

Klimawandel bringt Druck auf die Wasserressourcen?

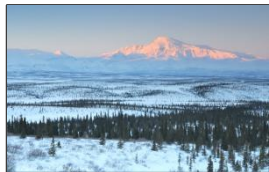
Alexander Podesser u. Abt. Klimaforschung
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik



Inhalt des Vortrags



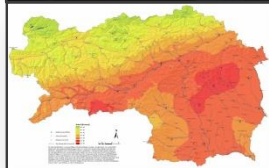
1 Klimageschichte

Wie war es früher?



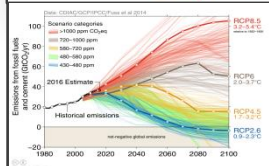
2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark



4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung



5 Fokus Starkregen

Was passiert beim Starkregen?

Klimawandel und Wasserressourcen

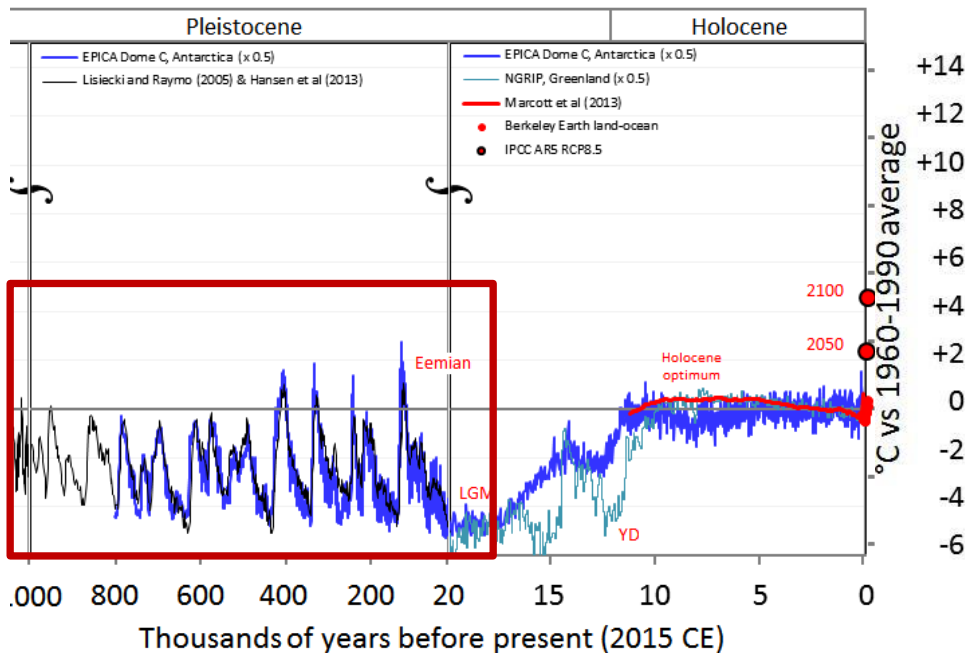
1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



1 Klimageschichte Wie war es früher?

Klimawandel und Wasserressourcen

1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



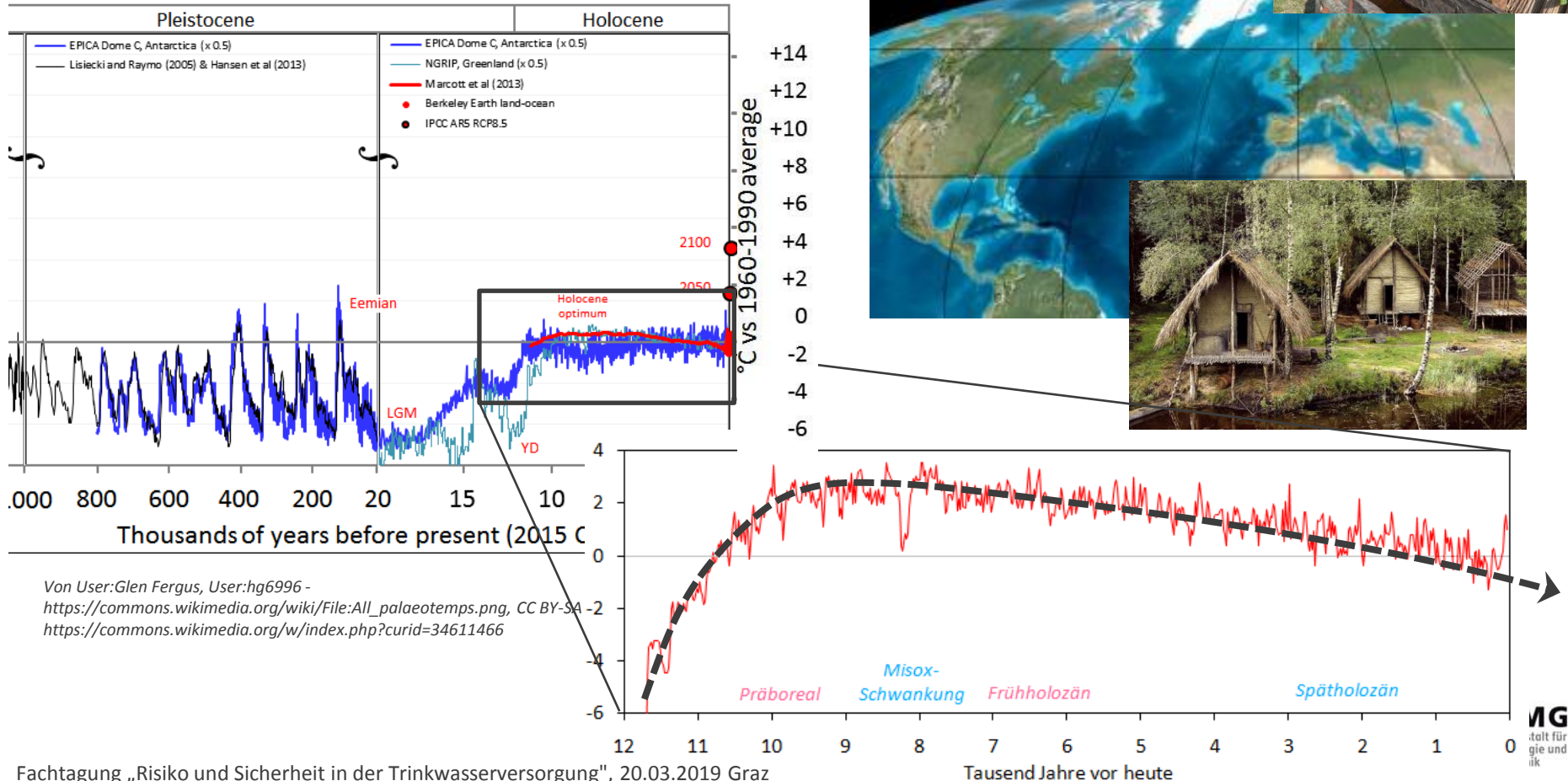
Von User:Glen Fergus, User:hg6996 -
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_palaeotemps.png, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34611466>

- Vulkanische Gase und Aerosole, Ozeanzirkulation
- Erdbahnparameter, Eis-Albedo Rückkoppelung durch Schnee/Gletscher

Klimawandel und Wasserressourcen



1 Eine Kurzgeschichte des Klimas

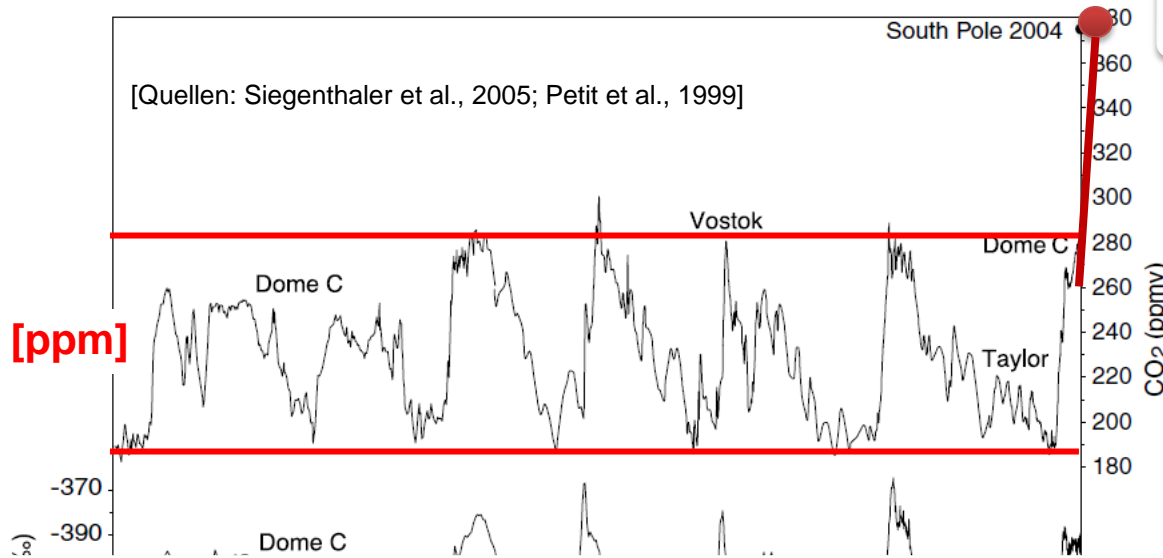


Von User:Glen Fergus, User:hg6996 -
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_palaeotemps.png, CC BY-SA
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34611466>

Klimawandel und Wasserressourcen



1 Eine Kurzgeschichte des Klimas

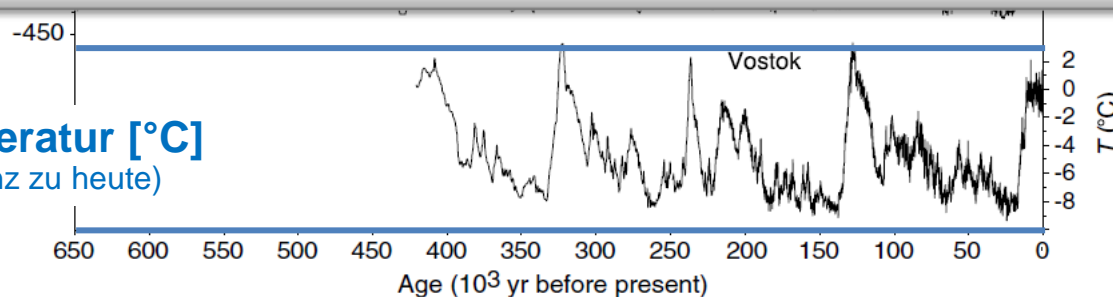


← 2017: 405 ppm

← Warmphase: 280 ppm
(8 bis 10 °C wärmer)

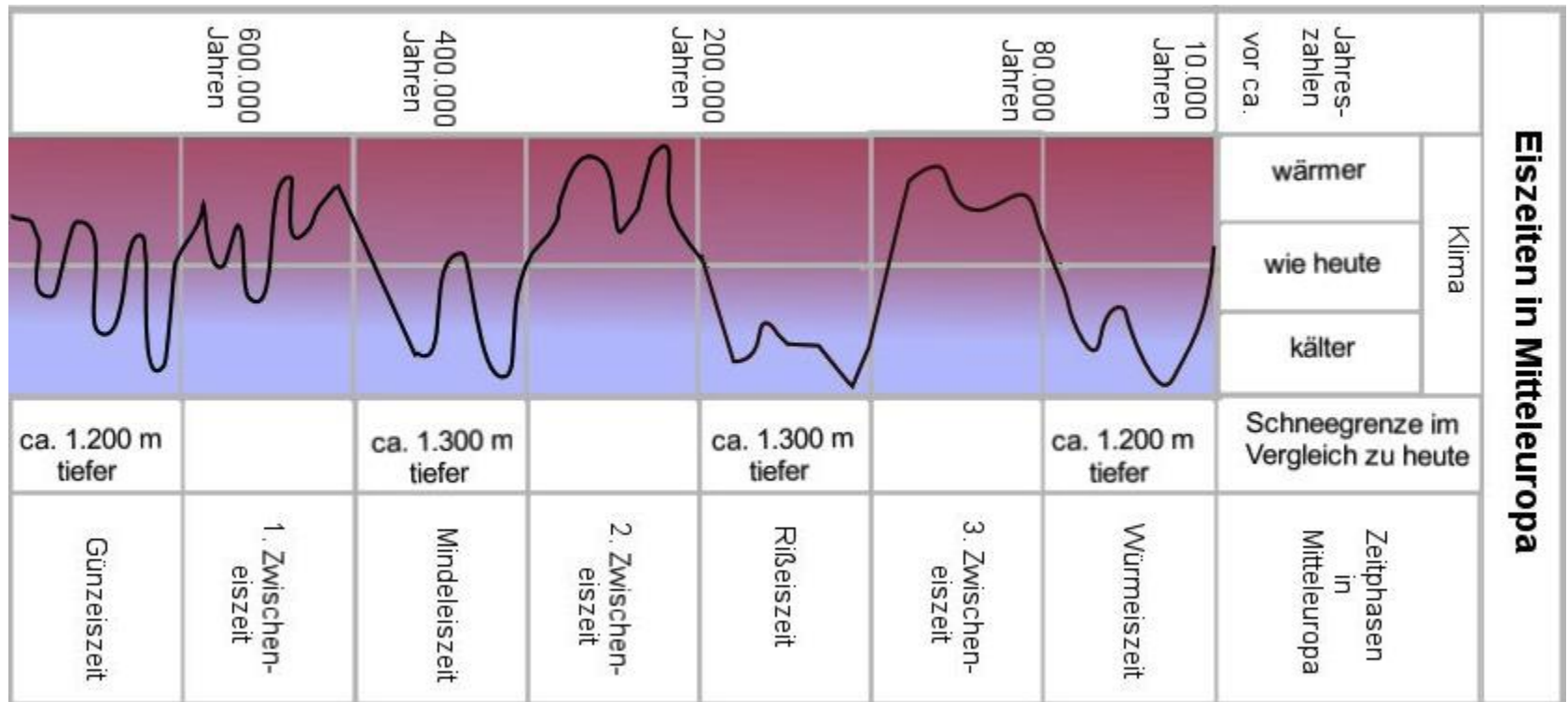
← Kaltphase: 190 ppm

Kohlenstoffdioxid-Gehalt korreliert mit der Globaltemperatur.





1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



Klimawandel und Wasserressourcen



1 Eine Kurzgeschichte des Klimas

ohne Treibhausgase **-15°C**

entspricht dem Klimamittel von Oymyakon (Ost-Sibirien)

Mittleres Maximum: - 8.8°C

Mittleres Minimum: -22.1°C

Vergleich Graz: Jännermittel -1°C

Mit Treibhausgasen: **+14.0°**

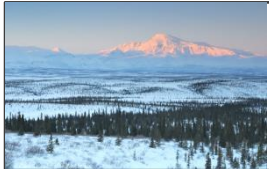
Aktuell : ca. +15.0°

Wasserdampf, Lachgas
Kohlendioxid, Methan





2 Die anthropogene Klimaveränderung



1 Klimageschichte

Wie war es früher?



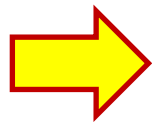
2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



ab 1860

Der Mensch verändert das globale Klima



**„anthropogener
Klimawandel“**

Klimawandel und Wasserressourcen

2 Die anthropogene Klimaveränderung



dailyinbox.com



www.fwi.co.uk



<http://www.rylxjw.com/agriculture-wallpapers/41829438.html>



www.recyclinginternational.com



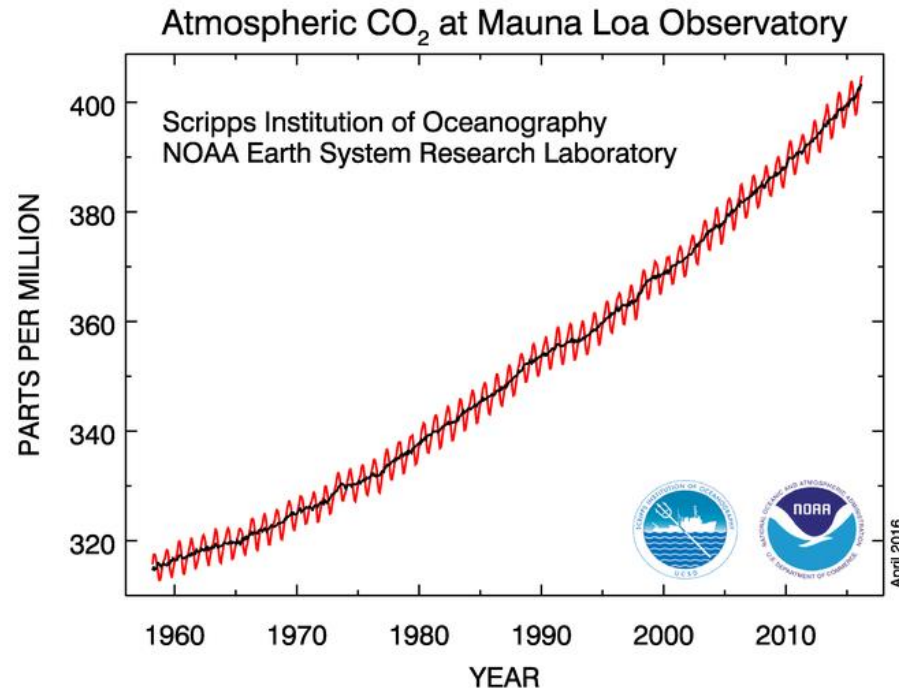
<http://www.desktopimages.org>



www.theglobalgrid.org



2 Die anthropogene Klimaveränderung (global)

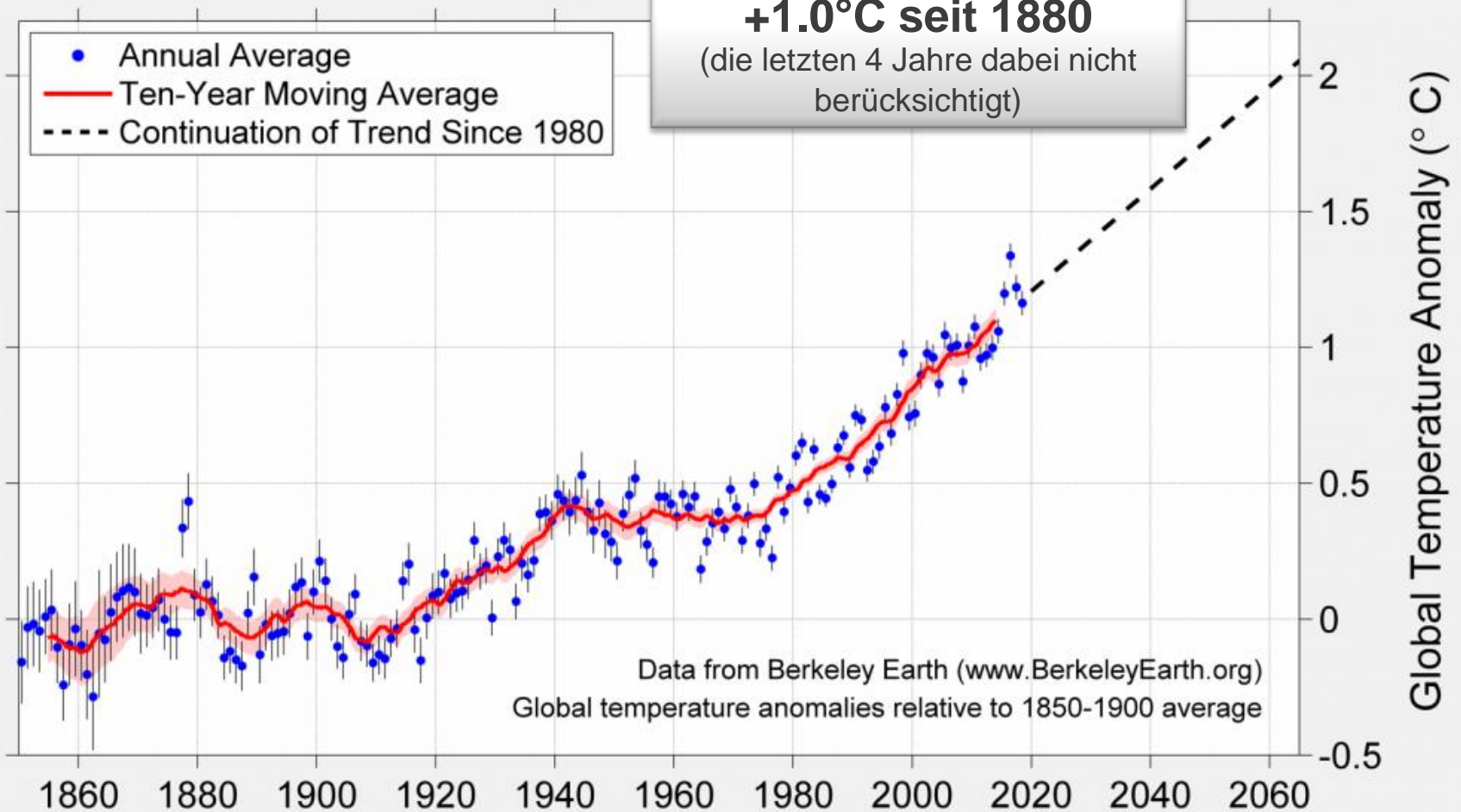


- CO₂ Konzentration heute **höher als jemals in den letzten 800,000 Jahren.**
- **40% Anstieg** der CO₂ Konzentration seit Beginn Industrialisierung.
- Ursache: **Fossile Brennstoffe, Änderung der Landnutzung, Dünger, Viehhaltung**
- 30% des emittierten menschlichen CO₂ wurde im Ozean gespeichert

Klimawandel und Wasserressourcen



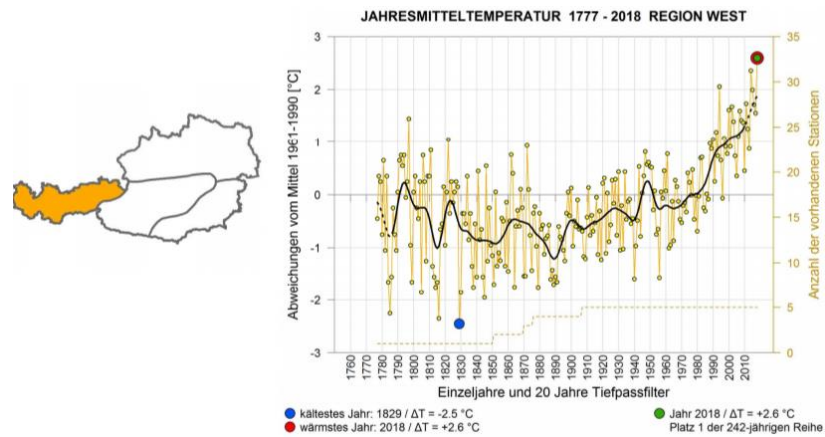
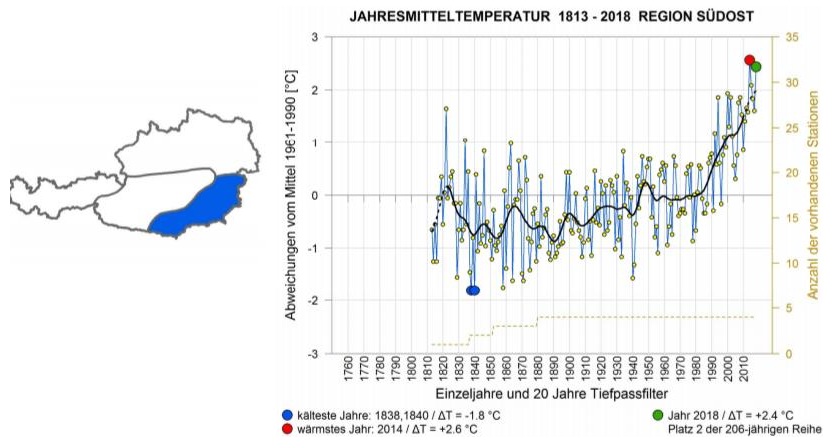
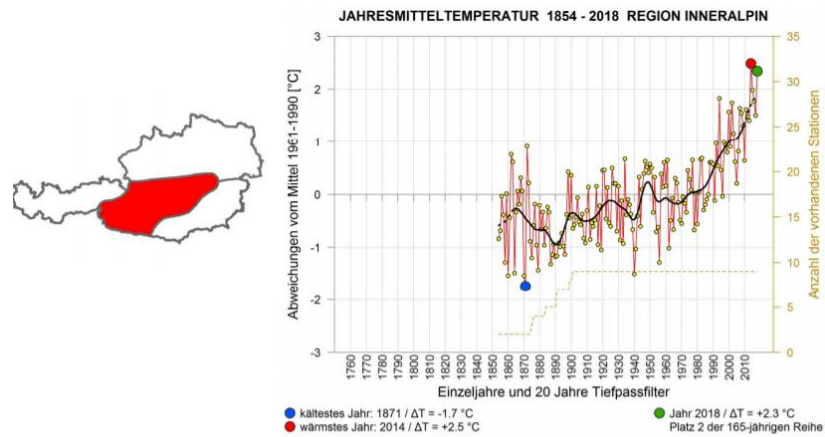
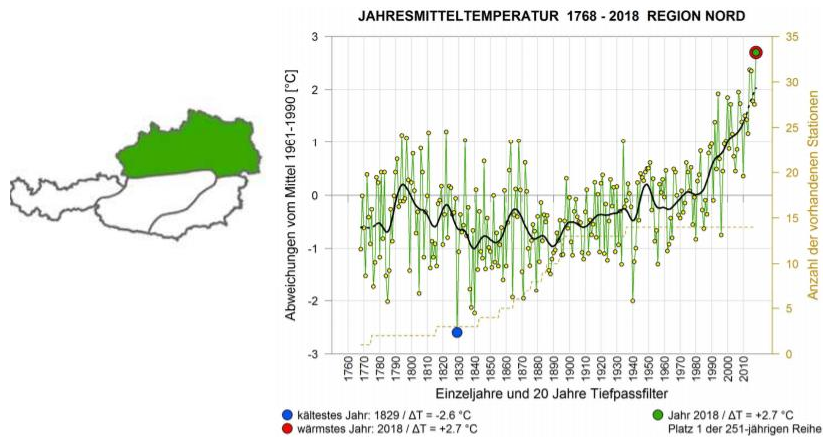
2 Die anthropogene Klimaveränderung: CO₂ (global)



Klimawandel und Wasserressourcen



2 Die anthropogene Klimaveränderung: Temperatur (HISTALP Datensatz)

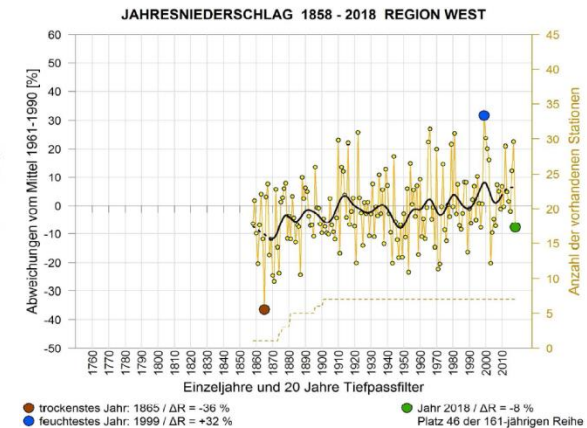
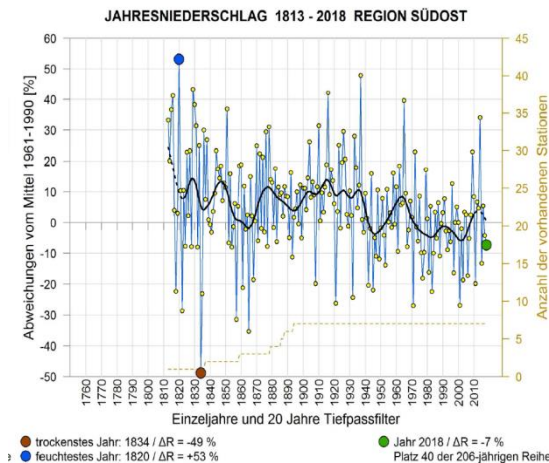
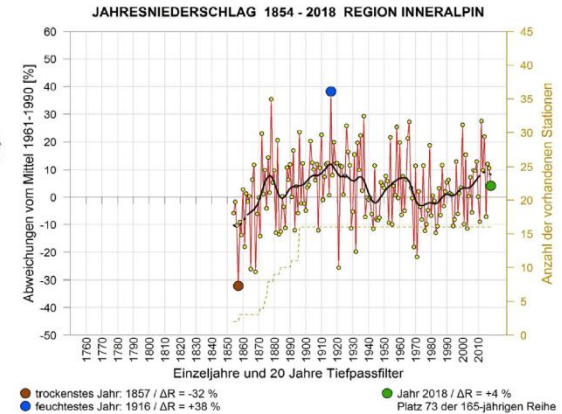
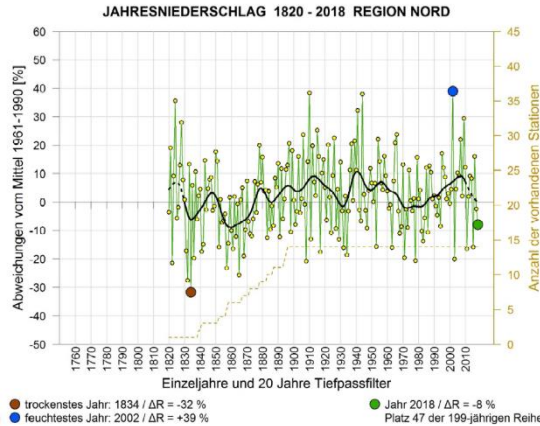


<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/histalp/histalp-oesterreich-jahresbericht-2018>

Klimawandel und Wasserressourcen



2 Die anthropogene Klimaveränderung: Niederschlag (HISTALP Datensatz)

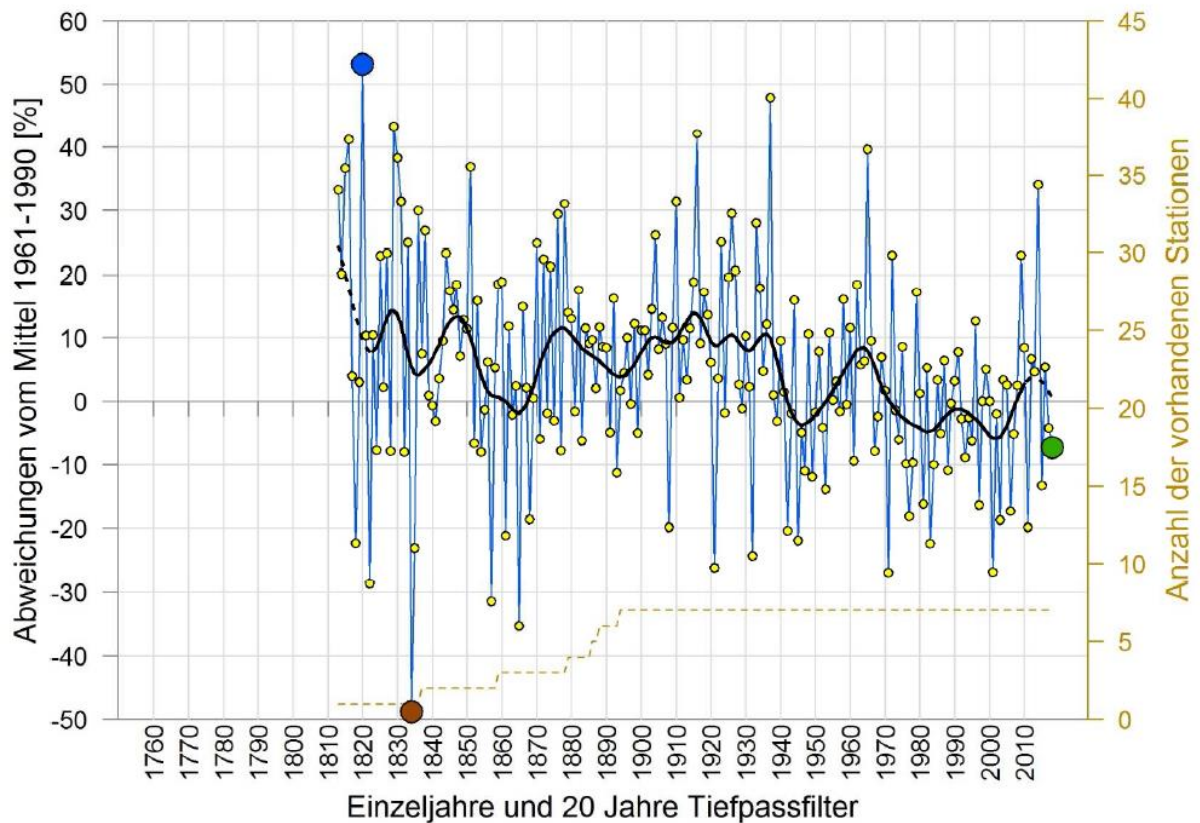


<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/histalp/histalp-oesterreich-jahresbericht-2018>



2 Die anthropogene Klimaveränderung: Niederschlag (HISTALP Datensatz)

JAHRESNIEDERSCHLAG 1813 - 2018 REGION SÜDOST



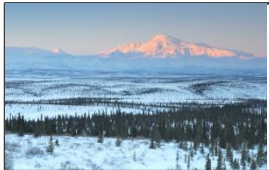
● trockenstes Jahr: 1834 / $\Delta R = -49\%$
 ● feuchtestes Jahr: 1820 / $\Delta R = +53\%$

● Jahr 2018 / $\Delta R = -7\%$
 Platz 40 der 206-jährigen Reihe

<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/histalp/histalp-oesterreich-jahresbericht-2018>



3 Niederschlagsverteilung



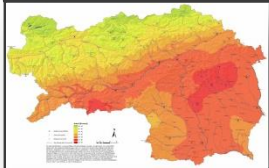
1 Klimageschichte

Wie war es früher?



2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



3 Niederschlagsverteilung

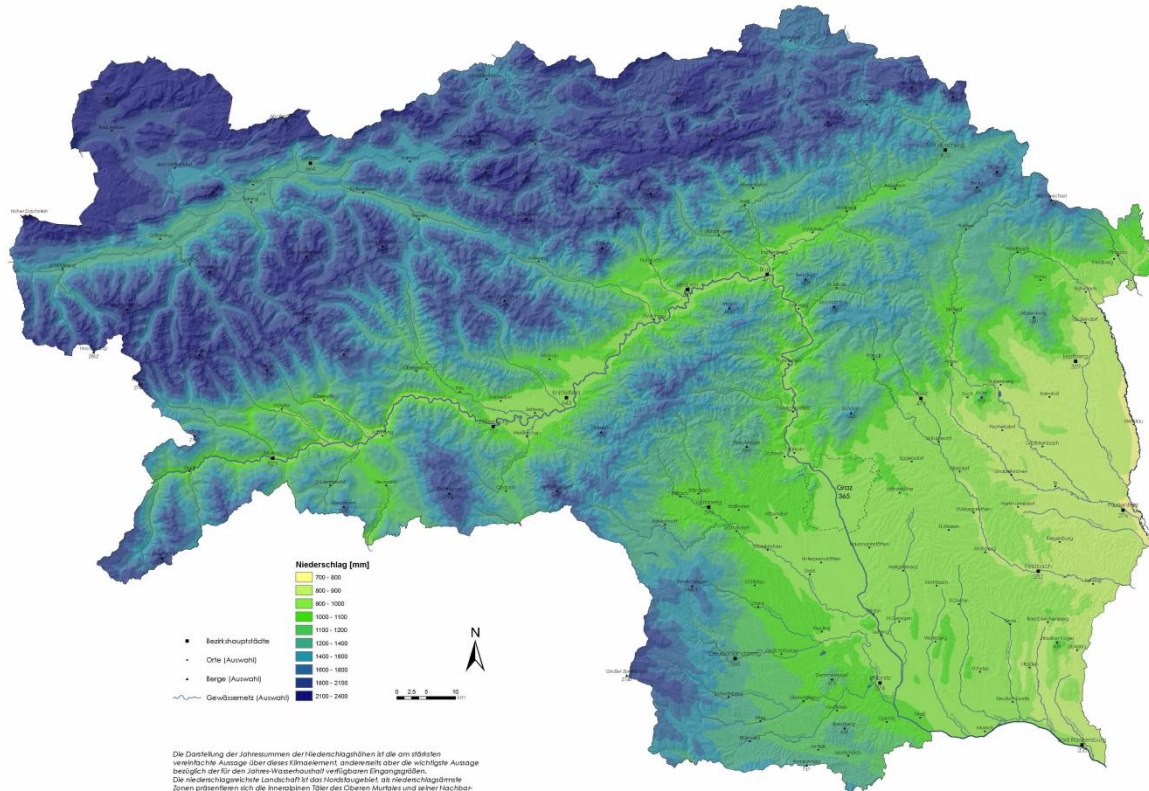
30-jährige Reihen in der Steiermark



4.10 Durchschnittliche Niederschlagssumme im Jahr

Periode 1971 bis 2000

4 NIEDERSCHLAG



Die Darstellung der Jahressummen der Niederschlagshöhen ist die am stärksten vereinfachte Aussage über dieses Klimaelement, andererseits über die wichtigste Aussage bezüglich der für den Jahreswasserhaushalt verfügbaren Einzugsmengen. Die niederschlagsreichere Landschaft ist dem Hochlagegebiet, die niederschlagsärmere Zonen präsentieren sich die inneralpinen Täler des Oberrain und seiner Hochlagen. Über und noch mehr die gebirgigere Oststeiermark an der burgenländischen Grenze.

Datengrundlagen: ZAMG, Hydrographischer Dienst
Kartungsweggeber: GIB-Information, BIV
Thematische und kartographische Bearbeitung ZAMG: V. Hlawacek, H. Klinder
Ansprechpartner: A. Probstner

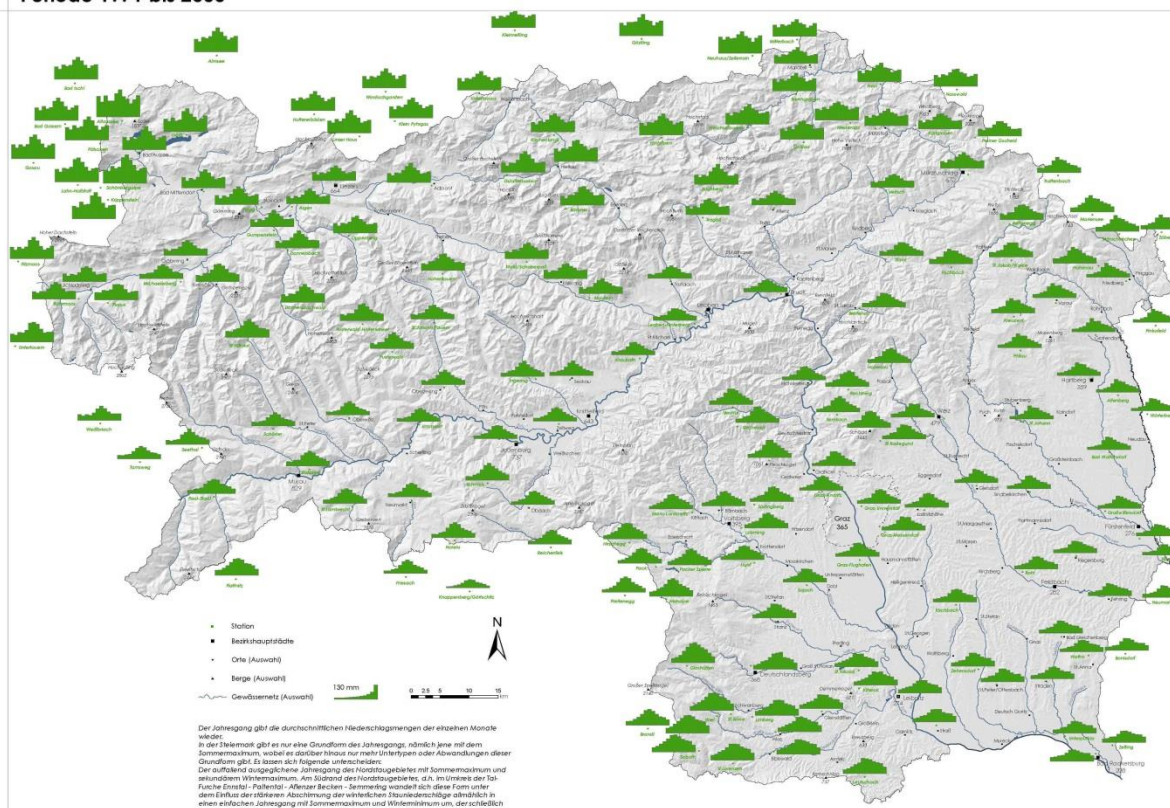
KLIMAATLAS STEIERMARK



4.8 Jahrgang der Niederschläge

Periode 1971 bis 2000

4 NIEDERSCHLAG



Der Jahresgang gibt die durchschnittlichen Niederschlagsmengen der einzelnen Monate wieder. In der Steiermark gibt es nur eine Grundform des Jahresgangs, nämlich jene mit dem Sommermaximum, wobei es darüber hinaus nur mehr Untertypen oder Abwandlungen dieser Grundform gibt. Es lassen sich folgende unterscheiden:
Der auffällig ausgeglichene Jahresgang des Hochstaugebietes mit Sommermaximum und sekundärem Wintermaximum. Am Südrand des Hochstaugebietes, also im Übergang der Talflüche Ennstal - Pannental - Altmühl Becken - Semmering wandelt sich diese Form unter dem Einfluss der stärkeren Abschattung der waldreichen Steilabfälle erheblich in einen einfallenden Jahresgang mit Sommermaximum und Winterminimum um, der schließlich die gesamte übrige Steiermark beherrscht.

Datengrundlagen: ZAMG, Hydrographischer Dienst
Kartengrundlagen: GIS-Steiermark, BEV
Terminologie und hydrographische Bearbeitung: ZAMG; V. Hauerer; A. Podesser; I. Rieder; Ansprechpartner: A. Podesser

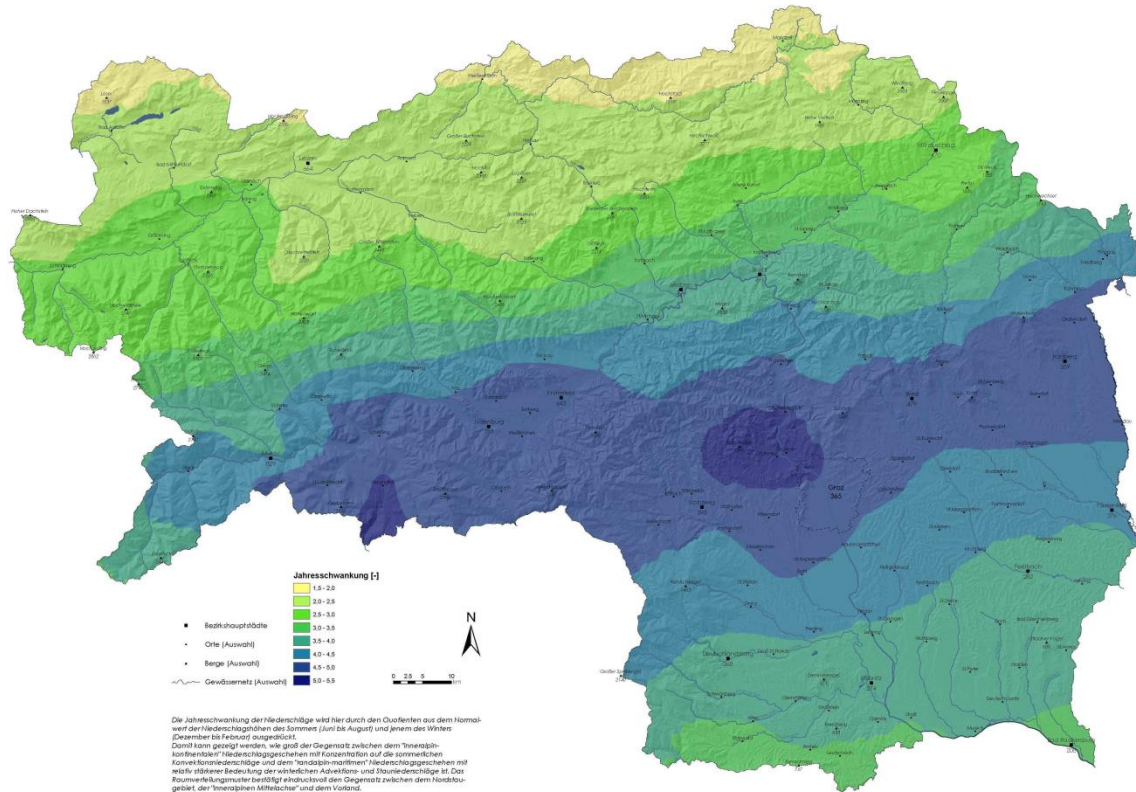
KLIMAAATLAS STEIERMARK



4.9 Jahresschwankung der Niederschläge

Periode 1971 bis 2000

4 NIEDERSCHLAG



Die Jahresschwankung der Niederschläge wird hier durch den Quotienten aus dem Normalwert der Niederschlagshöhen des Sommers (Juni bis August) und jenen des Winters (Dezember bis Februar) ausgedrückt. Daraus kann gezeigt werden, wie groß der Gegensatz zwischen dem "Tropenprä-kontinentale" Niederschlagsgeschehen mit Konzentration auf die sommerlichen Konvektionsniederschläge und dem "tropisch-maritimen" Niederschlagsgeschehen mit mehr abflacher Bedienung der vertikalen Aufwind- und Stauenderschläge ist. Das Baumerkungsmittel bestätigt ekstrapoliert den Gegensatz zwischen dem Nordostgebiet der "Innersiphen Mittelmeer" und dem Vorland.

Datengrundlage: ZAMG, Hydrographische Dienst
 Kartengrundlage: GIS-Steiermark, B.V.
 Interdisziplinäre hydrographische Bearbeitung ZAMG: V. Hwaronek, H. Bieder
 Ansprechpartner: A. Podesser

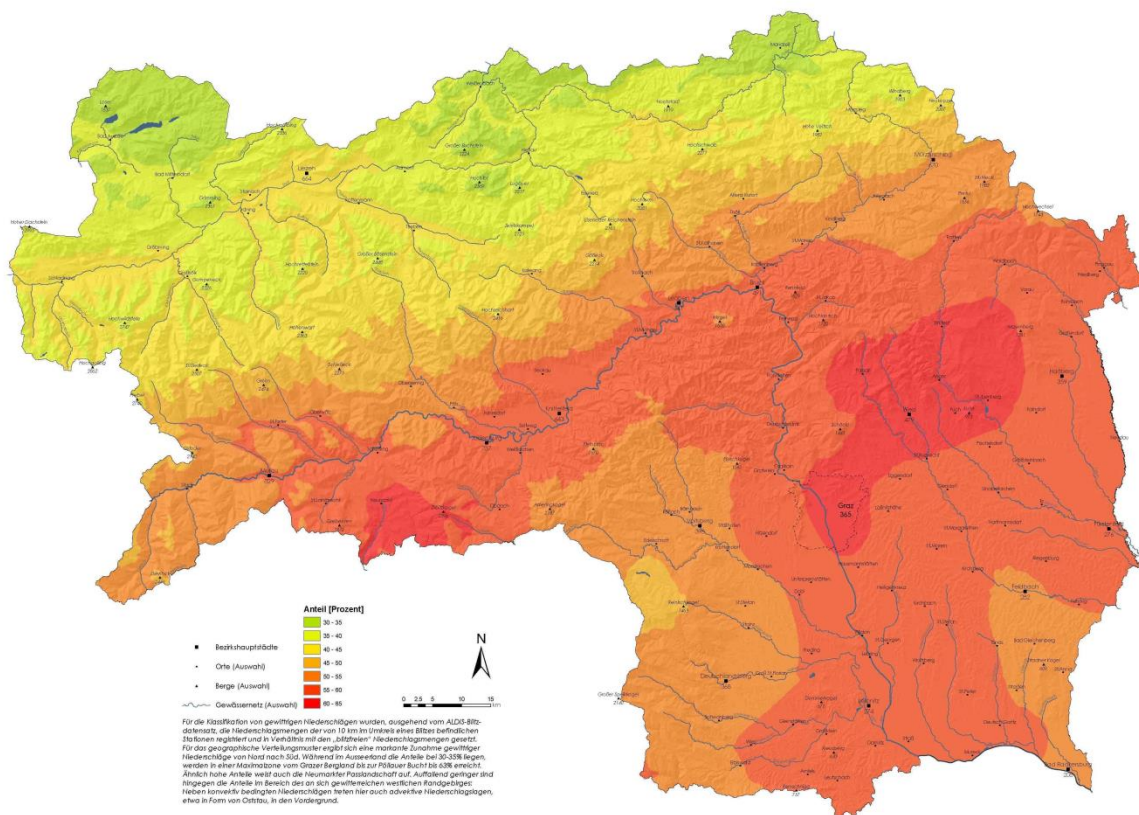
KLIMAAATLAS STEIERMARK



4.30 Durchschnittlicher Anteil der gewittrigen Niederschläge am Gesamtniederschlag in der Vegetationsperiode (V. - IX.)

Periode 1995 bis 2004

4 NIEDERSCHLAG



Für die Klassifikation von gewittrigen Niederschlägen wurden, ausgehend vom ALDIS-Bitz, überaus, die Niederschlagsmengen der von 10 km im Umkreis einer Bitz benachbarten Stationen registriert und in Verhältnis mit den „bitzfreien“ Niederschlagsmengen gesetzt. Für die geographische Verteilungsmuster ergibt sich eine markante Zunahme gewittriger Niederschläge von Nord nach Süd. Während im Ausseerland die Anteile bei 30-35% liegen, werden in einer Maximalzone vom Ostsee Bergland bis zur Pöbner Buche bis 60% erreicht. Ähnlich hohe Anteile weist auch die Neumarkter Pöbnerschicht auf. Auflebend geringer sind hingegen die Anteile im Bereich des an sich gewittrigen westlichen Pannengebietes. Neben konzentriert bedingten Niederschlägen treten hier auch abwechslende Niederschlagslagen, etwa in Form von Cirrus, in den Vordergrund.

Datengrundlage: ZAMG, Hydrographische Dienst, ALDIS
 Kartogrundlage: GIS-Steiermark, B.V.
 Thematische und kartographische Bearbeitung: ZAMG; F. Ladinig, H. Krieger
 Ansprechpartner: A. Poldosier

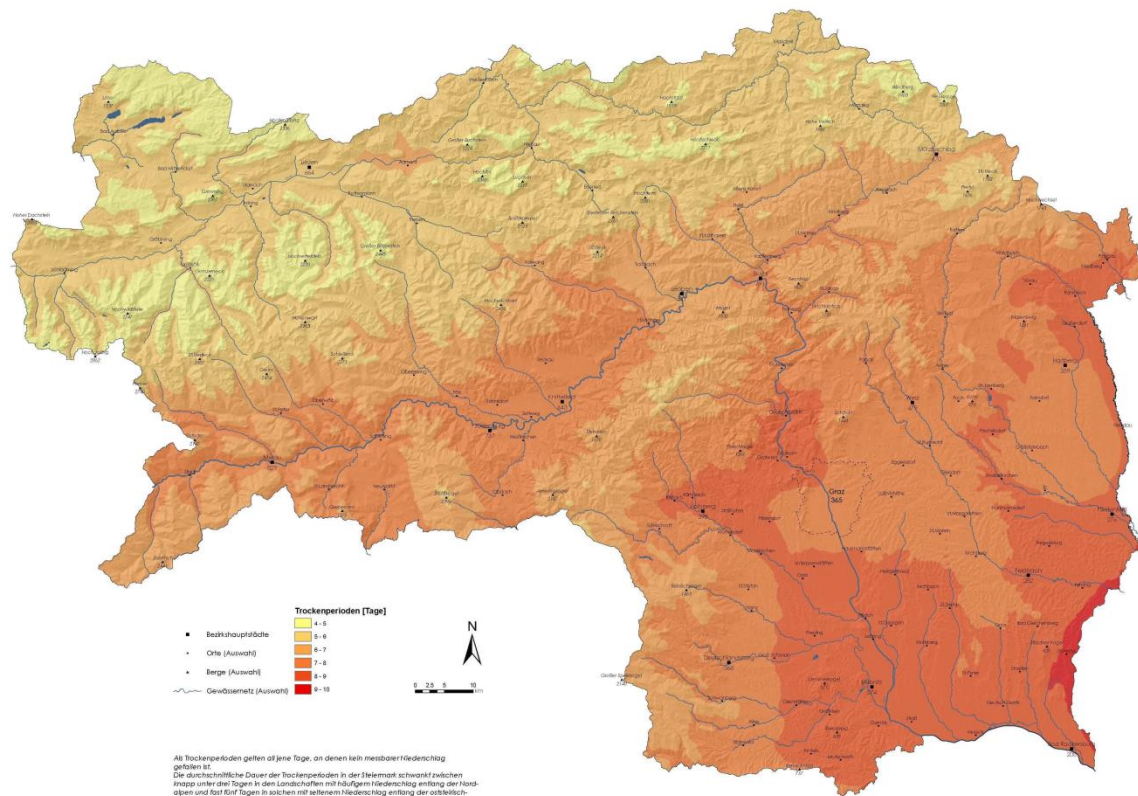
KLIMAAATLAS STEIERMARK



4.26 Durchschnittliche Häufigkeit von Trockenperioden (Dauer von 7 bis 14 Tage) im Jahr

Periode 1971 bis 2000

4 NIEDERSCHLAG



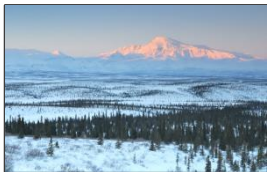
Als Trockenperioden gelten all jene Tage, an denen kein messbarer Niederschlag gefallen ist. Die durchschnittliche Dauer der Trockenperioden in der Steiermark schwankt zwischen knapp unter drei Tagen in den Landschaften mit häufigem Niederschlag entlang der Ostalpen und fast fünf Tagen in solchen mit seltenem Niederschlag entlang der ostbayerischen Grenzlinie.

Datengrundlagen: ZAMG, Hydrographische Dienst
Kartengrundlagen: GIS-Steiermark, BEV
Thematische und hydrographische Bearbeitung: ZAMG; V. Hlawacek, H. Eder
Ansprechpartner: A. Fodesser

KLIMAATLAS STEIERMARK



4 Die anthropogene Klimaveränderung (global)



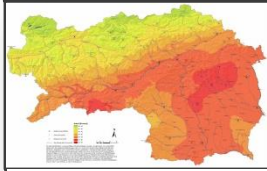
1 Klimageschichte

Wie war es früher?



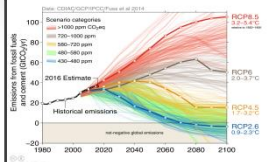
2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark

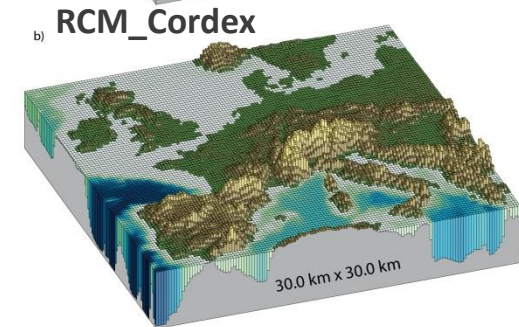
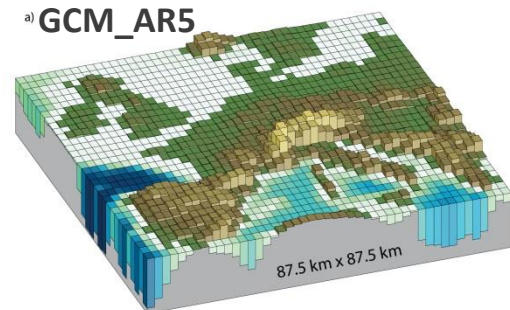
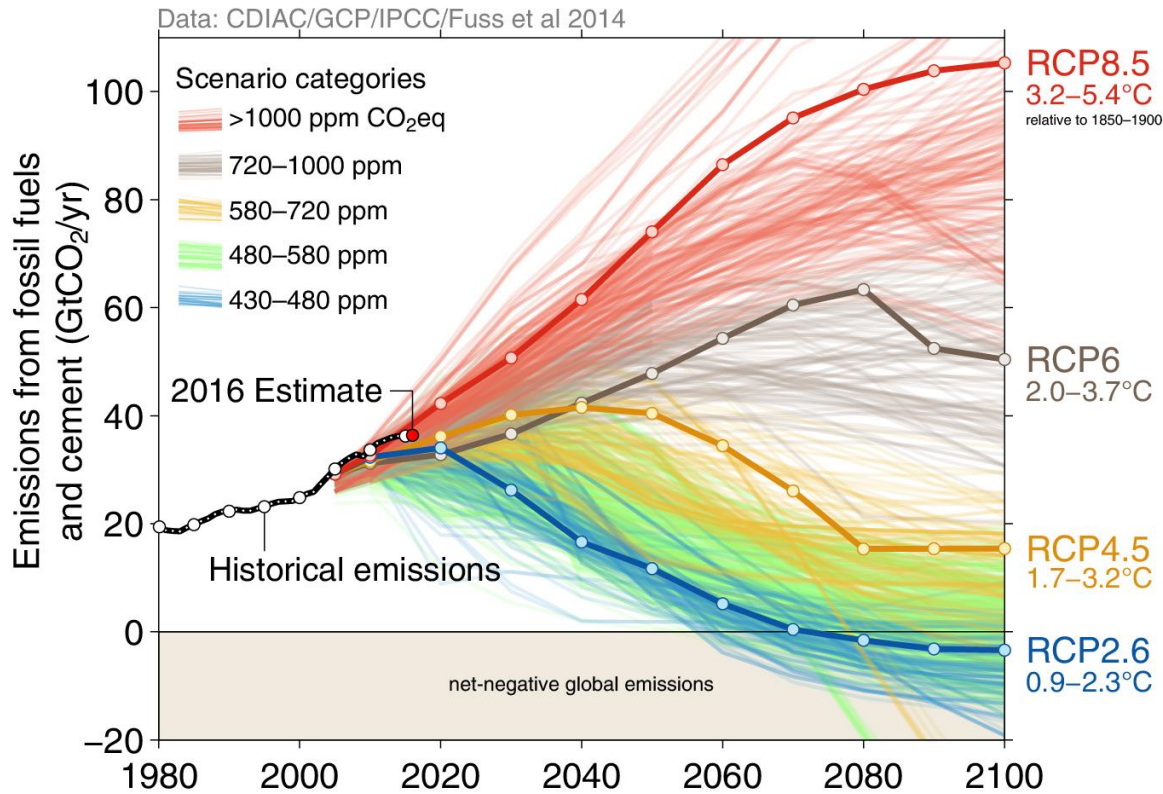
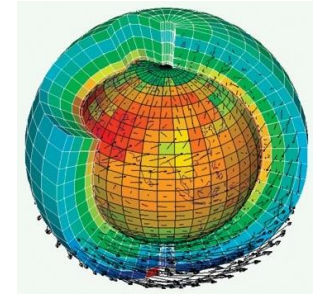


4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung

Klimawandel und Wasserressourcen

4 Die anthropogene Klimaveränderung (global)



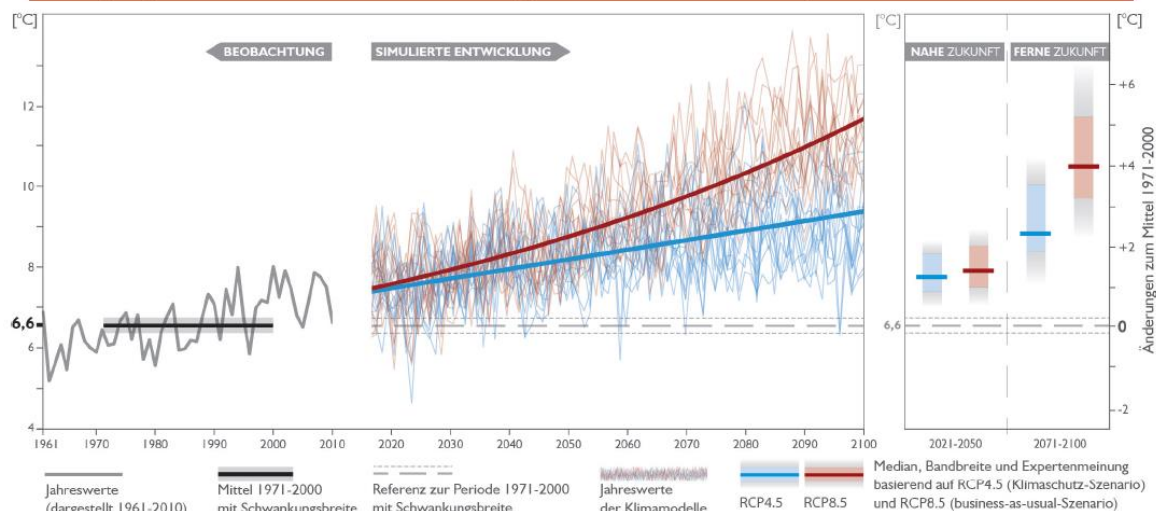
Global Carbon Project

• **Global: +2.1° bis +4.7° bis 2100**

ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik



Vergangene und simulierte Entwicklung der mittleren Lufttemperatur



Beobachtete Werte und simulierte Änderungen der mittleren Lufttemperatur (in °C)

	1971-2000		2021-2050				2071-2100			
	Jahreswerte	RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)	RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)			
bis	6,8	+1,8	+2,0		+3,6		+5,3			
Mittel	6,6	+1,3	+1,4		+2,3		+4,0			
von	6,4	+0,9	+1,0		+1,8		+3,3			
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis	-1,6	15,3	+1,9	+1,9	+2,3	+2,2	+3,3	+3,2	+5,4	+5,9
Mittel	-2,0	15,1	+1,5	+1,3	+1,6	+1,4	+2,4	+2,1	+4,5	+4,0
von	-2,4	14,9	+0,8	+1,1	+0,7	+1,1	+1,9	+1,7	+3,5	+3,3

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August



Temperaturen im 21. Jahrhundert (Steiermark)

27.03.2019
26



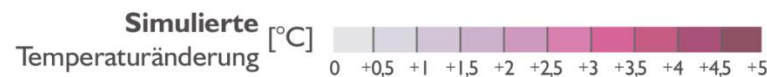
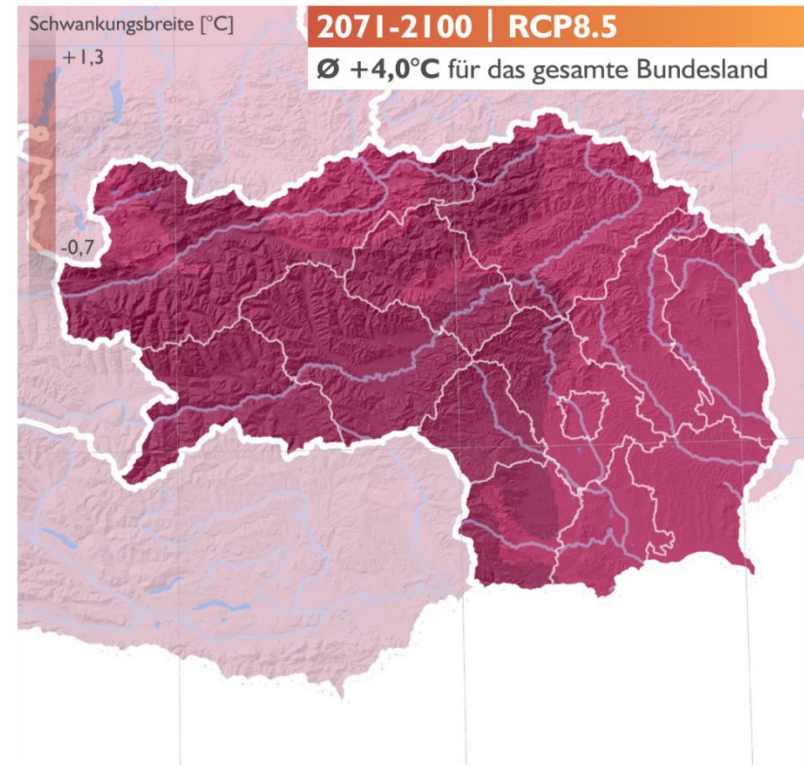
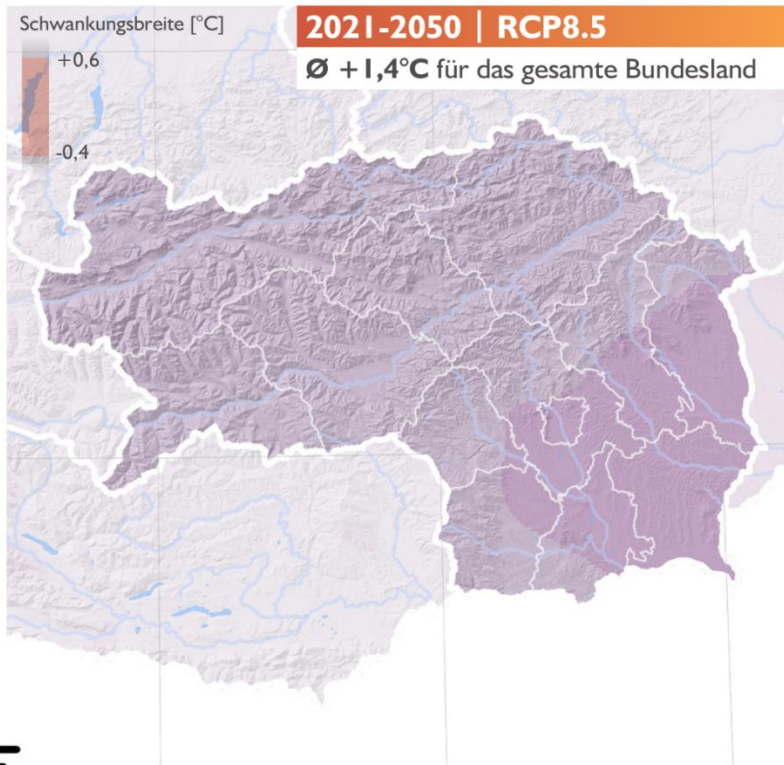
		1971-2000		2021-2050				2071-2100			
		Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
bis		6,8		+1,8		+2,0		+3,6		+5,3	
Mittel		6,6		+1,3		+1,4		+2,3		+4,0	
von		6,4		+0,9		+1,0		+1,8		+3,3	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis		-1,6	15,3	+1,9	+1,9	+2,3	+2,2	+3,3	+3,2	+5,4	+5,9
Mittel		-2,0	15,1	+1,5	+1,3	+1,6	+1,4	+2,4	+2,1	+4,5	+4,0
von		-2,4	14,9	+0,8	+1,1	+0,7	+1,1	+1,9	+1,7	+3,5	+3,3

Je nach Szenario: bis zu + 4 °C bis 2100!

Temperaturen im 21. Jahrhundert (Steiermark)

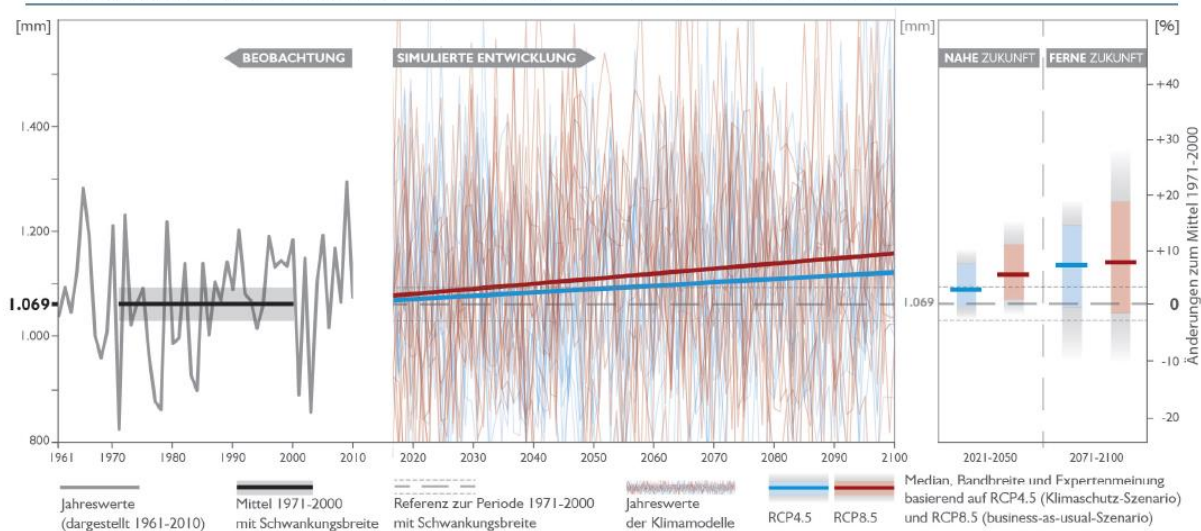


27.03.2019
27





Vergangene und simulierte Entwicklung des mittleren Niederschlages



Beobachtete Werte (in mm) und simulierte Änderungen der mittleren Niederschlagssummen (in %)

		1971-2000		2021-2050				2071-2100			
		Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
Mittel	bis	1.113		+7,7		+11,6		+14,9		+18,2	
		1.069		+2,6		+5,9		+7,4		+8,0	
	von	1.024		-1,5		+1,6		-1,5		-2,1	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Mittel	bis	184	439	+20,0	+9,5	+25,7	+12,6	+26,1	+17,8	+39,3	+18,5
		167	411	+11,7	-0,0	+14,0	+2,3	+12,1	+3,9	+24,1	-2,3
	von	150	382	+0,4	-9,8	-1,8	-8,1	-6,4	-13,1	+8,8	-22,7

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August



Niederschläge im 21. Jahrhundert (Steiermark)

27.03.2019
29

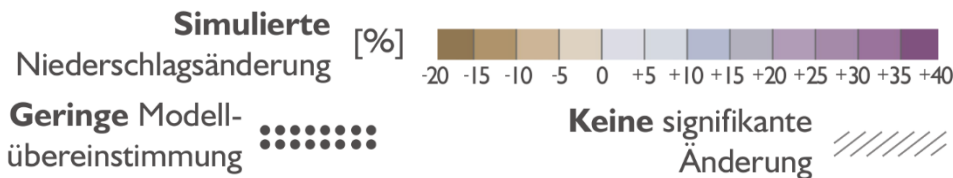
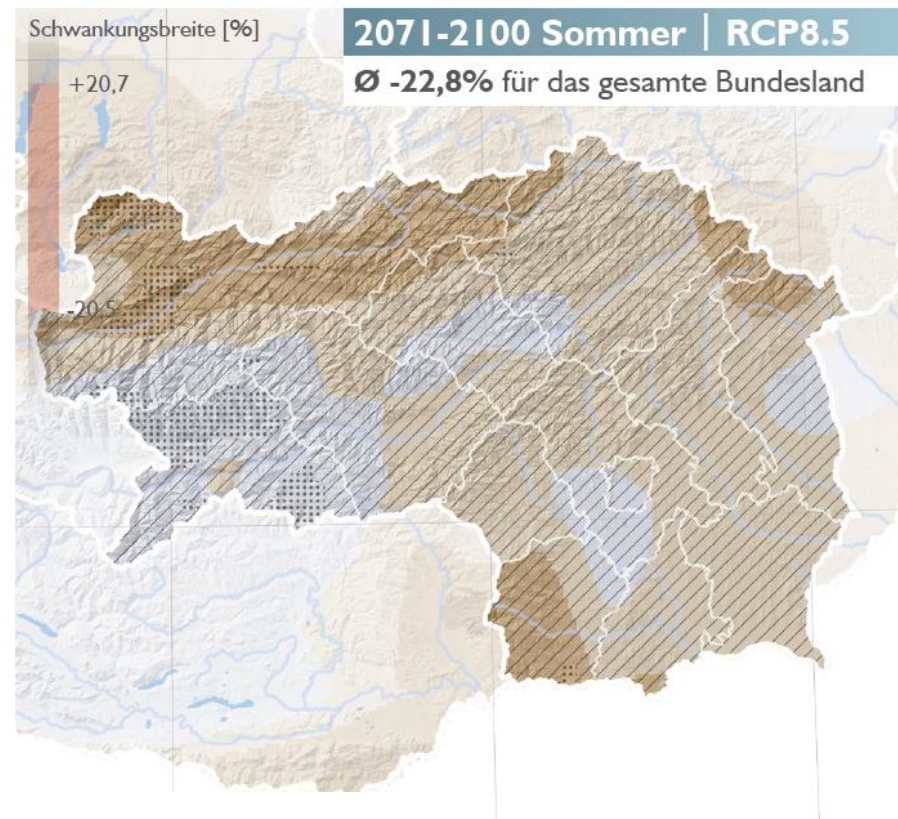
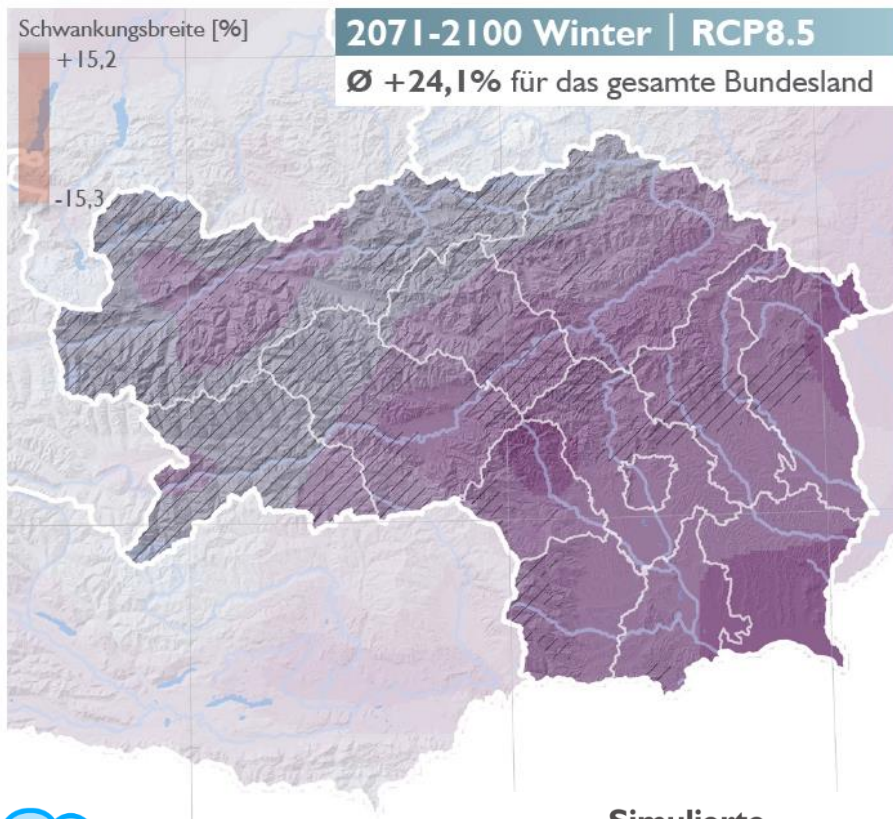


1971-2000		2021-2050				2071-2100					
Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)			
bis	1.113	+7,7		+11,6		+14,9		+18,2			
Mittel	1.069	+2,6		+5,9		+7,4		+8,0			
von	1.024	-1,5		+1,6		-1,5		-2,1			
Winter		Sommer		Winter		Sommer		Winter		Sommer	
bis	184	439	+20,0	+9,5	+25,7	+12,6	+26,1	+17,8	+39,3	+18,5	
Mittel	167	411	+11,7	-0,0	+14,0	+2,3	+12,1	+3,9	+24,1	-2,3	
von	150	382	+0,4	-9,8	-1,8	-8,1	-6,4	-13,1	+8,8	-22,7	

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

Jahresniederschlag nimmt leicht zu. Nicht signifikant.

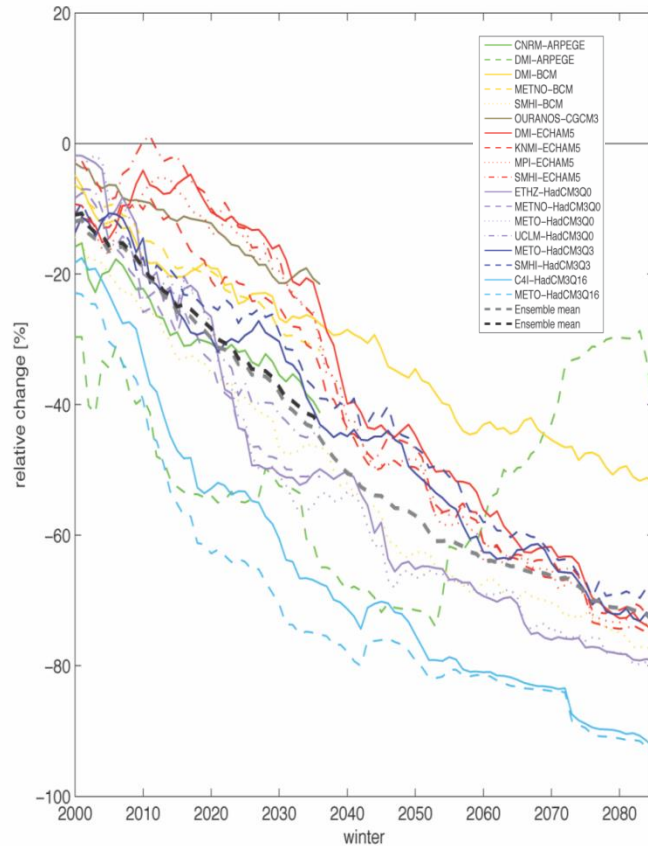
Niederschläge im 21. Jahrhundert (Steiermark)





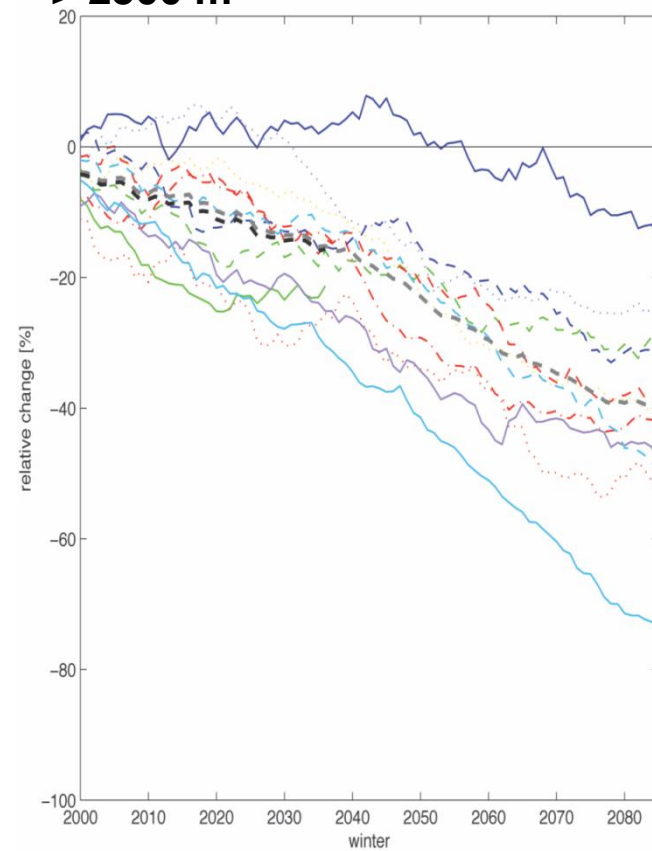
Änderung des Schneewasseräquivalents – Höhenabhängigkeit (A1B)

1000 – 1500 m



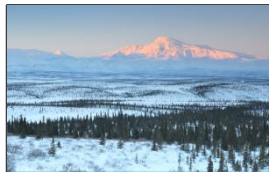
(30-year running means)

> 2500 m





5 Starkregen



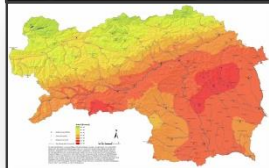
1 Klimageschichte

Wie war es früher?



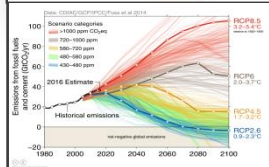
2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark



4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung



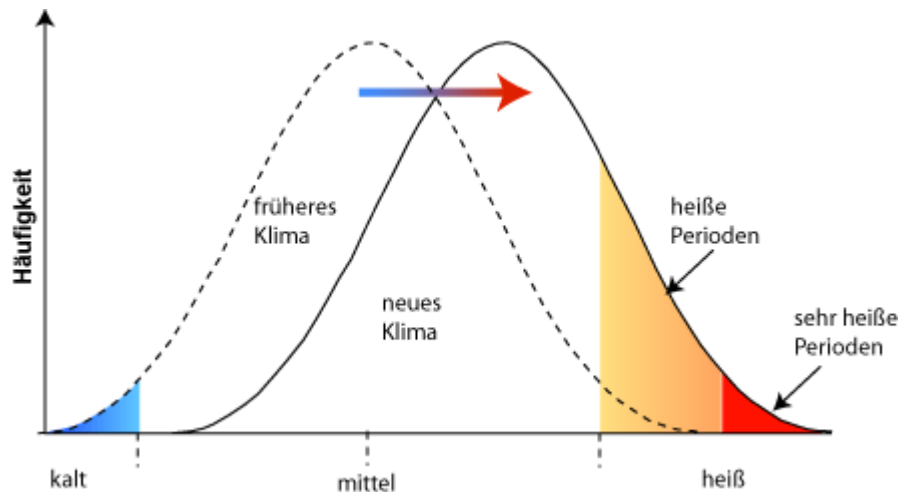
5 Fokus Starkregen

Was passiert beim Starkregen?



5 Starkregen

Veränderung der Häufigkeitsverteilung der Temperaturen:



Wärmer und mehr Energie im System (atm. Feuchte)

→ Globaler Wasserkreislauf intensiviert sich

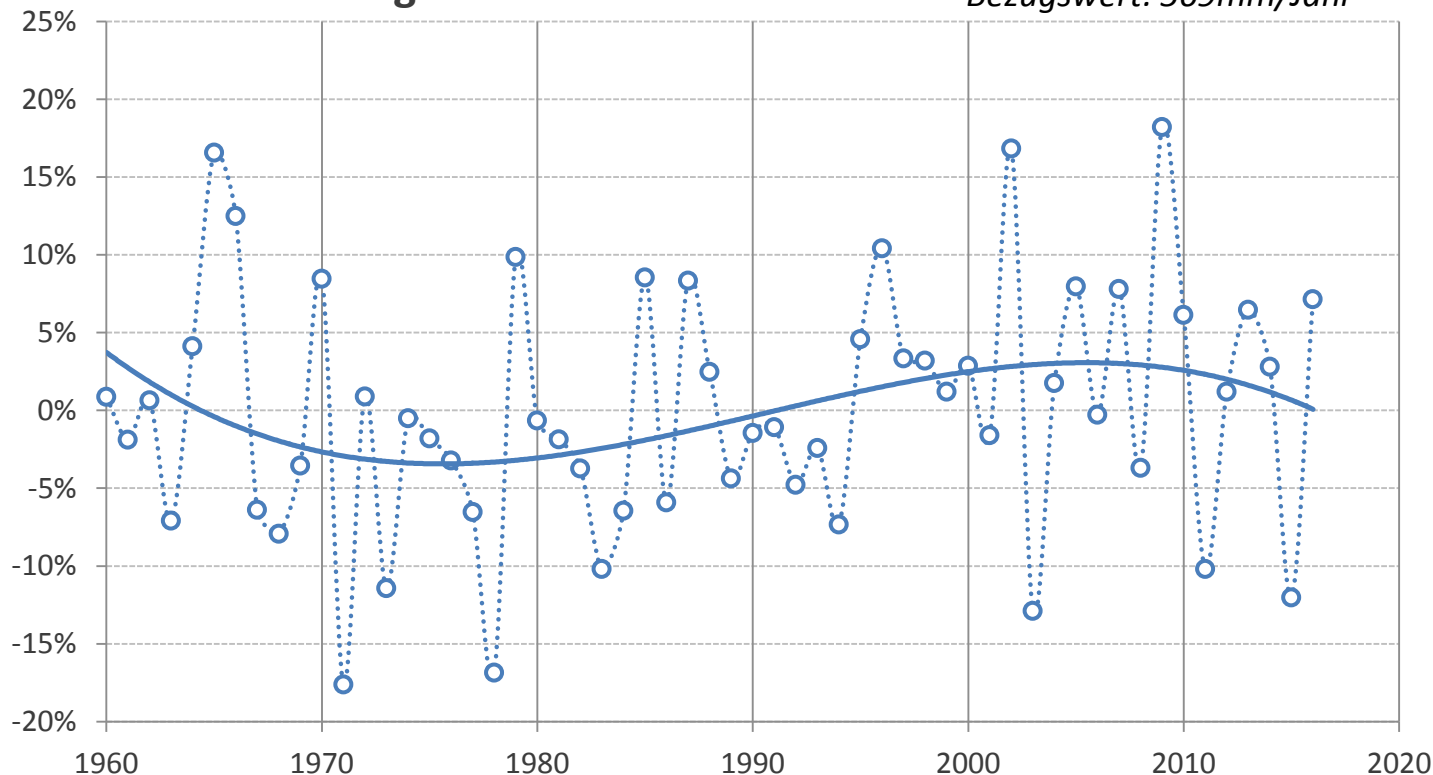


5 Starkregen

- bis 1977 Abnahme
- danach bis 2005 Zunahme
- **NEU: nach 2005 stagnierend**

Österreich Jahresniederschlag:
Globaler CO₂-Anstieg ist hier kaum erkennbar !

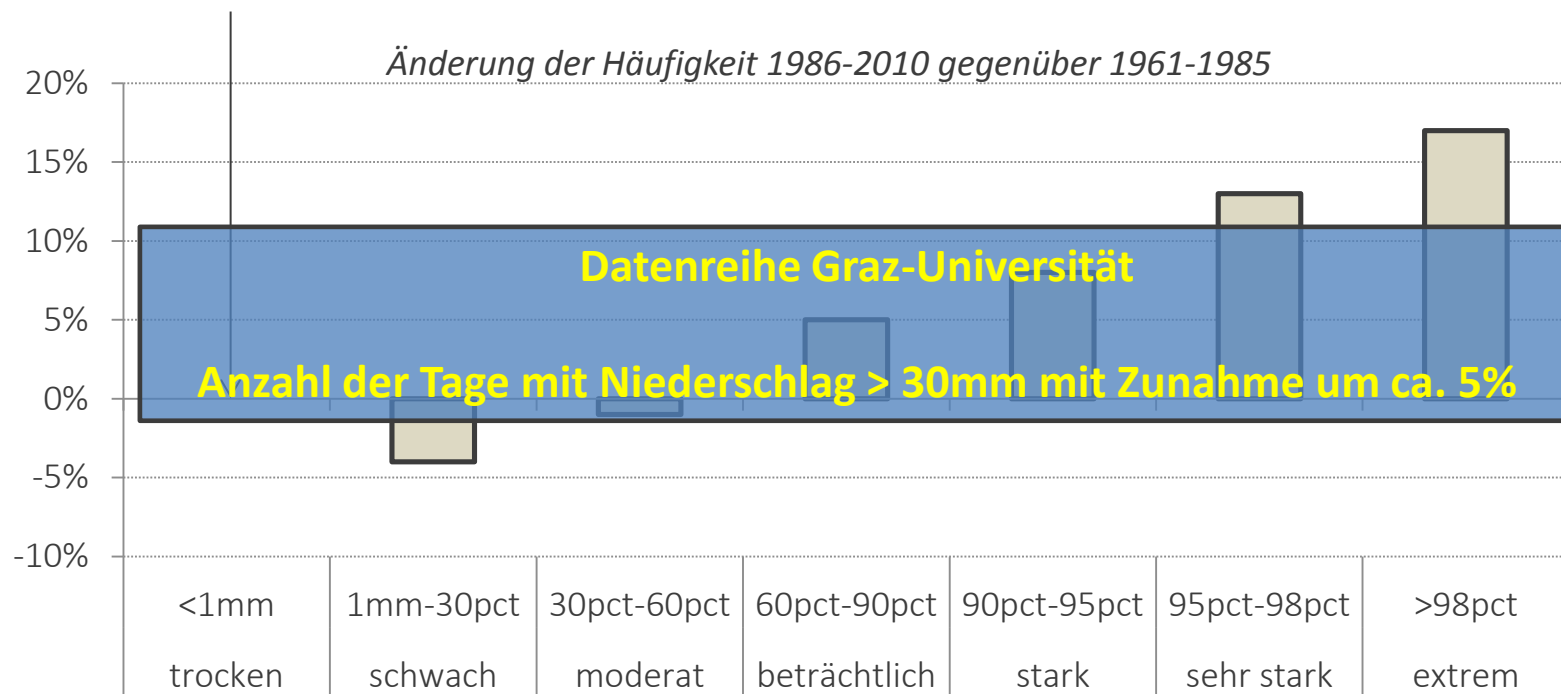
AT: Niederschlagsanomalie <900m Seehöhe *Bezugswert: 569mm/Jahr*





5 Starkregen

Anzahl der Niederschlagstage blieb seit 1961 gleich, aber:



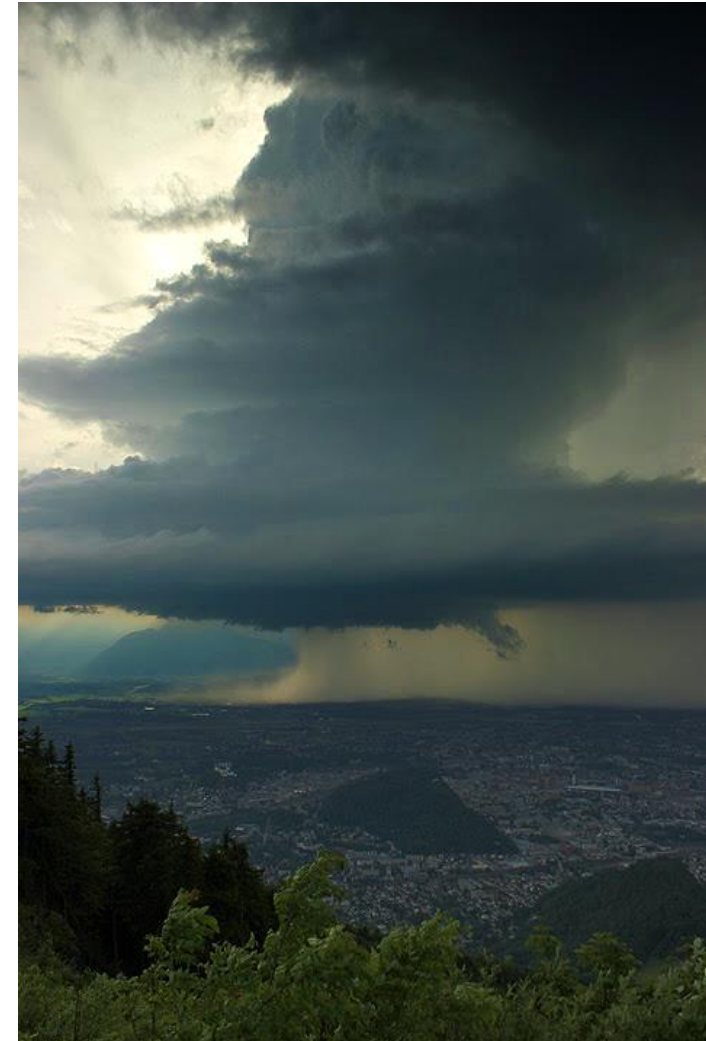
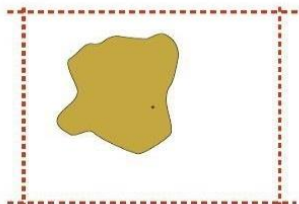
Häufigkeit von Starkniederschlägen hat zugenommen +10%



5 Starkregen

Problemstellung:

- Kleinräumige, kurzlebige Ereignisse
- Nur selten repräsentative Messungen
- Keine räumlich und zeitlich konsistenten Aufzeichnungen über Schäden
- Kein rein meteorologisches Problem, sondern auch:
 - Geologie (Untergrund)
 - Hydrologie (Vorbefeuchtung des Bodens)
 - Geländeform
 - Landnutzung und Raumplanung
- Klimamodelle meist (noch) zu grob für direkte Simulation



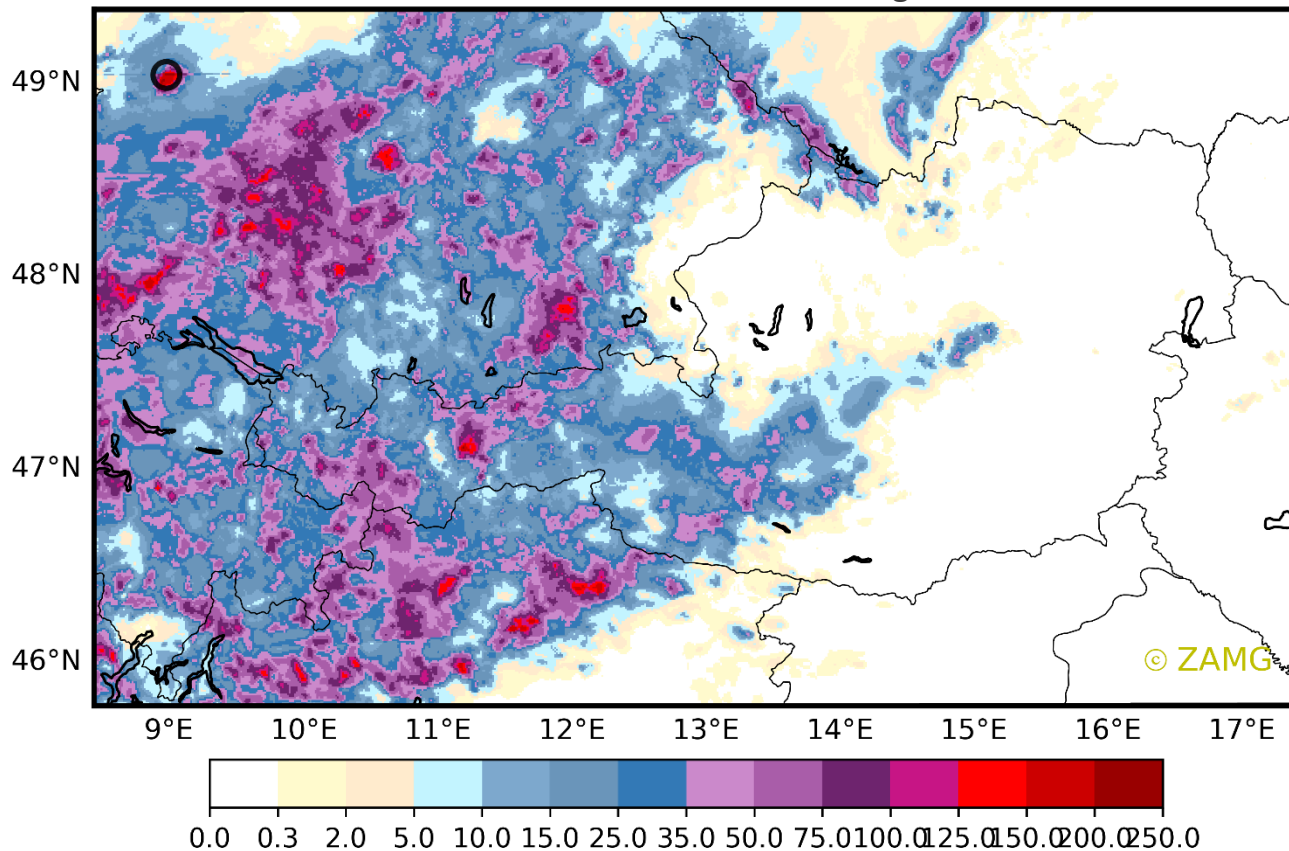


3 Starkregen

Das Problem der Erfassung:

- Regenradar, INCA:

Niederschlag vom 6. Juni 2015

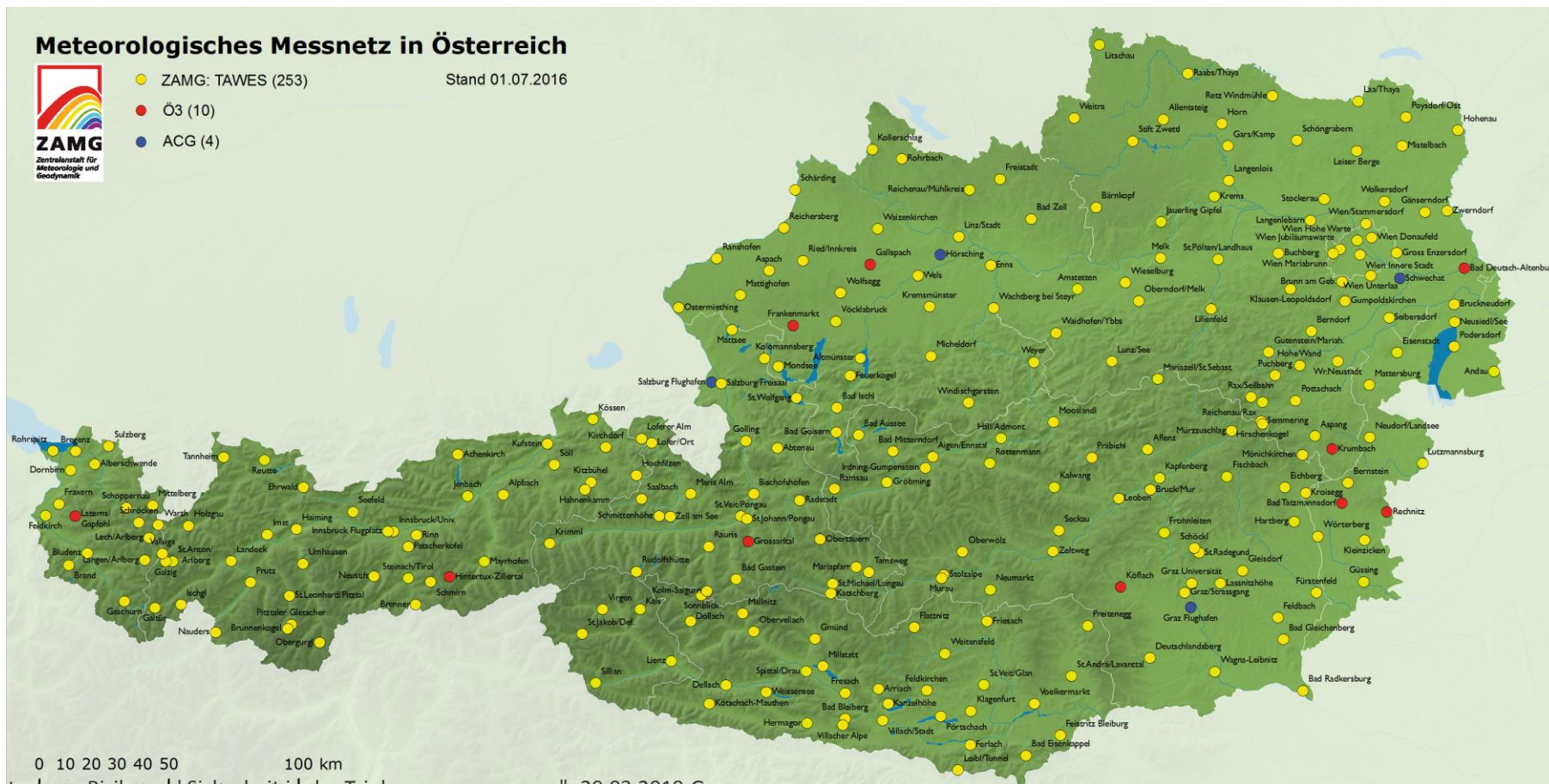




5 Starkregen

Das Problem der Erfassung:

- Regenradar, INCA vs. Stationsdichte

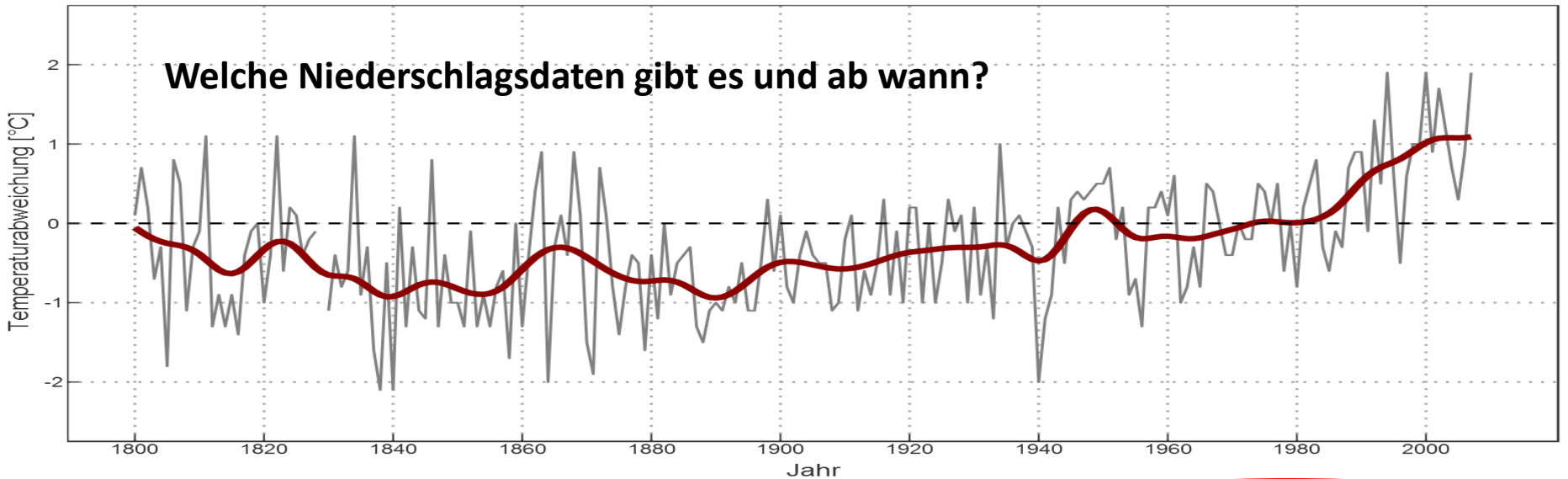


Klimawandel und Wasserressourcen




5 Starkregen

Welche Niederschlagsdaten gibt es und ab wann?



Flächendeckende Radardaten 

Stationsdaten: Stundensummen 

Stationsdaten: Tagessummen 

Stationsdaten: Monatssummen 

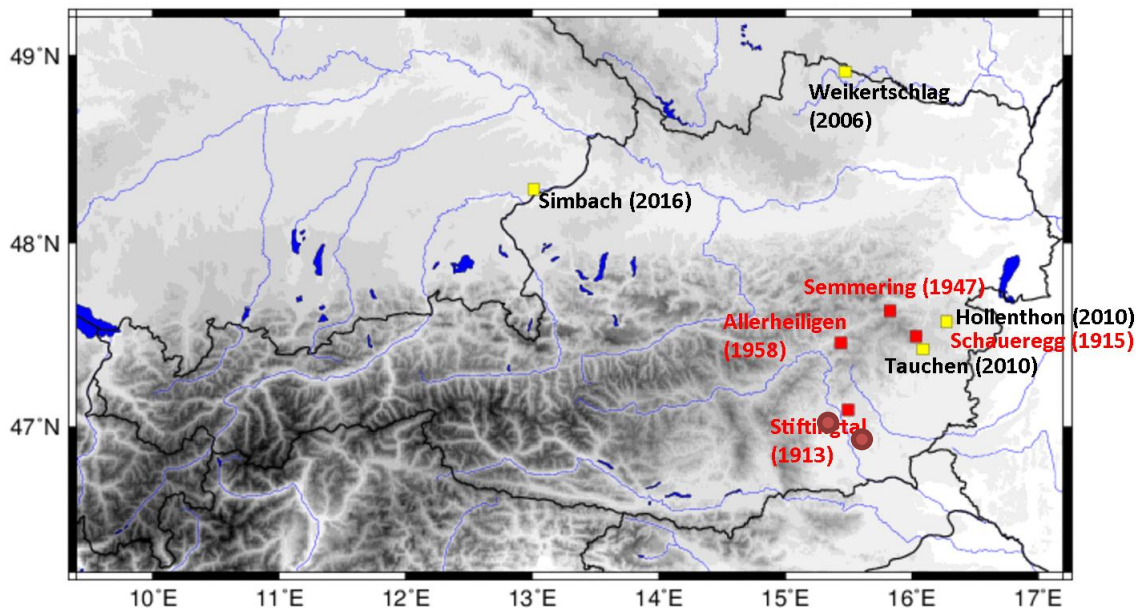


5 Starkregen

Extreme Ereignisse: War das schon das Schlimmste ?

Stärkste be

historische Niederschlagsextrema in Österreich



ich:

Or
Stiftin
Schauer
Semmer
Allerhe
Gra
Heiligenk
Wass
Weikert
Hollen
Tauch
Simbach

sch
sch
tion; 1
tion; 7



Zusammenfassung

27.03.2019
Folie 41

Kernaussagen aus ÖKS15 für die Steiermark:

- Für **1971-2000** beträgt die **mittlere jährliche Niederschlagssumme 1.069mm**. Sie weist eine **Schwankungsbreite** von $\pm 4,2\%$ auf
- Für **beide Szenarien** ist in **naher und ferner Zukunft** mit **leichter Zunahme im mittleren Jahresniederschlag** zu rechnen. Diese ist jedoch **erst in ferner Zukunft und nur stellenweise** (westliche Obersteiermark bis Hochschwab-Gebiet) **groß genug für eine signifikante Änderung**
- Es zeigen sich **saisonale und regionale Unterschiede**. **Signifikante saisonale Zunahmen** ergeben sich nur in der **fernen Zukunft in RCP8.5 (business-as-usual) im Frühling** von der **westlichen Obersteiermark bis zum Mariazellerland** mehr als **+16%** und im **Winter** von mehr als **+20%** in **weiten Teilen der Obersteiermark und des Grazer Beckens**
- Alle anderen Änderungen unterliegen entweder der **großen Schwankungsbreite des Niederschlags** oder der **mangelnden Zuverlässigkeit der Klimamodelle**
- Der **Niederschlag vor Ort hängt von vielen Faktoren ab**, die nicht alle von den Klimamodellen gleichermaßen gut erfasst werden



Allerdings:

Die letzten etwa 20 Jahre (ab 2000) waren außergewöhnlich:

- In dieser Phase gab es gehäuft extreme Ereignisse, mit trockenen Jahren 2003, 2011, 2015, 2018 und den konvektiven Jahren 2009, 2011, 2012, 2014.

Klimazukunft:

- Zunahme der Niederschlagsmengen speziell im Winter, bei gleichzeitigem Anstieg der Schneefallgrenze, dadurch Änderungen der nivalen Flussregime
- Verstärkte konvektive Starkniederschlägen denkbar (unliebsame Überraschung!)
- deutliche Verlängerung der Gewitter-Saison

→ neue Herausforderungen/Anforderungen, **HANDLUNGSBEDARF ANPASSUNG**

Klimawandel und Wasserressourcen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

27.03.2019
Folie 43



Das Unbeherrschbare vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen!

W. Endlicher