

# IDENTIFIKATION VON EXTREMWETTEREREIGNISSEN AUS SICHT DES STROMSYSTEMS

Demet SUNA<sup>1</sup>, Franziska SCHÖNIGER<sup>2</sup>, Gustav RESCH<sup>3</sup>, Gerhard Totschnig<sup>4</sup>  
Peter WIDHALM<sup>5</sup>, Nicolas PARDO-GARCIA<sup>6</sup>, Florian HASENGST<sup>7</sup>, Herbert FORMAYER<sup>8</sup>, Philipp MAIER<sup>9</sup>, David LEIDINGER<sup>10</sup>, Imran Nadeem<sup>11</sup>

## Motivation

Aufgrund des steigenden Anteils variabler erneuerbarer Energien (VRE) in Energiesystemen gewinnt die Residuallast (RL) als Indikator zunehmend an Bedeutung. In diesem Beitrag wird eine Methode zur Identifizierung und Bewertung von Extremereignissen in Elektrizitätssystemen vorgestellt, die auf einer Analyse der Residuallast basiert. Dabei werden für die Stützjahre 2030 und 2050 zwei Energietransformationspfade aufgezeigt. Konkret umfasst dies einen Referenzpfad (REF) und einen Pfad vollständiger Dekarbonisierung (DN). Diese Pfade sind jeweils mit einer großen Anzahl von Wetterjahren für zwei ausgewählte zukünftige Klimaszenarien, nämlich RCP8.5 mit starkem Klimawandel und RCP4.5 mit moderatem Klimawandel, verwendet. Die identifizierten Extremwetterjahre und aufbereiteten Daten können in Folge etwa für Energiesystemmodellierungen zur Analyse der Versorgungssicherheit verwendet werden. Der Fokus dieses Beitrages liegt auf der Methodik zur Identifikation relevanter Wetterjahre aus energiesystemischer Perspektive.

## Methodik

Die RL beschreibt die Differenz zwischen der Stromnachfrage und der Stromerzeugung von variablen wetterabhängigen erneuerbaren Energieanlagen, d.h. PV-Solaranlagen, Wind- und Laufwasserkraftwerke. Eine negative RL kennzeichnet einen Erzeugungsüberschuss, während eine positive RL ein Erzeugungsdefizit bedeutet. Im Rahmen der durchgeführten Analyse wurde die RL auf stündlicher Basis für alle betrachteten Wetterjahre berechnet, mit dem Ziel der Identifikation kritischer Zeitabschnitte und folglich zu analysierender Wetterjahre. Neben der Analyse aus energiesystemischer Sicht erfolgte auch ein Vergleich zur Analyse und Identifikation auf Basis reiner meteorologischer Daten wie Temperatur, Niederschläge, Winddargebot und Solareinstrahlung.

Neben den Stromerzeugungsprofilen der VRE ist die RL der Schlüsselparameter für die Identifizierung von Extremereignissen aus Sicht des Stromsystems. In Anlehnung an die von Dawkins and Rushby [3] beschriebene Methode wurden einige primäre Indikatoren für unterschiedliche geografische Bereiche, d.h. für Österreich (AT), Mittel (CEU)- und Gesamteuropa, ermittelt. Als zentraler Indikator für die Identifikation kritischer Systemzustände erwies sich hierbei:

*Peak Periods of Residual Load (PPRL)*: Identifizierte Zeiträume, in denen über eine Zeitspanne von mehr als sieben Tagen die durchschnittliche wöchentliche RL (gleitender Durchschnitt von 7 Tagen) über dem 80. Perzentil der positiven RL liegt. Dies erscheint repräsentativ zur Identifikation von Dunkelflauten und Hitzewellen.

Der Indikator PPRL wurde dann verwendet, um die Wetterjahre zu bestimmen, die für die Modellierung des Energiesystems verwendet wurden: Für die Transformationspfade DN in Kombination mit RCP 4.5 sowie REF, verknüpft mit RCP 8.5, wurden ein Normaljahr und zwei Extremjahre (mit entweder einer

---

<sup>1</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 6 1210 Wien, +43 664 2351944 [demet.suna@ait.ac.at](mailto:demet.suna@ait.ac.at)

<sup>2</sup> Energy Economics Group, Technische Universität Wien, Vienna, Austria, [schoeniger@eeg.tuwien.ac.at](mailto:schoeniger@eeg.tuwien.ac.at)

<sup>3</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, [gustav.resch@ait.ac.at](mailto:gustav.resch@ait.ac.at)

<sup>4</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, [gerhard.totschnig@ait.ac.at](mailto:gerhard.totschnig@ait.ac.at)

<sup>5</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, [peter.widhalm@ait.ac.at](mailto:peter.widhalm@ait.ac.at)

<sup>6</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, [nicolas.pardo-garcia@ait.ac.at](mailto:nicolas.pardo-garcia@ait.ac.at)

<sup>7</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, [florian.hasengst@ait.ac.at](mailto:florian.hasengst@ait.ac.at)

<sup>8</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie, [herbert.formayer@boku.ac.at](mailto:herbert.formayer@boku.ac.at)

<sup>9</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie, [philipp.maier@boku.ac.at](mailto:philipp.maier@boku.ac.at)

<sup>10</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie, [david.leidinger@boku.ac.at](mailto:david.leidinger@boku.ac.at)

<sup>11</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Meteorologie und Klimatologie, [imran.nadeem@boku.ac.at](mailto:imran.nadeem@boku.ac.at)

Dunkelflaute oder einer Hitzewelle) vorgeschlagen, die aus der Systemperspektive als Stressereignisse betrachtet wurden, siehe Abbildung 1.

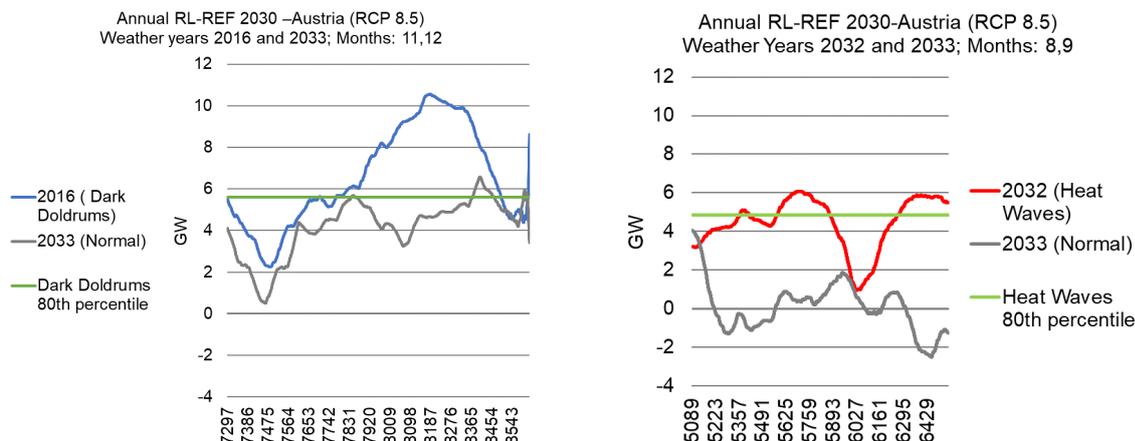


Abbildung 1: Darstellung des Indikators PPRL im Falle des REF-2030 Pfades (unter Berücksichtigung von Klimadaten gemäß RCP 8.5). Quelle: [1]

## Ergebnisse

Bei der Auswahl der Wetterjahre wurde der obig beschriebene Indikator PPRL nicht nur für Österreich, sondern auch für Mitteleuropa, mit dem das österreichische Stromsystem stark verflochten ist, berücksichtigt. Die Überschneidung der identifizierten Wetterjahre für die Energiesystemmodellierung aus Sicht des Energiesystems und aus rein meteorologischer Sicht war hoch. Table 1 zeigt die Liste der ausgewählten Wetterjahre für die Szenarien der Energiesystemmodellierung.

Table 1: Ausgewählte Wetterjahre auf Basis der Residuallast und Dauer des Indikators PPRL

<b>RCP4.5 (DN-Szenarien)</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
Repräsentatives Jahr (Normal)	<b>2043</b>	<b>2062</b>
Hitzewelle	<b>2028</b> (23 Tage beginnend in Woche 27)	<b>2046</b> (Woche 38 und 39)
Dunkelflaute	<b>2037</b> (50 Tage beginnend in Woche 1)	<b>2037</b> (49 Tage beginnend in Woche 2)
<b>RCP4.5 (DN-Szenarien)</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
Repräsentatives Jahr (Normal)	<b>2033</b>	<b>2049</b>
Hitzewelle	<b>2032</b> (14 Tage beginnend in Woche 38)	<b>2057</b> (40 Tage (CEU) beginnend in Woche 31)
Dunkelflaute	<b>2016</b> (9 Tage beginnend in Woche 3; 30 Tage beginnend in Woche 47)	<b>2047</b> (17 Tage (CEU) beginnend in Woche 47)

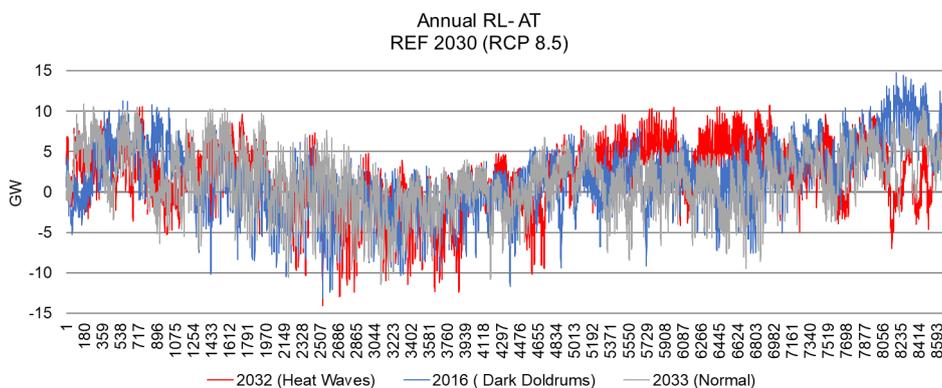


Abbildung 2: Darstellung der Residuallast für ausgewählte Wetterjahre im Falle des REF-2030 Pfades (unter Berücksichtigung von Klimadaten gemäß RCP 8.5).

Abbildung 2 zeigt die Residuallast für ausgewählte Wetterjahre repräsentativ für den REF-2030-Pfad. Im Rahmen des Vortrags wird auf die verfügbare Datenbasis, die verwendete Methodik sowie die ermittelten

## Referenzen

- [1] F. Schöniger, 'SECURES - Securing Austria's Electricity Supply in Times of Climate Change'. Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.secures.at/>
- [2] H. Ravn *et al.*, 'Balmorel: a Model for Analyses of the Electricity and CHP Markets in the Baltic Sea Region', Ballerup, Mar. 2001. [Online]. Available: <http://www.balmorel.com/images/downloads/balmorel-a-model-for-analyses-of-the-electricity-and-chp-markets-in-the-baltic-sea-region.pdf>
- [3] D. L. Dawkins and I. Rushby, 'Characterising Adverse Weather for the UK Electricity System, including addendum for surplus generation events', Oct. 2021. [Online]. Available: <https://nic.org.uk/app/uploads/MetOffice-Characterising-Adverse-Weather-Phase-2a.pdf>

## Danksagung

Dieser Beitrag fußt auf Arbeiten im Rahmen der Forschungsprojekte SECURES – ein Projekt, das vom Klima- und Energiefonds (KLIEN) im Rahmen der Förderschiene ACRP gefördert wurde (Projektnummer KR19AC0K17532) – sowie ROBINE – ein Projekt im Rahmen der Förderschiene Energieforschung (e!MISSION) (Projektnummer FO999905716). Wir danken für die finanzielle Unterstützung, die diese Arbeiten ermöglicht hatten.