



Joëlle Perreten, 1995
Stäfa, ZH

NMG Rämibühl

Marcel Zurflüh

Würdigung durch den Experten

Dr. Stefan Wunderle

Frau Perreten hat mit dieser Arbeit auf hervorragende Weise gezeigt, wie zwei sehr umfangreiche Teilbereiche in der Naturwissenschaft (Ozeanographie und Satellitenfernerkundung) miteinander verbunden werden können. Mit einem sehr grossen Detailwissen hat sie die jeweiligen Kapitel geschrieben, aber dabei nicht die Eingangs gestellten Kernfragen vergessen. Diese Arbeit ist sehr stringent aufgebaut, hervorragend geschrieben und zeigt sehr eindrücklich das Potential der Fernerkundung für globale Anwendungen auf - insbesondere für die Klimaforschung, wie Ihre Datenanalyse aufzeigt.

Prädikat: Hervorragend

Sonderpreis Science, Universität Basel

GENIUS-Science Olympiade 2015

Ozeanbeobachtung aus dem Weltall

Fragestellung

Die Bedeutung der Ozeane für unser Leben ist immens, vor allem im Hinblick auf die Klimaerwärmung hat die Funktion der Weltmeere einen unverzichtbar grossen Einfluss. Das Verständnis der engen Wechselwirkung von Ozean und Atmosphäre sowie der Rekonstruktion der Meeresströmungen hat heute eine sehr hohe Relevanz in der Diskussion und Entscheidungsfindung bezüglich der Erwärmung der Erde.

- Welche Möglichkeit bietet dabei die satellitengestützte Fernerkundung zur Erforschung der Oberflächentemperatur der Ozeane (SST)?
- Ist es möglich, die Verläufe der Meeresströmungen vom Weltall aus zu erfassen?

Weitergehend wurde versucht, Projektionen für das Systemverhalten zumindest für die nähere Zukunft zu erstellen. Doch dafür muss auf regionale gekoppelte Systeme Rücksicht genommen werden. Dies wird exemplarisch anhand der Nordatlantischen Oszillation (NAO) untersucht.

- Wie reagieren Strömungsverläufe auf atmosphärische Einflüsse?
- Welche Bedeutung hat diese Wechselwirkung für unsere Zukunft?

Methodik

Um die Satellitenkarten der Meeresoberflächentemperatur übersichtlich darzustellen, wurden zwei Animationen erstellt, die das Monatsmittel der SST sowie die monatlichen Veränderungen der Oberflächentemperaturanomalien in einer Zeitreihe von 30 Jahren detailliert aufzeigen.

Um die globale Ansicht örtlich einzuschränken, wurden vier Koordinatenpunkte im Nordatlantik gewählt. Die Satellitendaten der SST wurden direkt vom Datenzentrum KNMI bezogen und waren monatlich in einer Zeitreihe seit 1982 erhältlich. Es galt nun, den Einfluss des barometrischen Druckes der Atmosphäre auf die ausgewählten Punkte zu ermitteln. Hierbei half eine seit dem Jahr 1821 existierende ununterbrochene Messreihe der NAO bzw. des NAO-Index. Dieser quantifiziert die Druckunterschiede zwischen den Druckzentren über Island und den Azoren. Die Oszillation unterliegt einem 12–15-Jahre Zyklus, was sich in Schwankungen des Index von positiven Werten zu negativen auswirkt. Um saisonale Unterschiede darzustellen, wurde der Fokus auf die Monate Januar und Juli gelegt. Zusammenhänge zwischen der SST und der NAO wurden dabei mittels gängiger statistischer Verfahren vollzogen. Mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests wurden die Unterschiede der Mittelwerte berechnet und auf die Signifikanz ($p > 0,05$) überprüft. Zur

Überprüfung der Zusammenhänge und Verläufe wurde die lineare Korrelation nach Pearson einschliesslich Konfidenzintervall angewandt.

Ergebnisse

Anhand der Animationen konnten drei grundlegende Strömungsmuster abgeleitet werden. Aus dem Weltall sind nicht nur Oberflächenströmungen zu erkennen, sondern auch die thermohaline Zirkulation in Form von Auftriebs- und Absinkgebieten sowie Wirbel in verschiedenen Ausmassen. Beim Fokus auf den Messpunkt im Nordatlantikstrom ergibt sich ein durchschnittlicher Temperaturanstieg von $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$ pro Jahr ($p < 0,001$), in der Labradorsee liegt der Anstieg sogar bei $0,08 \text{ }^\circ\text{C}$ pro Jahr ($p < 0,001$). In der grafischen Darstellung finden sich Hinweise auf das sowohl gleichläufige als auch gegenläufige Verhalten von NAO und SST.

Diskussion

Die Fernerkundung, insbesondere die Methode zur Ableitung der SST, ermöglicht einen guten räumlichen und zeitlichen Überblick über die Ozeanoberfläche. Es ist ersichtlich, dass die Temperaturen an allen vier Punkten im Verlauf der untersuchten Zeitreihe mit Sicherheit ansteigen. Doch bei der Projektion auf die Zukunft muss beachtet werden, dass lineare Vorgänge in der Natur eine Seltenheit sind und weitere Einflüsse, wie derjenige der NAO, unbedingt berücksichtigt werden müssen. Der IPCC-Report geht von einer Temperaturzunahme von $0,1^\circ\text{C}$ pro Dekade aus. Dem entsprechen die in dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse recht genau.

Die Untersuchung der NAO ergibt, dass die SST zumindest teilweise zyklischen Prozessen von Luftdruckveränderungen unterliegt. Der Beweis muss hier jedoch offen bleiben, da bei drei bekannten sich überlagernden zyklischen Prozessen die Länge der Zeitreihe nicht ausreicht. Im Rahmen von ähnlichen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Sommermonate wenig aussagekräftig sind und der Einfluss der Anomalie hauptsächlich im Winter zu beachten ist. Dem entsprechen auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie.

Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen mithilfe der satellitengestützten Fernerkundung zeigen auf, wie komplex sich das System Ozean–Atmosphäre verhält. Die Erwärmung der Ozeane konnte mit Fernerkundungsdaten nachgewiesen werden – daher ist es jetzt an der Zeit, zu handeln und die Reduktion der klimarelevanten Gasemissionen zu beginnen.