

Winterstürme in Klimaänderungssimulationen: Abschätzung von Auftreten und Wirkung auf Grundlage eines GCM Multi-Model-Ensembles

M. Donat, G.C. Leckebusch, J.G. Pinto (1) and U. Ulbrich (Kontakt: markus.donat@met.fu-berlin.de) (1) Universität zu Köln

1. Einleitung

In dieser Studie werden Änderungen des Risikos von Winterstürmen in Europa für zukünftige Klimabedingungen untersucht. Dazu werden Zyklonenzugbahnen, extreme Windgeschwindigkeiten und potentielle Sturmschäden in einem Ensemble von Klimasimulationen mit globalen Klimamodellen (GCMs) untersucht.

Hauptaugenmerk liegt auf:

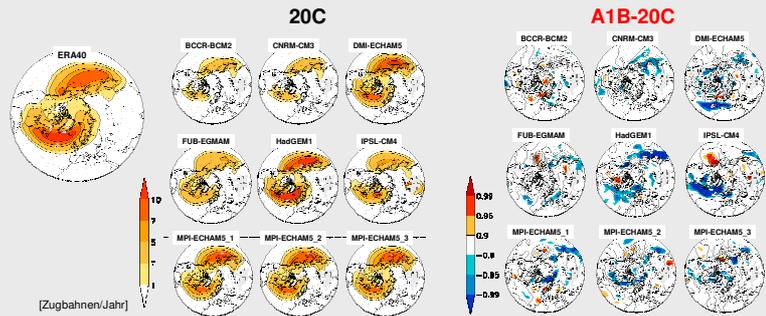
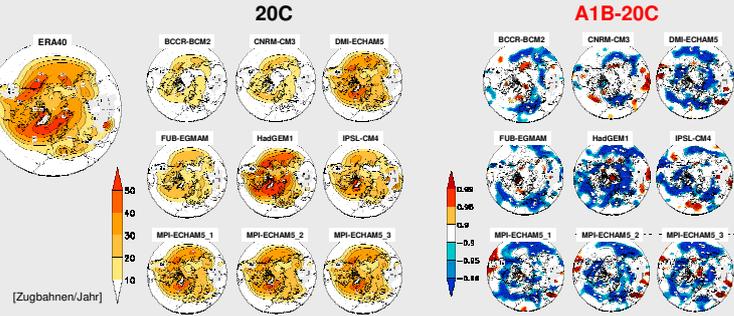
- einer Abschätzung der Änderung der Zyklonenaktivität, des Auftretens extremer Windgeschwindigkeiten und von Sturmschadenpotentialen unter anthropogenem Klimaeinfluss
- dem Aufzeigen eines Intervalls der möglichen Änderungen bei erhöhten Treibhausgaskonzentrationen
- der Abschätzung der Unsicherheiten / Robustheit der Änderungssignale

Die Analysen wurden für ERA40-Reanalysedaten und ein GCM - Ensemble aus 9 Simulationen für Klimaperioden zum Ende des 20. Jh. (20C) und des 21. Jh. gemäß des SRES A1B Szenarios (A1B) durchgeführt.

2. Zyklonenzugbahnen in verschiedenen Klimamodellsimulationen

a) Zugbahndichte aller Zyklonen (Berechnung der Zugbahn nach Murray & Simmonds, 1991; Pinto et al., 2005)

b) Zugbahndichte extremer Zyklonen (stärkste 5% ausgehend von $\nabla^2 p$)



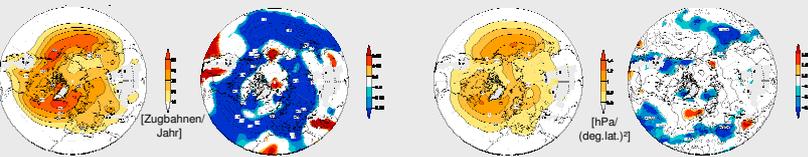
(Plots der Klimasignale: Differenz A1B-20C ist in Linien dargestellt, farbige Flächen geben Signifikanzlevel an (Student t-test))

3.1 Mittel des Ensembles

Die Berechnung des Mittels des Ensembles für verschiedene Parameter erfolgt durch gleiche Wichtung der betrachteten GCM Simulationen.

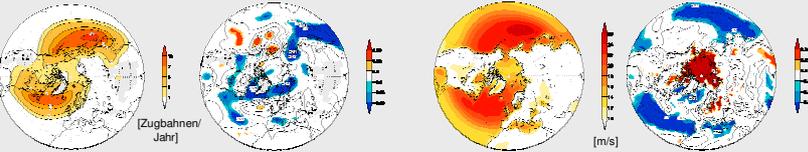
a) Zugbahndichte aller Zyklonen

c) Mittlere Intensität der Zyklonen ($\nabla^2 p$)



b) Zugbahndichte extremer Zyklonen (stärkste 5%)

d) 98. Perzentil des täglichen maximalen Windes



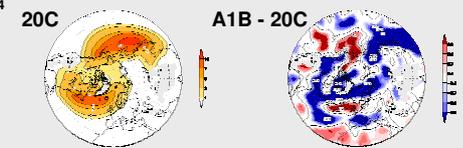
3.2 Gewichtetes Mittel des Ensembles

Die Wichtungsfaktoren ergeben sich für jedes Modell aus der Güte der Übereinstimmung der 20C-Simulation mit den ERA40-Reanalysedaten.

a) Räumliche Korrelation GCM vs. ERA40 von mittlerer Zugbahndichte und deren jährlicher Varianz

	DMI	BCCR	CNRM	FUB	Had-GEM1	IPSL	MPI1	MPI2	MPI3
MEAN M	0,94	0,88	0,87	0,90	0,93	0,81	0,94	0,94	0,94
Variance V	0,82	0,79	0,71	0,75	0,76	0,69	0,74	0,75	0,74
$W=(M^*V)$	0,77	0,70	0,62	0,68	0,71	0,56	0,70	0,71	0,70
$W=(M^*V)^2$	0,59	0,49	0,38	0,46	0,50	0,31	0,49	0,50	0,49
$W=(M^*V)^3$	0,46	0,34	0,24	0,31	0,36	0,18	0,34	0,36	0,34
$W=(M^*V)^4$	0,35	0,24	0,15	0,21	0,25	0,10	0,24	0,25	0,24

b) Gewichtetes Mittel des Ensembles der extremen Zyklonen $W=(M^*V)^4$



4. Potentielle Sturmschäden im zukünftigen Klima

Klimaänderungssignal 2071-2100 ausgehend vom 98. Perzentil ohne Adaption in Prozent

		BCCR	CNRM	FUB	Had-GEM1	IPSL	DMI	MPI1	MPI2	MPI3	Ensemble
BRD	MEAN	+51,5	+43,1	+69,4	+87,1	+3,4	-6,2	+52,8	+21,6	+17,0	+37,7 ± 31,0
	STD	+26,6	+127,6	+261,6	+99,9	-11,7	-47,1	+215,3	+50,9	+63,5	+87,4 ± 101,2
Frankreich	MEAN	+19,7	+5,0	+36,5	-7,6	+3,7	+3,2	+14,0	-3,0	+9,8	+9,0 ± 13,2
	STD	+1,6	-58,7	+49,0	-53,2	+17,8	+13,4	+21,4	-10,3	+107,3	-9,8 ± 50,5
UK + IRL	MEAN	+4,6	+50,9	+67,6	-22,1	-16,5	+11,7	+54,6	-6,6	+4,5	+16,5 ± 32,9
	STD	-31,5	+134,3	+119,5	-76,3	-56,0	-4,4	+152,3	+6,4	+6,2	+27,8 ± 85,6
IBERIA	MEAN	+8,4	-5,1	-17,5	-24,2	-13,3	-16,8	-10,5	-13,1	+0,8	-10,1 ± 10,0
	STD	+46,3	-43,1	-54,5	-28,0	-27,5	-17,6	-18,2	-18,9	+103,2	-6,5 ± 49,7
Polen	MEAN	+14,3	-0,9	+27,4	+52,8	+1,6	+3,9	-7,6	+12,6	+4,8	+12,1 ± 18,3
	STD	+78,3	-39,0	+91,2	+37,5	-9,5	-50,0	-43,0	-9,7	+51,4	+11,9 ± 53,9

Klimaänderungssignal 2071-2100 ausgehend vom 98. Perzentil mit Adaption in Prozent

		BCCR	CNRM	FUB	Had-GEM1	IPSL	DMI	MPI1	MPI2	MPI3	Ensemble
BRD	MEAN	-6,5	-10,8	+12,5	-15,3	+16,8	-22,6	+7,0	-1,8	+9,5	-1,2 ± 13,6
	STD	-42,4	-9,6	+117,1	-33,4	+7,5	-61,2	+102,6	+12,1	+54,4	+16,3 ± 63,0
Frankreich	MEAN	-12,3	-15,2	+7,0	-15,4	+30,8	-5,3	-3,9	-7,8	+2,3	-2,2 ± 14,5
	STD	-48,7	-76,1	-1,7	-62,2	+101,5	-7,9	-26,7	-16,1	+84,3	-6,0 ± 61,4
UK + IRL	MEAN	-2,2	-3,7	+21,6	+1,1	-9,2	+7,5	+6,3	+9,5	-2,9	+3,1 ± 9,2
	STD	-66,8	-8,1	+35,8	-24,2	-42,2	-10,5	+40,0	+58,3	-11,7	-3,2 ± 40,8
IBERIA	MEAN	+11,3	+11,8	+3,7	-5,2	+25,1	+0,4	+0,7	-0,1	+12,4	+6,7 ± 9,3
	STD	+75,2	-9,9	-27,1	+29,8	+52,3	+24,7	+6,9	+8,8	+120,4	+31,2 ± 45,5
Polen	MEAN	-2,0	-15,4	+1,1	+2,9	-2,3	-14,4	-23,0	-3,9	-1,2	-6,5 ± 8,9
	STD	+10,1	-69,2	+3,9	-23,7	-23,0	-68,9	-65,3	-33,0	+32,8	-26,3 ± 37,0

5. Zusammenfassung

- Die betrachteten Klimamodelle zeigen teilweise unterschiedliche Klimaänderungssignale
- Die Mehrzahl der Modelle zeigt eine geringere Gesamtanzahl von Zyklonen, während die Anzahl extremer Zyklonen über dem NO-Atlantik in den meisten Simulationen ansteigt.
- Im Ensemble-Mittel zeigt sich:
 - eine Abnahme der Zyklonenzugbahndichte in großen Teilen der Nordhemisphäre
 - eine leichte Zunahme der Zugbahndichte extremer Zyklonen über den nordöstlichen Teilen von Atlantik und Pazifik
 - eine höhere mittlere Intensität der Systeme über dem NO-Atlantik
 - höhere extreme Windgeschwindigkeiten und auch Schadenpotentiale über dem nördlichen Mitteleuropa
 - geringere extreme Windgeschwindigkeiten und Schadenpotentiale über Südeuropa
- Ein gewichtetes Ensemble-Mittel (welches die "besseren" Modelle bevorzugt) zeigt eine höhere Signifikanz der Signale z. B. für die Zugbahndichte extremer Zyklonen.