

## Themenstellung und Ausgangslage

Innerhalb des ACRP Projekts Assessing the distributional effects of climate change impacts and adaptation in Austria, for just, targeted and efficient adaptation (DISCC-AT, 14th call) sollen EntscheidungsträgerInnen in Österreich unter anderem über zukünftige zentrale Klimarisiken informiert werden. Eines dieser zentralen Klimarisiken ist Hitze. So sollen mit Hitze in Verbindung stehende Mortalitätsraten, sowie durch Hitze hervorgerufene Verringerungen der Arbeitsproduktivität für die Zukunft abgeschätzt werden.

Die österreichischen Klimaszenarien (ÖKS15, Chimani et al., 2016, 2019) stellt derzeit die Datengrundlage für Klimafolgenforschung in Österreich dar. Innerhalb von ÖKS15 zur Verfügung stehende Hitzeindikatoren sind ausschließlich aus Temperaturwerten abgeleitet. Zum Zeitpunkt der Erstellung von ÖKS15 existierten keine gegitterten Luftfeuchtebeobachtungsdaten für Österreich. Die Geosphere Austria hat unlängst den bestehenden Datensatz SPARTACUS um Luftfeuchtigkeit erweitert (Version 3.0, Auflösung 1km, Veröffentlichung geplant für 2024). Wir haben diese Gelegenheit genutzt, um das bestehende ÖKS15-Ensemble ebenfalls um die Luftfeuchtigkeit zu erweitern und mehrere Hitzeindikatoren abzuleiten.

## Methodik

Die Taupunkttemperatur (TD) wurde als am besten für die Biaskorrektur geeigneter Feuchteparameter ausgewählt da sie innerhalb eines Tages nur geringen Schwankungen unterworfen ist (Casanueva et al., 2019). TD wurde aus CORDEX-Modellen je nach Datenverfügbarkeit aus Lufttemperatur (TAS) und relativer Luftfeuchtigkeit, oder TAS, spezifische Luftfeuchtigkeit und Luftdruck abgeleitet. Beim aktualisierten SPARTACUS Datensatz ist im Gegensatz zur für die ÖKS15 verwendete Vorgängerversion die Tagesmitteltemperatur nun eine (quasi-) 24-Stunden Mitteltemperatur. Aufgrund der Differenz wurde die Fehlerkorrektur daher auch für die mittlere und maximale tägliche Lufttemperatur (TAS und TASMAY) durchgeführt.

Bei der Erstellung wurde in erster Linie darauf geachtet mit ÖKS15 konsistent zu sein, um eine Vergleichbarkeit zu bestehenden und eine nahtlose Einbindung in zukünftige Folgenforschungen zu gewährleisten. Wie bei ÖKS15 wurde 1961-2005 als Referenzperiode für die Fehlerkorrektur mittels scaled distribution mapping (SDM; Switanek et al., 2017) verwendet. Die Fehlerkorrektur wurde für TAS, TASMAY und TD und alle ÖKS15 CORDEX-Modelle für drei Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5) durchgeführt (für einen Überblick siehe nachfolgende Tabelle).

Tabelle 1.: Überblick über das erweiterte ÖKS ensemble: Klimamodell Informationen (CMIP5 GCM und jeweilige EURO-CORDEX RCMs), Grundlage der TD Berechnung sowie verfügbare Emissionsszenarien.

CMIP5 information			CORDEX information			Td derived from		Climate scenario		
Institute	GCM	run	Institute	RCM	vers.	RH	q & p	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CERFACS	CNRM-CM5	r1i1p1	CLMcom	CCLM4-8-17	v1		X			
CNRM-CERFACS	CNRM-CM5	r1i1p1	CNRM	ALADIN53	v1	X				
CNRM-CERFACS	CNRM-CM5	r1i1p1	SMHI	RCA4	v1	X				
ICHEC	EC-EARTH	r12i1p1	CLMcom	CCLM4-8-17	v1		X			
ICHEC	EC-EARTH	r12i1p1	SMHI	RCA4	v1	X				
ICHEC	EC-EARTH	r1i1p1	KNMI	RACMO22E	v1	X				
ICHEC	EC-EARTH	r3i1p1	DMI	HIRHAM5	v1	X				
IPSL	IPSL-CM5A-MR	r1i1p1	IPSL-INERIS	WRF331F	v1		X			
IPSL	IPSL-CM5A-MR	r1i1p1	SMHI	RCA4	v1	X				
MOHC	HadGEM2-ES	r1i1p1	CLMcom	CCLM4-8-17	v1		X			
MOHC	HadGEM2-ES	r1i1p1	SMHI	RCA4	v1	X				
MPI-M	MPI-ESM-LR	r1i1p1	CLMcom	CCLM4-8-17	v1		X			
MPI-M	MPI-ESM-LR	r1i1p1	MPI-CSC	REMO2009	v1		X			
MPI-M	MPI-ESM-LR	r1i1p1	SMHI	RCA4	v1	X				
MPI-M	MPI-ESM-LR	r2i1p1	MPI-CSC	REMO2009	v1		X			
			not available	RCM model data not available						available

## Neue zusätzliche Hitze Indikatoren

Zusätzlich zu den Variablen TAS, TASMAY und TD wurden drei weitere wichtige Hitzeindikatoren sowohl in SPARTACUS als auch im aktualisierten ÖKS15-Ensemble abgeleitet: Wet bulb globe temperature für den Innenbereich (WBGT-ID), HUMIDEX und der NOAA heat index (HI, siehe Tabelle 2). Alle drei Indikatoren wurden als Tagesmittelwerte (abgeleitet aus TAS und TD) und, da TD über den Tag relativ konstant bleibt, als Tagesmaximalwerte (abgeleitet aus TASMAY und TD) berechnet, welche innerhalb des DISCC-AT Projekts für die weitere Modellierung ökonomische Auswirkungen und hitzebedingter Gesundheitsfolgen verwendet werden.

**Acknowledgements**  
Dieser Beitrag erhielt finanzielle Unterstützung des Klima- und Energiefonds unter der 14. Ausschreibung des Austrian Climate Research Programme, ACRP, Projekt DISCC-AT (project number C264882). SPARTACUS Feuchtedatensatz, Vorabversion zur Verfügung gestellt seitens GeoSphere Austria, Methodik beschrieben in „SPARTACUS 2 – Spatiotemporal Reconstruction Dataset of Climate in Austria“ (Tilg et al., 2022, unveröffentlichter interner Bericht, pers. comm. Anna-Maria Tilg).

Tabelle 2.: Überblick über die neue ÖKS15 Variablen der TD sowie die aus TD und TAS/TASMAY abgeleiteten Hitzeindikatoren und Referenzen zu deren Berechnungsmethode.

var. name	Index	Units	Reference
TD	Dewpoint temperature	°C	Bolton 1980
WBGT-ID	Wet bulb globe temperature - indoor	°C	approach of Bernard, see Lemke and Kjellstrom, 2012
HUMIDEX		1	Blazejczyk et al. 2012
HI	NOAA heat index	°C	Schwingshackl et al. 2021

## Ergebnisse

Projektionen zeigen einen Anstieg von TD unter allen Emissionsszenarios und Zeiträumen etwa in der gleichen Größenordnung wie TAS und TASMAY an. Ebenso wird ein Anstieg aller Hitzeindikatoren projiziert (Abb. 1 und Tab. 3).

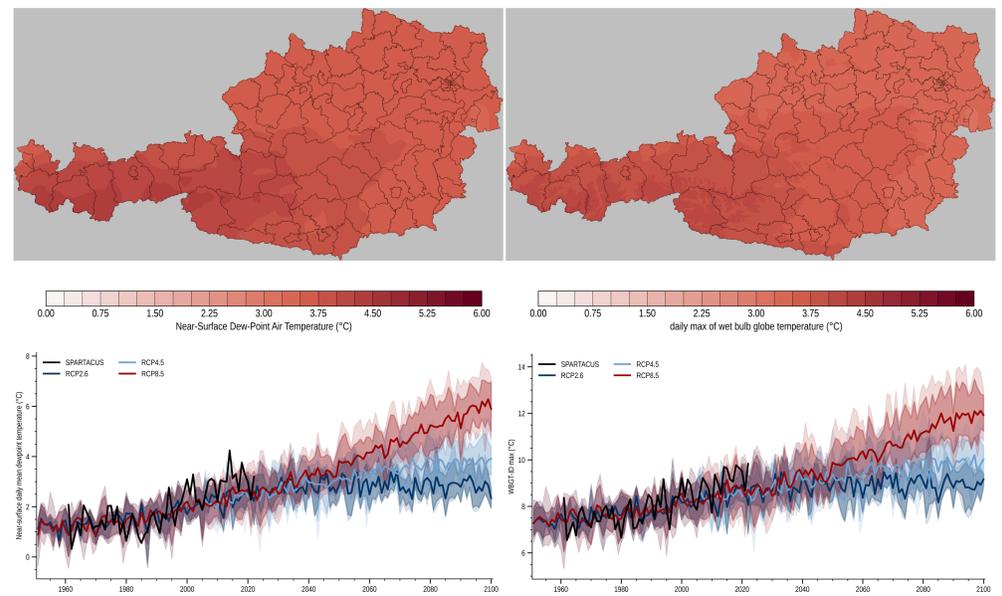


Abbildung 1.: Karte der mittleren Änderungen bis 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000 unter dem RCP8.5 Szenario (oben), sowie Zeitreihe der mittleren jährlichen Entwicklung (unten) von TD (links) und mittleren WBGT-ID (rechts, basierend auf TASMAY) über Österreich für das erweiterte ÖKS15 Ensemble.

Wenngleich der Bias über die Referenzperiode (1961-2005) korrigiert wurden, so zeigt sich dennoch eine zunehmende Abweichung der Werte aus Modellprojektionen und Beobachtung gegen Ende der Beobachtungsperiode (Tab. 3). Diese Erkenntnis sowie Erfahrungen aus der Erweiterung von ÖKS15 um TD werden in die Klimaszenarien.at Initiative (www.klimaszenarien.at) und die Erstellung der neuen Klimaszenarien ÖKS26 einfließen.

Tabelle 3.: Überblick über die neuen ÖKS15 Variablen, ihr Bias über der Referenzperiode und der aktuelle Klimaperiode sowie mittlere Änderungen über Österreich bis Mitte und Ende des Jahrhunderts unter RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5.

Index	TAS	TASMAY	TD	WBGT-ID	HI	HUMIDEX
Based on				TAS TASMAY	TAS TASMAY	TAS TASMAY
Units	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Reference period bias (1961-2005)						
	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.01	0.00
Current period bias (2003-2022)						
RCP2.6	-0.52	-0.71	-0.62	-0.52	-0.62	-0.57
RCP4.5	-0.45	-0.63	-0.61	-0.48	-0.57	-0.50
RCP8.5	-0.37	-0.53	-0.55	-0.41	-0.48	-0.57
Change (2021-2050--1971-2000)						
RCP2.6	1.14	1.10	1.17	1.09	1.02	1.25
RCP4.5	1.28	1.24	1.17	1.19	1.11	1.40
RCP8.5	1.42	1.34	1.39	1.35	1.24	1.46
Change (2071-2100--1971-2000)						
RCP2.6	1.28	1.26	1.24	1.21	1.15	1.41
RCP4.5	2.25	2.21	2.13	2.12	1.99	2.48
RCP8.5	4.11	4.08	3.80	3.83	3.64	4.51

## Datenverfügbarkeit

Alle fehlerkorrigierten Variablen (TAS, TASMAY, TD) und abgeleiteten Indices (WBGT-ID, HUMIDEX, HI) werden nach Veröffentlichung der neuen SPARTACUS Daten auf dem CCCA Data Server der Community zur Verfügung gestellt.

**References**  
Blazejczyk et al. (2012): Comparison of UTCI to selected thermal indices. Int J Biometeorol 56, 515–535. doi: 10.1007/s00484-011-0453-2  
Bolton (1980): The computation of equivalent potential temperature. Monthly Weather Review, 108, 1046-1053. doi: 10.1175/1520-0493(1980)108<1046:TCEPT>2.0.CO;2  
Casanueva et al. (2019): Climate projections of a multivariate heat stress index: the role of downscaling and bias correction, Geosci. Model Dev., 12, 3419–3438. doi: 10.5194/gmd-12-3419-2019  
Chimani et al. (2016): ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. https://data.ccca.ac.at/dataset/endbericht-oks15-klimaszenarien-fur-osterreich-daten-methoden-klimaanalyse-v01  
Chimani et al. (2019): GUIDELINE zur Nutzung der ÖKS15-Klimawandelsimulationen sowie der entsprechenden gegitterten Beobachtungsdatensätze. https://ccca.ac.at/wissenstransfer/staro-impact-guideline  
Lemke and Kjellstrom (2012): Calculating workplace WBGT from meteorological data, Ind. Health, 50, 264–278. doi: 10.2486/indhealth.ms1352  
Schwingshackl et al. (2021): Heat stress indicators in CMIP6: Estimating future trends and exceedances of impact-relevant thresholds. Earth's Future, 9, e2020EF001885. doi: 10.1029/2020EF001885

