

Der Klimawandel und Zukunftsszenarien für Kärnten

Christian Stefan - ZAMG Klagenfurt



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

Die Rolle der Medien

wissenschaft
 profil hören
 AUDIO-PROFIL.AT
 01/305 305 400

AKTUELL

Diens
 Sanitärer
 den Rott
 Sonnenbr
 Rot-Krau
 son Temp

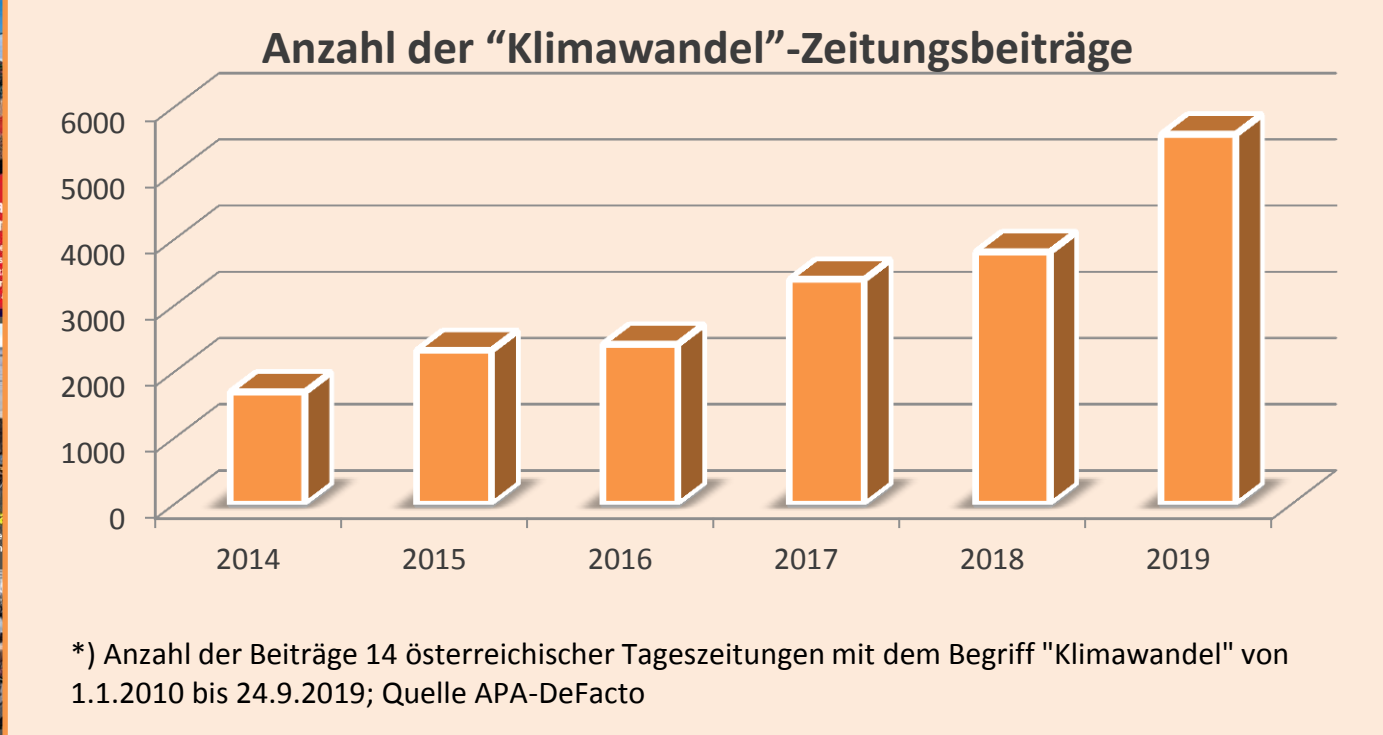
**Naturscha
 im Inneren**
 (1) Im Inneren de
 vom Innere des
 (2) Durch den et
 große Blase. W
 aus dem Vulkan

ÖSTERREICH - Freitag, 16. April 2019
THEMA DES TAGES 3



Das Land bibbert

Linz, OÖ: Jetzt droht wieder Chaos
 So wie hier im Mühlviertel schüttern viele Autofahrer von den Straßen.



*) Anzahl der Beiträge 14 österreichischer Tageszeitungen mit dem Begriff "Klimawandel" von 1.1.2010 bis 24.9.2019; Quelle APA-DeFacto

SONNEN

ien de
 W So
 und auß
 kehrstär
 ist es in
 ruhig. E
 diesem
 städter u
 lich, das
 34 Grad,
 12.00 Uf
 gehend,
 des Wie
 bahnt sic
 ter zum
 junger M
 Uferrand
 haben ih
 bracht u
 strändig.

Umweltkata
 Durch die enorme
 Schmelzwasser

Flughafen-Chaos: tausende sitzen fest
 Vor allem der Flughafen Heathrow/London war betroffen. Er ist das wichtigste Drehkreuz für den internationalen Flugverkehr.

Die Klimaänderung würde die kommenden Monate betreffen, da sich die Tropenzone hartnäckig halten

das Klima in den kommenden Jahren merkbar ändern. ÖSTERREICH: Kann man vorher-

VOGELMANN: Ja, in hoher Konzentration ist sie für die Atemwege schädlich.

Nördlich des Alpenhauptkamms und im Westen werden die Niederschläge vermutlich zunehmen, südlich der Alpen und im Osten jedoch abnehmen. Im Sommer werden die Niederschläge weniger. Dadurch kann es zu



id ist weiß
 kalte Luft aus Skandinavien das ganze Land zum „Gefrierschrank“. Experte Gerhard Hohenwarter von der Zentralanstalt für Meteorologie: „Wir liegen gerade zwischen einem Hoch auf den Britischen Inseln und einem Tief beim Schwarzen



Schnee-Rekorde

Stigebiet	Schneehöhe
Mühlviertler Gletscher	225 cm
Sölden	210 cm
Kanonerlauer Gletscher	209 cm
Locher/Altaussee	190 cm
Obereggen	187 cm
Zugspitzplakub	185 cm
Pfiffliser Gletscher	184 cm
St. Anton	175 cm
Kaprun	168 cm
Damüls	160 cm

„Noch ein
 waltige Bäume entwurzelt,
 Murenabgang in Stickleberg in der Buckligen Welt ein Todesopfer. Im Bezirk Wiener Neustadt kam es zu einem

ken. In den letzten 150 Jahren ist die Durchschnittstemperatur in Österreich bereits um 1,8° Celsius angestiegen, die

„Täglich werde ich
 nn es
 ieder
 wird.“
 Wodask

**Salze
 Oster**

ormieren
 rt.*

ren.

aum Neu-
 ein Gewit-
 hr als 120
 Häuser ab,
 erreicht gin-
 ter niede-
 rören meh-
 6.000 Hek-
 tische Fla-
 aufgrund
 bisher 3.500
 in eingegan-
 gen, dass es
 intensiven
 kommt. M-
 eldungen
 ndere Weth-
 ch seit 2004
 ler“, berich-
 er. General-
 reichsches

er?
 ill

Tan-
 rung
 schen. Ein Ende ist die
 ganze Wochenicht in Sicht.
 ● Kälte bleibt bis zu den
 Hohenwarter bleibt es zu-
 mindest bis zum Wochen-
 ende kalt. „Am Tag liegen
 die Höchstwerte bei -3
 Grad. In Kältepolen kann es
 nachts bis auf -20° Celsius
 fallen. Die Chancen für weiße
 Weihnachten stehen damit
 sehr gut.“

ARBÖ

um Neu-
 ein Gewit-
 hr als 120
 Häuser ab,
 erreicht gin-
 ter niede-
 rören meh-
 6.000 Hek-
 tische Fla-
 aufgrund
 bisher 3.500
 in eingegan-
 gen, dass es
 intensiven
 kommt. M-
 eldungen
 ndere Weth-
 ch seit 2004
 ler“, berich-
 er. General-
 reichsches

m Land. So-
 en USA be-
 hänomene
 heim: Bei
 innerhalb
 gleich meh-
 fungen ein.
 erneuburg
 berühren
 ih schnellen
 gar den Bo-

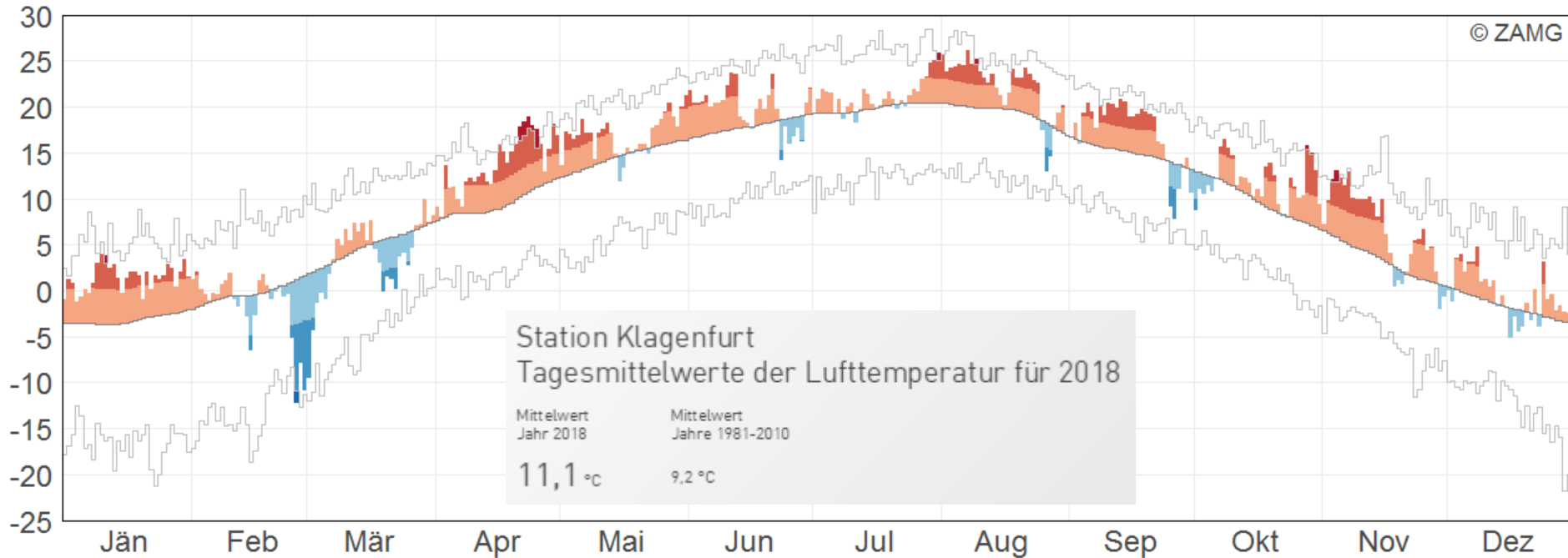
NEWS 22/10

Wetter ≠ Klima?



Climate is what you expect, weather is what you get!

Folie 3



Klima sagt uns, welche
Kleidung wir kaufen sollen,
das **Wetter**,
was wir anziehen sollen.





- Auswirkungen des Klimawandels in Städten und Wäldern
- Wie hat sich unser Klima bisher geändert?
- Warum hat es sich geändert?
- Wie wird sich unser Klima in Zukunft entwickeln?

Beispiele von Auswirkungen

- Problem zunehmender **Hitzebelastung**
- **Wasserversorgung** (Trockenheit, Dürre)
- **Extremwetterereignisse** (Stürme, Starkregen)

Folie 5



Hitze in der Stadt

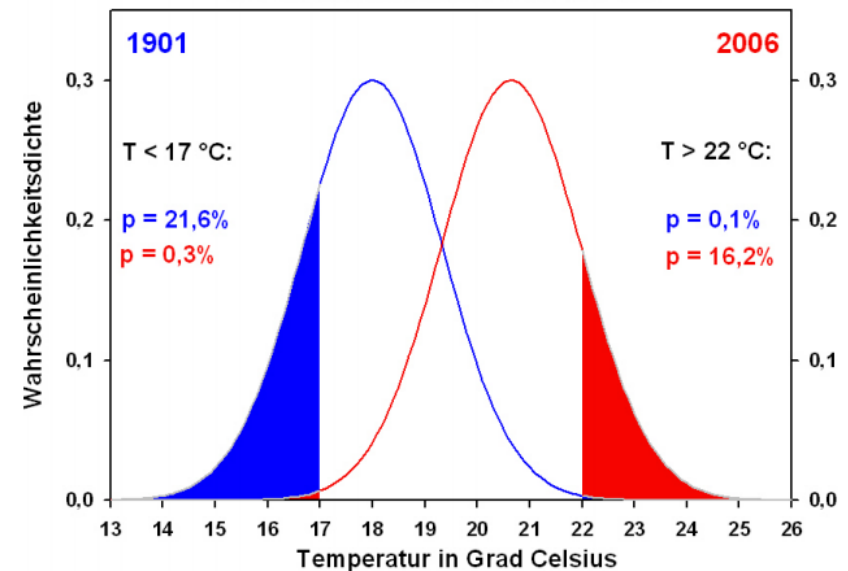
Folie 6

- Zunahme extremer Hitze bei globaler Erwärmung
- verstärkte Auswirkungen in der Stadt wegen Versiegelung, geringerer Vegetation und Durchlüftung

Foto:
<https://kaernten.orf.at/news/stories/2915373/>



Wahrscheinlichkeitsdichte der Augustmittel-Temperaturen in Frankfurt am Main 1901 bis 2006



Schönwiese 2013

- Komforteinschränkung
- Abnahme der Konzentrationsfähigkeit (Schulen, ...) und körperlicher Leistungsfähigkeit
- Höheres Risiko für Keime im Trinkwasser (ab 25°C)
- Gesundheitliche Belastung bis hin zum Tod

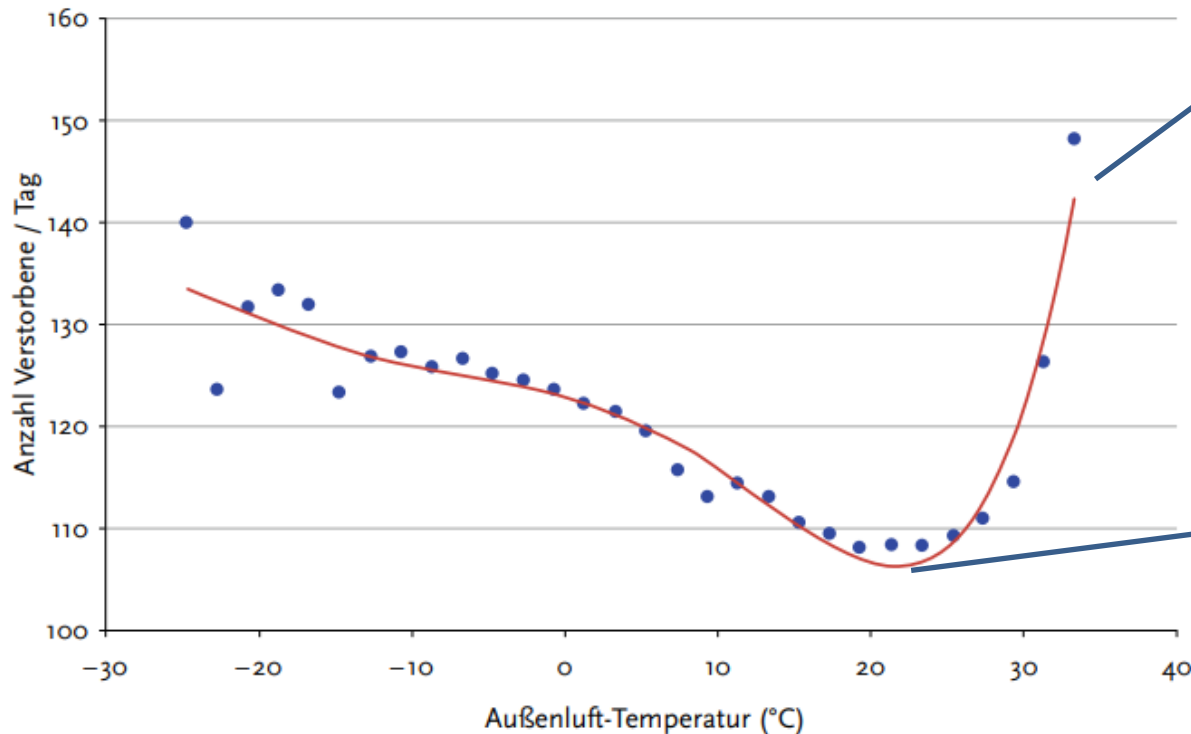
Zusammenhang Hitzebelastung - Mortalität



Zusammenhang zwischen durchschnittlicher täglicher Mortalität und Außenlufttemperatur

Folie 7

in Chicago, Untersuchungszeitraum 1987 bis 2000



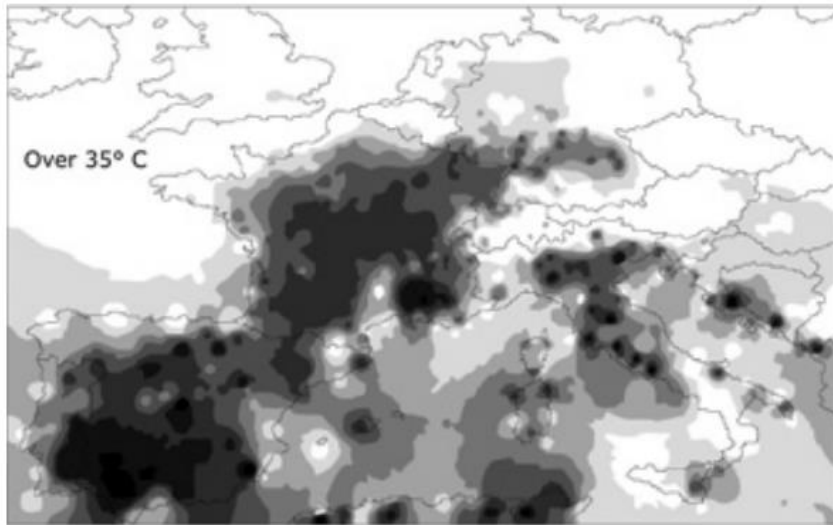
Gesundheitliche Auswirkungen wie Herzinfarkte, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Nieren und der Atemwege sowie Stoffwechselstörungen

Mortalitätsminimum abhängig von Region (Wien 15-20°), Jahreszeit, Feuchte, Dauer von Hitzewellen

Peng und Welty 2004

Hitzewelle 2003: 45.000 Todesopfer in Europa

Regionale Verteilung des Ausmaßes der Hitzewelle 2003 in weiten Teilen Europas (Anzahl der Tage mit Lufttemperaturen oberhalb 35 °C)

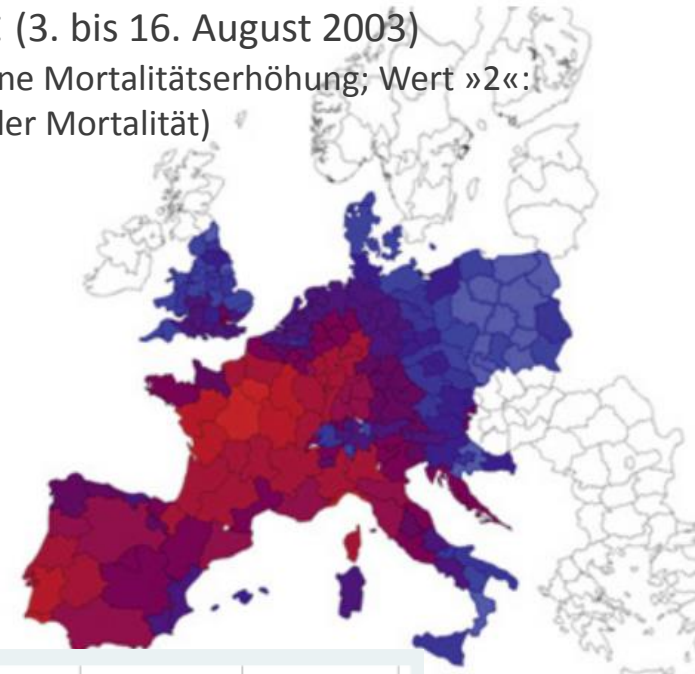
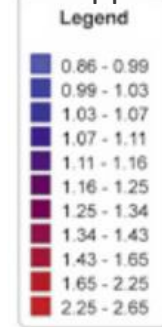


Sardon 2007

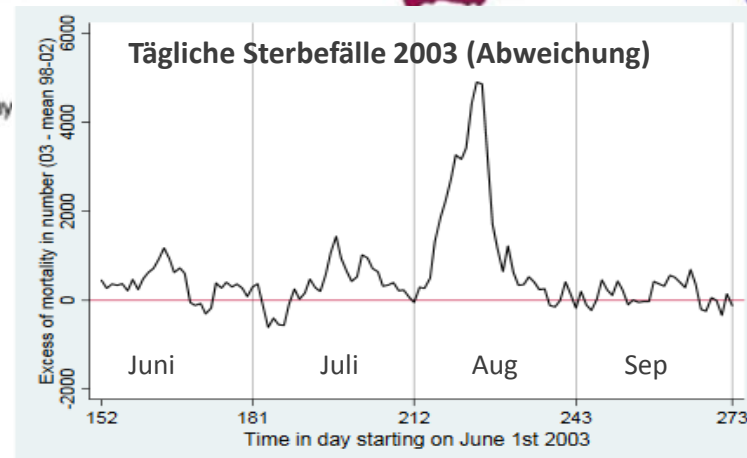
Robine et al. 2007

Regionale Verteilung der relativen Mortalität (3. bis 16. August 2003)

(Wert »1«: keine Mortalitätserhöhung; Wert »2«: Verdopplung der Mortalität)



Robine et al. 2008

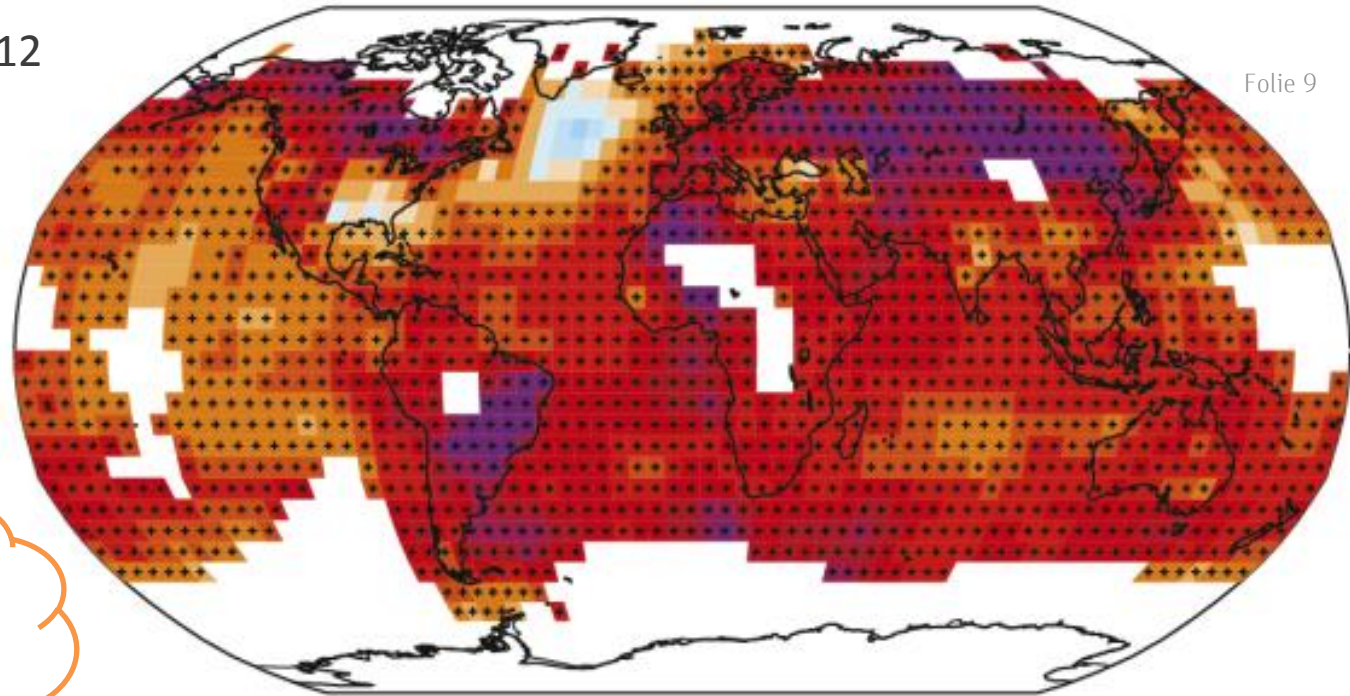


Beobachtete Temperaturänderung global

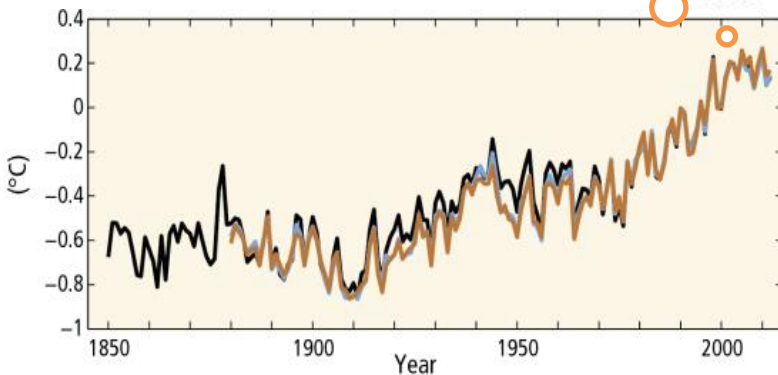
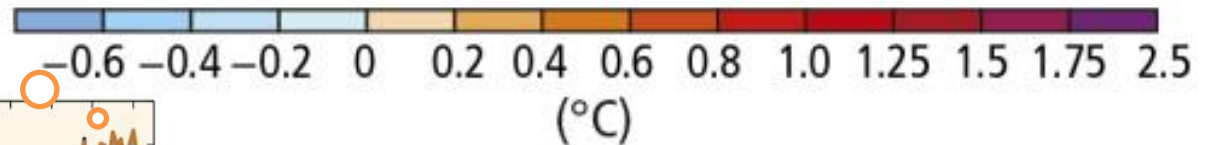
Änderung 1901-2012

Erwärmung im
Mittel um **0.85 °C**
(1880-2012)

2015 bis 2018
waren bisher die
vier wärmsten
Jahre!



Folie 9

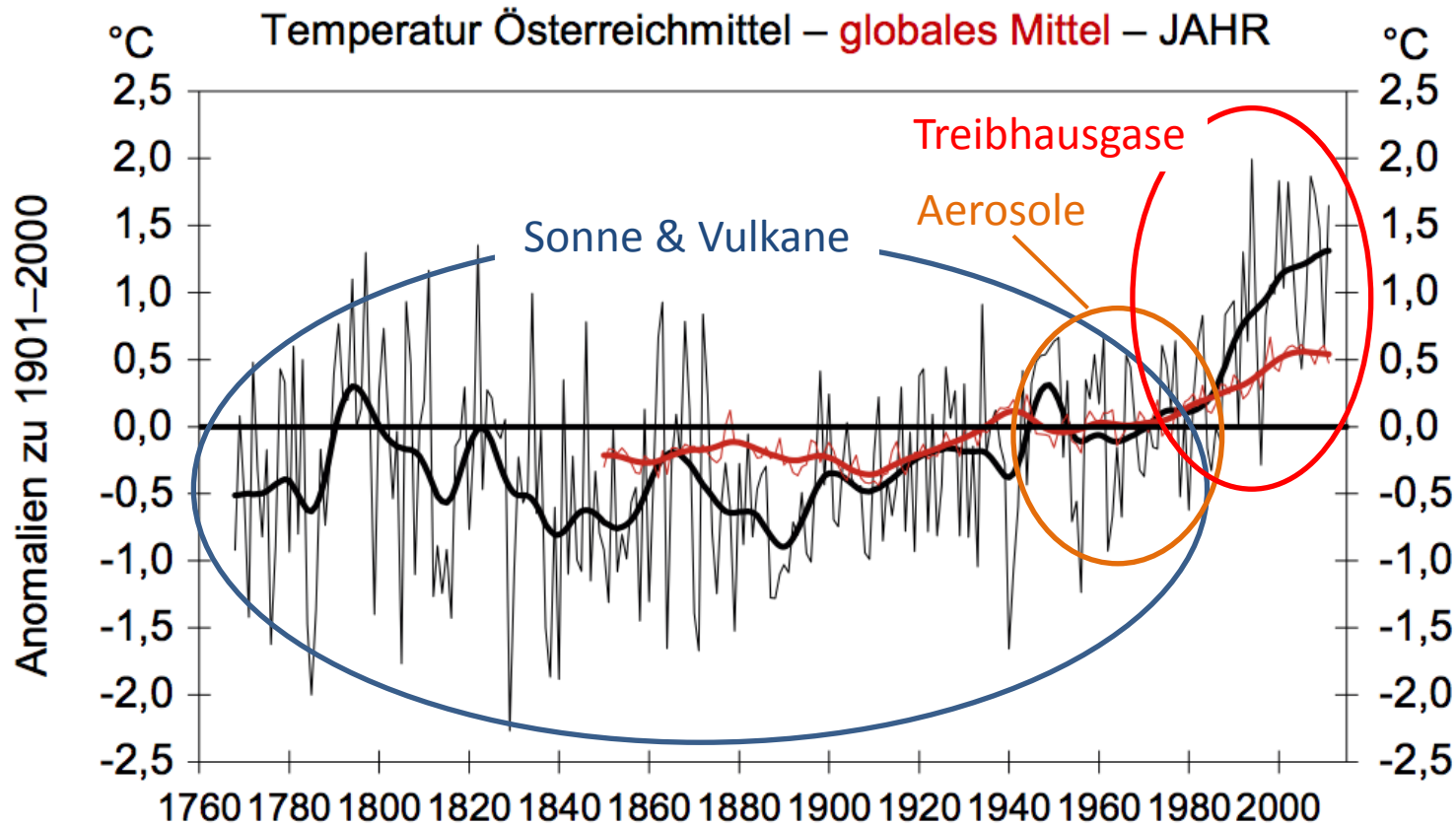


*Global gemittelte Land- und
Meeresoberflächentemp.*

Anomalie zu 1986-2005

IPCC, 2014

Temperatur – Global vs. Österreich



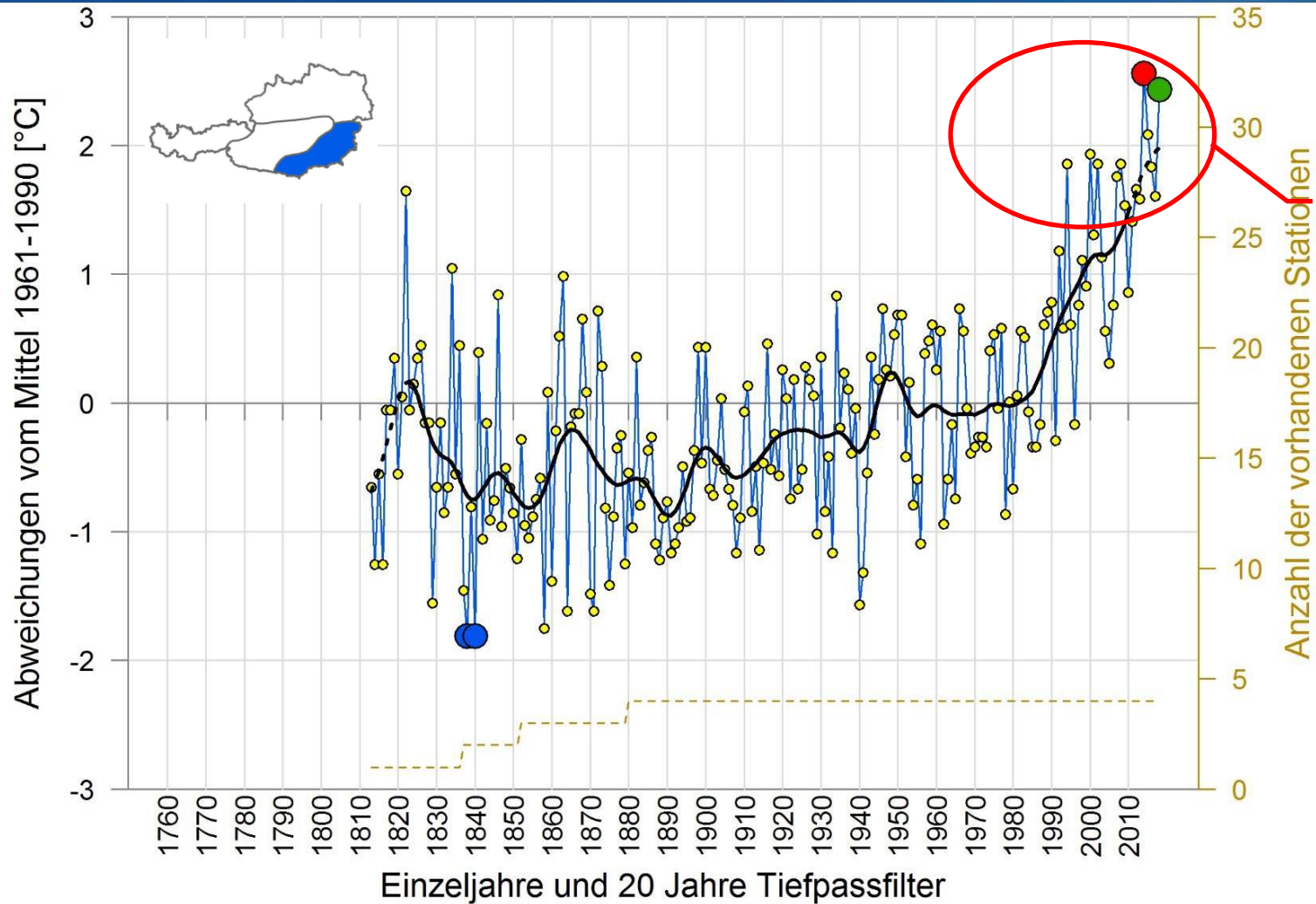
[Quelle: APCC,2014]

Global: +1°C → Österreich: +2 °C

Jahresmitteltemperatur 1813–2018 Region Südost



Folie 11



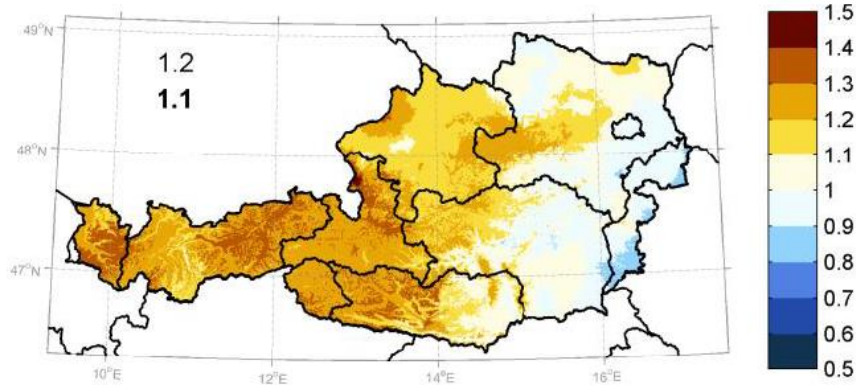
In den letzten 25 Jahren die **10 wärmsten** seit Messbeginn!

● kälteste Jahre: 1838, 1840 / $\Delta T = -1.8 \text{ °C}$
● wärmstes Jahr: 2014 / $\Delta T = +2.6 \text{ °C}$

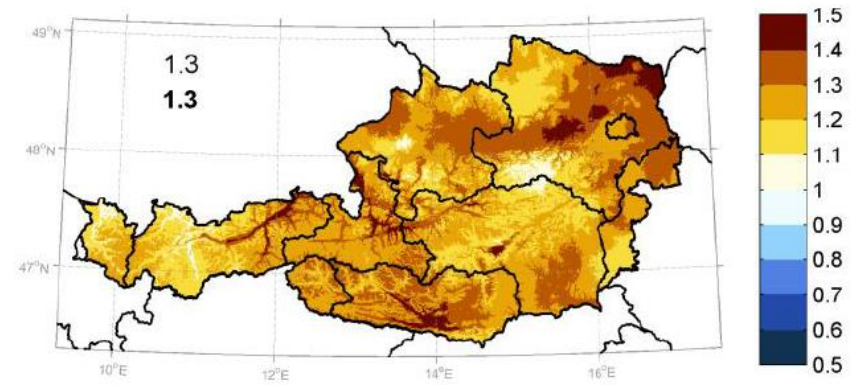
● Jahr 2018 / $\Delta T = +2.4 \text{ °C}$
Platz 2 der 206-jährigen Reihe

Markanter Temperaturanstieg im Sommer und Winter

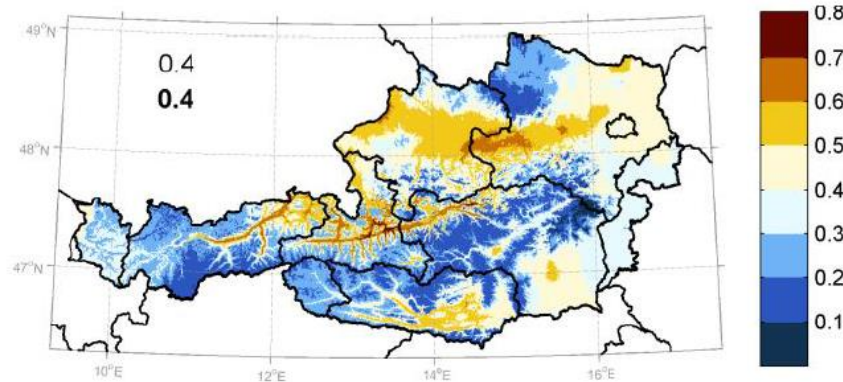
FRÜHLING



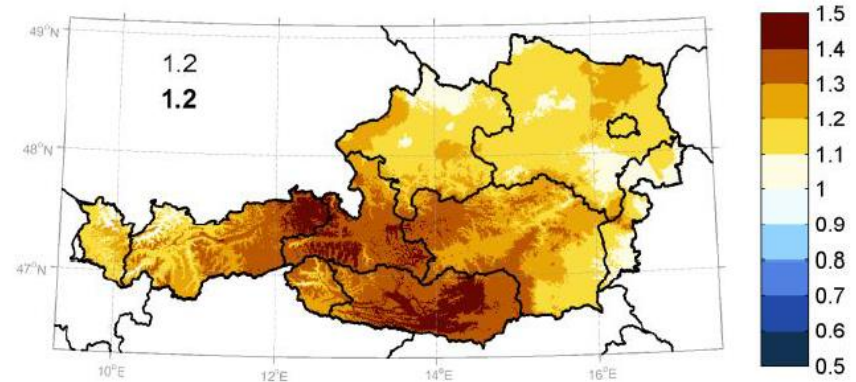
SOMMER



HERBST



WINTER



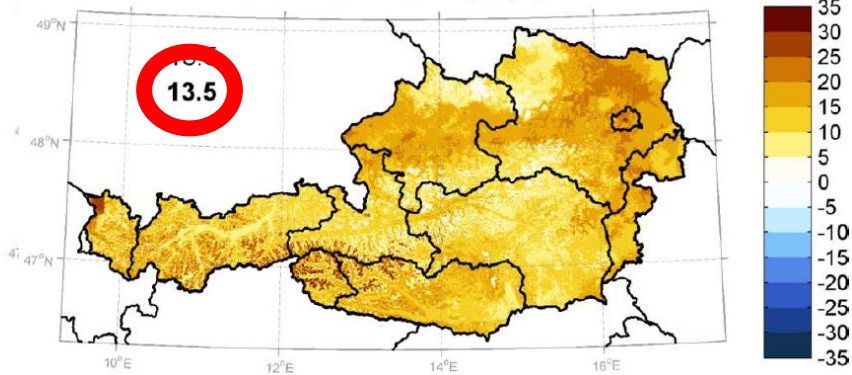
Änderung der saisonalen Mitteltemperatur [°C] 1986–2010 vs. 1961–1985 (ÖKS15)

Verlängerung der Vegetationsdauer - früherer Beginn



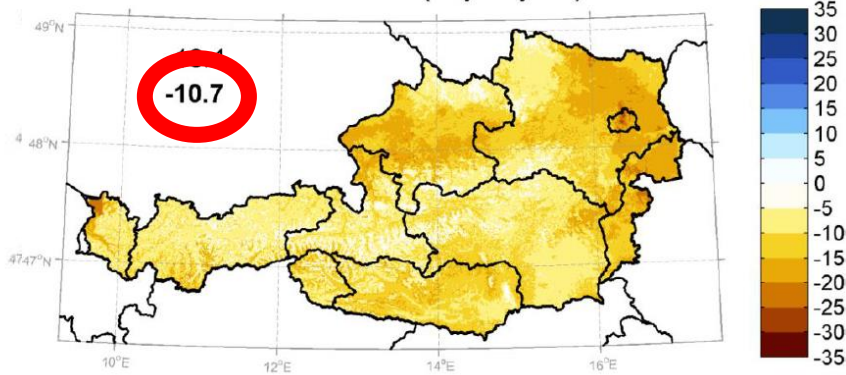
Längere Vegetationsdauer

Δ to 1961-1985 (days)

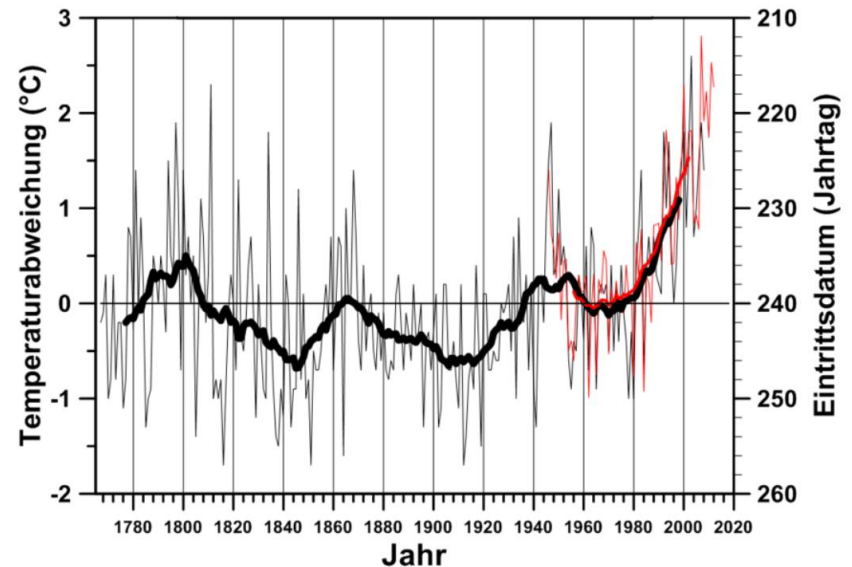


Früherer Vegetationsbeginn

Δ to 1961-1985 (day of year)



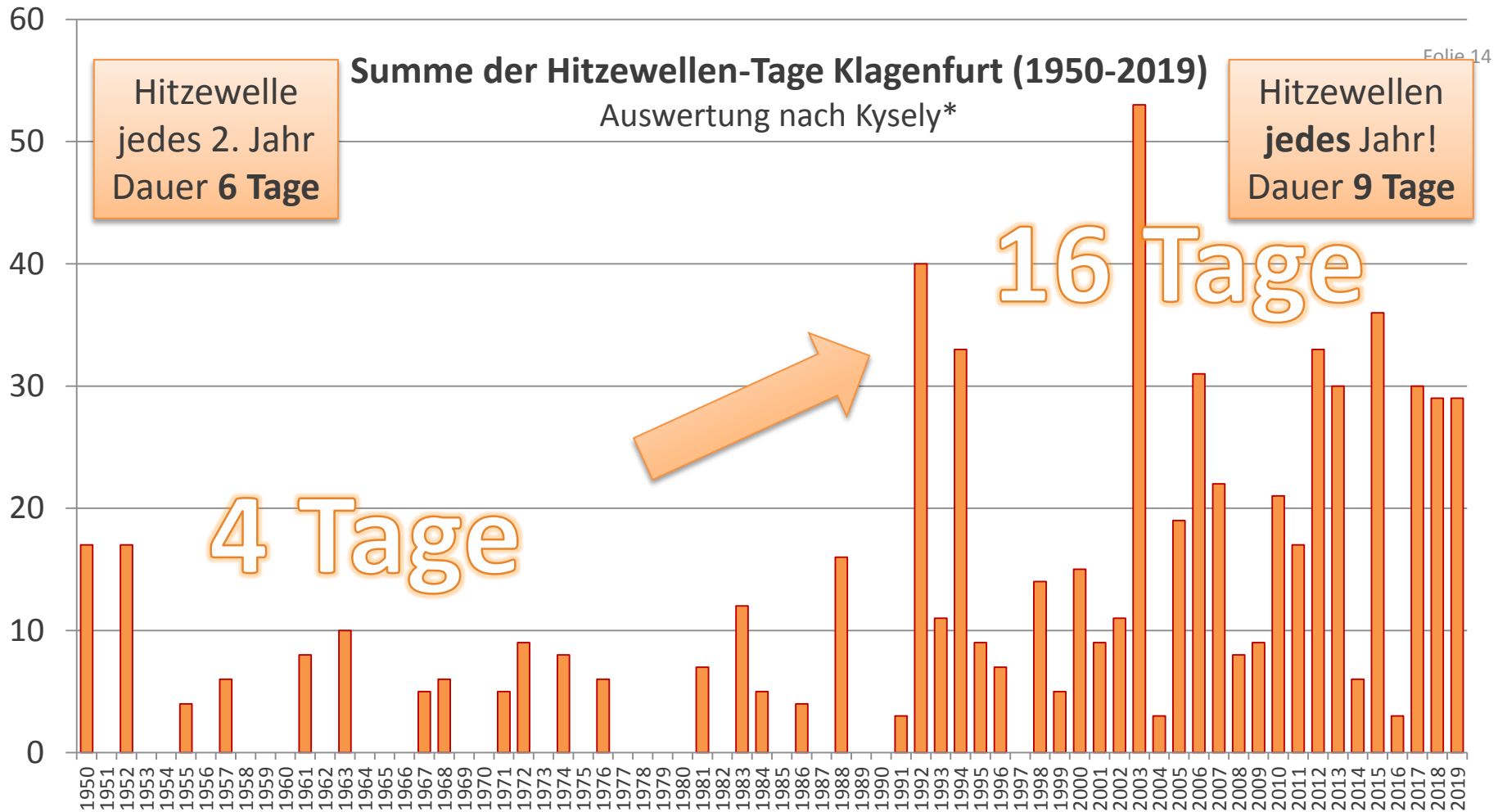
Eintritt der Fruchtreife des Schwarzer Holunders



Änderung der Dauer der Vegetationsperiode und des Beginns der Vegetationsperiode in Tagen 1986-2010 vs. 1961-1985 (ÖKS15)

*Vegetationsperiode: Beginn mind. 6 aufeinanderfolgende Tage $T_m > 5^\circ\text{C}$,
Ende mind. 6 aufeinanderfolgende Tage $T_m < 5^\circ\text{C}$*

Hitzewellen wurden häufiger und dauern länger



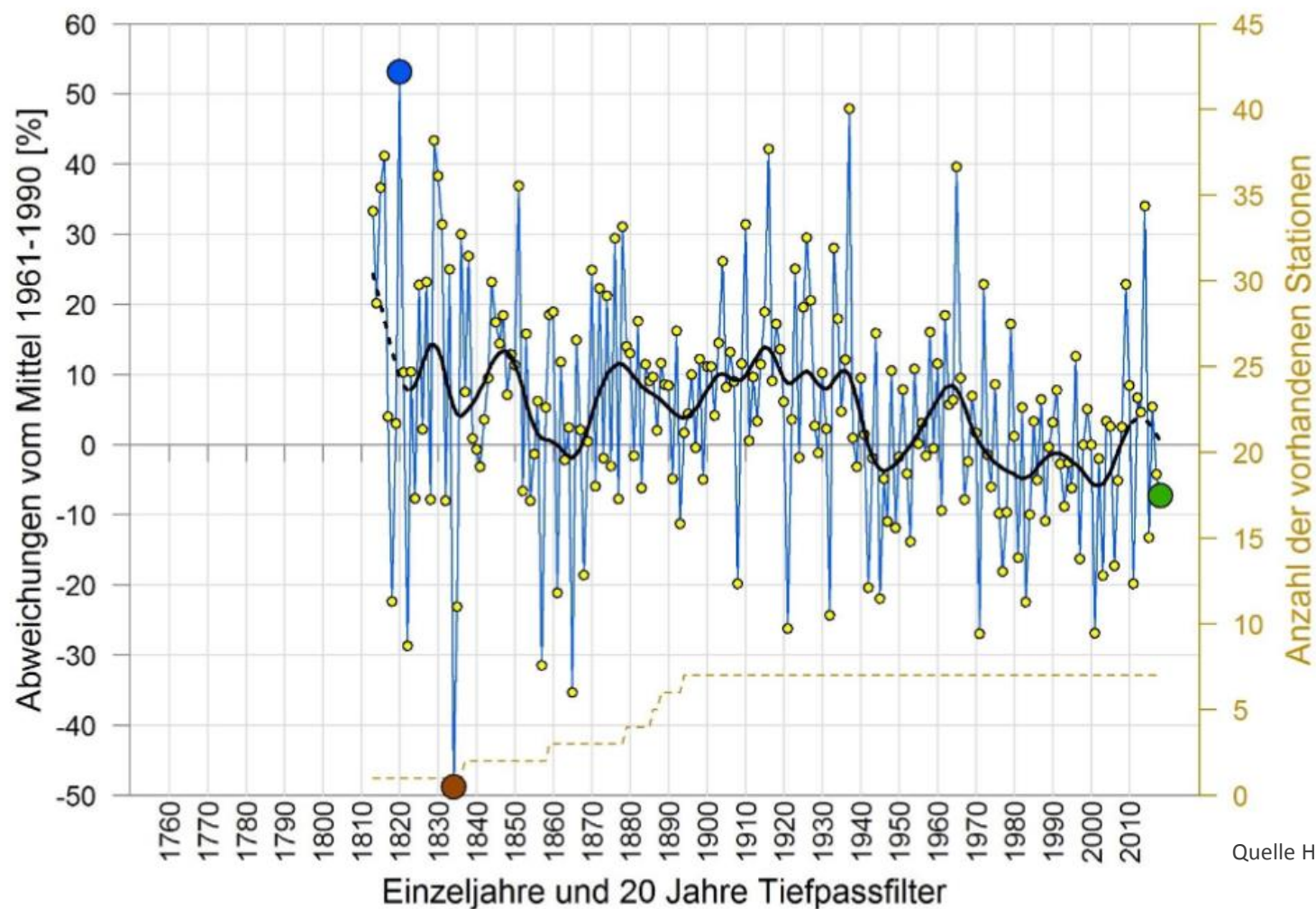
*) mind. 3 Tage in Folge über 30°C , solange mittleres Max. über gesamte Periode über 30°C und Max. mind. 25°C bleibt

Abnahme der Niederschlagsmengen

Seit 100 Jahren -10 %

Folie 15

JAHRESNIEDERSCHLAG 1813 - 2018 REGION SÜDOST

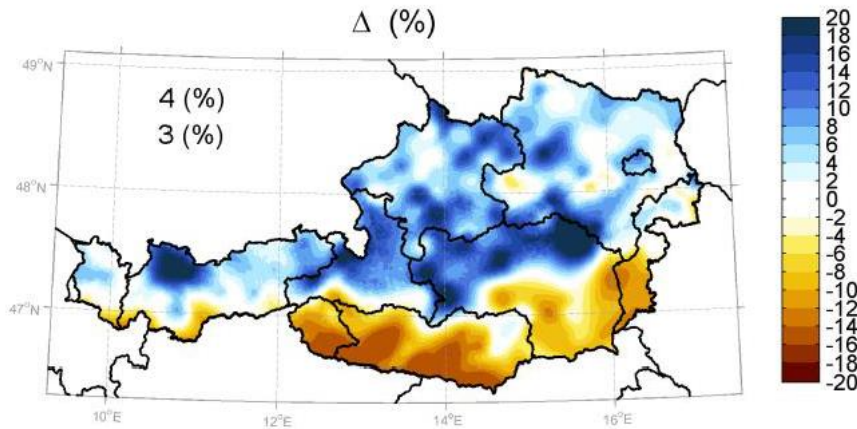


Quelle HISTALP

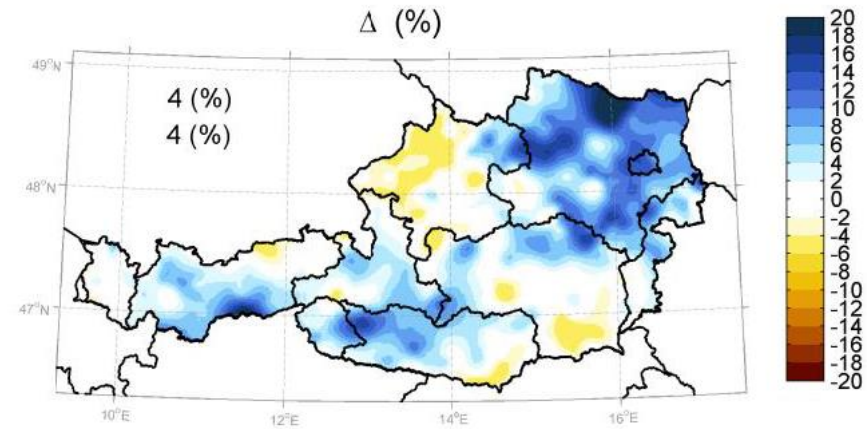
Niederschlagsabnahme im Süden (Winter und Frühling)



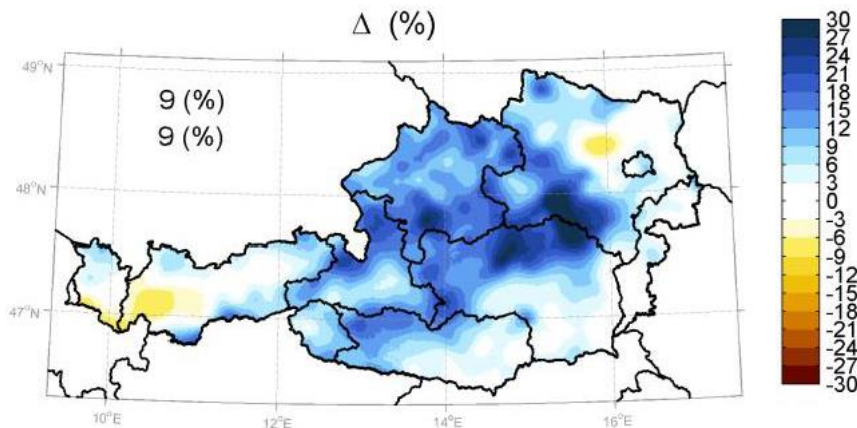
FRÜHLING



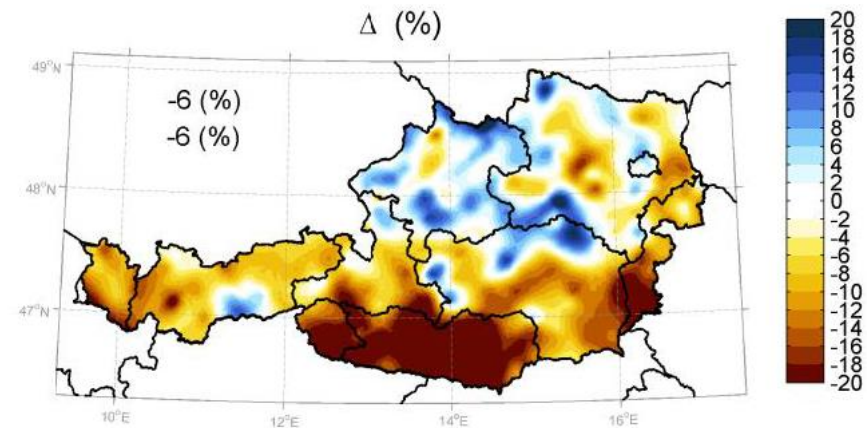
SOMMER



HERBST



WINTER

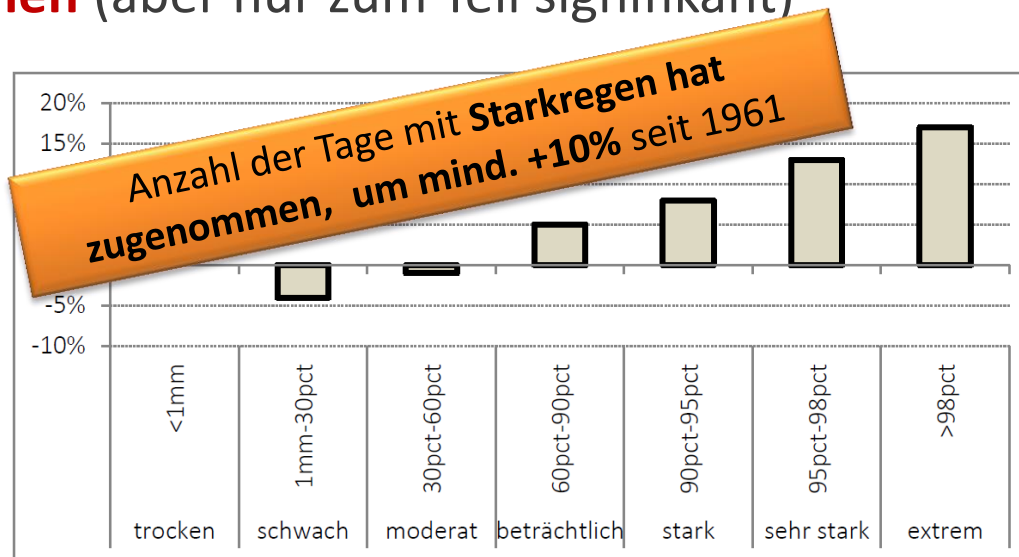


Änderung der mittleren saisonalen Niederschlagssumme 1986–2010 vs. 1961–1985 (ÖKS15)

Sind die Niederschläge intensiver geworden?

- Im Mittel über Österreich für das Gesamtjahr hat die Häufigkeit von **schwachen / moderaten Niederschlagstagen abgenommen** und jene von **starken / extremen Niederschlagstagen zugenommen** (aber nur zum Teil signifikant)

Folie 17



Änderung der Häufigkeit von Niederschlagstagen unterschiedlicher Intensität von 1986-2010 gegenüber 1961-1985 (ÖKS15)

Intensivere Schauer und Gewitter

Schauer und Gewitter sind tendenziell nicht häufiger, aber intensiver geworden

Folie 18

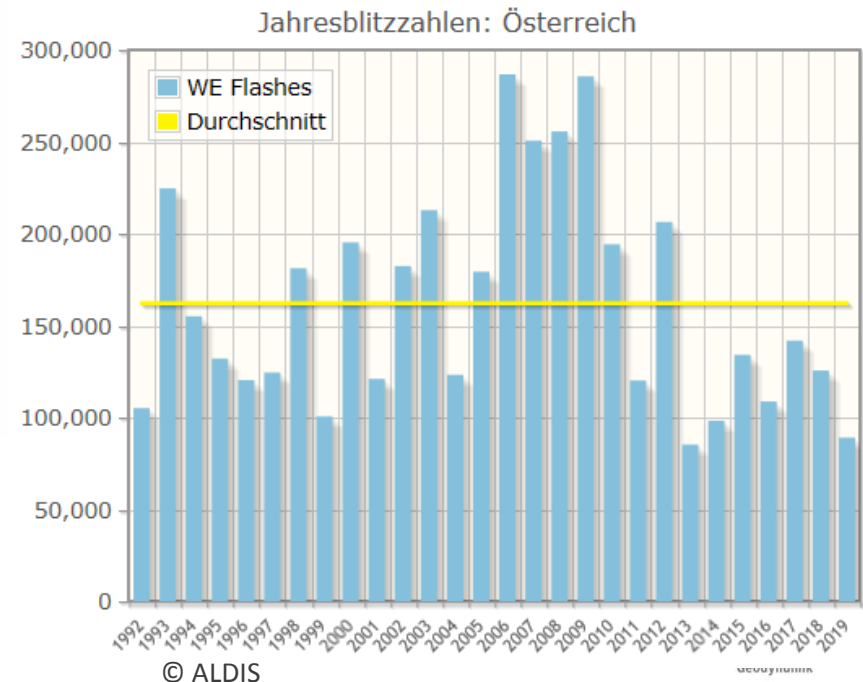
- ... **kräftige gewittrige Schauer haben zugenommen, Unsicherheit aber groß...**
- ... eindeutige direkte Trends (noch) nicht ableitbar → zeitlich hochaufgelöste Messungen erst seit 1990er-Jahren
- ... Trends aus Zunahme der Schäden durch Starkregen kaum quantifizierbar → Exposition und Vulnerabilität nehmen zu

(© Kleine Zeitung; FF Griffen; AWÖ / Facebook)



Auswirkung hängt ab von Versiegelung,
Landnutzung, Entwässerungssystemen,
Siedlungsbau

→ **Handlungsspielraum für die Anpassung !**



Klimafolgen: Trockenheit und Dürre

Trockener durch mehr Verdunstung – Beispiel Klagenfurt

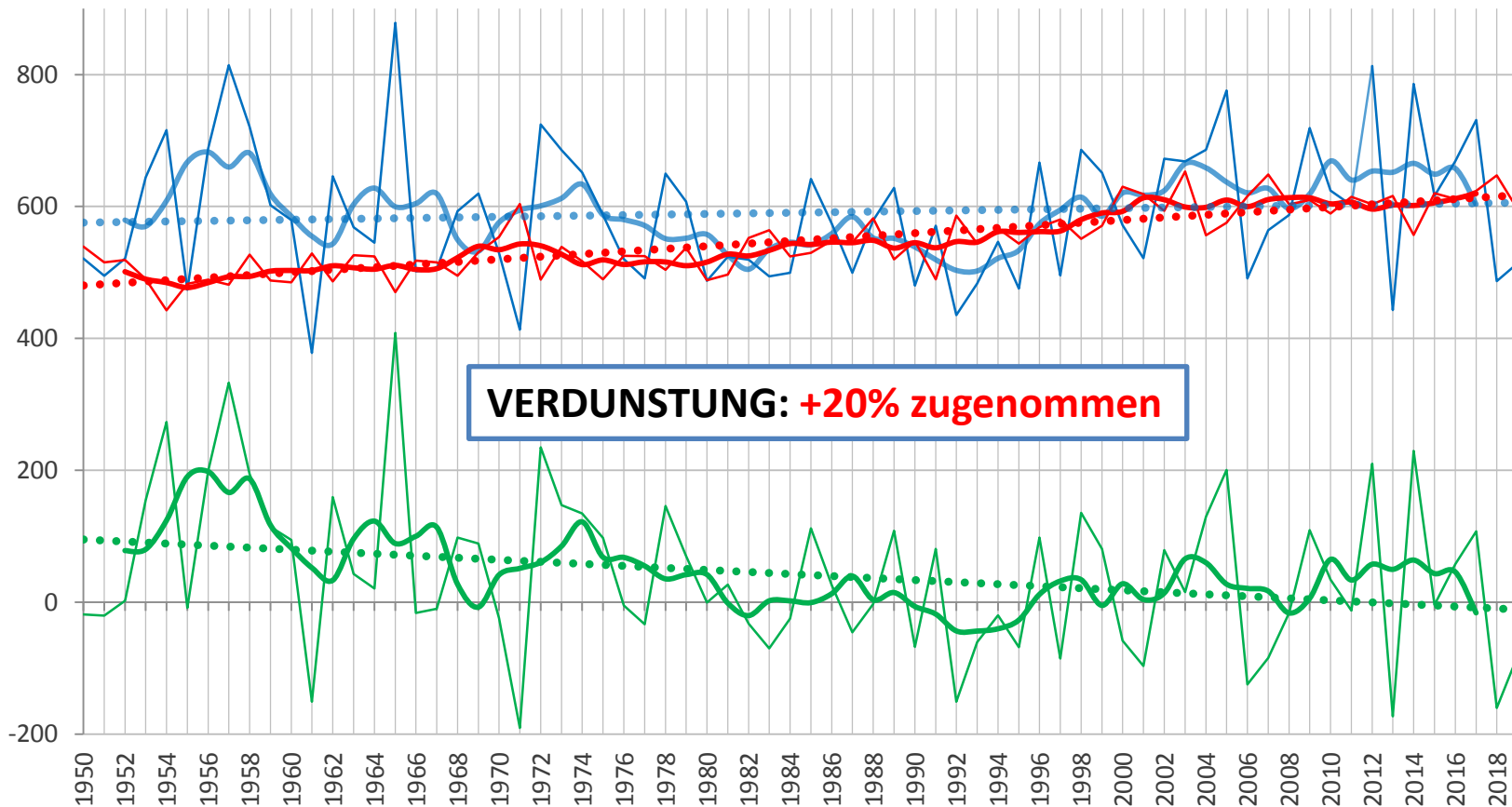
Folie 19

Niederschlag und pot. Verdunstung [in mm] in Klagenfurt

1950-2019 im Sommerhalbjahr (April bis September)

(Einzeljahre, gleitende Mittel und linearer Trends)

- Niederschlag
- Verdunstung
- Niederschlag-Verdunstung



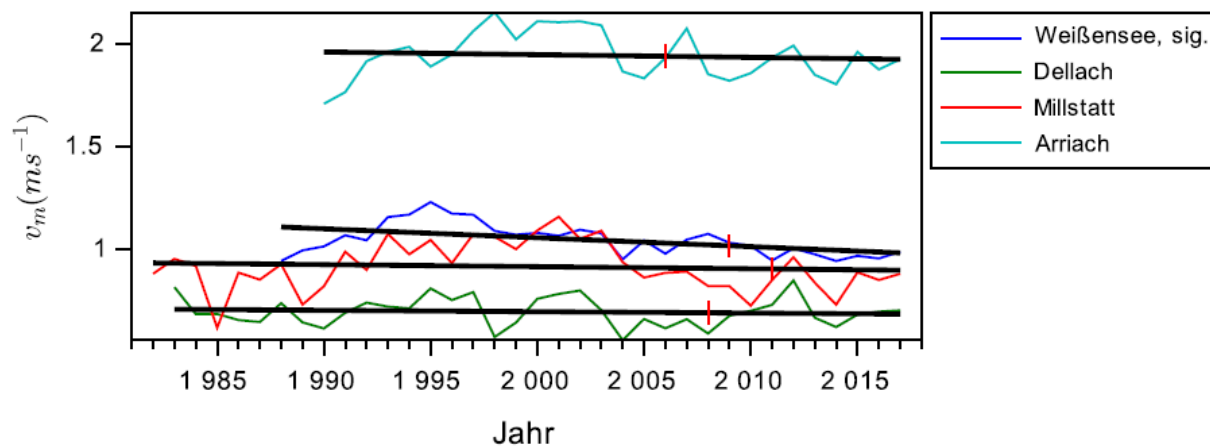
© ZAMG Klagenfurt



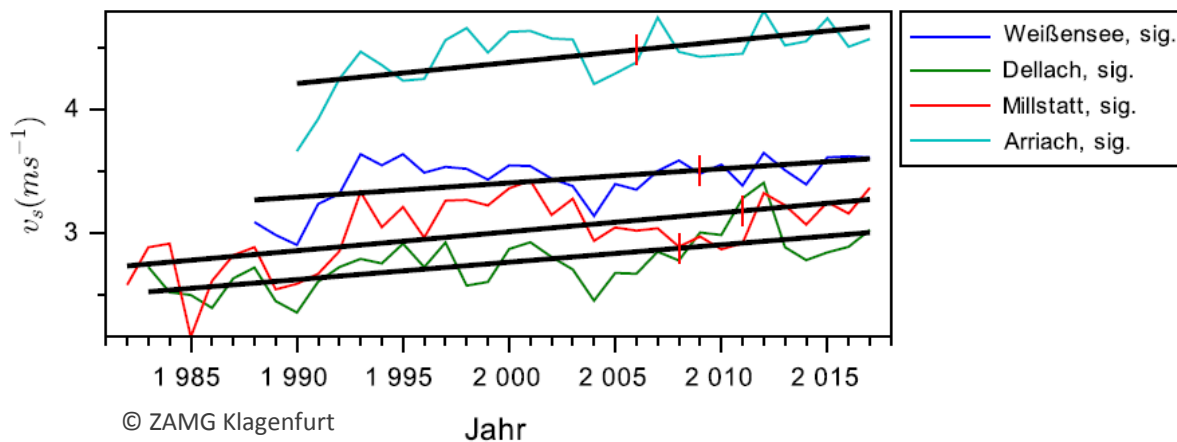
Hat der Wind bei uns zugenommen?

Windtrend der letzten Jahrzehnte

- Mittelwind:



- Windspitzen:



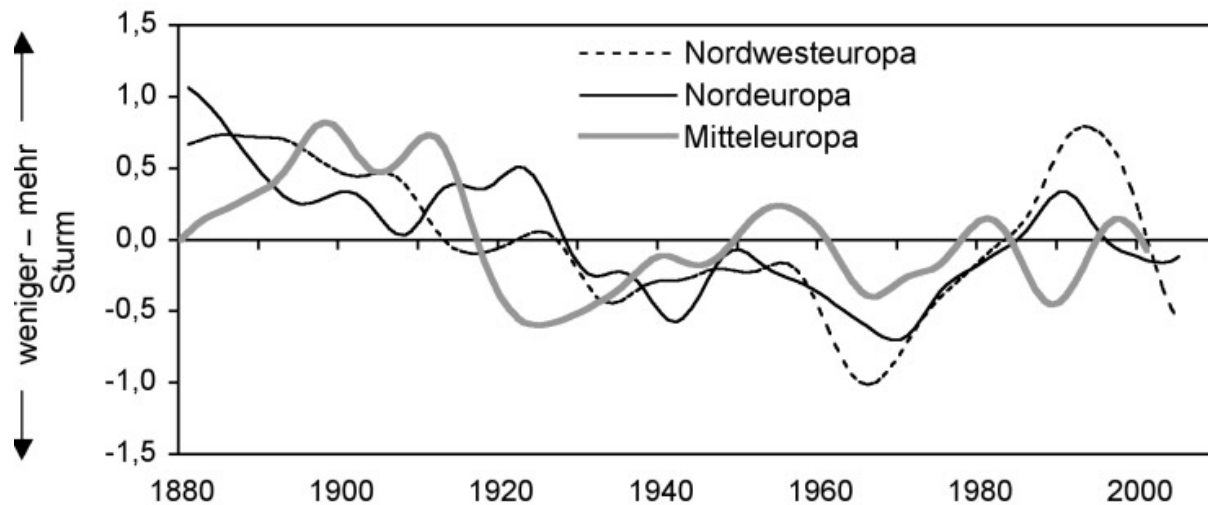
© ZAMG Klagenfurt

Klimawandel bisher - Winterstürme



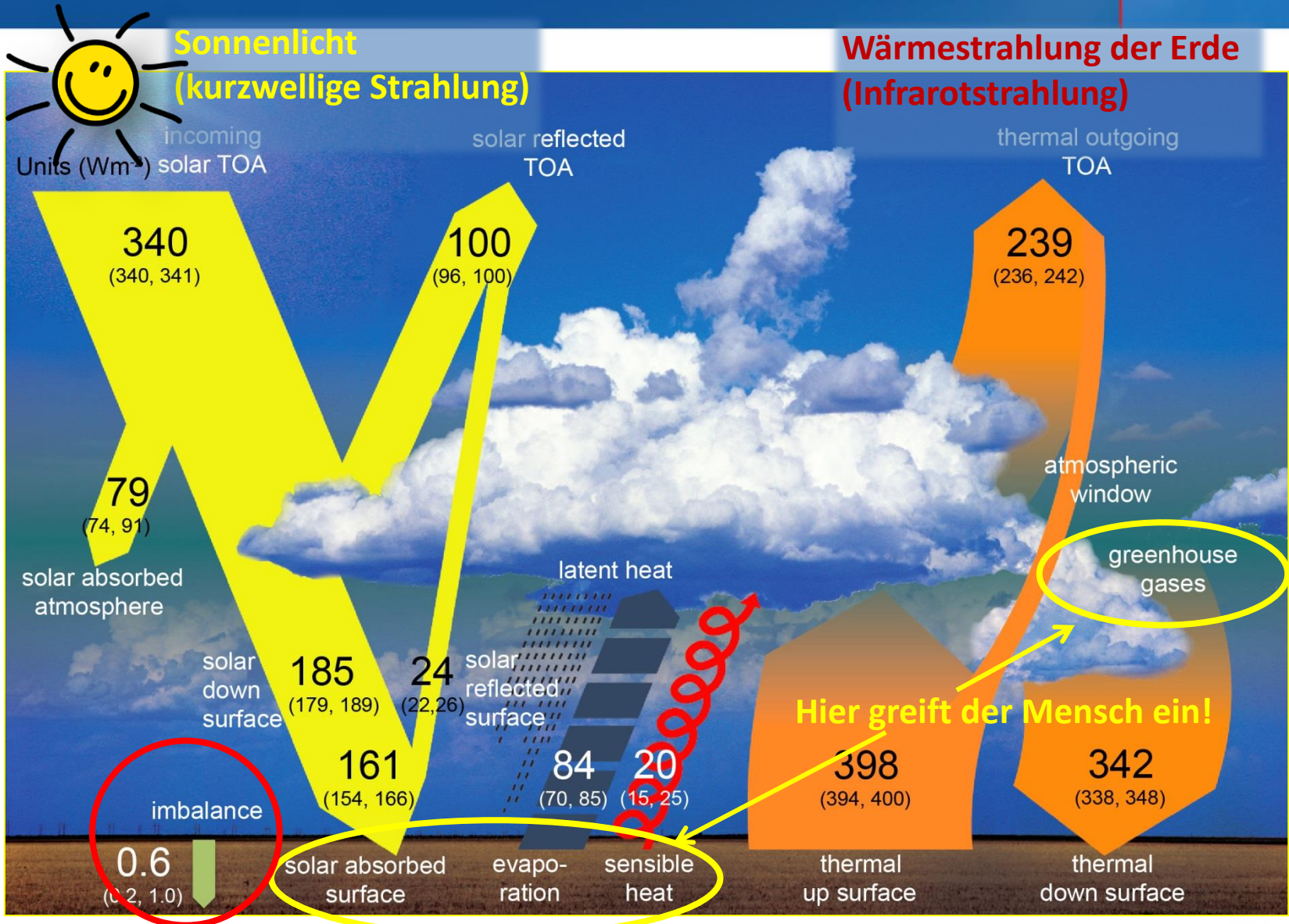
- großflächige Stürme treten in Mitteleuropa im Winterhalbjahr auf
- besonders viele zwischen 1990 und 2008 → z.B.: Sturm Vivian (1990), Wiebke (1990), Kyrill (2007), Paula und Emma (2008)
- oft mit beträchtlichen Schäden verbunden (mehrere 100 Millionen Euro, europaweit teils Milliarden Schäden)
- Langzeitstudien (100 bis 150 Jahre) zeigen starke Variabilität und keine klaren Trends

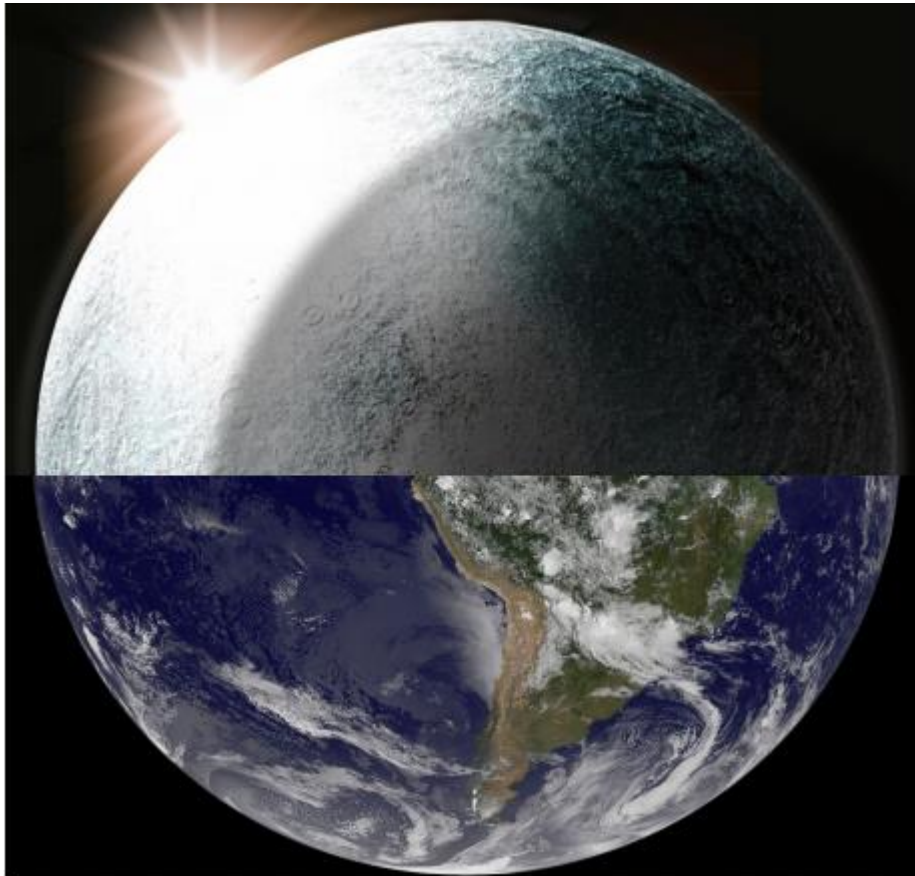
Folie 21



Matulla et al. 2007

Strahlungs- und Energiebilanz der Erde





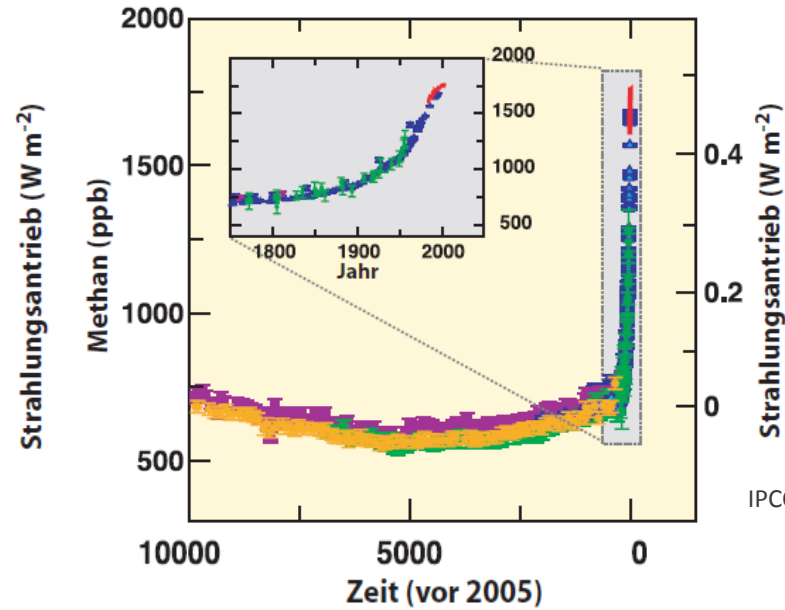
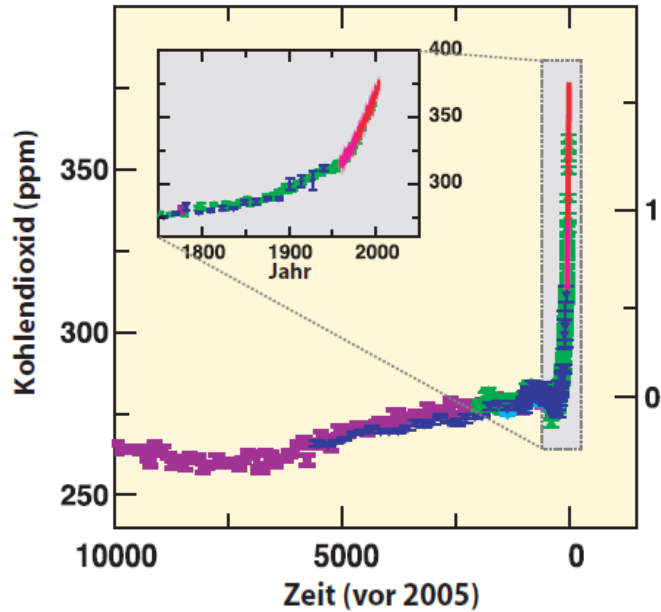
-18°C ohne Atmosphäre

→ ohne natürlich
vorkommende
Treibhausgase (H_2O , CO_2 ,
 CH_4 ,...) wäre kein Leben
möglich!

+15°C mit Atmosphäre

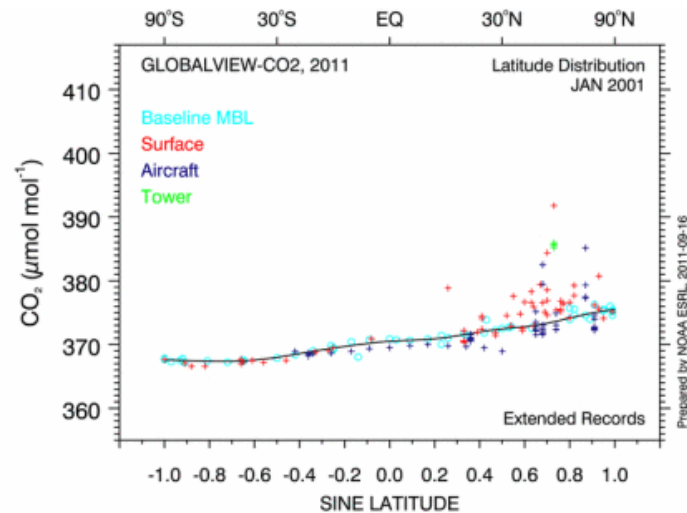
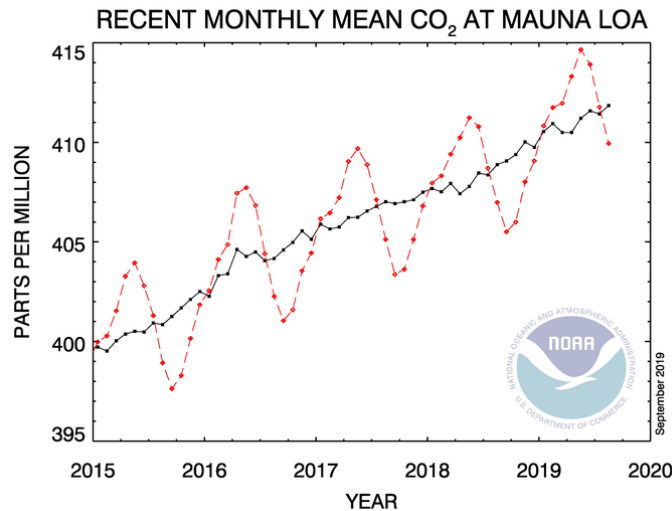
Änderungen der Treibhausgase

(Daten basierend auf Analysen aus Eisbohrkernen und modernen Messungen)



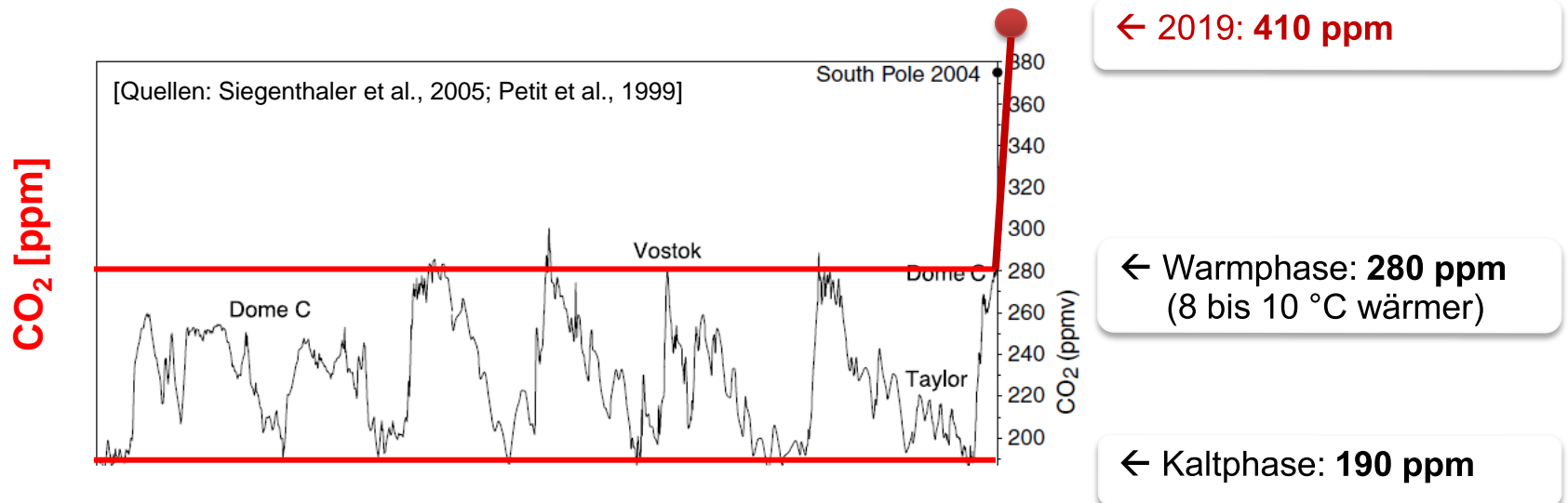
IPCC, 2014

Folie 24



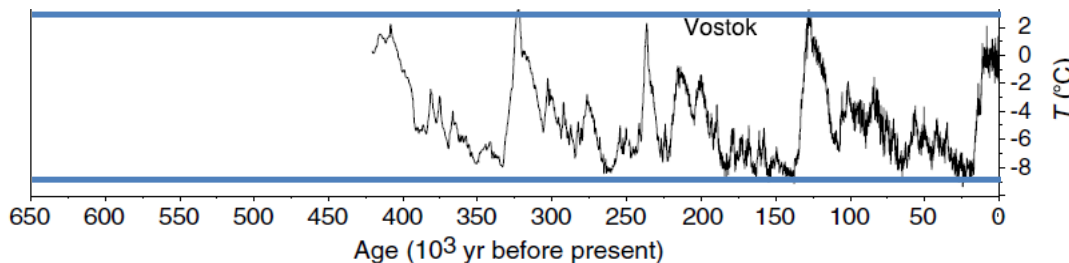
CO₂- und Temperaturverlauf der letzten 800.000 Jahre

Höher als jemals in den letzten 800.000 Jahren! **+ 40%**

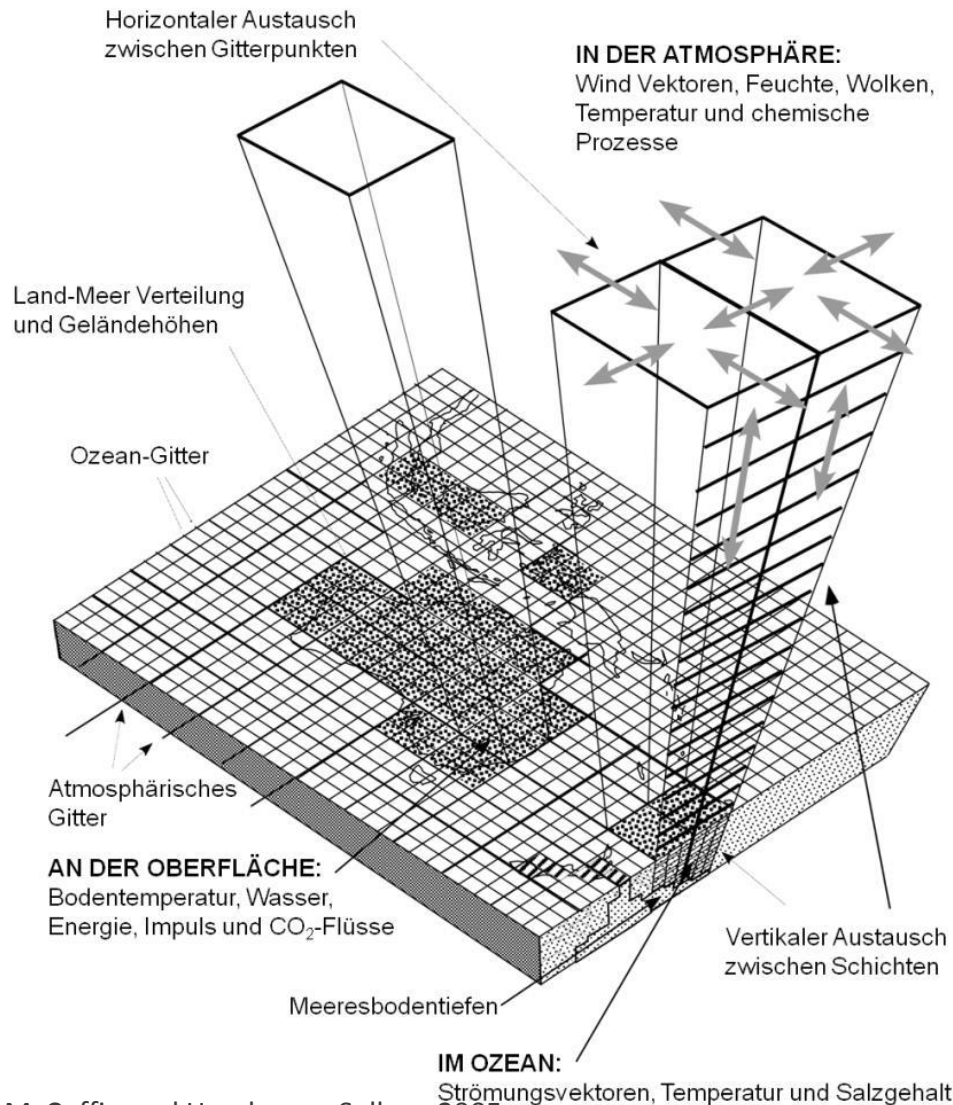


- Ursachen: **Fossile Brennstoffe, Änderung der Landnutzung**
- 30% des emittierten menschlichen CO₂ wurde im Ozean gespeichert (→ Versauerung)

Temperatur [°C]
(Differenz zu heute)



Klimaprojektionen durch Modelle



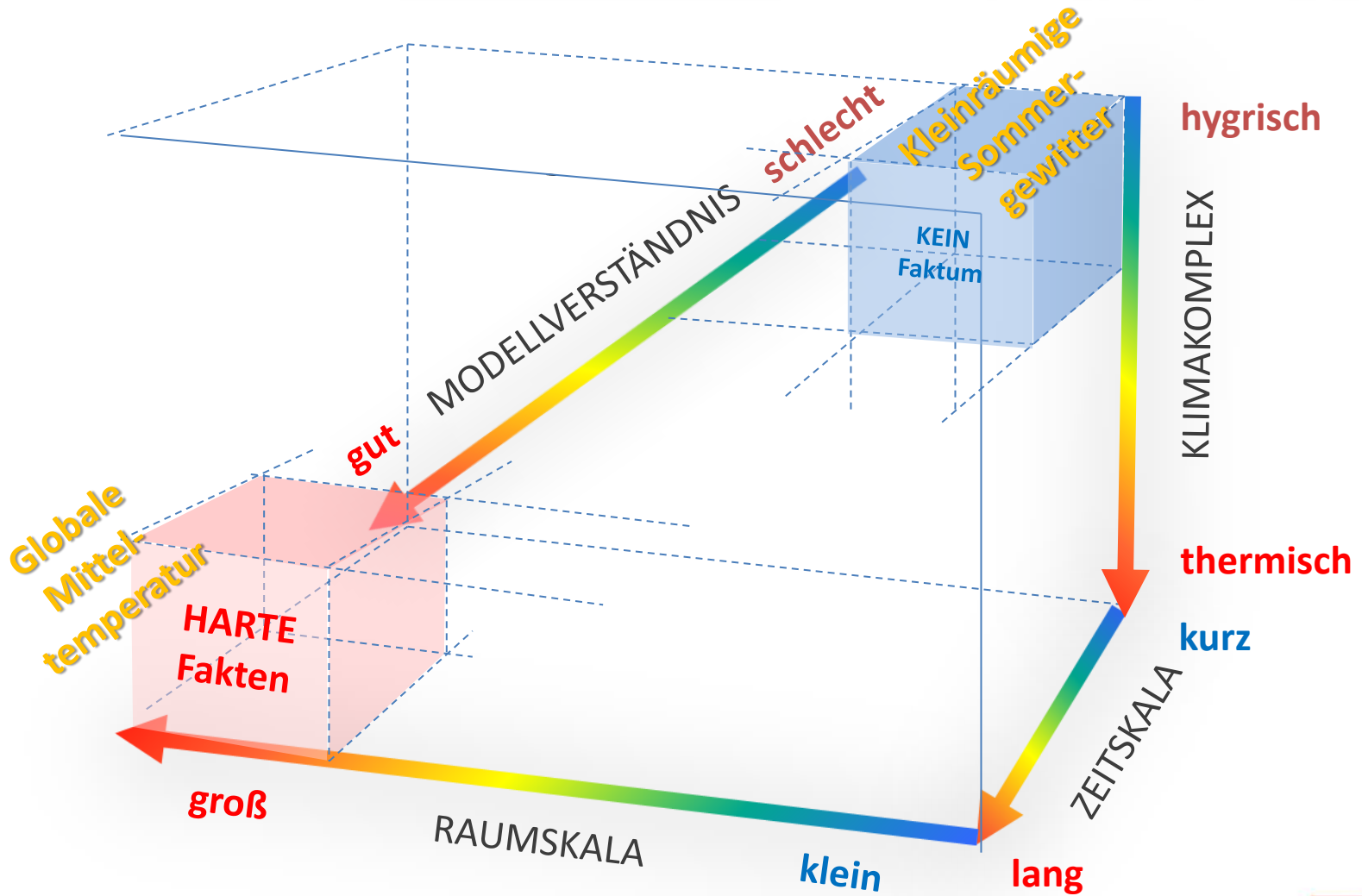
McCuffie und Henderson-Sellers, 2005

Globale Klimamodelle
Räumliche Auflösung 100km
sehr rechenintensiv (Monate)

Regionale Modelle (10 km), statistische
Modelle

Berücksichtigung Meereis, Vegetation,
Boden,...

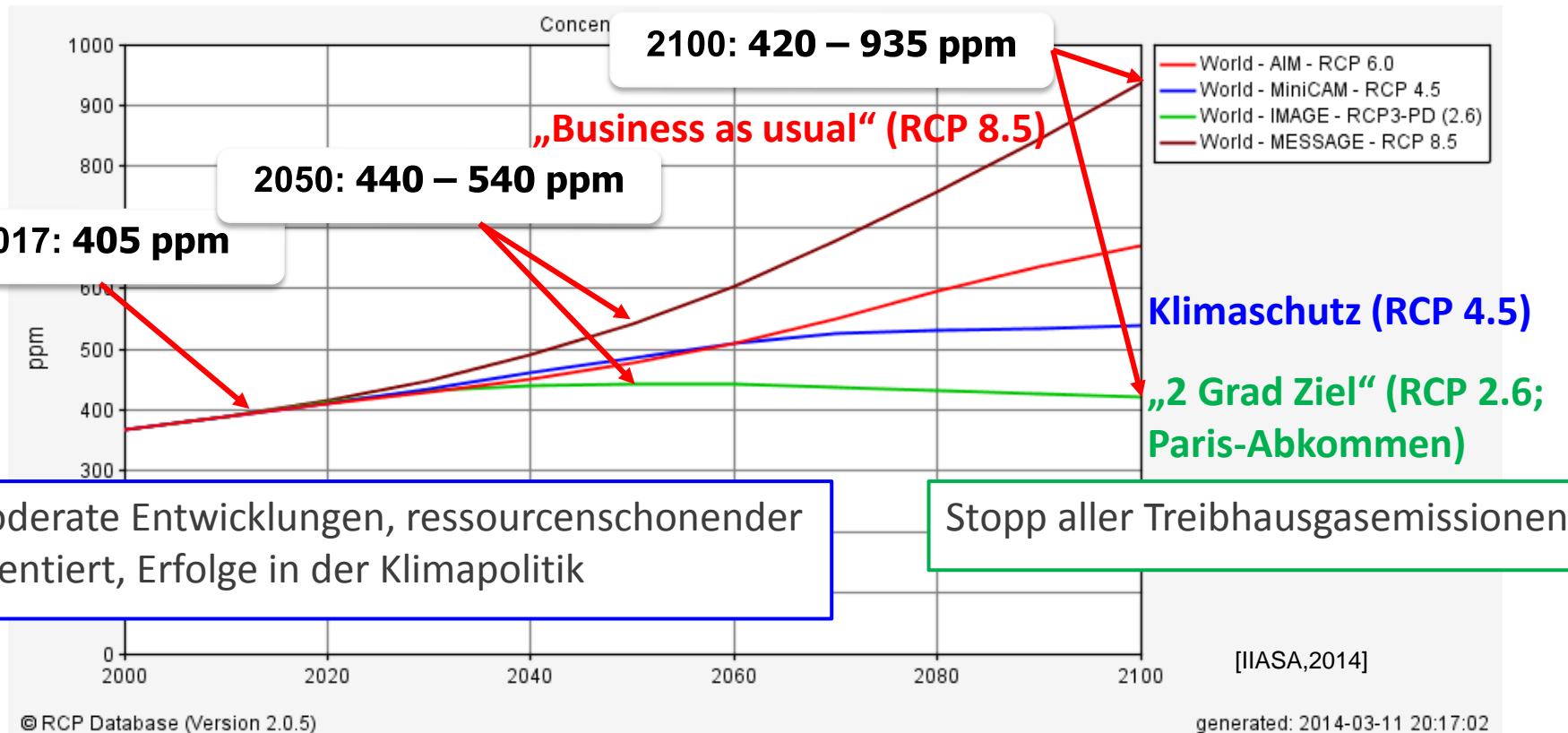
Kleinräumige Prozesse,
Wechselwirkungen und
Rückkopplungen



Treibhausgasszenarien

CO₂ Konz. im 21. Jahrhundert

keinerlei Maßnahmen zum Klimaschutz, wie bisher auf der Verbrennung fossiler Energieträger



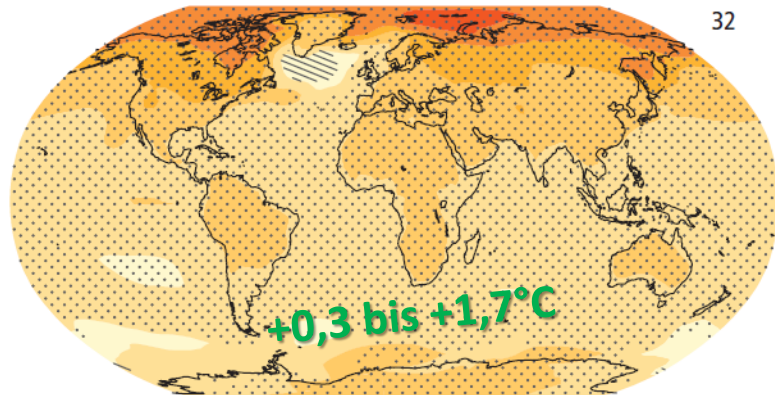
Große Spannweite an Möglichkeiten!

Klimaprojektionen → Globale Erwärmung

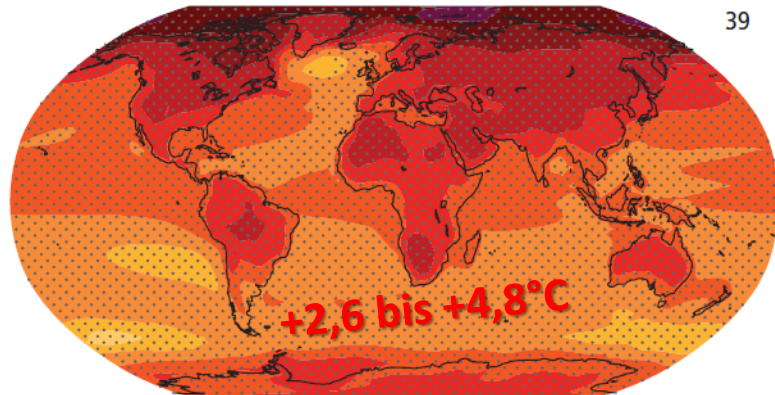
RCP2.6 Szenario

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)

RCP8.5 Szenario



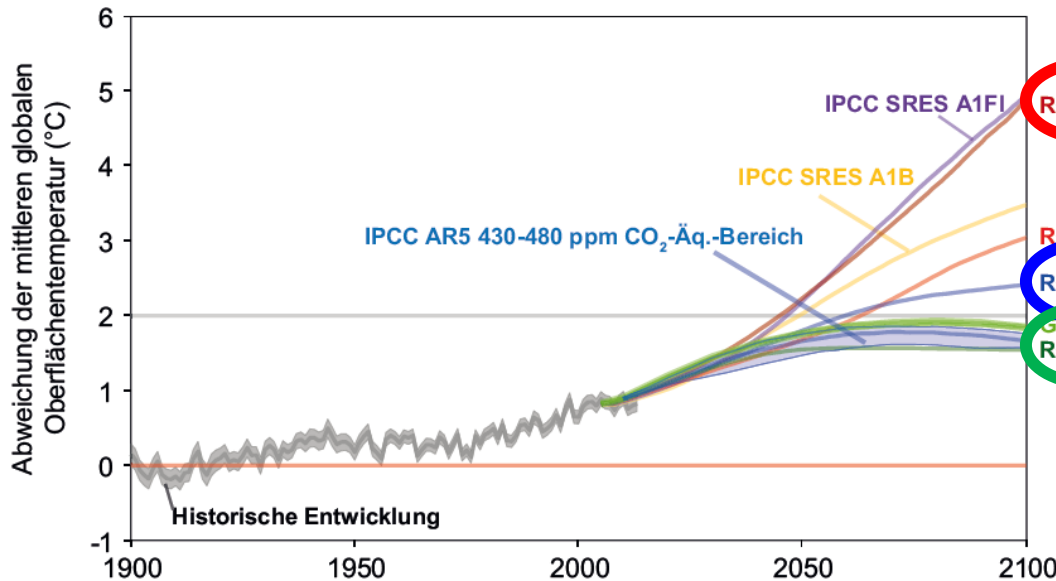
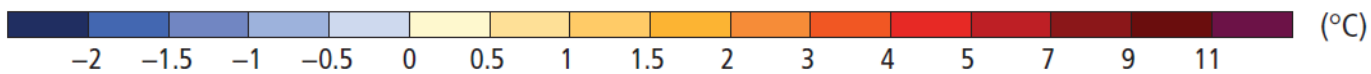
32



39

Folie 29

(IPCC 2014)



bis 2050 alle Szenarien sehr ähnlich

→ weiterer Klimawandel unvermeidbar

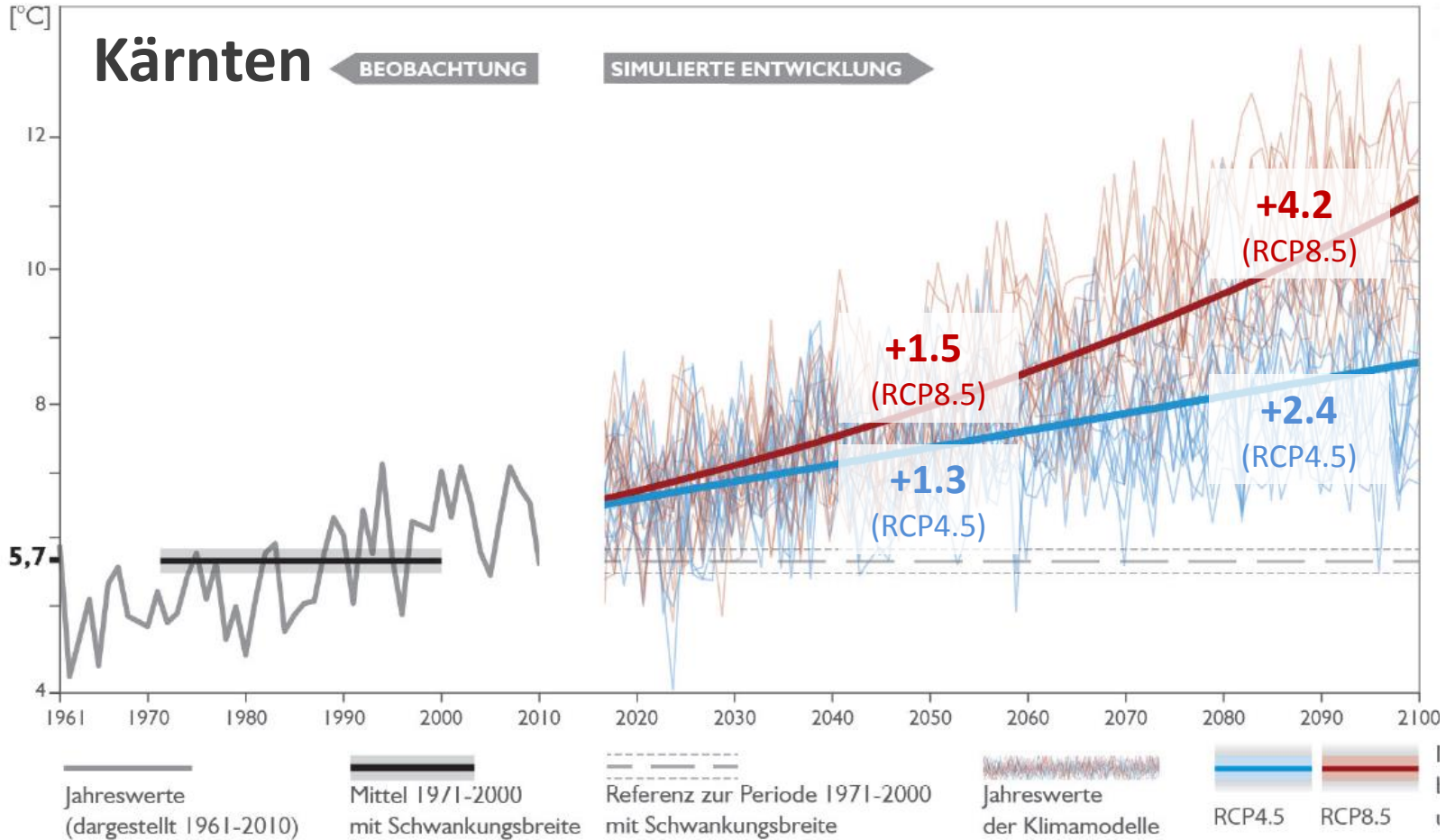
→ Anpassung (trotz Klimaschutz) nötig

ab 2050 sehr großer Unterschied, welchen Emissionspfad wir JETZT einschlagen

→ Klimaschutz hilft die drastischsten Folgen des Klimawandels abzumildern!



Temperatur im 21. Jahrhundert: es wird es wärmer



Zunehmende Hitzebelastung in den Tälern



Beschreibung

Diese Karten zeigen die Anzahl der Tage im Jahr in Kärnten, an denen die Tagesmaximum-Temperatur mindestens 30°C beträgt. Zu sehen ist jeweils das Mittel dieser Anzahl über die angegebene Periode. Die linke Karte zeigt den Beobachtungszeitraum (aktuelles Klima), die rechte Karte zeigt das zukünftige Klima unter geringen Anstrengungen im Klimaschutz (RCP8.5).

→ 3-4 x so viele Hitzetage wie jetzt!

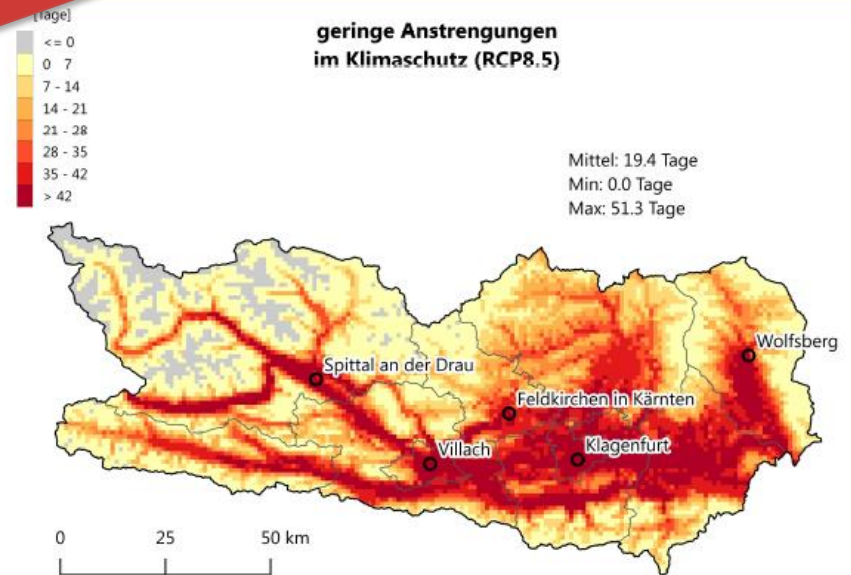
Aktuelles Klima (1981-2010)

Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel des ÜRS15-Ensembles



7-14 Tage



28-42 Tage

[Quelle: Besci et al., BOKU]

Tropennächte auch in Kärnten

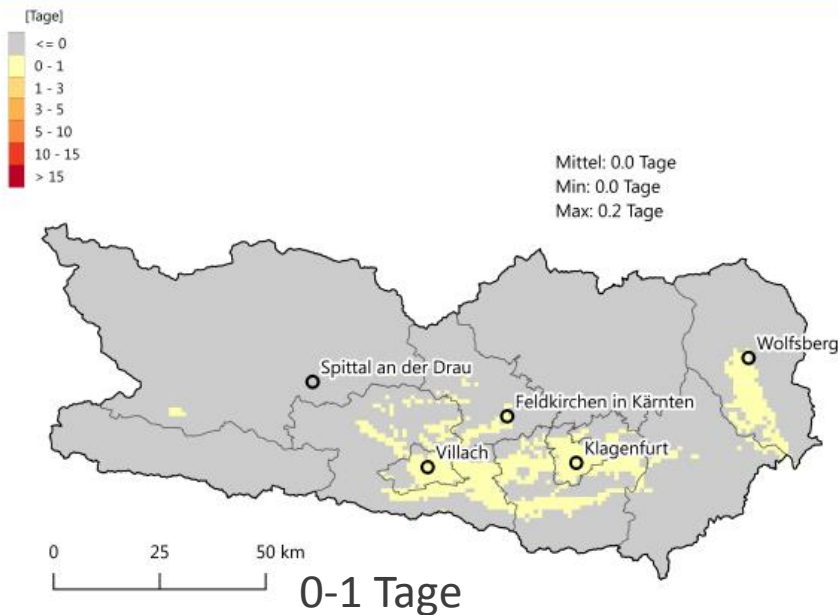


Beschreibung

Diese Karten zeigen die Anzahl der Tage im Jahr in Kärnten, an denen die Tagesminimum-Temperatur größer gleich 20°C beträgt. Zu sehen ist jeweils das Mittel dieser Anzahl über die angegebene Periode.

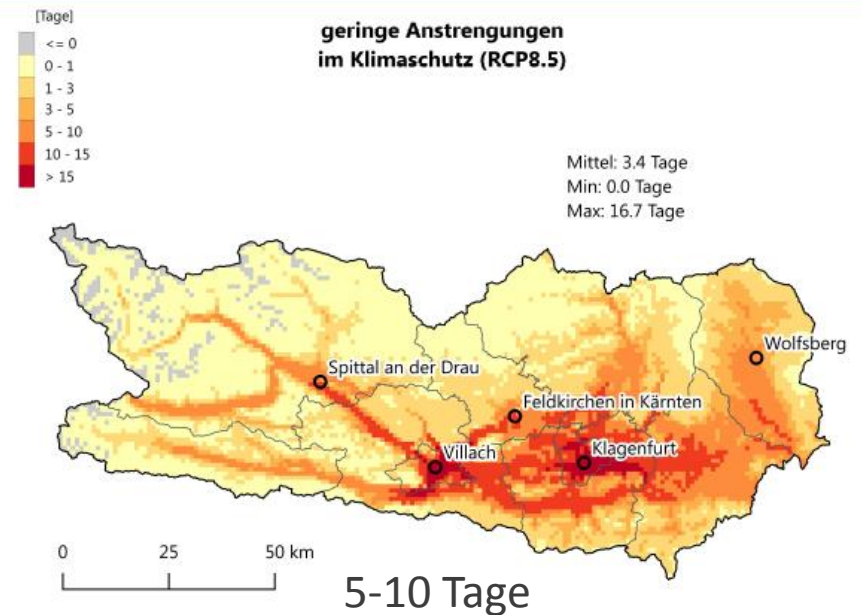
Die linke Karte zeigt den Beobachtungszeitraum (aktuelles Klima), die rechte Karte das zukünftige Klima bei geringen Anstrengungen im Klimaschutz (RCP8.5).

Aktuelles Klima (1981-2010)



Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel des ÖKS15-Ensembles



[Quelle: Besci et al., BOKU]

Deutlich längere Vegetationsperiode

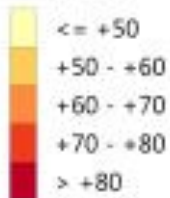


Abweichungen vom aktuellen Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel des ÖKS15-Ensembles

Folie 33

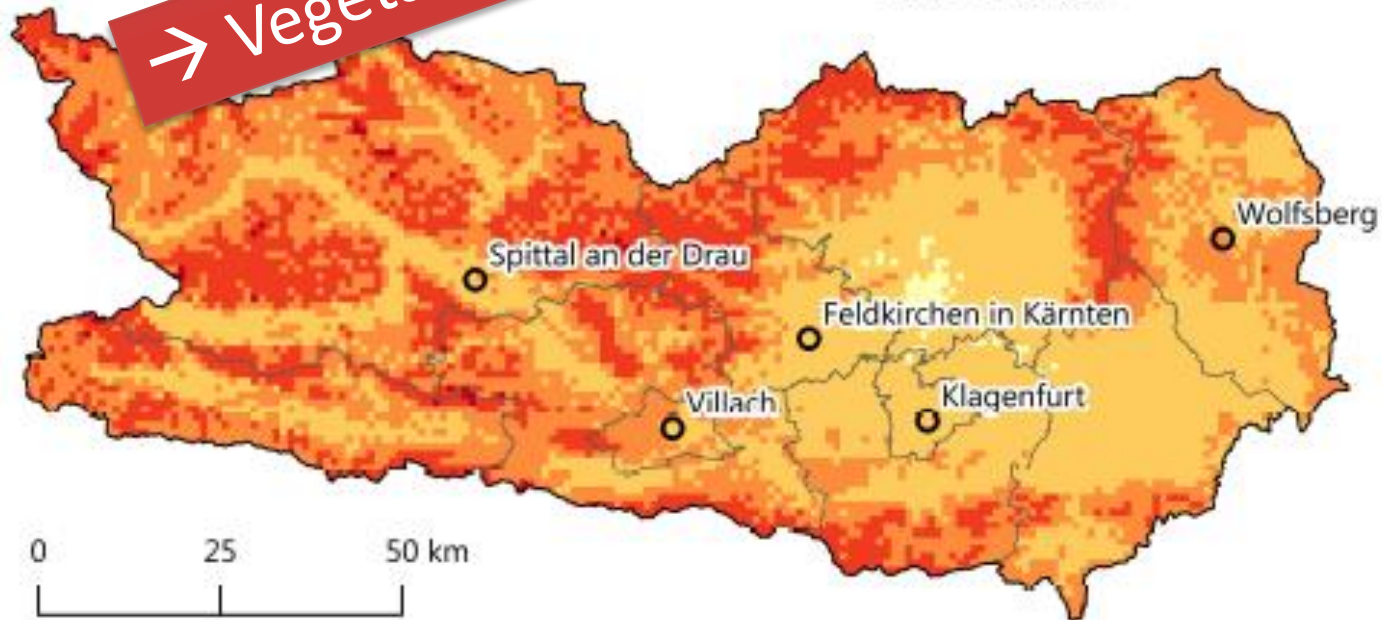
[Tage]



geringe Anstrengungen
im Klimaschutz (RCP8.5)

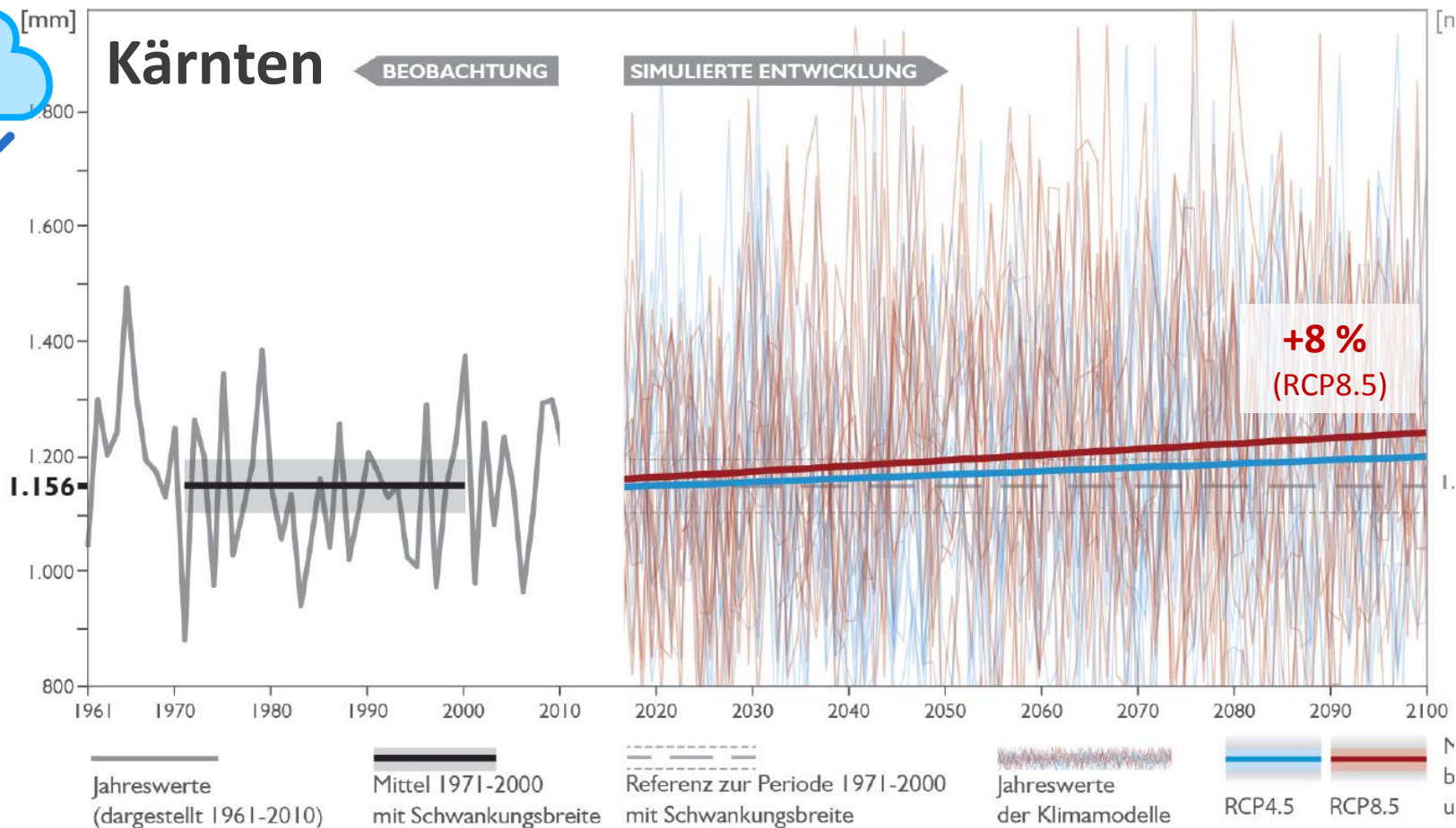
→ Vegetationsperiode 2 Monate länger!

Mittel: +63.4 Tage
Min: +45.0 Tage
Max: +86.3 Tage





Niederschlag im 21. Jahrhundert: etwas feuchter



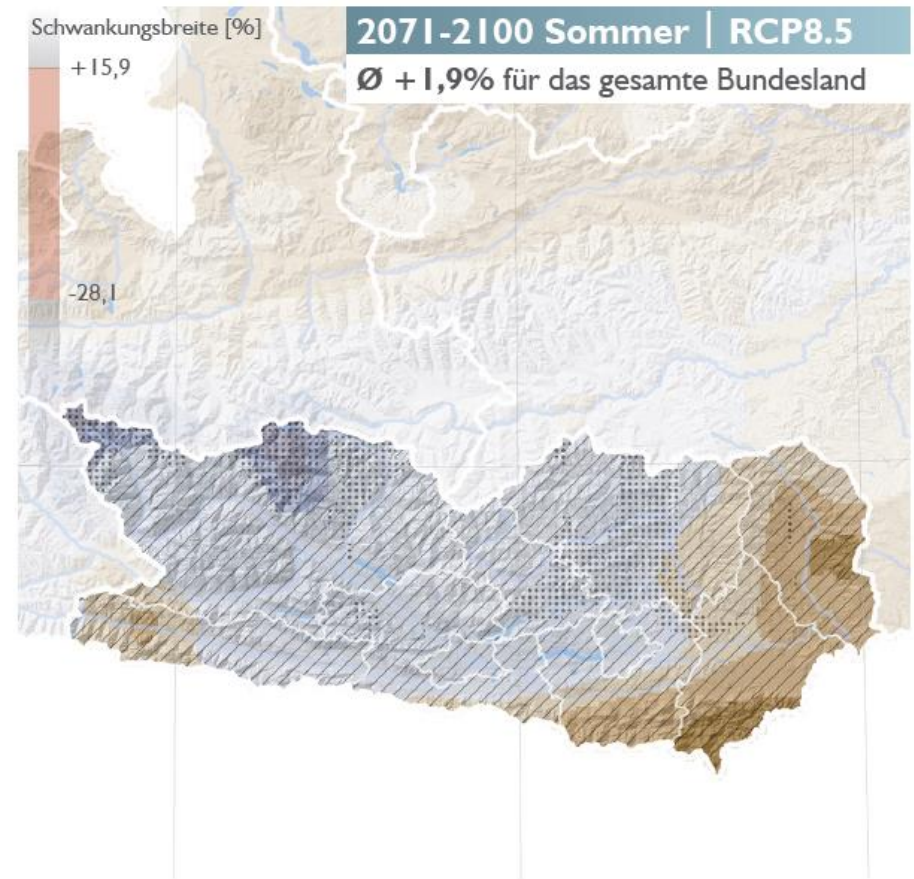
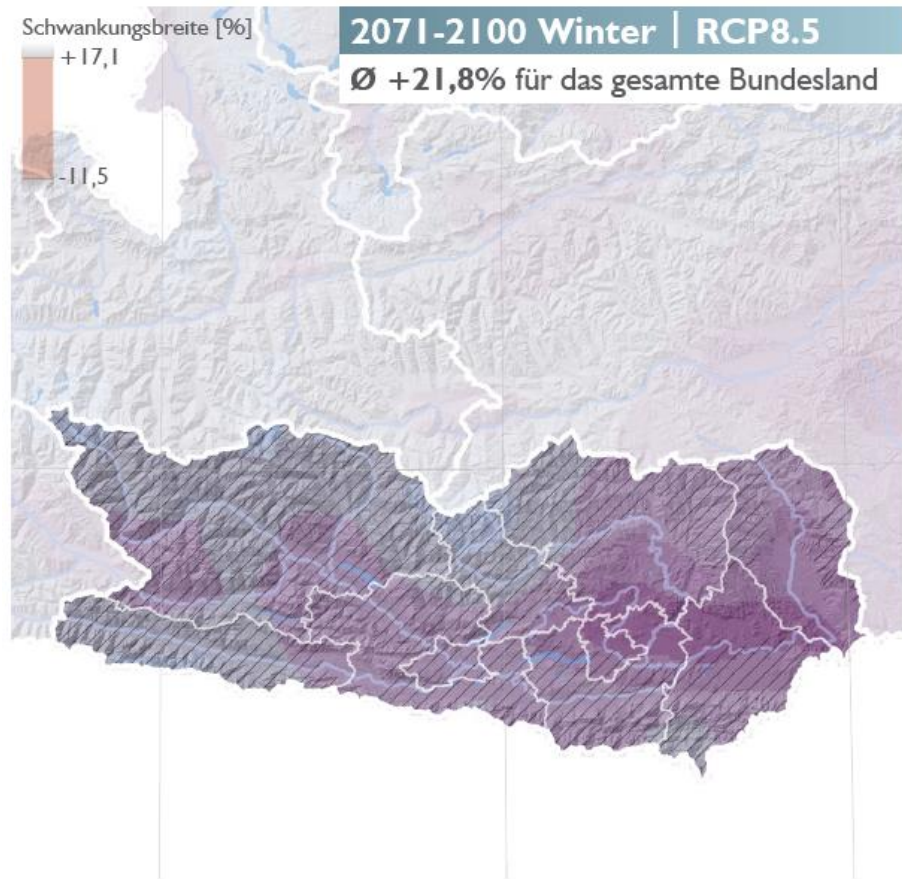
Mehr Niederschlag im Winter



Geringe Modell-
übereinstimmung

Simulierte
Niederschlagsänderung [%]

Keine signifikante
Änderung



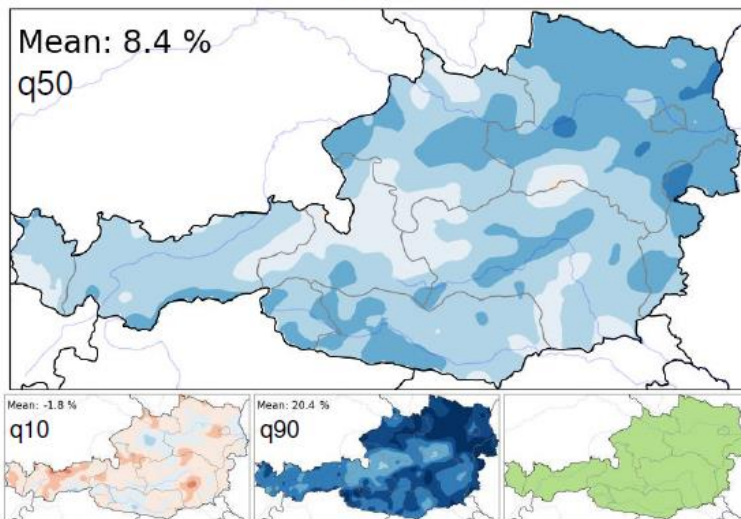
Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

Zunahme der maximalen 1-Tages-Niederschlagsmenge (Winter)

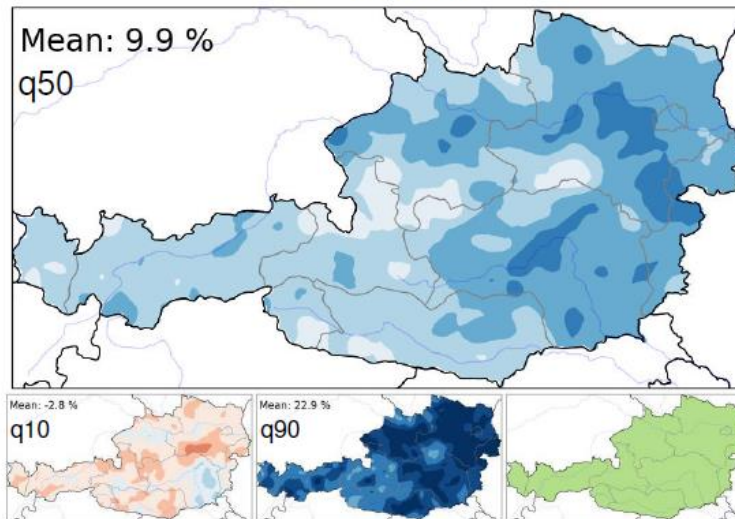


Nahe
Zukunft

RCP4.5

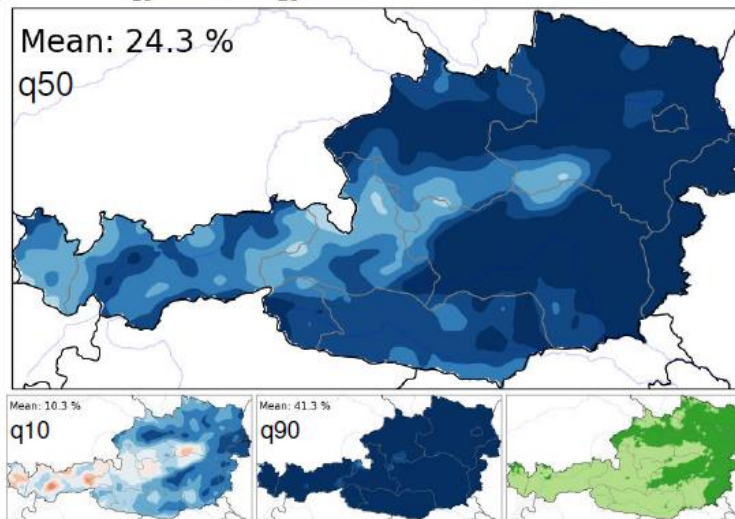
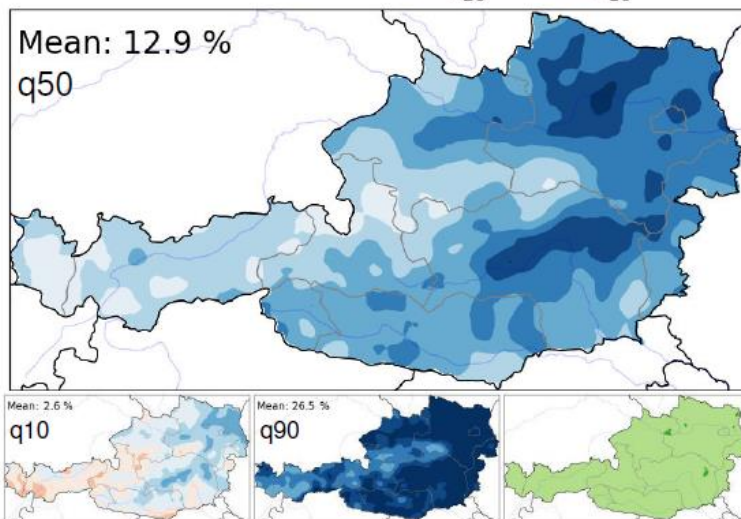


RCP8.5



Folie 36

Ferne
Zukunft



Starkniederschlag nimmt zu



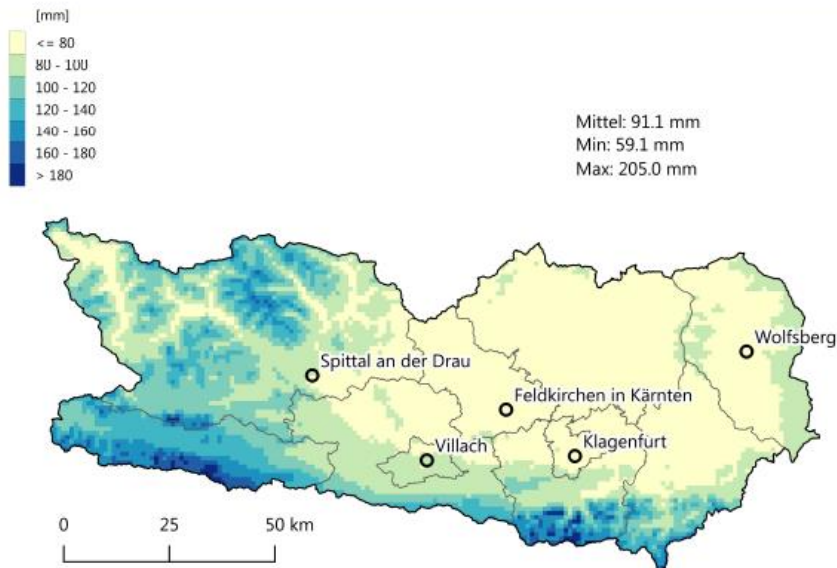
Dreitägige Niederschlagsintensität

Beschreibung

Für diesen Indikator werden die Niederschlagssummen von je drei aufeinanderfolgenden Tagen für das ganze Jahr berechnet. Daraus wird ein Grenzwert bestimmt, der größer ist als 99,9% aller Werte dieses Jahres. Zu sehen ist jeweils das Mittel dieses Grenzwerts über die angegebene Periode in Kärnten.

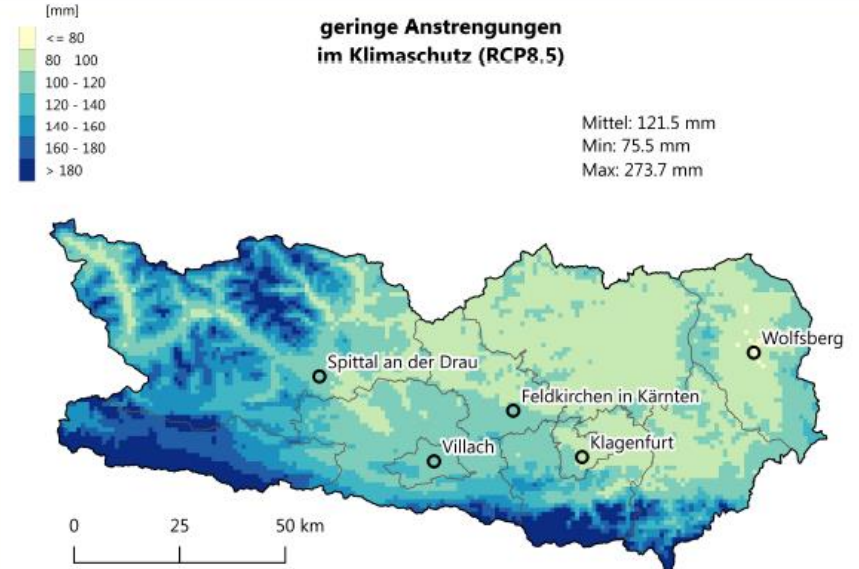
Die linke Karte zeigt den Beobachtungszeitraum (aktuelles Klima), die rechte Karte das zukünftige Klima bei geringen Anstrengungen im Klimaschutz (RCP8.5).

Aktuelles Klima (1981-2010)



Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel des ÖKS15-Ensembles



[Quelle: Besci et al., BOKU]

Es ist mit einer Zunahme von Starkniederschlagsereignissen zu rechnen!

Zunehmende Dürreperioden

Zukünftige Änderung: Trockenheit Österreich

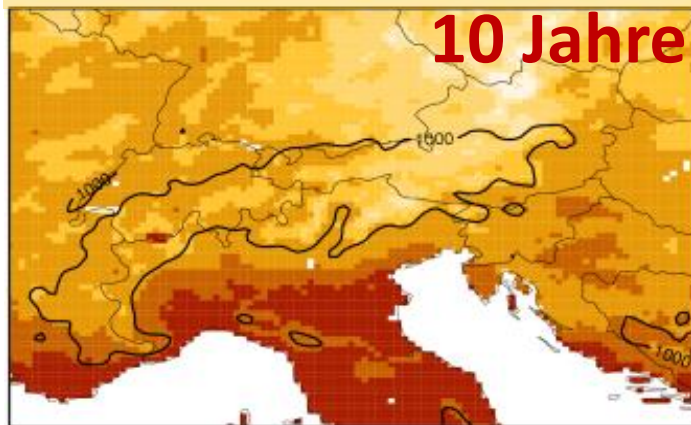


Änderung Trockenheit: Klimatische Wasserbilanz

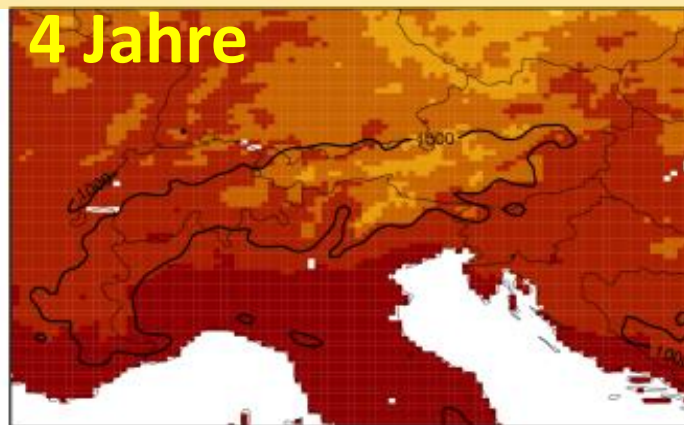
Extrem trockener Sommer 1971-2000: ~alle 20 Jahre

ZUKUNFT

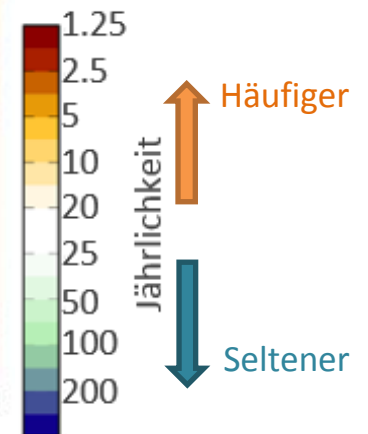
- Deutliche Zunahme von Perioden mit Hitze, Trockenheit und Niederwasser (Häufigkeit + Dauer) !
- Verschärfung der Niederwasserproblematik: Niederwasserabflüsse +10 bis +25% häufiger



Klimaschutz-Szenario
RCP 4.5



„Business as usual“-Szenario
RCP 8.5



ZAMG, Klaus Haslinger

2085 gegenüber 1985

→ Landwirtschaft, Forstwirtschaft,
Grundwasser, Trinkwasser, Laufkraftwerke



Ohne intensiven Klimaschutz erwarten wir bis Ende des Jahrhunderts...

- ... einen **Temperaturanstieg** um über **4°C**
- ... Abnahme des Heizenergiebedarfs, aber Zunahme des **Kühlenergiebedarfs**
- ... deutlich mehr **Hitzetage/Tropennächte** und dadurch steigende gesundheitliche Belastung der Bevölkerung, Anpassungsmöglichkeiten in der Raumplanung (mehr Grün, weniger Versiegelung), Hitzeschutzpläne
- ... längere **Vegetationsperiode** und dadurch veränderte Bedingungen für die Land- und Forstwirtschaft (Pollen, Neophyten, Schadorganismen)
- ... eine Zunahme des **Niederschlags im Winter** um 20%
- ... mehr **Extremniederschläge** und kleinräumiger **Starkregen** (Auswirkung hängen ab von Anpassungsmaßnahmen (Versiegelung, Landnutzung, Entwässerung,...))
- ... mehr Arbeit für den **Katastrophenschutz** (Überschwemmungen, Muren, Steinschlag, ...)
- ...vermehrt **Dürren**, erhöhte **Waldbrandgefahr**
- ... eine deutliche Abnahme der **Naturschneedecke**, drastischer Rückgang der **Gletscher** (Wasserpuffer fällt weg, Grundwasser)

Auswirkungen auf **Tourismus, Land- und Forstwirtschaft, Gesundheitswesen, Energiewirtschaft, Katastrophenschutz,...**

Der Klimawandel und Zukunftsszenarien für Kärnten

Danke für die Aufmerksamkeit!

Folie 40



Joel Pett, Cartoon Arts International (translated)