



# AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF HEIZEN UND KÜHLEN IN ÖSTERREICH

Datengrundlage aus ROBINE für die Analyse von Verteilungseffekten im Projekt Fair-Heat

Lukas Liebmann, Demet Suna, Gustav Resch  
AIT Austrian Institute of Technology

für die EnInnvo 2026

19. Symposium Energieinnovation



# AGENDA & ÜBERBLICK

## MOTIVATION

- Klimawandel als Treiber der Energiewende
- Herausforderung: Regionale Temperaturverschiebungen in Österreich führen zu veränderten Lastprofilen (mildere Winter, extremere Sommer)
- Synergie: Nutzung der ROBINE-Erkenntnisse (Infrastruktur-Resilienz) als Basis für das Projekt Fair-Heat (soziale Gerechtigkeit & Dekarbonisierung).

## METHODIK

- Von Klimamodellen zu Energieindikatoren
- Szenarien: Analyse basierend auf Global Warming Levels (GWL 1.0 bis 4.0) statt starrer Zeitachsen.
- Regionalisierung: Hochauflösende Daten auf NUTS-3 Ebene bzw. 1-km-Raster, um lokale Unterschiede in Österreich abzubilden.
- Metriken: Berechnung von Heizgradtagen (HGT), Kühlgradtagen (KGT) und Tropennächten.

## ERGEBNISSE

- Verschiebungen im Heiz- und Kühlbedarf
- Heizen: Signifikanter Rückgang der HGT, besonders in Tieflagen.
- Kühlen: Exponentieller Anstieg der Kühllast und Tropennächte, primär in urbanen Räumen (z.B. Wien, Linz).
- Infrastruktur: Notwendigkeit für flexible Netze und Anpassung der Fernwärme/-kälte-Strategien.

# KLIMAWANDEL & ENERGIESYSTEME

**Der globale Treiber:** Klimawandel transformiert Energiesysteme weltweit und beeinflusst alle gesellschaftlichen Bereiche.

**Verschiebung der Lastprofile:** Mildere Winter führen zu einem sinkenden Heizbedarf. Extremere Sommer führt zu einem steigenden Kühlbedarf.

**Österreich-Spezifisch:** Große regionale Variationen erfordern lokalisierte Ansätze für die Energieplanung und Minderungsstrategien.

**Ziel:** Gewährleistung einer robusten Energieinfrastruktur, die nicht nur technischer Unsicherheit standhält, sondern auch die soziale Teilhabe und faire Kostenverteilung in der Klimaanpassung sichert.



# DER KONTEXT – VON ROBINE ZU FAIR-HEAT

**ROBINE - Region-specific Impact Assessment of Climate Change for a Robust and Integral Energy Infrastructure in Austria:** Untersucht die regionsspezifischen Auswirkungen des Klimawandels auf die gesamte österreichische Energieinfrastruktur.

- Partner: AIT-DRC, BOKU
- Förderung: FFG

**Fair-Heat:** Nutzt diese Daten, um die Verteilungseffekte von Klimaschutzkosten bei der Dekarbonisierung der Raumwärme und -kühlung zu untersuchen.

- Partner: WIFO, e-think
- Förderung: Austrian Climate Research Programme (ACRP), 16th Call

**Ziel:** Fundierte Planungsgrundlage für sozial gerechte Klimaanpassung.



# DAS PROJEKT ROBINE

**Kernaufgabe:** Untersuchung regionsspezifischer Auswirkungen auf die gesamte österreichische Energieversorgung.

**Umfassender Ansatz (über Heizen/Kühlen hinaus):**

- Analyse von Extremwetterereignissen (Hitzewellen, Kältewellen, Niederschlag und Hochwasser, Dürren, Brände, Muren, Wind, Feuchtigkeit, Gewitter).
- Einfluss auf Erzeugung (z.B. PV, Wind, Wasserkraft), Energienachfrage sowie Energieinfrastruktur (z.B. Übertragungs- und Verteilnetze).

**Output:** Literaturanalyse zu Einflüssen von Extremwetterereignissen auf das Energiesystem, Klimawandel-Impact-Maps und Hazard-Indikatoren als Basiswissen für eine sektorübergreifende Infrastrukturplanung.

**Datenverfügbarkeit:**

- Methodik und Ergebnisse in Suna, D., et al. (2024) ROBINE Publizierbarer Endbericht, AIT Austrian Institute of Technology, Wien, <https://www.ait.ac.at/themen/energieszenarien-und-energiesystemplanung/robine>
- Daten öffentlich zugänglich auf Zenodo: <https://zenodo.org/records/15681180>

# GLOBAL WARMING LEVELS (GWL) & KLIMASZENARIEN

## Das GWL-Konzept

- ROBINE nutzt **Global Warming Levels** (globale Temperaturerhöhung gegenüber dem vorindustriellen Niveau 1850–1900) anstelle rein zeitbasierter Pfade.
- Dies ermöglicht eine robuste Bewertung unabhängig vom spezifischen Emissionsszenario.

## Die betrachteten Stufen:

- **GWL-1.0°C**: Historischer Referenzzeitraum (2001–2020).
- **GWL-2.0°C**: Nahe Zukunft (ca. 2025–2044).
- **GWL-3.0°C**: Mittelfristige Projektion (ca. 2051–2070).
- **GWL-4.0°C**: Langfristiger Hoch-Emissionspfad (ca. 2073–2092) mit schwerwiegenden Auswirkungen.

## Bedeutung für die Analyse:

- Die Pfade hängen von globalen Emissionsminderungen und der Effektivität der Klimapolitik ab.
- Einbeziehung verschiedener GWLs deckt die gesamte Bandbreite potenzieller zukünftiger Bedingungen für Österreichs Energieinfrastruktur ab.

# DATENQUELLEN & MODELLIERUNG DES ENERGIEBEDARFS

## Datenbasis & Klimamodelle

- **Modellensembles:** Integration von **EURO-CORDEX** und **CMIP6** Projektionen.
- **Präzision:** Dynamisches Downscaling auf ein **1 km Gitter** für ganz Österreich.
- **Kombination:** Verknüpfung mit ERA5-Reanalysedaten und dem SECURES-Met Datensatz für exakte Temperatur-, Wind- und Hydrologieprofile.
- **Visualisierung:** Erstellung von **Climate Impact Maps** basierend auf Gefahrenindikatoren (Hitzewellen, Kälteeinbrüche, Stürme).

**Berechnung des wetterabhängigen Energiebedarfs** Um die künftigen Lastprofile zu schätzen, nutzt ROBINE etablierte Standardindikatoren:

- **Heizgradtage (HGT):** Quantifizierung des Energiebedarfs für die Raumwärme basierend auf der täglichen Temperaturdifferenz zur Heizgrenze.
- **Kühlgradtage (KGT):** Schätzung des Energiebedarfs für die Gebäudekühlung während Hitzeperioden.

## Regionale Auflösung

- Berechnung erfolgt auf **NUTS-3 Ebene** (z. B. Wien, Grazer Feld, Tiroler Oberland).
- Ermöglicht detaillierte Einblicke in regionale Verschiebungen zwischen städtischen Ballungsräumen und alpinen Regionen.

# RÜCKGANG DES HEIZBEDARFS (HEIZGRADTAGE)

**Heizgradtage (HGT):** Maß für den Heizbedarf basierend auf der Differenz zwischen Außentemperatur und einer Raumtemperatur von 20 °C.

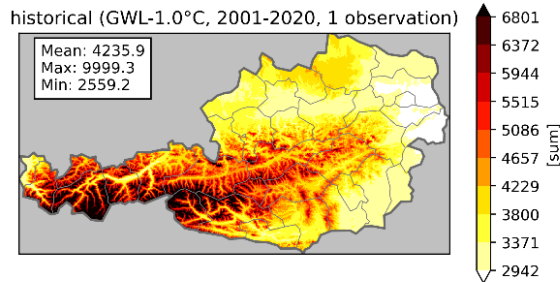
**Allgemeiner Trend:** Durch steigende Wintertemperaturen sinkt die Anzahl der HGT in ganz Österreich signifikant.

**Regionale Schwerpunkte:** Besonders starker Rückgang in den Tieflagen und im Osten/Süden Österreichs.

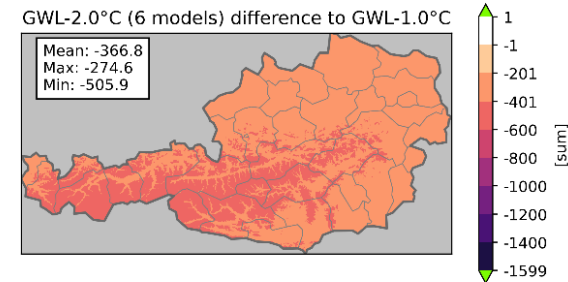
- **GWL-2.0°C:** Der Heizbedarf sinkt in Wien, Teilen Niederösterreichs und im Burgenland bereits um **12–15 %**.
- **GWL-3.0°C:** Verstärkung des Trends; Wien verzeichnet eine Reduktion von **21–25 %**, ähnliche Werte in Teilen Niederösterreichs und im Burgenland.
- **GWL-4.0°C:** Massive Einsparungen beim Heizbedarf von bis zu **30 %** in den östlichen Regionen.

Indicator 13: Heating degree sum

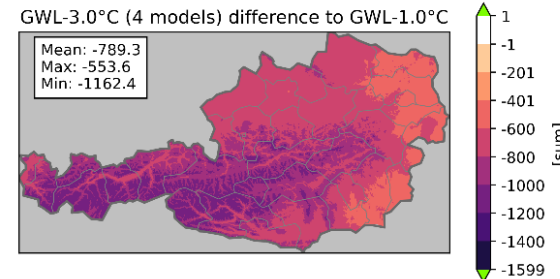
historical (GWL-1.0°C, 2001-2020, 1 observation)



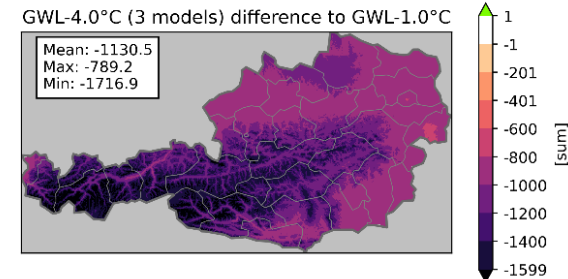
GWL-2.0°C (6 models) difference to GWL-1.0°C



GWL-3.0°C (4 models) difference to GWL-1.0°C



GWL-4.0°C (3 models) difference to GWL-1.0°C



# ZUNAHME DER TROPENNÄCHTE

## Indikator für Hitzestress

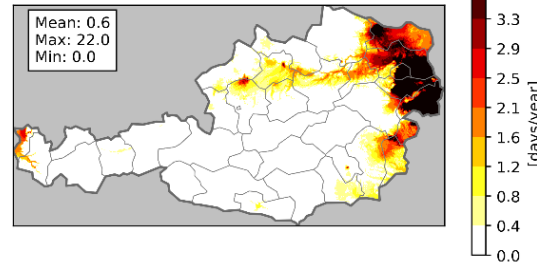
**Definition:** Nächte, in denen die Temperatur nicht unter **20 °C** sinkt.

**Relevanz:** Tropennächte verhindern die nächtliche Abkühlung von Gebäuden und sind der Haupttreiber für einen sprunghaft ansteigenden Kühlbedarf in Städten.

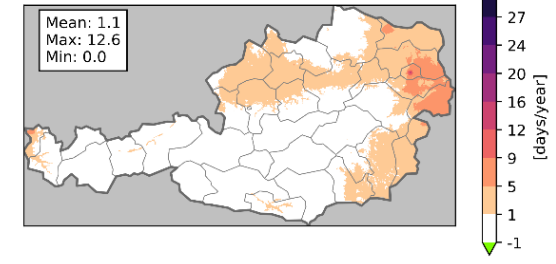
- **GWL-1.0 °C (Historisch):** Tropennächte waren in Österreich selten; vereinzelt nur in Tieflagen wie Wien.
- **GWL-2.0 °C:** Deutlicher Anstieg. Wien erreicht ca. **24,5 Nächte/Jahr**.
- **GWL-3.0 °C:** Weitere Verschärfung; Wien steigt auf **34,9 Nächte/Jahr**. Massive Zunahme im gesamten Osten und Süden Österreichs.
- **GWL-4.0 °C:** Extremwert von über **40 Tropennächten/Jahr** in Wien und anderen Tieflagen.

## Indicator 04a: Tropical nights

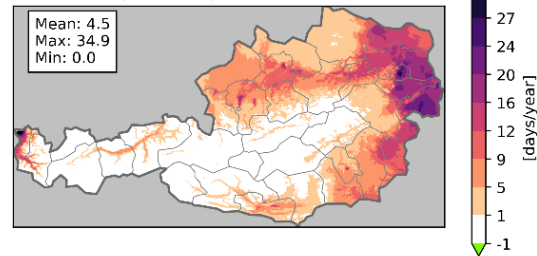
historical (GWL-1.0°C, 2001-2020, 1 observation)



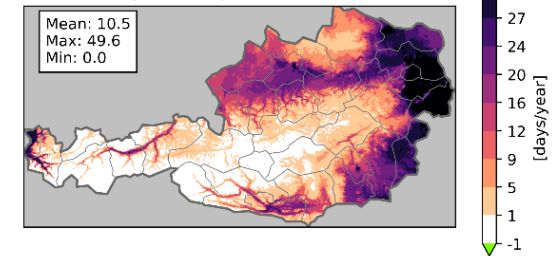
GWL-2.0°C (6 models) difference to GWL-1.0°C



GWL-3.0°C (4 models) difference to GWL-1.0°C



GWL-4.0°C (3 models) difference to GWL-1.0°C



## Auswirkungen:

- Drastisch höherer Strombedarf für Klimatisierung in urbanen Zentren.
- Dringender Bedarf an adaptiven Maßnahmen (z. B. baulicher Sonnenschutz, Begrünung, Fernkälte).

# REGIONALE PROJEKTIONEN DES HEIZBEDARFS

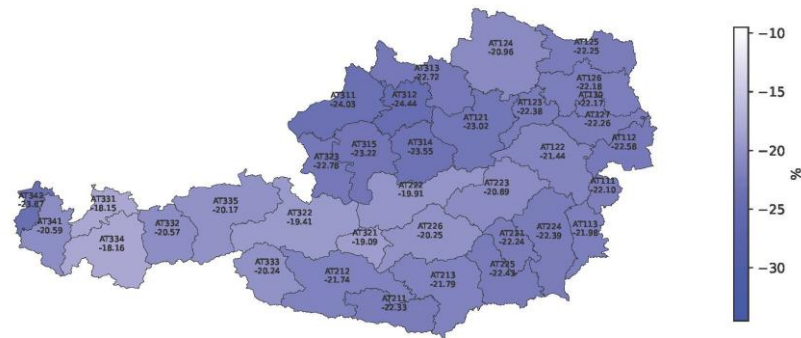
Der Rückgang des Heizbedarfs verläuft in Österreich aufgrund der Topographie sehr heterogen.

- **Tieflagen & Urbane Räume:** Erleben die stärksten prozentualen Rückgänge.
- **Alpine Regionen:** Verzeichnen moderatere Abnahmen aufgrund der Höhenlage.
- **GWL-2.0 °C:** Heizbedarf in **Wien und im Burgenland** sinkt bereits um **12–15 %**.
- **GWL-3.0 °C:** \* Deutliche Reduktion in Wien/Burgenland (**21–25 %**).

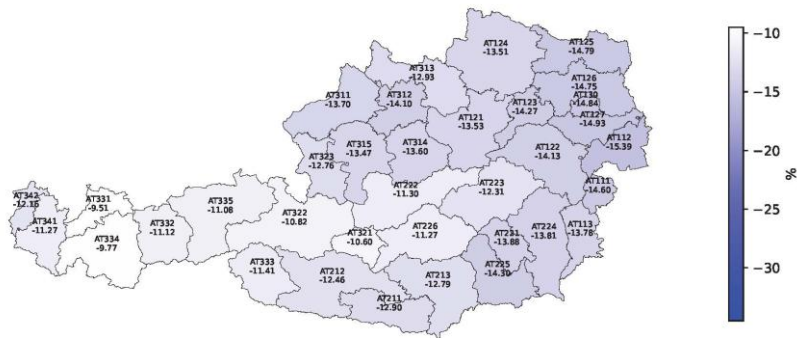
In höher gelegenen Regionen wie **Tirol und Kärnten** fällt der Rückgang mit ca. **15 %** deutlich geringer aus.

- **GWL-4.0 °C:** \* Maximale Reduktion in Wien/Burgenland von bis zu **30 %**.  
Alpine Regionen bleiben weiterhin weniger stark betroffen als das Flachland.

Demand: heating\_residential - Change in % (GWL-3)



Demand: heating\_residential - Change in % (GWL-2)



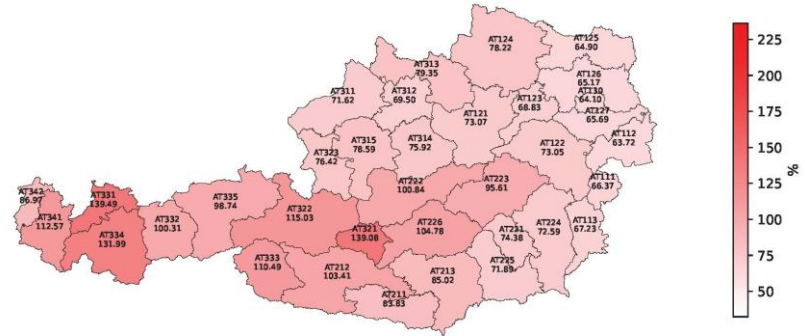
Demand: heating\_residential - Change in % (GWL-4)



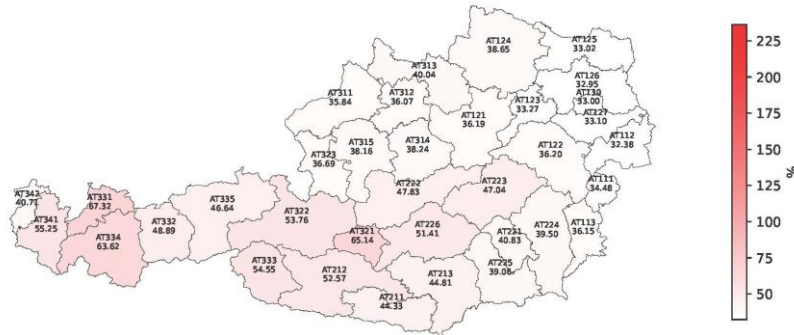
# REGIONALE PROJEKTIONEN DES KÜHLBEDARFS

- **Urbane Hitzeinseln:** Städte wie Wien und Linz sind durch die Versiegelung und dichte Bebauung besonders betroffen.
- **Verschiebung der Lastspitzen** in den Sommer.
- Hoher Bedarf an elektrischer Energie für Klimatisierung genau zu Zeiten geringerer Laufwasserkraft-Erzeugung (Dürrierisiko).
- **GWL-2.0 °C:** In **Wien und anderen städtischen Gebieten** steigt der Kühlbedarf bereits um **43–67 %**.
- **GWL-3.0 °C:** Massive Zunahme in **Wien und Linz** um **86–139 %**. Urbane Räume verzeichnen hierbei die stärksten Zuwächse in ganz Österreich.
- **GWL-4.0 °C:** Exponentieller Anstieg; der Bedarf für Kühlung erhöht sich in Wien und Linz um bis zu **200 %** (Verdreifachung gegenüber der Basisperiode)

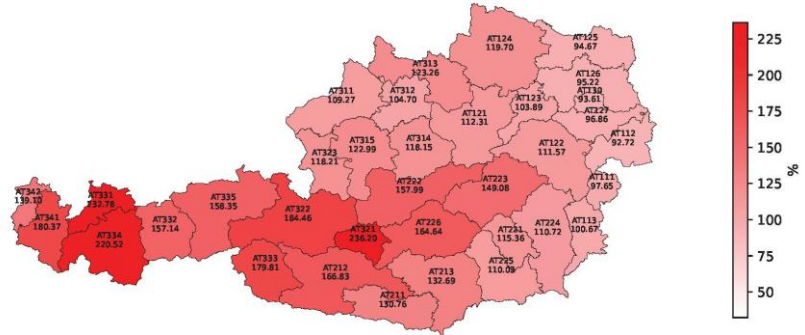
Demand: cooling\_residential - Change in % (GWL-3)



Demand: cooling\_residential - Change in % (GWL-2)



Demand: cooling\_residential - Change in % (GWL-4)



# HEIZBEDARF IN ÖSTERREICH – SEKTORENVERGLEICH

## Sektorale Auswirkungen

- Die Studie differenziert zwischen **privaten Haushalten** und dem **tertiären Sektor** (Dienstleistungen, Handel, öffentliche Gebäude).
- Beide Sektoren zeigen sehr ähnliche Rückgangsmuster, was die Robustheit der Trends unterstreicht.

## Detaillierte Reduktionsraten (nach Erwärmungsstufen):

- **GWL-2.0 °C: \* Haushalte:** Ø -12,9 % (Schwankungsbreite -9,5 % bis -15,4 %)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø -12,3 % (Schwankungsbreite -9,0 % bis -14,5 %)
- **GWL-3.0 °C: \* Haushalte:** Ø -21,7 % (Schwankungsbreite -18,2 bis zu -24,4 %)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø -20,8 % (Schwankungsbreite -17,3 bis -23,4 %)
- **GWL-4.0 °C: \* Haushalte:** Ø -31,6 % (Schwankungsbreite -26,3 bis -34,5 %)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø -30,2 % (Schwankungsbreite -25,2 bis -33,1 %)

Unabhängig vom Sektor ist mit einem Rückgang des Heizwärmebedarfs um etwa **ein Drittel** zu rechnen, falls das GWL-4.0 Szenario eintritt.

Die Bandbreite (Minimum/Maximum) ergibt sich aus den unterschiedlichen Klimamodellen und regionalen Gegebenheiten.

# KÜHLBEDARF IN ÖSTERREICH – SEKTORENVERGLEICH

## Explosives Wachstum der Kühllast

- Während der Heizbedarf linear sinkt, steigt der Kühlbedarf in beiden Sektoren (Haushalte & Dienstleistungen) überproportional an.
- Die prozentualen Zuwächse sind deutlich höher als die Einsparungen im Winter.

## Detaillierte Zuwachsraten (nach Erwärmungsstufen):

- **GWL-2.0 °C: \* Haushalte:** Ø +43,1 % (Schwankungsbreite +32,4 bis +67,3 %)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø +43,1 % (Schwankungsbreite +35,4 bis +60,7 %)
- **GWL-3.0 °C: \* Haushalte:** Ø +86,5 % (Schwankungsbreite +63,7 bis +139,5 %)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø +90,8 % (Schwankungsbreite +71,2 bis +135,5 %)
- **GWL-4.0 °C: \* Haushalte:** Ø +135,5 % (Schwankungsbreite +92,7 bis **+236,2 %**)
  - **Tertiärer Sektor:** Ø +144,1 % (Schwankungsbreite +104,3 bis **+235,3 %**)

## Handlungsbedarf für das Energiesystem:

- **Infrastruktur:** Notwendigkeit massiver Investitionen in Kühltechnologien und Fernkältenetze.
- **Stromversorgung:** Sicherstellung der Erzeugungskapazitäten für sommerliche Lastspitzen.
- **Anpassung:** Fokus auf hocheffiziente Geräte und bauliche Maßnahmen (passive Kühlung) zur Lastminderung.

# IMPLIKATIONEN FÜR DIE ENERGIEINFRASTRUKTUR

## Notwendigkeit der Anpassung

Die regionalen Verschiebungen im Heiz- und Kühlbedarf erfordern eine grundlegende Neuausrichtung der österreichischen Energieinfrastruktur:

- **Herausforderung Heizung:**
  - Sinkende Lasten führen zu einer **geringeren Auslastung von Fernwärmenetzen** und Gasinfrastrukturen, besonders in Tieflagen.
  - Dies reduziert die Betriebsstunden und **beeinflusst die Wirtschaftlichkeit** bestehender Systeme.
- **Herausforderung Kühlung:**
  - Der massive Anstieg des Kühlbedarfs in urbanen Zentren macht einen **Ausbau der Stromnetze unumgänglich**, um die sommerlichen Spitzenlasten abzufangen.
  - Verstärkter Fokus auf den Ausbau von **Fernkältesystemen** als effiziente Alternative zur Einzelklimatisierung.

# ZUSAMMENFASSUNG & STRATEGISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

## Zentrale Erkenntnisse

- **Saisonale Lastverschiebung:** Massive Abnahme des Heizbedarfs (bis zu -30 %) steht einem explosionsartigen Anstieg des Kühlbedarfs (bis zu +230 %) gegenüber.
- **Fokus Urbanität:** Wien, Niederösterreich und das Burgenland sind Hotspots dieser Entwicklung; alpine Regionen zeigen stabilere Heizprofile.
- **Erzeugung & Management:** Anpassung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen (z.B. Wind, Sonne, Speichersysteme) an die neuen sommerlichen Lastprofile erforderlich.

## Strategische Empfehlungen

- **Flexibilisierung:** Investitionen in flexible Energiesysteme und **Demand-Side-Management** zur Laststeuerung.
- **Effizienz:** Priorisierung energieeffizienter Kühltechnologien und baulicher Maßnahmen.
- **Resilienz:** Die ROBINE-Daten dienen als essenzielle Basis für das Projekt **Fair-Heat**, um diese Transformation nicht nur technisch robust, sondern auch sozial gerecht zu gestalten.



**Lukas Liebmann**

lukas.liebmann@ait.ac.at



ROBINE Projektbeschreibung und Endbericht:

<https://www.ait.ac.at/themen/energieszenarien-und-energiesystemplanung/robine>

ROBINE Daten verfügbar auf Zenodo: <https://zenodo.org/records/15681180>

