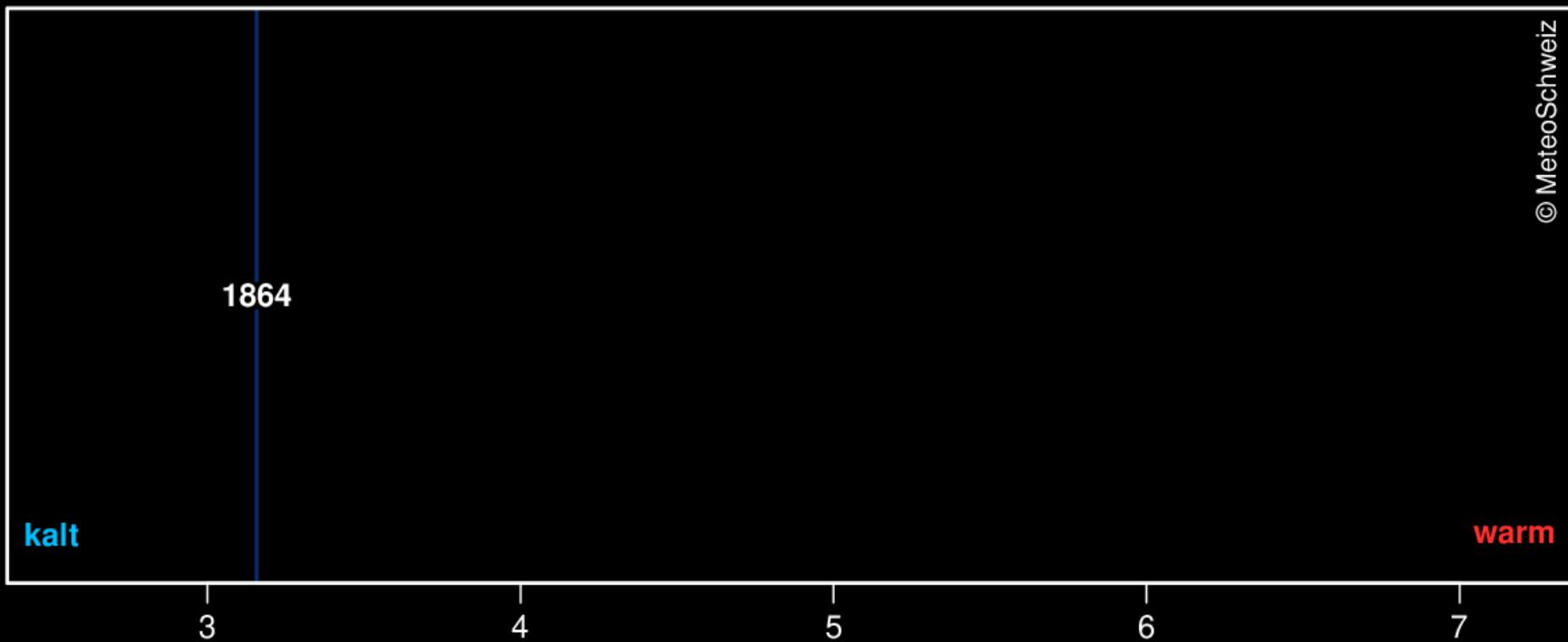


Schweizer Jahresmitteltemperatur [°C]



Schweizer Jahresmitteltemperatur [°C]



2018

Schweiz, Deutschland, Österreich: **wärmstes Jahr seit Messbeginn**, global das viertwärmste Jahr

18 der 20 wärmsten Jahre

sind seit 1990 aufgetreten

Wie sieht unsere Klimazukunft aus?

Welche Folgen sind absehbar?

Wie können/müssen wir uns anpassen?



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Home Affairs FDHA
Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss

MeteoSwiss

Klimawandel in den Alpen

DIE FAKTEN

Sven Kotlarski Andreas Becker Philipp Ebner Andrea Fischer Kay Helftricht Roland Koch Harald Kunstmann Michael Lehning
Gudrun Mühlbacher Marc Olefs Hansueli Rhyner Ralf Roth Michael Rothleitner Hans-Peter Schmid Hubert Stiller Ulrich Strasser
Michael Warscher Karl-Friedrich Ziegahn

Expertenforum Klima.Schnee.Sport



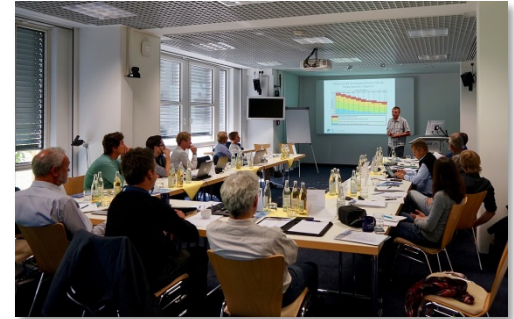


D-A-CH Expertenforum Klima.Schnee.Sport

Zwei Workshops 2018 und 2019 auf Einladung der SIS / Ralf Roth



- **Perspektiven des Schneesports** im Zeichen des globalen Klimawandels
- **Vergangene und zukünftige Klimaentwicklung** im Alpenraum und in den Mittelgebirgen
- Strategien zur **Anpassung** und zum **Klimaschutz**



Was bisher geschah...

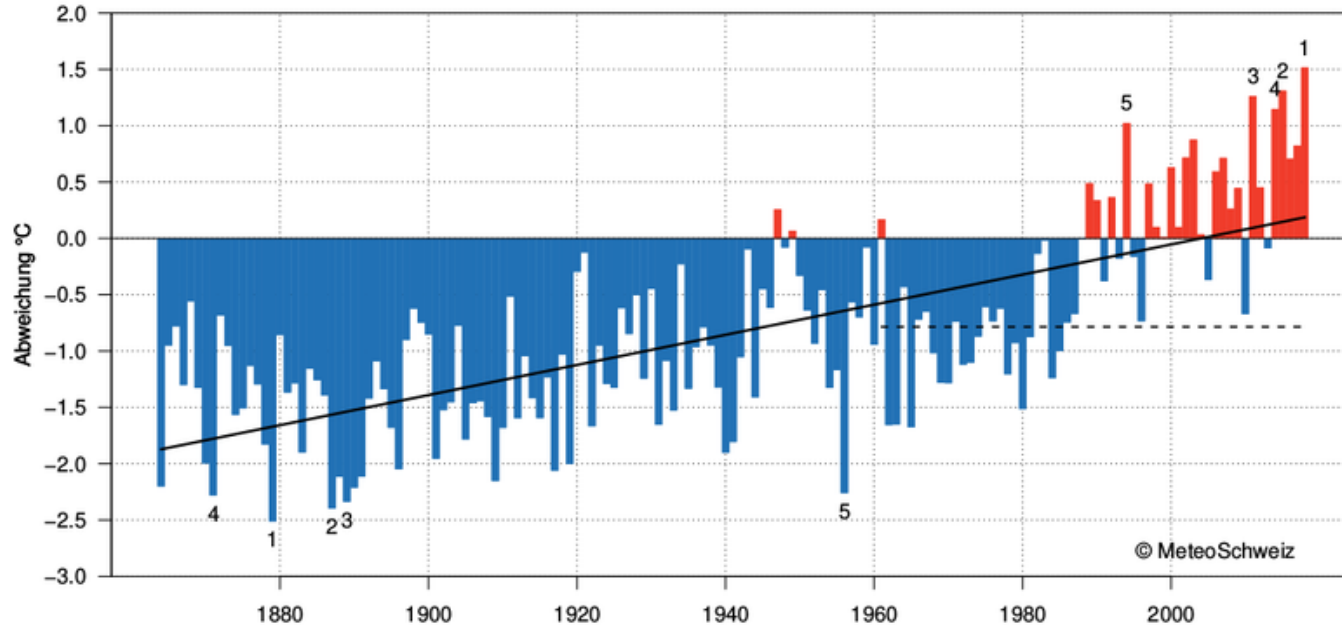




Temperaturentwicklung Schweiz

Jahres-Temperatur – Schweiz – 1864–2018

Abweichung vom Durchschnitt 1981–2010



Durchschnitt
1981–2010

- Jahre über dem Durchschnitt 1981–2010
- Jahre unter dem Durchschnitt 1981–2010
- Linearer Trend 1864–2018 (least squares): $1.34^{\circ}\text{C}/100\text{y}$ (p-val: 0)
- - - Durchschnitt 1961–1990

Jahr 2018: $+1.5^{\circ}\text{C}$ (Rang 1 ↓, 155 ↑)
(Abw. von 1961–1990: $+2.3^{\circ}\text{C}$)



Abweichung °C

Messbeginn ca. **+2°C** (Schweiz)

Messbeginn ca. **+1°C** (global)

© MeteoSchweiz



Jahr 2018: +1.5°C (Rang 1 ↓, 155 ↑)
(Abw. von 1961–1990: +2.3°C)

Seit Messbeginn ca. **+1°C** (global)

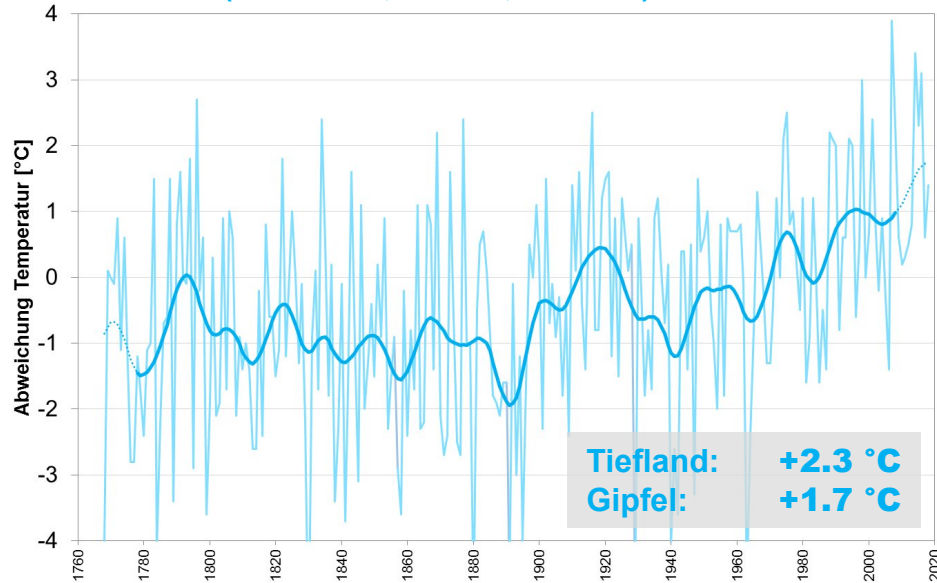
Erwärmung ist hauptsächlich auf den anthropogenen Treibhauseffekt zurückzuführen!



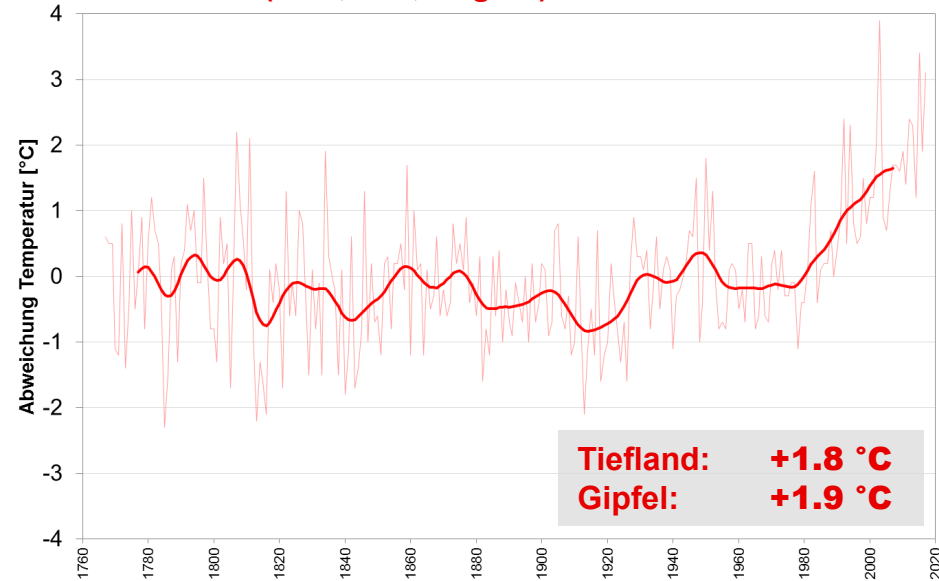
Temperaturentwicklung Österreich

Abweichung zur Norm 1961-1990

Winter (Dezember, Januar, Februar)



Sommer (Juni, Juli, August)



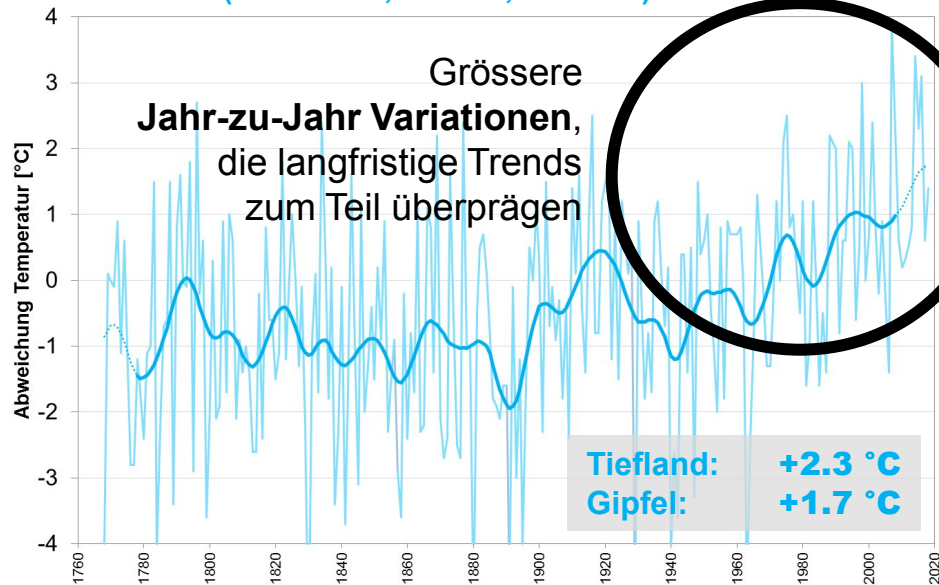
Daten: ZAMG / HISTALP



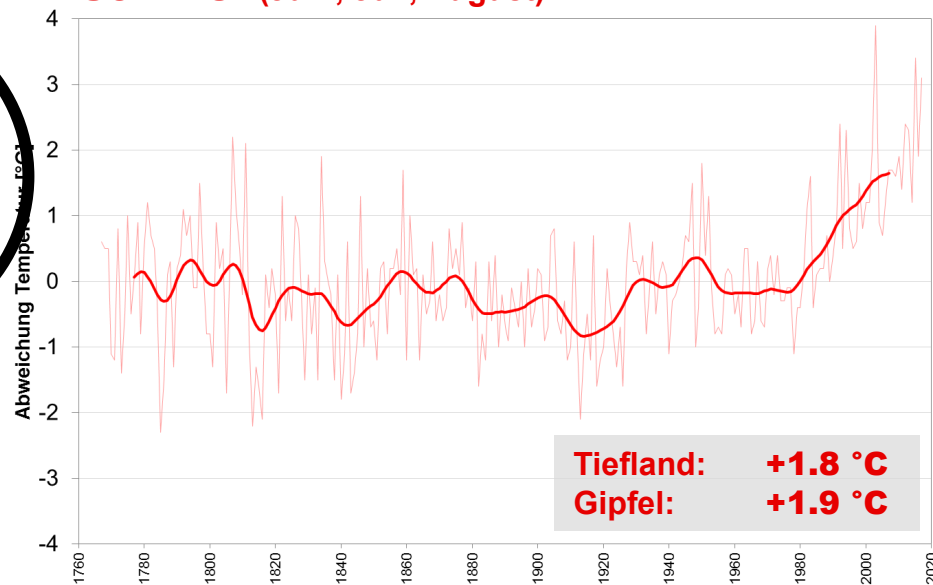
Temperaturentwicklung Österreich

Abweichung zur Norm 1961-1990

Winter (Dezember, Januar, Februar)



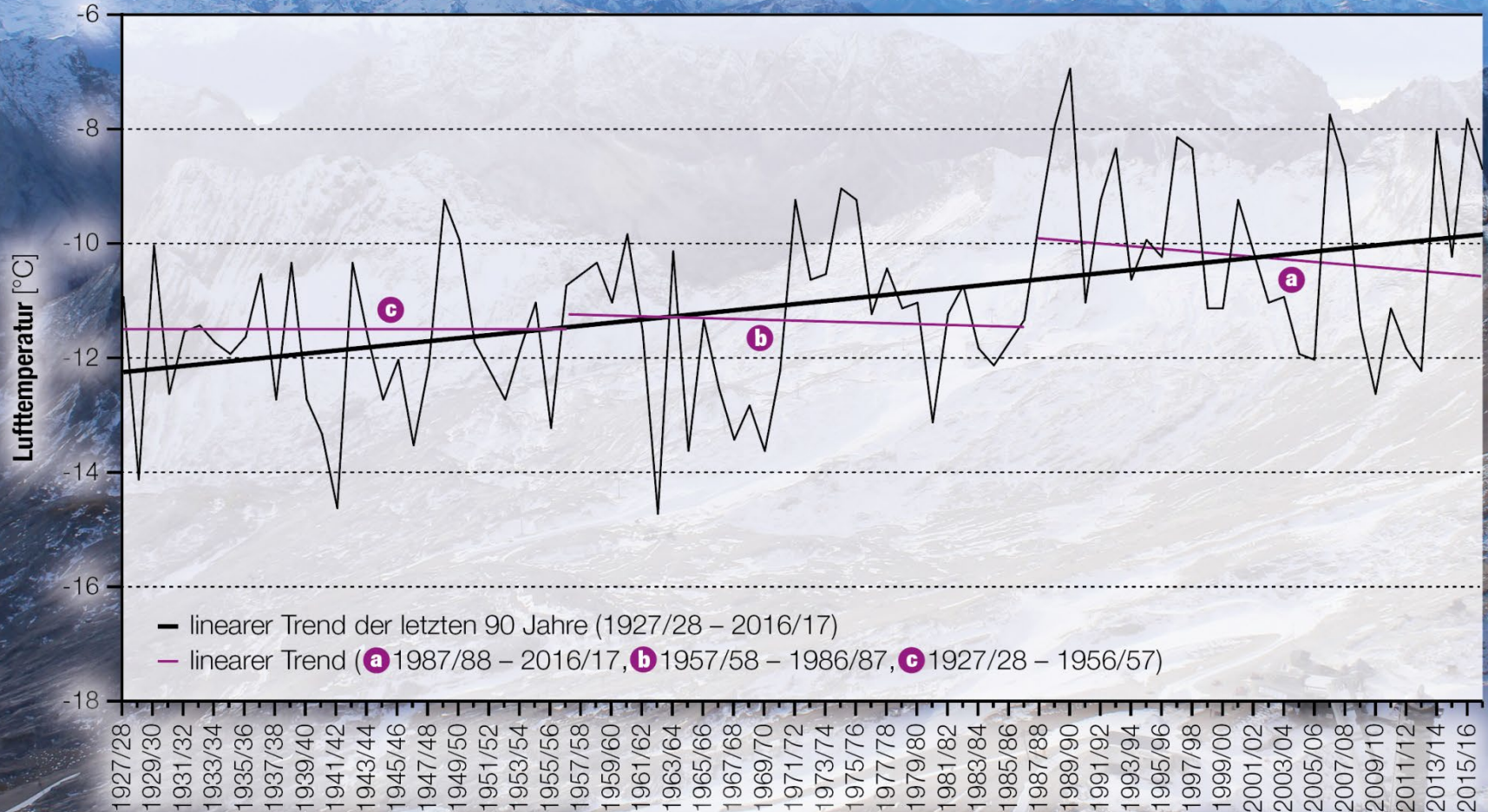
Sommer (Juni, Juli, August)



Daten: ZAMG / HISTALP

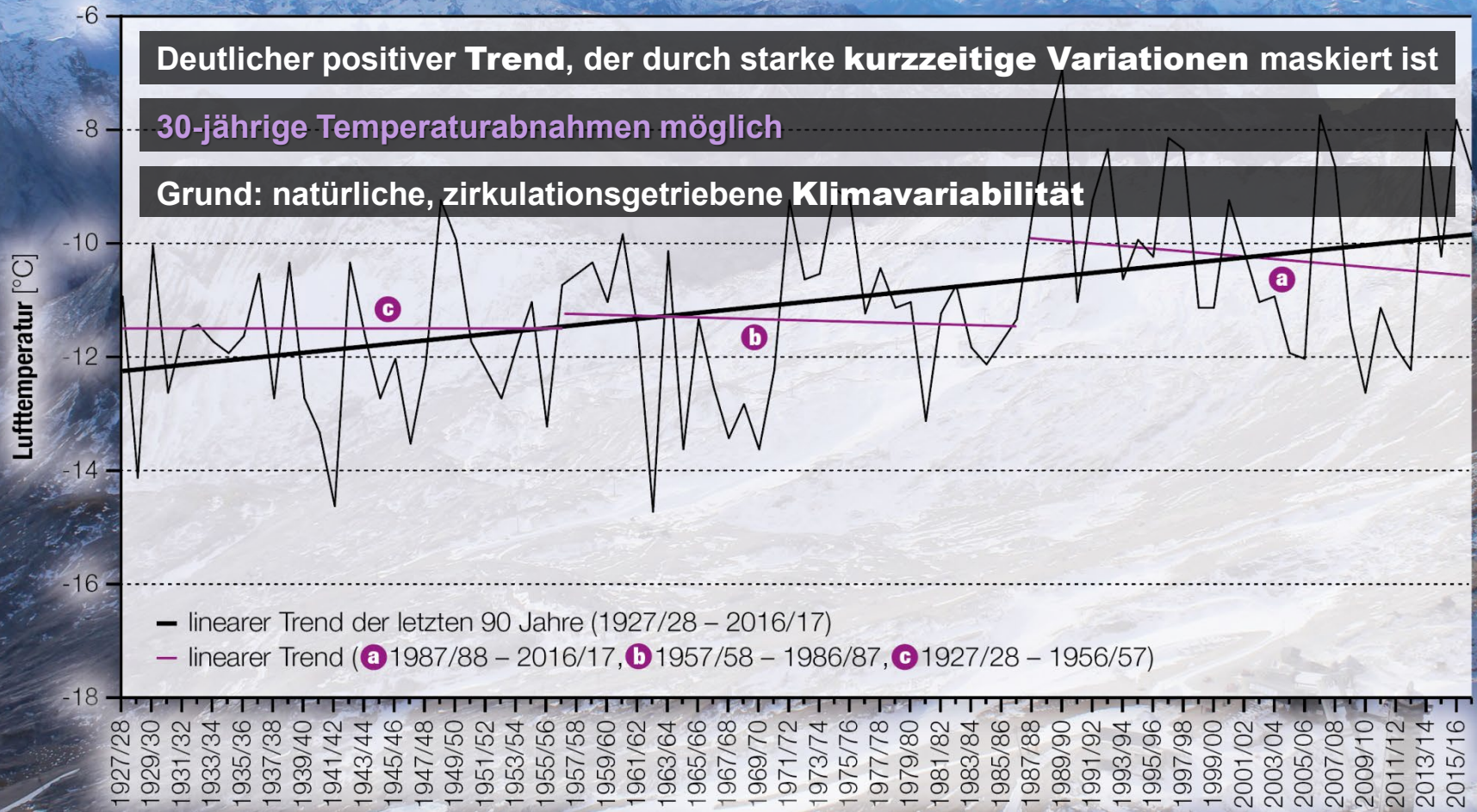
Wintertemperaturen der letzten 90 Jahre auf der Zugspitze: +2,4°C

(2964 m)



Wintertemperaturen der letzten 90 Jahre auf der Zugspitze: +2,4°C

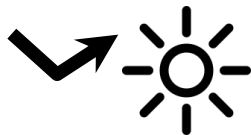
(2964 m)





Sonnenschein

-15 % 1950-1980
+20 % seit 1980



Hitzewellen

häufiger
intensiver seit 1901



Starkregen

12 % intensiver
30 % häufiger
seit 1901



Winterniederschlag

+ 20 bis 30 % seit 1864

Schneetage

-50 % unter 800 m
-20 % über 2000 m
seit 1970



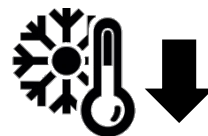
+2°C

seit 1864



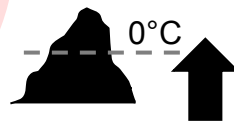
Kälte

bis -60 % Frosttage
seit 1961



Nullgradgrenze

+300 bis 400 m seit 1961



Vegetationsperiode

+ 2 bis 4 Wochen seit 1961



Gletschervolumen

-60 % seit 1850





Sonnenschein

15 % / 1950-1999

Hitzewellen

häufiger

seit 1901

12
30

Mittlere Schneehöhe [cm]

120

1961-1990

1981-2010

1991-2018

80

40

0

10 11 12 01 02 03 04 05 06

Monat / mois / mese

Daten / données / dati: MeteoSchweiz, SLF Davos

te

-60 % Frosttage
seit 1961

ullgradgrenze

0 bis 400 m seit 1961

Vegetationsperiode

+ 2 bis 4 Wochen seit 1961

Gletschervolumen

-60 % seit 1850

Winternied

+ 20 bis 3

Sc

-50 %

-20 %

Klimaszenarien: Wohin geht die Reise?



Was wäre die (klimatische) Folge eines weiterhin unverminderten Treibhausgasausstosses?

Wie würde sich das Alpenklima bei deutlichen globalen Anstrengungen zur Emissionsreduktion entwickeln?

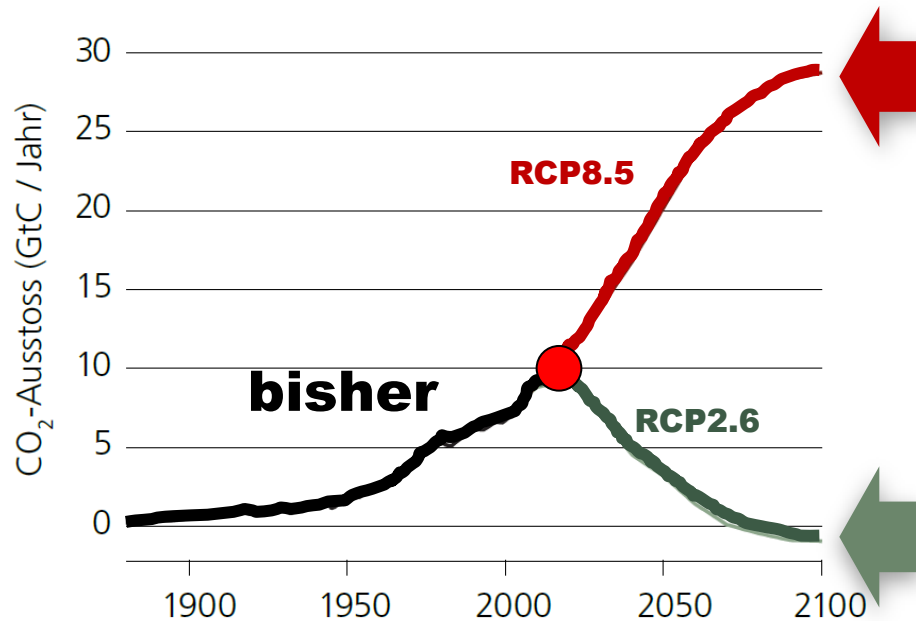
Klimamodelle

Physikalisch basierte numerische Modelle des Klimasystems



Emissionsszenarien

Werden den Klimamodellen vorgeschrieben: **Was wäre wenn?**



Kein Klimaschutz

Was wäre die (klimatische) Folge eines weiterhin unverminderten Treibhausgasausstosses?

Konsequenter Klimaschutz

Wie würde sich das Klima bei deutlichen globalen Anstrengungen zur Emissionsreduktion entwickeln?
«Paris»

Ergebnis:

Weiterhin fortschreitende Erwärmung



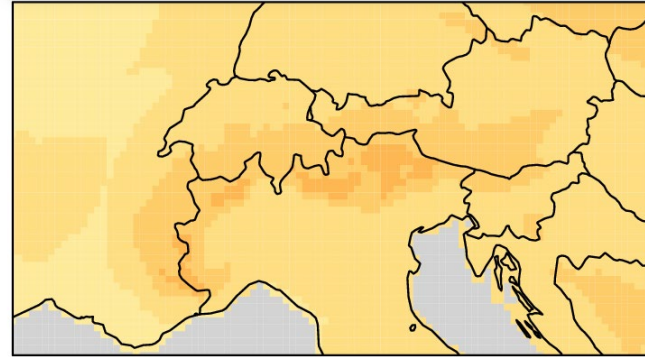
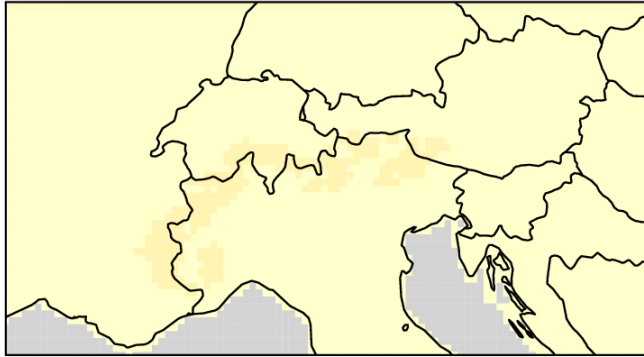
Zukünftige Temperaturänderung Winter

Referenz: 1981-2010

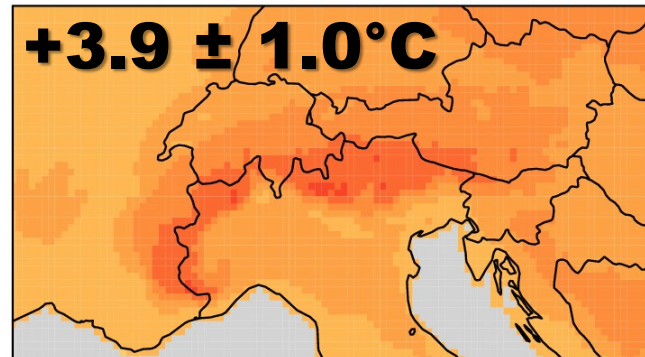
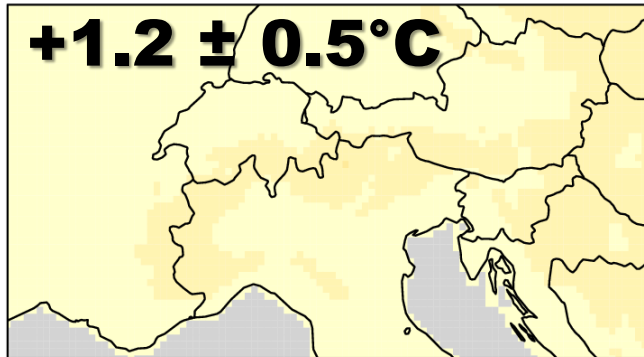
Konsequenter Klimaschutz

Kein Klimaschutz

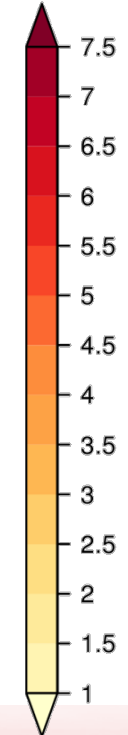
**Mitte
Jahrhundert**



**Ende
Jahrhundert**



[°C]





Weitere Änderungen (Auswahl)

Zahlen: Szenario ohne Klimaschutz bis Ende Jahrhundert, mittlere Schätzung

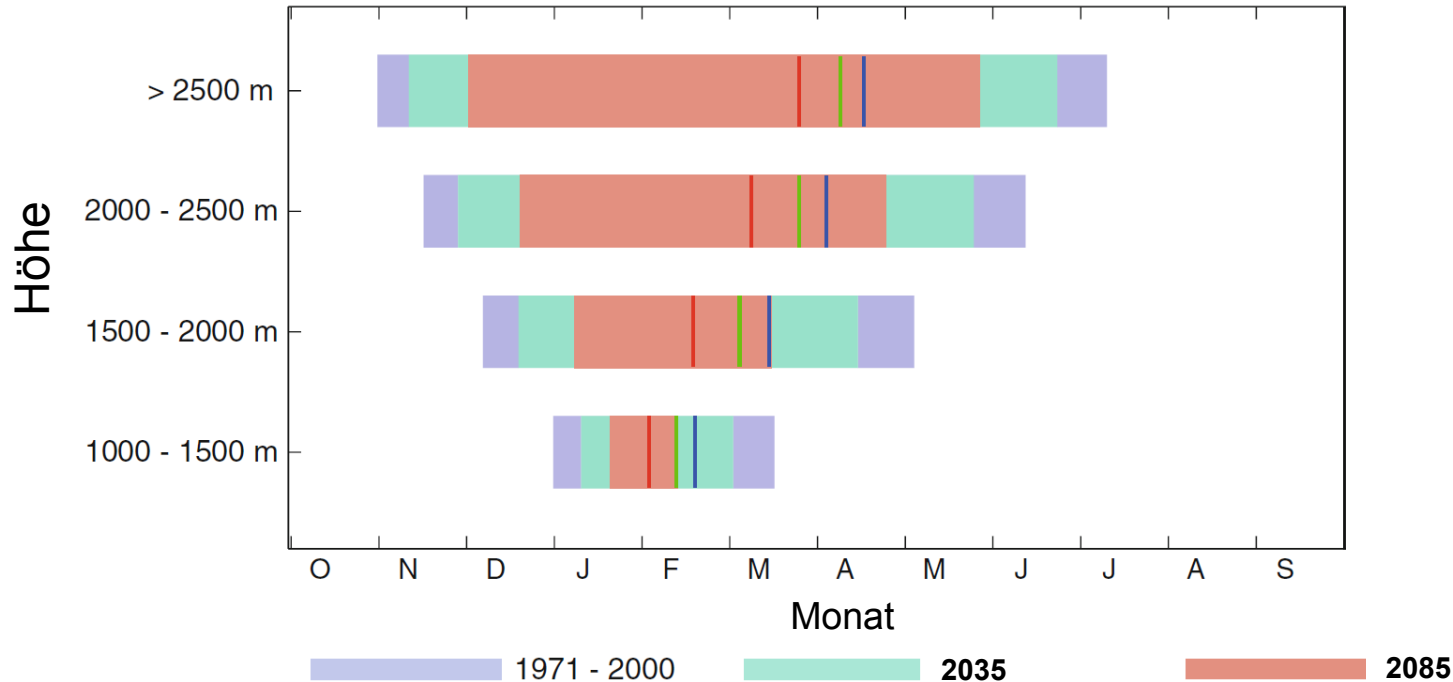
- **Zunahme Winterniederschlag** (+15%)
- **Abnahme Sommerniederschlag** (-15%)
- **Starke Zunahme der Maximaltemperaturen** (Hitzebelastung!)
- **Zunahme von Niederschlagsextremen** (alle Jahreszeiten)
- **Abnahme Schneefall**
(hohe Lagen bis zu -20%, tiefe Lagen **mehr als -80%**)
- **Anstieg der Nullgradgrenze** (150 – 200 m pro °C Erwärmung)





Konsequenzen für die natürliche Schneedecke

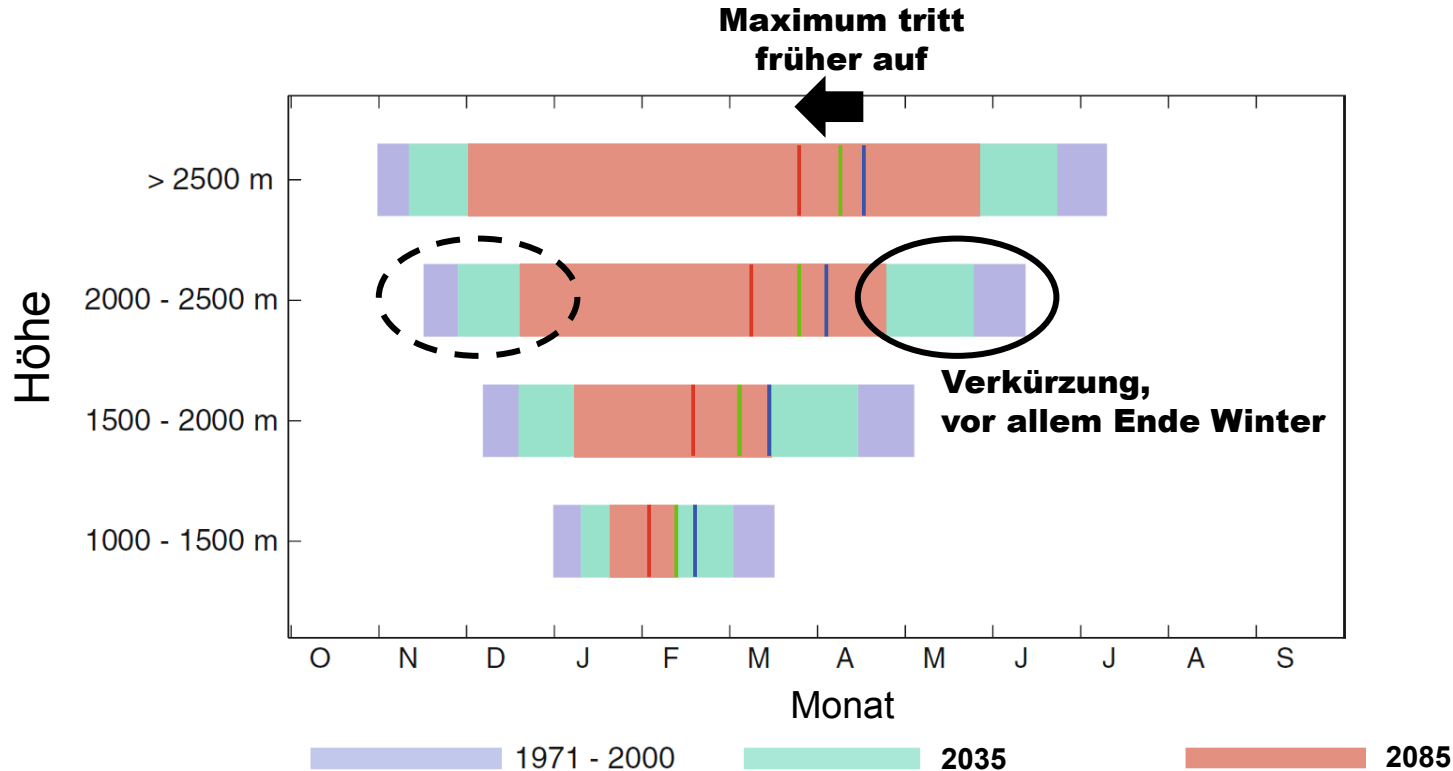
Andauer einer geschlossenen Schneedecke im Alpenraum (> 2 cm WE), Szenario ohne Klimaschutz





Konsequenzen für die natürliche Schneedecke

Andauer einer geschlossenen Schneedecke im Alpenraum (> 2 cm WE), Szenario ohne Klimaschutz



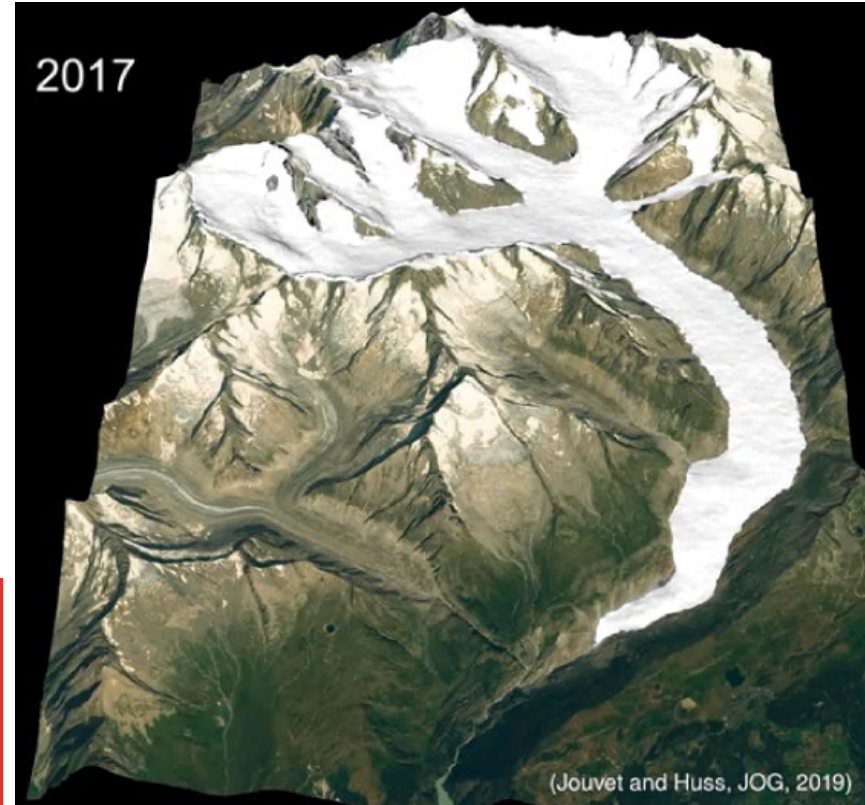


Rückzug Alpengletscher

- Grosser Aletschgletscher:
Derzeit **grösster Alpengletscher**
(Länge > **20 km**, Eisdicke bis zu **800 m**, ca. **20%** des
Eisvolumens der Schweizer Alpen)
- **Fast kompletter Rückzug bis 2100**
- Ohne Klimaschutz: **Massenverlust der
Alpengletscher bis 2100 von mehr als
90%** (Zekollari et al., 2019)

VORSICHT

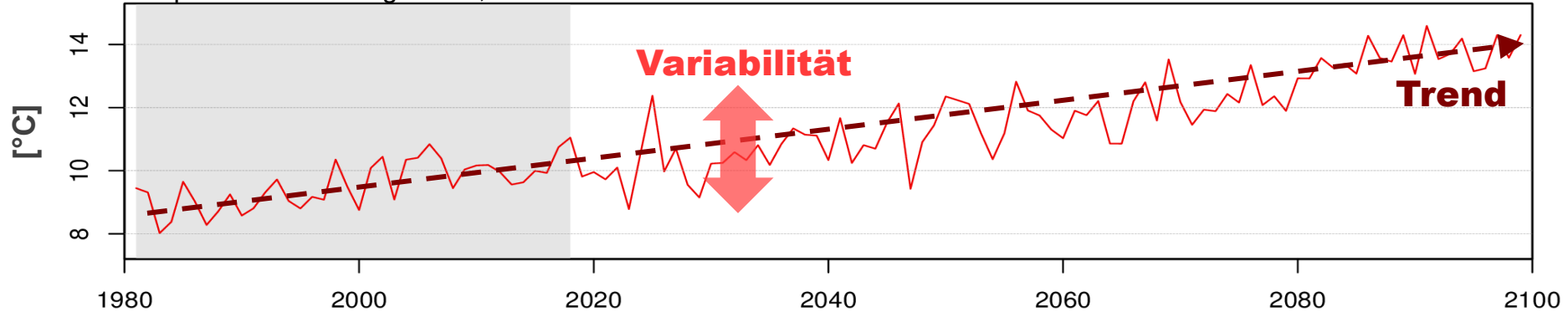
Temperatureffekt (Erwärmung) über das gesamte Jahr und Verschwinden der Firnrücklage sind entscheidend. **Schneereiche Winter** (die in diesen Höhen auch in Zukunft auftreten werden, jedoch seltener) können diesen Effekt nicht kompensieren.





Die kommenden Jahrzehnte

Temperaturentwicklung Zürich, Szenario ohne Klimaschutz

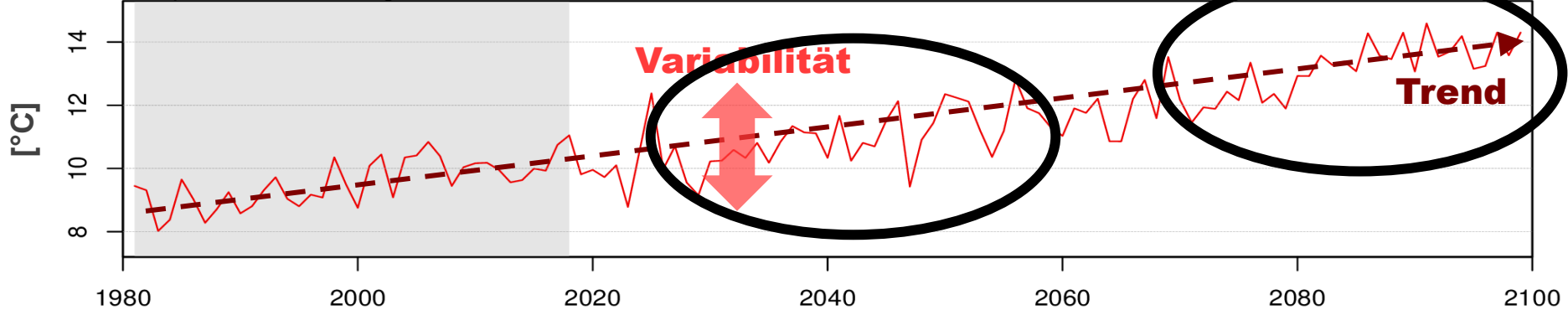


- **Trend:** «forciert» durch Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen, **prinzipiell vorhersagbar**
- **Variabilität:** zufällig, bedingt durch chaotischen und nicht-linearen Charakter des Klimasystems, **NICHT (oder kaum) vorhersagbar**
- **Trend >> Variabilität:** Aussagen sind **robust** (wenn Trend bekannt)
- **Trend <= Variabilität:** **grössere Unsicherheit** durch zufällige Variabilität, die einen Trend maskieren kann (Wintertemperaturen, Projektionen für die kommenden Jahrzehnte, Niederschlag)



Die kommenden Jahrzehnte

Temperaturentwicklung Zürich, Szenario ohne Klimaschutz



- **Trend:** «forciert» durch Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen, **prinzipiell vorhersagbar**
- **Variabilität:** zufällig, bedingt durch chaotischen und nicht-linearen Charakter des Klimasystems, **NICHT (oder kaum) vorhersagbar**
- **Trend >> Variabilität:** Aussagen sind **robust** (wenn Trend bekannt)
- **Trend <= Variabilität:** **grössere Unsicherheit** durch zufällige Variabilität, die einen Trend maskieren kann (Wintertemperaturen, Projektionen für die kommenden Jahrzehnte, Niederschlag)



Zusammenfassung

- Der **Klimawandel findet statt**, in den Alpen und global. Er ist zur Hauptsache **menschengemacht**.
 - Szenarien für die Alpen: Weiterer **Temperaturanstieg (mindestens 2°C bis Ende Jahrhundert ohne konsequenten Klimaschutz)**.
 - Zunahme von **Niederschlagsextremen, neue Temperaturextreme, Sommertrockenheit, Rückgang der natürlichen Schneedecke**.
 - Nicht alles ist geklärt und eindeutig, es besteht weiterer **Forschungsbedarf** (z.B. dekadische Vorhersagen, Extreme, lokale Skala).
-
- Regional birgt der Klimawandel sowohl **Chancen** als auch **Risiken**. **Anpassungen** sind in vielen Bereichen notwendig.
 - **Alarmismus** hilft nicht. **Prozessverständnis** und **wissenschaftlich fundierte Einschätzung des zukünftigen Klimawandels** aber schon.
 - Globaler **Klimaschutz wirkt! Bis Ende Jahrhundert liessen sich circa 2/3 der möglichen Klimaänderungen vermeiden**.





Weitere Informationen ...

<https://www.stiftung.ski/sis-lab/expertenforum-klimaschneesport>

Gemeinsames Positionspapier



SIS | Lab[®]
Gemeinsames Positionspapier
Expertenforum Klima.Schnee.Sport

D-A-CH | Perspektiven des Schneesports
im Zeichen globalen Klimawandels

Der Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel gehören zu den großen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen unserer Gesellschaft. Dabei ist der Klimawandel für den Wintersport in seiner touristischen und sportlichen Ausprägung unaufällig verbunden mit veränderten Rahmenbedingungen und Unsicherheiten. Trotz Fortschritten bei der Klimaforschung bleiben offene Fragen insbesondere bei den zu erwartenden Entwicklungen auf regionaler Ebene.

Die Stiftung Sicherheit im Skisport (SIS), das Karlsruher Institute of Technology (Institute of Meteorology and Climate Research) und die Deutsche Sporthochschule (Institute of Outdoor Sports and Environmental Science) veranstalteten am 1./2. Oktober 2018 auf der Umweltforschungsstation Schneesport am Zugspitze und am 15./16. Januar 2019 in Riedgolding ein länderübergreifendes Expertenhearing „Klima.Schnee.Sport“ zu den Perspektiven des Schneesports im Zeichen des globalen Klimawandels.

Unter anderem wurden folgende Leitfragen diskutiert:

- I Wie stark ist in den mitteleuropäischen Gebirgsräumen die Klimaerwärmung im Winter im Vergleich zum globalen Trend ausgeprägt?
- I Mit welcher Sicherheit können Klimaprognosen für das Winterklima in Mitteleuropa für die nahe

(bis 2050) und ferne Zukunft (bis 2100) erstellt werden?

- I Wie differenzieren sich räumlich die zu erwartende Veränderung der Schneedeckenabtau- und Schneeeinbruchzeitpunkte in den Mittelgebirgen Deutschlands und im Alpenraum?
- I Welchen Einfluss hat die Variabilität der atmosphärischen Zirkulation auf das Winterklima?
- I Welche Auswirkungen sind für eine technische Beschneidung zu erwarten?
- I Welche Strategien und Maßnahmen zur Anpassung und zum Klimaschutz können empfohlen werden?

Insgesamt haben über 20 Autoren aus 14 wissenschaftlichen Einrichtungen mitgewirkt und so dazu beigetragen, erstmals den aktuellen Forschungsstand in Form eines Positionspapiers und wissenschaftlichen Beiträgen in der Fachzeitschrift FdSnow, Heft 53 in seinem Jahresheft überblick zu präsentieren. Unser Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen für die Bereitschaft zur konstruktiven, offenen Diskussion und zur Formulierung von gemeinsamen Positionen und Handlungsstrategien.

Prof. Dr. Ralf Roth
Prof. Dr. Hans-Peter Schmid
Dr. Karl-Friedrich Ziegler

FdSnow, Heft 53, 2018



36. Jahrgang - 2018

FdSnow 53
FACHZEITSCHRIFT FÜR DEN SKISPORT

D-A-CH Perspektiven des Schneesports im Zeichen globalen Klimawandels
SIS | Juni 2018

Expertenforum Klima.Schnee.Sport

ASU-Unfallanalyse 2017/18
Unfälle und Verletzungen im alpinen Skisport

VIELEN DANK!