

# Wärme, Wasser, Vegetation Beispielanwendungen



Tim Tewes  
Stadt Konstanz



# Übersicht



# 1. Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085



- **Ausgangsfrage:**
  - Wie könnten sich Hitzewellen in meiner Region zukünftig verändern?
- **Über den Datensatz:**
  - Anzahl der Hitzewellen-Tage von 1986 bis 2085
  - Jährliche Durchschnittswerte (Mittel-, Standardabweichung)
  - Unterschiedliche Definitionen von „Hitzewellen“ verfügbar
  - Auflösung:  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$
  - RCP4.5 und RCP8.5
  - netCDF



Copernicus Daten in der Praxis Home Über CoKLIMAx Projektpartner News Daten und Anwendungen Mehr-

## Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085

Climate Change Service

Das Klima in Europa ändert sich spürbar. Ausprägungen des Klimawandels, die den menschlichen Alltag stark beeinflussen sind Hitze- und Kältewellen, welche nachgewiesenermaßen zunehmen. So werden in den vergangenen Jahren vermehrt lokale und temporäre Hitzerekorde im Sommer gebrochen. Die Folgen für unsere Umwelt: Ökosysteme und Landwirtschaft bekommen immer kürzere Erholungspausen und können schlecht oder gar nicht regenerieren - Es kommt zu Waldbränden und Dürren.

Der vorliegende Datensatz enthält Informationen zur erwarteten Länge von mehrtägigen Hitze- und Kälteeignissen in Europa basierend auf den Modelldaten des EURO-CORDEX Ensembles.



### Berechnung der Hitzewellentage

Eine Hitzewelle oder Kältewelle ist ein längerer Zeitraum mit extrem hohen oder extrem niedrigen Temperaturen in einer bestimmten Region. Es fehlt jedoch an strengen Definitionen für Hitzewellen und Kälteperioden. Dieser Datensatz kombiniert mehrere Definitionen und ermöglicht es dem Benutzer, europaweite Definitionen mit nationalen/regionalen Definitionen zu vergleichen.

Basierend auf bereinigten EURO-CORDEX Modelldaten werden Temperatur-Statistiken berechnet, entweder für die Jahreszeiten Winter und Sommer oder für das ganze Jahr. Diese Temperaturstatistiken werden über 30 Jahre als geglätteter Durchschnitt von 1971 bis 2100 gemittelt. Daraus ergibt sich eine Zeitreihe, die den Zeitraum von 1986 bis 2085 abdeckt. Schließlich werden die Zeitreihen für das Modell-Ensemble gemittelt. Als Kennwert für die Variabilität des produzierten Datensatzes wird die Standardabweichung zum Ensemble-Mittelwert mit angegeben.

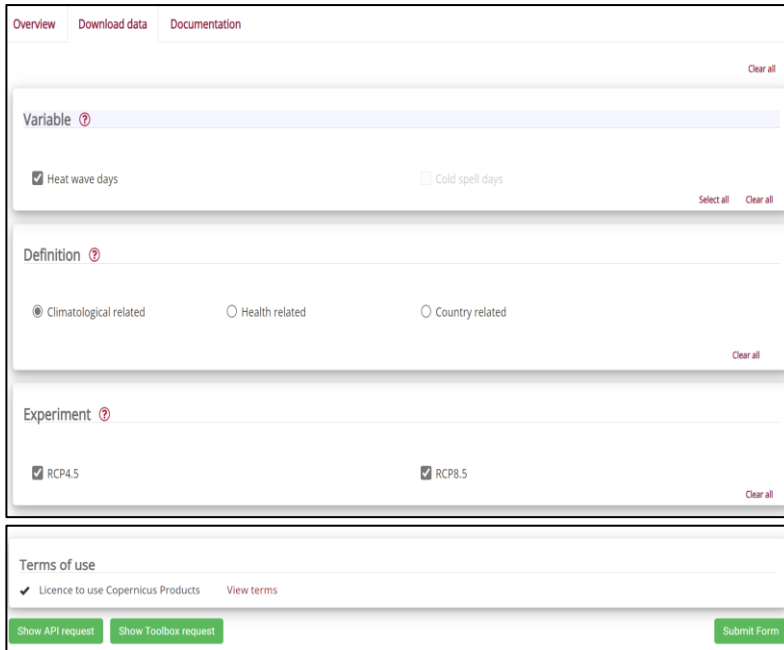
### Relevanz

Beispielhaft sind auf der Karte die erwarteten "Heat Wave Days", also Tage die als Hitzetage definiert sind, im RCP Szenario 4.5 für die 30-Jahres-Mittelwerte zwischen 1950 und 2100. Dabei können Zeitreihen erstellt werden, in denen man den Anstieg der mittleren Anzahl an Hitzetagen über den Zeitraum betrachten kann. Im RCP Szenario 4.5 wird berücksichtigt, dass auf dem europäischen Kontinent mittlere Klimaschutzmaßnahmen getätigt werden. Das bedeutet beispielsweise eine moderate Verringerung des anthropogenen Treibhausgasausstoßes. In ganz Europa ist für RCP 4.5 ein Anstieg der mittleren Anzahl an Hitzetagen zu beobachten, wobei Extreme durch die gemittelten Werte im Datensatz nicht sichtbar werden, jedoch lokal und regional auftreten können. Die gesundheitlichen Folgen für die in betroffenen Gebieten lebenden Menschen sind weitreichend. Beispielsweise leidet die Landwirtschaft unter den zunehmenden Extremen und es kann zu Ernteeinbrüchen kommen. Menschen die im Freien arbeiten, benötigen an Hitzetagen besonderen Schutz und auch der thermische Komfort in Innenräumen kann durch länger andauernde Hitzewellen so beeinflusst werden, dass das Arbeiten darin nur noch eingeschränkt möglich ist.

# 1. Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085

Download des Datensatzes über...

... die CDS-Seite ([LINK](#))  
(Download Data / Submit Form)



The screenshot shows the CDS download form with the following sections:

- Variable:** Heat wave days (checked), Cold spell days (unchecked).
- Definition:** Climatological related (selected), Health related, Country related.
- Experiment:** RCP4.5 (checked), RCP8.5 (checked).
- Terms of use:** Licence to use Copernicus Products (checked).
- Buttons:** Show API request, Show Toolbox request, Submit Form (highlighted with a red arrow).

... die API / vorkonfiguriertes Notebook  
([LINK](#) - Notebook Download +  
Datenprozessierung in ArcGIS Pro)

```
9 !pip install cdsapi

In [ ]:
1  ## 2.1 Download des Datensatzes über die CDS-API
2
3  """
4  Bitte unter api_key Ihren API-Key angeben
5  """
6  api_key = "123456:78910ab5-a6bc-78de-123a-1234b56c7891" ## <-Bitte hier den API-Key einfügen
7
8
9
10 import cdsapi
11
12 # Erstellt einen CDS-API-Client
13 c = cdsapi.Client(url='https://cds.climate.copernicus.eu/api/v2', key=api_key)
14
15
16 # Download des Datensatzes
17 c.retrieve(
18     'sis-heat-and-cold-spells',
19     {
20         'variable': 'heat_wave_days',
21         'definition': 'climatological_related',
22         'experiment': [
23             'rcp4_5', 'rcp8_5',
24         ],
25         'ensemble_statistic': [
26             'ensemble_members_average', 'ensemble_members_standard_deviation',
27         ],
28         'format': 'zip',
29     },
30     download_path)
31
32
33 print(f'Datei {zip_file} wurde heruntergeladen und in {download_folder} gespeichert')
```



# 1. Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085



## Übersicht der netCDF-Daten:

### 1. Global Attributes:

- Titel
- Convention
- Projekt
- ...

### 2. Variable: HWD\_EU\_climate

### 3. Dimensionen/Koordinaten:

- time
- lat, lon

```
1 import xarray as xr
2 nc_file = xr.open_dataset(input_netCDF)
3 nc_file
```

xarray.Dataset

► Dimensions: (lat: 425, lon: 599, time: 100)

▼ Coordinates:

height	()	float64	...	
quantile	()	float64	...	
lat	(lat)	float64	30.1 30.2 30.3 ... 72.3 72.4 72.5	
lon	(lon)	float64	-24.9 -24.8 -24.7 ... 34.8 34.9	
time	(time)	datetime64[ns]	1986-01-01 ... 2085-01-01	

▼ Data variables:

HWD_EU_climate	(time, lat, lon)	float32	...	
----------------	------------------	---------	-----	--

units : day  
long\_name : Ensemble members average number of heat-wave days according to the EU\_climate definition for future climate under rcp45

▼ Attributes:

title :	Processed EURO-CORDEX future climate data for the health sector
conventions :	CF-1.6
project :	Copernicus Climate Change Service Sectoral Information System European Health
source :	Processing of bias-corrected EURO-CORDEX data by VITO
contact :	bd_rma@vito.be
creation_date :	Mon Jun 24 11:21:55 2019
institution :	VITO ( <a href="https://vito.be/en">https://vito.be/en</a> )

3.

2.

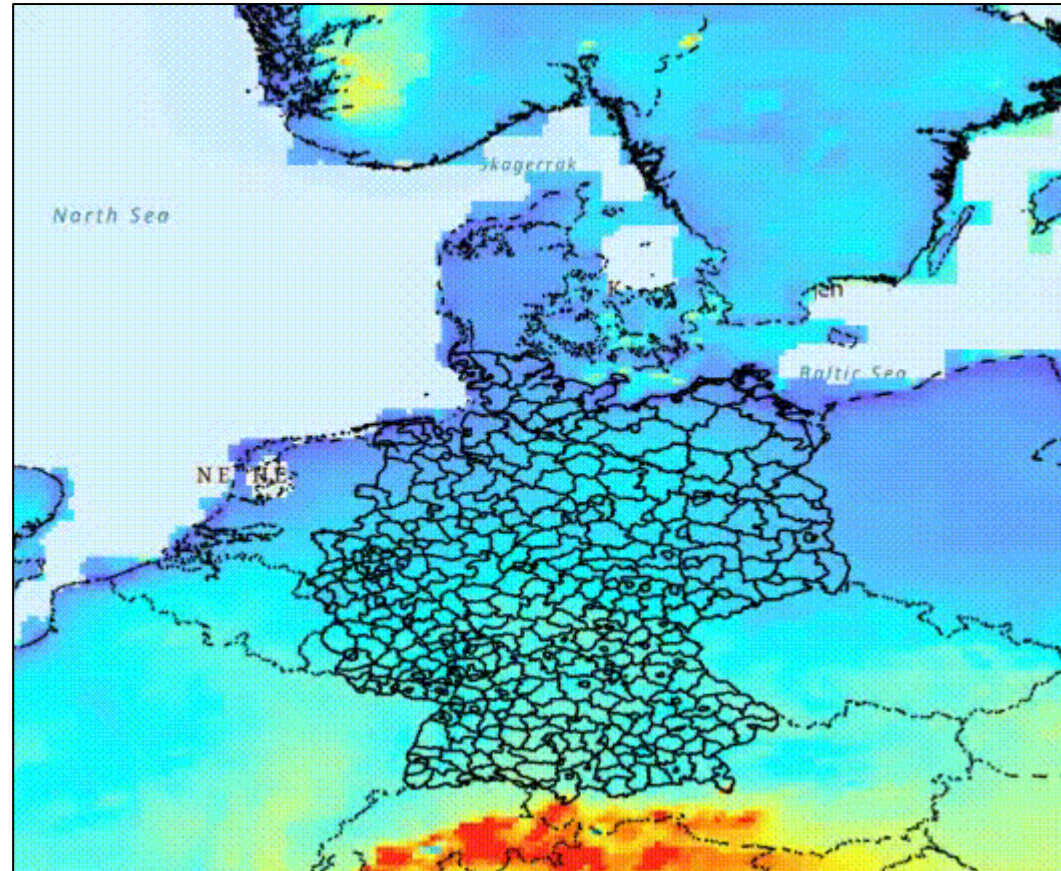
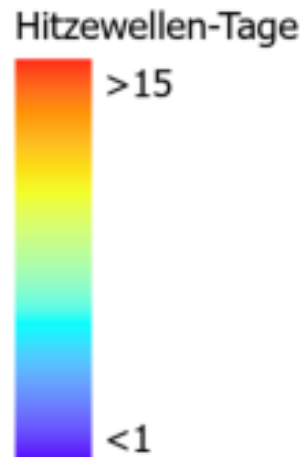
1.

# 1. Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085



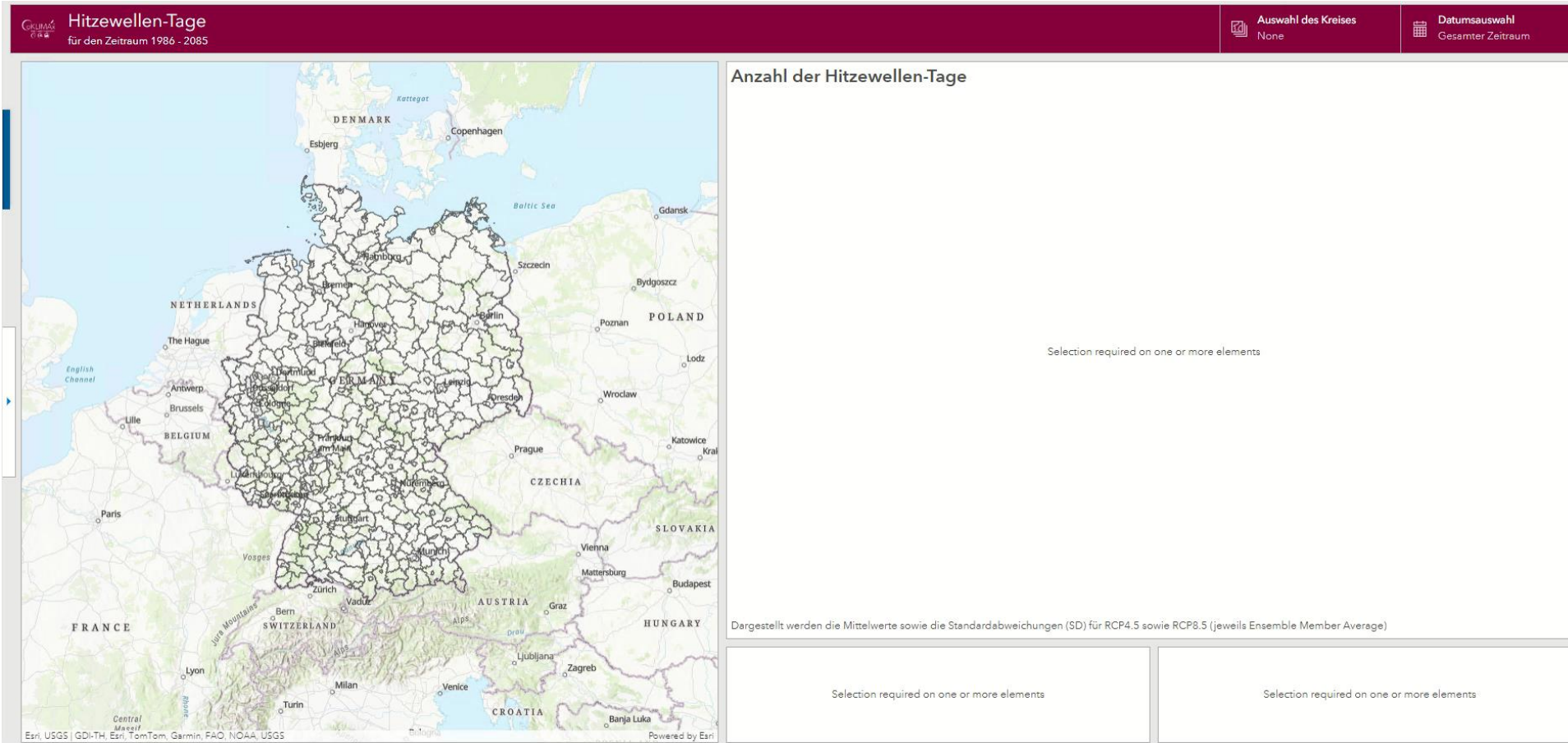
## Anwendungsbeispiel:

- RCP8.5
- Zeitraum 2056 - 2085



# 1. Hitze- und Kältewellen über Europa | 1986-2085

## Anwendungsbeispiel unter Hitzewellen-Tage von 1986-2085 | Daten und Anwendungen



# 2. Klimawirkungsindikatoren für Temperatur und Niederschlag | 1970 - 2100

## Datensatz:

- versch. Klimawirkungsindikatoren u.a.
  - Längste Trockenperiode
  - Häufigkeit Trockenperioden
  - **Höchste 5-Tage-Niederschlagsmenge**
- versch. Epochen und Szenarien:
  - Referenzperiode 1971-2000
  - für RCP2.6, 4.5 und 8.5:  
2011-2040, 2041-2070, 2071-2100
  - 3 Grad-Szenarien (1.5, 2.0, 3.0 Grad)
- Relative / absolute Abweichungen vom Referenzwert
- Auflösung:  $0.1^\circ \times 0.1^\circ / 5\text{km} \times 5\text{km}$



### Klimawirkungsindikatoren für Temperatur und Niederschlag | 1970 - 2100

Climate Change Service

Was die regionale Klimamodellierung und die Erstellung von Indikatoren betrifft, repräsentiert dieser Datensatz den neuesten Stand der Technik. Er wurde im Auftrag des Copernicus Climate Change Service vom Schwedischen Meteorologischen und Hydrologischen Institut erstellt und qualitätsgeprüft. Darin vorhanden sind Informationen zu Niederschlag und oberflächennaher Lufttemperatur. Zum einen in Form von essenziellen Klimavariablen (ECVs) und zum anderen als eine Reihe von Klimauswirkungsindikatoren (CIs), welche wiederum auf den ECVs basieren.



#### Relevanz

Beide Formen sind für StadtplanerInnen wichtig, um das Klima und zukünftige Klimabedingungen zu verstehen wie auch in ihre Planung zu integrieren. Die hier zur Verfügung gestellten ECVs und CIs, ermittelt durch den sektoralen Informationsdienst der Wasserwirtschaft, befähigen dazu, spezifische Fragen des Wassersektors zu beantworten. Da sie aber auch in allgemeiner verständlicher Form bereitgestellt werden, können auch andere Sektoren wie z.B. Landwirtschaft und Energie von diesen Daten profitieren.

#### Berechnung der Klimawirkungsindikatoren

Um die insgesamt zwei ECVs und fünf CIs mit horizontalen Auflösungen von  $0.11^\circ \times 0.11^\circ$  und  $5\text{km} \times 5\text{km}$  zu ermitteln, verwendete man Daten aus acht Modellsimulationen des „Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment“ (CORDEX).

Die ECV-Daten entsprechen den technischen Spezifikationen des Globalen Klimabeobachtungssystems (GCOS) und werden daher in einem täglichen Zeitintervall bereitgestellt. Zudem werden sie anhand der EFAS-Gitterbeobachtungen als Referenzdatensatz bereinigt. Jedoch handelt es sich hierbei nicht um Beobachtungs- sondern Modellausgangsdaten, wie es bei ECVs im Allgemeinen der Fall ist.

Die CI werden als Mittelwerte über einen Zeitraum von 30 Jahren bereitgestellt. Für den Referenzzeitraum (1971-2000) werden die Daten als absolute Werte angegeben, für die zukünftigen Zeiträume werden die Daten als absolute Werte und als relative oder absolute Veränderung gegenüber dem Referenzzeitraum dargestellt. Die Zukunftszeiträume umfassen drei feste Zeiträume (2011-2040, 2041-2070 und 2071-2100) und drei „Grad-Szenario“-Perioden, die dadurch definiert sind, dass die globale Erwärmung einen bestimmten Schwellenwert ( $1.5^\circ\text{C}$ ,  $2.0^\circ\text{C}$  oder  $3.0^\circ\text{C}$ ) überschreitet. Die globale Erwärmung wird anhand des verwendeten globalen Klimamodells (GCM) berechnet, daher ist der tatsächliche Zeitraum der Gradszenarien für jedes GCM unterschiedlich.



# 2. Klimawirkungsindikatoren für Temperatur und Niederschlag | 1970 - 2100

## Übersicht der netCDF-Daten:

- Global Attributes:
  - Titel, Summary, Projekt-Id
- Variable: rx5Adjust\_tmean
- Dimensionen / Koordinaten:
  - time, lat, lon

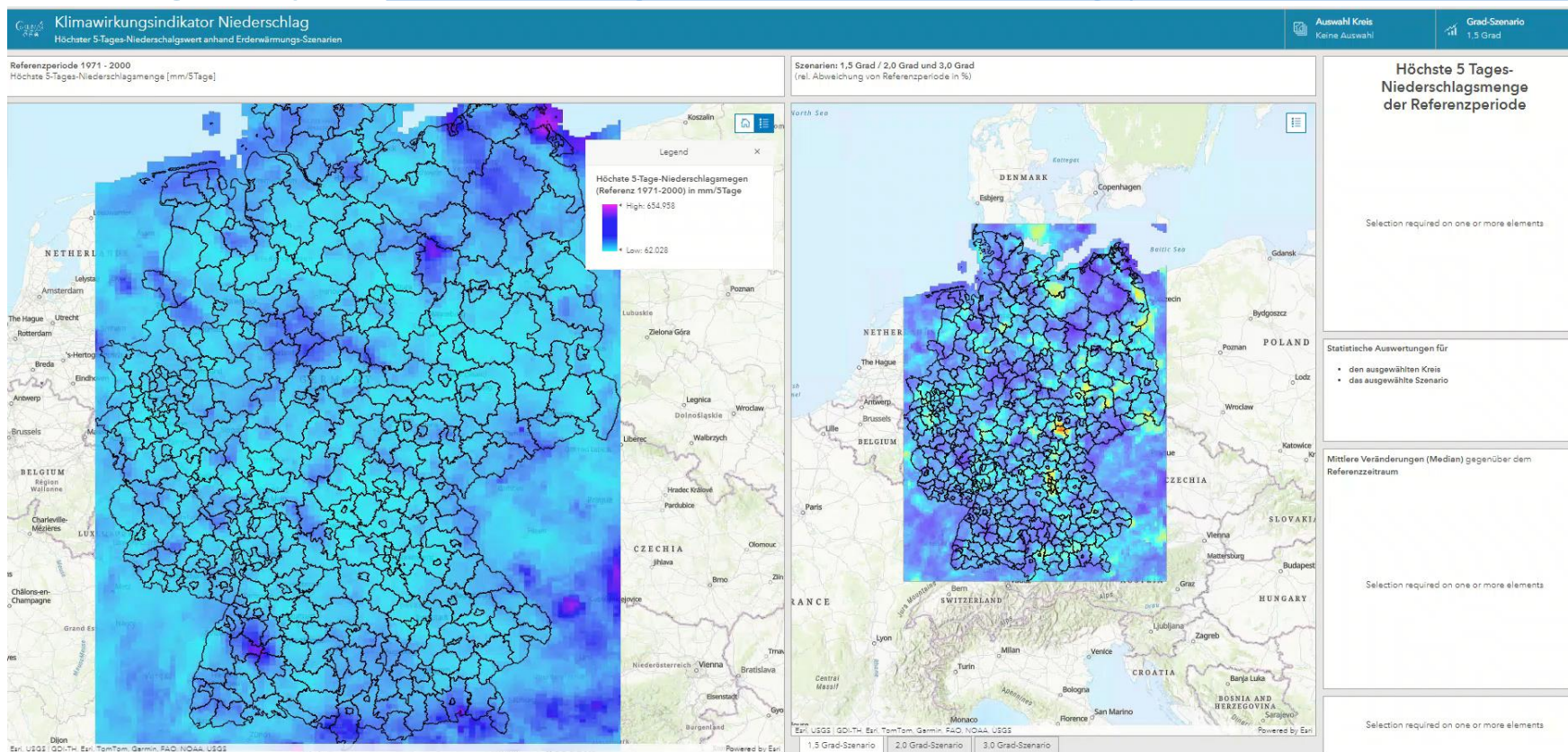
```
In [80]: 1 import xarray as xr
         2 input_netCDF = "rx5Adjust_tmean_abs_QM-EFAS-Meteo-EUR-11_MPI-M-MPI-ESM-LR_rcp85_r1i1p1_MPI-CSC-REM
         3
         4 nc_file = xr.open_dataset(input_netCDF)
         5 nc_file

Out[80]: xarray.Dataset
         Dimensions:      (y: 950, x: 1000, time: 1)
         Coordinates:
         lon                (y, x)          float32 ...
         lat                (y, x)          float32 ...
         time               (time)         datetime64[ns] 2040-12-30T12:00:00
         array(['2040-12-30T12:00:00.000000000'], dtype='datetime64[ns]')
         Data variables:
         rx5Adjust_tmean    (time, y, x)    float32 ...
         long_name          maximum 5-day precipitation (mean)
         units              mm/5day
         associated_files   -
         cell_measures      area:areacella
         cell_methods       time:maximum
         history            -
         standard_name      max_5days_index_per_time_period
         title              Mean annual max 5-day precipitation
         variable           rx5Adjust_tmean
         Attributes:
         CDI                Climate Data Interface version 1.8.2 (http://mpimet.mpg.de/cdi)
```



# 2. Klimawirkungsindikatoren für Temperatur und Niederschlag | 1970 - 2100

## Anwendungsbeispiel: Klimawirkungsindikator Niederschlag | Daten und Anwendungen



# 3. Klimatische Indikatoren für den Tourismus in Europa



## • Ausgangsfrage:

- Hat der Klimawandel Auswirkungen auf den Tourismus in meiner Region?

## • Über den Datensatz:

- Täglicher Index / Anzahl der Tage, die für den Tourismus gut/angemessen/unvorteilhaft sind
- Verschiedene Zeiträume bis 2100 verfügbar
- Auflösung:  $0.11^\circ \times 0.11^\circ$
- RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5
- netCDF



Copernicus Daten in der Praxis Home Über CoKLIMAx Projektpartner News Daten und Anwendungen Mehr-

**Klimatische Indikatoren für den Tourismus in Europa | 1970-2100**

In diesem Datensatz enthalten sind eine Reihe von Klimaeignungs-Indikatoren zum Tourismus in Europa unter zukünftigen Klimaszenarien. Diese wurden sowohl für den Stadt- als auch für den Strandtourismus konzipiert und in einer relativ hohen Auflösung von  $0.11^\circ \times 0.11^\circ$  vorhanden. Dabei sind für erstere Form der Holiday Climate Index (HCI) und für Strandtouristen der Climate Index for Tourism (CIT) vorhanden.



### Berechnung

Vier verschiedene Klimaszenarien wurden verwendet, um diesen Datensatz und seine Indikatoren zu erstellen: Das aktuelle Klima (auch als „historisch“ bezeichnet) und drei verschiedene RCP-Klimaszenarien. Letztere bestehen zuerst aus einem optimistischen Emissionsszenario, bei dem die Emissionen nach 2020 zu sinken beginnen (RCP2.6), zweitens einem neutralen Szenario, bei dem die Emissionen erst nach 2040 zu sinken beginnen (RCP4.5) und zuallererst aus einem pessimistischen Szenario, in dem die Emissionen über das gesamte 21. Jahrhundert hinweg ansteigen werden (RCP8.5).

Die Klimaprojektionen wurden aus den Ergebnissen des EURO-CORDEX-Ensemble entnommen. In diesem Datensatz sind auch historische Simulationen für den Zeitraum 1970-2005 enthalten, um einen Referenzrahmen für die künftigen Projektionen zu schaffen. Beide Indizes berücksichtigen verschiedene Klimavariablen (Tagesniederschlag, Windgeschwindigkeit, Gesamtbewölkung und effektive Temperatur), um das Klima in Bezug auf den Tourismus zu bewerten. Jeder dieser Klimavariablen wurde eine Punktzahl entsprechend ihrer Gewichtungskriterien zugewiesen. Die Punktzahlen werden dann addiert und ergeben eine Gesamtskala von 0 bis 100 für HCI und von 0 bis 7 für CIT. Im Allgemeinen gilt: Je höher der Wert der Indikatoren, desto besser sind die saisonalen Bedingungen für touristische Aktivitäten geeignet.

### Relevanz

Der Tourismus ist einer der größten Wirtschaftszweige weltweit und jeder zehnte Arbeitsplatz auf dem Planeten ist mit der Tourismusindustrie verknüpft. Europa war im Jahr 2018 die am meisten besuchte Region der Welt mit 710 Millionen internationalen Touristenankünften (51 % Marktanteil) und mit Einnahmen aus internationalem Tourismus in Höhe von 570 Milliarden US-Dollar (39 % Marktanteil). Die Mittelmeerregion ist dabei die Region, in der der Tourismusanteil der Wirtschaft noch stärker ansteigt als in anderen Teilen Europas. Die Beliebtheit des Mittelmeers als Tourismusziel für Strand- aber auch Städtetourismus, ist größtenteils auf seine günstigen klimatischen Bedingungen, insbesondere im Sommer, zurückzuführen.

# 3. Klimatische Indikatoren für den Tourismus in Europa



## Übersicht der netCDF-Daten:

- Global Attributes:
  - Titel
  - Convention
  - Projekt
  - ...
- Variable:
  - day\_fair\_hci\_month\_proj
- Dimensionen: time, rlat, rlon

```
Out[19]: xarray.Dataset
```

► Dimensions:	(rlat: 412, rlon: 424, time: 12, bnds: 2)
▼ Coordinates:	
rlat	(rlat) float64 -23.38 -23.27 ... 21.73 21.84
r lon	(r lon) float64 -28.38 -28.27 ... 18.05 18.16
time	(time) object 2050-01-15 00:00:00 ... 2050-12-...
lon	(rlat, rlon) float64 ...
lat	(rlat, rlon) float64 ...
▼ Data variables:	
day-fair-hci-mo...	(time, rlat, rlon) float64 ...
rotated_pole	()
climatology_bo...	(time, bnds) object ...
▼ Attributes:	
Conventions :	CF-1.7
title :	Scenario
references :	Scott et al
source :	Processing
institution :	CMCC, C
contact :	http://cop
project :	C3S Euro
creation_date :	Thu Aug 2
comment :	Number of
history :	
lineage :	
summary :	HCI projection data produced by CMCC as its contribution to the C3S European Tourism project. The data cover the Euro-CORDEX domain with a 0.11 degree horizontal resolution and spans both historical and scenario periods";
keywords :	Holiday Climate Index, Climate Projections, C3S, Euro-Cordex, Copernicus, Climate Change, Sectoral Climate Impact Indicators
license :	

```
▼ Data variables:
```

day-fair-hci-mo...	(time, rlat, rlon) float64 ...
units :	1
short_name :	day-fair-hci-month-proj
standard_name :	day-fair-hci-month-proj
long_name :	Climatological number of days per month with fair HCI conditions
cell_methods :	time: mean within years time: mean over years
grid_mapping :	rotated_latitude_longitude
[2096256 values with dtype=float64]	
rotated_pole	()  S1 ...
climatology_bo...	(time, bnds) object ...
► Attributes: (14)	

# 3. Klimatische Indikatoren für den Tourismus in Europa



## Anwendungsbeispiel:

- RCP8.5
- Zeitraum 2041 – 2060
- Ø „Number of good Days“  
pro Monat

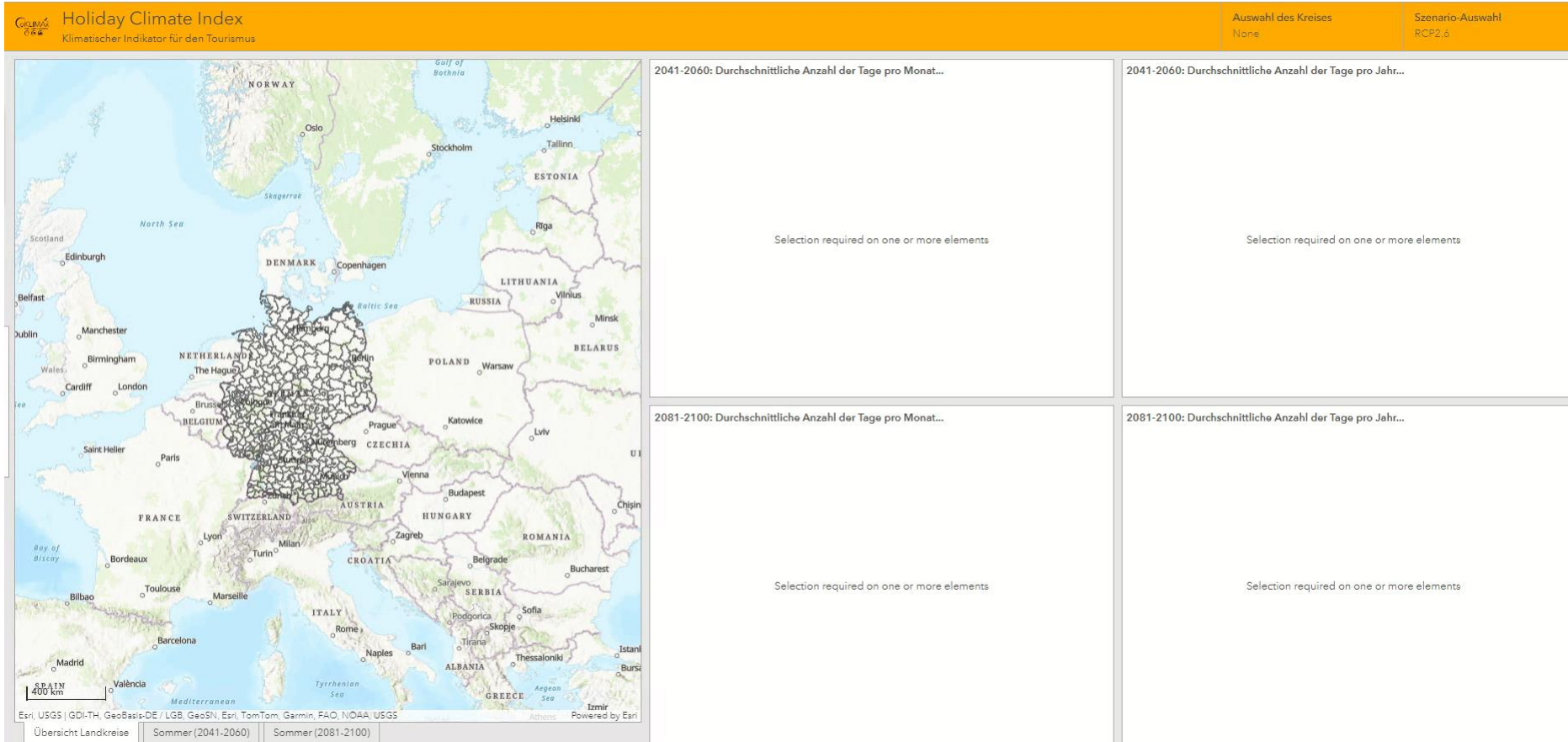
Ø-Anzahl der "guten"  
Tage (HCI >70)



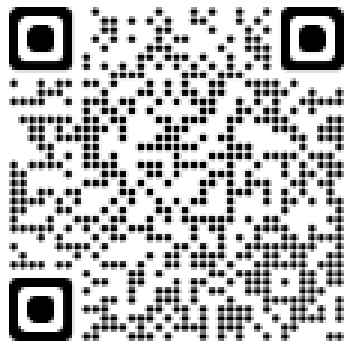
# 3. Klimatische Indikatoren für den Tourismus in Europa



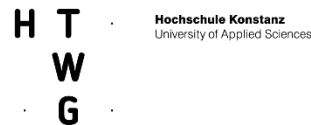
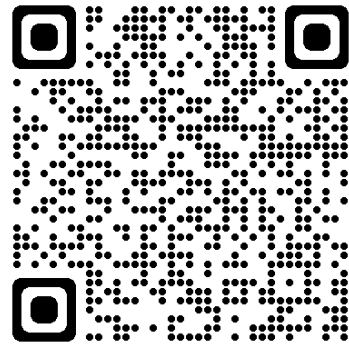
## Anwendungsbeispiel: Klimawandel und Tourismus (Holiday Climate Index)



**CoKLIMAx**



**UrbanGreenEye**



An institution of Helmholtz-Zentrum Hereon

**Projektförderung:**

Das Projekt wird im Rahmen der Förderrichtlinie "Entwicklung und Implementierungsvorbereitung von Copernicus Diensten für den öffentlichen Bedarf zum Thema Klimaanpassungsstrategien für kommunale Anwendungen in Deutschland" des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) gefördert.

