

# Klimawandel im 21. Jahrhundert

Wassermangel, Klimawandel, was hat dies  
für die Zukunft der WV für Auswirkungen?

Mario Rindlisbacher, Meteotest

04.2024

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, «Weltklimarat»): 6. Bericht in Zahlen (Stand 2021)
- Einbezug von 14.000 begutachteten wissenschaftlichen Publikationen
- Autorenteam: 234 Autoren aus 65 Ländern
- 78.000+ Kommentare zur Überprüfung des Berichts
- 46 Länder kommentierten die endgültige Version

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## IPCC Bericht **Kernaussagen**

- Die Klimänderungen der letzten Zeit ist weitverbreitet, rasch und verstärkt sich. Diese kam in dieser Form in den letzten 1000 Jahren nicht vor.



[Credit: NASA]

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## IPCC Bericht **Kernaussagen**

- Es ist klar, dass menschliche Aktivitäten den raschen Klimawandel verursachen und extreme Klimaereignisse wie Hitzewellen, starke Regenfälle und Dürren häufiger und schwerer werden.



[Credit: Yoda Adaman | Unsplash]

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## IPCC Bericht **Kernaussagen**

- Der Klimawandel wirkt sich bereits jetzt auf alle Regionen der Erde aus, und zwar auf vielfältige Weise.
- Die Veränderungen, die wir erleben, werden mit der weiteren Erwärmung zunehmen.



[Credit: Hong Nguyen | Unsplash]

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

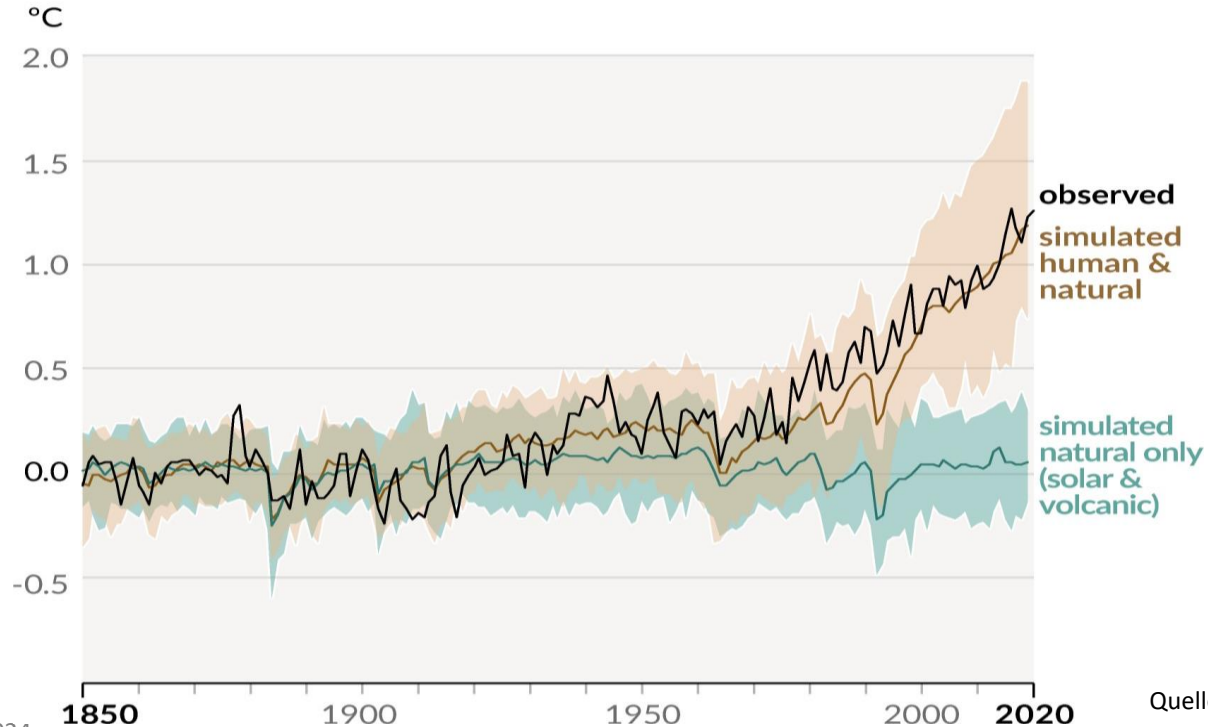
## IPCC Bericht **Kernaussagen**

- Um die globale Erwärmung zu begrenzen, ist eine starke, rasche und nachhaltige Verringerung von CO<sub>2</sub>, Methan und anderen Treibhausgasen erforderlich.
- Dies würde nicht nur die Folgen des Klimawandels verringern, sondern auch die Luftqualität verbessern.



# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Gemessener Temperaturtrend seit 1850:

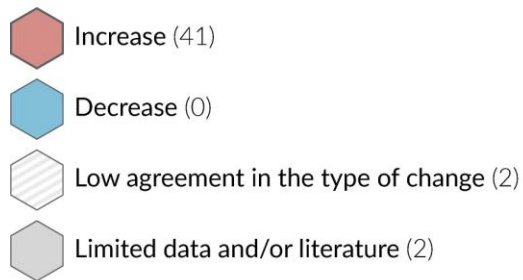


# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

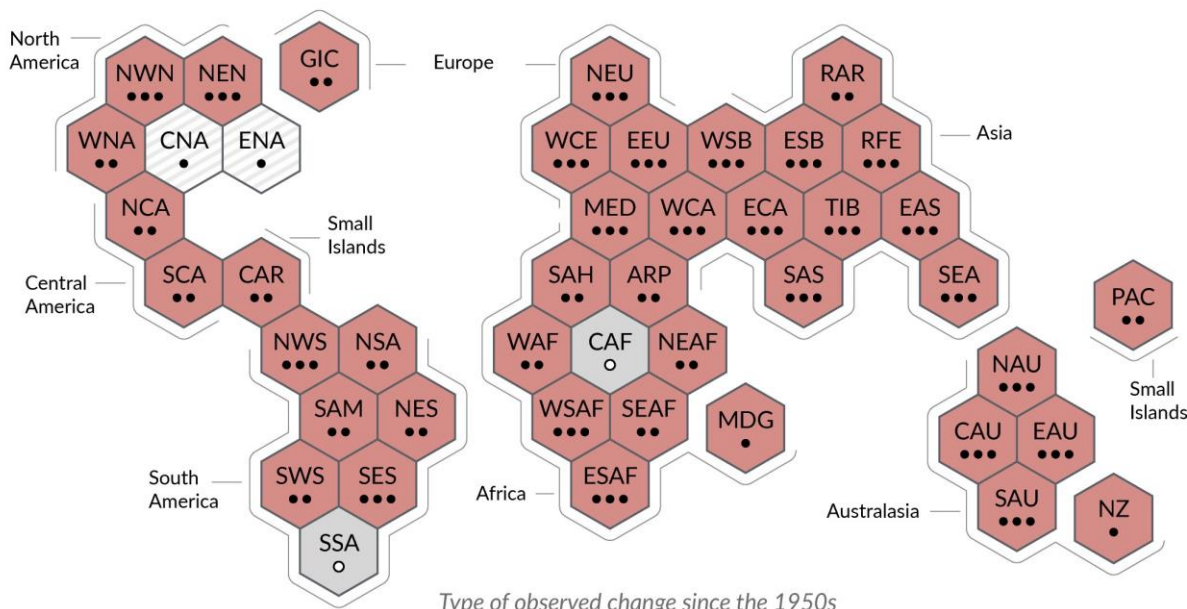
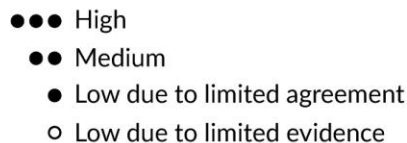
## Entwicklung Hitzewellen

a) Synthesis of assessment of observed change in **hot extremes** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

### Type of observed change in hot extremes



### Confidence in human contribution to the observed change



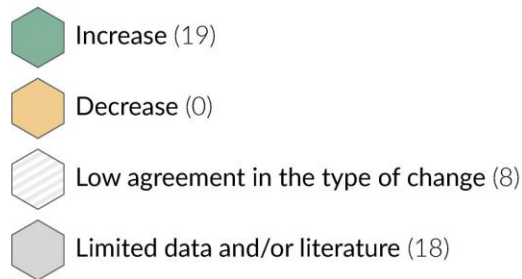


# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

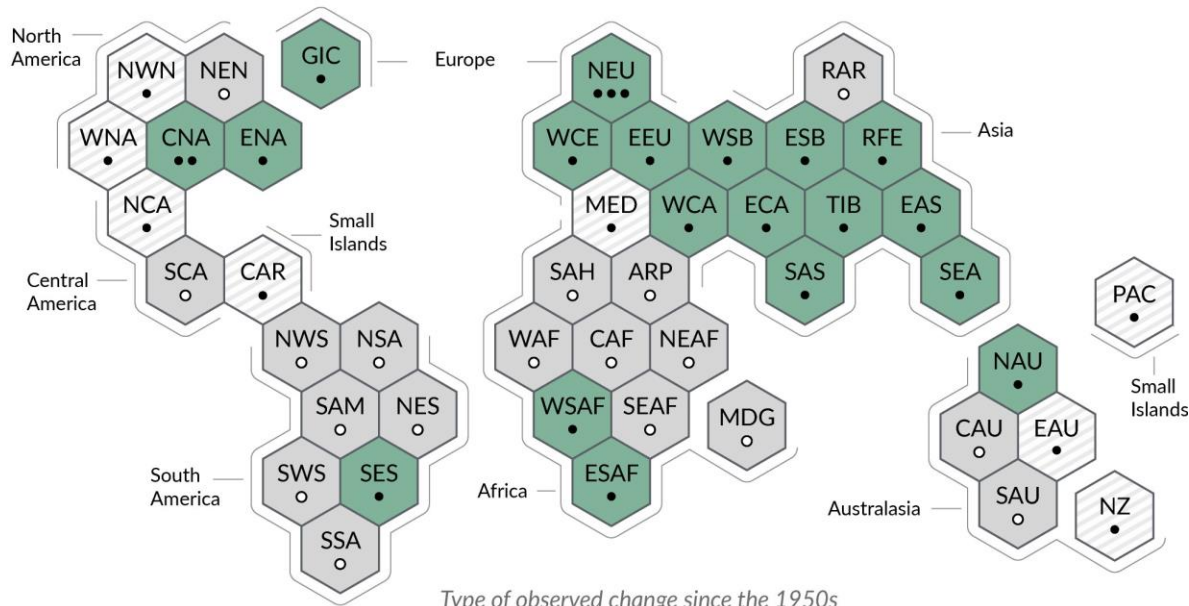
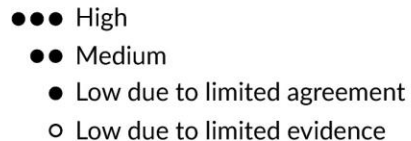
## Entwicklung Starkniederschläge

b) Synthesis of assessment of observed change in **heavy precipitation** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

Type of observed change  
in heavy precipitation



Confidence in human contribution  
to the observed change



Type of observed change since the 1950s

# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Entwicklung Trockenperioden

c) Synthesis of assessment of observed change in **agricultural and ecological drought** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

### Type of observed change

in agricultural and ecological drought

● Increase (12)

● Decrease (1)

○ Low agreement in the type of change (28)

○ Limited data and/or literature (4)

### Confidence in human contribution

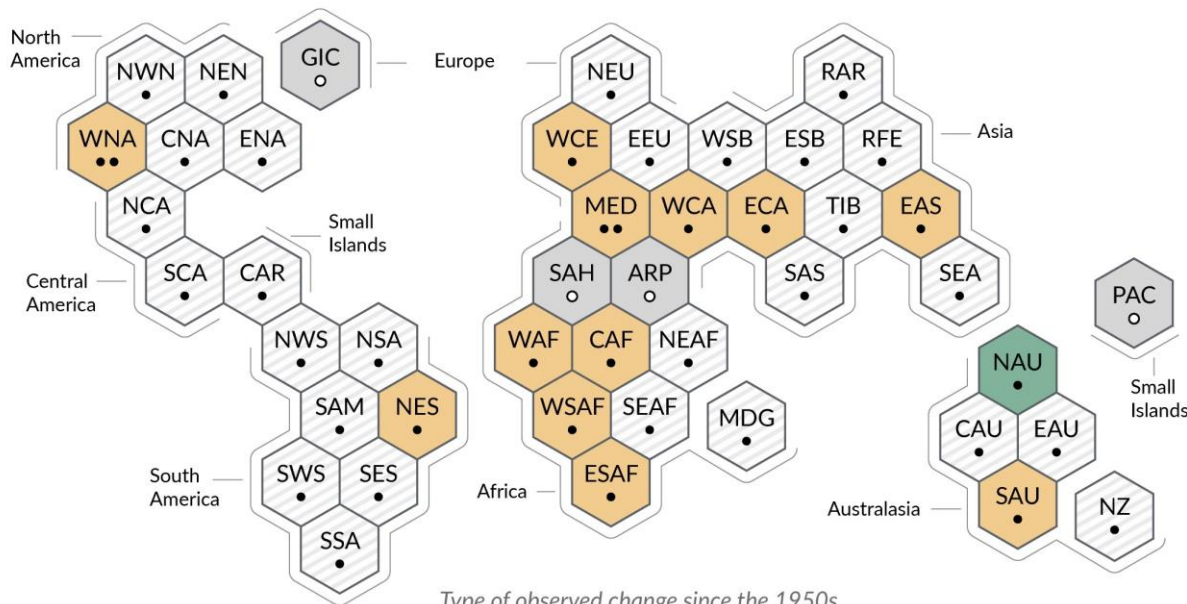
to the observed change

●●● High

●● Medium

● Low due to limited agreement

○ Low due to limited evidence

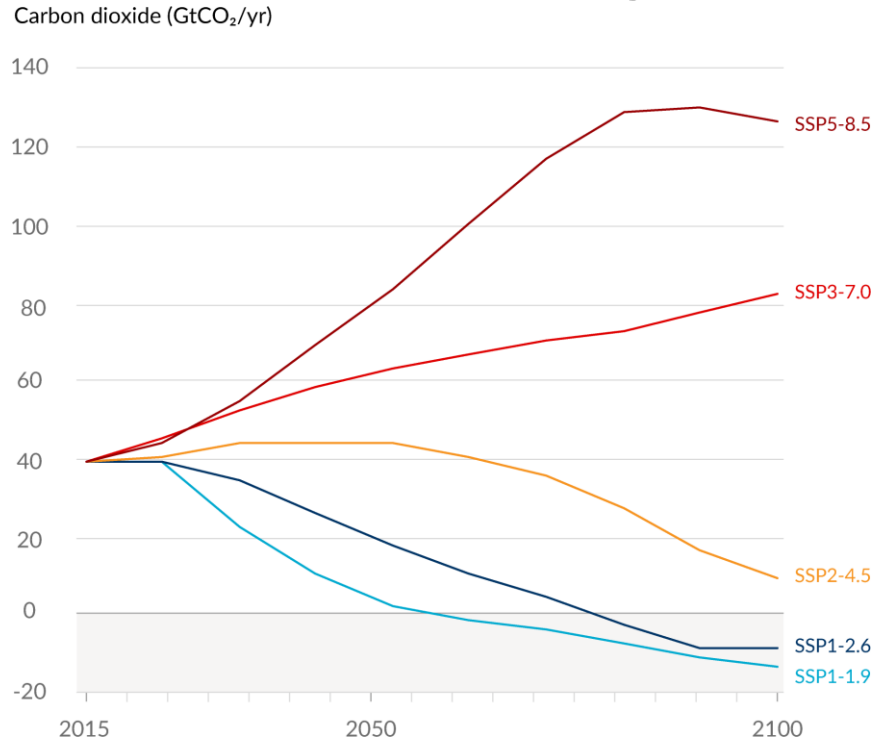


Type of observed change since the 1950s



# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Mit welchen Emissions-Szenarien wird gerechnet?

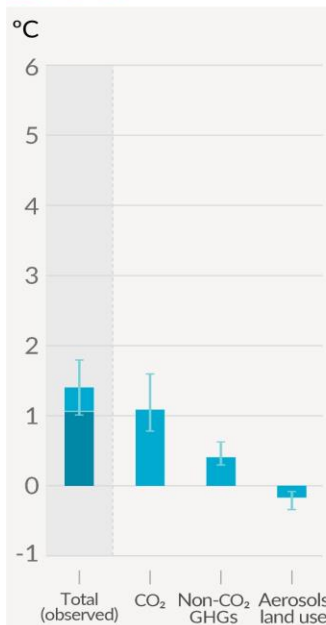


# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

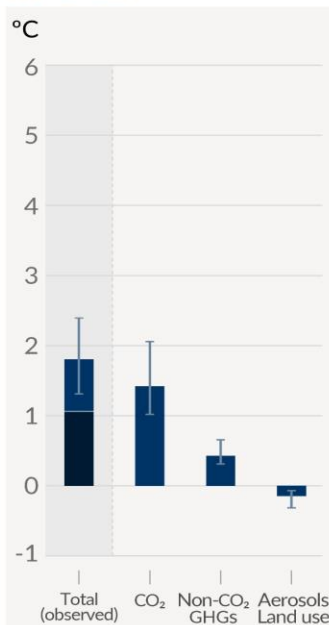
## Auswirkungen auf Temperaturentwicklung

Change in global surface temperature in 2081-2100 relative to 1850-1900 (°C)

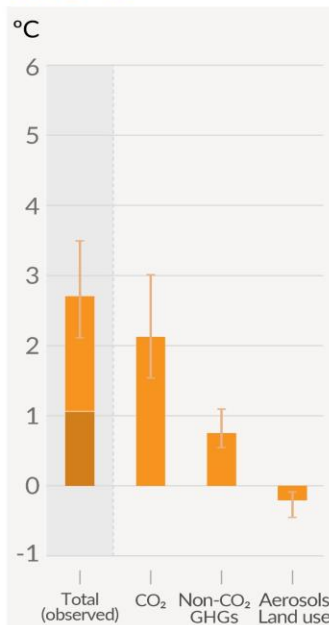
**SSP1-1.9**



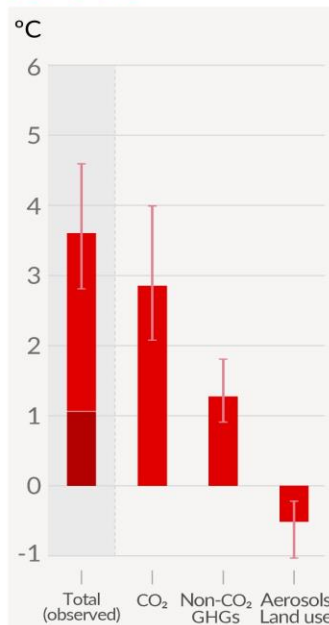
**SSP1-2.6**



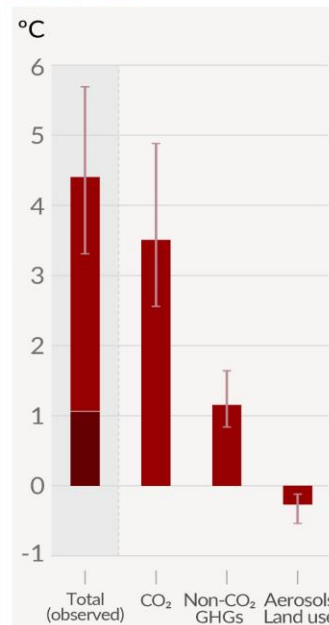
**SSP2-4.5**



**SSP3-7.0**



**SSP5-8.5**



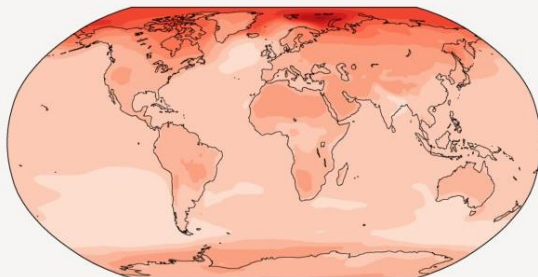
# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Regionale Auswirkungen auf Temperaturentwicklung

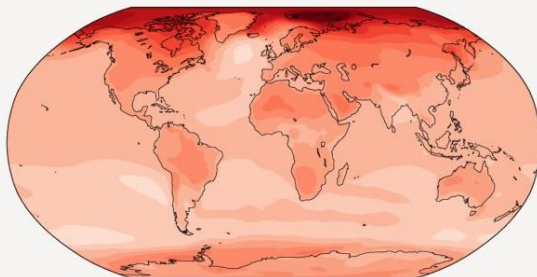
b) Annual mean temperature change (°C)  
relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic  
and Antarctica warm more than the tropics.

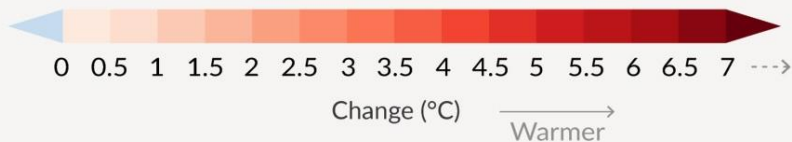
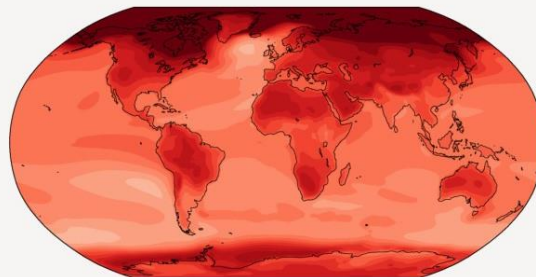
Simulated change at 1.5 °C global warming



Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming



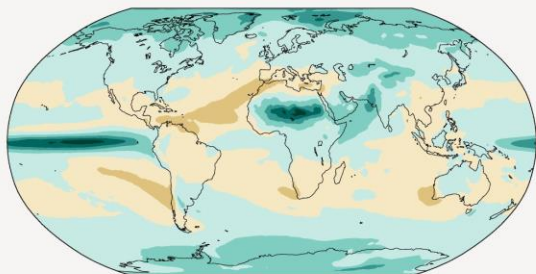
# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Regionale Auswirkungen auf Niederschlagsentwicklung

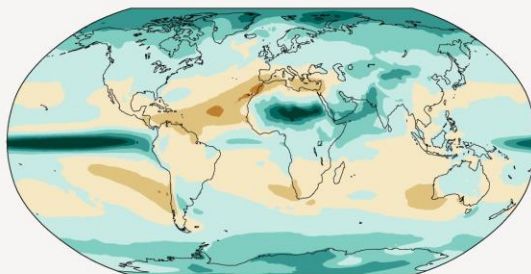
c) Annual mean precipitation change (%)  
relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

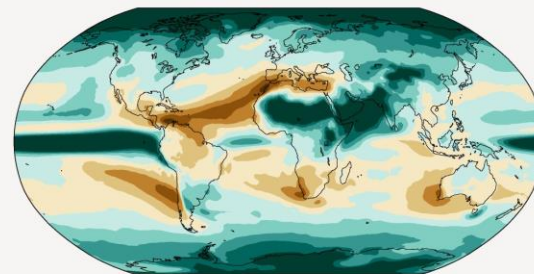
Simulated change at 1.5 °C global warming



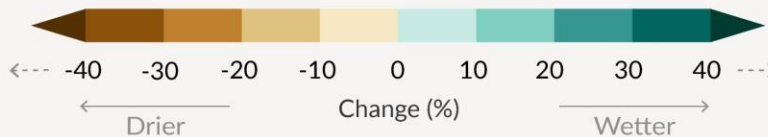
Simulated change at 2 °C global warming



Simulated change at 4 °C global warming

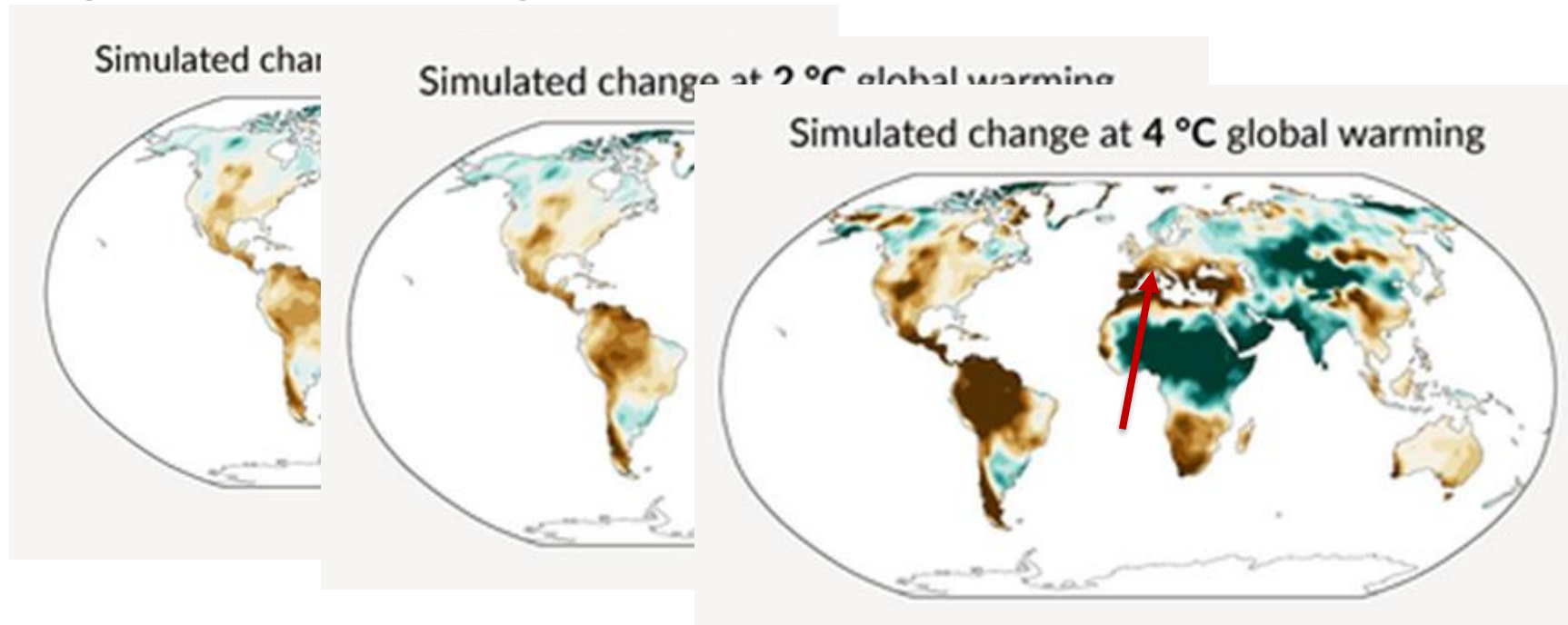


Relatively small absolute changes  
may appear as large % changes in  
regions with dry baseline conditions



# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Regionale Auswirkungen auf Bodenfeuchte



# Was ist der aktuelle Stand der Forschung?

## Fazit

- Je nach Emissions-Szenario nimmt die Temperatur weniger oder mehr zu
- Der Gesamtniederschlag bleibt etwa gleich oder geht leicht zurück, vor allem saisonal auch stärker
- Die Bodenfeuchte nimmt im Schnitt je nach Emissions-Szenario deutlich ab



## Saisonale Unterschiede

- Saisonal ist mit unterschiedlichen Entwicklungen zu rechnen
- Vor allem beim Niederschlag zeichnet sich eine zunehmende Sommertrockenheit ab und gleichzeitig eher zunehmende Winterniederschläge
- Vermehrte Starkniederschläge haben zur Folge, dass mehr Wasser abfließt und weniger versickert

# Saisonale Unterschiede

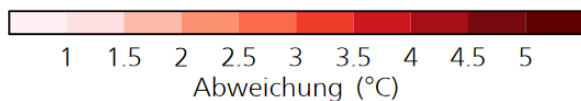
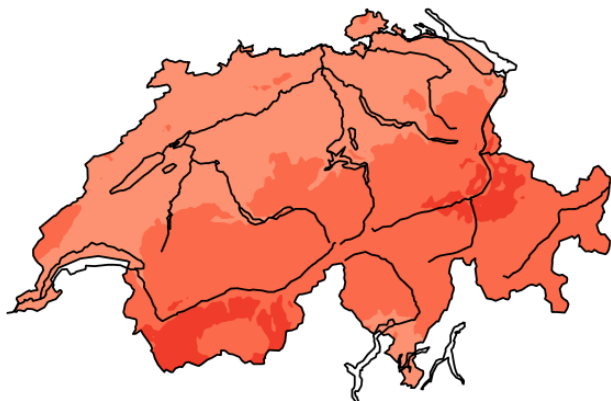
## Temperatur Jahresmittel vs. Sommermonate

### Temperatur

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

2060  
Jahresmittel

RCP8.5  
Mittlere Schätzung



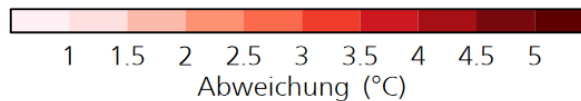
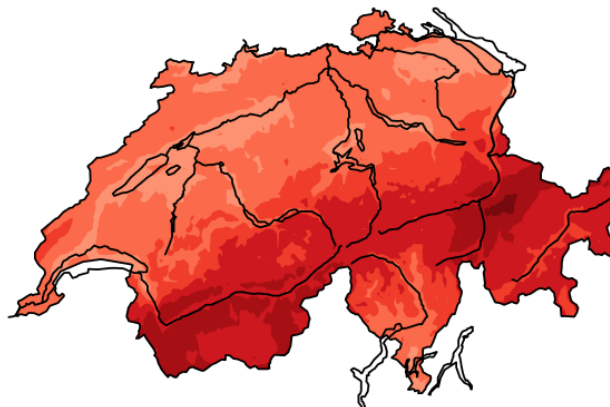
© Klimaszenarien CH2018

### Temperatur

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

2060  
Sommer

RCP8.5  
Mittlere Schätzung



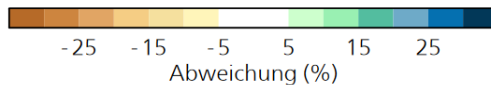
© Klimaszenarien CH2018

# Saisonale Unterschiede

## Niederschlag Jahresmittel vs. Winter- und Sommermonate

### Niederschlag

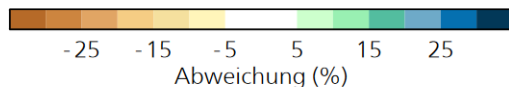
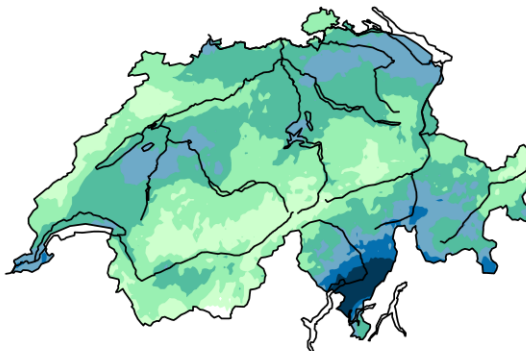
Abweichung von der Normperiode 1981-2010  
2060 RCP8.5  
Jahresmittel Mittlere Schätzung



© Klimaszenarien CH2

### Niederschlag

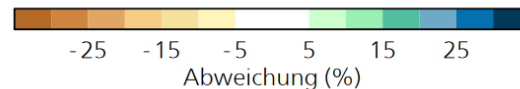
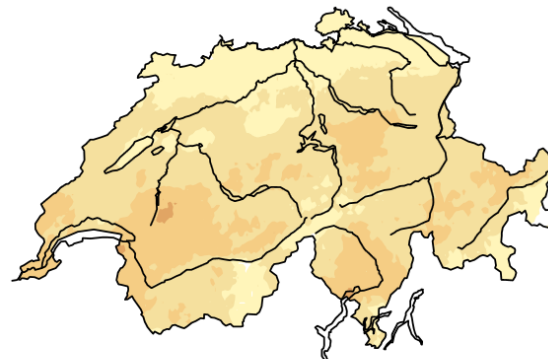
Abweichung von der Normperiode 1981-2010  
2060 RCP8.5  
Winter Mittlere Schätzung



© Klimaszenarien CH201

### Niederschlag

Abweichung von der Normperiode 1981-2010  
2060 RCP8.5  
Sommer Mittlere Schätzung



© Klimaszenarien CH2018

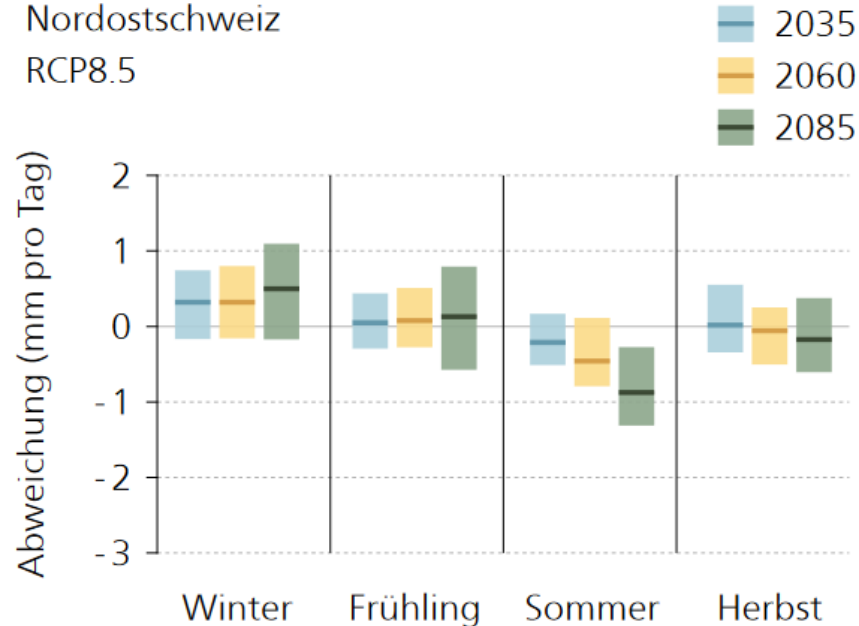
# Saisonale Unterschiede

## Wasserbilanz

### Wasserbilanz

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

Nordostschweiz  
RCP8.5



## Bisherige Entwicklung

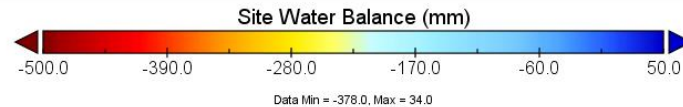
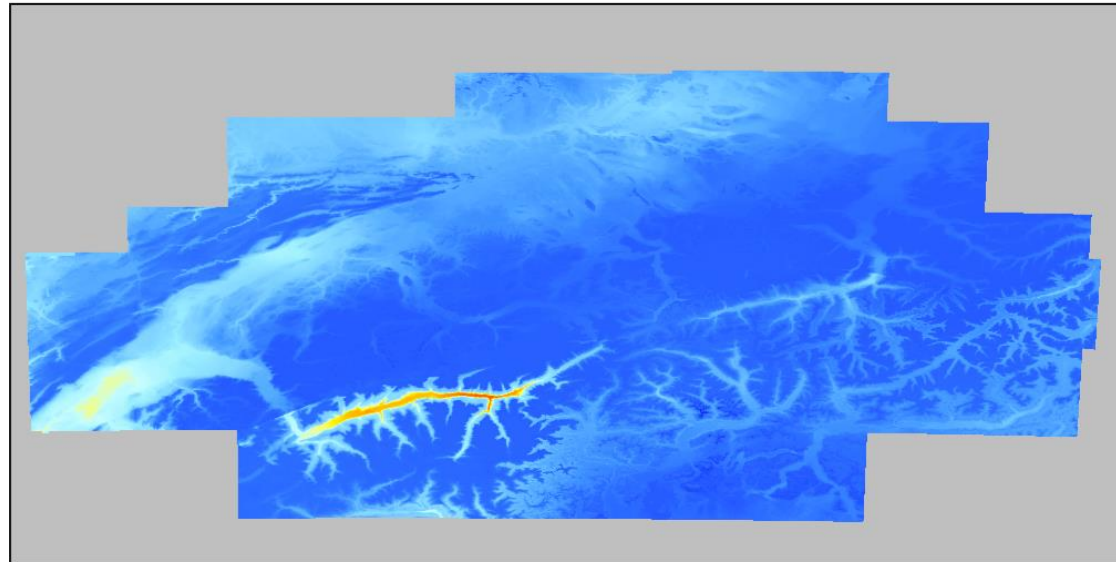
- Bereits in den vergangenen Jahrzehnten hat sich ein Trend zu negativer Wasserbilanz in den Sommermonaten abgezeichnet
- Messstationen in der Schweiz zeigen einen langfristigen Trend zu einer negativen Wasserbilanz
- Insgesamt verdunstet also mehr Wasser, als im Boden versickert.



# Bisherige Entwicklung

## Wasserbilanz 1981-1990 (Monate April bis August)

Site Water Balance



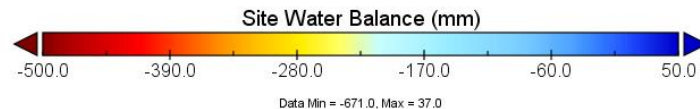
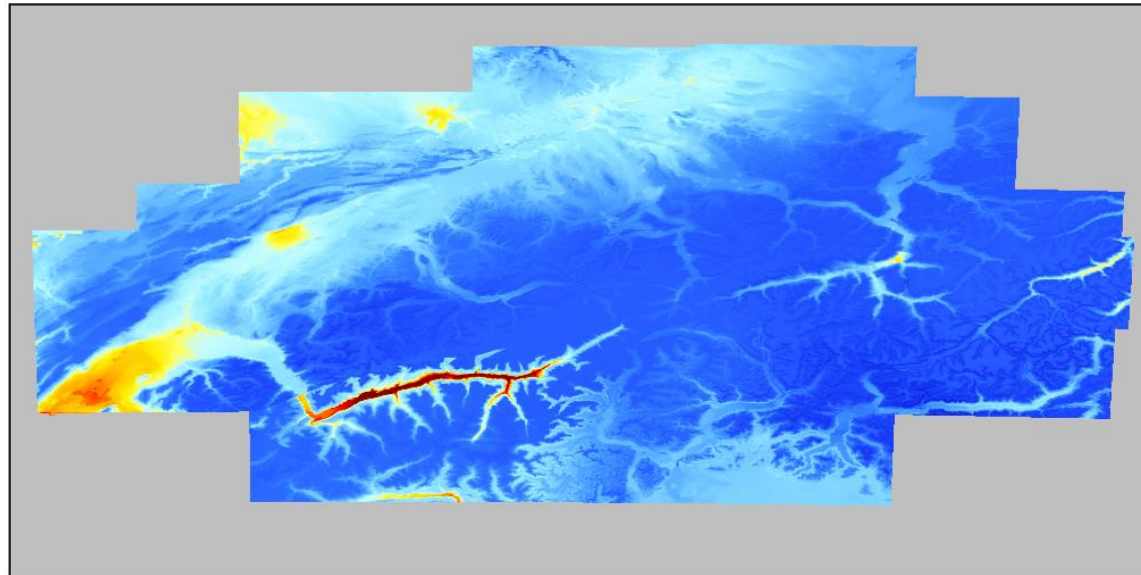
Quelle: Meteotest



# Bisherige Entwicklung

## Wasserbilanz 2011-2021 (Monate April bis August)

Site Water Balance

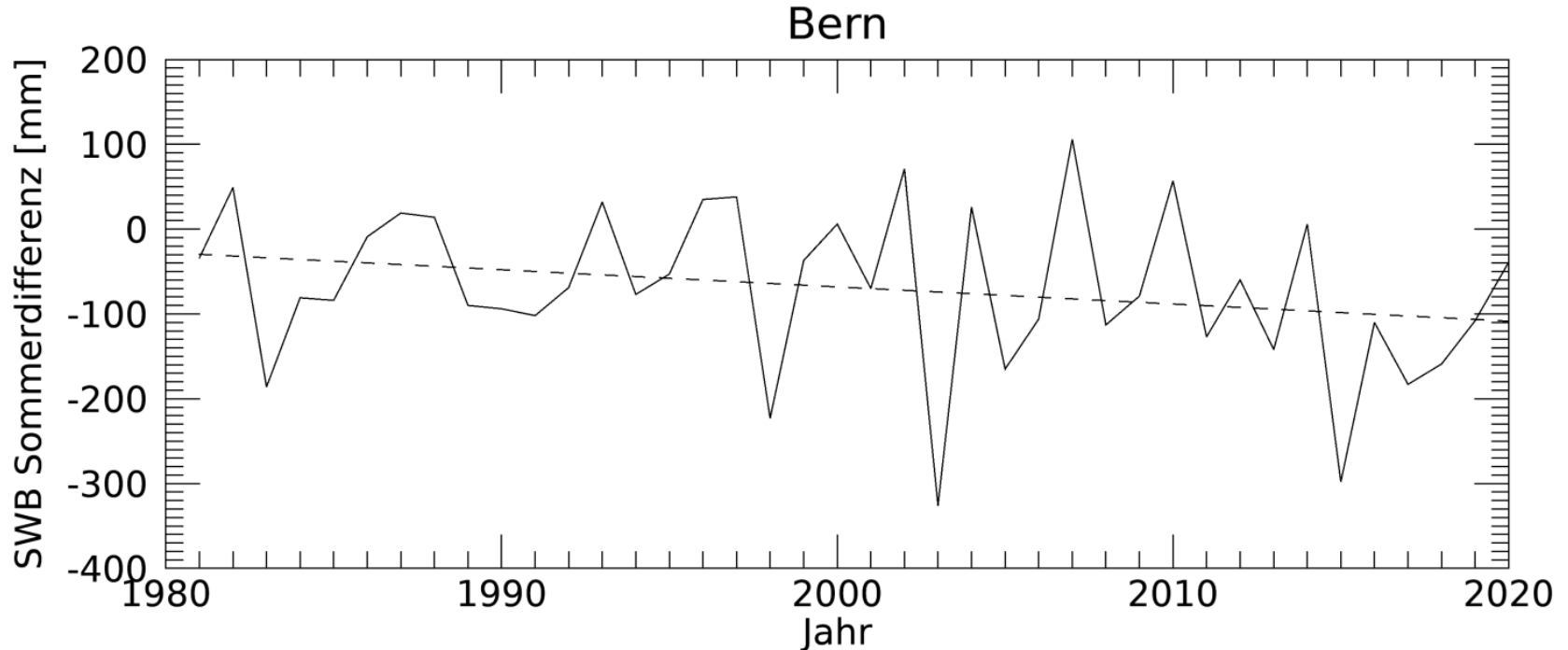


Quelle: Meteotest



# Bisherige Entwicklung

## Zeitreihe Bern: Wasserbilanz Sommermonate (April bis August)





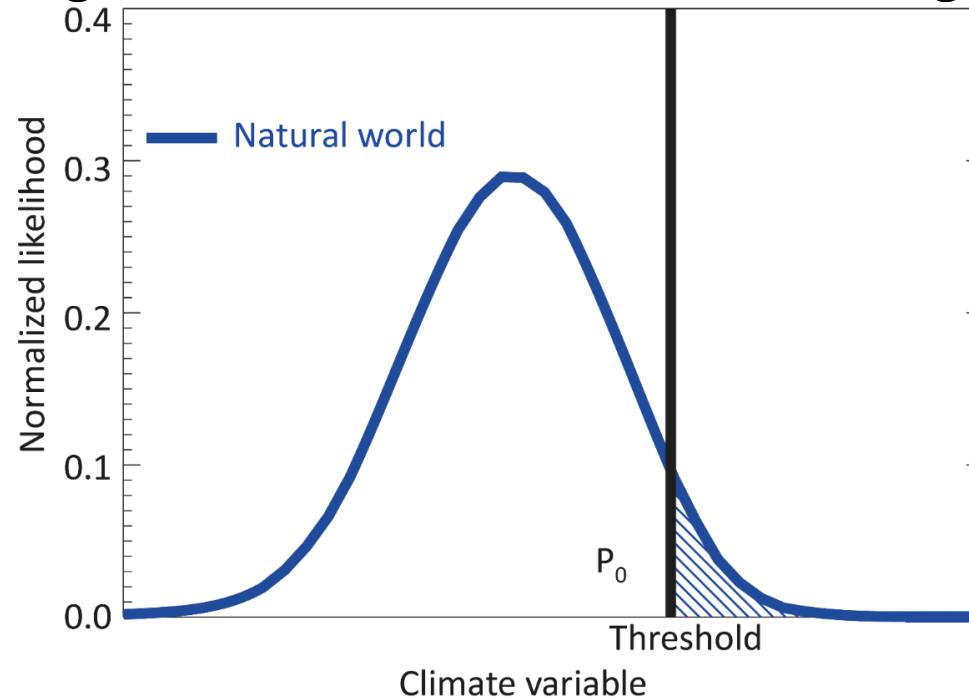
# Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden

Wie schätzt man ein, ob ein Ereignis mit dem Klimawandel wahrscheinlicher wird?

-> Attributionsforschung

# Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden

Definition von Schwellenwert für ein Ereignis (Beispiel:  
Unterschreiten eines gewissen Wertes von Niederschlag in einer  
gewissen Periode)

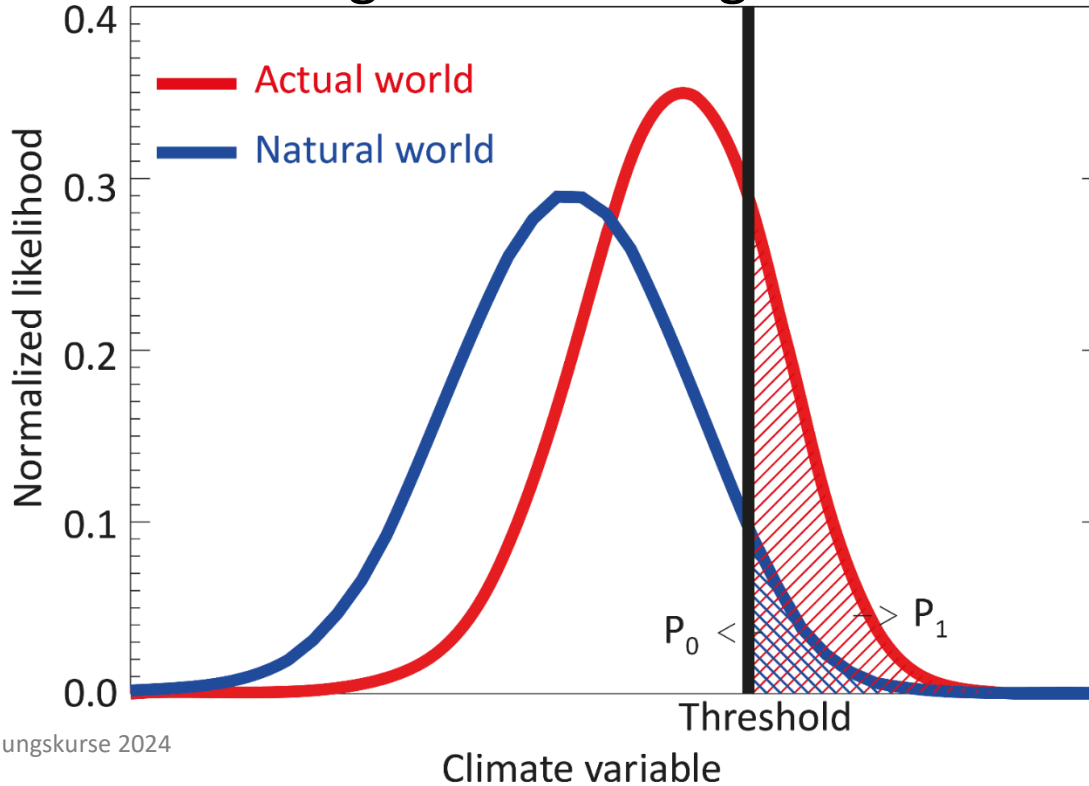


Stott et al. 2015;  
<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.380>



# Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden

## Attribution der Häufigkeitsänderung:



Risiko/Wahrscheinlichkeits-Verhältnis

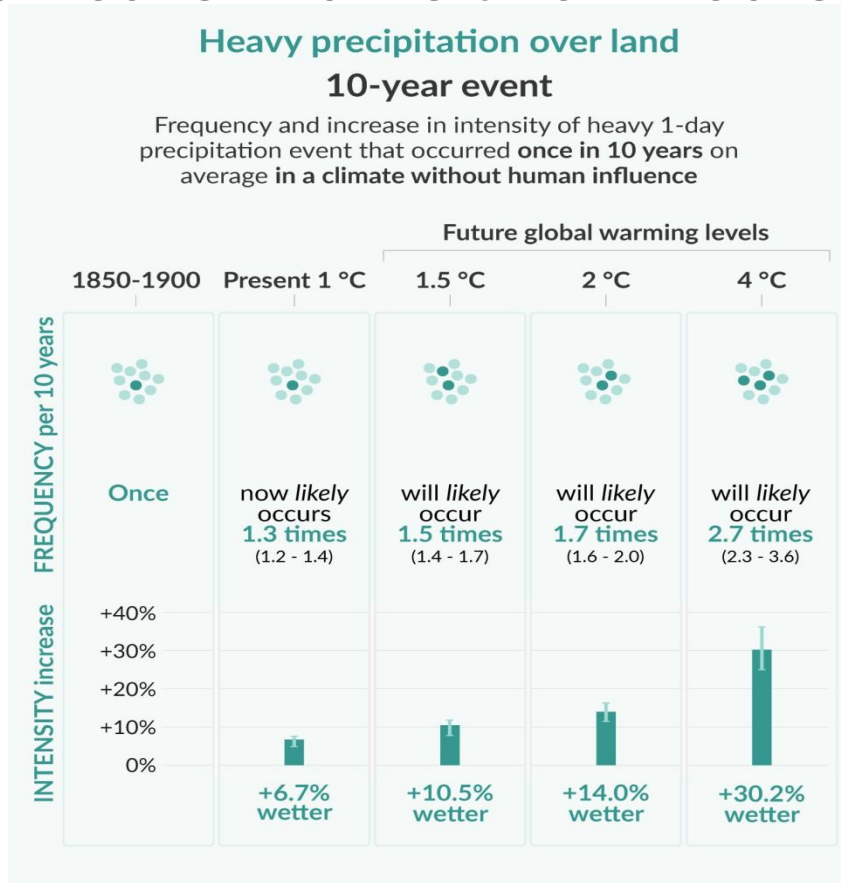
$$= \frac{P_1}{P_0}$$

Diese Art Ereignis ist durch den Klimawandel x-Mal häufiger geworden

Stott et al. 2015;  
<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.380>

# Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden

## Starkniederschlag:



Quelle: IPCC Bericht 2021

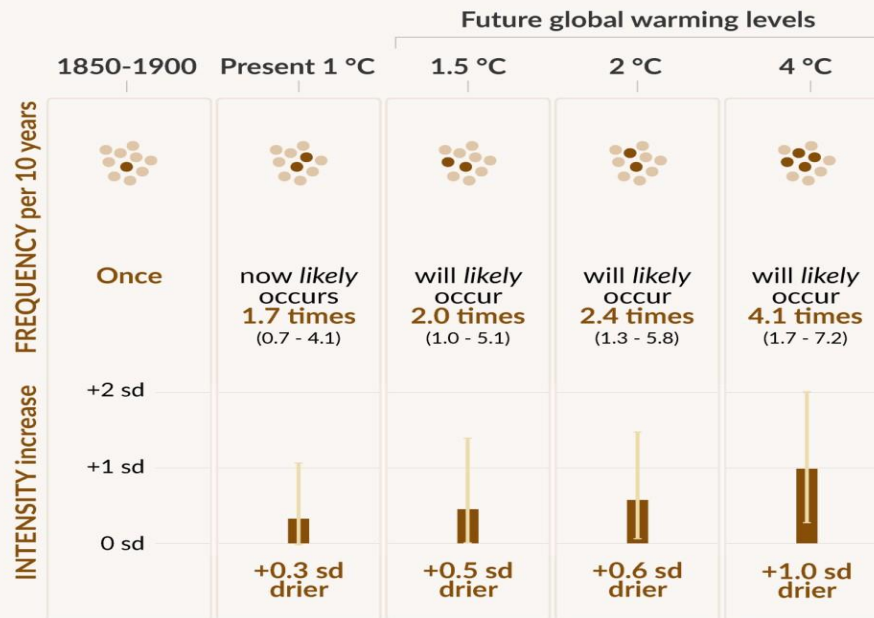
# Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden

## Trockenheit:

### Agricultural & ecological droughts in drying regions

#### 10-year event

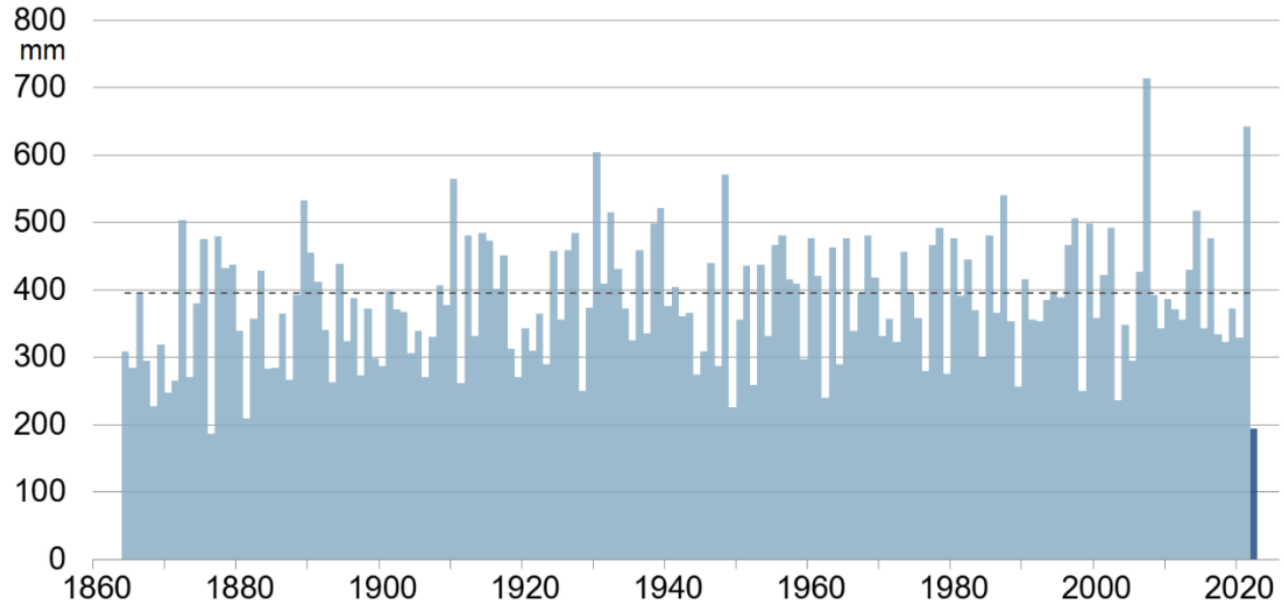
Frequency and increase in intensity of an agricultural and ecological drought event that occurred **once in 10 years** on average across drying regions in a climate without human influence





# Fallbeispiel: Sommer 2022

## In der Westschweiz trockenster Sommer seit 140 Jahren

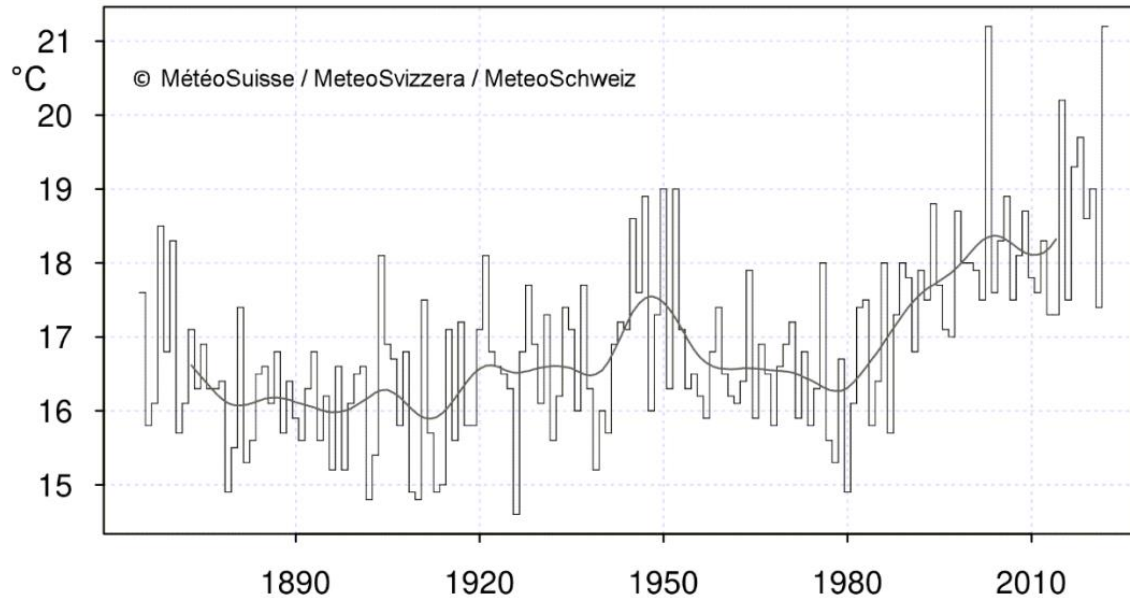


Summierter Niederschlag 1. Mai bis 14. August, Westschweiz. Quelle: Meteoschweiz



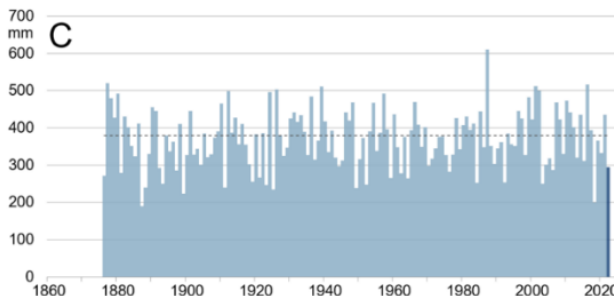
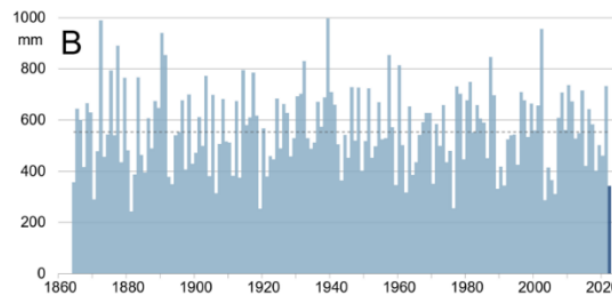
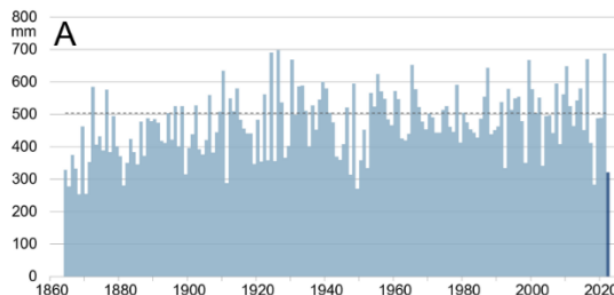
# Fallbeispiel: Sommer 2022

## Temperatur Genf: Gleich warm wie im Sommer 2020



# Fallbeispiel: Sommer 2022

Übrige Regionen der Schweiz: Ebenfalls trocken aber weniger extrem

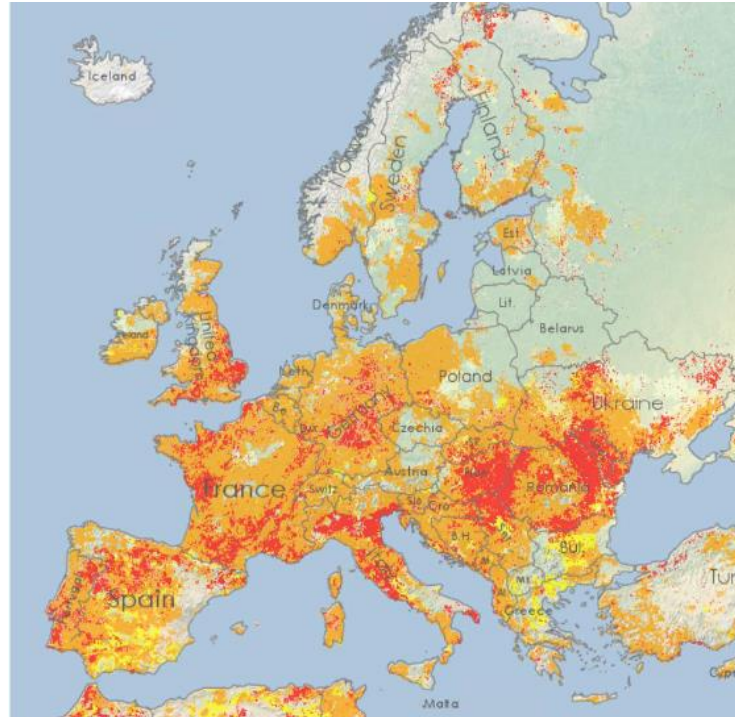






# Fallbeispiel: Sommer 2022

Übriges Europa:  
Weite Teile mit  
Warnung oder Alarm  
wegen Trockenheit

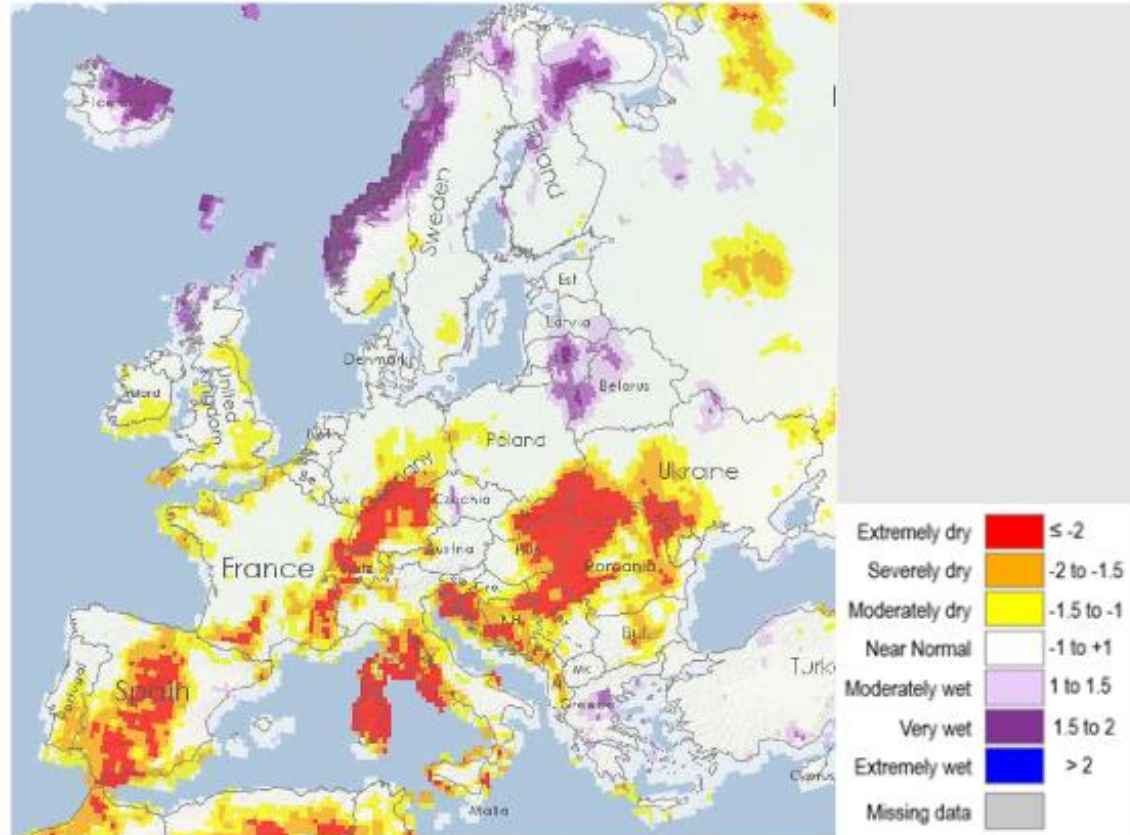


Quelle:  
Drought  
in Europe  
August  
2022,  
Publicati  
ons  
Office of  
the  
European  
Union,  
Luxembo  
urg,  
2022



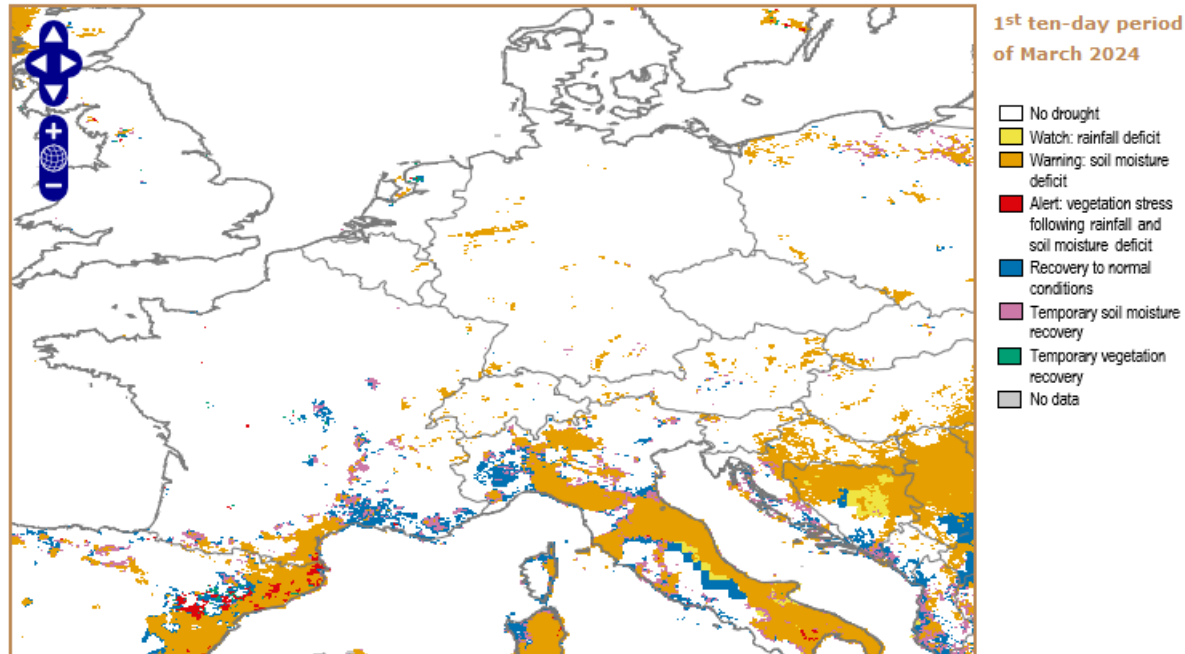
# Fallbeispiel: Sommer 2022

Niederschlag der  
3 Sommer-  
Monate  
klar unterdurch-  
schnittlich  
in weiten Teilen  
Europas



# Aktuelle Situation und Langfristprognose 2024

- Aktuelle Situation:  
Keine Trockenheit



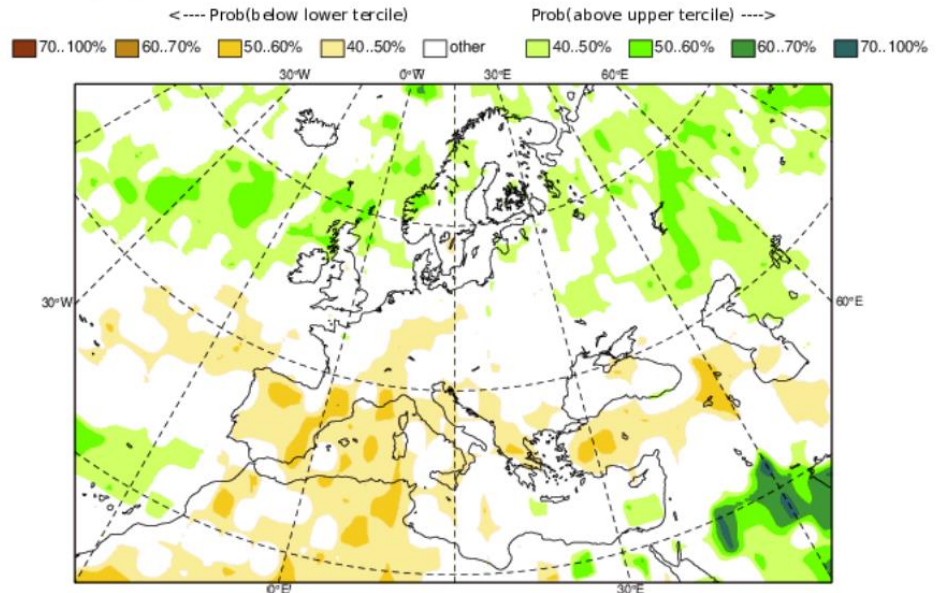
Quelle: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1052>

# Aktuelle Situation und Langfristprognose 2024

- Prognose:  
Sommer in  
der Tendenz  
trockener  
als im lang-  
jährigen  
Mittel

ECMWF Seasonal Forecast  
Prob(most likely category of precipitation)  
Forecast start is 01/03/24, climate period is 1993-2016  
Ensemble size = 51, climate size = 600

System 5  
JJA 2024



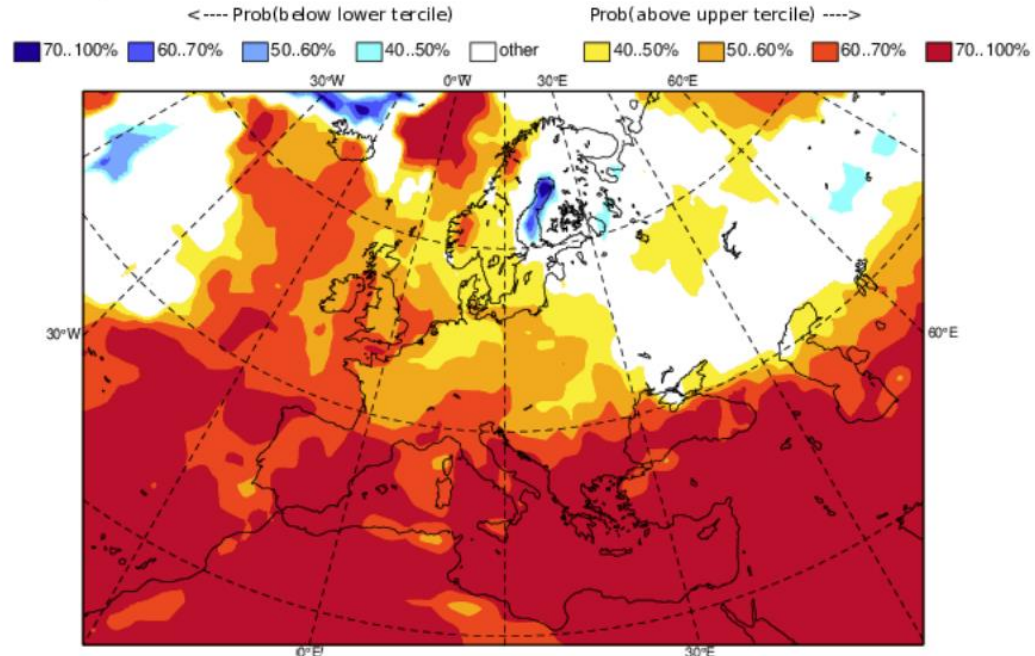
Quelle: <https://charts.ecmwf.int>

# Aktuelle Situation und Langfristprognose 2024

- Prognose:  
Sommer in  
der Tendenz  
wärmer  
als im lang-  
jährigen  
Mittel

ECMWF Seasonal Forecast  
Prob(most likely category of 2m temperature)  
Forecast start is 01/03/24, climate period is 1993-2016  
Ensemble size = 51, climate size = 600

System 5  
JJA 2024





# Zusammenfassung

- Temperaturen nehmen weiter zu
- Niederschlagsmengen bleiben voraussichtlich über das Jahr gemessen etwa gleich
- Starkniederschläge nehmen zu, Sommerniederschläge nehmen ab
- Die Verdunstung nimmt wegen der steigenden Temperaturen zu
- Boden-Wasserbilanz nimmt ab, dies vor allem im Sommer
- Trockenperioden wie im Sommer 2022 werden häufiger

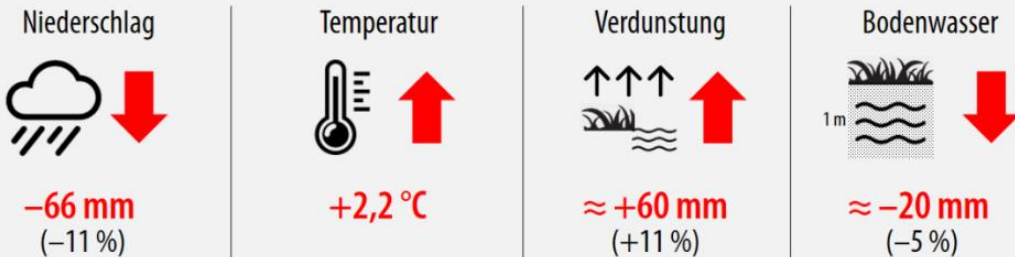
# Zusammenfassung

## Sommertrockenheit in der Schweiz

TOP 5 seit 1981



Änderungen 1981-2020



# Danke für die Aufmerksamkeit!

- Fragen und Feedback?

Meteotest AG, Fabrikstrasse 14, 3012 Bern, [www.meteotest.ch](http://www.meteotest.ch)

