



Ulf von Zahn, Uwe Berger


Langfristige Änderungen in Eigenschaften der oberen Atmosphäre

528. Sitzung vom 16. April 2010 in Düsseldorf

Erweiterte Fassung eines Vortrags von U. von Zahn, gehalten vor den Klassen für Naturwissenschaften und Medizin und für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und Künste, Düsseldorf, 16. April 2010.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem und alterungsbeständigem Papier  ISO 9706.

© 2011 Ferdinand Schöningh, Paderborn
(Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG, Jühenplatz 1, D-33098 Paderborn)

Internet: www.schoeningh.de

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk sowie einzelne Teile desselben sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Verlages nicht zulässig.

Printed in Germany. Herstellung: Ferdinand Schöningh, Paderborn

ISBN 978-3-506-77348-7

INHALT

Zusammenfassung	7
Abkürzungen	9
1. Einleitung	11
1.1 Einführung	11
1.2 Das mittlere Temperaturprofil der Atmosphäre	13
1.3 Die Mischungsverhältnisse von Spurengasen	15
1.4 Wie funktioniert der Treibhauseffekt?	16
1.5 Die Heiz- und Kühlraten der Spurengase	22
1.6 Heizung und Kühlung von Luft in Höhen oberhalb 200 km ...	24
1.7 Warum könnten auch langfristige Änderungen von Klimawerten in der oberen Atmosphäre für uns interessant sein?	25
2. Der Höhenbereich 50 bis 80 km	28
2.1 Einführung	28
2.1.1 Langfristige Änderungen in Schichten unterhalb 50 km ..	28
2.1.2 Zum Höhenbereich 50 bis 80 km	32
2.2 Beobachtungsreihen	33
2.2.1 Messung der Reflexionshöhe von Langwellen (im 100 kHz Frequenzbereich)	33
2.2.2 Messungen der Luftdichte mittels Lidar und daraus abge- leitete Temperaturen	36
2.3 Ergebnisse numerischer Atmosphären-Modelle	38
2.3.1 Ergebnisse des Atmosphärenmodells LIMA	39
2.3.2 Ergebnisse des Atmosphärenmodells SMLTM	41
2.4 Schlussfolgerungen	42

3. Der Höhenbereich 80 bis 120 km	44
3.1 Einführung	44
3.1.1 Nomenklatur	44
3.1.2 Probleme und offene Fragen	46
3.1.3 Auch steigende Temperaturen in der oberen Atmosphäre?	47
3.2 Beobachtungsreihen	48
3.2.1 17 Jahre Temperaturmessungen mittels Lidar	48
3.2.2 Die Höhe leuchtender Nachtwolken	51
3.3 Ergebnisse numerischer Atmosphären-Modelle	58
3.3.1 Ergebnisse des Atmosphärenmodells LIMA	58
3.3.2 Ergebnisse des Atmosphärenmodells SMLTM	61
3.4 Schlussfolgerungen	62
4. Der Höhenbereich 200 bis 500 km	64
4.1 Einführung	64
4.1.1 Schwierigkeiten für Untersuchungen des Mediums	65
4.1.2 Problemlösungen	66
4.1.3 Methode für Langzeit-Messungen von thermosphärischen Luftdichten	67
4.2 Beobachtungsreihen	68
4.3 Ergebnisse numerischer Atmosphären-Modelle	75
4.4 Schlussfolgerungen	77
5. Resümee	79
Anhang: Aspekte der numerischen Atmosphären-Modellierung	81
Danksagung	84
Quellenverzeichnis	85

ZUSAMMENFASSUNG

Die öffentliche Diskussion über die Ursachen und wahrscheinlichen Folgen von langfristigen Änderungen in unserer Umwelt konzentriert sich bisher weitgehend auf Aspekte, die unseren natürlichen Lebensraum betreffen. Dieser Lebensraum erstreckt sich innerhalb unserer Atmosphäre lediglich über deren unterste 4 bis 5 km. Allerdings wird auch diese Region durch zeitlich veränderliche Prozesse beeinflusst, die primär in viel größeren Höhen ablaufen – etwa zwischen 15 und 35 km Höhe. Gerade dort und darüber beobachtet man jedoch langfristige Veränderungen in unserer Atmosphäre, die prozentual sehr viel größer sind als die in ihren untersten Bereichen. Aus der Vielfalt und Vielzahl solcher Beobachtungen sollen hier einige mit exemplarischem Charakter aus dem Höhenbereich 50 bis 500 km vorgestellt werden.

In einer Einleitung führen wir in den Aufbau unserer Atmosphäre, ihr mittleres Temperaturprofil und die große Rolle ein, die Spurengase in der Atmosphäre spielen. Es folgen einige Bemerkungen zu den Schwierigkeiten (a) aus Luftschichten oberhalb 50 km Höhe zuverlässige Messwerte atmosphärischer Parameter zu gewinnen und (b) aus den Messwerten langfristige Änderungen dieser Parameter herauszufiltern, und zwar auch bei einer großen natürlichen Variabilität der Parameter. Danach präsentieren wir Beobachtungen aus drei Höhen-Bereichen: 50 bis 80 km, 80 bis 120 km und 200 bis 500 km. Es zeigt sich, dass einerseits im untersten und obersten dieser Bereiche langfristige Änderungen der Lufttemperatur bzw. -dichte beobachtet werden, die bis zu 15 mal stärker sind als die in Bodennähe beobachteten Änderungen. Andererseits ist in Höhen um 90 bis 100 km bisher keine langfristige Änderung der Lufttemperatur beobachtbar.

Bei der Suche nach den Ursachen der beobachteten Änderungen ist man stark auf die Ergebnisse großer und komplexer numerischer Modelle unserer Atmosphäre angewiesen, wobei sich diese Modelle aber selbst in einem Zustand laufender Weiterentwicklung befinden. Es wird dargestellt, dass derzeit die quantitative Übereinstimmung von Modell-Ergebnissen und Beobachtungen bei 200 km Höhe recht gut und bei 65 km gut ist, während sie bei 90 km nur als qualitativ befriedigend bezeichnet werden kann.

Es zeigt sich, dass die obere Atmosphäre für uns einen »Zoo« sehr verschiedener Zustände bereit hält, deren Studium und besseres Verständnis zweifellos auch zu einem vertieften Verständnis der Vorgänge in den bodennahen Schichten beiträgt.