



Dürrephasen im Alpenraum

*Analyse aus HISTALP Beobachtungsdaten
und regionalen Klimasimulationen mit COSMO-CLM*

Klaus Haslinger, Abt. Klimaforschung



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

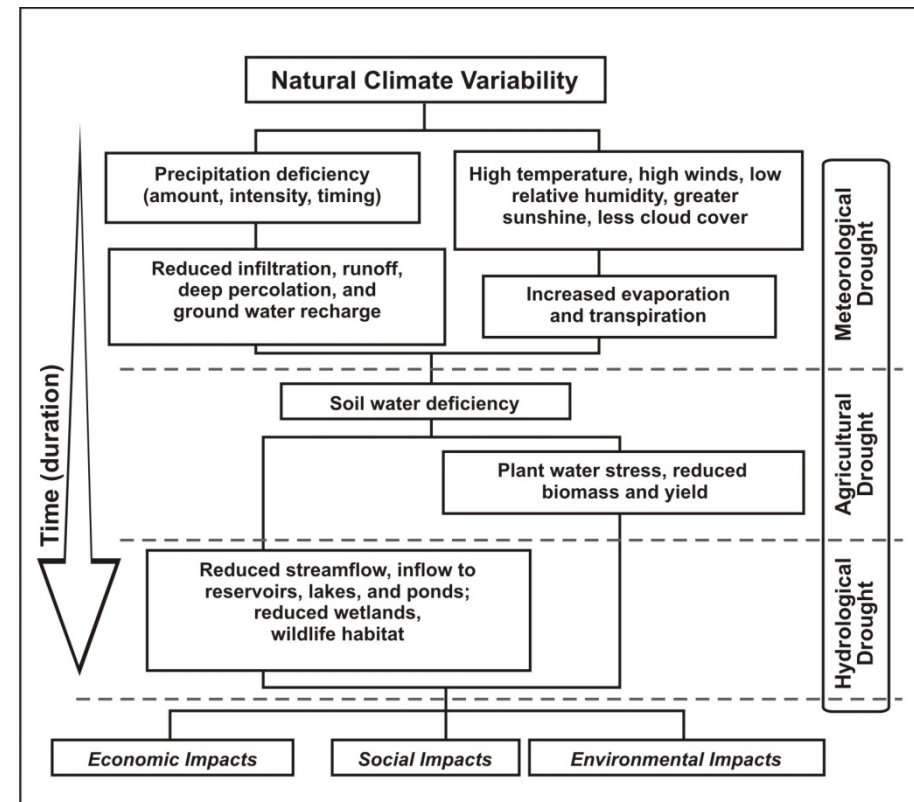
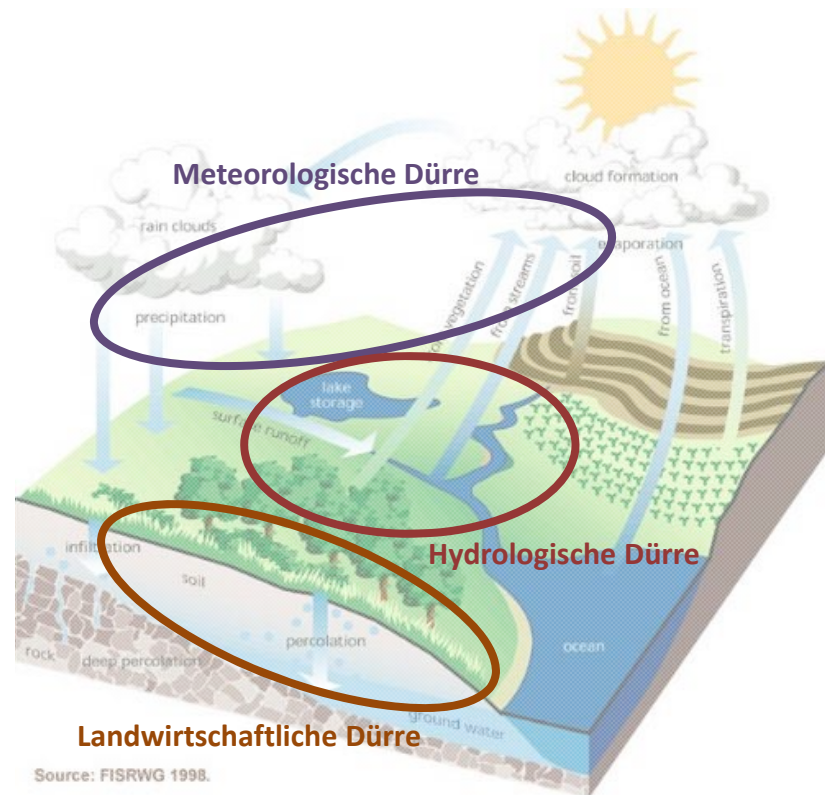
CILFAD – Climate Impacts on Low Flows and Droughts



- ACRP-Projekt
 - Projektpartner:
 - BOKU – Institut für angewandte Statistik und EDV (Projektleitung)
 - TU-Wien – Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
 - ZAMG – Abteilung Klimaforschung (FA Klimafolgen, Wolfgang Schöner, Klaus Haslinger)
 - Laufzeit: 2011-2013
 - Arbeitspakete:
 - Trend analyses of low flows
 - Space-time patterns of low flows
 - Atmospheric drought scenarios → **ZAMG**
 - Vergangenheit: Analyse langjähriger Klimadaten (HISTALP) im Hinblick auf Trockenphasen
 - Zukunft: Evaluierung und Analyse von Klimaszenarien auf Basis regionaler Klimasimulationen
 - Rainfall-runoff projections of low flows
 - Stochastic projections of low flows and droughts
 - Uncertainty analysis
 - Dissemination

Wie wird Dürre definiert?

- Grundsätzlich werden drei Arten von Dürren unterschieden:
 - Meteorologische Dürre
 - Landwirtschaftliche Dürre
 - Hydrologische Dürre



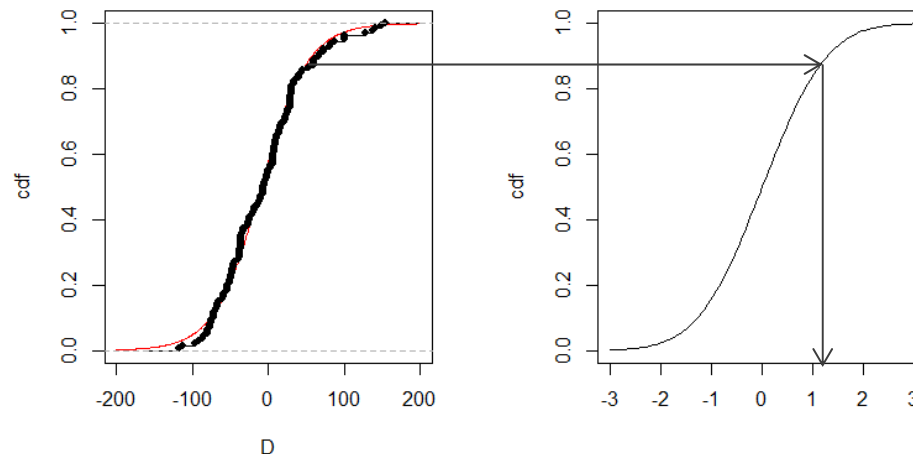
Meteorologische Dürreindizes



- Consecutive Dry Days – CDD -> nicht adäquat im langanhaltende Trockenheit zu beschreiben
- Standardized Precipitation Index (SPI)
- Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) → Meteorologischer I.
- Palmer Drought Severity Index (PDSI) → Landwirtschaftlicher I.
- Palmers Z Index
- Effective Drought Index (EDI)
- Soil Moisture Anomaly Index (SMI)
- ...

Der Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)

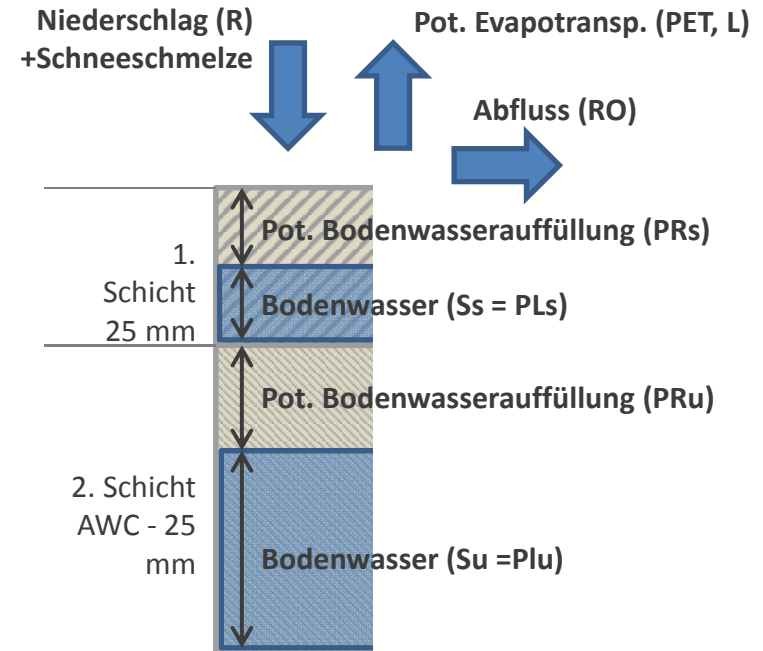
- Basis bildet die klimatische Wasserbilanz auf monatlicher Basis:
 $D = \text{Niederschlag} - (\text{potentieller}) \text{ Verdunstung}$
- Eingangsdaten:
 - Temperatur
 - Niederschlag
 - Potentielle Verdunstung wird über die Temperatur berechnet (Thornthwaite 1948)
- Transformation der angepassten Häufigkeitsverteilung der Wasserbilanz (Log-Logistisch oder Pearson III) in eine Standard-Normalverteilung



SPEI-Wert	Beschreibung	Unterschreitungs- wahrscheinlichkeit in %
≤ -2.0	extrem trocken	≤ 2.3
-2.0 bis -1.5	sehr trocken	2.3 bis 6.7
-1.5 bis -1.0	mäßig trocken	6.7 bis 15.9
-1.0 bis 1.0	normal	15.9 bis 84.1
1.0 bis 1.5	mäßig feucht	84.1 bis 93.3
1.5 bis 2.0	sehr feucht	93.3 bis 97.7
≥ 2.0	extrem feucht	≥ 97.7

Der Palmer Drought Severity Index (scPDSI)

- Basis bildet eine einfache Bodenfeuchtemodellierung mit einem 2-Schicht Bodenmodell plus Koppelung mit einem einfachen Schneemodell (Grad-Tags Modell)
- Eingangsdaten:
 - Temperatur
 - Niederschlag
 - Potentielle Verdunstung wird über die Temperatur berechnet (Thornthwaite 1948)
 - Wasserhaltevermögen des Bodens (FAO)
- Berechnung der Abweichung der Bodenwasserbilanzparameter vom langjährigen Mittel
- Spezielle monatliche Standardisierung → „self calibrating Palmer Drought Severity Index“ – scPDSI

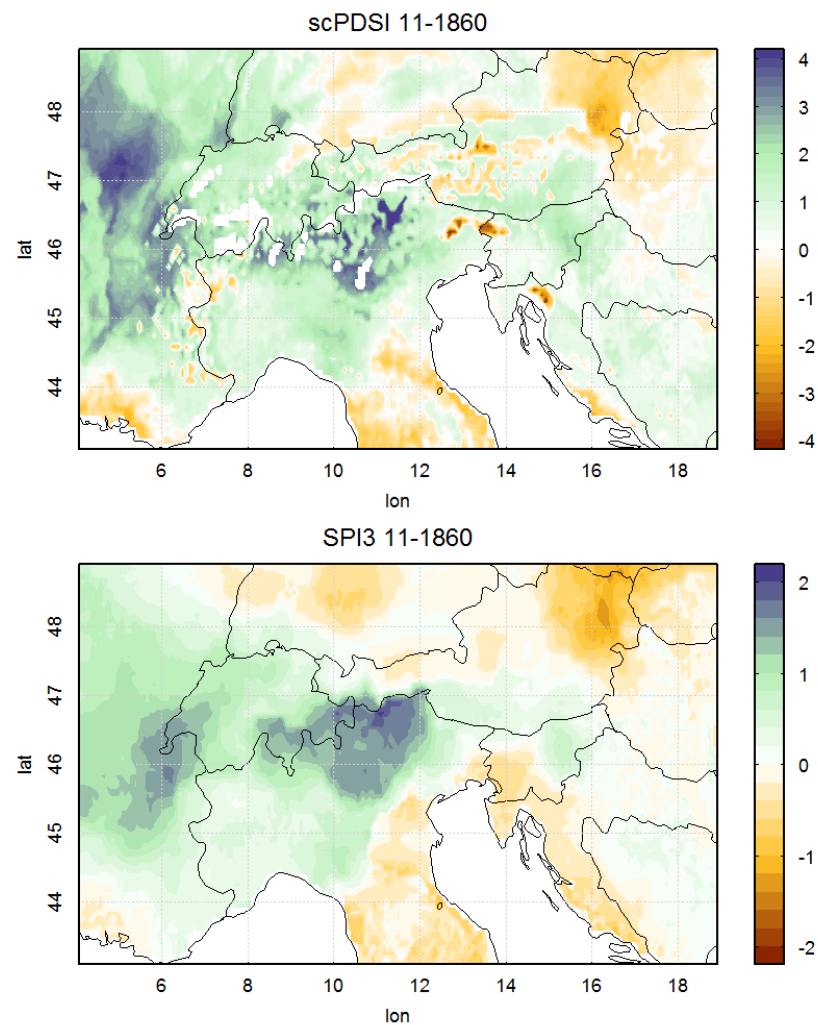


Wasserbilanzparameter:

PET...	Pot. Evapotranspiration	RO ...	Abfluss
PR ...	Pot. Bodenwasserauffüllung	L ...	Bodenwasserverlust
PRO..	Pot. Abfluss	Ss ...	Bodenwasser 1. Schicht
PL ...	Pot. Bodenwasserverlust	Su ...	Bodenwasser 2. Schicht
ET ...	Evapotranspiration		
R ...	Bodenwasserauffüllung		

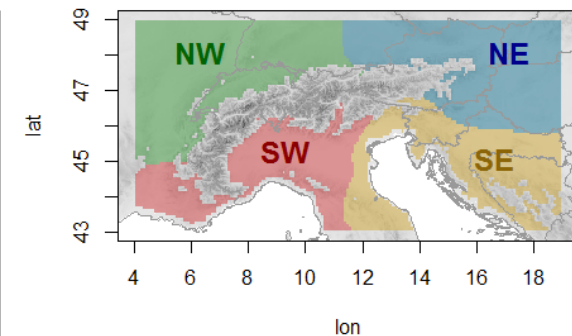
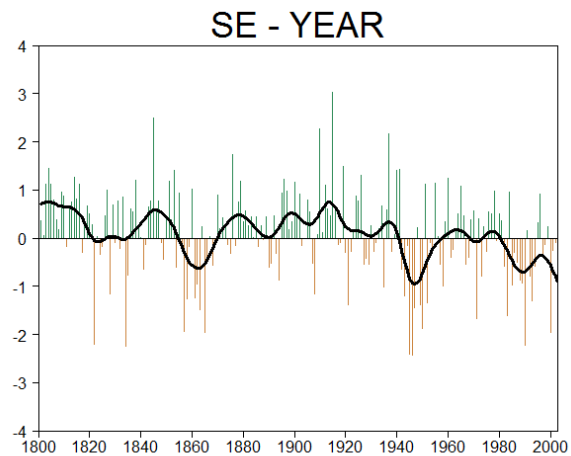
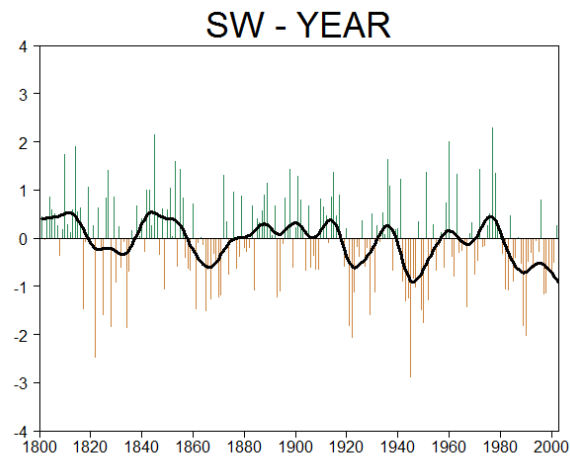
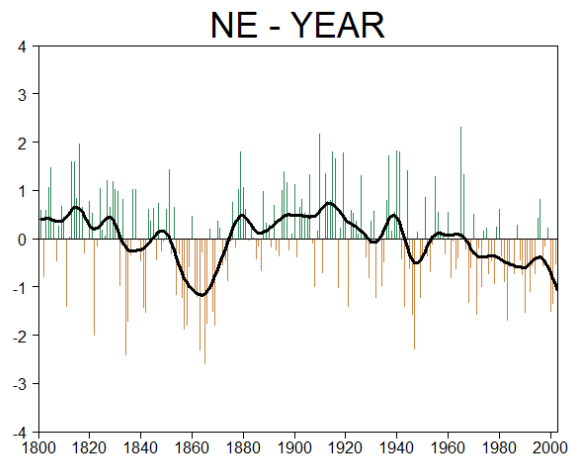
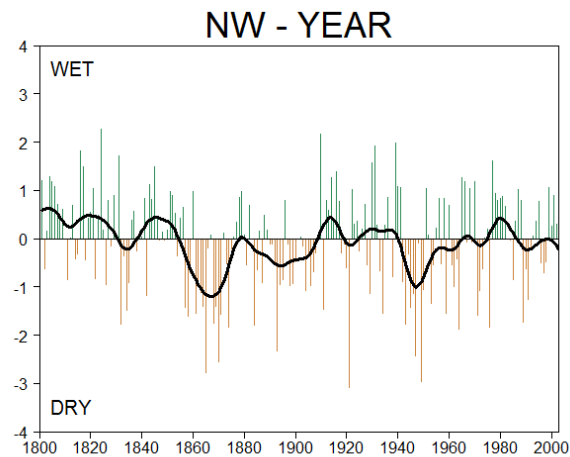
Der Palmer Drought Severity Index (scPDSI)

SPEI-Wert	Beschreibung	Unterschreitungs- wahrscheinlichkeit in %
≤ -4.0	Extreme Dürre	2%
-3.0 bis -4.0	Massive Dürre	-
-2.0 bis -3.0	Moderate Dürre	-
-1.0 bis -2.0	Leichte Dürre	-
-0.5 bis -1.0	Einsetzende Dürre	-
-0.5 bis 0.5	Normalbedingungen	-
0.5 bis 1.0	Einsetzende Feuchtphase	-
1.0 bis 2.0	Leichte Feuchtphase	-
2.0 bis 3.0	Moderate Feuchtphase	-
3.0 bis 4.0	Massive Feuchtphase	-
≥ 4.00	Extreme Feuchtphase	98%



Trockenphasen in der Vergangenheit

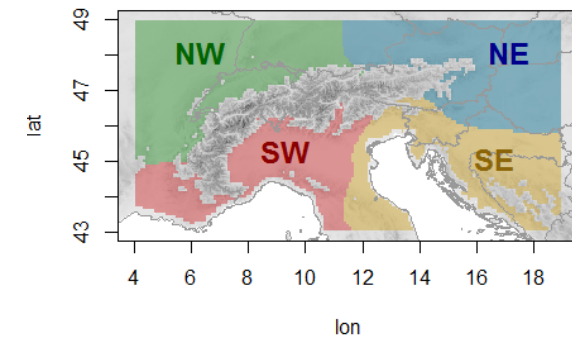
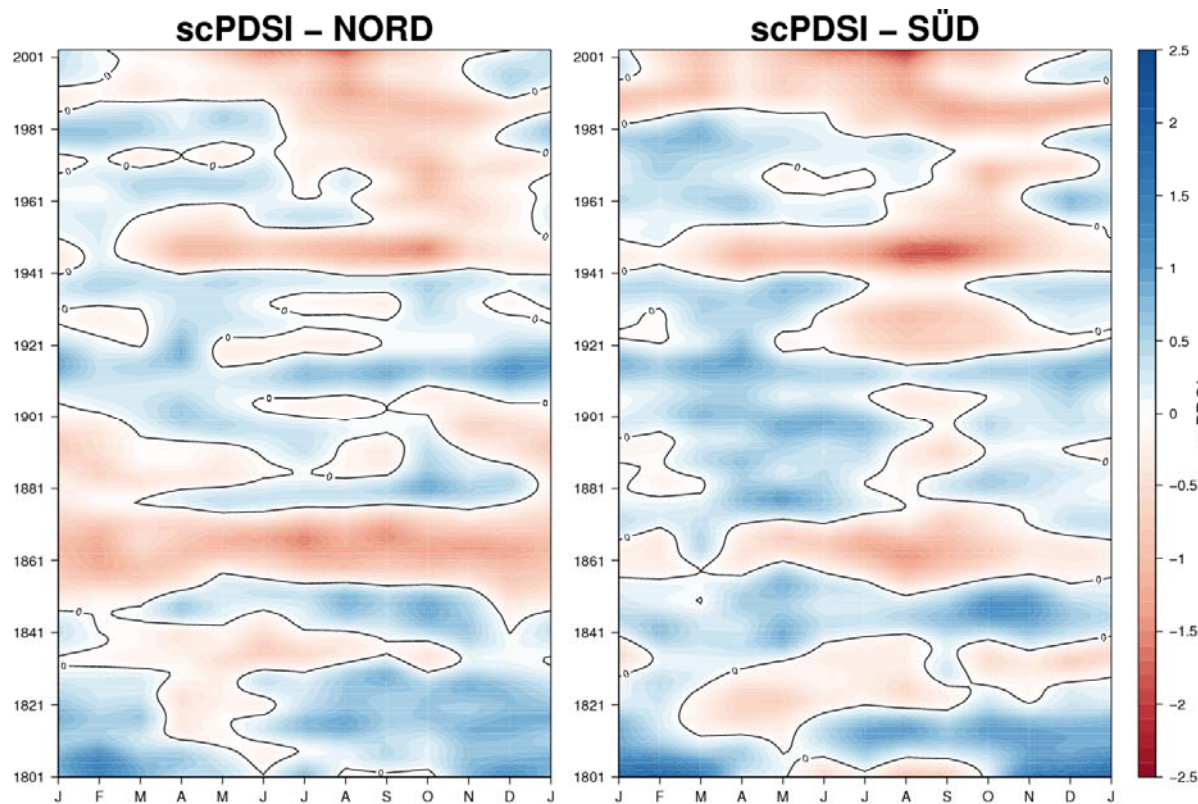
- Jahresmittelwerte des scPDSI in den vier HISTALP Regionen



- Keine langfristigen Trends
- Außergewöhnliche Dekaden:
1860er im Norden und 1940er im Süden sowie die 1980er und 90er

Trockenphasen in der Vergangenheit

- Monatliche Entwicklung des scPDSI nördlich und südlich der Alpen

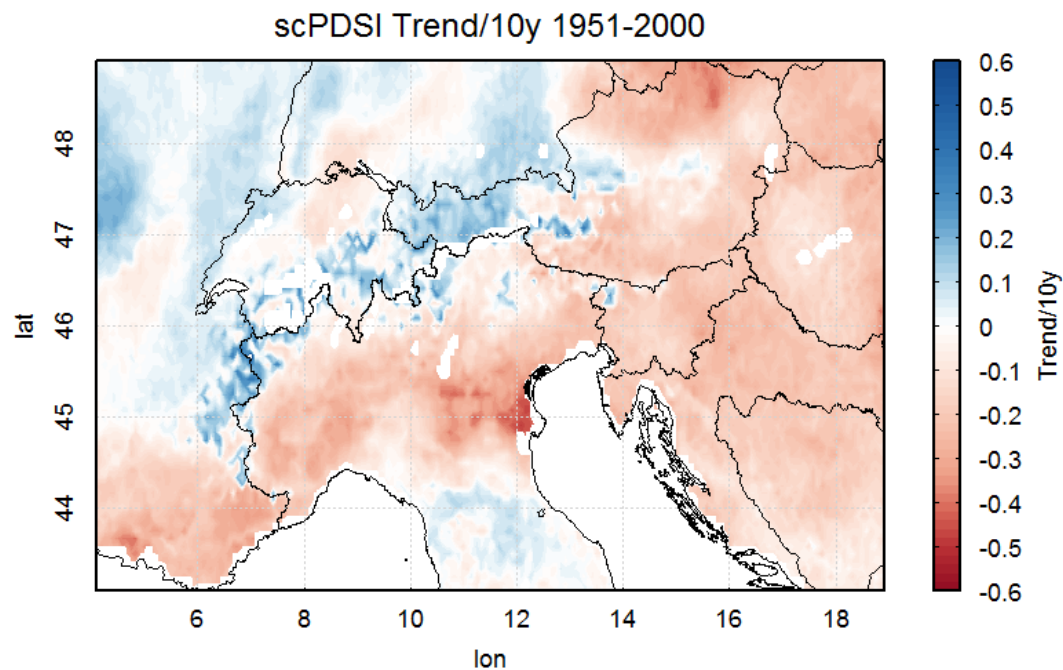


- Keine langfristigen Trends
- Außergewöhnliche Dekaden: 1860er im Norden und 1940er im Süden sowie die 1980er und 90er

Trockenphasen in der Vergangenheit

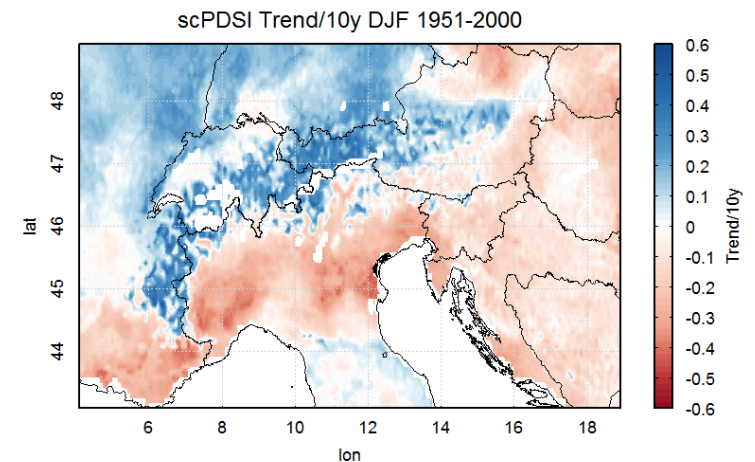
- Mittelfristige Trends 1951-2000

JAHR

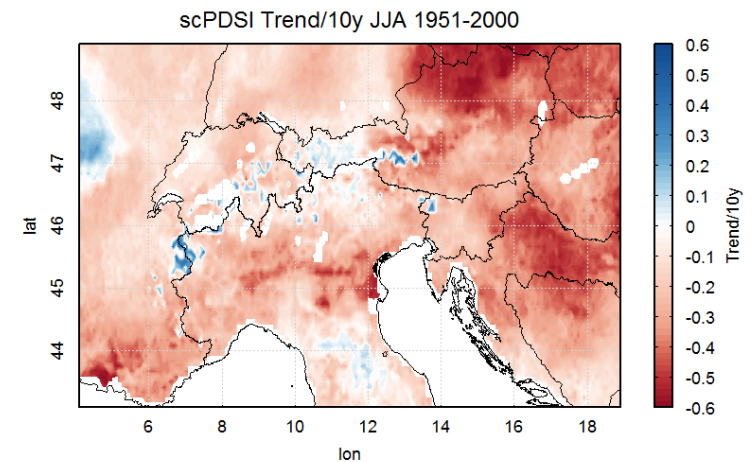


- Winter: im Nordwesten und im Bergland feuchter, im Süden und Osten trockener
- Sommer: genereller Trend zu trockeneren Bedingungen, vor allem im Osten

WINTER

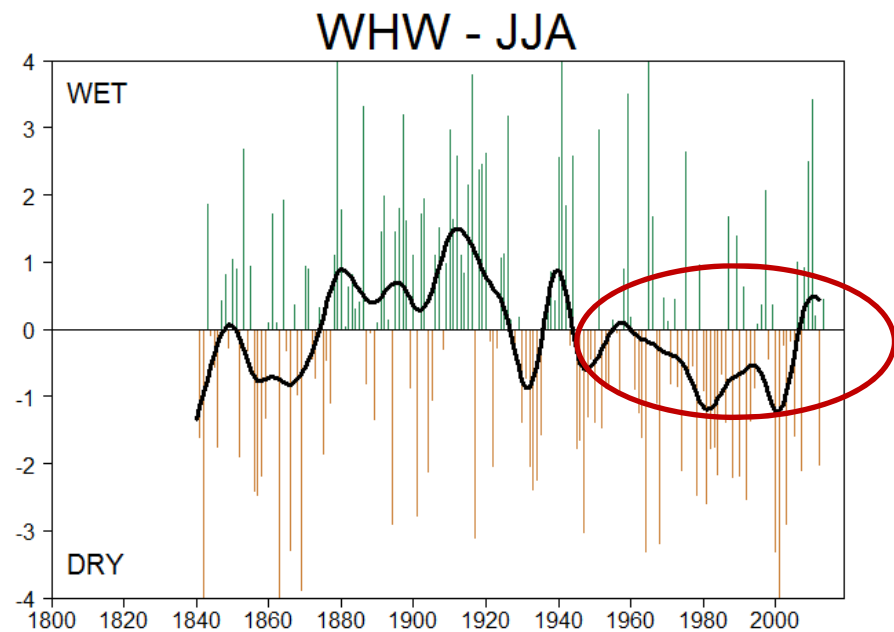
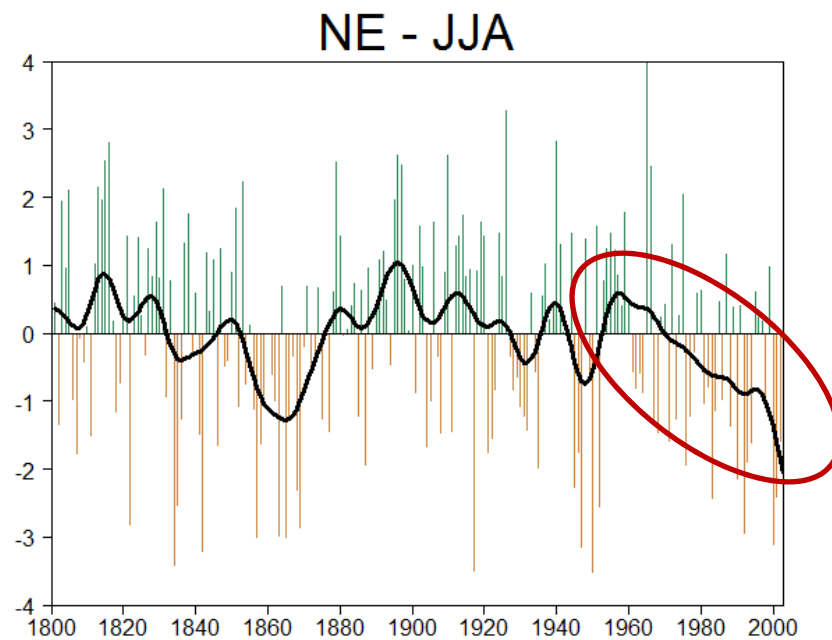


SOMMER



Trockenphasen in der Vergangenheit

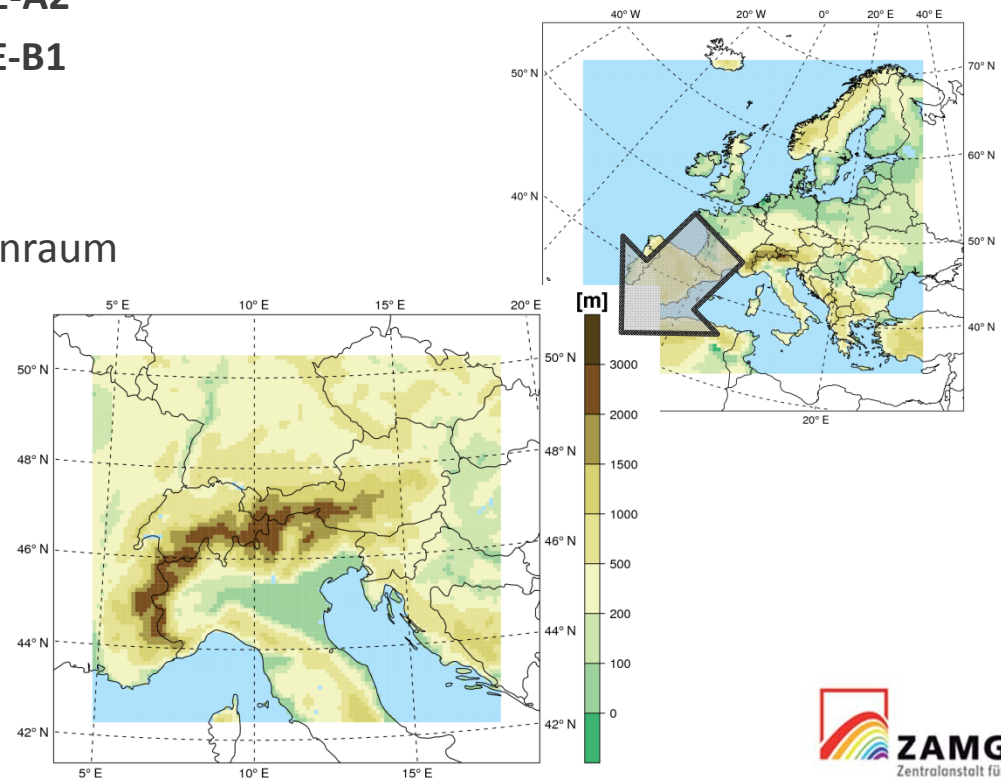
- Die Krux linearer Trends...



- Nach dem extremen Sommer 2003 wieder Tendenz zu feuchteren Bedingungen, 2009 als außergewöhnlich nasser Sommer

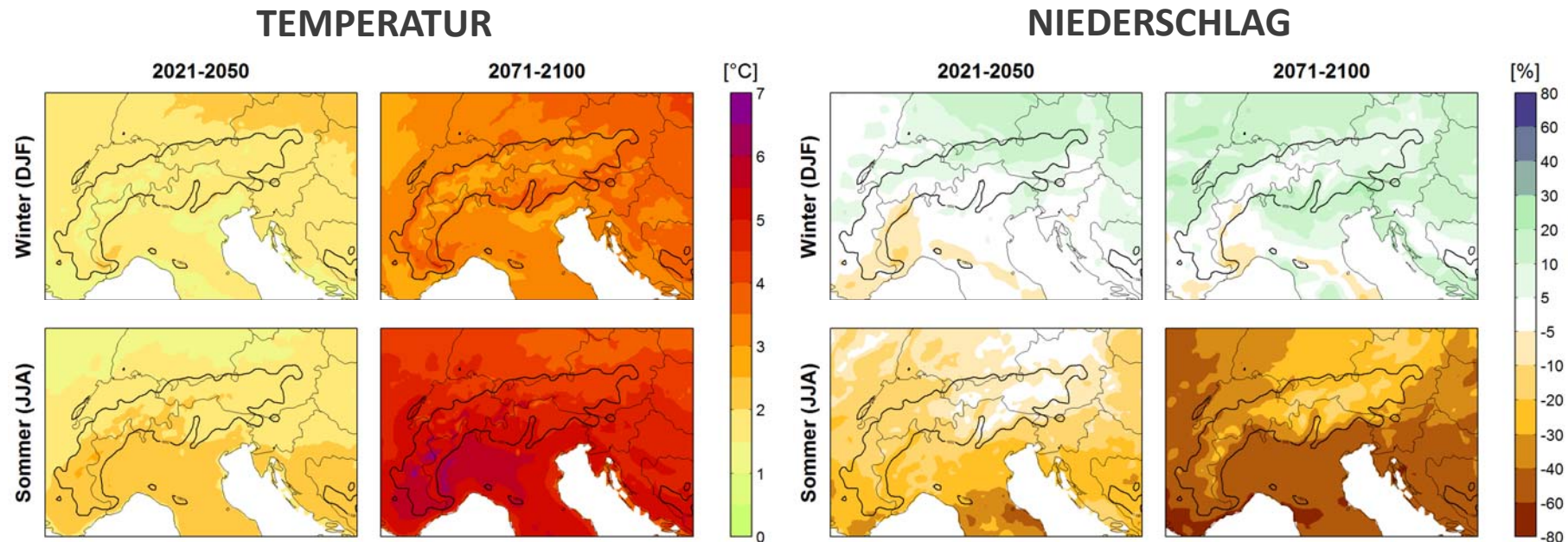
Trockenheit in Zukunft

- Modellensemble:
 - Simulationen aus dem Projekt reclip:century, vier Läufe mit dem Regionalen Klimamodell COSMO-CLM, (zwei antreibende GCMs und 3 Szenarien):
 - CCLM-ECHAM5-A1B (WegCenter) – **C-E-A1B**
 - CCLM-HadCM3-A1B (AIT) – **C-H-A1B**
 - CCLM-ECHAM5-A2 (ZAMG) – **C-E-A2**
 - CCLM-ECHAM5-B1 (ZAMG) – **C-E-B1**
 - Simulationsdomäne: Alpenraum
 - Doppeltes Nesting: Europa → Alpenraum
 - Simulationszeitraum: 1961-2100
 - Räumliche Auflösung: 10km



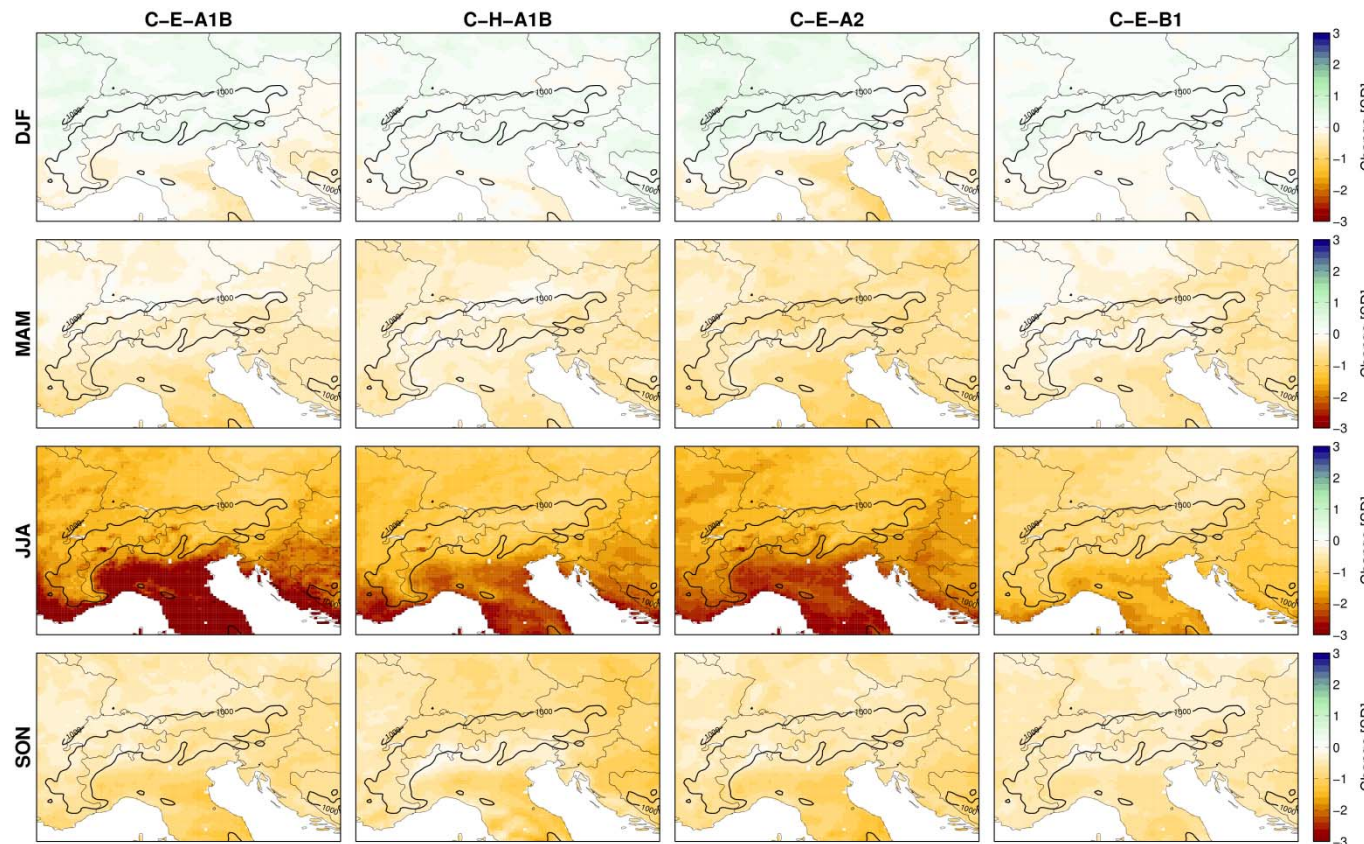
Trockenheit in Zukunft

- Temperatur- und Niederschlagsänderung im Alpenraum, Szenario A1B (Mittel aus C-E-A1B und C-H-A1B)



Trockenheit in Zukunft

- Jahreszeitliches Änderungssignal des SPEI von 2071-2100 relativ zu 1971-2000



Winter:

- Im Norden feuchter
- Im Süden trockener
- Geringe Änderungen in B1

Frühling:

- Generell trockener
- Stärkeres Signal in A2

Sommer:

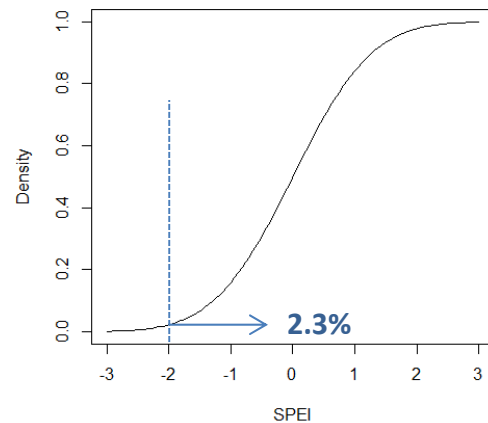
- Generell deutlich trockener
- Extreme Änderungen im Südwesten in A1B und A2
- Geringere Änderungen in B1

Herbst:

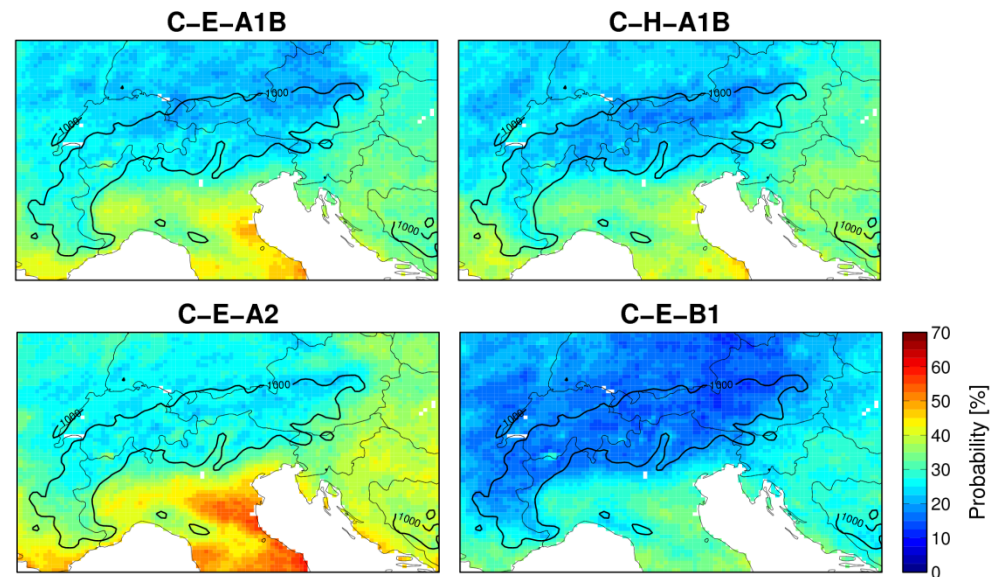
- Generell trockener

Trockenheit in Zukunft

- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit in Zukunft (2071-2100) für das Eintreten eines extremen Dürreereignisses ($\text{SPEI} < -2$ = extreme Dürre)?



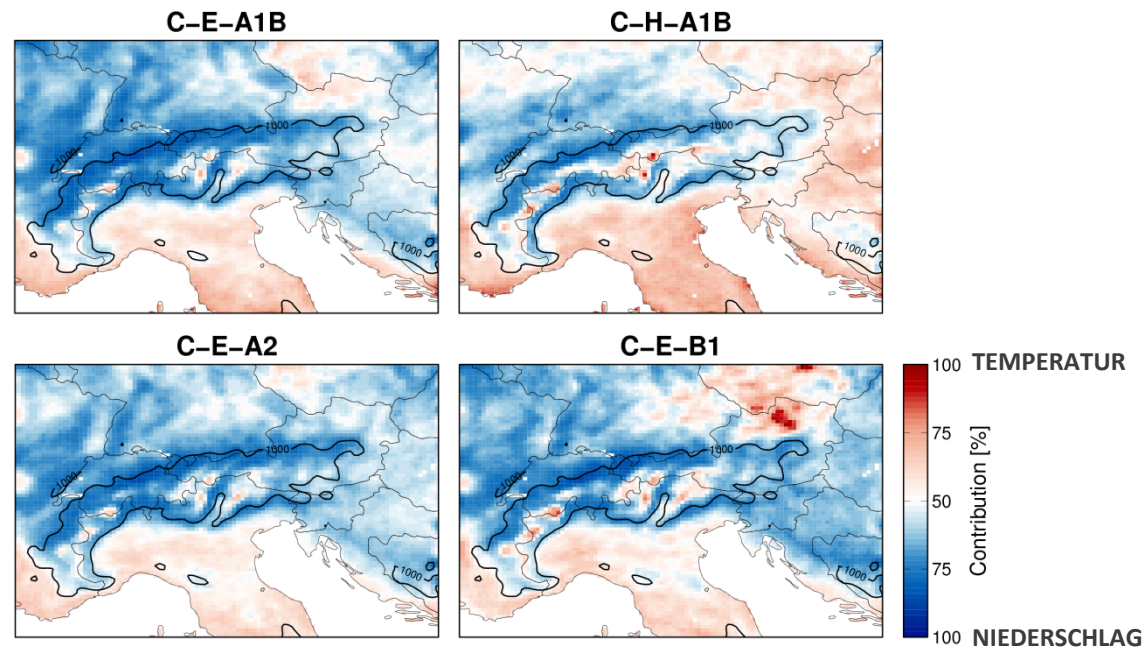
Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines extremen Dürreereignisses liegt im Referenzzeitraum (1971-2000) bei ca. 2.3%



- Flächendeckend zeigt sich eine gesteigerte Wahrscheinlichkeit für extreme Dürreereignisse
- Größte Änderung zeigen sich im A2 Szenario
- Signal kommt zum Großteil aus den Sommermonaten

Trockenheit in Zukunft

- Wie groß ist der Anteil von Temperatur und Niederschlagsänderung am Änderungssignal des SPEI im Sommer?



- Im Süden werden die Änderungen des SPEI zum Großteil vom Temperaturanstieg und der damit verbundenen Erhöhung der Verdunstungsrate gesteuert
- In weiten Teilen nördlich der Alpen hat die Niederschlagsänderung größeren Anteil am Änderungssignal des SPEI

Trockenheit in Zukunft

- Unsicherheiten der Zukunftsprojektionen:
 - Klimamodelle:
 - Sehr großer Schwankungsbereich der globalen Modelle hinsichtlich der Temperaturentwicklung
 - Momentane globale Temperaturstagnation wird von GCMs nicht simuliert
 - Langfristige dekadische Oszillationen (atmosphärisch wie ozeanisch) können (noch) nicht richtig simulieren zu können.
 - Österreich liegt in einem komplexen Übergangsgebiet zwischen dem Mittelmeerraum (Niederschlagsabnahme) und dem nördlichen Europa (Niederschlagszunahme)
 - Dürreindizes
 - Meteorologische Dürreindizes geben keinen Absolutwert einer Änderung (Bodenfeuchte, Wasserbilanz) an.
 - Ist ein Dürreereignis mit einem SPEI -4 doppelt so extrem wie eines mit SPEI -2?

→ Forschungsbedarf: **Prozessverständnis**

- Wie entwickeln sich extreme Dürresituationen?
- Welche Zeitskalen sind relevant?
- Wie stehen diese in Zusammenhang mit großräumigen atmosphärischen und ozeanischen Zirkulationsmustern und Wetterlagen?
- Was ist in den 1860ern und 1940ern passiert?
- Gibt es Möglichkeiten zur „Früherkennung“ von Dürreereignissen?
- ...

Zusammenfassung



- Vergangenheit:
 - Keine langfristigen Trends meteorologischer Dürreindizes in den letzten 200 Jahren
 - Außergewöhnlich trockene Dekaden: 1860er und 1940er
 - Mittelfristig (1951-2000) Trend zu trockeneren Bedingungen, vor allem im Sommer
 - Dürresommer 2003 war außergewöhnlichstes Ereignis der 200-jährigen Messgeschichte
- Zukunft:
 - Im Alpenraum werden steigende Temperaturen, abnehmende Niederschläge im Sommer und zunehmende im Winter erwartet.
 - Die Sommer werden deutlich trockener durch höhere Temperaturen (→ Verdunstung) und abnehmende Niederschläge
 - Vor allem südlich der Alpen steigt die Wahrscheinlichkeit für extreme Dürresituationen deutlich an
 - Nördlich der Alpen werden die Änderungen durch den Niederschlag gesteuert, südlich der Alpen durch die Temperatur



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Publikationen:

Haslinger K., Koffler D., Blöschl G., Parajka J., Schöner W. and Laaha G. (2013): Exploring the link between meteorological drought indices and streamflow with emphasis on low flows. *submitted to Water Resources Research*.

Haslinger K., Anders I. and Schöner W. (2014): Future drought scenarios for the Greater Alpine Region based on COSMO-CLM experiments. *Meteorologische Zeitschrift, in preparation*.



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik