

# Eine weitere Unsicherheit für Klimamodelle – gleiche Modelle liefern unterschiedliche Ergebnisse, wenn auf unterschiedlichen Computern gerechnet

ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0
ES01	NCAR CCSM	INTEL XE	spresnp1.6.4	00	0

**Bild rechts: Graphik von Dr. Roy Spencer**

Zunehmende mathematische Unsicherheiten der Startbedingungen sind der Hauptgrund. Aber einiges davon könnte der Tatsache geschuldet sein, dass einige Modelle trotz des gleichen Codes nicht die gleichen Ergebnisse zeigen, wenn die Rechenoperationen an verschiedenen CPUs, Betriebs-Systemen und Compilern durchgeführt werden. Mit dieser Studie können wir nun *Software-Unsicherheiten* der Liste von Unsicherheiten hinzufügen, die hinsichtlich des Klimas und seiner Modellierung bekannt sind.

Mir ist diese Studie gestern vor Augen gekommen, und deren Ergebnisse sind ziemlich aufschlussreich.

Die Studie wurde am 26. Juli 2013 im *Monthly Weather Review* veröffentlicht, also einem Journal der American Meteorological Society. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass das gleiche Vorhersagemodell (eines für die geopotentielle Höhe) zu unterschiedlichen Ergebnissen kommt, wenn man es auf verschiedener Computer-Hardware und Operationssystemen laufen lässt, ohne sonst irgendwelche Änderungen vorzunehmen.

Sie sagen, dass die Unterschiede *hauptsächlich durch Rundungsfehler der verschiedenen Software-Systeme auftreten* und dass diese Fehler mit der Zeit zunehmen, das heißt sie akkumulieren sich.

Die Autoren:

*„Wir behandeln die Toleranzfrage und verwenden dafür die 500-hPa-Fläche für die mittelfristige Vorhersage sowie den Ensemble-Spread für jahreszeitliche Klimasimulationen“.*

...

*„Die Abhängigkeit (von Hardware & Software), also die Standardabweichung der 500-hPa-Geopotentialfläche (Gebiete mit hohem und tiefem Druck) gemittelt über den Globus nimmt mit der Zeit zu“.*

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis:

*„Der Ensemble-Spread infolge der Unterschiede in den Software-Systemen ist vergleichbar mit dem Ensemble-Spread infolge von Unterschieden der Anfangsbedingungen, die für die traditionelle Vorhersage von Ensembles verwendet werden“.*

Schon viele Studien haben gezeigt, dass kleine Änderungen der Anfangsbedingungen von Klimamodellen **signifikant unterschiedliche Projektionen des Klimas erzeugen**.

Man fragt sich, ob einige der katastrophalen Zukunfts-Projektionen vielleicht nur aufgrund eines Rundungsfehlers simuliert werden.

Die Software/Hardware-Tests haben sie folgendermaßen durchgeführt:

*Tabelle 1 zeigt die 20 Computersysteme einschließlich Fortran-Compiler, Parallel-communication libraries und optimierte Levels des Compilers. Der Linux-Cluster der Yonsei University (YSU) ist mit 12 Intel Xeon CPUs pro Node ausgestattet (Modellname: X5650) und unterstützt die PGI und Intel Fortran Compiler. Das Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI, <http://www.kisti.re.kr>) verfügt über eine Computer-Ausrüstung mit High Performance IBM und SUN-Platttformen. Jede Plattform ist ausgerüstet mit verschiedenen CPUs: Intel Xeon X5570 for KISTI-SUN2 platform, Power5+ processor of Power 595 server for KISTI-IBM1 platform, and Power6 dual-core processor of p5 595 server for KISTI-IBM2 platform. Jede Maschine hat eine unterschiedliche Architektur und etwa fünfhundert bis zwanzigtausend CPUs.\**

*[\*Ich verstehe hier nur Bahnhof. Sorry! A. d. Übers.*

*Im Original lautet dieser Absatz: Table 1 shows the 20 computing environments including Fortran compilers, parallel communication libraries, and optimization levels of the compilers. The Yonsei University (YSU) Linux cluster is equipped with 12 Intel Xeon CPUs (model name: X5650) per node and supports the PGI and Intel Fortran compilers. The Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI; <http://www.kisti.re.kr>) provides a computing environment with high-performance IBM and SUN platforms. Each platform is equipped with different CPU: Intel Xeon X5570 for KISTI-SUN2 platform, Power5+ processor of Power 595 server for KISTI-IBM1 platform, and Power6 dual-core processor of p5 595 server for KISTI-IBM2 platform. Each machine has a different architecture and approximately five hundred to twenty thousand CPUs.]*

Name	Machine	Fortran Compiler	Parallel comm. lib.	Optimization level	Mark
EXP1	KISTI SUN2	INTEL 11.1	openmpi 1.4	O3	□
	KISTI SUN2	INTEL 11.1	mvapich2 1.5	O3	□
EXP2	KISTI SUN2	INTEL 11.1	mvapich1 1.2	O3	○
	KISTI SUN2	INTEL 11.1	openmpi 1.4	O4	□
EXP3	KISTI SUN2	INTEL 11.1	openmpi 1.4	O2	△
EXP4	KISTI SUN2	INTEL 11.1	openmpi 1.4	O1	◁
EXP5	KISTI SUN2	INTEL 11.1	openmpi 1.4	O0	▷
EXP6	KISTI SUN2	PGI 9.0.4	openmpi 1.4	O2 (-fastsse)	■
	KISTI SUN2	PGI 9.0.4	mvapich2 1.5	O2 (-fastsse)	■
	KISTI SUN2	PGI 9.0.4	mvapich1 1.2	O2 (-fastsse)	■
	KISTI SUN2	PGI 8.0.6	mvapich1 1.2	O2 (-fastsse)	■
	YSU Cluster	PGI 10.6	mvapich1 1.2	O2 (-fastsse)	■
	YSU Cluster	PGI 10.6	mvapich1 1.2	O3 (-fastsse)	■
EXP7	YSU Cluster	PGI 10.6	mvapich1 1.2	O1	●
EXP8	YSU Cluster	PGI 7.1.6	mvapich1 1.2	O2 (-fastsse)	▲
EXP9	KISTI IBM 1	XLF 10.1	-	O3	★
	KISTI IBM 2	XLF 12.1	-	O3	★
	KISTI IBM 1	XLF 10.1	-	O4	★
EXP10	KISTI IBM 1	XLF 10.1	-	O2	◆
	KISTI IBM 1	XLF 10.1	-	O1	◆

Und hier sind die Ergebnisse:

Initial condition ensemble		Software system ensemble	
Software system	Standard deviation	Start date of forecast	Standard deviation
EXP1	10.65	1 May 1996	11.40
EXP2	10.50	2 May 1996	11.37
EXP3	10.39	3 May 1996	10.20
EXP4	11.17	4 May 1996	10.51
EXP5	11.38	5 May 1996	10.58
EXP6	10.07	6 May 1996	10.70
EXP7	11.35	7 May 1996	10.23
EXP8	11.80	8 May 1996	11.04
EXP9	10.49	9 May 1996	10.57
EXP10	10.78	10 May 1996	11.25
Average	10.86	Average	10.78

Tabelle 2: Global gemittelte Standardabweichung der 500 hPa-Fläche aus dem 10-Mitglieder-Ensemble mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen in einem gegebenen Software-System 383 (d. h. Ensemble der Anfangsbedingungen) und der korrespondierenden Standardabweichung des 10-Mitglieder-Ensembles mit unterschiedlichen Software-Systemen für einen gegebenen Anfangszustand (d. h. Ensemble der Software-Systeme).

Einigen mögen diese Unterschiede gering vorkommen, aber man sollte im Auge behalten, dass diese Standardabweichungen nur für Modellierungen von *10 Tagen* im Voraus durch globale Wettervorhersage-Systeme gelten, und nicht für Jahrzehnte durch Klimamodelle.\*

\*Siehe hierzu den Anhang der EIKE-Redaktion unten!

Eindeutig wird hier eine Evaluierung dieses Effektes gebraucht, wenn es um viele der GCMs geht, die verwendet werden, um das zukünftige Klima zu projizieren. Beeinflusst dieser Effekt die Modelle, und wenn ja, wie viel von deren Output ist real, und wie viel des Outputs beruht lediglich auf akkumulierten Rundungsfehlern?

Die Studie:

## **An Evaluation of the Software System Dependency of a Global Atmospheric Model**

**Song-You Hong, Myung-Seo Koo, Jihyeon Jang, Jung-Eun Esther Kim, Hoon Park, Min-Su Joh, Ji-Hoon Kang, and Tae-Jin Oh** Monthly Weather Review 2013 ; e-Viewdoi: <http://dx.doi.org/10.1175/MWR-D-12-00352.1>

### **Abstract**

Diese Studie präsentiert die Abhängigkeit von Simulationsergebnissen eines globalen numerischen Modells, das auf Rechnern mit unterschiedlichen Hardware- und Software-Systemen gerechnet wird. Das Global Model Program (GMP) des Global/Regional Integrated Model Systems (GRIMs) wird auf 10 verschiedenen Computersystemen getestet mit unterschiedlichen Prozessor-Einheiten (CPU) oder Compilern. **Es gibt Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Compiler, parallel libraries und Optimierungs-Niveaus, hauptsächlich durch die Behandlung von Rundungsfehlern durch die verschiedenen Software-Systeme. Die Abhängigkeit des Systems, also die Standardabweichung der 500 hPa-Fläche gemittelt über den Globus nimmt mit der Zeit zu.** Allerdings verharrt die fractional Tendency [?], also die Änderung der Standardabweichung relativ zum Wert selbst, mit der Zeit bei nahe Null. Im Rahmen einer jahreszeitlichen Vorhersage **ist der Ensemble-Spread aufgrund der Unterschiede in den Software-Systemen vergleichbar mit dem Ensemble-Spread aufgrund unterschiedlicher Anfangsbedingungen**, die für die traditionelle Vorhersagen von Ensembles verwendet werden.

h/t to [The Hockey Schtick](#)

Link:

<http://wattsupwiththat.com/2013/07/27/another-uncertainty-for-climate-models-different-results-on-different-computers-using-the-same-code/>

Übersetzt von Chris Frey EIKE

Anhang: Die in diesem Artikel angesprochene Problematik globaler Wettervorhersage-Systeme kann jeder täglich selbst nachvollziehen (und zwar hier: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsenseur.html>). Beispielhaft seien hier die folgenden drei Abbildungen gezeigt:



Simulation der 500-hPa-Fläche, Modellauf hier beispielsweise vom 7. April 2012 für 1 Tag (links), 1 Woche (Mitte) und zwei Wochen (rechts) im Voraus. Quelle: <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/sensour.htm>. Das Phänomen lässt sich unter dieser Adresse jeden Tag nachvollziehen!

Dipl.-Met. Hans-Dieter Schmidt, EIKE-Redaktion