

KLIMASZENARIEN

FÜR DAS BUNDESLAND VORARLBERG BIS 2100



INFORMATIONEN ZUR METHODIK UND DEFINITIONEN



Übersicht

Klimaelemente und -indizes



Lufttemperatur (Jahresmittel): Mittlere Lufttemperatur



Hitzetage (Jahresmittel): Als Hitzetage werden Tage bezeichnet, an denen die Tageshöchsttemperatur mehr als 30°C erreicht



Vegetationsperiode (Jahresmittel): Die Wachstumszeit beginnt dann, wenn an mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen die Tagesmitteltemperatur mehr als 5°C erreicht und hält so lange an, bis an mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen die Tagesmitteltemperatur unter 5°C liegt. Angegeben wird die mittlere Länge der Vegetationsperiode



Heizgradtagzahl (Jahresmittel): Summe der täglich ermittelten Differenzen zwischender Raumlufttemperatur (20°C) und der Tagesmitteltemperatur der Außenluft an Tagen an denen die Tagesmitteltemperatur der Außenluft 12°C unterschreitet (Heizbedarf wird angenommen)



Frosttage/Frostgefährdungstage (Jahresmittel): Als Frosttage werden Tage bezeichnet, an denen die Tagesminimumtemperatur unter 0°C fällt



Niederschlagsmenge (Jahresmittel): Mittlere Niederschlagssumme

Impressum und Copyright

Version 2.0: 09/2016

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Abteilung Klimaforschung
Beobachtungsdaten und Klimaanalyse (Vergangenheit)
Hohe Warte 38
1190 Wien
Barbara Chimani
Tel. 01/36026-2205 | E-Mail: barbara.chimani@zamg.ac.at
Michael Hofstätter
Tel. 01/36026-2203 | E-Mail: michael.hofstaetter@zamg.ac.at

Karl-Franzens-Universität Graz

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Klimamodellierung und -analyse
Brandhofgasse 5
8010 Graz
Heimo Truhetz
Tel. 0316/380-8442 | E-Mail: heimo.truhetz@uni-graz.at

Universität Salzburg

Interfakultärer Fachbereich für Geoinformatik – Z_GIS
Factsheet Erstellung, Datenmanagement
Schillerstraße 30
5020 Salzburg
Stefan Kienberger
Tel. 0662/8044-7567 | E-Mail: stefan.kienberger@sbg.ac.at

Projektteam

Barbara Chimani (ZAMG), Georg Heinrich (WEGC), Michael Hofstätter (ZAMG), Markus Kerschbaumer (Z_GIS), Stefan Kienberger (Z_GIS), Armin Leuprecht (WEGC), Annemarie Lexer (ZAMG), Stefanie Peßenteiner (WEGC), Marco Poetsch (Z_GIS), Manuela Salzmann (ZAMG), Raphael Spiekermann (Z_GIS), Matt Świtaneck (WEGC), Heimo Truhetz (WEGC)

Verwendete Daten

Fotos: Titelbild: Ochsental vom Hohen Rad (© Günther Groß), Freemages.com, von den Bundesländern zur Verfügung gestellt
DEM: Bundeskanzleramt - www.data.gv.at
Bundesländer und Bezirksgrenzen: Statistik Austria
Gewässernetz: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



Land Vorarlberg

Amt der Vorarlberger Landesregierung
Abt. Umwelt und Klimaschutz
Jahnstraße 13-15, 6900 Bregenz
Markus Niedermair
Tel.: +43 5574 511-26129
E-Mail: markus.nidermair@vorarlberg.at





Kerndefinitionen

Projekt: ÖKS15 | Klimaszenarien für Österreich

Der Klimawandel wirkt sich in vielen Bereichen durch veränderte Umweltbedingungen aus. Um Anpassungsmöglichkeiten auf eine zuverlässige Informationsgrundlage zu stellen, haben das Ministerium für ein Lebenswertes Österreich (bmlfuw) und die neun österreichischen Bundesländer gemeinsam das Projekt ÖKS15 beauftragt. Mit Hilfe modernster Klimamodelle und auf Basis neuester Erkenntnisse aus der Klimaforschung wurden Klimaszenarien für Österreich erstellt und ausgewertet. Neueste

hochwertige Beobachtungsdatensätze bilden die Grundlage für die Analyse der Klimaänderung der letzten Jahrzehnte. Die zukünftige Entwicklung von Niederschlag, Temperatur und weiteren Klimaindizes wurde bis zum Ende des 21. Jahrhunderts unter einem business-as-usual- und einem Klimaschutz-Szenario simuliert und im Kontext der vergangenen Entwicklung ausgewertet. Die vorliegende Zusammenfassung beinhaltet die wichtigsten Ergebnisse für Ihre Region.

Treibhausgasszenarien

Seit Beginn der Industrialisierung nimmt der Mensch entscheidend Einfluss auf die bisherige und zukünftige Entwicklung des Klimas. Um die Auswirkungen zukünftiger menschlicher Aktivität zu erfassen, wurden Treibhausgasszenarien auf globaler Ebene entworfen. In ÖKS15 werden zwei dieser Szenarien betrachtet: ein **business-as-usual-Szenario**, das bei ungebremsten Treibhausgasemissionen eintreten würde (**Representative Concentration Pathway: RCP8.5**), und ein **Szenario mit wirksamen Klimaschutzmaßnahmen (RCP4.5)**, bei dem sich die Emissionen bis 2080 bei etwa der Hälfte des heutigen Niveaus einpendeln. Zu den 1,5°C (Paris COP21) bzw. 2°C Zielen, welche jedoch auch durch RCP4.5 nicht erreicht werden und ab etwa 2070 von negativen CO₂-Emissionen ausgehen (etwa durch Kohlenstoffbindung und -speicherung), liegen derzeit nicht genügend Modellrechnungen vor und konnten daher in ÖKS15 nicht behandelt werden. Die (internationale) Forschungsgemeinschaft ist derzeit intensiv bemüht, entsprechende Modellrechnungen bereitzustellen.

Schwankungsbreite

Selbst bei konstanten äußeren Einflüssen (Treibhausgase, Sonneneinstrahlung) schwankt das Klima in natürlicher Weise. Ein 30-jähriges klimatologisches Mittel ist daher stets einer gewissen Schwankung unterworfen. Darüber hinaus hat auch die kurzfristige (von Jahr zu Jahr) Schwankung des Klimas einen starken Einfluss auf die Interpretation von Klimaänderungen. All diese Schwankungen bleiben auch in der Zukunft erhalten: Es wird wärmere und kältere, feuchtere und trockenere Jahre oder Jahrzehnte geben, die von einem erwarteten längerfristigen Trend abweichen. Jede Modellrechnung simuliert einen solchen zufälligen Verlauf.

Modell-Ensemble

Die Komplexität des Klimasystems und notwendige vereinfachende Annahmen in Klimamodellen schränken die Aussagekraft einer einzelnen Klimasimulation ein. Durch die Verwendung vieler Klimamodelle (Ensemble) wird eine große Bandbreite an möglichen Klimaentwicklungen abgedeckt. ÖKS15 basiert auf der neuesten Generation regionaler Klimamodelle, welche im Rahmen der World Climate Research Program Initiative EURO-CORDEX (www.euro-cordex.net) Klima-projektionen für den Europäischen Raum mit äußerst hoher Detailliertheit (räumliche Auflösung von 12,5km) entwickelt haben. Das verwendete Ensemble besteht aus 13 Klimasimulationen, die jeweils den beiden Treibhausgasszenarien RCP4.5 und RCP8.5 folgen. Dieses Ensemble wurde untersucht und durch Expertenwissen ergänzt, um zu möglichst belastbaren Aussagen zu gelangen.

Bewertung der Aussagekraft

Zur Bewertung der Aussagen wird einerseits die Übereinstimmung der Modelle herangezogen und andererseits geprüft, ob sich die Zukunft der Klimaindizes der jeweiligen Einzelmodelle signifikant von ihrer Vergangenheit unterscheidet. Gebiete in denen dies nicht der Fall ist, sind mit „keine signifikante Änderung“ gekennzeichnet. Wenn viele Modelle plausible und übereinstimmende Klimaänderungen simulieren, kann dem Ergebnis ein größeres Vertrauen entgegengebracht werden. Wenn die Modelle signifikante aber sich widersprechende Änderungen anzeigen, liegt „geringe Modellübereinstimmung“ vor.

Zur Interpretation der Ergebnisse

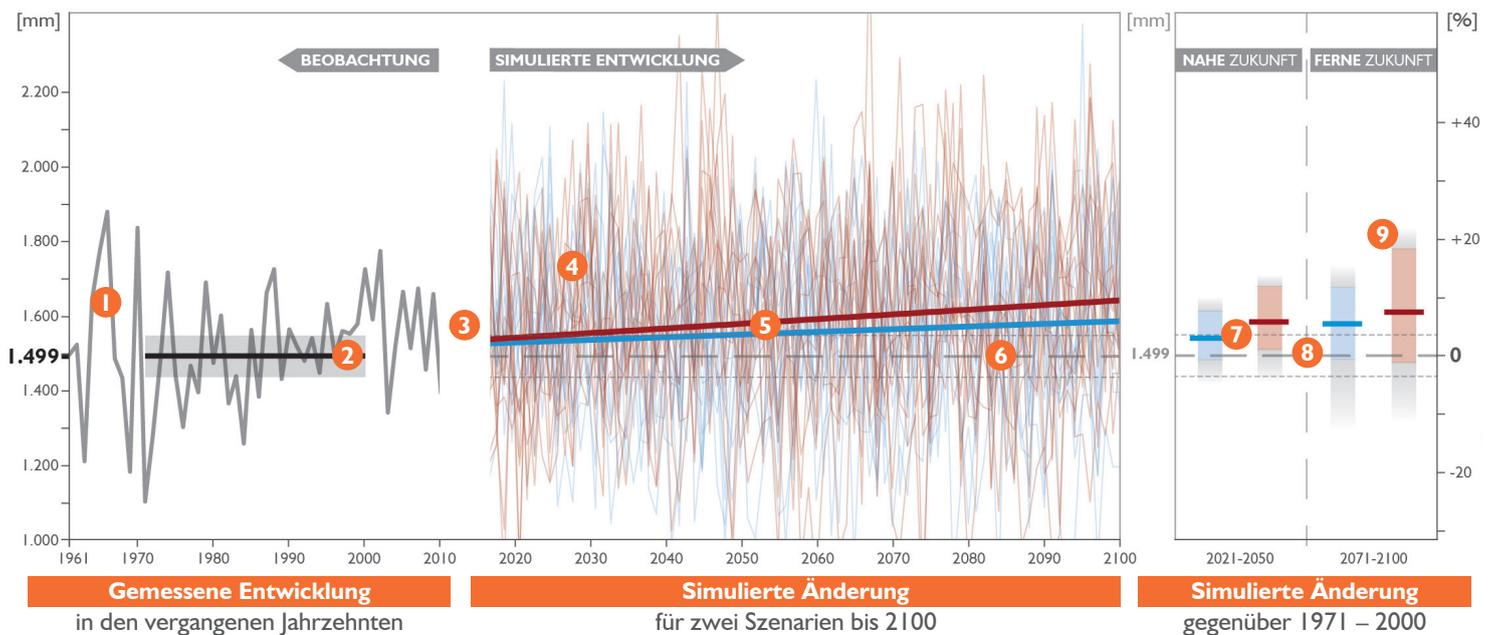
Klimamodelle sind – wie alle Modelle – vereinfachte Abbildungen der Wirklichkeit. Sie haben trotz ihrer unumstrittenen Nützlichkeit und steten Weiterentwicklung Schwächen, welche bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Die Ungewissheit über das zukünftige menschliche Verhalten,

die Komplexität des Klimasystems sowie die Unvollkommenheit der Modelle führen zu gewissen Bandbreiten der Ergebnisse. Trotzdem kann die tatsächliche zukünftige Klimaentwicklung, selbst bei einem großen Modell-Ensemble, außerhalb der simulierten Schwankungsbreite liegen.

INFORMATIONEN ZUR METHODIK UND DEFINITIONEN



Erklärungen zum Diagramm



- 1 Gemessene Mittelwerte auf jährlicher Basis. Beobachtungsdaten sind aus täglichen, lokalen Stationsmessungen auf ein 1x1 km Gitter interpolierte Werte der Temperatur, des Niederschlags bzw. der Strahlung
- 2 30-jähriges Mittel der jährlichen Beobachtungswerte von 1971 bis 2000. Die natürliche Schwankungsbreite ist grau hinterlegt
- 3 Die räumliche und zeitliche Trennung der Beobachtungs- und Modelldaten symbolisiert den Übergang von der realen Welt zur Modellwelt. Flächenmäßig aufbereitete Beobachtungsdaten sind für Österreich bis 2010 verfügbar. Modelldaten starten mit der Zukunft und sind ab dem Jahr 2017 dargestellt. Ein nahtloser Übergang von der realen Welt in die Modellwelt kann daher nicht hergestellt werden.
- 4 Jährliche Simulation der 13 Einzelmodelle jeweils für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5
- 5 Mittlerer Trend aus den Modelldaten für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5
- 6 Referenzlinien zum beobachteten Mittelwert der Periode 1971-2000 mit natürlicher Schwankungsbreite
- 7 Median der Modelle: Die Hälfte aller Modelle zeigen Änderungen im 30-jährigen Klimamittel, die oberhalb bzw. unterhalb dieses Wertes liegen
- 8 Schwankungsbreite (10%-Perzentil, 90%-Perzentil) der Modelle. 80% der Modelle zeigen Änderungen im 30-jährigen Klimamittel, die innerhalb dieser Schwankungsbreite liegen
- 9 Schwankungsbreite aufgrund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse

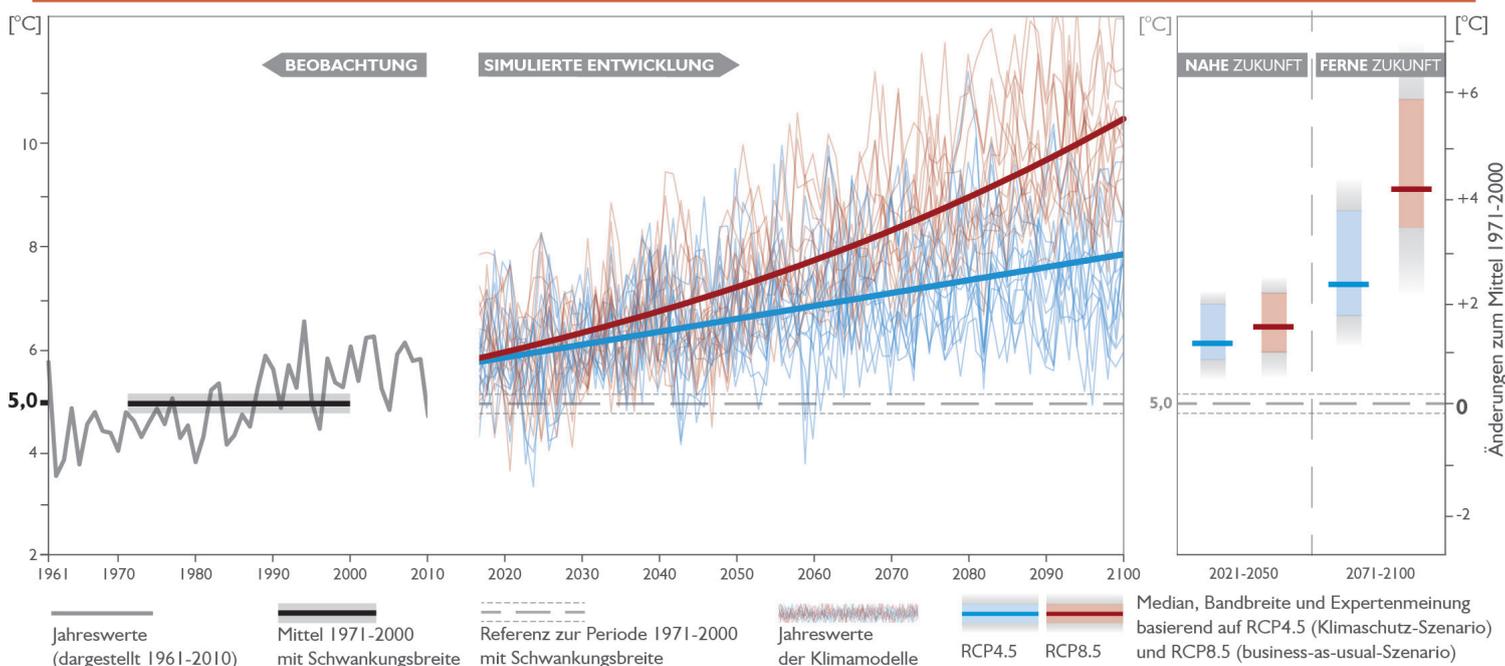
MITTLERE LUFTTEMPERATUR BUNDESLAND VORARLBERG



Hauptaussagen

- Für **1971-2000** beträgt die mittlere Lufttemperatur **5,0°C**. Sie weist eine **Schwankungsbreite** von **±0,2°C** auf (siehe Diagramm und Tabelle)
- Für **beide Szenarien** ist in **naher und ferner Zukunft** im Mittel mit einer **signifikanten Zunahme der Temperatur** zu rechnen, welche eindeutig über der derzeitigen Schwankungsbreite liegt (siehe Diagramm)
- Die **mittlere Temperaturzunahme** ist im Winter und Sommer annähernd **gleich** (siehe Tabelle)
- Die geschätzte **Zunahme der Temperatur** ist für das gesamte Bundesland **annähernd gleich** (siehe Karte)
- Die **räumlich gleichförmige Temperaturzunahme** ist durch die Modelle bedingt - kleinräumigere Prozesse können nicht dargestellt werden
- Im **Szenario RCP8.5 (business-as-usual)** ist gegen **Ende des 21. Jahrhunderts** der Temperaturanstieg **deutlich stärker ausgeprägt** als im **Szenario RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)**
- Diese **Aussagen** finden sich **sinngemäß in allen Modellen**

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	5,2		+2,0		+2,2		+3,7		+5,9	
		5,0		+1,2		+1,4		+2,3		+4,2	
	von	4,9		+0,9		+1,0		+1,8		+3,5	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Mittel	bis	-0,2	13,0	+1,8	+2,3	+2,2	+2,6	+3,1	+4,1	+5,3	+7,4
		-2,7	12,7	+1,5	+1,4	+1,4	+1,5	+2,4	+2,5	+4,3	+4,8
	von	-3,0	12,5	+0,9	+1,0	+0,8	+1,0	+1,8	+1,9	+3,4	+3,6

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

MITTLERE LUFTTEMPERATUR

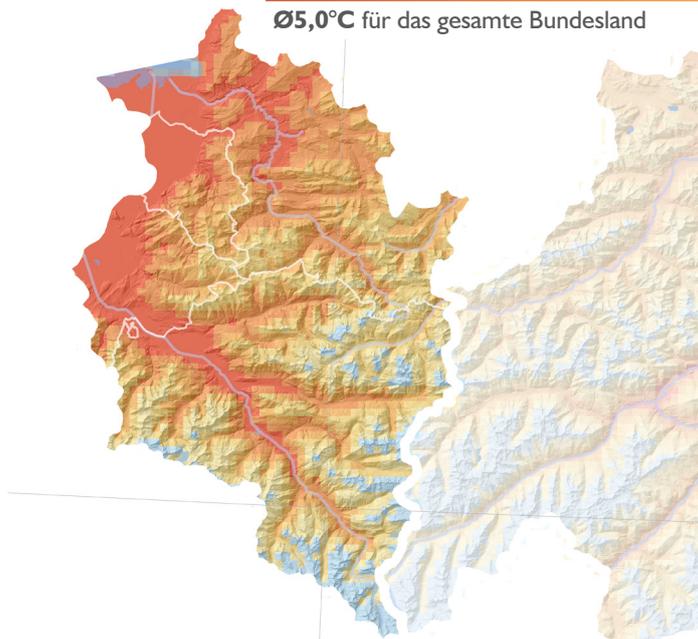
BUNDESLAND VORARLBERG



Beobachtete Lufttemperatur und simulierte Temperaturänderung für das business-as-usual-Szenario

1971-2000

Ø 5,0°C für das gesamte Bundesland



Beobachtete Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]

<math><0</math> 0 2 4 6 8 10 12 14

Simulierte Temperaturänderung [$^{\circ}\text{C}$]

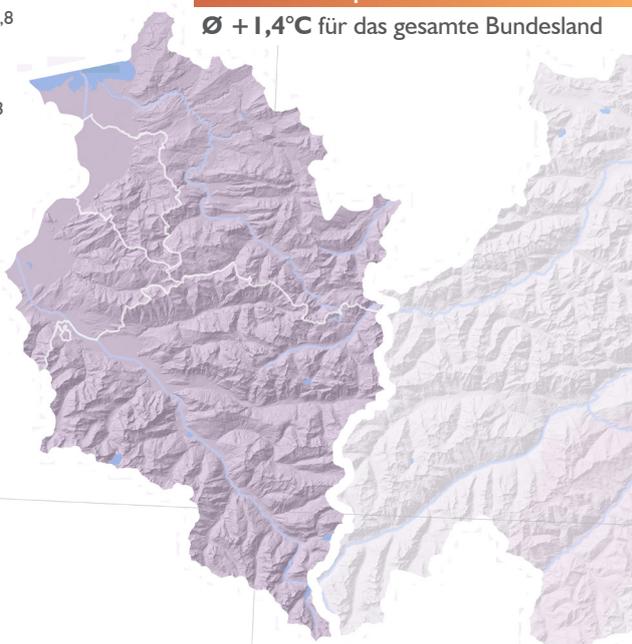
0 +0,5 +1 +1,5 +2 +2,5 +3 +3,5 +4 +4,5 +5

Schwankungsbreite [$^{\circ}\text{C}$]

+0,8
-0,3

2021-2050 | RCP8.5

Ø +1,4°C für das gesamte Bundesland

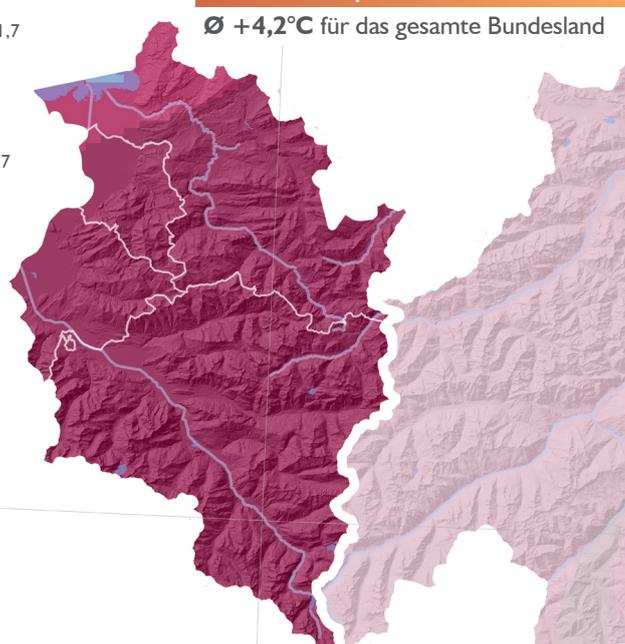


Schwankungsbreite [$^{\circ}\text{C}$]

+1,7
-0,7

2071-2100 | RCP8.5

Ø +4,2°C für das gesamte Bundesland



MITTLERER JAHRESNIEDERSCHLAG

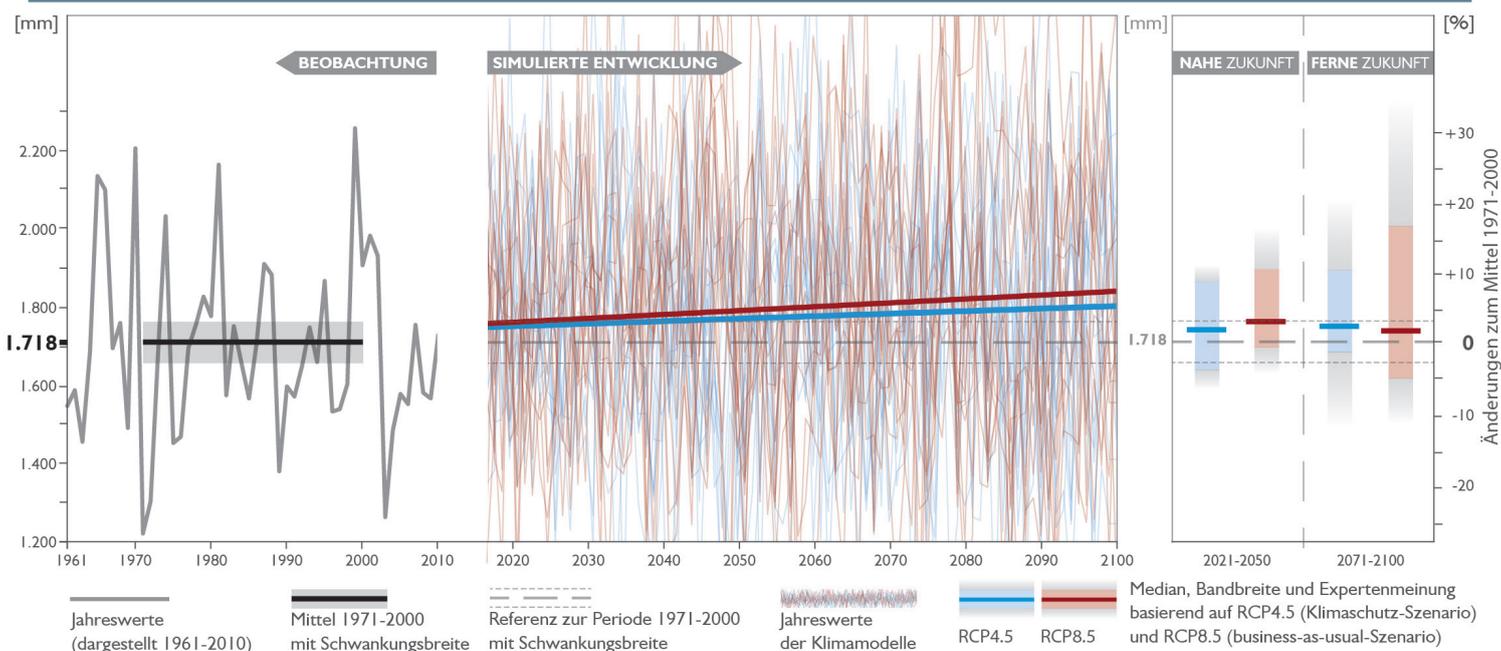
BUNDESLAND VORARLBERG



Hauptaussagen

- Für **1971-2000** beträgt die **mittlere jährliche Niederschlagssumme 1.716mm**. Sie weist eine **Schwankungsbreite** von $\pm 4,0\%$ auf (siehe Diagramm und Tabelle)
- Für **beide Szenarien** ist in **naher und ferner Zukunft** mit **leichter Zunahme im mittleren Jahresniederschlag** zu rechnen (siehe Diagramm und Tabelle). Diese reichen jedoch für eine signifikante Aussage nicht aus
- Es zeigen sich zwar **saisonale und regionale Unterschiede**, doch ergeben sich nur im **Frühling der fernen Zukunft** in **RCP8.5 (business-as-usual) signifikante Zunahmen** von **mehr als +10%** etwa im Bregenzer Wald und im Bereich des Walgau
- Alle anderen Änderungen unterliegen entweder der **großen Schwankungsbreite des Niederschlags** oder der **mangelnden Zuverlässigkeit der Klimamodelle** (siehe Karte)
- Der **Niederschlag vor Ort hängt von vielen Faktoren ab**, die nicht alle von den Klimamodellen gleichermaßen gut erfasst werden

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		1.786		+9,0		+11,4		+11,2		+17,7	
Mittel		1.718		+2,2		+3,5		+2,8		+1,9	
von		1.650		-3,5		-0,7		-2,0		-5,1	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis		374	645	+18,1	+12,8	+24,2	+10,5	+18,8	+15,7	+27,4	+20,5
Mittel		343	613	+9,9	-2,5	+13,1	+0,1	+5,6	+0,4	+13,9	-11,4
von		311	582	-0,9	-10,2	-3,9	-11,6	-13,0	-13,1	+1,8	-25,3

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

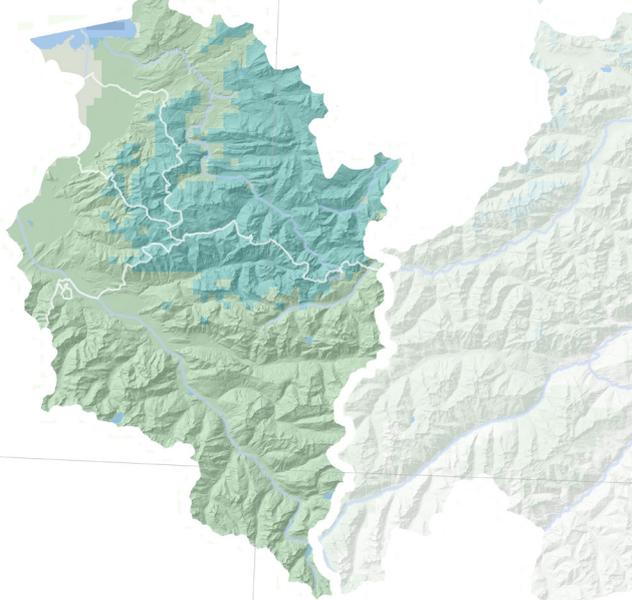
MITTLERER JAHRESNIEDERSCHLAG

BUNDESLAND VORARLBERG

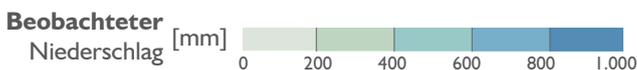
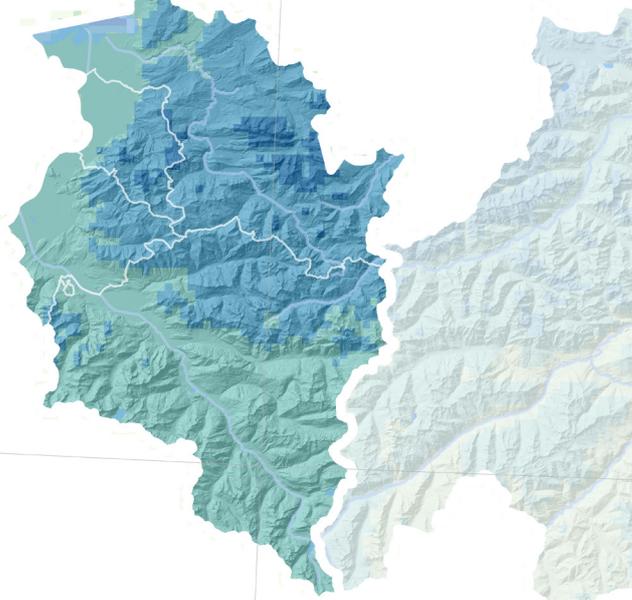


Beobachteter Niederschlag und simulierte Niederschlagsänderung für das business-as-usual-Szenario

1971-2000 Winter
Ø 348mm für das gesamte Bundesland



1971-2000 Sommer
Ø 618mm für das gesamte Bundesland



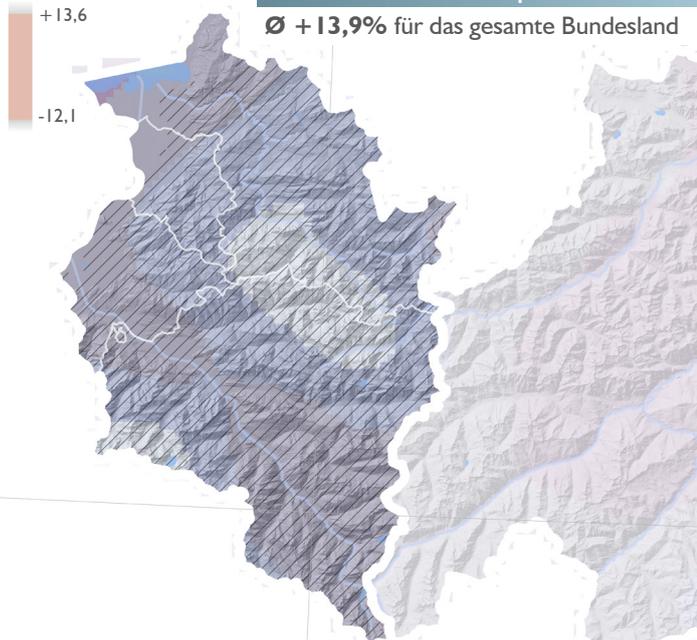
**Geringe Modell-
übereinstimmung** ●●●●●

Simulierte Niederschlagsänderung [%]

Keine signifikante Änderung // // // //

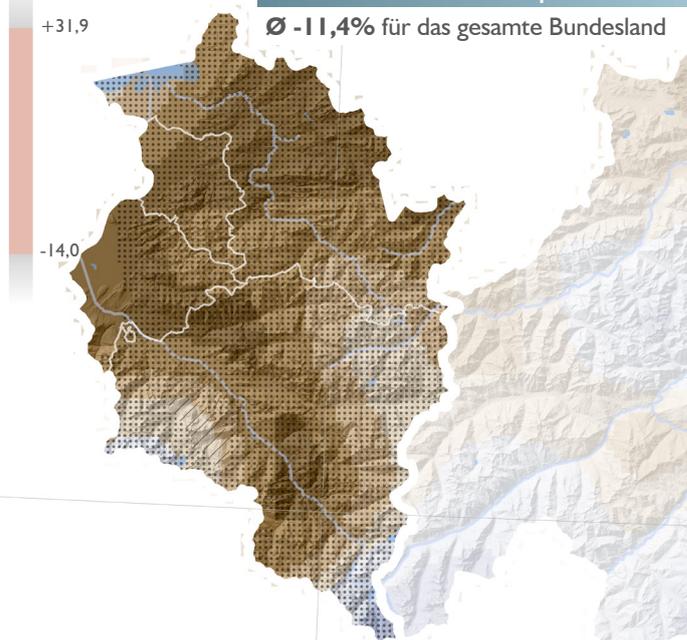
Schwankungsbreite [%]

2071-2100 Winter | RCP8.5
Ø +13,9% für das gesamte Bundesland



Schwankungsbreite [%]

2071-2100 Sommer | RCP8.5
Ø -11,4% für das gesamte Bundesland



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

AUSGEWÄHLTE KLIMAINDIZES

BUNDESLAND VORARLBERG



Beobachtete Werte und simulierte Änderungen



Hitzetage (Jahresmittel)

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)	RCP8.5 (business-as-usual)
[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	1,0	+3,6	+4,6	+9,1	+28,5
Mittel	0,7	+1,8	+1,7	+3,4	+11,6
von	0,4	+1,1	+0,9	+1,8	+5,3



Vegetationsperiode (Jahresmittel)

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)	RCP8.5 (business-as-usual)
[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	192,1	+28,7	+29,8	+48,4	+78,7
Mittel	184,4	+17,5	+20,8	+33,7	+63,4
von	176,8	+6,5	+11,4	+23,7	+49,4



Heizgradtage (Jahresmittel)

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)	RCP8.5 (business-as-usual)
[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]	[°C, Kd]
bis	5.203,8	-325,5	-379,4	-675,5	-1.256,4
Mittel	5.141,9	-481,5	-525,7	-868,5	-1.513,5
von	5.079,9	-714,2	-787,9	-1.527,0	-1.879,9



Frosttage/Frostgefährdungstage (Jahresmittel)

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)	RCP8.5 (business-as-usual)
[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]	[Tage]
bis	164,2	-14,1	-17,2	-30,0	-56,0
Mittel	160,6	-23,1	-25,6	-43,9	-72,9
von	157,0	-30,6	-36,4	-59,6	-91,8