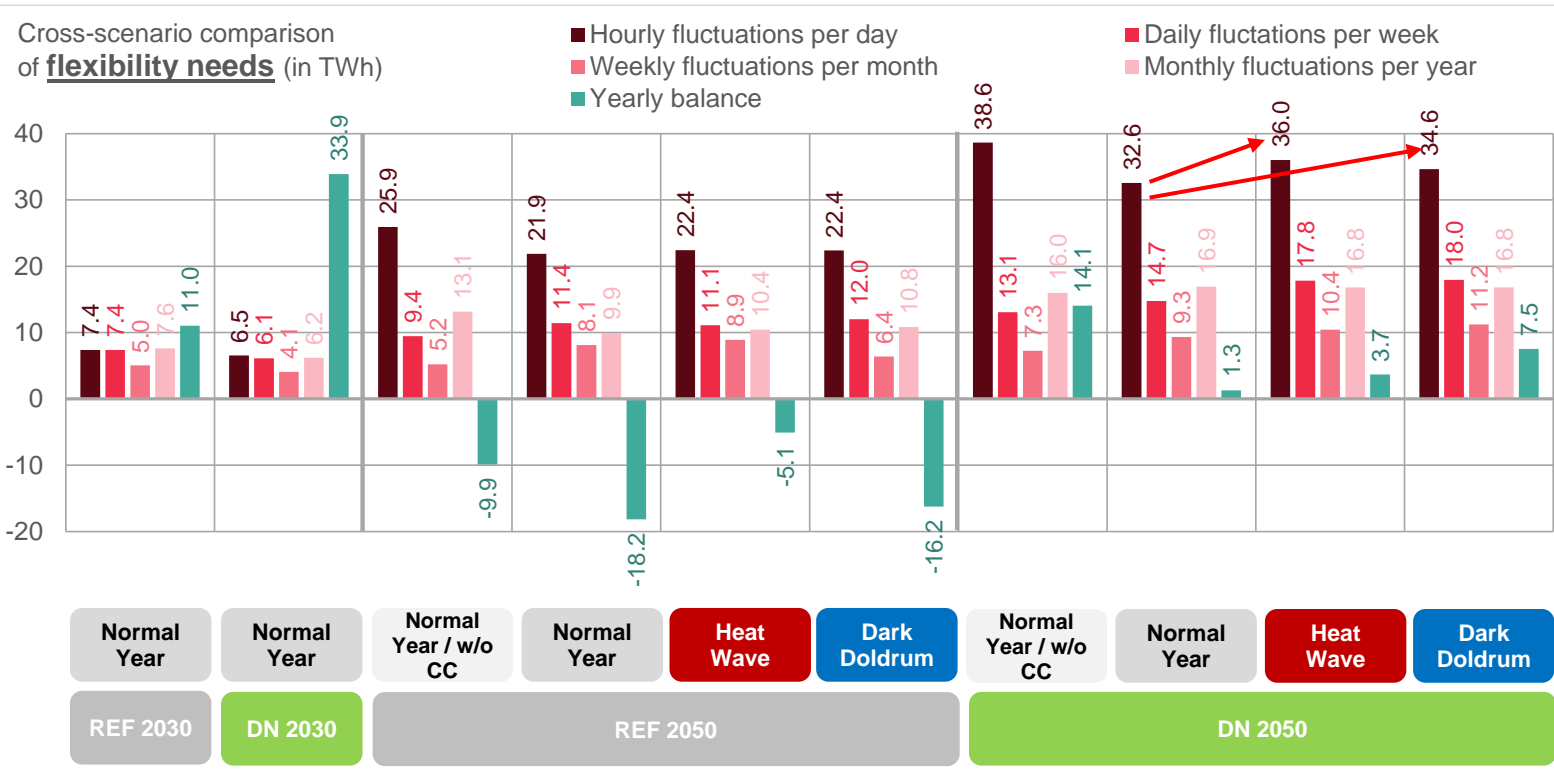
(Hitzewellen & Dunkelflauten) → Ableitung der für die Modellierung verwendeten Wetterjahre

Residuallast als Basis

- **Residuallast** = Last – (PV + Wind + Laufwasser)
- positive RL → hohe Last / geringe Erzeugung
- **Residuallastspitzen:** mindestens 1 Woche lang **sehr hohe** Residuallast (Dunkelflauteperioden/Hitzewellen)



Energiesystemmodellierung mit Fokus auf Versorgungssicherheit: Flexibilitätsnachfrage



Kernergebnisse:

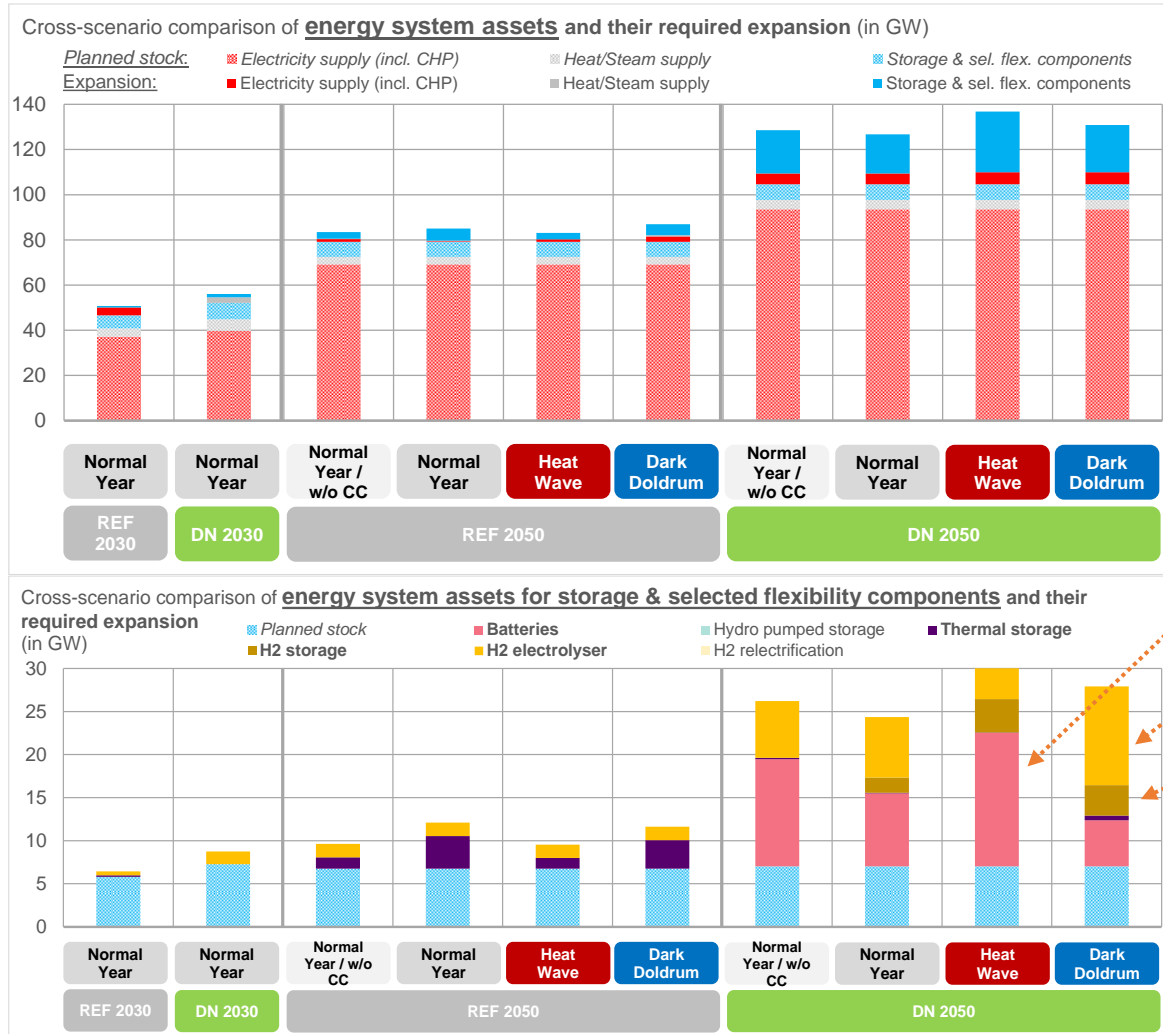
- **DN vs REF: Energiewende als zentrale Herausforderung:**
 → Mit einer **massiv höheren Nachfrage** und einem **höheren Anteil an wetterabhängiger Erzeugung** nehmen die **kurzfristigen Schwankungen** in der entsprechenden Stromerzeugung **stark zu**
- **Klimaauswirkungen: Extreme Wetterereignisse sind für die künftige Planung des Energiesystems von Bedeutung** und wirken sich insbesondere auf den kurzfristigen Bedarf an Flexibilität aus



Szenarienvergleich des **Flexibilitätsbedarfs** in unterschiedlichen Zeitperioden (kurz- bis langfristig) **2030** und **2050**

Quelle: www.secures.at

Energiesystemmodellierung mit Fokus auf Versorgungssicherheit: Bereitstellung der Flexibilität



Ergebnisse bzgl. Klimafolgen:

Massiver zusätzlicher Ausbau von **Batteriespeichern** in Jahren mit **Hitzewellen**

Deutlicher Zubau von **H2 Elektrolyseuren** bei Wetterjahren mit **Dunkelflauten**

Zusätzlicher Ausbau von **H2 Speichern** in Wetterjahren mit **Hitzewellen** und **Dunkelflauten**

Quelle: www.secures.at

Literatur

- Formayer, H., Nadeem, I., Leidinger, D. et al. SECURES-Met: A European meteorological data set suitable for electricity modelling applications. *Sci Data* 10, 590 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02494-4>
- Schöniger, F. et al. SECURES - Securing Austria's Electricity Supply in Times of Climate Change. [cited 2023]; Available from: <https://www.secures.at/>.
- Rogelj, J. et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 C. *Nature* 534(7609), 631–639 (2016).
- Muñoz-Sabater, J. et al. ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data* 13(9), 4349–4383 (2021).
- Jacob, D. et al. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change* 14(2), 563–578 (2014).
- Lindström, G. et al. Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology research* 41(3-4), 295–319 (2010).
- European Commission, J.R.C.J., JRC Hydro-power database., J.R.C.J. European Commission, Editor. (2019).



Danke, für Ihre Aufmerksamkeit!