



# Bedeutung der Berücksichtigung unterschiedlicher Wetterjahre und Klimamodelle in der Energiesystemmodellierung

Katharina Gruber, APG Austrian Power Grid AG

EnInnov 2024, 14.2.2024

# Hintergrund



European Green Deal



2030: -55%

2050: netto 0

Klimaschutzgesetz



2040:

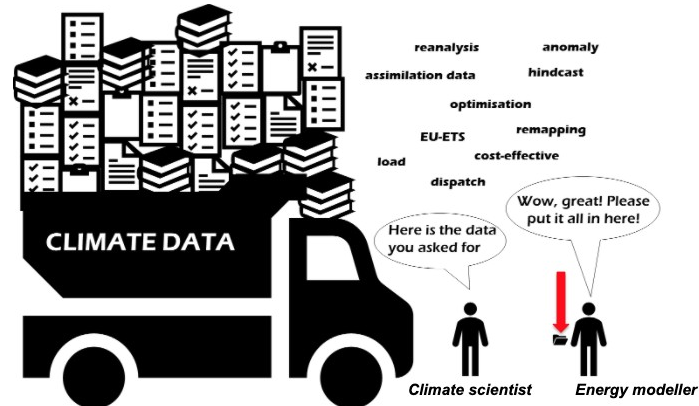
Klimaneutralität

TYNDP

ERAA



ESM Energiesystemmodell



## PECD 4.1

Zeithorizonte

Re-analyse

CMIP6  
Klima-  
modelle

Klimavariablen

Energievariablen

Historisch  
1980-2021

ERA5

Wind-  
geschwindigkeit  
Solareinstrahlung  
Niederschlag  
Temperatur

Windenergie  
PV-Energie  
Wasserkrafterzeugung /  
Zuflüsse  
Last (noch nicht verfügbar)

Projektionen  
SSP2-4.5  
2016-2065

CMR5

MEHR

ECE3

Fehlerkorrektur  
Modellierung

# CMIP6 Projektionen



**CMIP:** Coupled Model Intercomparison Project, World Climate Research Programme

<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>

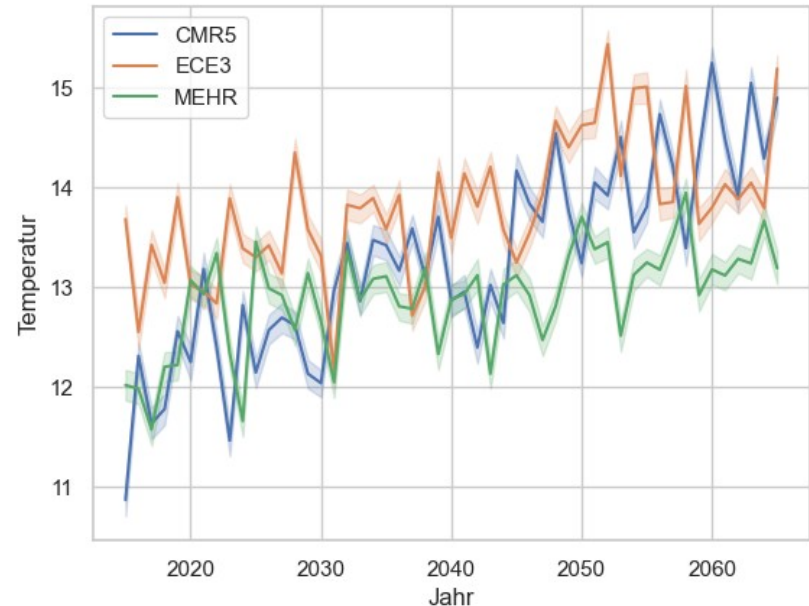
- **CMR5<sup>1</sup>:** sensitiver auf anthropogenen Einfluss, stärkerer Temperaturanstieg und größere Variabilität
- **ECE3<sup>2</sup>:** Wärmer, aber niedrigerer Temperaturanstieg
- **MEHR<sup>3</sup>:** kühler mit ähnlichem Temperaturanstieg wie ECE3

<sup>1</sup> CMCC-CM (Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Climate Model)

<https://www.cmcc.it/models/cmcc-cm>

<sup>2</sup> EC-Earth - A European community Earth System Model <https://ec-earth.org/>

<sup>3</sup> ICON (MPI, Max-Planck-Institut) <https://mpimet.mpg.de/en/research/modeling>



# Methodik

- Definition von „kritischen Bereichen“: Quantile
- Niedrigerzeugung und Indikatoren für hohe Last

## Aggregation Europa

### PV

- Rooftop
- Utility

### Wind

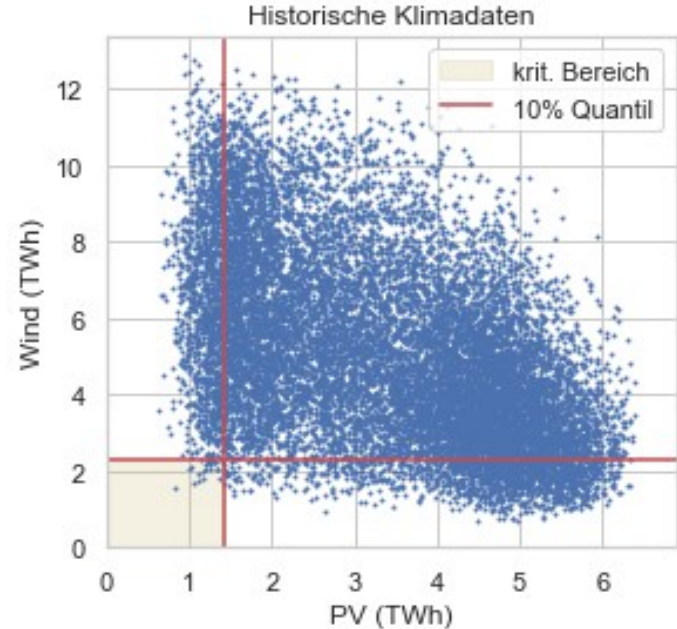
- Onshore
- Offshore

### Wasserkraft

- LaufWK
- SchwellWK
- SpeicherWK
- Pumpspeicher

### Temperatur

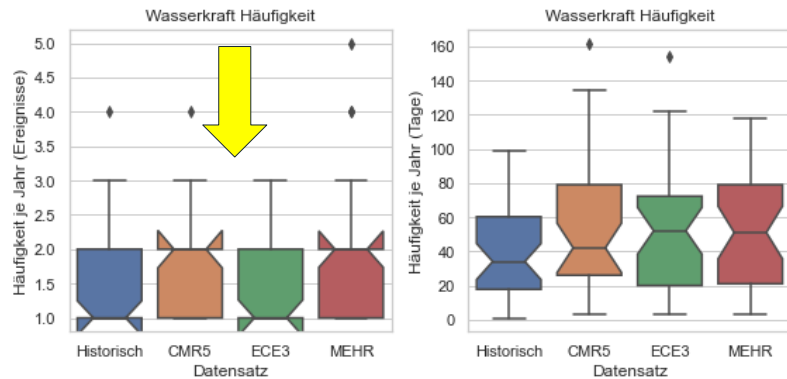
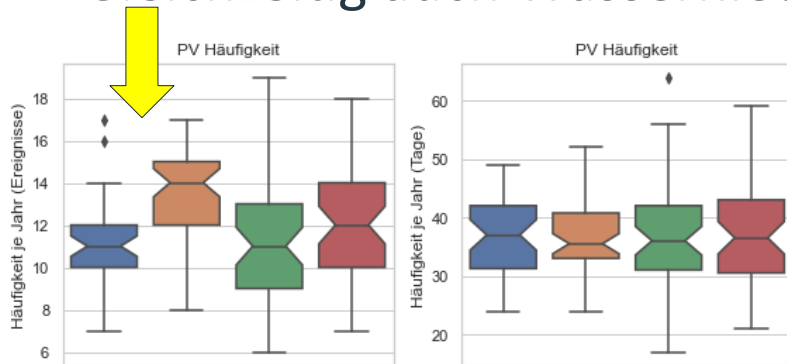
- HDD/CDD
- Bevölkerungsgewichtet



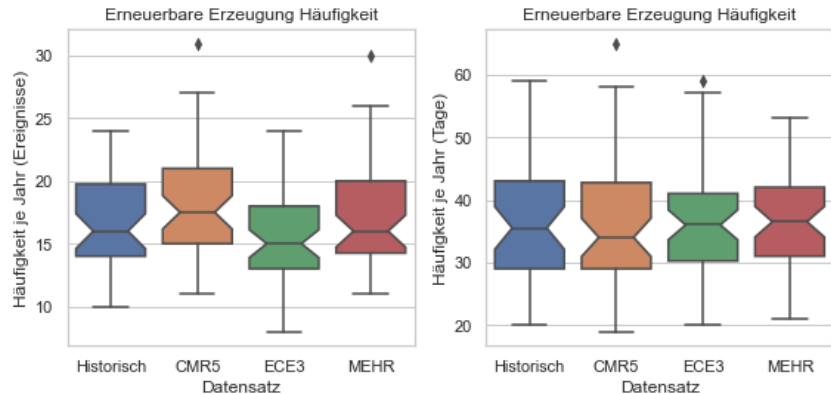
# Häufigkeit von Niedrigerzeugung



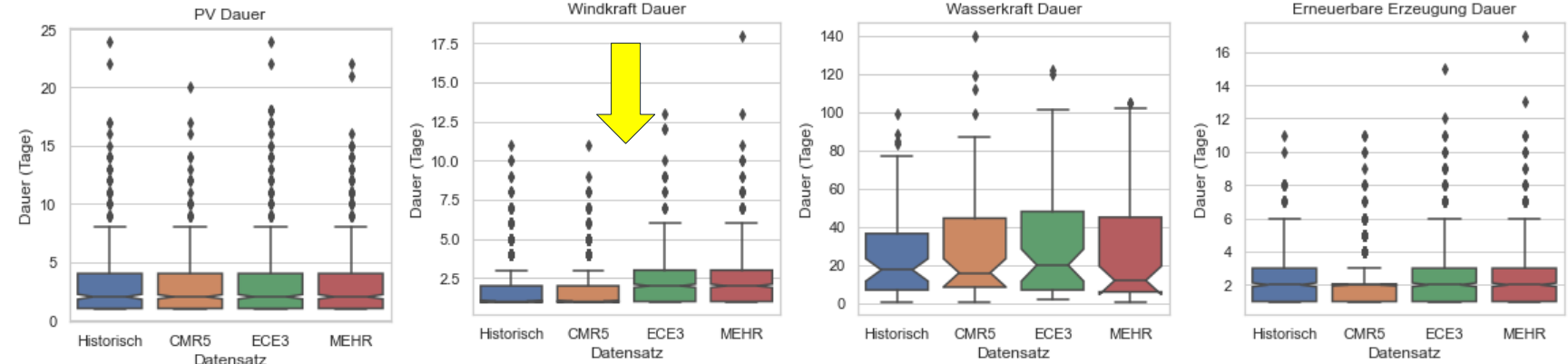
- Unterschiede bei gleichzeitiger Niedrigerzeugung von PV & Wind
- Gleichzeitig auch Wasserniedrigerzeugung selten



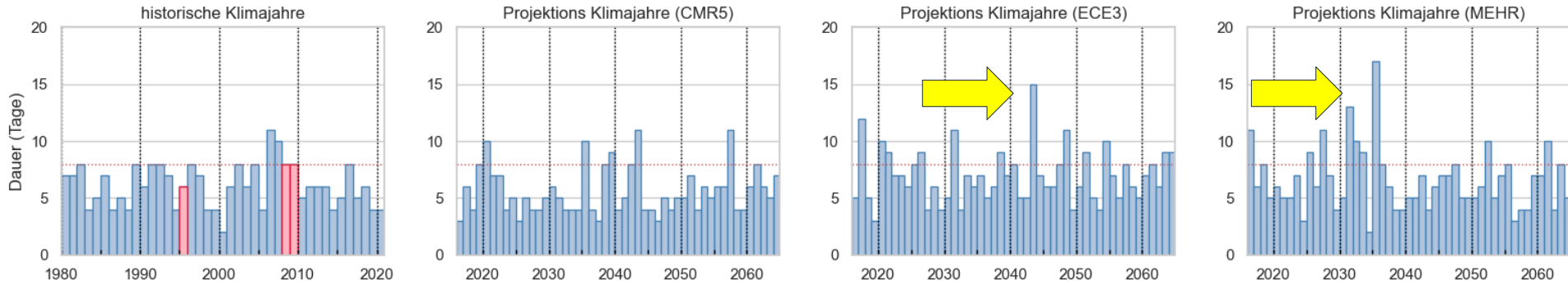
	historisch	CMR5	ECE3	MEHR	Quantil
PV & Wind	0,2%	0,5%	0,3%	0,2%	0,1
PV & Wind & Lauf- + Schwellwasserkraft	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,15
PV & Wind & Wasserkraft	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2



# Dauer von Niedrigerzeugung

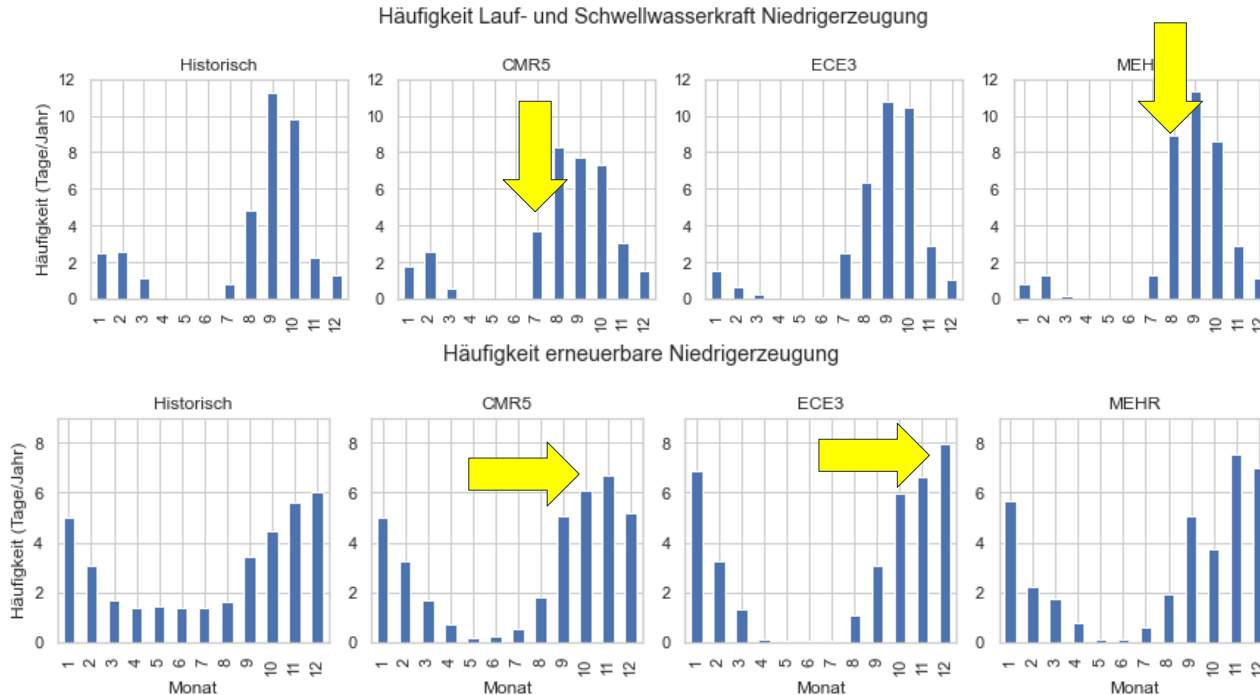


## Maximale Dauer von gemeinsamen Ereignissen niedriger Produktion



# Saisonalität von Niedrigerzeugung

- PV, Wind- und Wasserkraft: niedrige Saisonale Änderungen
- Größere Änderungen bei Lauf- und Schwellwasserkraft und erneuerbarer Gesamterzeugung





# Niedrigerzeugung und Heiz-/Kühlbedarf



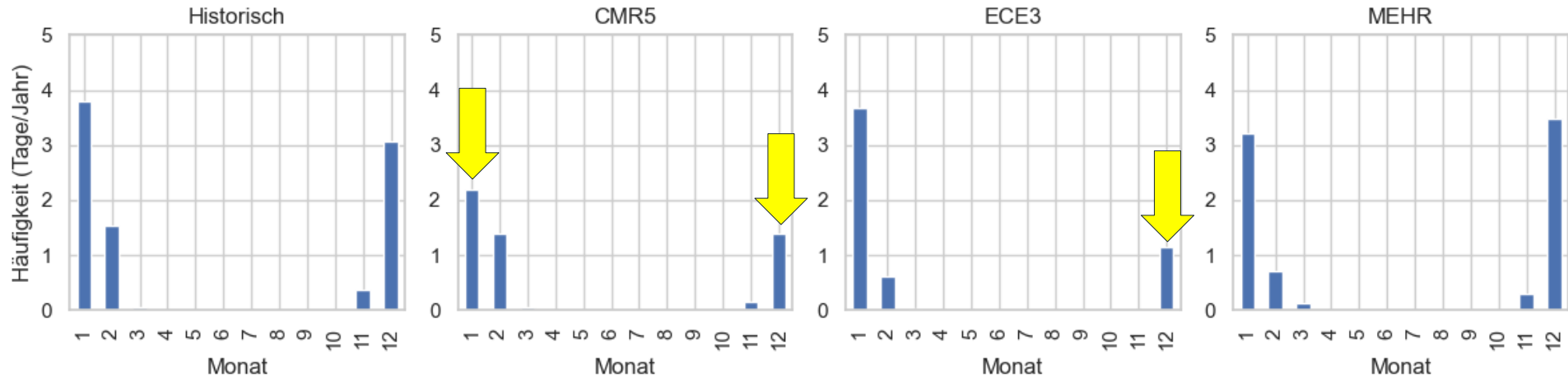
- PV & hoher HDD/CDD wird seltener
- Wind & hoher HDD/CDD ungewiss
- PV + Wind & hoher HDD/CDD wird seltener
- Wasserkraft & hoher HDD/CDD generell selten
- Gesamterzeugung & hoher HDD/CDD sinkt tendenziell, höhere Extrema aber nicht im kritischen Bereich

∅ Tage/Jahr	historisch	CMR5	ECE3	MEHR	Quantil
PV	6,7	4,0	2,5	5,1	0,1
Wind	1,2	1,1	1,3	1,5	0,1
PV + Wind	9,5	5,6	6,2	8,3	0,1
Wasserkraft	0,3	0,7	0,3	1,0	0,2
Gesamterzeugung	8,8	5,2	5,5	7,8	0,1

# Saisonalität von Niedrigerzeugung und hohem Heiz-/Kühlbedarf



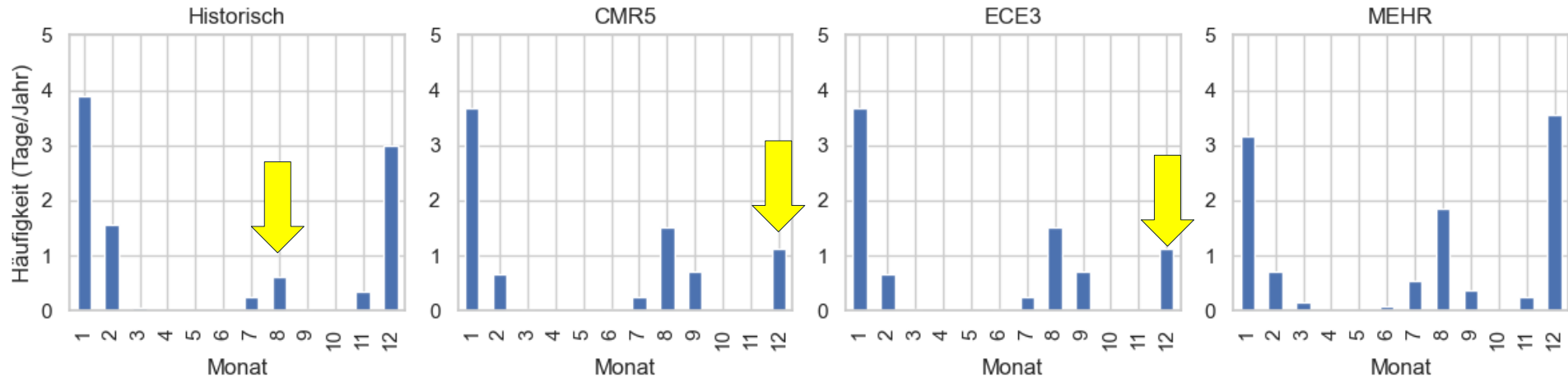
Häufigkeit von kritischen Situationen (Gesamterzeugung & HDD/CDD)



# Saisonalität von Niedrigerzeugung und hohen/niedrigen Temperaturen



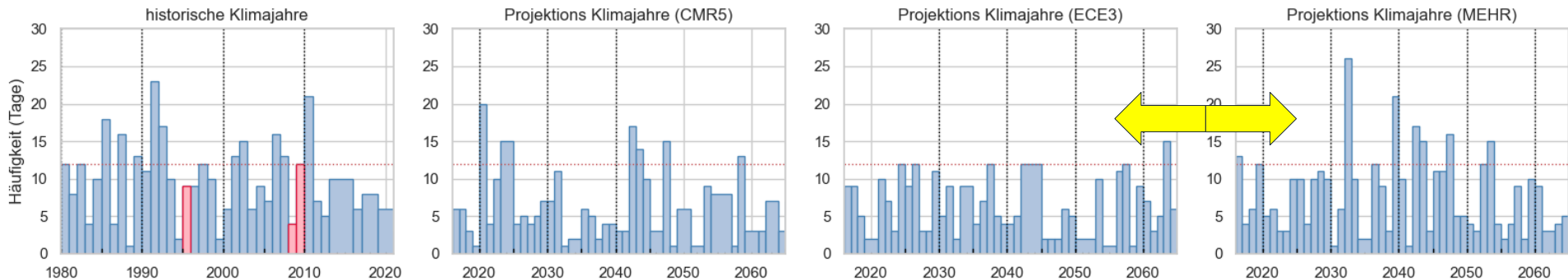
Häufigkeit von kritischen Situationen (Gesamterzeugung & Temperatur)



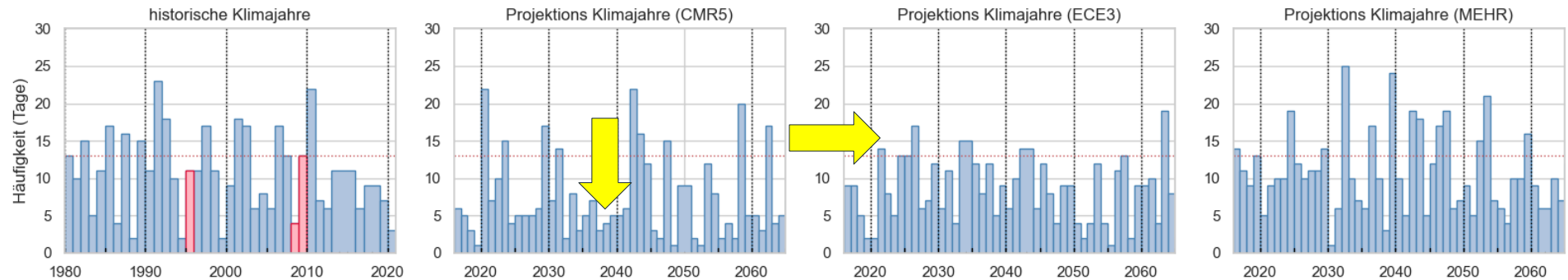
# Häufigkeit kritischer Ereignisse im Langzeitkontext und Differenzen zwischen Klimamodellen



## Häufigkeit von gemeinsamen Ereignissen niedriger Produktion und hohem HDD/CDD



## Häufigkeit von gemeinsamen Ereignissen niedriger Produktion und hoher/niedriger Temperatur



# Zusammenfassung & Ausblick



- Unsicherheit: Klimamodelle zeigen unterschiedliche Tendenzen
- Historisches Klima anders als zukünftiges
- Unterschiede zwischen Wetterjahren
- **Bei Auswahl von Wetterjahren für Energiesystemmodellierung berücksichtigen!**
  
- Weitere Klimamodelle & Klimawandelszenarien
- Anwendung im TYNDP



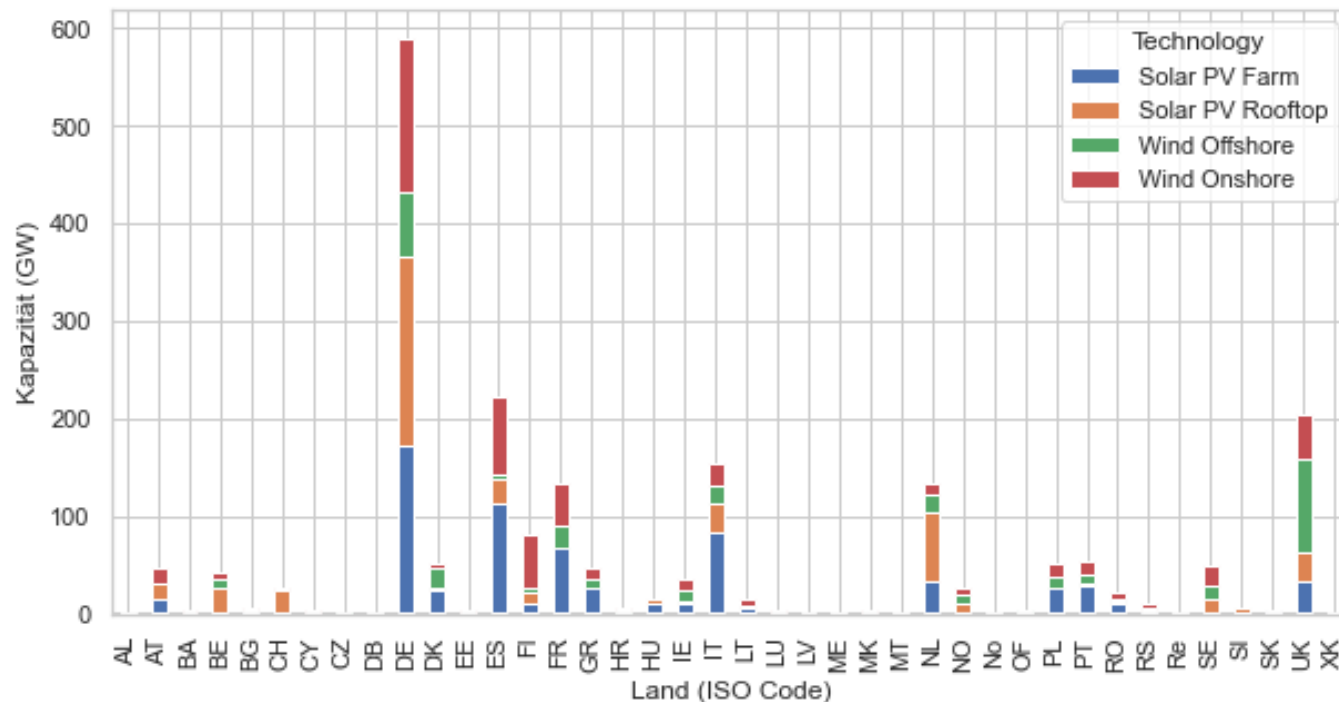
Katharina Gruber  
APG Austrian Power Grid AG  
katharina.gruber@apg.at



**Table SPM.1 | Changes in global surface temperature, which are assessed based on multiple lines of evidence, for selected 20-year time periods and the five illustrative emissions scenarios considered.** Temperature differences relative to the average global surface temperature of the period 1850–1900 are reported in °C. This includes the revised assessment of observed historical warming for the AR5 reference period 1986–2005, which in AR6 is higher by 0.08 [–0.01 to +0.12] °C than in AR5 (see footnote 10). Changes relative to the recent reference period 1995–2014 may be calculated approximately by subtracting 0.85°C, the best estimate of the observed warming from 1850–1900 to 1995–2014. {Cross-Chapter Box 2.3, 4.3, 4.4, Cross-Section Box TS.1}

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)	Best estimate (°C)	<i>Very likely</i> range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

# Installierte Kapazitäten





# Heiz- und Kühlgradtage (HDD/CDD)



- ... Temperaturgrenze, unter der geheizt werden muss
- ... Temperaturgrenze, über der gekühlt werden muss
- ... Tagesmitteltemperatur

Für AT zB , (Quelle: DFT, Demand Forecasting Tool der ENTSO-E)