

# 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



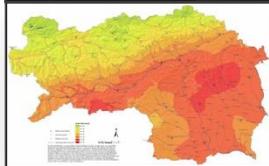
### 1 Klimageschichte

Wie war es früher?



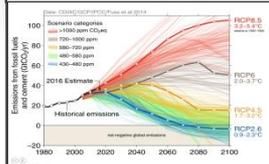
### 2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



### 3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark



### 4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung



### 5 Fokus Starkregen

Was passiert beim Starkregen?



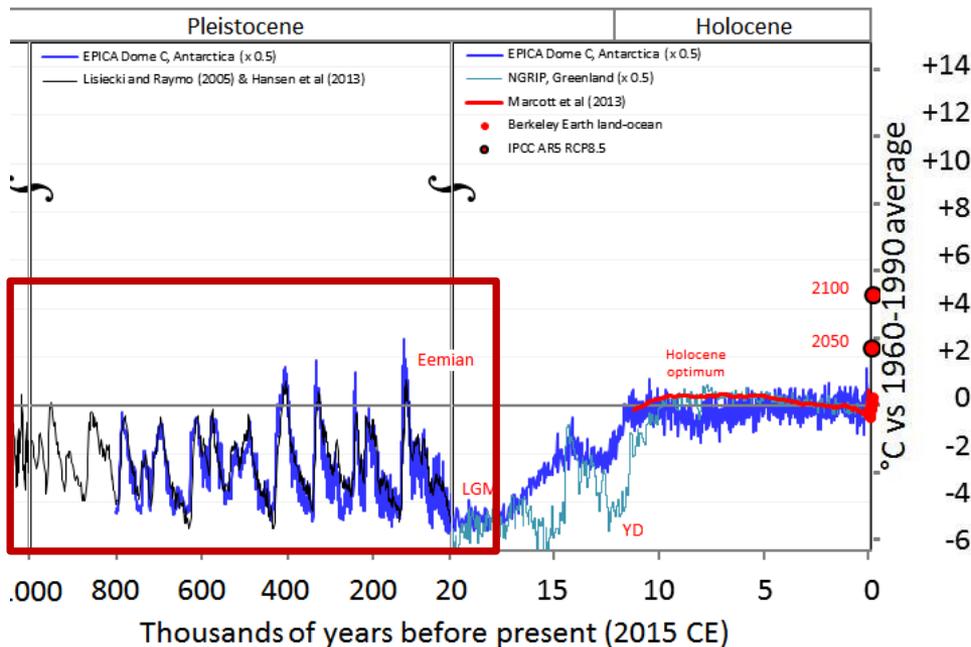
## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



### 1 Klimageschichte Wie war es früher?

# Klimawandel und Wasserressourcen

## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



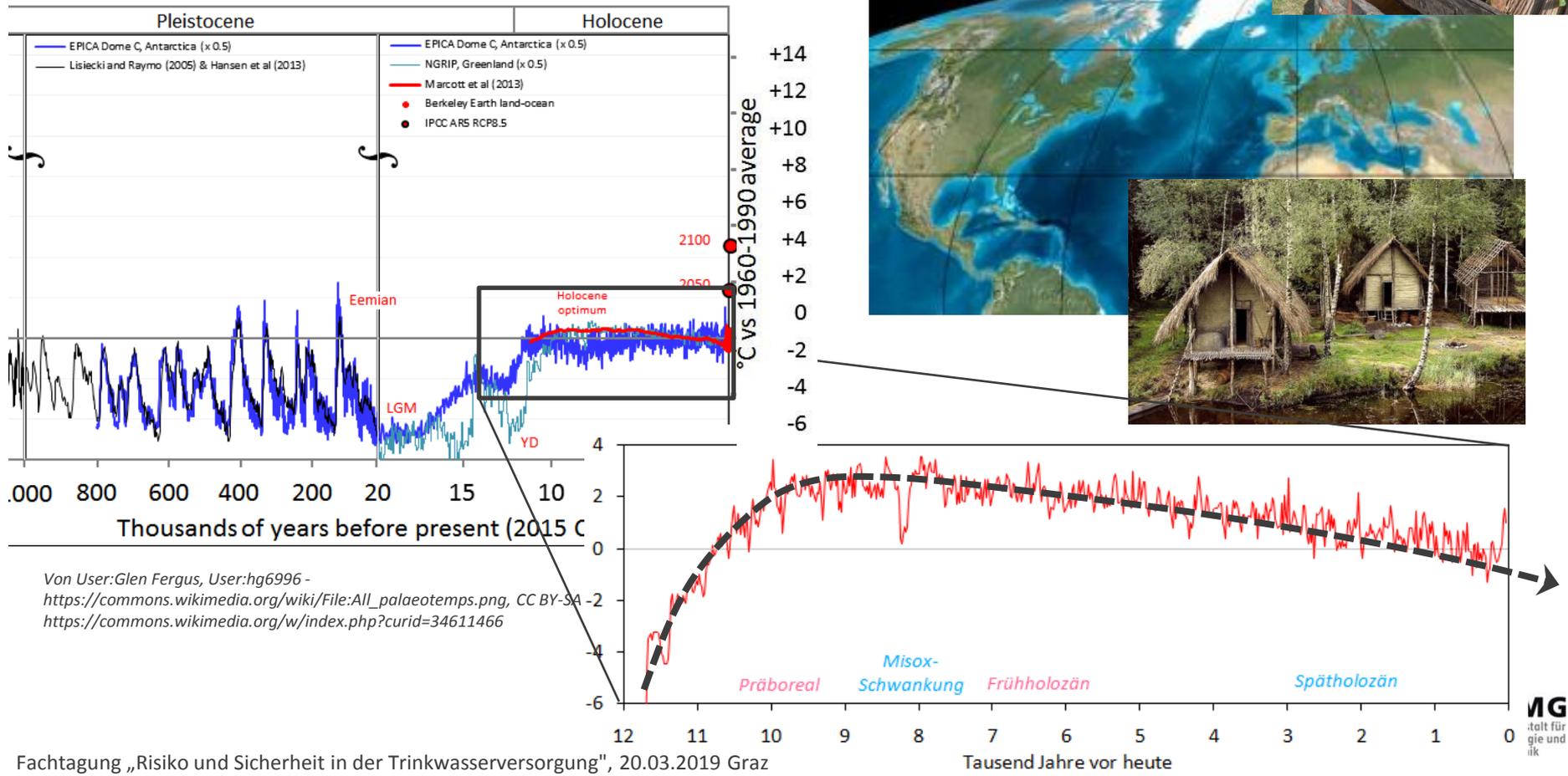
Von User:Glen Fergus, User:hg6996 -  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All\\_palaeotemps.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_palaeotemps.png), CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34611466>

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

# Klimawandel und Wasserressourcen

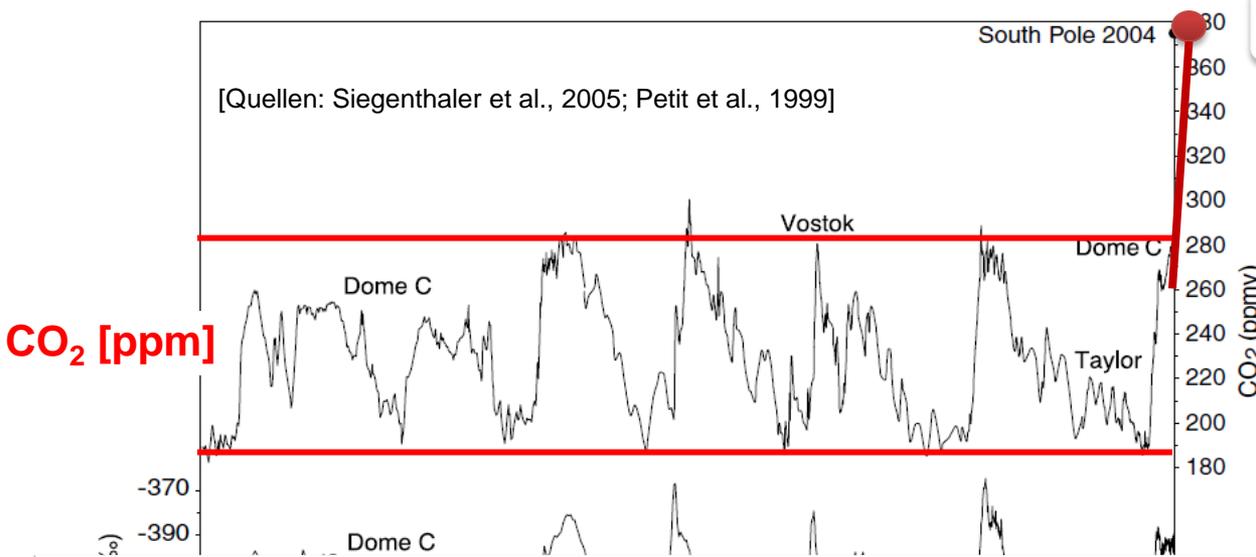


## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



# Klimawandel und Wasserressourcen

## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas

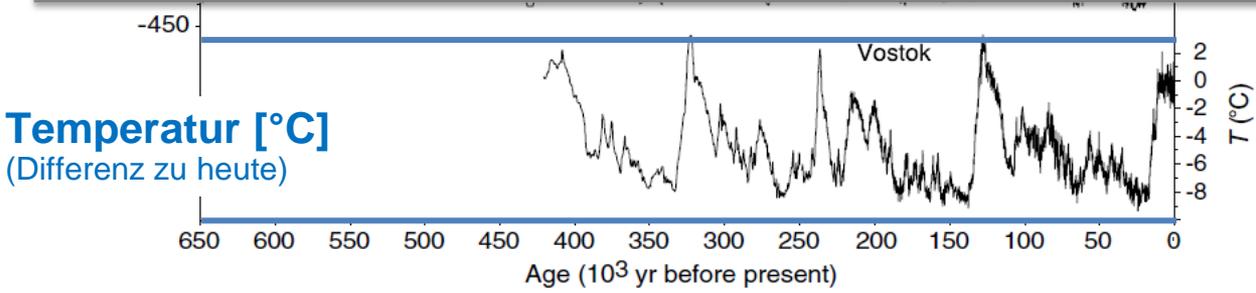


← 2017: 405 ppm

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

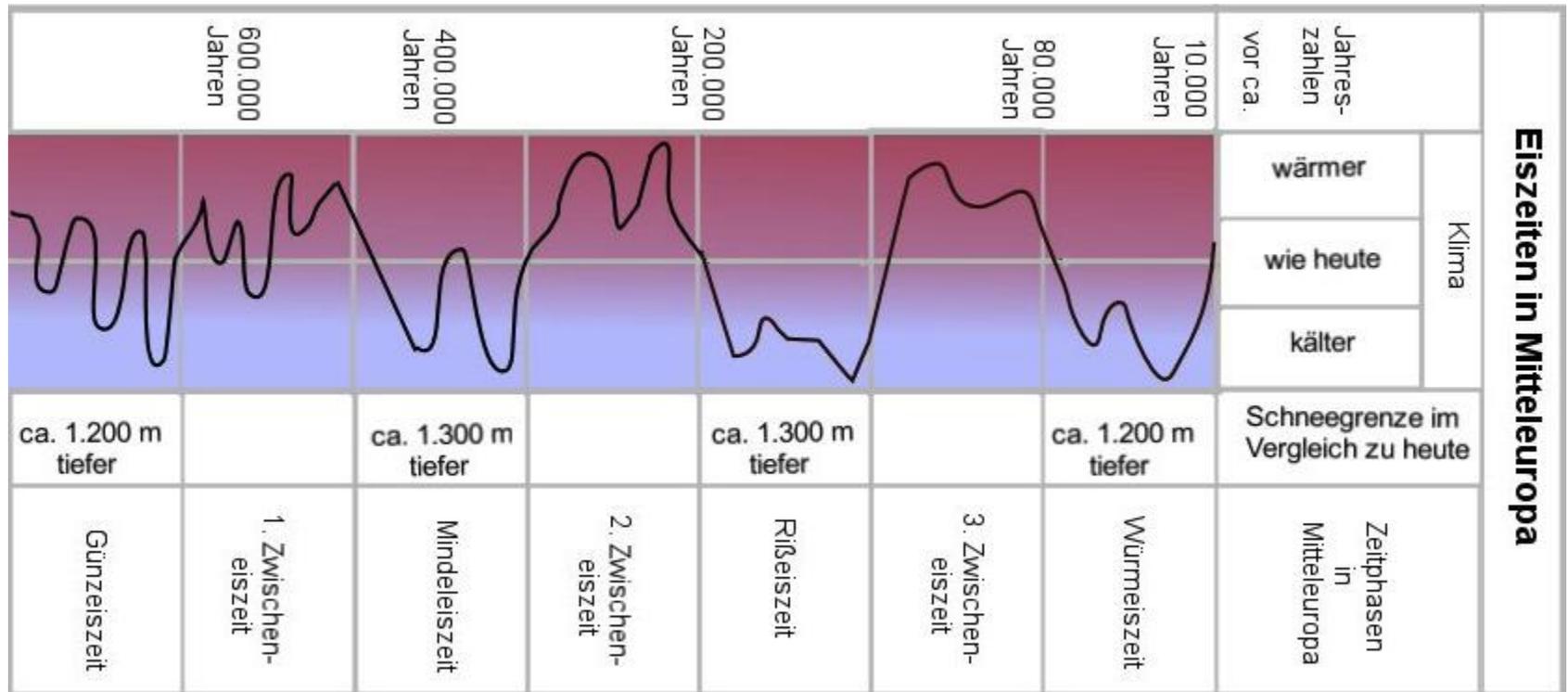
← Kaltphase: 190 ppm

**Kohlenstoffdioxid-Gehalt korreliert mit der Globaltemperatur.**





## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas



# Klimawandel und Wasserressourcen



## 1 Eine Kurzgeschichte des Klimas

ohne Treibhausgase  $-15^{\circ}\text{C}$

entspricht dem Klimamittel von Oymyakon (Ost-Sibirien)

Mittleres Maximum:  $-8.8^{\circ}\text{C}$

Mittleres Minimum:  $-22.1^{\circ}\text{C}$

Vergleich Graz: Jännermittel  $-1^{\circ}\text{C}$

Mit Treibhausgasen:  $+14.0^{\circ}$

Aktuell : ca.  $+15.0^{\circ}$

Wasserdampf, Lachgas  
Kohlendioxid, Methan





## 2 Die anthropogene Klimaveränderung



### 1 Klimageschichte

Wie war es früher?



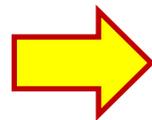
### 2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



***ab 1860***

***Der Mensch verändert das globale Klima***



**„anthropogener  
Klimawandel“**

# Klimawandel und Wasserressourcen

## 2 Die anthropogene Klimaveränderung



[dailyinbox.com](http://dailyinbox.com)



[www.fwi.co.uk](http://www.fwi.co.uk)



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



[www.recyclinginternational.com](http://www.recyclinginternational.com)



<http://www.desktopimages.org>

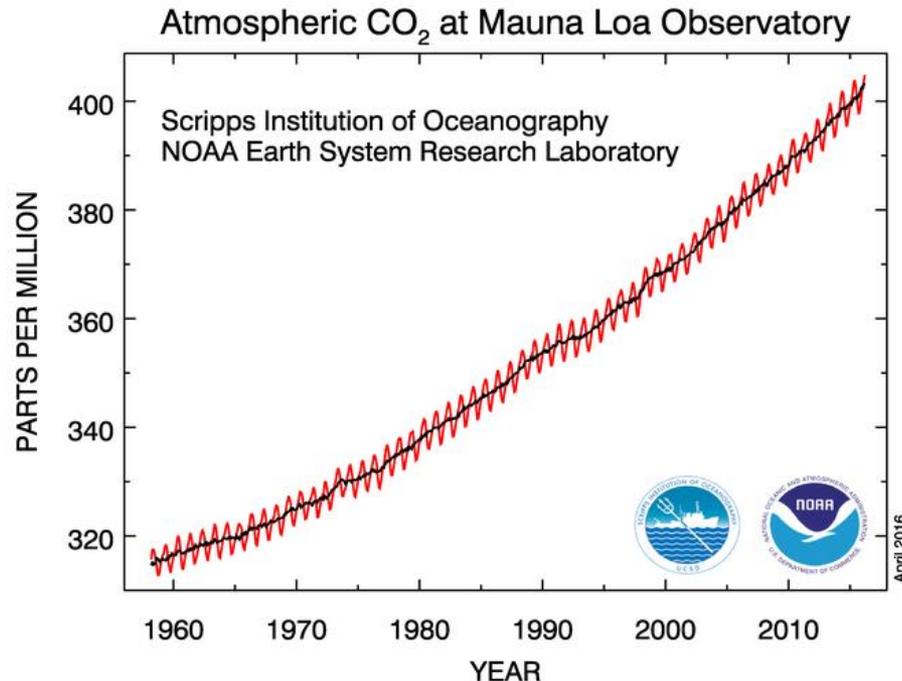


[www.theglobalgrid.org](http://www.theglobalgrid.org)





## 2 Die anthropogene Klimaveränderung (global)

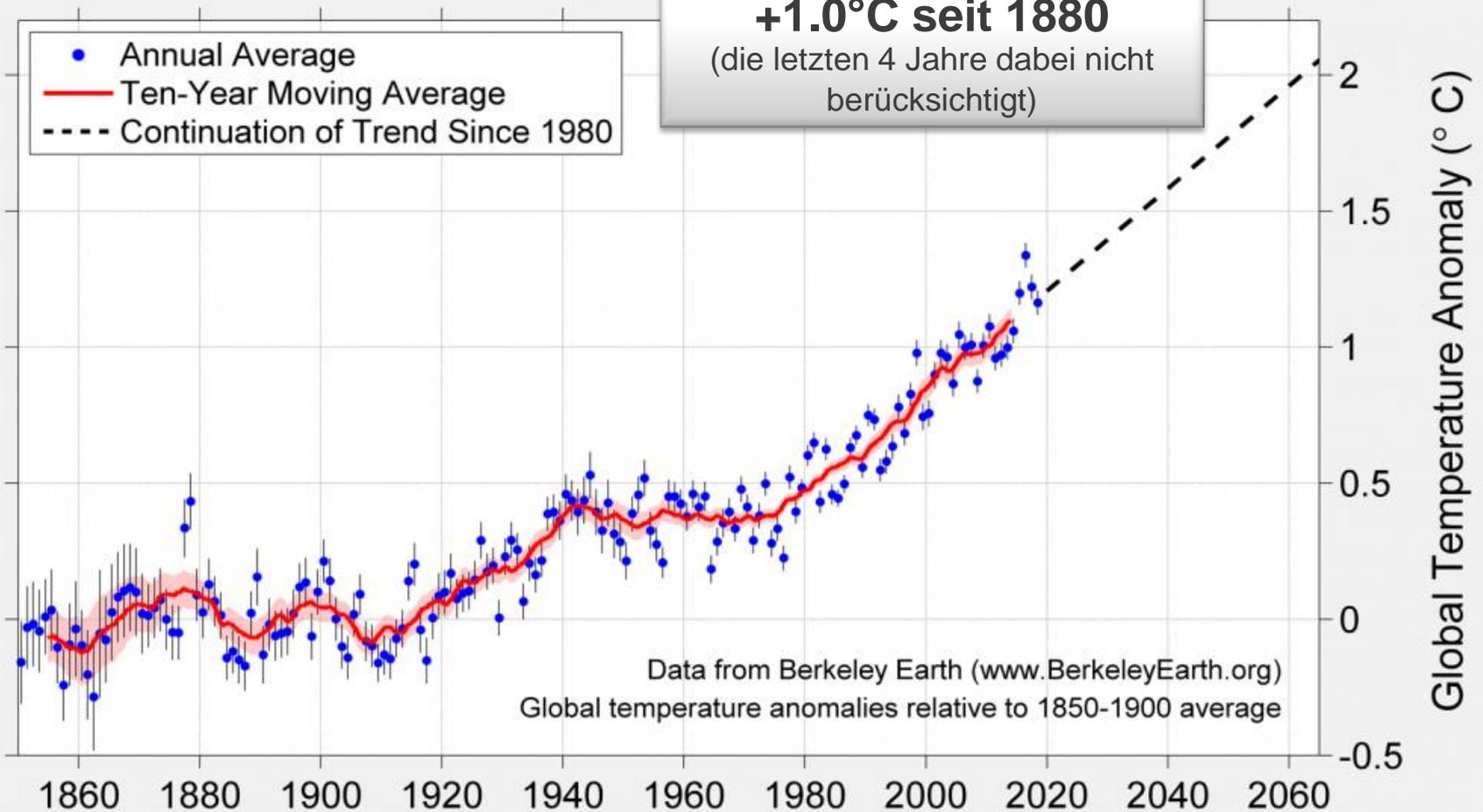


- CO<sub>2</sub> Konzentration heute **höher als jemals in den letzten 800,000 Jahren.**
- **40% Anstieg** der CO<sub>2</sub> Konzentration seit Beginn Industrialisierung.
- Ursache: **Fossile Brennstoffe, Änderung der Landnutzung, Dünger, Viehhaltung**
- 30% des emittierten menschlichen CO<sub>2</sub> wurde im Ozean gespeichert

# Klimawandel und Wasserressourcen

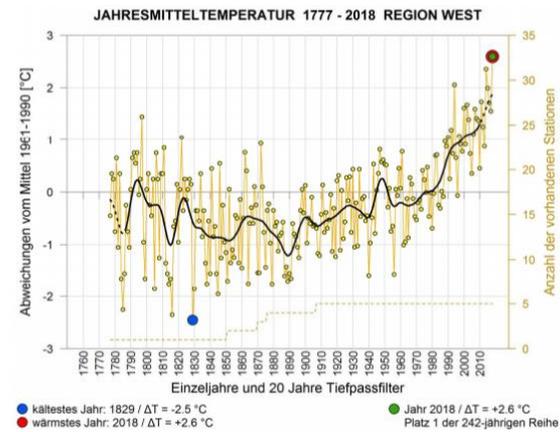
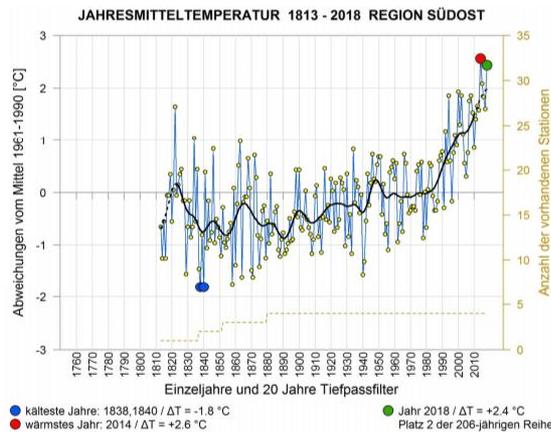
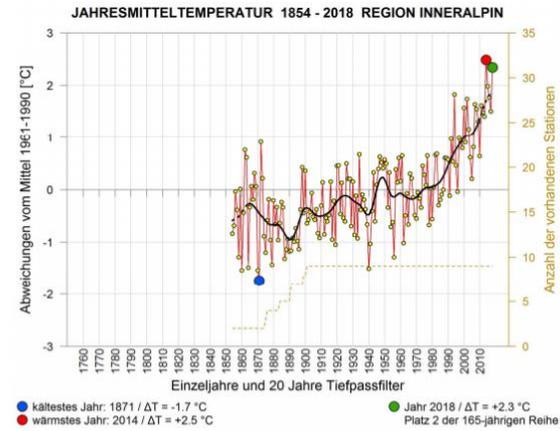
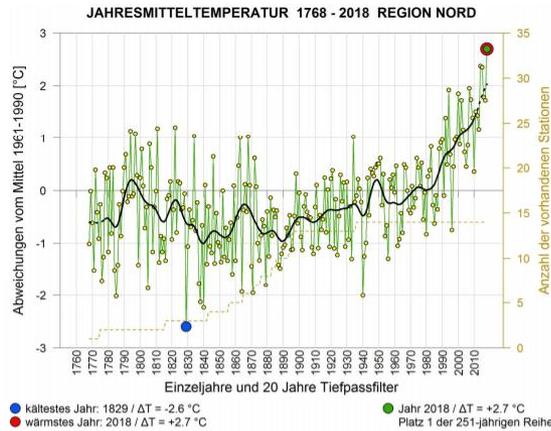


## 2 Die anthropogene Klimaveränderung: CO<sub>2</sub> (global)



# Klimawandel und Wasserressourcen

## 2 Die anthropogene Klimaveränderung: Temperatur (HISTALP Datensatz)

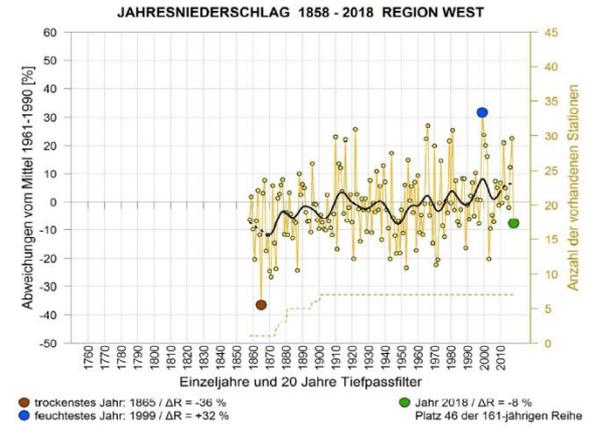
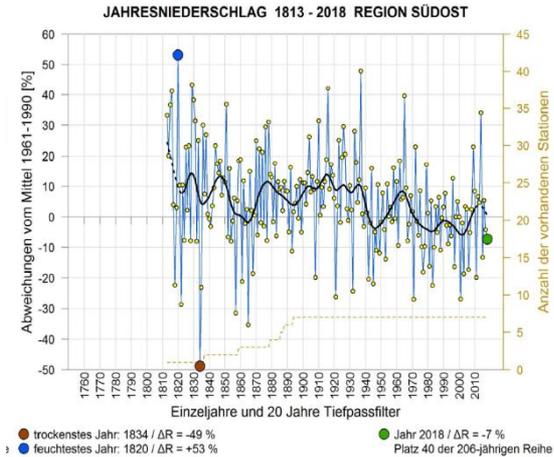
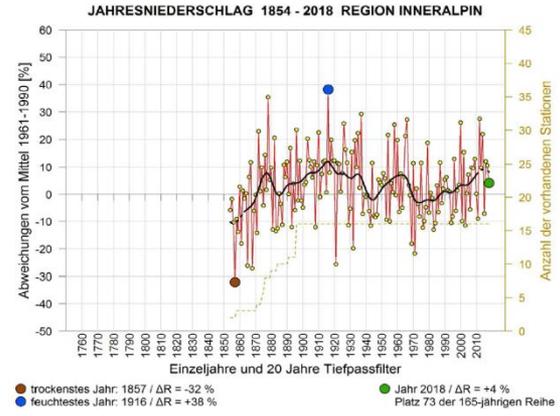
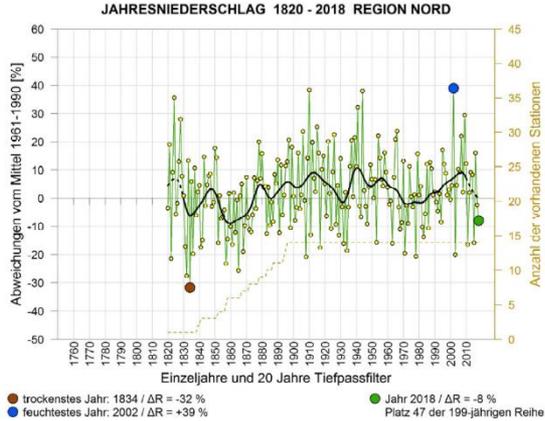


<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/histalp/histalp-oesterreich-jahresbericht-2018>

# Klimawandel und Wasserressourcen



## 2 Die anthropogene Klimaveränderung: Niederschlag (HISTALP Datensatz)

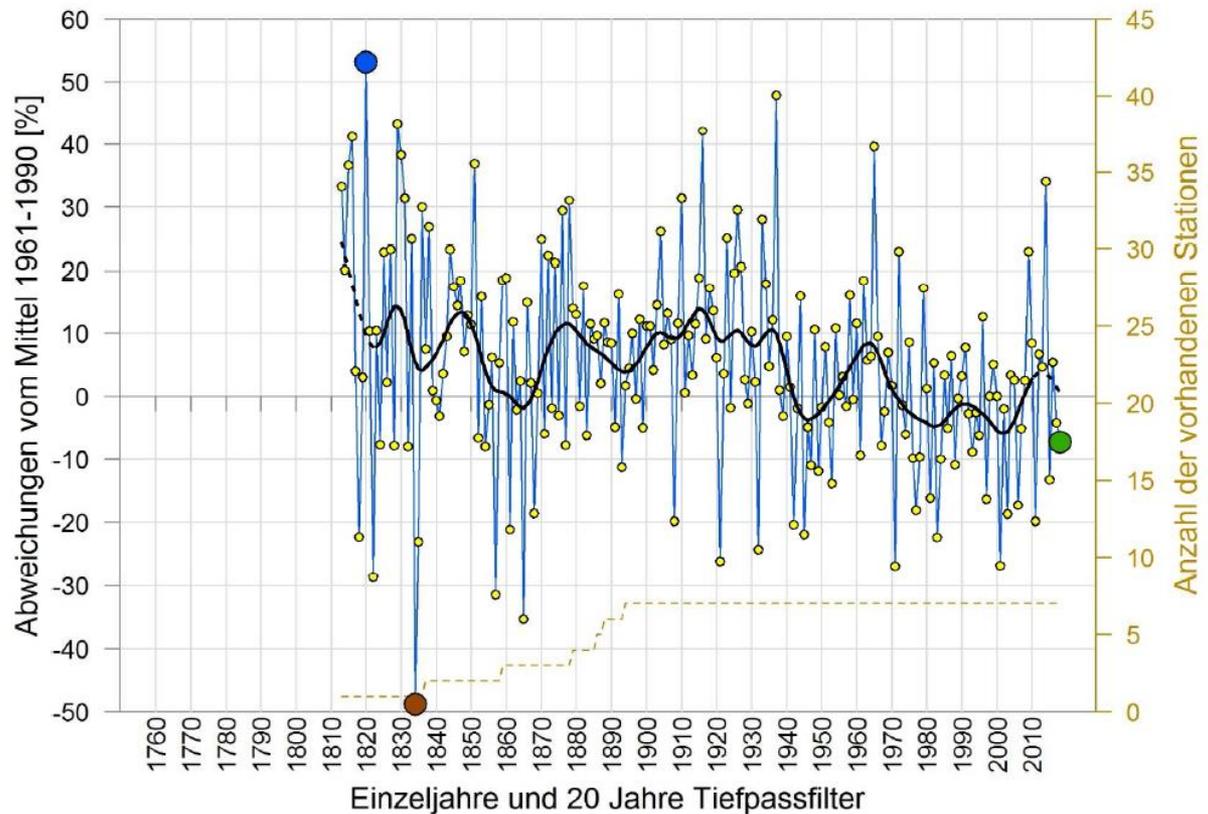


<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/histalp/histalp-oesterreich-jahresbericht-2018>



## 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



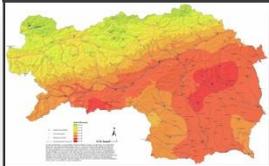
### 1 Klimageschichte

Wie war es früher?



### 2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



### 3 Niederschlagsverteilung

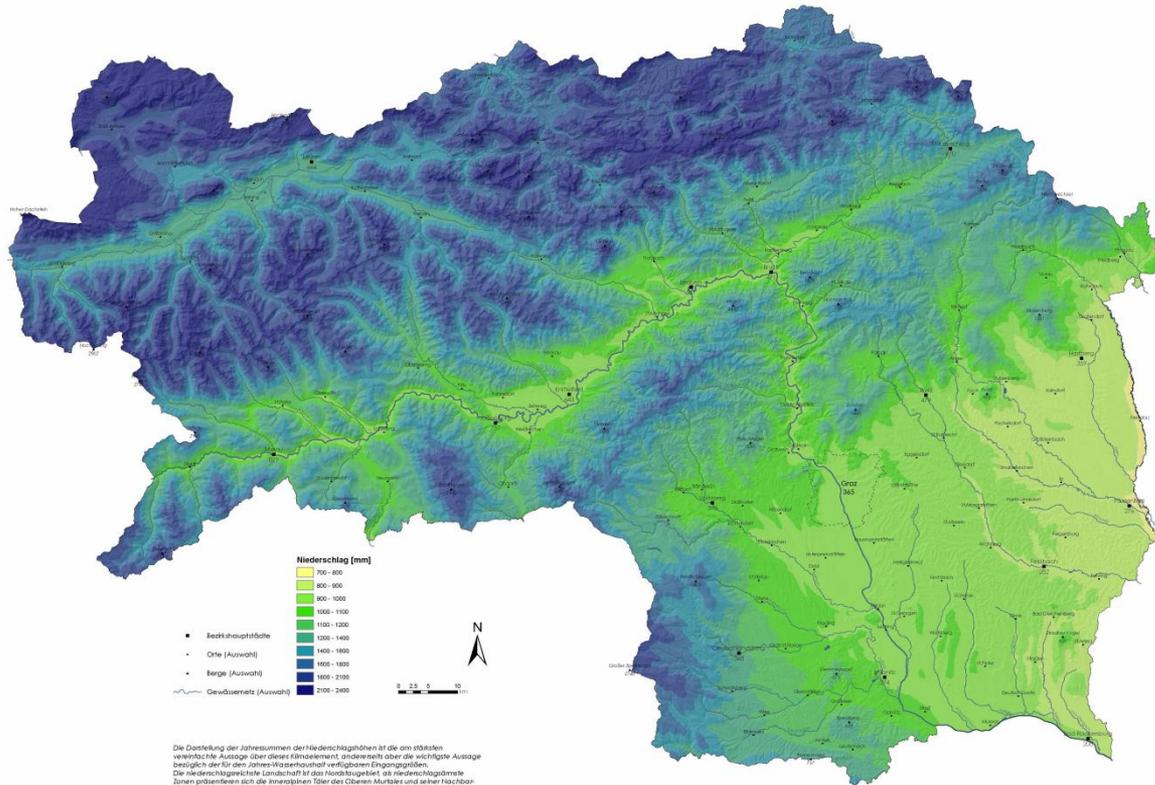
30-jährige Reihen in der Steiermark



### 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 Jahres-Wasserhaushalt verfügbaren Einzugsmengen. Die niederschlagsreichere Landschaft ist dem Hochlagegebiet, die niederschlagsärmere Zonen präsentieren sich die inneralpinen Täler des Oberen Murtales und seiner Hauptzuflüsse und noch mehr die gebirgigen Oststeiermark an der burgenländischen Grenze.

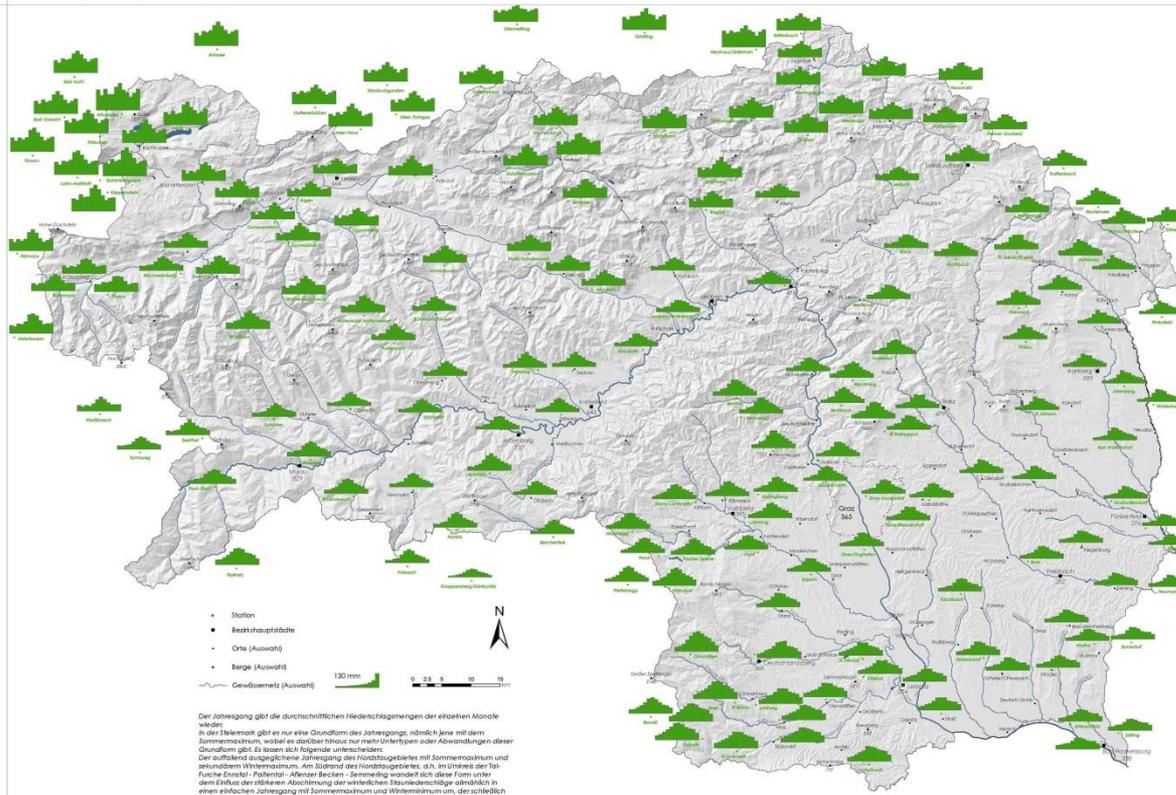
Datengrundlagen: ZAMG, Hydrographischer Dienst  
Kartungsweggeber: GIB-Information, BIV  
Thematische und kartographische Bearbeitung ZAMG: V. Hlawacek, H. Klinder  
Ansprechpartner: A. Probstner

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 Hochtaugengebietes mit Sommermaximum und sekundärem Wintermaximum. Am Südsüd der Hochtaugengebietes, also im Übergang der Talflüche Ennstal - Pannental - Altmühl Becken - Semmering wandelt sich diese Form unter dem Einfluss der stärkeren Abschattung der waldreichen Steilwände erheblich in einen einfallenden Jahresgang mit Sommermaximum und Winterminimum um, der schließlich die gesamte obere Steiermark beherrscht.

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

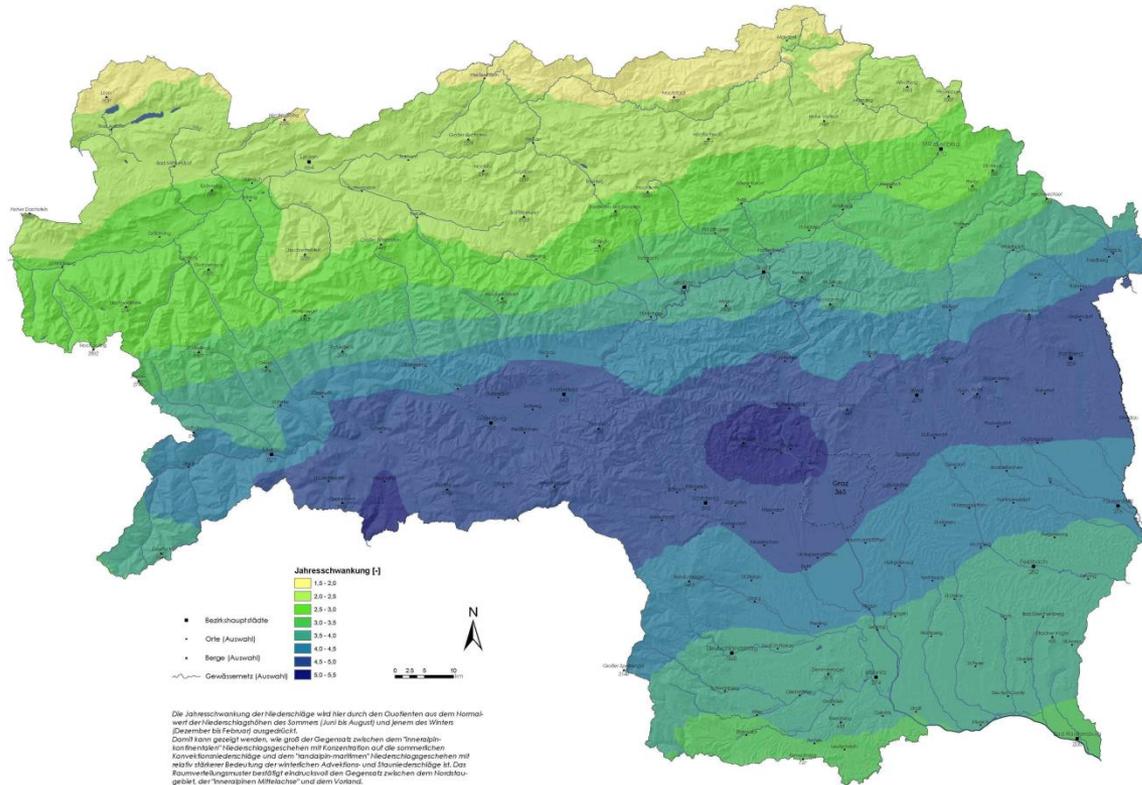
KLIMAAATLAS STEIERMARK



### 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. Damit kann gezeigt werden, wie groß der Gegensatz zwischen dem "Tropenprä-konkretionale" Niederschlagsgeschehen mit Konzentration auf die sommerlichen Konvektionsniederschläge und dem "temperat-mitteleuropäischen" Niederschlagsgeschehen mit mehr abläufiger Bedeckung der vertikalen Luftklima- und Stauenderschläge ist. Das Baumerkungsmittel bestätigt ekstrapoliert dem Gegensatz zwischen dem Nordostgebiet der "temperat-mitteleuropäischen" und dem Vorland.

Datengrundlage: ZAMG, Hydrographische Dienst  
Kartengrundlage: GIS-Steiermark, B.V.  
Besondere und topographische Bearbeitung ZAMG: V. Hwaronek, H. Bieder  
Auswerteperson: A. Podesser

KLIMAAATLAS STEIERMARK

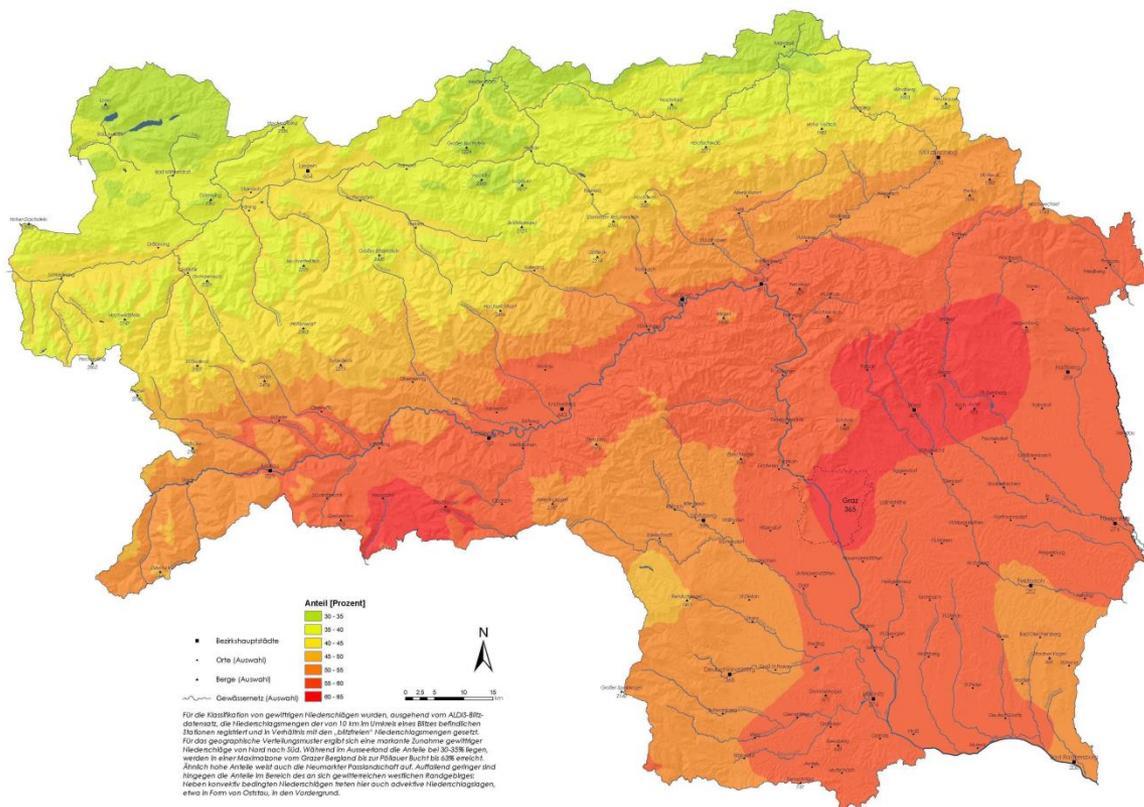
## 3 Niederschlagsverteilung in der Steiermark



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-Bitzobersatz, die Niederschlagsmengen der von 10 km im Umkreis einer Bitz oberrheinischen Stationen registriert und in Verhältnis mit den „bitzobersatz“ Niederschlagsmengen gesetzt. Für die geographische Verteilungsmuster ergibt sich eine monotone 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 Pöchlener Buche bis 60% erreicht. Ähnlich hohe Anteile weist auch die Neumarkter Pöschelschöpfung auf. Auflebend geringer sind hingegen die Anteile im Bereich des an sich gewittrigen westlichen Randgebirges. Neben konzentriert bedingten Niederschlägen treten hier auch oberflächliche Niederschlagsarten, etwa in Form von Cirrus, in den Vordergrund.

Datengrundlage: ZAMG, Hydrographische Dienst, ALDIS   
 Kartographische GIS-Datenbank, B.V.   
 Thematische und kartographische Bearbeitung ZAMG: F. Loidner, H. Krieger   
 Ansprechpartner: A. Poldosier

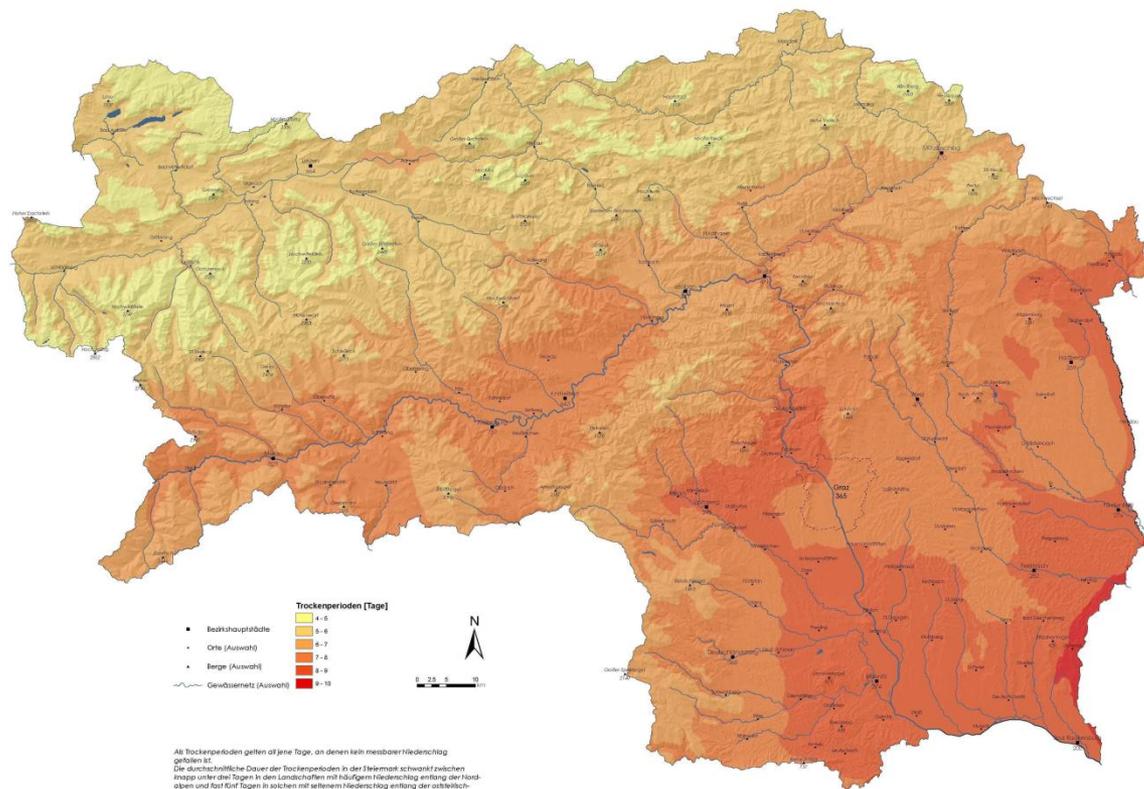
KLIMAAATLAS STEIERMARK



### 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 oststeirischen Gebirgsränder.

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

KLIMAATLAS STEIERMARK



## 4 Die anthropogene Klimaveränderung (global)



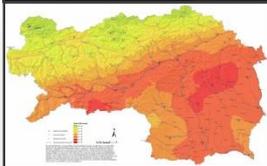
### 1 Klimageschichte

Wie war es früher?



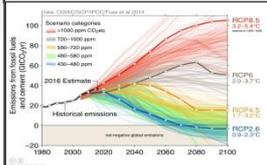
### 2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



### 3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark

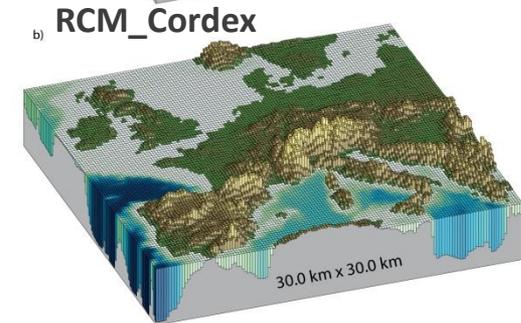
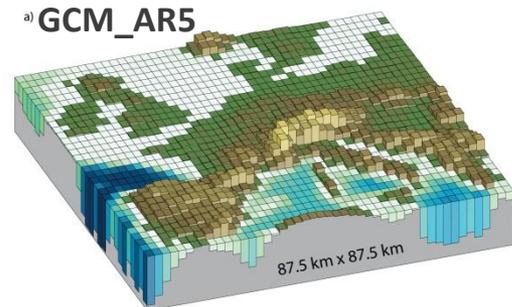
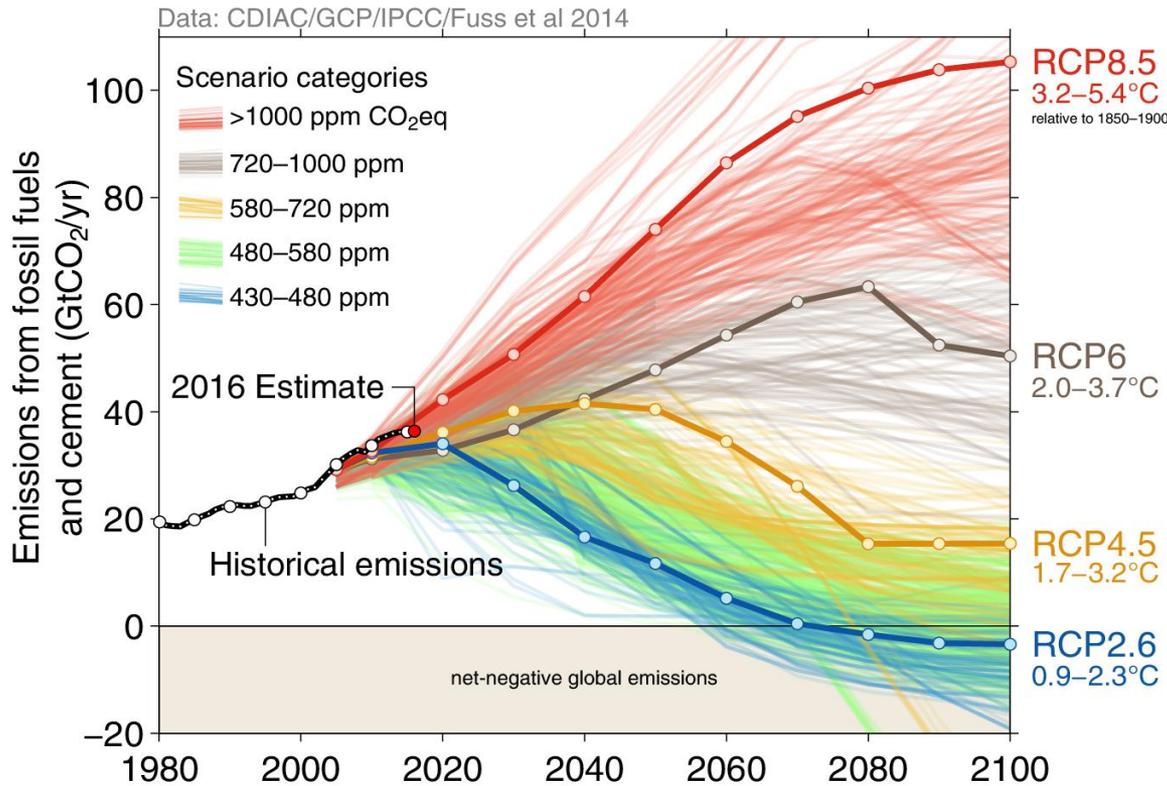
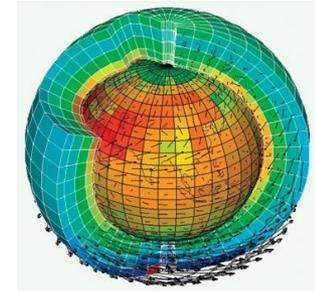


### 4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung

# Klimawandel und Wasserressourcen

## 4 Die anthropogene Klimaveränderung (global)



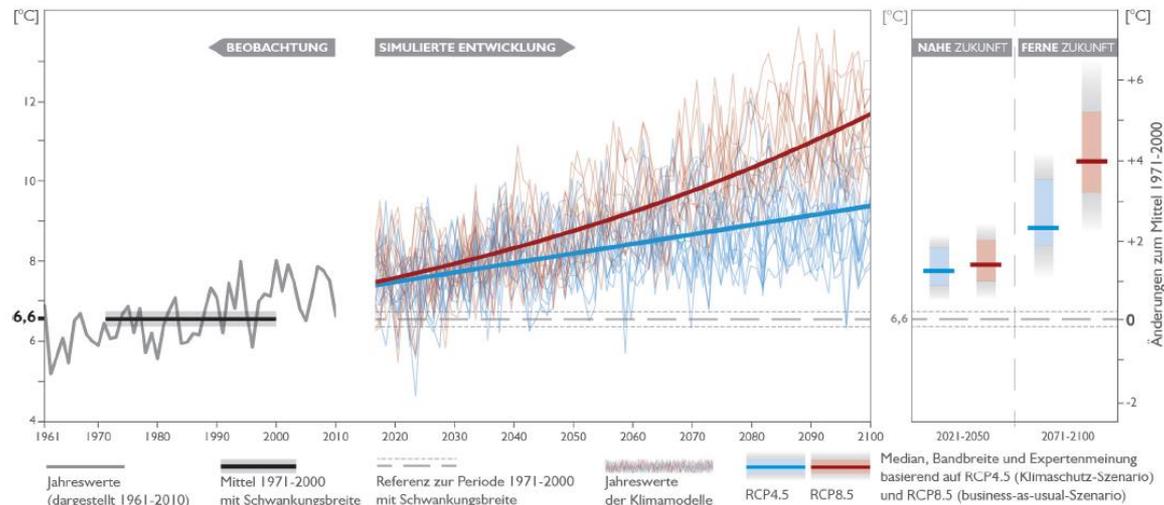
Global Carbon Project

• **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)	
Mittel	bis	6,8		+1,8		+2,0		+3,6		+5,3	
	von	6,4	6,6	+1,3	+0,9	+1,4	+1,0	+2,3	+1,8	+4,0	+3,3
Mittel	bis	-1,6	15,3	+1,9	+1,9	+2,3	+2,2	+3,3	+3,2	+5,4	+5,9
	von	-2,4	14,9	+1,5	+1,3	+1,6	+1,4	+2,4	+2,1	+4,5	+4,0
				+0,8	+1,1	+0,7	+1,1	+1,9	+1,7	+3,5	+3,3

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



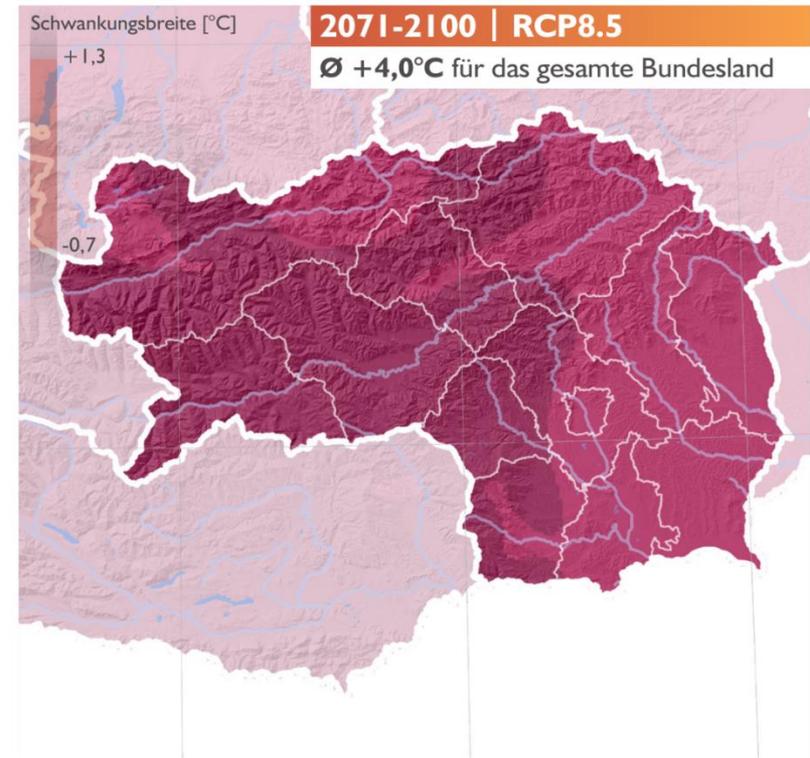
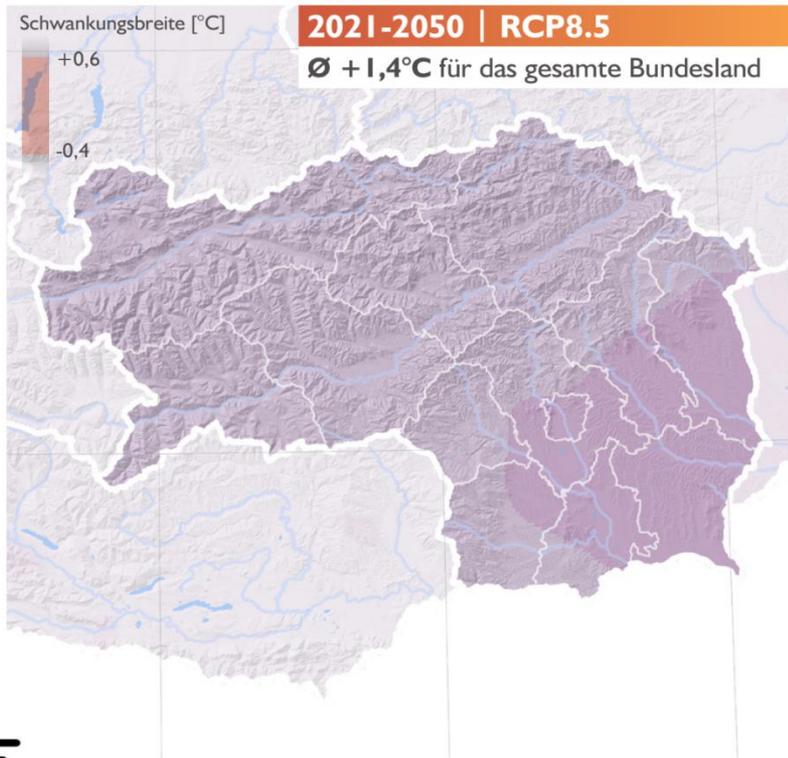
		1971-2000		2021-2050				2071-2100			
		Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
bis		6,8		+1,8		+2,0		+3,6		+5,3	
<b>Mittel</b>		<b>6,6</b>		<b>+1,3</b>		<b>+1,4</b>		<b>+2,3</b>		<b>+4,0</b>	
von		6,4		+0,9		+1,0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

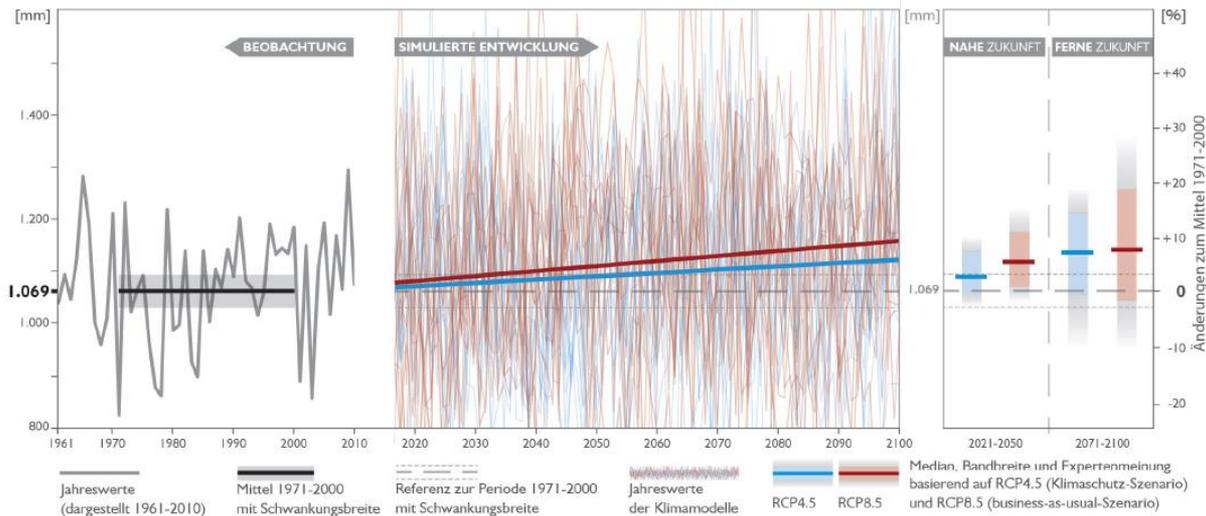


27.03.2019  
27





### 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)	
bis	1.113		+7,7		+11,6		+14,9		+18,2	
<b>Mittel</b>	<b>1.069</b>		<b>+2,6</b>		<b>+5,9</b>		<b>+7,4</b>		<b>+8,0</b>	
von	1.024		-1,5		+1,6		-1,5		-2,1	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	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
<b>Mittel</b>	<b>167</b>	<b>411</b>	<b>+11,7</b>	<b>-0,0</b>	<b>+14,0</b>	<b>+2,3</b>	<b>+12,1</b>	<b>+3,9</b>	<b>+24,1</b>	<b>-2,3</b>
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			
<b>Mittel</b>	<b>1.069</b>	<b>+2,6</b>		<b>+5,9</b>		<b>+7,4</b>		<b>+8,0</b>			
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	
<b>Mittel</b>	<b>167</b>	<b>411</b>	<b>+11,7</b>	<b>-0,0</b>	<b>+14,0</b>	<b>+2,3</b>	<b>+12,1</b>	<b>+3,9</b>	<b>+24,1</b>	<b>-2,3</b>	
von	150	382	+0,4	-9,8	-1,8	-8,1	-6,4	-13,1	+8,8	-22,7	

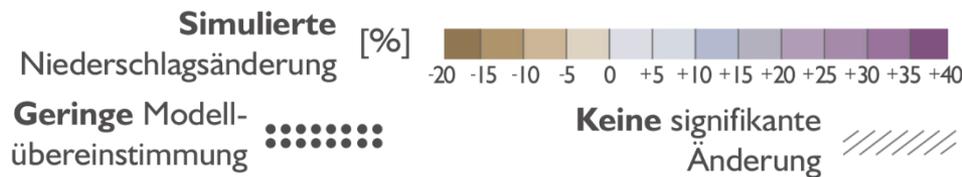
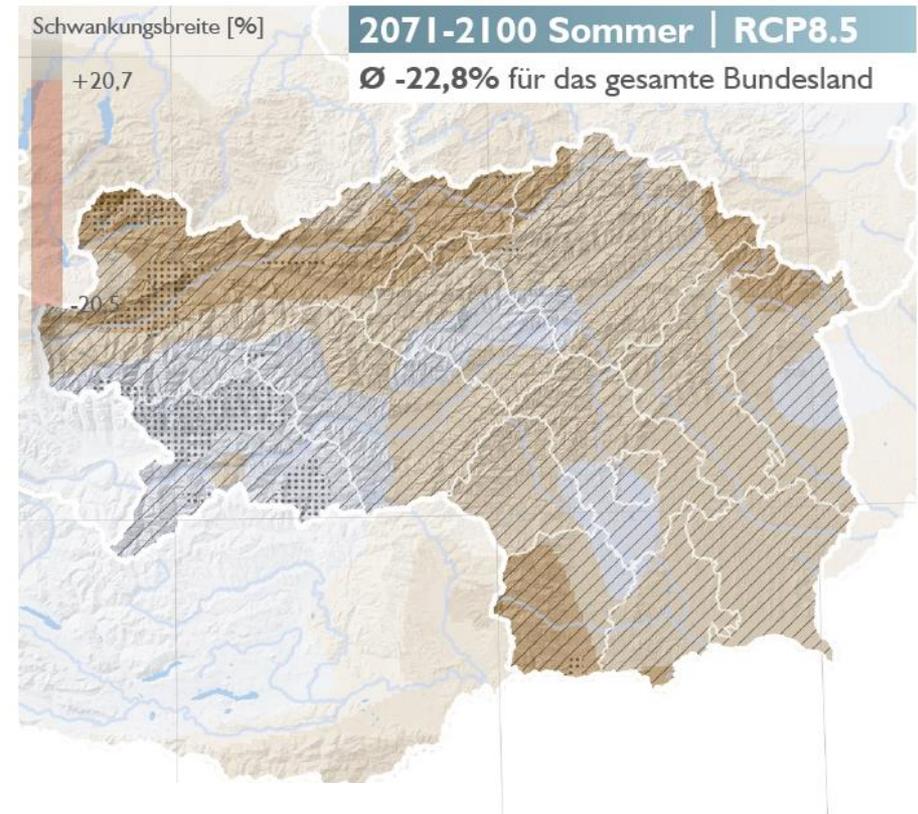
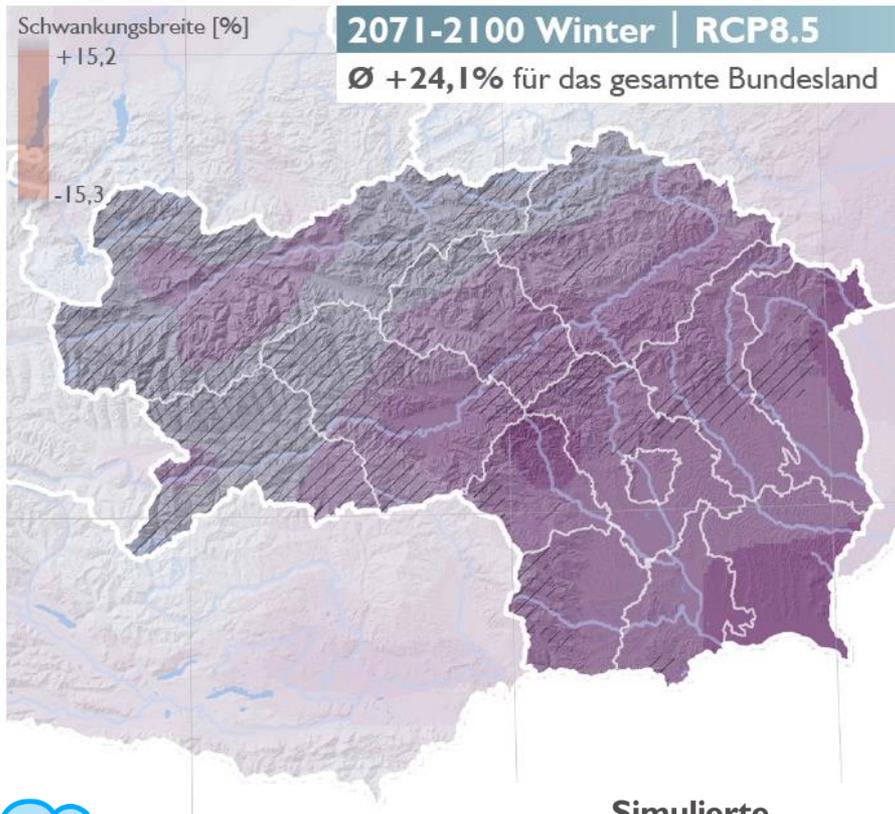
Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

**Jahresniederschlag nimmt leicht zu. Nicht signifikant.**



## Niederschläge im 21. Jahrhundert (Steiermark)

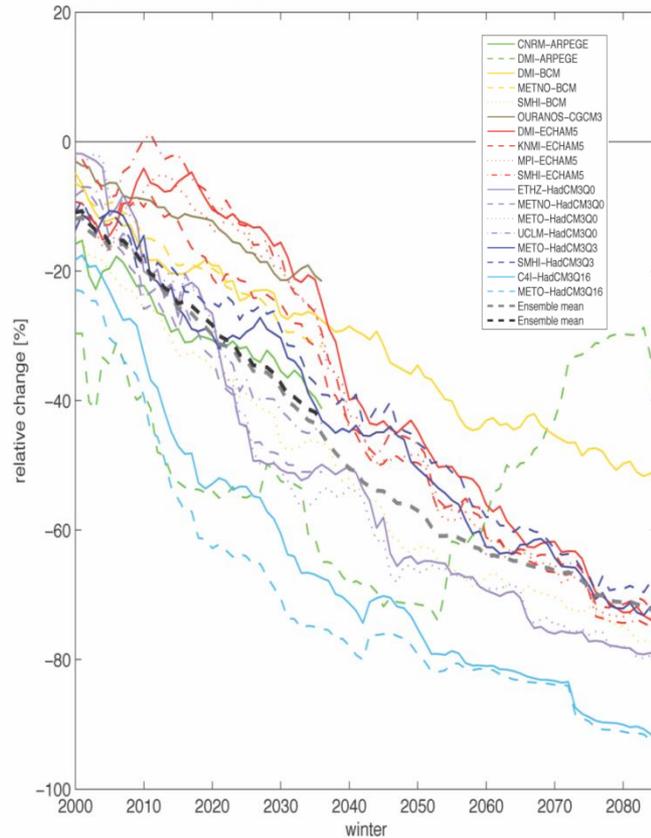
27.03.2019  
30





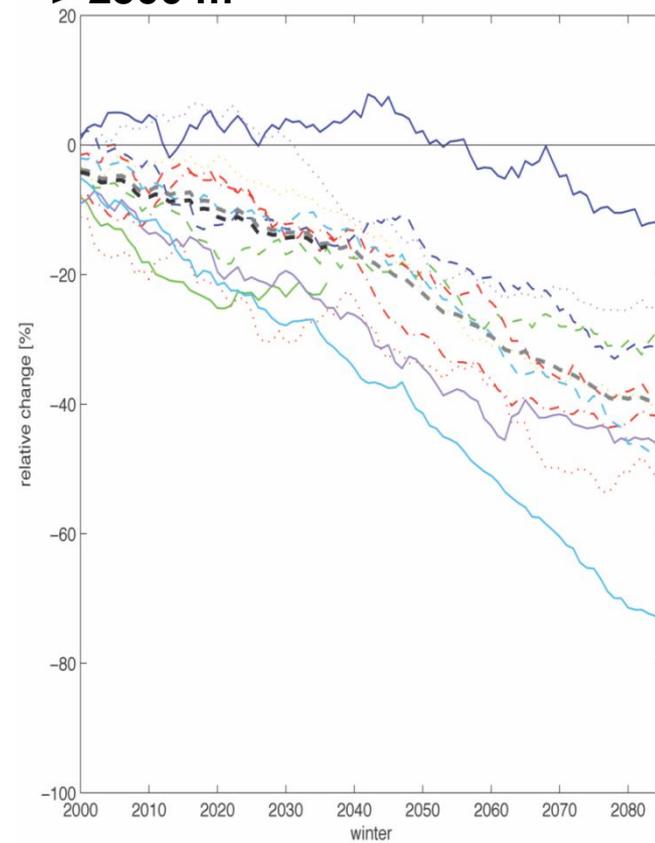
## Änderung des Schneewasseräquivalents – Höhenabhängigkeit (A1B)

### 1000 – 1500 m



(30-year running means)

### > 2500 m





## 5 Starkregen



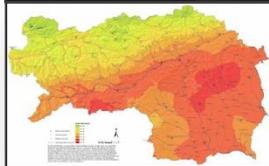
### 1 Klimageschichte

Wie war es früher?



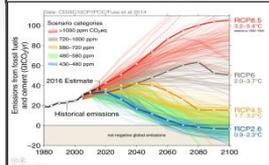
### 2 Klimawandel

Die aktuelle Veränderung



### 3 Niederschlagsverteilung

30-jährige Reihen in der Steiermark



### 4 Klimawandel

Die zukünftige Veränderung



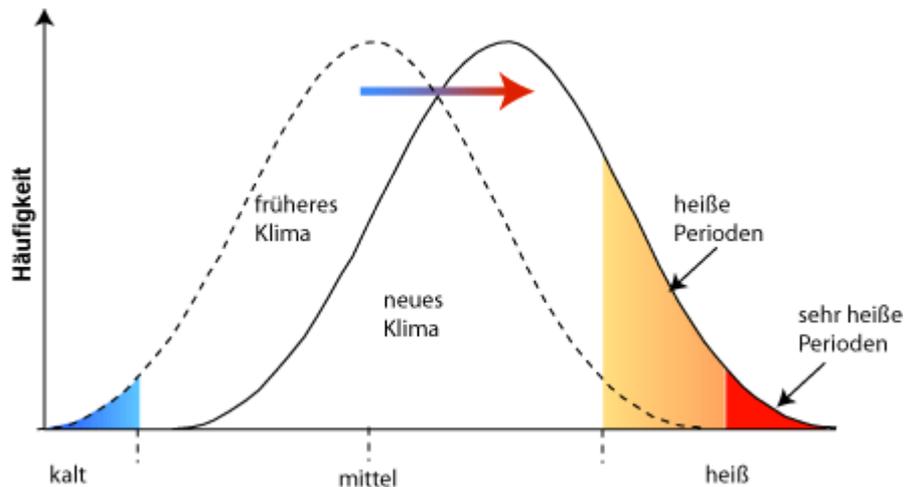
### 5 Fokus Starkregen

Was passiert beim Starkregen?



## 5 Starkregen

Veränderung der Häufigkeitsverteilung der Temperaturen:



*Wärmer und mehr Energie im System  
(atm. Feuchte)*

**→ Globaler Wasserkreislauf intensiviert sich**

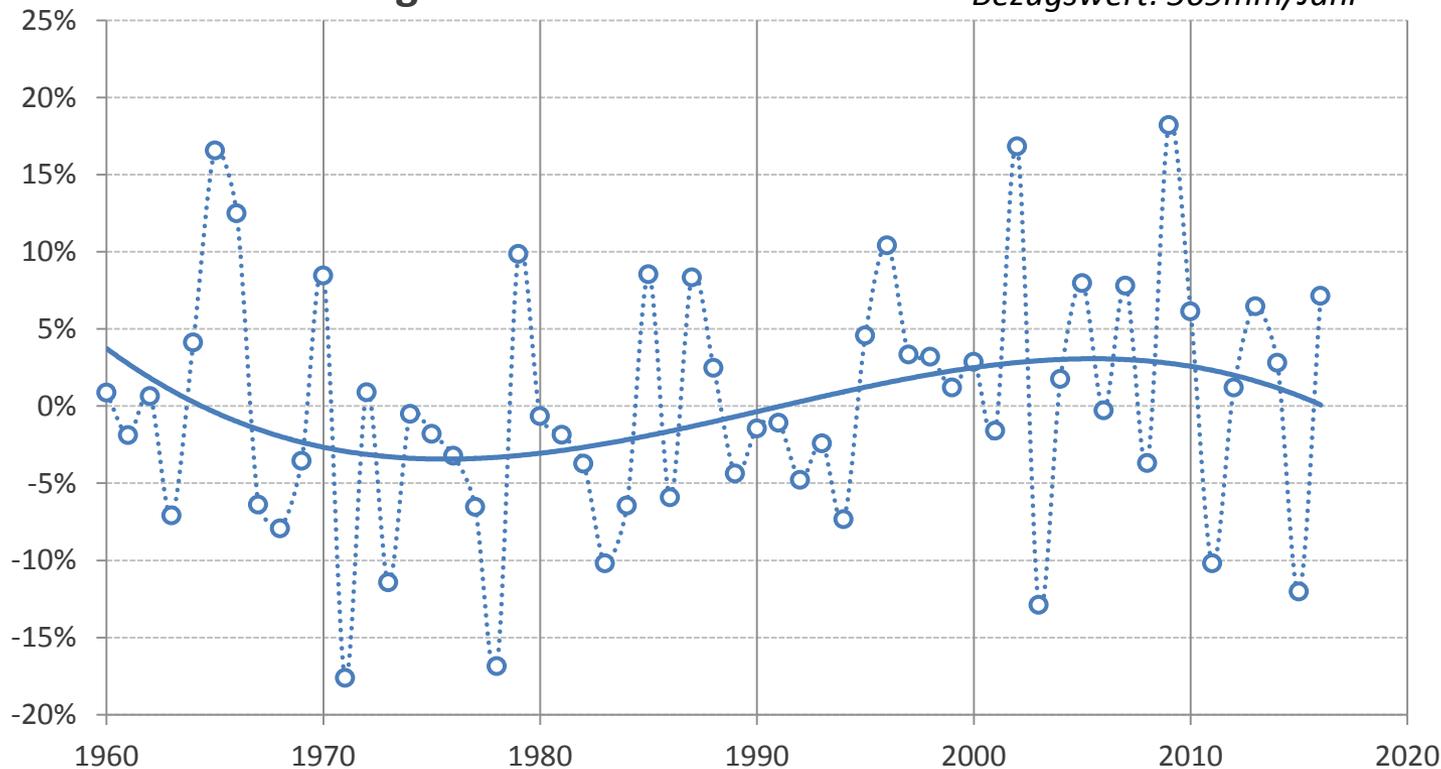


## 5 Starkregen

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

Österreich Jahresniederschlag:  
Globaler CO<sub>2</sub>-Anstieg ist hier kaum erkennbar !

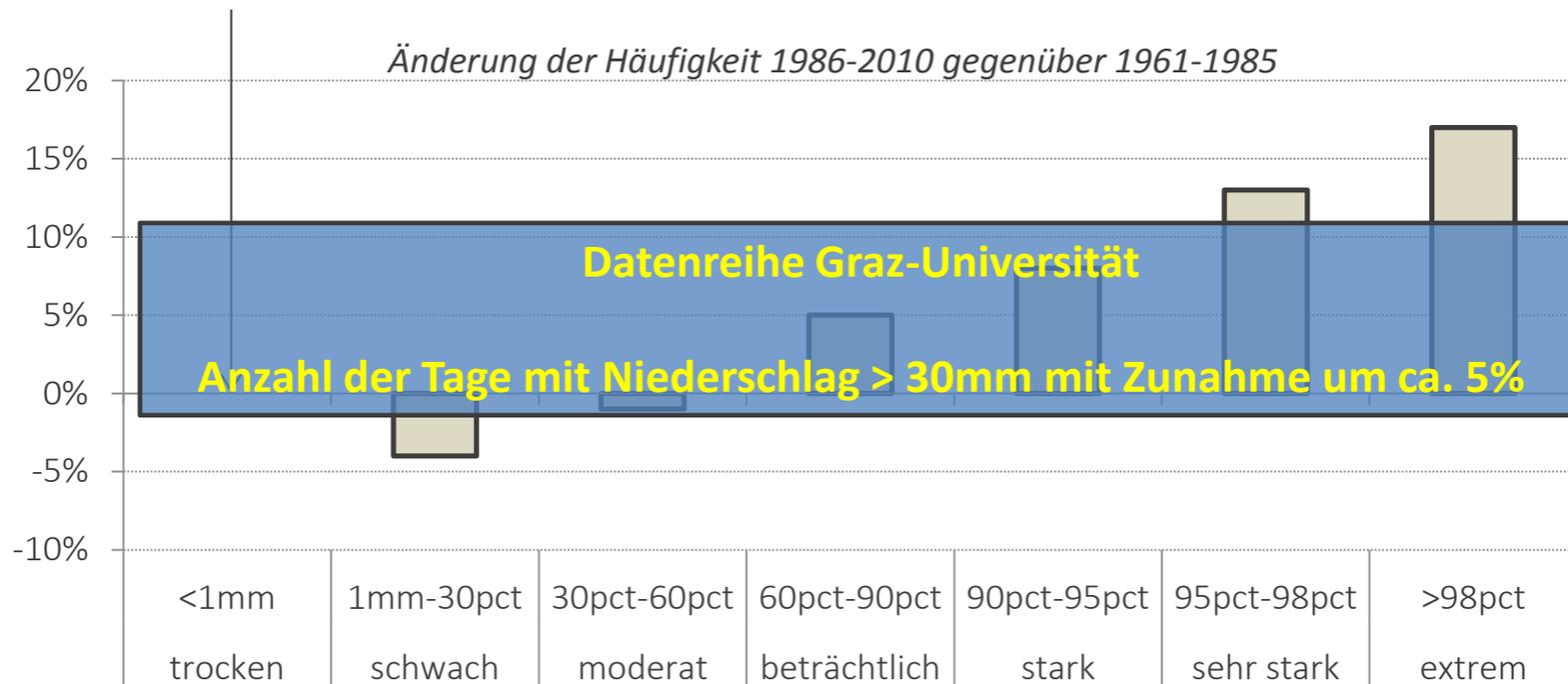
AT: Niederschlagsanomalie <900m Seehöhe *Bezugswert: 569mm/Jahr*





## 5 Starkregen

### Anzahl der Niederschlagstage blieb seit 1961 gleich, aber:



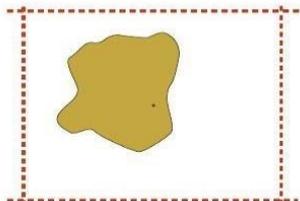
**Häufigkeit von Starkniederschlägen hat zugenommen +10%**



## 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



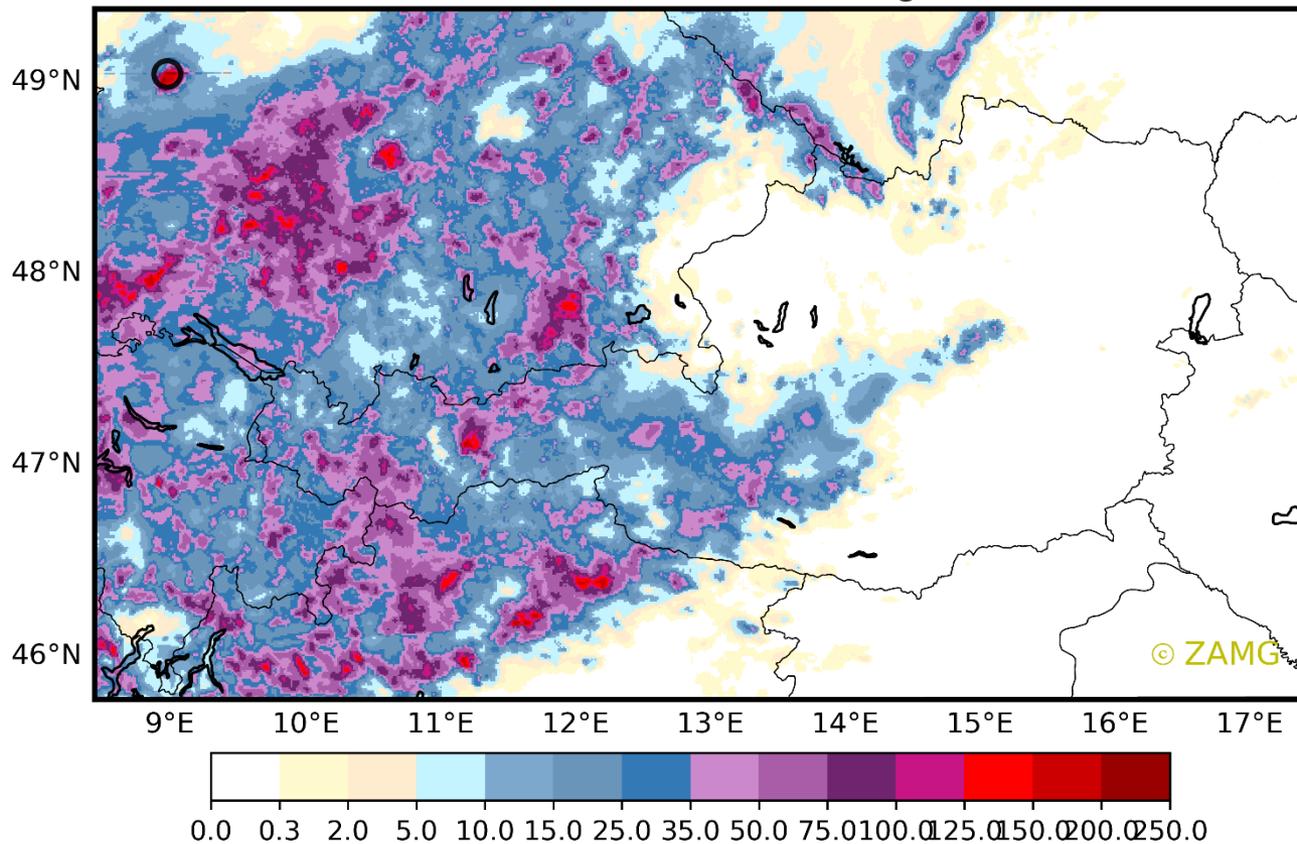


## 3 Starkregen

### Das Problem der Erfassung:

- Regenradar, INCA:

Niederschlag vom 6. Juni 2015





## 5 Starkregen

### Das Problem der Erfassung:

- Regenradar, INCA vs. Stationsdichte



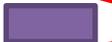
# Klimawandel und Wasserressourcen

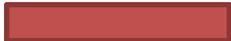


## 5 Starkregen

Welche Niederschlagsdaten gibt es und ab wann?



Flächendeckende Radardaten 

Stationsdaten: Stundensummen 

Stationsdaten: Tagessummen 

Stationsdaten: Monatssummen



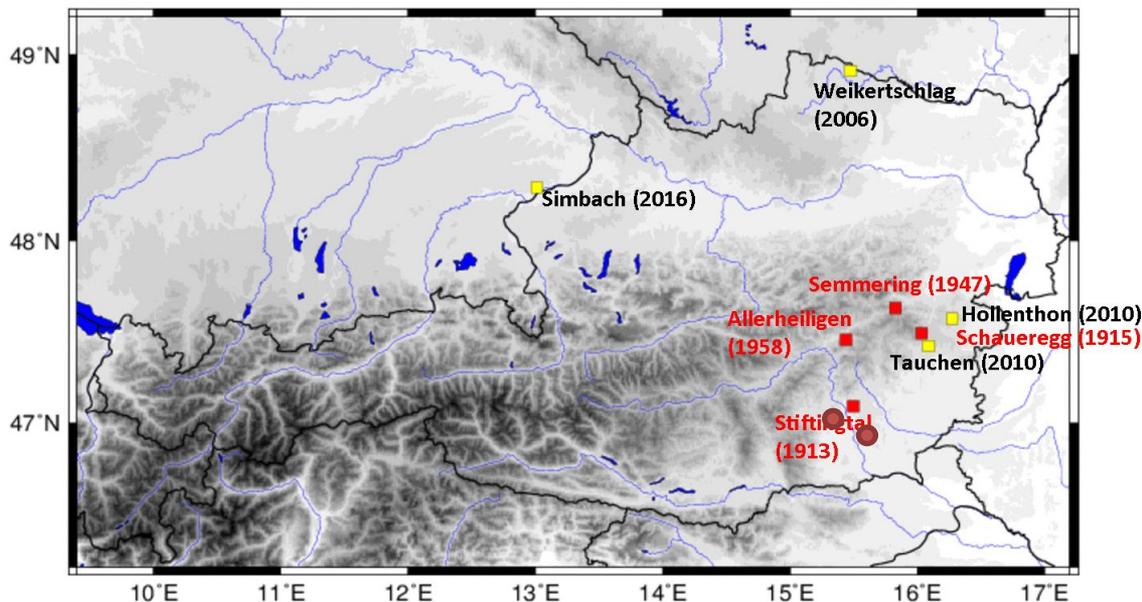


## 5 Starkregen

Extreme Ereignisse: War das schon das Schlimmste ?

Stärkste be

historische Niederschlagsextrema in Österreich



ich:

Or
Stiftin
Schauer
Semmer
Allerhe
Gra
Heiligenk
Waas
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*