



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 $0,05 \text{ °C pro Jahr}$ ($p < 0,001$), in der Labradorsee liegt der Anstieg sogar bei $0,08 \text{ °C pro Jahr}$ ($p < 0,001$). 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 $0,1 \text{ °C pro Dekade}$ 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.



Barbara Roos, 1996
Dübendorf, ZH

NMG Rämibühl

Samuel Byland

Würdigung durch den Experten

Prof. Albert Fässler

Barbara Roos hat ein Gravitationsmodell als trichterförmige Membran gebaut und dessen Potential $U \sim r^{2/3}$ bestimmt (reale Welt: $U \sim 1/r$). Messung und Berechnung des Orbits einer rollenden Kugel zeigen gute Übereinstimmung. Die höchst anspruchsvolle Theorie wurde kritisch mit gut dokumentierten Experimenten (mit Statistik-Software R) konfrontiert. Für ihr hypothetisches Modell hat sie mögliche Gravitationskonstanten definiert und gezeigt: $\text{actio}=\text{reactio}$ oder $F=ma$ wäre verletzt. Im Kontext der allg. Relativitätstheorie hat sie Geodäten der Membran mit Mathematica berechnet, sich also mit Metriken und Christoffel Symbolen beschäftigt.

Prädikat: Hervorragend

Sonderpreis Aldo und Cele Daccò

European Union Contest for young Scientists (EUCYS 2015)

Analysis and visualisation of space-time models

Introduction

Gravitational potential, orbits, curvature of space-time, and geodesics are important features of our universe. Different models can be designed to visualise them. For example, orbiting marbles on a funnel can represent the motion of planets around a sun. The aim of this project (originally matura project) was twofold:

- First, to visualise different aspects of space-time (i.e. the gravitational potential and the curvature of space-time) using a bent, funnel-shaped membrane.
- Second, to analyse several properties of a self-built membrane model such as its shape, trajectories of marbles, and geodesics on its surface.

Methods

I built a membrane model consisting of a cloth mounted in a ring with a diameter of approximately 60 cm. Different weights, from 0.1 kg to 2.8 kg, were used to bend the membrane to a funnel. To measure the deformation precisely, pictures were taken with a high-resolution camera and later analysed using a computer. In a second step, I also let small balls roll on the funnel-shaped membrane and filmed their movements. Then it was possible to track the paths on the videos using *Tracker* (Open Source Physics; 2013) and compare them to my analytically derived predictions. I explored the trajectory of a marble on the membrane using three theoretical approaches. Moreover, I wrote several *Mathematica* programs to simulate orbits and calculate geodesics on the funnel-shaped membrane for a freely chosen starting point and direction.

Results

When comparing the funnel model with reality I found some essential differences. In my model the shape, which visualises the gravitational potential, turned out to be proportional to $r^{-2/3}$, instead of $1/r$, like in our universe. I investigated orbits and gravitational forces in this hypothetical world and found that at least one of Newton's laws is violated. Taking the rotational energy into account, I arrived at the best approximation for marble trajectories. My *Mathematica* programs calculated orbits and geodesics, and plotted them.

Discussion

Funnel-shaped membranes are convenient and interesting visualisations of space-time. Theoretical and practical analysis was possible but the physics represented by such a model differs from reality. Friction turned out to have a large effect on the trajectories of marbles. I had to neglect it in my calculations as more refined mathematical formulas are necessary to account for it.

Conclusions

I investigated gravitational potential, orbits, curvature of space-time, and geodesics, using a funnel-shaped membrane. I analysed various aspects experimentally, theoretically, and using computer simulations. My models could be further refined by accounting for friction or by considering a two star system. I could also use a different material for the membrane to minimise friction.