



Climate
Change Service

climate.copernicus.eu

Aktuelle Entwicklungen des Copernicus Klimawandeldienstes

Nationales Forum für
Fernerkundung und Copernicus
19 March 2024

Jörn Hoffmann, Carlo Buontempo & Samantha
Burgess

C3S team and contractors



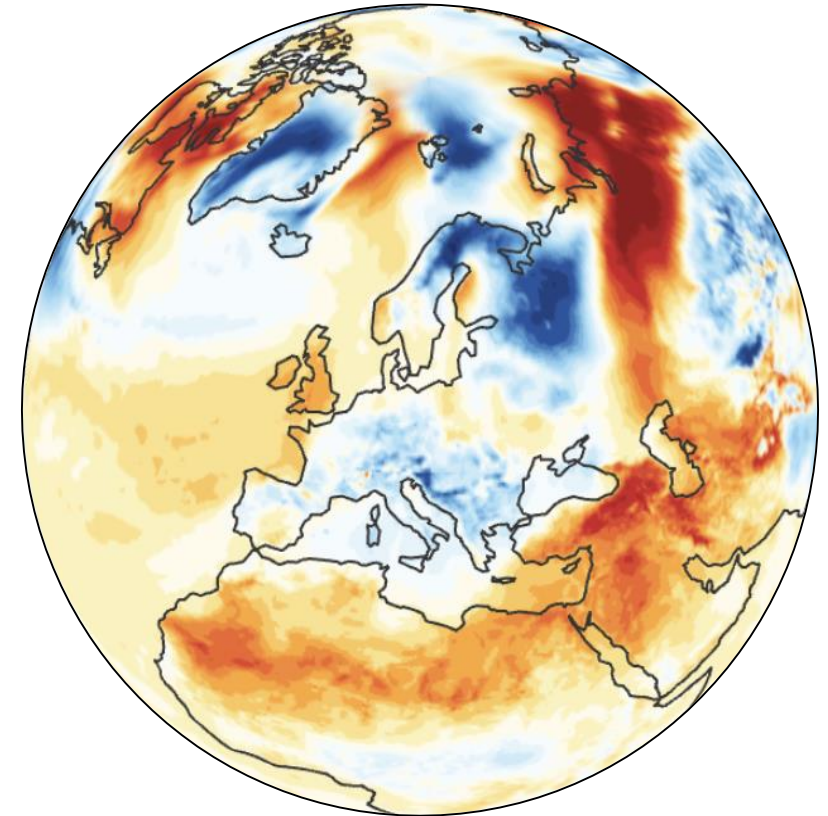
PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION





Copernicus Klimadienst – Highlights

- Weltweit anerkannte Stimme zum Klimawandel; Informationsquelle für EU Institutionen, IPCC und UN.
- Pan-Europäische Initiative mit Standorten in drei Ländern und Beiträgen aus allen EU Mitgliedsstaaten und Copernicus beitragenden Staaten.
- Informiert Diskussion zum Klimawandel – Produkte werden internationalen Medien aufgegriffen.
- Verlässliche und operationelle Quelle für Informationen zum Klima für europäische Bürger (und weltweit)

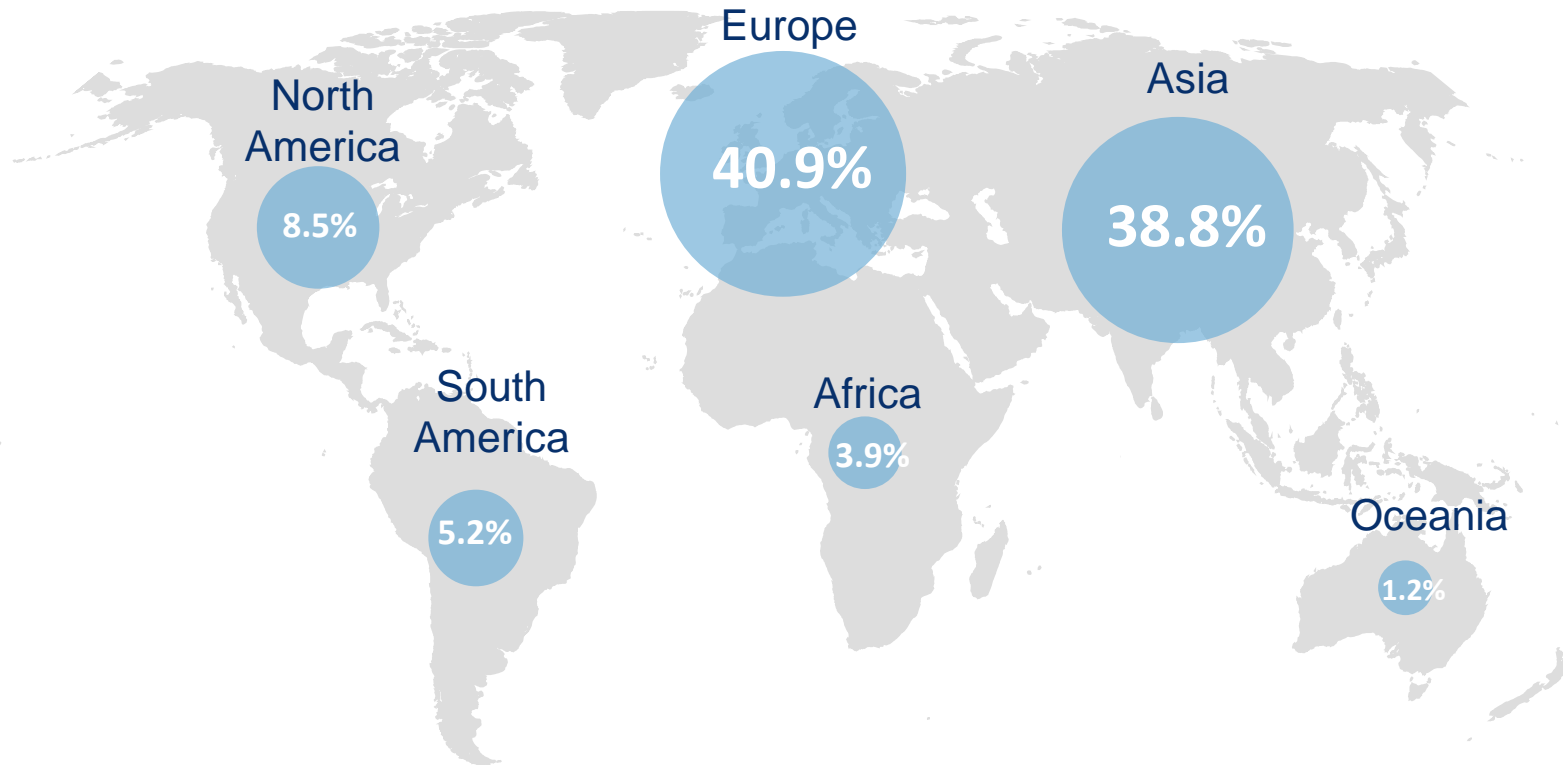




Klimadienst in Zahlen



Nutzer weltweit Nie waren offene Klimadaten wichtiger



Registrierte Nutzer
>285,000



Externe Nutzer
Mehrere Millionen



Requests
800 Millionen



Daten-Downloads
166 PB

Top 5 Datensätze
ERA5, ERA5 land,
seasonal forecast,
CORDEX, CARRA,
CERRA, ORAS5, ECVs

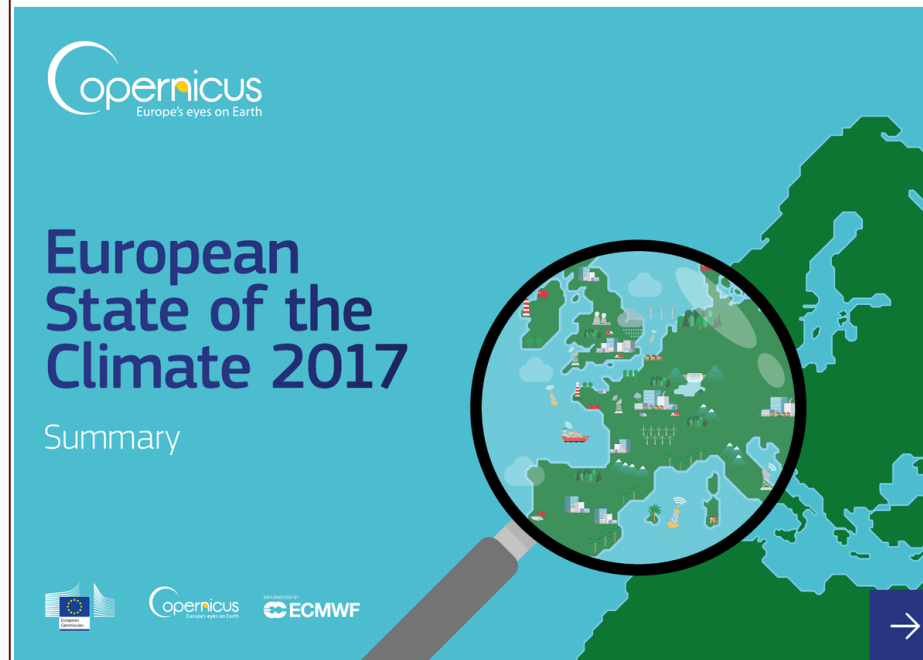
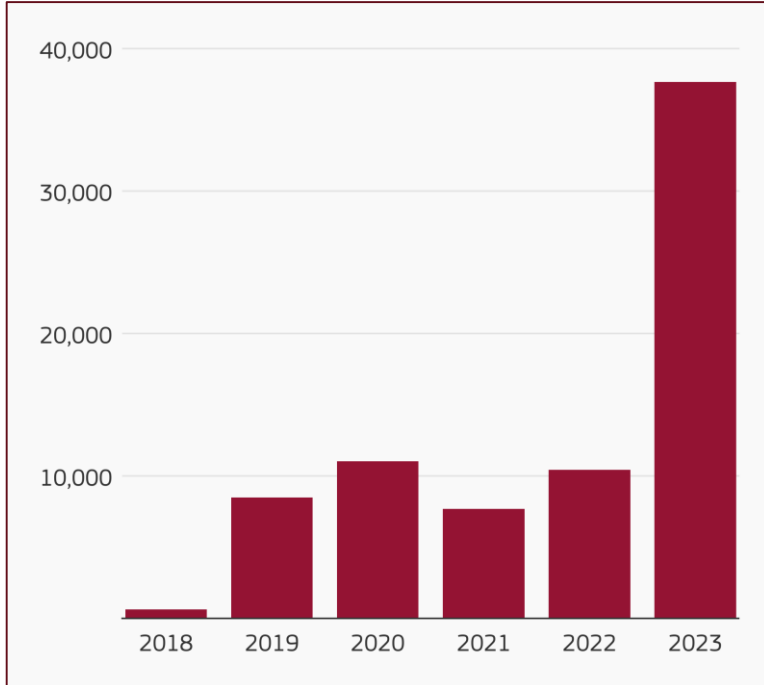




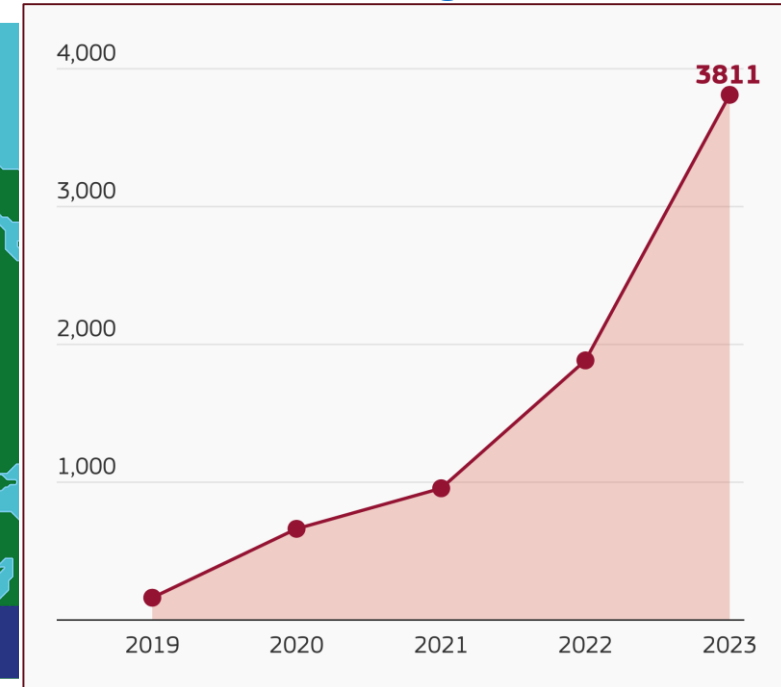
Klimadienst: mediale Sichtbarkeit



Entwicklung der Medien-Präsenz

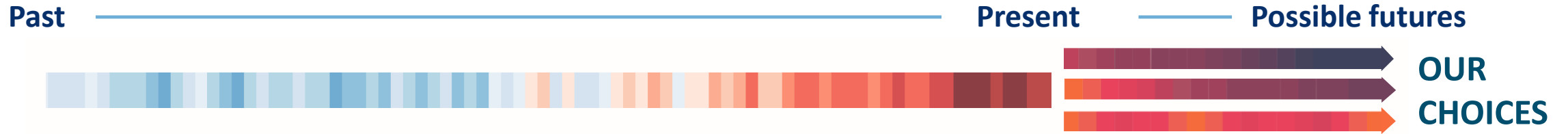


ESOTC Nennungen in Medien





Offen Daten für gute Entscheidungen



C3S Produkte

Beobachtungen



Reanalyse



Jahreszeiten- bis Dekaden-Vorhersagen



Klimaprojektionen





Wesentliche Klimavariablen

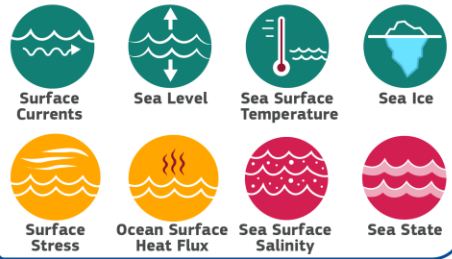
CRYOSPHERE



Legend

- Satellite ECVs
- ECVs from reanalysis
- Planned/ambition
- Unavailable

SURFACE OCEAN PHYSICS



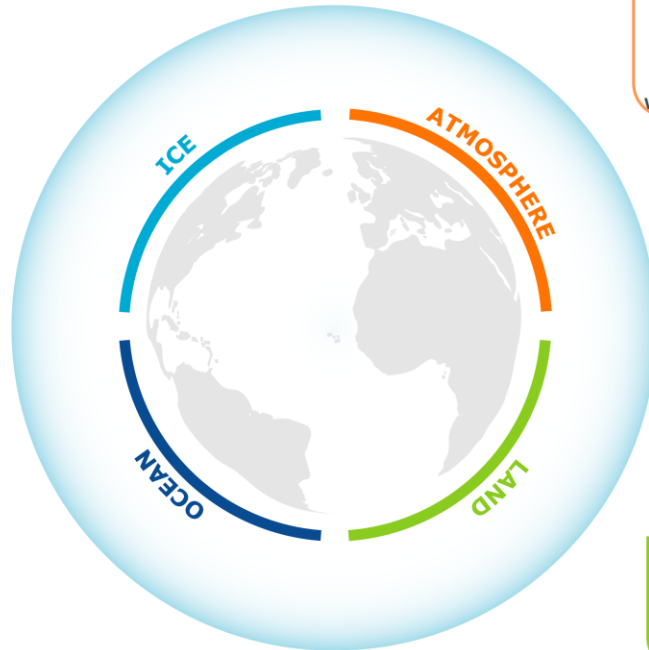
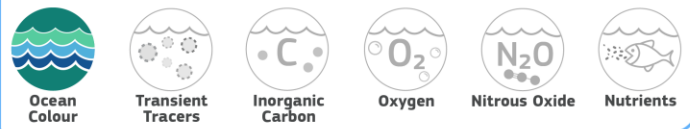
OCEAN BIOLOGY, ECOSYSTEMS



SUBSURFACE OCEAN PHYSICS



OCEAN BIOGEOCHEMISTRY



SURFACE ATMOSPHERE



UPPER-AIR ATMOSPHERE



ATMOSPHERIC COMPOSITION



ANTHROPOSPHERE



HYDROSPHERE



BIOSPHERE



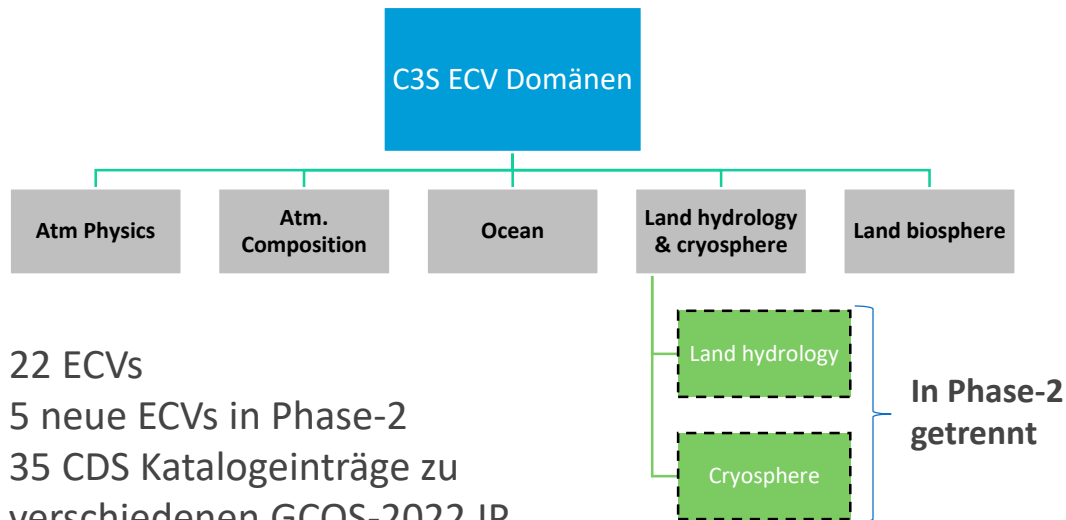
*Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation

Klimaveränderungen verstehen.

C3S unterstützt Anforderungen von GCOS und UNFCCC.



ECVs in Zahlen



- 22 ECVs
- 5 neue ECVs in Phase-2
- 35 CDS Katalogeinträge zu verschiedenen GCOS-2022 IP Produkten
- Weitere ECV Produkte in Vorbereitung

Total active users **34,343**

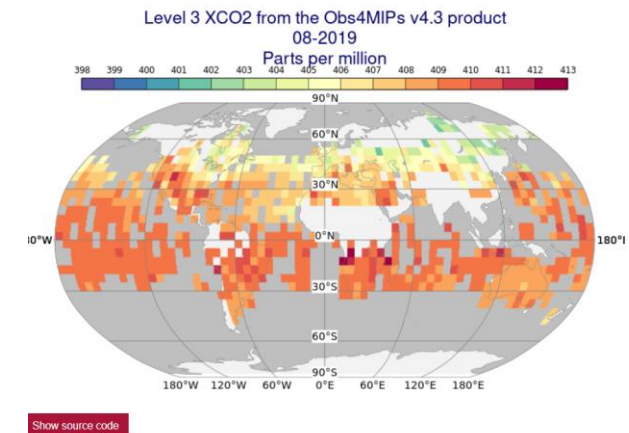
- ~ 700-900 neue Nutzer jeden Monat
- Aktuelle Downloads: 13-17 Tb/Monat
- ECVs auf Platz 2 der beliebtesten CDS Produkte
- Und mehr...

Dienste:

- 300+ Dokumente für Nutzer
- 9 Tutorials
- 5 Data Viewers veröffentlicht
- 6 Toolbox Anwendungen veröffentlicht
- Verschiedene Anwendungsbeispiele
- Verschiedene Jupyter training Notebooks

Und viel mehr:

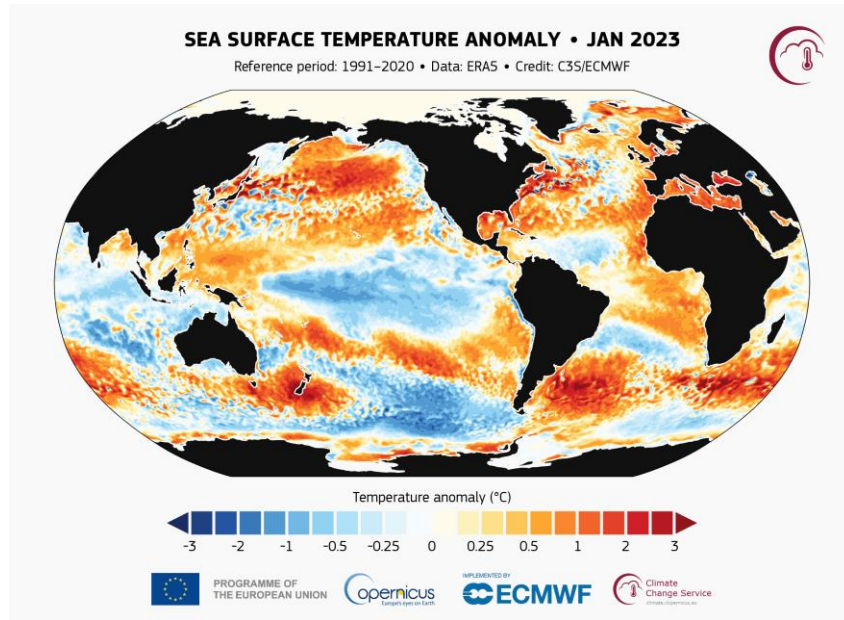
- Vollständige Liste von Referenzen für jedes ECV Produkt,
- Lizenzen für alle Produkte,
- DOI für jeden Katalogeintrag
- Expert user support
- Unabhängige quality control verfügbar für alle Variablen
- Produkte für Policy-Makers
- ...



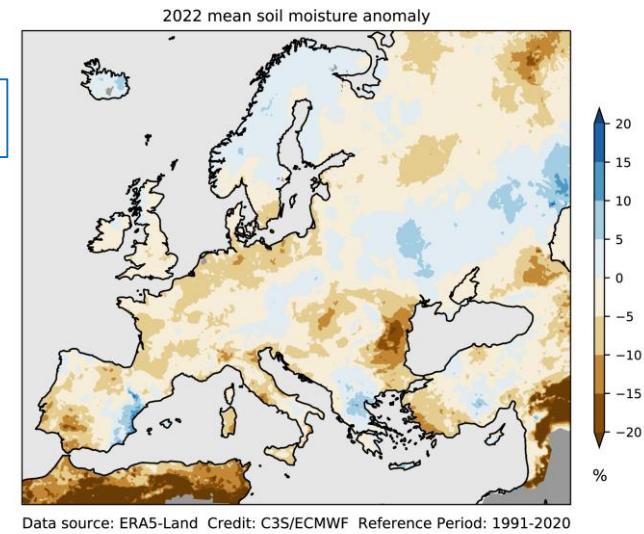


Das Ökosystem der Reanalyse-Produkt

ERA5



ERA5-Land



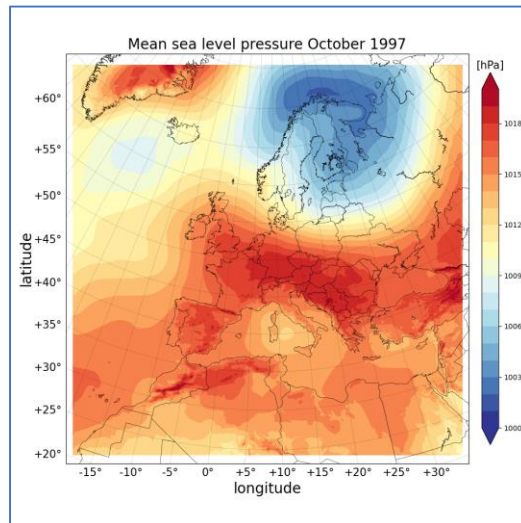
Copernicus Climate Change Service
European State of the Climate | 2022

PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

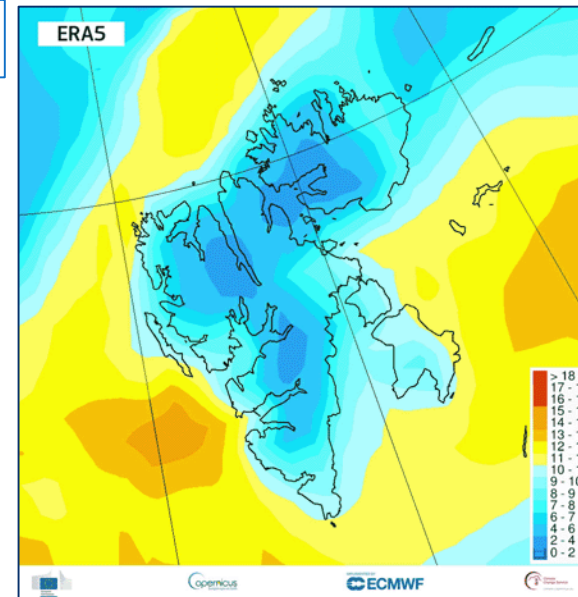
Copernicus
climate.copernicus.eu

IMPLEMENTED BY
ECMWF

CERRA



CARRA



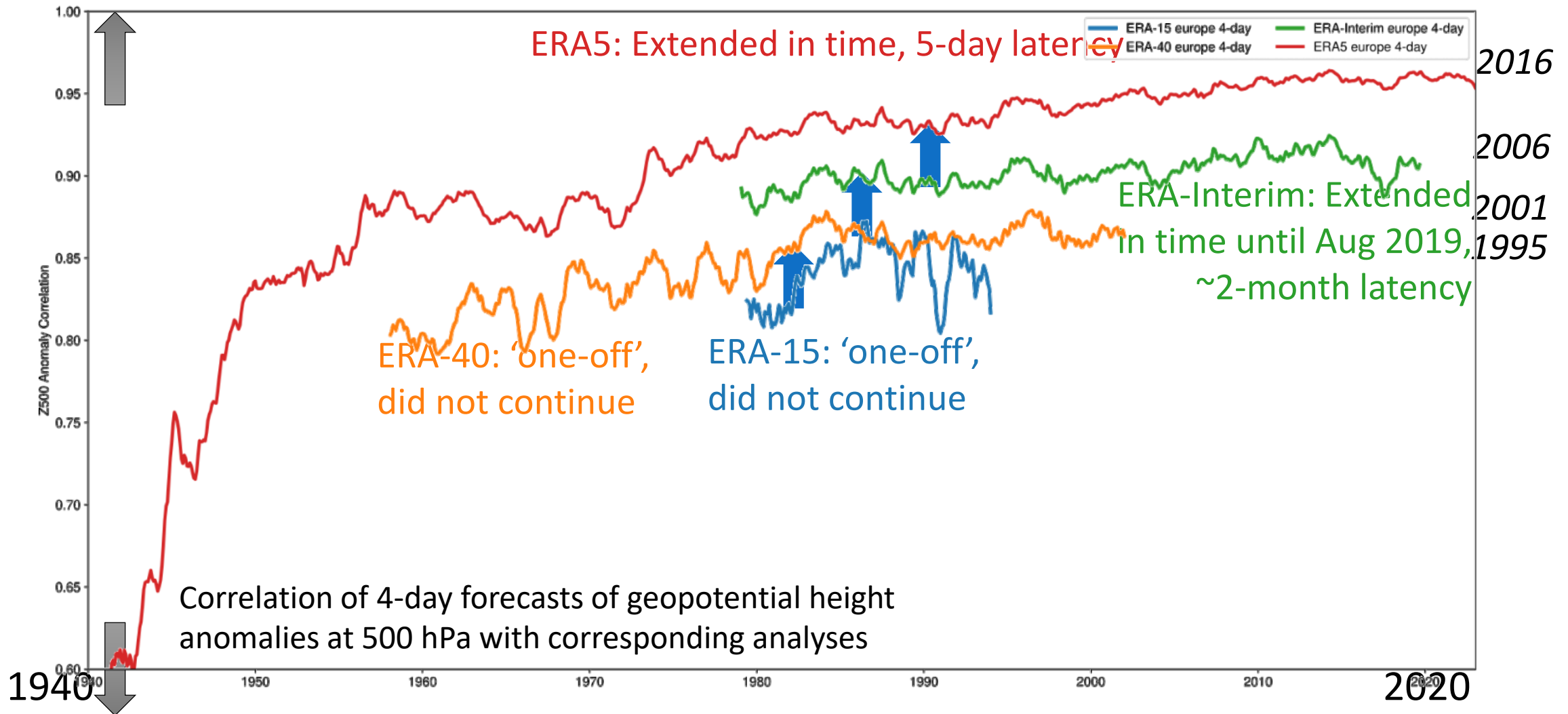
PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION





Reanalysen: warum wiederholen? Wird immer besser!

“Perfekte Vorhersage”



Courtesy of Paul Poli



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION





Von ERA5 (2016) zu ERA6

ERA6 profitiert von 8 Jahren Entwicklung am ECMWF & verbessertem Computing

Verbesserungen reagieren auf Nutzerbedarf:

- Bessere Auflösung: 31 km → 18 or 14 km (TBC)
- Neuer Ansatz für Output auf konstantem Höhen-Niveau
- Zusätzliche Parameter
- Ausbau monatlicher und täglicher Größen

Verbesserte Datenassimilation und Modellierung

Verbesserte atmosphärische (4D-Var) Datenassimilation

- Verbessertes Ensemble das die Fehler-Kovarianz weiterentwickelt
- Verbesserter Umgang mit Modell-Biases
- Assimilation von Oberflächennahen Lufttemperaturen in 4D-Var

Verbesserte Assimilation von Landoberflächen-Beobachtungen

- Verringerte Biases im Schnee und bessere Assimilation von Schnee-Beobachtungen
- Einbeziehen von Bodentemperatur

Verbesserte Wellenphysik im Ozean

- Gleiche Auflösung wie Atmosphäre
- Verbesserter drag für Extreme

Verbesserte Beobachtungen

- Reprozessiert, rescued
- Satellit und in-situ

Mit Partnern, u.a.



Besseres Atmosphärenmodell

- Neues Ozonmodell und Strahlungsvorhersage
- Revision of moist physics (clouds, precipitation, radiation)
- Einbeziehen von Schnee und Eis
- Upgrade von CMIP5 forcings (ERA5) auf CMIP6
- Weitere Spezies von Aerosolen und Treibhausgasen

Verbesserte Schnittstellen zu Landoberfläche

- Vegetation cover and type, leaf area index, lake cover and properties, urban tile, potentially time-evolving in ERA6-Land

Verbesserte Schnittstelle zur Ozean-Komponente

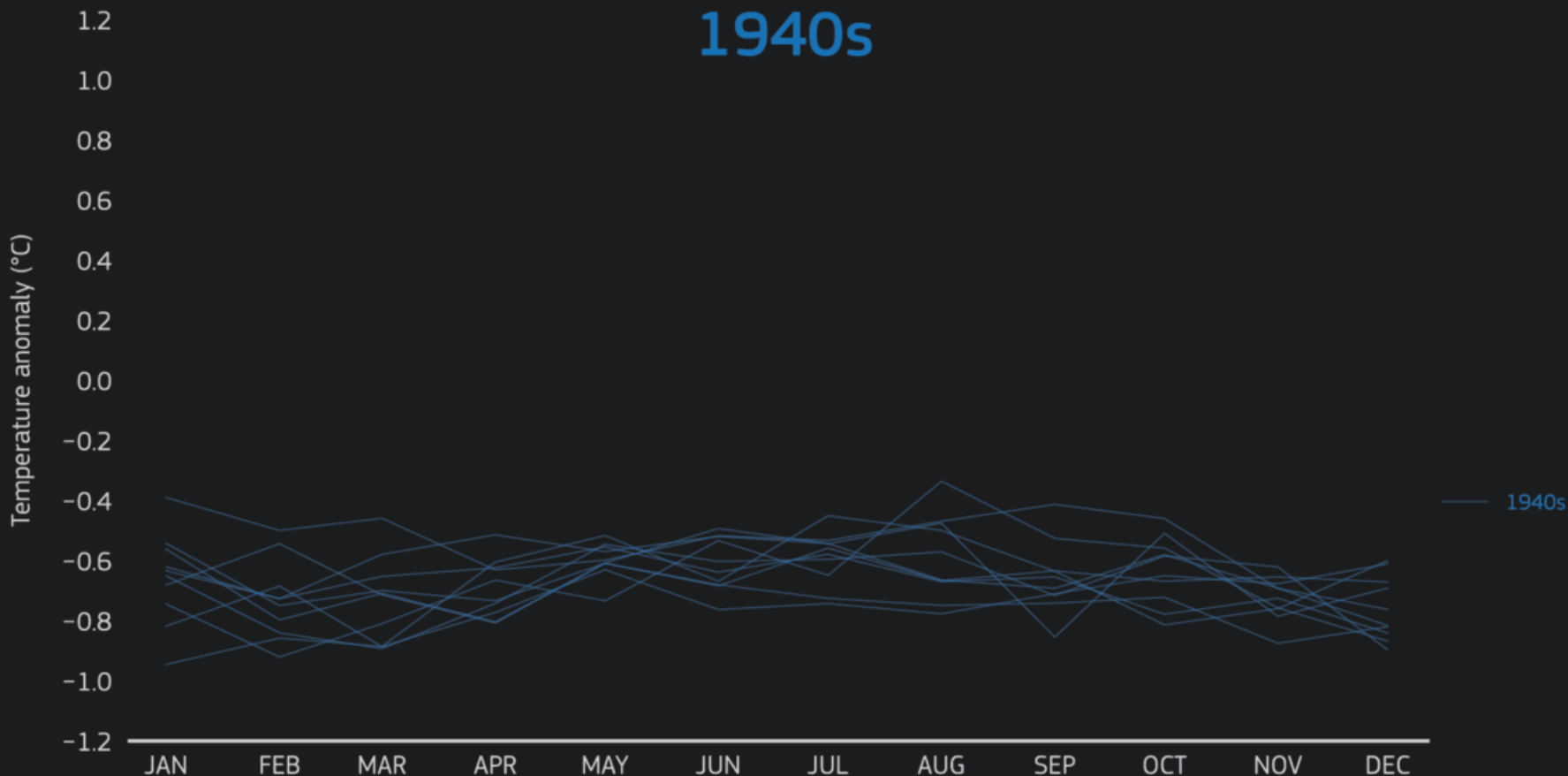
- Partial coupling with an ocean and ice model





GLOBAL SURFACE AIR TEMPERATURE ANOMALIES

Data: ERA5 1940–2023 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



“The European State of the Climate Report of C3S is an invaluable resource for policy makers in Europe”.

Belgian Minister for
Climate, Zakia Khattabi





Implemented by Copernicus Climate Change Service C3S 



Das European Climate Risk Assessment (EUCRA) der Europäischen Umweltagentur



EUCRA liefert eine umfassende Bewertung aktueller und künftiger Auswirkungen des Klimawandels und deren Risiken für Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft in Europa

- Ergänzt bestehendes Wissen zum Klima-Risiken und -Gefahren
- Mehrwert für die Politikgestaltung
- Executive summary am 11. März 2024 veröffentlicht
- Abschlussbericht in Kürze (mit interaktivem Data Viewer)

Beitrag des Copernicus Klimadienstes?

- Liefert Analysen und Informationen auf Grundlage von C3S Daten, Berichten, Bulletins, Artikeln (z.B., ESOTC 2017-2022, monthly bulletins, web articles) zur Entwicklung von Klimavariablen in Europa und zu wesentlichen Ereignissen in Europa in jüngerer Vergangenheit
- Climate impact drivers & wie kam Europa zum aktuellen Zustand? (chapter 2, 'Europe in times of change and extremes')





C3S Jahreszeitevovhersage: Komponenten



DATA PRODUCTS

cds.climate.copernicus.eu

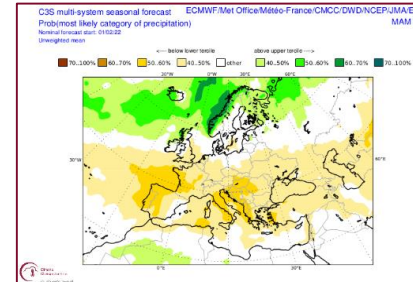


GRAPHICAL PRODUCTS

climate.copernicus.eu/charts/packages/c3s_seasonal/

- ❑ Datasets available in the Climate Data Store
 - Atmosphere
 - daily and subdaily data (6h, 12h, 24h)
 - monthly statistics (mean, max, min, standard deviation)
 - bias corrected data (monthly anomalies)
 - Ocean monthly means
- ❑ Multi-system retrospective forecasts and real-time forecasts, the latter published on 6th (ECMWF) and 10th day of month (the rest)

Products for individual contributing systems and multi-system combination



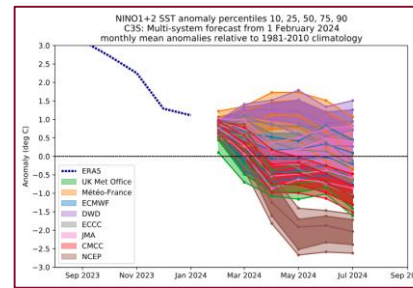
- Total precipitation
- Near-surface temperature and wind
- Mean sea-level pressure
- Sea surface temperature
- Sea ice concentration
- Geopotential height at 500 hPa
- Temperature at 850 hPa



CDS API

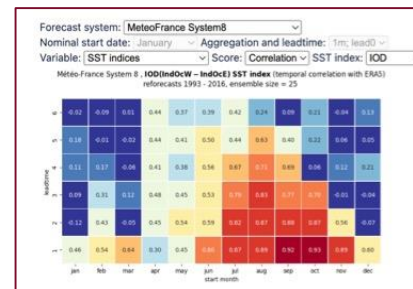
```
import cdsapi
c = cdsapi.Client()
c.retrieve(
  'seasonal-monthly-single-levels',
  {
    'format': 'grib',
    'originating_centre': 'meteo_france',
    'variable': 'total_precipitation',
    'product_type': [
      'ensemble_mean', 'hindcast_climate_mean'
    ]
  },
  {
    'year': '2018',
    'month': '09',
    'leadtime_month': ['1', '2', '3', '4', '5', '6']
  },
  'c3s_seasonal_output.grib')

```



- Sea surface temperature NINO regions
- Sea surface temperature Indian Ocean
- Zonal mean wind at 10hPa

Python workflows



- Temporal correlation
- Relative Operating Characteristic (ROC) score
- Ranked Probability Score (RPS)

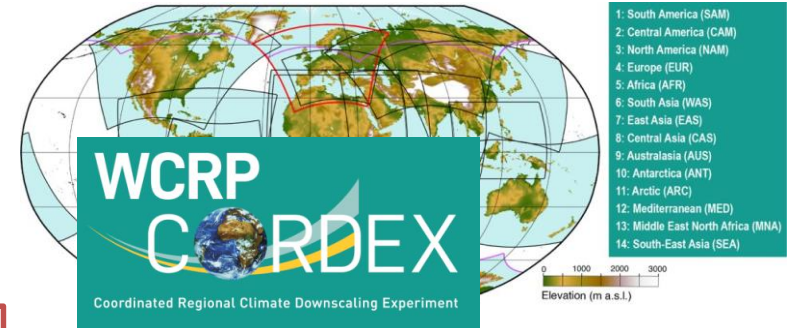


PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION





C3S Klimavorhersagen und Projektionen



Globale Klimaprojektionen

Climate Change Service
climate.copernicus.eu

- Operationeller Datenzugang
- Gesicherte Qualität
- Daten-Tutorials

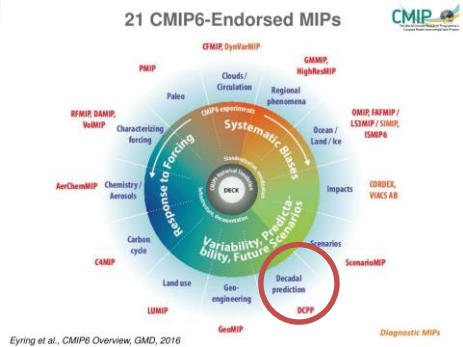
Regionale Klimaprojektionen

CMIP5 daily data on single levels
Dataset Global Atmosphere (surface) Atmosphere (upper air) Climate projections

CMIP6 climate projections
Dataset Global Atmosphere (surface) Atmosphere (upper air) Climate projections

Dekadische Vorhersagen

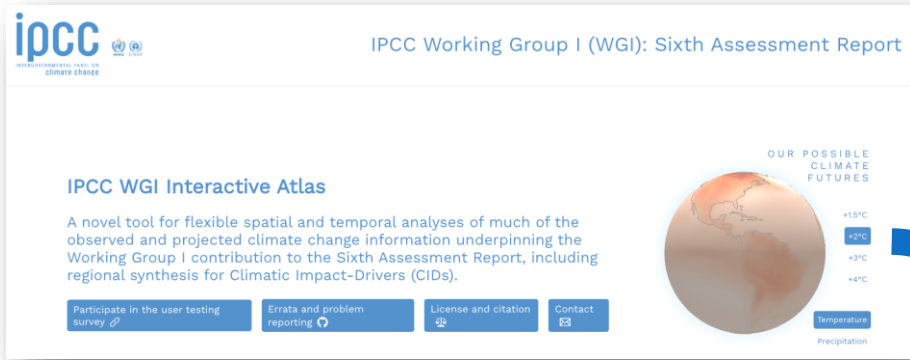
CORDEX regional climate model data on single levels
Dataset Europe Atmosphere (surface) Atmosphere (upper air) Climate projections



CMIP6 predictions underpinning the C3S decadal prediction prototypes
Dataset Global Atmosphere (surface) Atmosphere (upper air) Climate projections

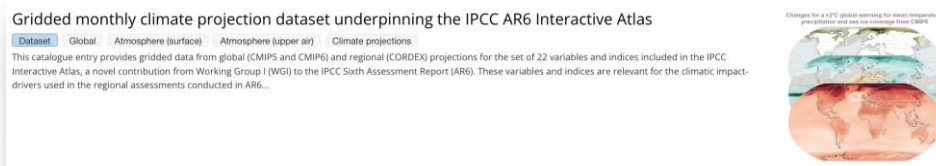


Vom IPCC 6th Assessment Report → C3S Climate Atlas



IPCC WGI Interactive Atlas: Ein neues Tool (Daten und Viewer) für IPCC AR6 zur flexiblen räumlichen und zeitlichen Analyse von Beobachtungen und Projektionen

<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>



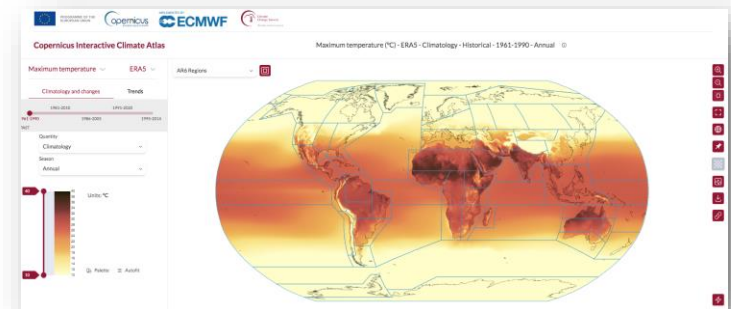
Schritt 1: Publikation der Daten hinter dem IPCC-IA im CDS (Aug 2023)

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/projections-climate-atlas>

Schritte 2 und 3:

- Fortschreibung des Atlas' Datensatzes mit weiteren Datenquellen und Variablen
- Entwicklung des C3S Climate Atlas Viewer

<https://atlas.climate.copernicus.eu>





Copernicus Interactive Climate Atlas

Mean temperature (°C) - CMIP6 - Change - Warming 2°C - Annual - rel. to 1850-1900

Mean temperature

AR6 Regions

Climatology and Changes **Global warming levels**

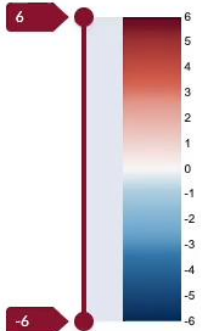


Quantity

Change

Season

Annual

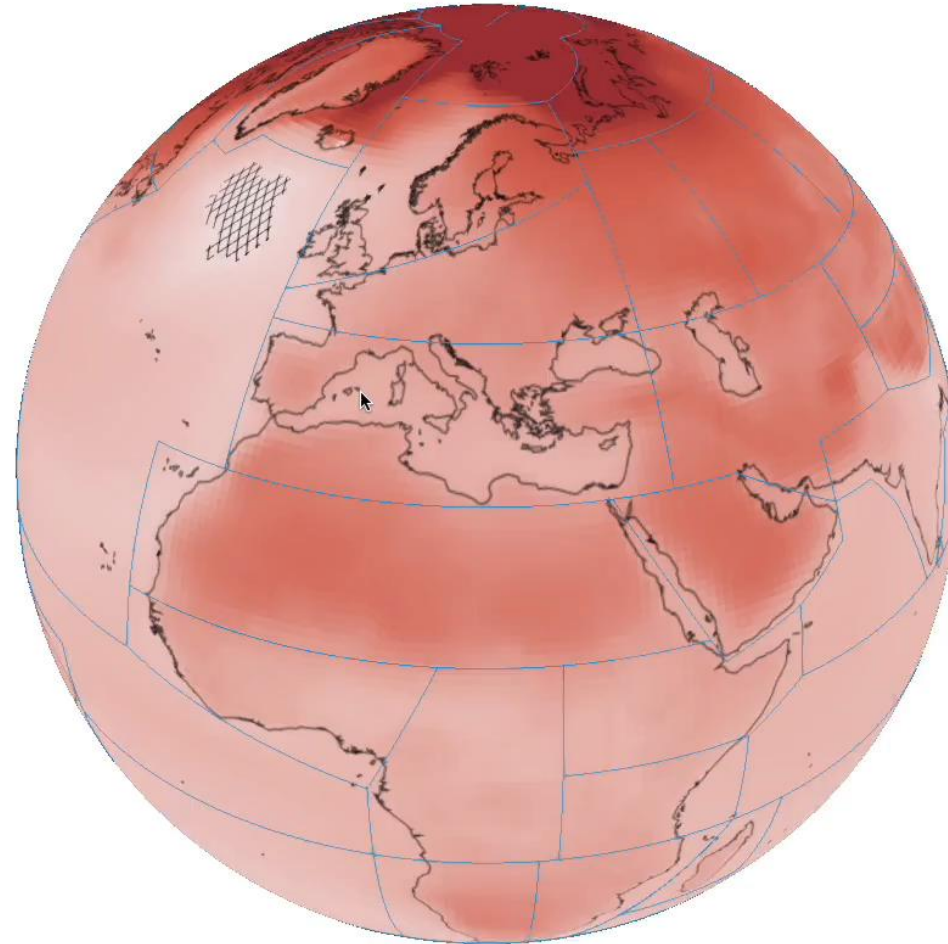


Units: °C

Robustness:

- Robust signal (original color)
- No change or no robust signal
- Conflicting signals

Palette Autofit Reset



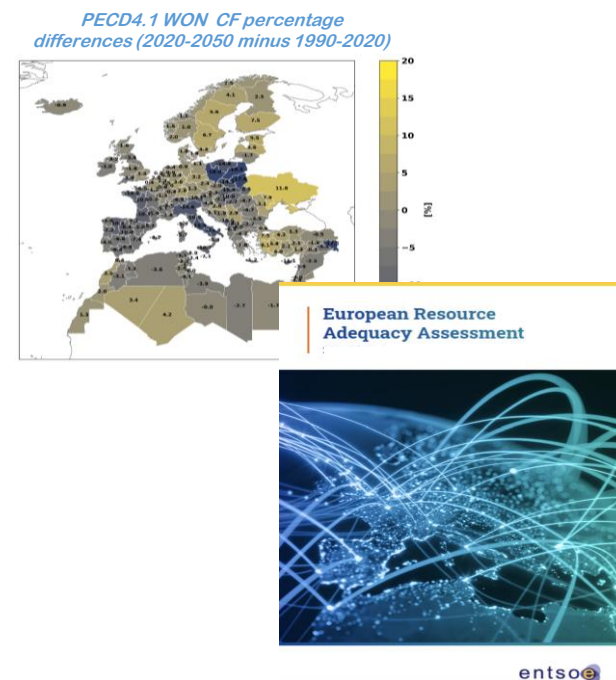
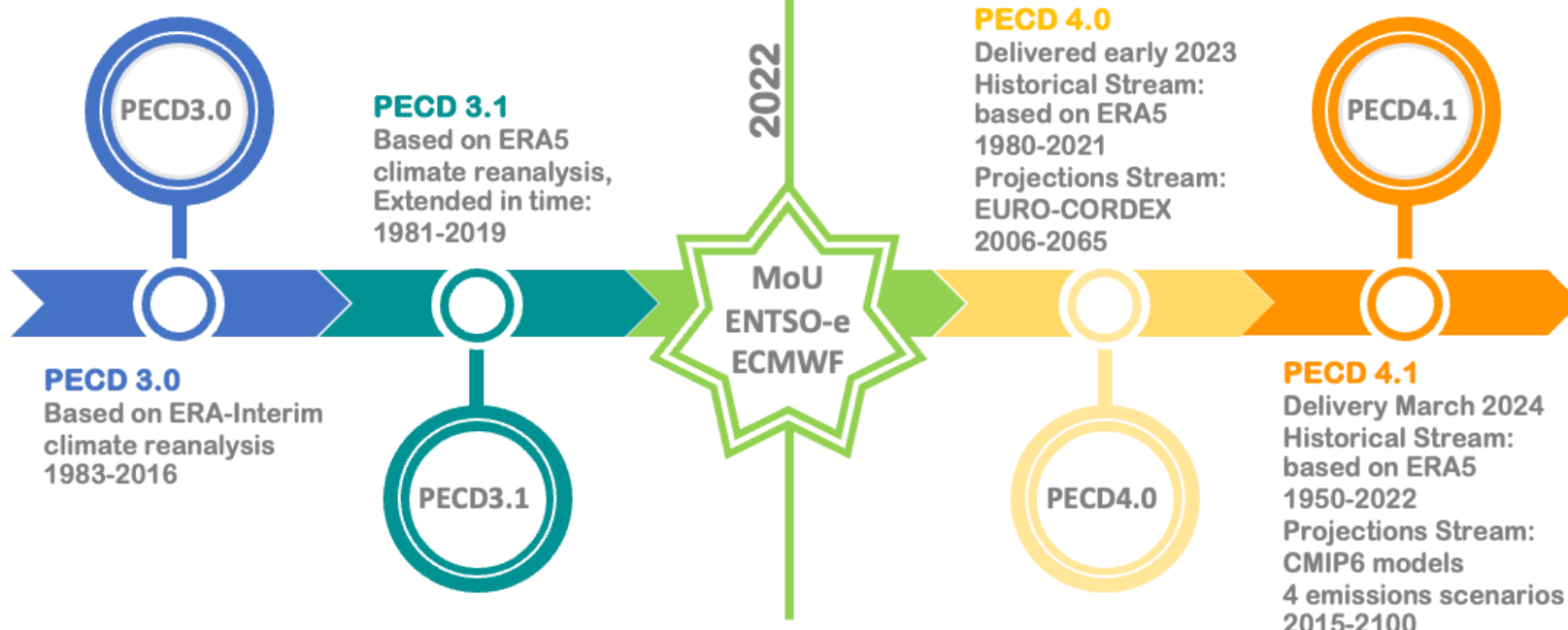


Energiewende: Unterstützung Europäischer Netzbetreiber



Nur **historisches Klima** berücksichtigt

C3S unterstützt ENTSO-E durch Erstellung der neuen Pan-European Climate Database (PECD), einschließlich Auswirkungen des **Klimawandels** auf die Energieversorgung.





Unterstützung der EIB Climate Risk Assessment for sustainable finance

Unterstützt Climate Risk Screening und
Bewertung von Investitionsprojekten

EIB Sector Sensitivity
Matrix connecting
Sectors & Subsectors to
Climate Hazards

C3S-based Hazard
Matrix connecting
the Hazard to the
Climate impact
Indicators



EIB-C3S partnership to connect Sectors &
Subsectors to Climate Impact Indicators and
their evolution in time: current & under
climate scenarios



EIB Climate Risk Assessment





Nationale Uptake Aktivitäten

C3S Nutzerverständnis:

- 1. User Interaction session (Belgien)
- 1st Policy Workshop mit EC DG CLIMA

- Umfrage + follow-up Interviews
- Joint Coordination Office C3S NCP
- Aufruf für C3S NCP Projekte



Ab Q3/2024, basiert auf **Kern-Nutzer Anforderungen**

- Training Events
- Mini MOOC
- Expertenverzeichnis





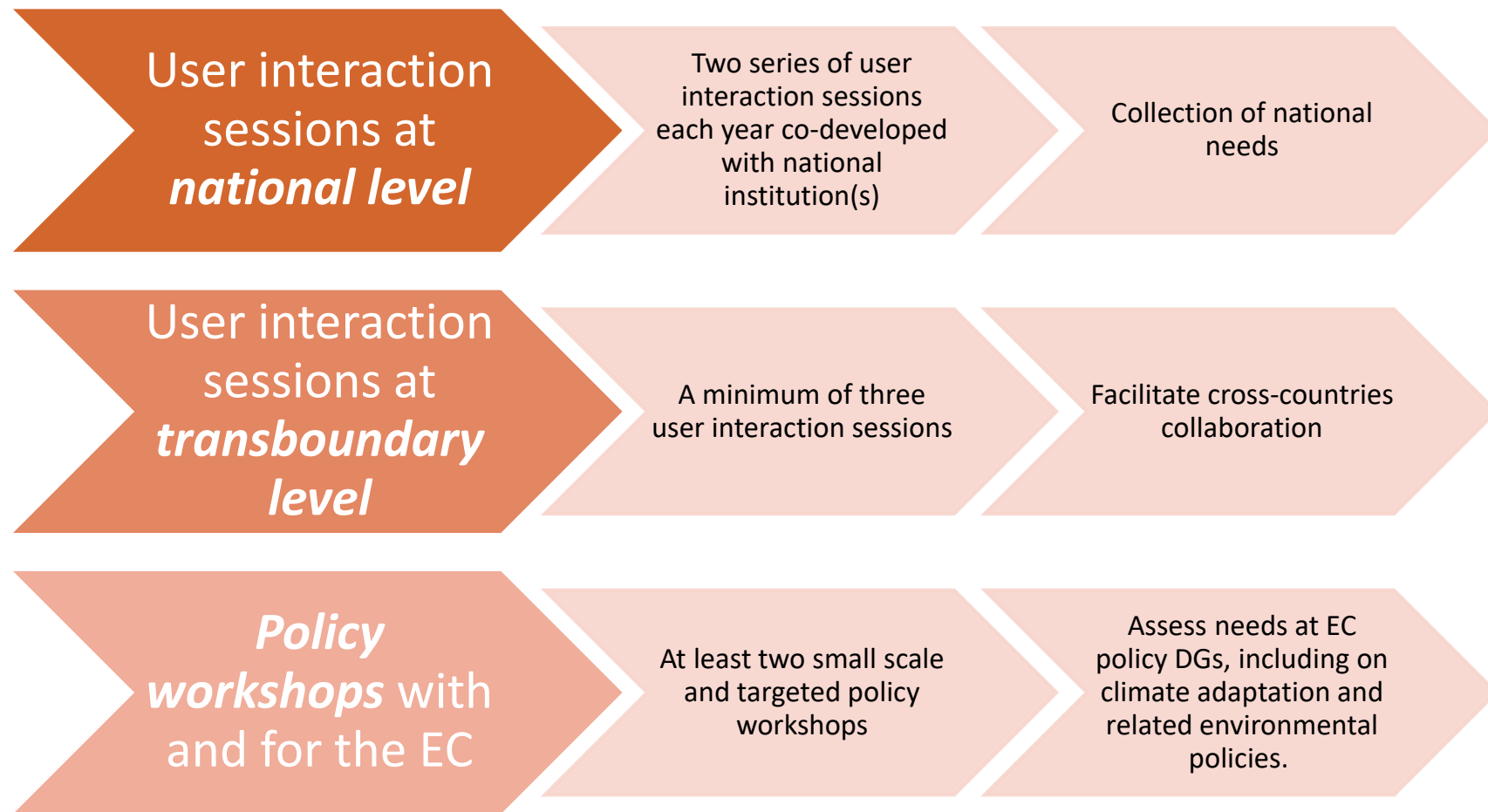
C3S Nutzerverständnis und Uptake



Ziele:

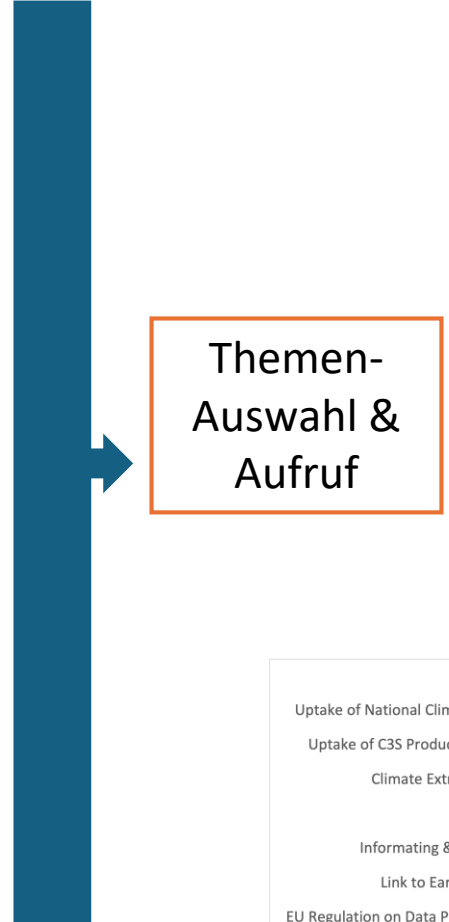
1. **Mehr Nutzung** von C3S Produkten und Diensten
2. Sammlung greifbarer **Nutzeranforderungen** auf **EU und nationaler Ebene**
3. **Analyse der gesammelten Anforderungen**

- 1st policy workshop DG Clima – Q2 2024
- 1st user interaction workshop: Belgium

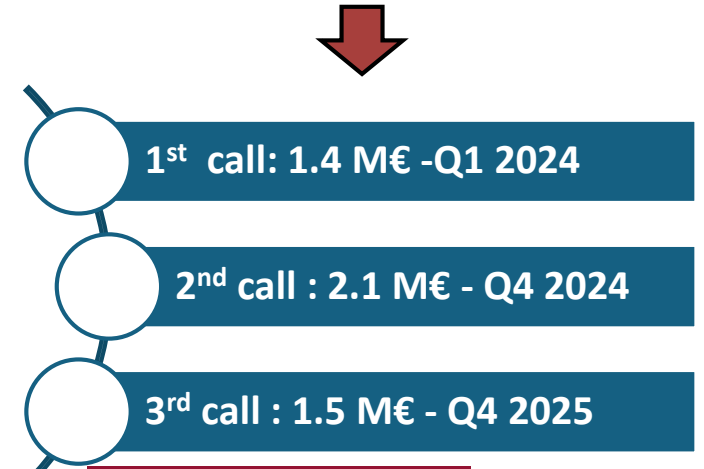




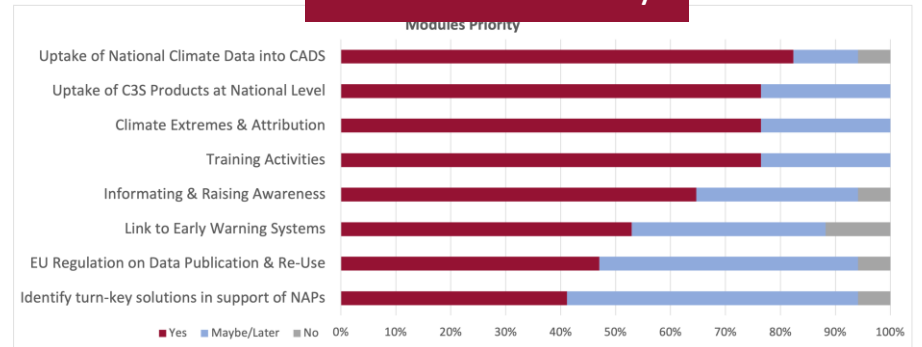
Umfrage → Aufruf



C3S National
Collaboration
Programme



C3S Länder-Survey



Aufbau einer Experten-Community



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



Thank you



from **29 Feb** **2024**
to **18 Sep**

<https://codeforearth.ecmwf.int/>

CALL FOR PARTICIPATION

29 February - 09 April

Browse through the Code for Earth 2024 challenges on GitHub. Ask questions and together with ECMWF mentors, you can tailor your submission. Submit your proposal by 09 April 2024.



Quality assurance



Checking the data, metadata and documentation for completeness and correctness, using well-defined requirements.

Message to users: We have checked all the technical aspects for you. Details on demand.

Output: A set of simple checklists for several categories, allowing the user to drill down for detailed information.

General	✓
Accuracy and Consistency	✓
Reliable Access	✓
Versioning and Archiving	✓
Data record	✗
Consistency	✓
Uncertainty	⚠
Updates	⚠
Metadata	⚠
Discovery and Use	✓
Interoperability	✓
Documentation	⚠
Content	✓
Scientific Basis	⚠
Quality Control	⚠
User Guidance	⚠

1. Data Management

1. *Accuracy and Consistency:* All information provided with the dataset must be accurate and consistent.
2. *Reliable Access:* Access to all information must be open, free and reliable.
3. *Versioning and Archiving:* Adequate version control and archiving policies must be in place.

2. Data Records

1. *Consistency:* The data must be complete and internally consistent.
2. *Uncertainty:* The data must include information about uncertainties.
3. *Updates:* Updates of the data records must be provided on a predictable schedule.

3. Metadata

1. *Discovery and Use:* Metadata must include all necessary information for discovery and proper use of the data records.
2. *Interoperability:* Metadata must comply with relevant international standards.

4. Documentation

1. *Content:* The content of data records must be fully documented.
2. *Scientific Basis:* The scientific methodology used to produce the data must be fully documented.
3. *Quality Control:* Quality control and validation activities must be fully documented.
4. *User Guidance:* Detailed information must be available to assist users in using the data.



Quality Assessment

Estimate and assess the accuracy, uncertainties and internal consistency of a dataset, put in context of actual use cases.

Message to users: We provide extensive scientific expertise along with the data.

Output: Well-documented Jupyter notebooks; short topical articles.

```

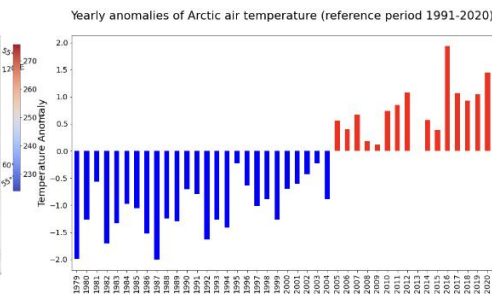
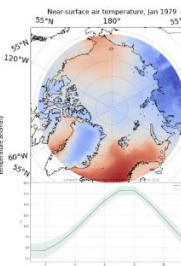
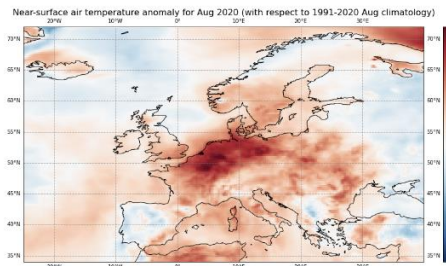
# CDS API
import cdsapi

# Libraries for working with multidimensional arrays
import numpy as np
import xarray as xr

# Libraries for plotting and visualising data
import matplotlib.path as mpath
import matplotlib.pyplot as plt
import cartopy.crs as ccrs
from cartopy.mpl.gridliner import LONGITUDE_FORMATTER, LATITUDE_FORMATTER
import cartopy.feature as cfeature

# Disable warnings for data download via API
import urllib3
urllib3.disable_warnings()

```



Arctic seasonal averages of 2m air temp - 1979-2020

