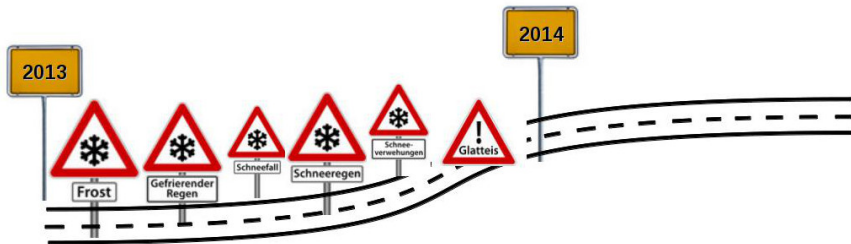


Warme und Kalte Winter im Zeichen des Klimawandels

P. Hoffmann



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 1 of 38

[Go Back](#)

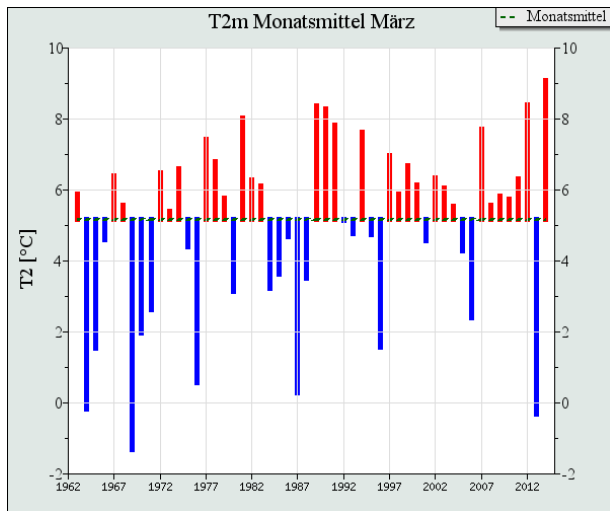
[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Motivation:



Quelle: Leipziger Institut für Meteorologie

Branchentreff Winterdienst 2014: Karlsruhe



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 2 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Temperatur:

kalte Märze: aller 5 bis 10 Jahre

März Mittel: +5.0°C



Home Page

Title Page

Contents



Page 3 of 38

Go Back

Full Screen

Close

Quit



Temperatur:

kalte Märze: aller 5 bis 10 Jahre

März Mittel: +5.0°C

März 2013: -0.2°C (kalt & schneereich)



Home Page

Title Page

Contents



Page 4 of 38

Go Back

Full Screen

Close

Quit



Temperatur:

kalte Märze: aller 5 bis 10 Jahre

März Mittel: $+5.0^{\circ}\text{C}$

März 2013: -0.2°C (kalt & schneereich)

März 2014: $+9.2^{\circ}\text{C}$ (mild & trocken)



Home Page

Title Page

Contents



Page 5 of 38

Go Back

Full Screen

Close

Quit



Ursachen:

- natürliche Variation
- größte Variabilität im Winter durch planetare Wellen
- Kopplung zwischen Stratosphäre ↔ Troposphäre
- Auswirkung auf die Nord-Atlantische Oszillation



Home Page

Title Page

Contents



Page 6 of 38

Go Back

Full Screen

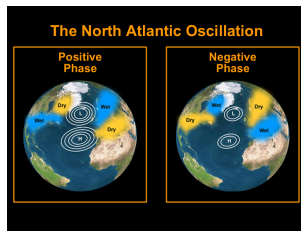
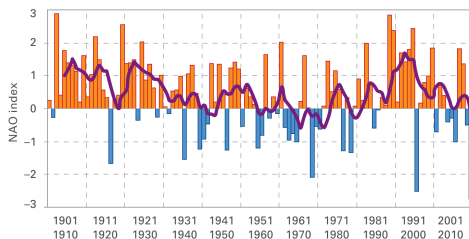
Close

Quit



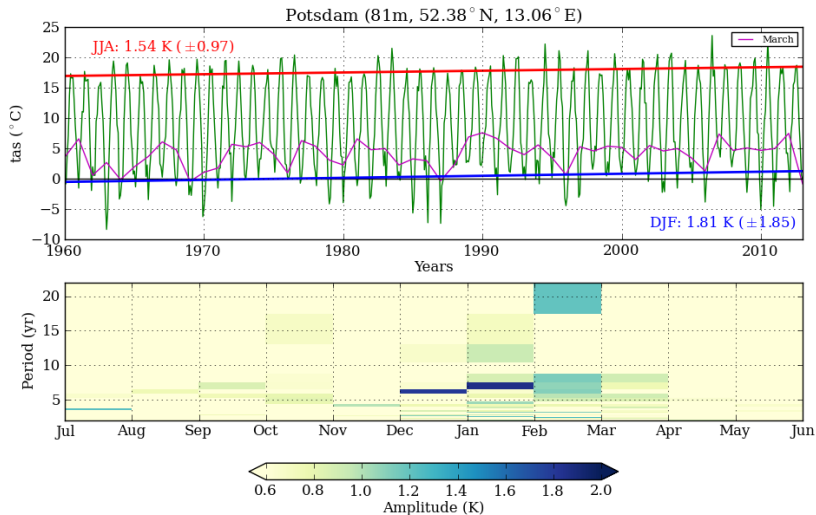
Ursachen:

- natürliche Variation
- größte Variabilität im Winter durch planetare Wellen
- Kopplung zwischen Stratosphäre ↔ Troposphäre
- Auswirkung auf die Nord-Atlantische Oszillation



Quelle: WMO2012

Variabilität:



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 8 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

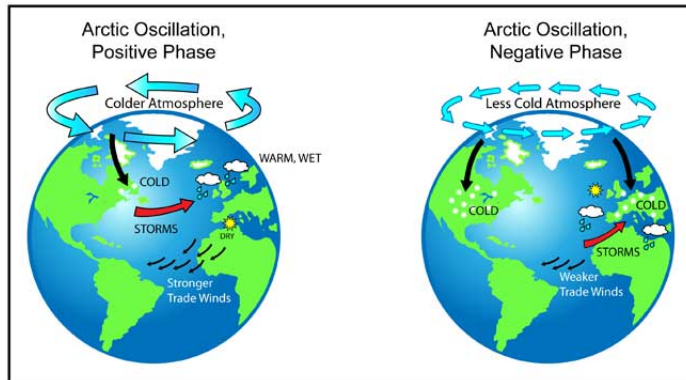
[Close](#)

[Quit](#)

Arktische Oszillation:

2014

2013



Quelle: The Weather Centre



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)

[◀](#) [▶](#)

[◀](#) [▶](#)

Page 9 of 38

[Go Back](#)

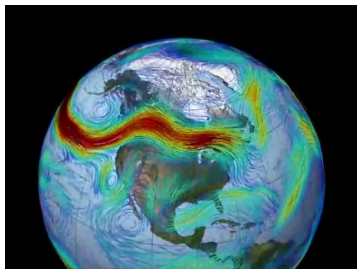
[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)

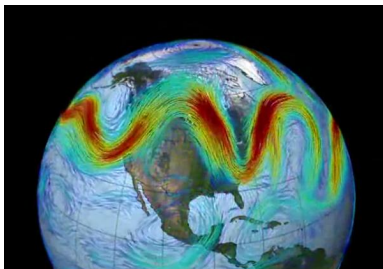


2014



Zonal
starker Wirbel

2013



Meridional
schwacher Wirbel

Quelle: NASA

[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)

◀◀

▶▶

◀

▶

Page 10 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Nordatlantische Oszillation (NAO)

Index, welcher die Schwankung der Druckverhältnisse über dem Nordatlantik charakterisiert (Islandtief & Azorenhoch)

[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 11 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)

Zirkulationsphänomene:



Nordatlantische Oszillation (NAO)

Index, welcher die Schwankung der Druckverhältnisse über dem Nordatlantik charakterisiert (Islandtief & Azorenhoch)

Polarwirbel (Vortex)

großräumiges Höhentief über der Arktis

[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 12 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Zirkulationsphänomene:



Nordatlantische Oszillation (NAO)

Index, welcher die Schwankung der Druckverhältnisse über dem Nordatlantik charakterisiert (Islandtief & Azorenhoch)

Polarwirbel (Vortex)

großräumiges Höhentief über der Arktis

Quasi-Zweijährige Schwingung (QBO)

ist eine quasi periodische Oszillation (ca. 28 Monate) des mittleren Windes über der äquatorialen unteren Stratosphäre

[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 13 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Kopplungsmechanismus:



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)

[◀◀](#) [▶▶](#)

[◀](#) [▶](#)

Page 14 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)

west
QBO
east

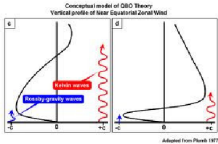
critical line

strong
VORTEX
weak

Stratosphere

eastward
gravity waves
westward

planetary waves



Adapted from Plumb 1987

+

NAO

—

Troposphere

EQ

NH



Einfluss der QBO:

QBO (ost) - QBO (west)

negative Temperaturanomalien über Europa

1424

JOURNAL OF CLIMATE

VOLUME 15

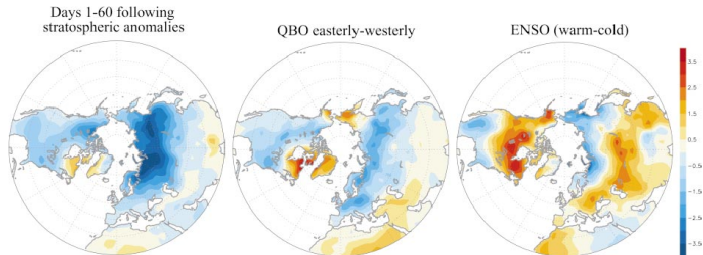


FIG. 2. The difference in daily mean surface temperature anomalies within (left) the 60-day interval following the onset of weak and strong vortex conditions at 10 hPa, (middle) between Januarys when the QBO is easterly and westerly, and (right) between winters (JFM) corresponding to the warm and cold episodes of the ENSO cycle. The samples used in the analysis are documented in Fig. 1. Contour levels are at 0.5°C.

Quelle: Thompson et al. 2001



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 15 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

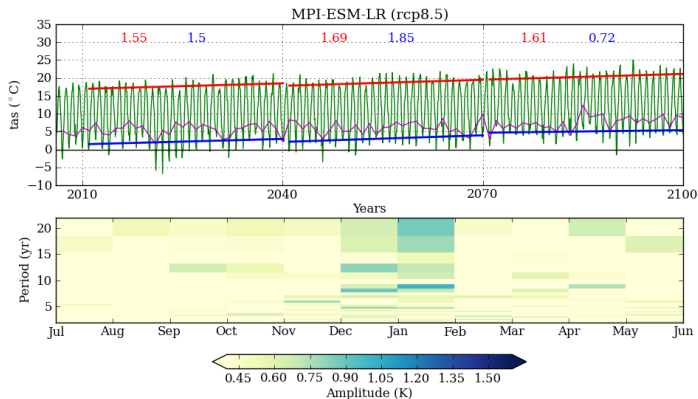
[Quit](#)



Klimaprojektionen:

1 Können Klimamodelle die natürliche Variabilität wiedergeben?

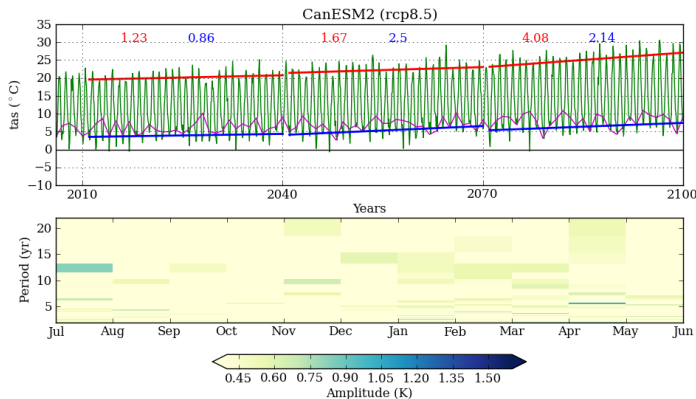
(a) Antwort: einige Modelle “ja”



Klimaprojektionen:

1 Können Klimamodelle die natürliche Variabilität wiedergeben?

(b) Antwort: einige Modelle “nein”



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 17 of 38

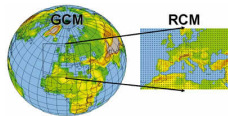
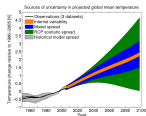
[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)





Regionalisierung: Euro-Cordex

	EUR-11	ccsm4	csiro-mk3-6-0	mpi-esm-lr	gfdl-esm2m	ipsl-cm5a-mr	miroc5	hadgem2-es	ec-earth	noresm1-m	cnrm-cm5	canesm2	access1-0	miroc-esm-chem	ERA-Interim
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	REMO			xxx											x
2	WRF331			xx-		xxx			x						x
3	CCLM48			xxx			x	xxx	xxx		xxx			-x-	x
4	HIRHAM								x						
5	RACMO			x					xxx						x
6	ARPEGE														x
7	RCA4			x-x		x-x		xxx	xxx		x-x				x
8	PROMES														x
9	RegCM41														-
10	ALADIN														



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 18 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Modellvergleich für Deutschland:

Koordination

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)



Home Page

Title Page

Contents



Page 19 of 38

Go Back

Full Screen

Close

Quit



Modellvergleich für Deutschland:

Koordination

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Dynamische Klimamodelle

CCLM (BTU), WRF (UHOH), REMO (CSC)



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 20 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Modellvergleich für Deutschland:

Koordination

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Dynamische Klimamodelle

CCLM (BTU), WRF (UHOH), REMO (CSC)

Statistische Klimamodelle

STARS (PIK), Wettreg (CEC)



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)

[◀◀](#)

[▶▶](#)

[◀](#)

[▶](#)

Page 21 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Modellvergleich für Deutschland:

Koordination

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Dynamische Klimamodelle

CCLM (BTU), WRF (UHOH), REMO (CSC)

Statistische Klimamodelle

STARS (PIK), Wettreg (CEC)

Regionales Klimaensemble

Unsicherheitsaussagen, Extremwerte



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)

[◀◀](#)

[▶▶](#)

[◀](#)

[▶](#)

Page 22 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)



Simulations-Matrix:



EUR-11	MPI-ESM-LR	MIROC5	HadGEM2-ES	EC-EARTH	CNRM-CM5	CCSM4	ERA-Interim
12 x 12 km	Germany	Japan	GB	Consortium	France	USA	Europe
Gitter	192 x 96	256 x 128	192 x 145	320 x 160	256 x 128	288 x 192	480 x 240
hPa	0.01	3.0	5.0	5.0	10	2.19	
1 REMO	Cordex	HZG	HZG	HZG	HZG	HZG	Cordex
2 WRF	Cordex	UHOH	UHOH	UHOH	UHOH	UHOH	Cordex
3 CCLM	Cordex	DWD	Cordex	Cordex	DWD	BTU	Cordex
4 STARS	PIK	PIK	PIK	PIK	PIK	PIK	Cordex
5 WETTREG	CEC	CEC	CEC	CEC	CEC	CEC	Cordex

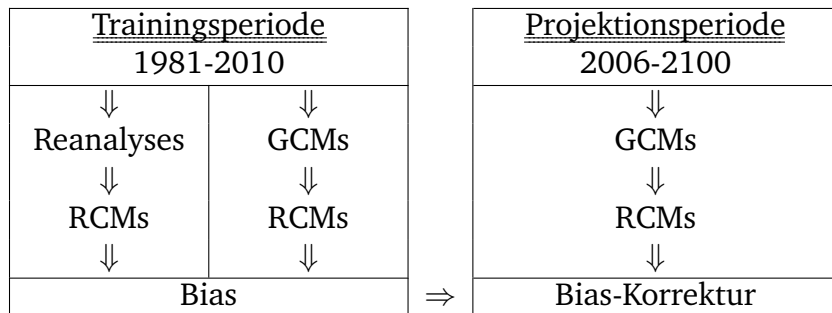
[Home Page](#)
[Title Page](#)
[Contents](#)


Page 23 of 38

[Go Back](#)
[Full Screen](#)
[Close](#)
[Quit](#)


Dynamische Klimamodelle

Überschätzung der Niederschläge \curvearrowright Bias Korrektur



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 24 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

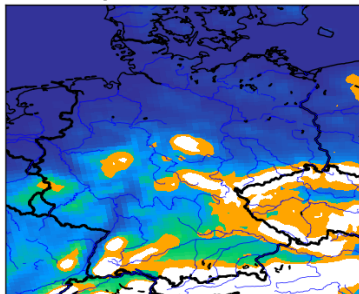
[Close](#)

[Quit](#)

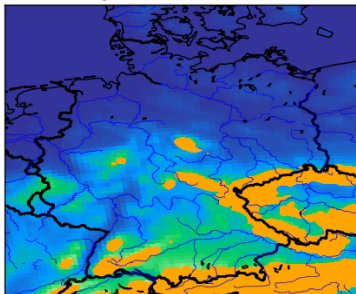
Erste Ergebnisse aus Euro-Cordex:

mittlere Schneehöhe (30 Jahre): Jan-Feb

2011-2040: Jan-Feb mittlere Schneehöhe > 3cm



2041-2070: Jan-Feb mittlere Schneehöhe > 3cm

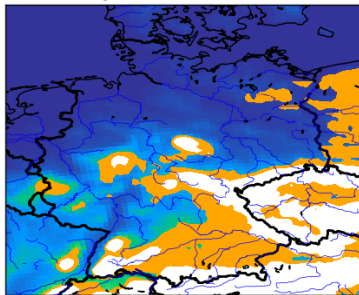


RCP8.5: MPI-M-MPI-ESM-LR / SMHI-RCA4

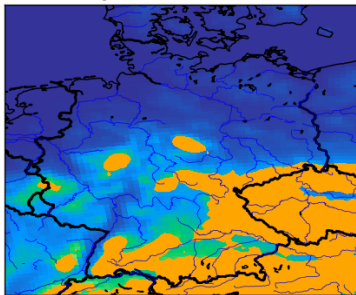
Erste Ergebnisse aus Euro-Cordex:

mittlere Schneehöhe (30 Jahre): Jan-Feb

2011-2040: Jan-Feb mittlere Schneehöhe > 3cm



2041-2070: Jan-Feb mittlere Schneehöhe > 3cm



RCP8.5: ICHEC-EC-EARTH / SMHI-RCA4



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 26 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

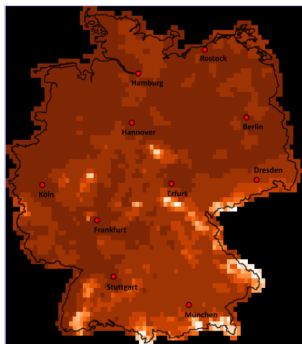
[Close](#)

[Quit](#)

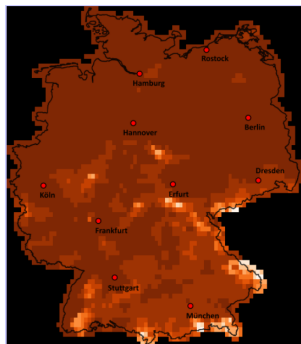


mittlere Schneehöhe (30 Jahre): Jan-Dez

2011-2040



2041-2070



Quelle: PIK



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 27 of 38

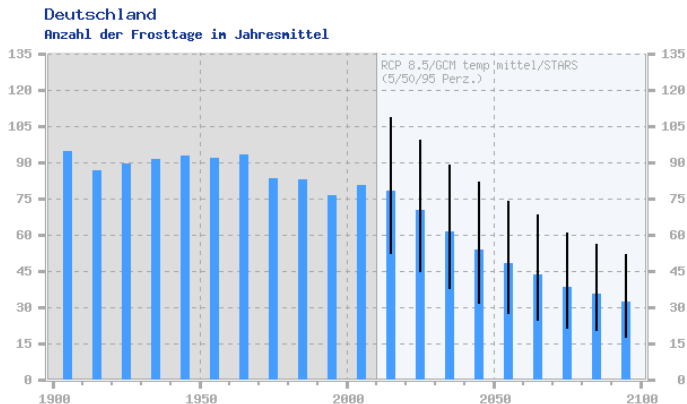
[Go Back](#)

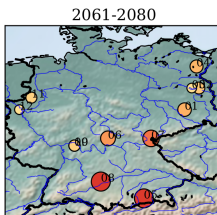
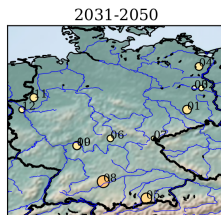
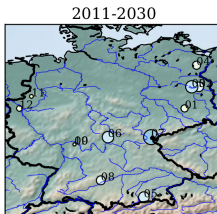
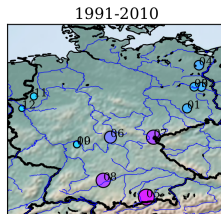
[Full Screen](#)

[Close](#)

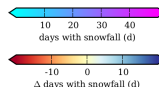
[Quit](#)

Anzahl der Frosttage (30 Jahre): Jan-Dez





- 01 SM Elsterwerda
- 02 SM Fuerstenwald
- 03 AM Erkner
- 04 AM Gramzow
- 05 SM Hausham
- 06 SM Roedelmaier
- 07 AM Rehau
- 08 AM Ulm-Dornstadt
- 09 SM Offenbach
- 10 AM Rodgau
- 11 SM Legden
- 12 AM Rheinberg


[Home Page](#)
[Title Page](#)
[Contents](#)


Page 29 of 38

[Go Back](#)
[Full Screen](#)
[Close](#)
[Quit](#)

Quelle: Hoffmann et al. 2013

Regionales Klimamonitoring:

reference period							STARS	20	+1°C	+2°C
			1986	1987	...	2013	↻	R4	x	x
		1984	1985	...	2012		↻	R3	x	x
	1982	1983	...	2011			↻	R2	x	x
1981	1982	...	2010				↻	R1	x	x

[Home Page](#)[Title Page](#)[Contents](#)

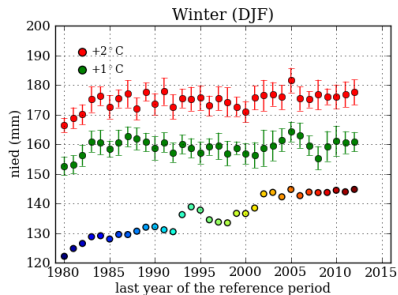
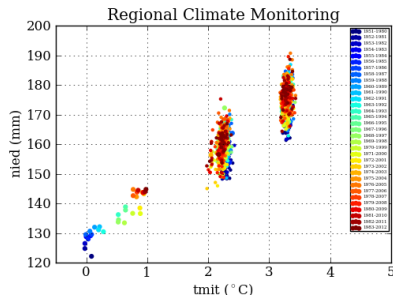
Page 30 of 38

[Go Back](#)[Full Screen](#)[Close](#)[Quit](#)

Regionales Klimamonitoring:



reference period							STARS	20	+1°C	+2°C
			1986	1987	...	2013	↻	R4	x	x
		1984	1985	...	2012		↻	R3	x	x
	1982	1983	...	2011			↻	R2	x	x
1981	1982	...	2010				↻	R1	x	x



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 31 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)

Quelle: PIK



❶ Fazit 1: hohe Variabilität im Winter

[Home Page](#)[Title Page](#)[Contents](#)

Page 32 of 38

[Go Back](#)[Full Screen](#)[Close](#)[Quit](#)

Fazit:

- 1 **Fazit 1:**
hohe Variabilität im Winter
- 2 **Fazit 2:**
“kalte” Winter aller 5-10 Jahre, schwacher Polarwirbel, neg. NAO

[Home Page](#)[Title Page](#)[Contents](#)

Page 33 of 38

[Go Back](#)[Full Screen](#)[Close](#)[Quit](#)

Fazit:

- 1 **Fazit 1:**
hohe Variabilität im Winter
- 2 **Fazit 2:**
"kalte" Winter aller 5-10 Jahre, schwacher Polarwirbel, neg. NAO
- 3 **Fazit 3:**
Klimamodelle können nur eingeschränkt die natürliche Variabilität wiedergeben



Home Page

Title Page

Contents



Page 34 of 38

Go Back

Full Screen

Close

Quit



- 1 **Fazit 1:**
hohe Variabilität im Winter
- 2 **Fazit 2:**
“kalte” Winter aller 5-10 Jahre, schwacher Polarwirbel, neg. NAO
- 3 **Fazit 3:**
Klimamodelle können nur eingeschränkt die natürliche Variabilität wiedergeben
- 4 **Fazit 4:**
Rückgang der mittleren Schneehöhe um knapp 50% bis 2070

- 1 **Fazit 1:**
hohe Variabilität im Winter
- 2 **Fazit 2:**
"kalte" Winter aller 5-10 Jahre, schwacher Polarwirbel, neg. NAO
- 3 **Fazit 3:**
Klimamodelle können nur eingeschränkt die natürliche Variabilität wiedergeben
- 4 **Fazit 4:**
Rückgang der mittleren Schneehöhe um knapp 50% bis 2070
- 5 **Fazit 5:**
Folgen für den Winterdienst: deutlicher Rückgang erst ab 2050 *
Frost-Tauwechsel * Glatteis-, Eisglätte- und Reifglättetage *
Reduktion der Salzmengen und Personeneinsatzstunden

[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 36 of 38

[Go Back](#)

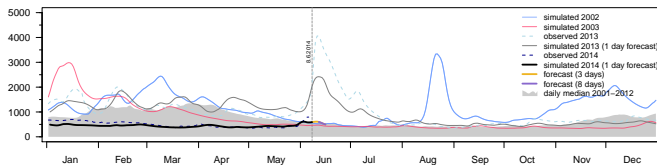
[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)

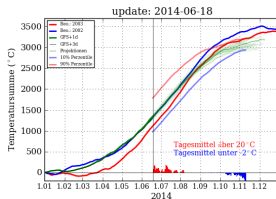
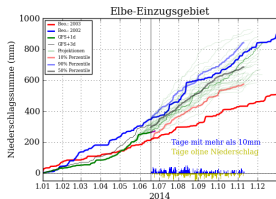
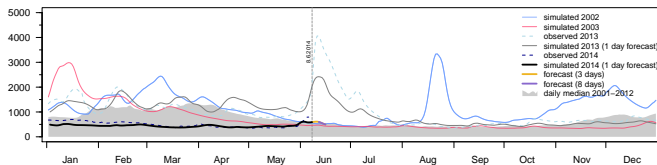
"Nahtlose" Vorhersage: Tage-Monate

Temperatur- und Niederschlagssummenkurve

[Home Page](#)[Title Page](#)[Contents](#)[Page 37 of 38](#)[Go Back](#)[Full Screen](#)[Close](#)[Quit](#)

"Nahtlose" Vorhersage: Tage-Monate

Temperatur- und Niederschlagssummenkurve



[Home Page](#)

[Title Page](#)

[Contents](#)



Page 38 of 38

[Go Back](#)

[Full Screen](#)

[Close](#)

[Quit](#)