

# ZEN

## Zukünftige Entwicklung der Raumkühlung durch Klimawandel bis 2050

Energieinstitut-JKU: Johannes Reichl, Simon Moser, Rudolf Kapeller

TU Wien: Lukas Kranzl, Andreas Müller

AIT-EES: Johannes Kathan, Barbara Herndler, Roman Schwalbe

AIT-DRC: Johann Züger, Marianne Bügelmayer-Blaschek

AIT-TES: Aurelien Bres, Thomas Natiesta

Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Energy Transition 2050 – Transitionsprozesse und Soziale Innovationen“ durchgeführt.



1

## AGENDA

- Überblick über das Projekt
- Projektergebnisse
- Schlussfolgerungen und Empfehlungen

11.10.2022

2

2

## ÜBERBLICK ÜBER DAS PROJEKT



3

## MOTIVATION

- Zunahme von Hitze- und Sommertagen: 4 bis 10 Tage/Jahr
- In Neubau/Sanierung künftig Kühlmaßnahmen zu berücksichtigen
- Stärkere Nutzung elektrischer Kühlgeräte erwartet
- Elektrische Lastspitzen in bestimmten Stromnetzen erwartet
- Massiver Photovoltaik-Rollout erwartet

11.10.2022

4

4

## PROJEKTECKDATEN

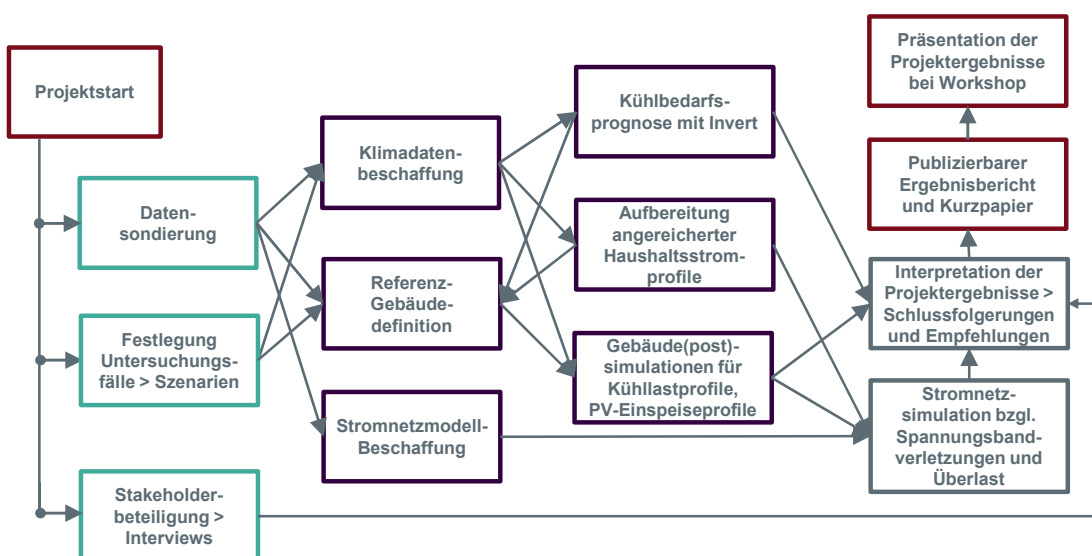
- Unterschiedliches Domänenwissen (Klimamodelle, dynamische Simulationen, etc.) erf.
- Wichtige Bezugsjahre: 2030, 2040 und 2050
- Große Anzahl an Szenarien:
  - 3 Bezugsjahre
  - 2 Klimamodelle: RCP4.5 und RCP8.5
  - 2 Unterszenarien: „Median-Jahr“ (= „typisches“) und „heißeste Woche“ (= „Extrem“)
  - 3 Gebäudetypen mit 4 Gebäudestandards
- Simulations- und Postsimulationsprozesse (invert, EnergyPlus, PowerFactory)

11.10.2022

5

5

## PROJEKT-STRUKTUR



6

6

## PROJEKTERGEBNISSE

### Prognostizierter Kühlenergiebedarf in Österreich und seine Auswirkungen auf die Stromnetze



7

## KERNSZENARIOEN

OptEcon Pur	OptEcon PV	OptEcon Combi
Raumklimata für optimale Arbeits- und Lebensbedingungen	Definition der Raumklimata wie in OptEcon Pur	Definition der Raumklimata wie in OptEcon Pur und Opt Econ PV
Keine Strategien zur Deckung des elektrischen Strombedarfs der aktiven Gebäudekühlung durch PV-Anlagen (Eigenverbrauchsoptimierung)	Berücksichtigung spezifischer Strategien zur Deckung des elektrischen Strombedarfs der aktiven Gebäudekühlung durch PV-Anlagen (Eigenverbrauchsoptimierung)	Reduktion des Kühlbedarfs durch passive Maßnahmen (z.B. Verschattung) Strategien zur Eigenverbrauchsoptimierung wie in OptEcon PV

- Kühlbedarf-Szenarien (Nutzenergie) mit Gebäudebestandsmodell Invert
  - Hoch (OptEconPur und OptEconPV)
  - Nieder (OptEcon Combi)
  - (Mittel)
- Umrechnung auf Strombedarf (Endenergie) unter Berücksichtigung der detaillierten Gebäudesimulation
- (Darstellung der Ergebnisse für geringere Anteile tatsächlich gedeckten Kühlenergiebedarfs)

8

8

## SZENARIOANNAHMEN KÜHLENERGIEBEDARF (NUTZ- UND ENDEENERGIE)

- ambitionierte thermische Sanierungsmaßnahmen (2,5% Sanierungsrate mit hohem Anteil tiefer, umfassender Maßnahmen) mit Fokus auf Reduktion des Heizwärmebedarfs
- Klimawandel (s. nächste Folie)

Stellgröße		Hoch	Mittel	Niedrig
Kühlbedarf (Nutzenergie)	Verschattung (%)	40%	50%	80%
	Nachtlüftung Wohngebäude (1/h)	0,5	1,5	2,5
	Nachtlüftung Nichtwohngebäude (1/h)	1,2	1,5	2
	Innenraum-Sollwerttemperatur (°C)	24	25	26
Kühlenergiebedarf (Endenergie)	SEER - Seasonal Energy Efficiency Ratio - (1)	Dynamische Gebäudemodellierung		
		3,6-3,7	4,1-4,2	5,2-5,3
	Anteil des tatsächlich gedeckten Kühlenergiebedarfs im Jahr 2050 (%)	88%	60%	40%

11.10.2022

9

9

## KLIMASZENARIEN UND AUSWAHL KLIMADATEN

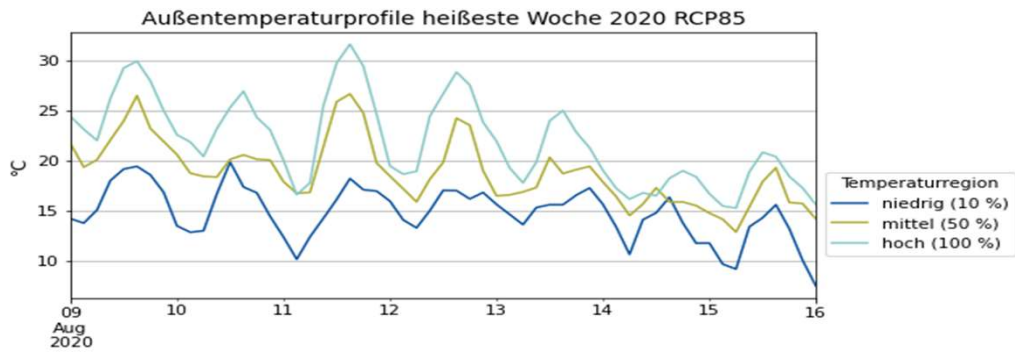
- Zwei RCP-Klimawandel-Szenarien als Basis: RCP4.5 und RCP8.5
- EURO-CORDEX Datensatz: räumliche Auflösung 12km, zeitliche Auflösung: 3h
- Auswahl derjenigen Jahre, die in einer 10-Jahres-Periode (um 2030/2040/2050) im Sommer die heißeste Woche aufweisen:
  - RCP4.5 – hot
  - RCP8.5 – hot
- Auswahl derjenigen Jahre, die in einer 10-Jahres-Periode (um 2030/2040/2050) dem Median der Kühlgradtage entsprechen:
  - RCP4.5 - median
  - RCP8.5 - median

11.10.2022

10

10

## KLIMADATEN - HEISSESTE WOCHE 2020

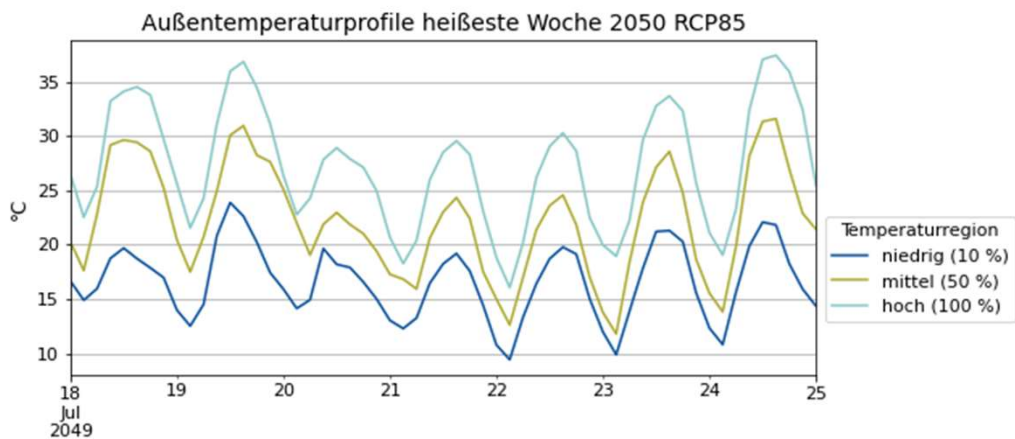


11.10.2022

11

11

## KLIMADATEN – HEISSESTE WOCHE 2050

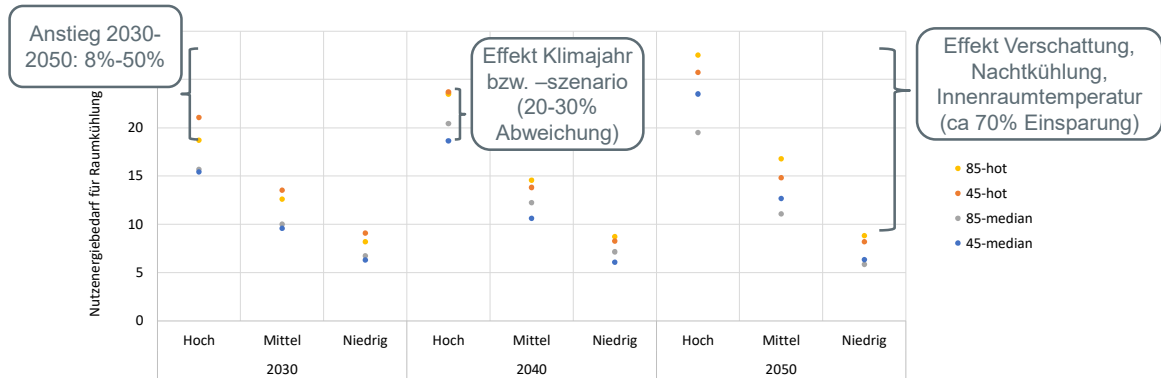


11.10.2022

12

12

## NUTZENERGIEBEDARF RAUMKÜHLUNG

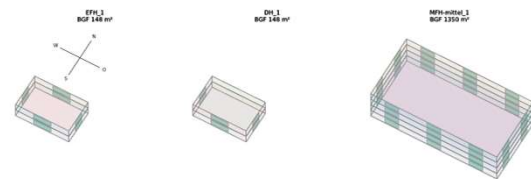


11.10.2022

13

13

## GEBÄUDESIMULATION – LASTPROFILE KÜHLUNG



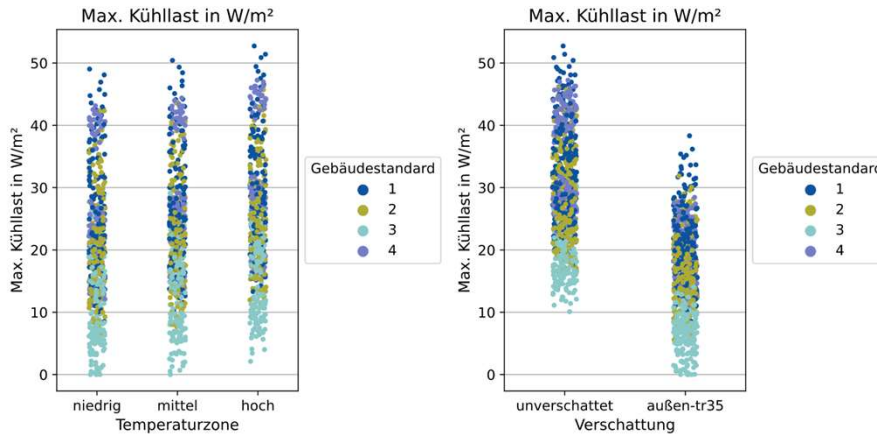
- Ziel:
  - Zeitlich aufgelöste Kühllasten
- Methode:
  - Dynamische Gebäudesimulation mit EnergyPlus
  - Typische Gebäudegeometrien
  - Vollfaktorielle Parameterstudie
  - 1782 Simulationen
  - Zeitlich aufgelöste Leistungszahlen basierend auf Carnot'schem Gütegrad

Dimension	Anzahl Varianten	Beschreibung
Gebäudekategorie und Geometrie	3	Einfamilienhaus, Reihenhäuser, Mehrparteienhaus
Baujahr/Gebäudestandard	4	Vier Ausprägungen
Verschattungseinrichtungen	2	Keine Verschattung, außenliegende Verschattung
Interne Lasten	3	Interne Lasten durch Geräte + Personenanwesenheit
Sollwert Raumlufttemperatur	3	24, 25, 26 °C
Temperaturzonen	3	3 „Clusters“: niedrigere, mittlere und höhere Temperaturen
Klimajahr	3	RCP 4.5 2018 (durchschnittliches Jahr 2020), RCP 8.5 2027 (durchschnittliches Jahr 2030), RCP 8.5 2049 (Extremjahr 2050)
Kühltechnologie	3	Split Luft/Luft, Luft/Wasser mit Flächenkühlung, Free Cooling mit Flächenkühlung

11.10.2022

14

# GEBÄUDESIMULATION – LASTPROFILE KÜHLUNG



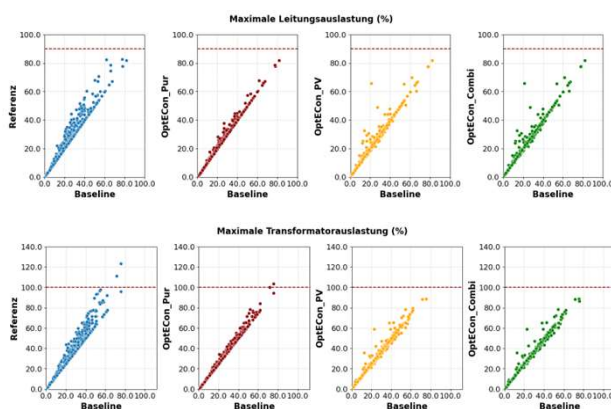
11.10.2022

15

15

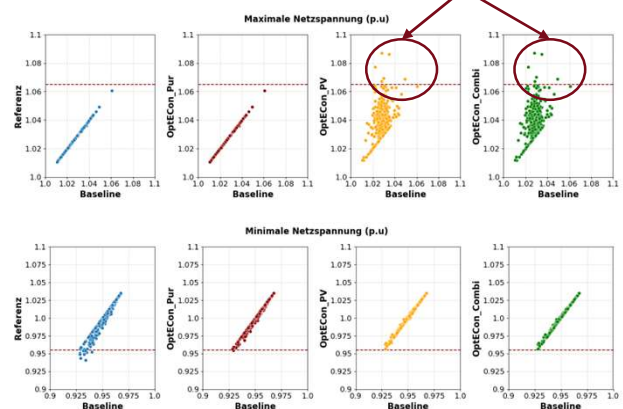
# AUSWIRKUNGEN AUF DIE STROMNETZE: 2050

## Netz-Probleme durch PV-Integration



- Keine Grenzwertverletzungen bei den Leistungsauslastungen in 2050
- Erhöhte Last durch Kühlung (Referenzszenario) ohne Berücksichtigung von Verschattungs- und Abschwächungstechnologien (z. B. PV) würde zu Transformator-Überlastungen in < 1 % der Netze führen

11.10.2022



- Die Integration von Haushalts-PV führt in < 1,5 % der Netze zu Spannungs-Grenzwertverletzungen
- Erhöhte Last durch Kühlung (Referenzszenario) ohne Berücksichtigung von Verschattungs- und Abschwächungstechnologien (z. B. PV) würde zu Unterspannungs-Verletzungen in < 2 % der Netze führen

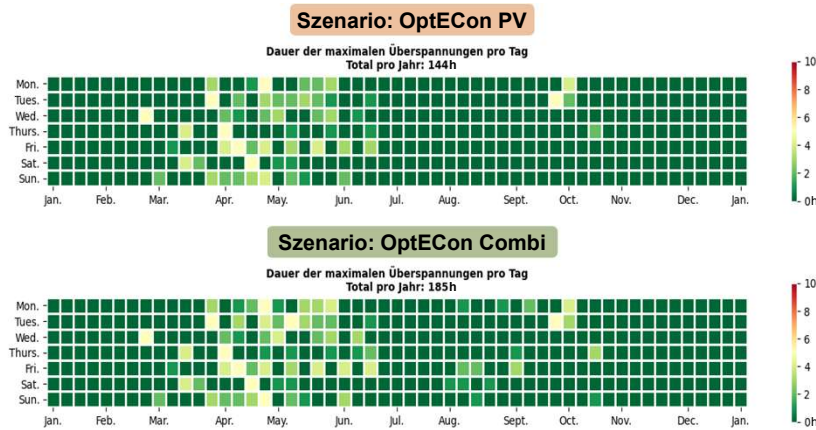
16

16



# AUSWIRKUNGEN AUF DIE STROMNETZE: 2050

Exemplarische Darstellung des Netzes mit den meisten Überspannungsproblemen:



- Überspannungsbedingungen treten während der Frühjahrsaison in den Monaten März bis Juni auf
- Diese Überspannungen sind auf die hohe Einspeisung von PV-Anlagen mit geringerem Kühlungsbedarf zurück-zuführen (d. h. im Frühjahr ist die Sonne bereits stark, aber die Außentemperaturen sind noch niedrig).
- Dies verschärft sich im Fall des OptEconCombi-Szenarios, das zusätzliche Maßnahmen zur Verringerung des Kühlbedarfs in Kombination mit der PV-Integration vorsieht.

11.10.2022

17

17

## SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Interpretation der in ZEN gewonnen Erkenntnisse, Empfehlungen für künftige Förderprogramme



18

## SCHLUSSFOLGERUNGEN: BANDBREITE MÖGLICHEN KÜHLBEDARFS

- Hohe Bandbreite der möglichen Entwicklung des Kühlbedarfs aufgrund unterschiedlicher ...
  - Umsetzung passiver Maßnahmen
  - Klimaszenarien
  - Effizienzsteigerungen aktiver Kühlsysteme und deren Wechselwirkungen mit passiven Maßnahmen
  - Möglicherweise geringerer Deckung des Kühlbedarfs (<100%)
- Unsicherheiten und Einschränkungen des Studien-Umfangs
  - Berücksichtigung von Extremereignissen und Hitzeperioden
  - Städtische Wärmeinseln
  - Nicht die gesamte Bandbreite aktiver Kühltechnologien berücksichtigt (Möglichkeiten und Grenzen von Free Cooling, Fernkälte, Abwärme-Nutzung in Sorptionskältemaschinen, Anergienetze ...)

11.10.2022

19

19

## SCHLUSSFOLGERUNGEN: AUSWIRKUNGEN AUF STROMNETZE

- Netz-Engpässe aufgrund von Gebäudekühlung nur in Einzelfällen und tendenziell eher auf PV-Einspeisung zurückzuführen.
- Keine „perfekte“ Gleichzeitigkeit von Kühllast und PV-Erzeugung, insb. im Frühjahr
- Summe aus (geringer) Grundlast im Sommer und zusätzlicher Kühllast geringer als Netzbelastung im Winter.
- Umbau des Energiesystems (großflächige Integration von PV, E-Mobilität etc.) erfordert ohnehin Stromnetz-Verstärkungen, sodass erwartet werden kann, dass die Gebäudekühlung zu keinen Überlastungen und Engpässen im Netz führen wird.

11.10.2022

20

20

## SCHLUSSFOLGERUNGEN: MASSNAHMEN ZUR REDUKTION DES ENERGIEBEDARFS

Zuerst: effektive passive Maßnahmen, z.B.:

- Außenliegende Verschattung
- Passive Nachtlüftung
- Erhöhung des Temperatur-Sollwerts

Dann: effiziente Kühlsysteme:

- Flächenkühlung zur Reduktion von erforderlichen Temperaturdifferenzen und
- Ausnutzung der thermischen Speichermassen um die Kühllast in Richtung PV-Höchstlast zu verschieben (=> Flächenkühlung und thermische Bauteilaktivierung)

11.10.2022

21

21

# HERZLICHEN DANK!

Ing. Thomas Natiesta MSc.



22