

Forschungsthema des Monats März 2014

Forschungsthema 6: Extreme Wetterereignisse - Stürme, Starkniederschläge, Hochwasser und Dürren

Stürme in verschiedenen Regionen der Erde in einer hochauflösten, globalen Klimasimulation der letzten 65 Jahre

Stürme können zu hohen Windgeschwindigkeiten, Niederschlägen, Erdbeben, Sturmfluten und Überschwemmungen führen. Damit haben sie das Potential, die Bevölkerung, die Agrar- und Forstwirtschaft, Industrie, das Verkehrswesen und Offshore-Aktivitäten zu beeinträchtigen. Insofern gibt es ein großes Interesse die Änderungen der Sturmaktivität, sowohl in der Vergangenheit als auch der Zukunft, zu kennen. Dafür werden jedoch homogene, lange Zeitreihen meteorologischer Messdaten benötigt. Im Lauf der letzten Jahrzehnte haben sich vielerorts Messmethoden, Instrumente, die Lage oder direkte Umgebung von Messstationen geändert. Dies führt zu Inhomogenitäten in langen Zeitreihen von dafür sensiblen Größen wie der Windgeschwindigkeit. Um nun einen möglichst gleichmäßigen Datensatz der letzten Dekaden zu erzeugen, verwendet das Helmholtz-Zentrum Geesthacht das Globalmodell ECHAM6 für den Zeitraum von 1948 bis heute mit einer hohen räumlichen Auflösung von T255 (entspricht in etwa 80 km). Eine globale Simulation ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung unterschiedlicher Sturmarten wie tropischer Wirbelstürme, Stürme der gemäßigten Breiten, Medicanes und Polartiefs in einem einzigen Datensatz. Damit das Modell die Beobachtungen möglichst realitätsnah wiedergibt, wird die Methode des Spektralen Nudging (von Storch et al., 2000) verwendet. Dabei werden globale Reanalysedaten, in die ein großer Teil der verfügbaren Beobachtungen und Satellitendaten eingehen, in das Globalmodell genudged. Das Spektrale Nudging sorgt dafür, dass große Wetterphänomene nah an den Beobachtungen/Reanalysen bleiben, während die kleineren räumlichen Skalen nicht verändert werden. Das Nudging wird nur für Vortizität (Wirbelstärke) und Divergenz (Auseinanderströmen der Luftmasse) und in Höhen oberhalb von 750 hPa eingesetzt, damit werden regionale Prozesse nahe der Erdoberfläche nicht beeinflusst. Da die Reanalysen eine recht grobe Auflösung von nur gut 200 km haben, werden nur Skalen von über ca. 1000 km als zuverlässig genug angesehen um in das Globalmodell genudged zu werden. Dieser Ansatz wurde bereits erfolgreich in Regionalmodellen für verschiedene Arten von Stürmen angewandt (z.B. für Polartiefs, Zahn und von Storch, 2008) und wird nun erstmalig für eine globale Sturmuntersuchung eingesetzt. Es wurde Reihe von Experimenten durchgeführt, um unterschiedliche Einstellungen des Nudging in seiner Stärke, räumlichen Skala sowie seinem Höhenprofil zu untersuchen. Im Vergleich zu den antreibenden Reanalysen zeigt ECHAM mit Spektralem Nudging deutlich geringere Differenzen als eine Simulation ohne Nudging, die mit der Meeresoberflächentemperatur und dem Meereis der Reanalysen angetrieben wurde (Abbildung 1). Die Unterschiede für größere räumliche Skalen nehmen über weiten Teilen des Modellgebietes ab. Zusätzlich werden regionale Details durch ECHAM erzeugt, die sich von den gröberen Reanalysen unterscheiden. Erste Vergleiche mit Beobachtungsdaten zeigen für den Lauf mit Spektralem Nudging eine gute Übereinstimmung für verschiedene Stationen in Europa.

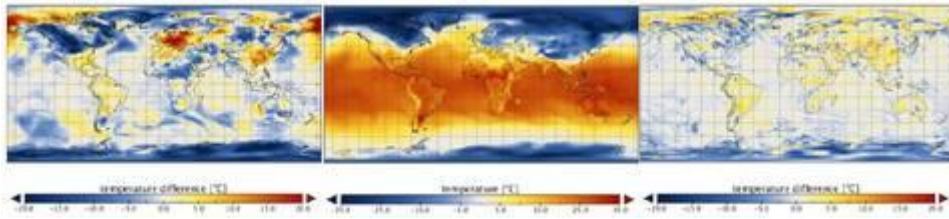


Abbildung 1: Temperatur in 2m Höhe für NCEP/NCAR Reanalyse am 30.01.1976, 0:00 (Mitte), ECHAM Standard-NCEP (links) und ECHAM Spectral Nudging-NCEP (rechts)

Die Testsimulationen werden aktuell auf ihre Fähigkeit ausgewerte, Stürme realistisch zu simulieren. Als erste Sturmart werden Taifune im nordwestlichen Pazifik untersucht, die schon in früheren Studien mit einem regionalen Klimamodell simuliert wurden (z. B. Feser und Barcikowska, 2012). Dazu wird die Atmosphäre der NCEP/NCAR-Reanalysen für den Oktober und November des Jahres 2004 in einer Reihe von über 60 einzelnen Experimenten, die sich jeweils durch ihre Nudgingkonfiguration unterscheiden, mit dem Globalmodell ECHAM6 regionalisiert.

In den entstandenen hochaufgelösten Daten werden Stürme dann mit einem sogenannten Trackingalgorithmus automatisch detektiert. Dazu wurden die Wellen der Vortizität bis zu einer Länge von bis ca. 1000 km mit einem spektralen Filter extrahiert und die Positionen ihrer Extrema lokalisiert. Die Vortizität beschreibt die lokale Winkelgeschwindigkeit des Windes und ist in der Nähe von Stürmen besonders hoch. Die detektierten Extrema samt Werten für Windgeschwindigkeit und Bodendruck wurden dann zu Zugbahnen zusammengefügt, um sie mit Taifunen aus den Best Track Daten der Japan Meteorological Agency zu vergleichen. Die Best Track Daten wurden aus Beobachtungs- und Satellitendaten abgeleitet. Ein solcher Vergleich ist in Abbildung 2 für den Taifun NOCK-TEN zu sehen. Die schwarzen Kreuze beschreiben die Position der Taifune in den Best Track Daten und die farbigen Linien die detektierten Stürme, wenn in dem jeweiligen Experiment ein Gegenstück zum beobachteten Sturm gefunden wurde.

Deutlich ist zu erkennen, dass in der Mehrzahl der Experimente ein Gegenstück zu den beobachteten Taifunen simuliert werden konnte. Hierbei weichen die Zugbahnen mal mehr und mal weniger stark von der beobachteten Position ab, nehmen aber in den meisten Fällen einen ähnlichen Verlauf. Um die am besten geeignete Nudgingkonfiguration herauszufinden werden in Zukunft auch die beobachteten und simulierten atmosphärischen Parameter wie Windgeschwindigkeit und Bodendruck entlang der Zugbahn verglichen.

In einem weiteren Schritt wird die Studie auf verschiedene Stürme in anderen Regionen weltweit ausgedehnt.

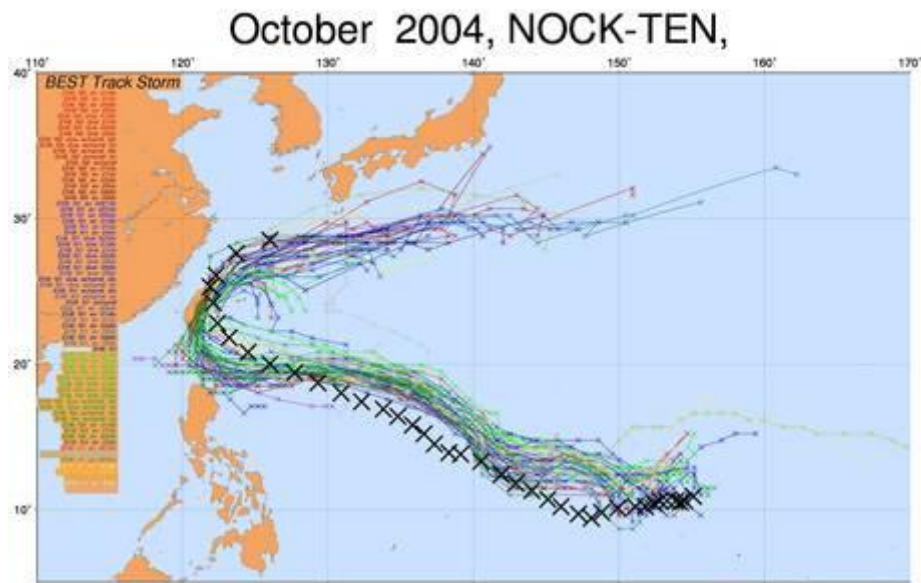


Abbildung 2: Positionen des Taifuns Nock-Ten im Oktober 2004 in Best Track Daten (schwarze Kreuze) und die jeweils detektierten Zugbahnen in den ECHAM-Modellexperimenten (farbige Zugbahnen).