

Was sind Atmosphärenmodelle?

Ihre Bedeutung zur Vorhersage von Atmosphären- und Klimaveränderungen/

Und wie ihre Genauigkeit durch Meßdaten verbessert werden/Von Martin Riese

Unsere Umwelt wird von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen bestimmt, die sich mit theoretischen Modellen beschreiben lassen. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden verstärkt Computermodelle der Erdatmosphäre zur Wettervorhersage und zur Feststellung möglicher Klimaänderungen benutzt. In der mittleren Atmosphäre (10 bis 100 km Höhe) ist die Berechnung der Konzentrationen von Spurengasen (CO₂, Ozon, FCKW, ...) von besonderem Interesse. Spurengase kommen zwar nur in äußerst geringen Mengen vor, sie beeinflussen jedoch den Wärmehaushalt und das Windsystem der mittleren Atmosphäre entscheidend.

Das in Wuppertal entwickelte Weltraumteleskop CRISTA hat globale Verteilungen von über 15 Spurengasen mit einer bisher unerreichten räumlichen Feinheit vermessen. Die Fülle dieser Meßdaten ist besonders geeignet, theoretische Modelle zu überprüfen, welche die Konzentrationen von Spurengasen vorhersagen.

Eine Überprüfung von Atmosphärenmodellen ist äußerst wichtig, da diese eine mathematische Beschreibung der grundlegenden atmosphärischen Prozesse (z. B. chemischer Reaktionen) beinhalten und somit den heutigen Wissensstand verkörpern. Unterschiede zwischen Messungen und Modellen weisen häufig auf ein unzureichendes Verständnis von Schlüsselproblemen hin. Die Entdeckung des Ozonlochs über dem Südpol kam beispielsweise völlig überraschend. Sie wurde von keinem Atmosphärenmodell vorhergesagt, da wichtige (heterogene) chemische Reaktionen in den Modellen nicht enthalten waren.

Neben diesem relativ bekannten Beispiel gibt es eine ganze Reihe anderer Grundlagenprobleme, beispielsweise eine hinreichend genaue Beschreibung atmosphärischer Luftströmungen. Solche Luftströmungen werden beispielsweise im Bild sichtbar, welches die Konzentration der Salpetersäure über der nördlichen Erdhalbkugel in 25 km Höhe zeigt. Die Konzentration ist in den Tropen gering (helle Flächen im Bild) und nimmt zum Nordpol hin zu (dunkle Flächen im Bild). Über den südlichen Vereinigten Staaten tritt ein Strömungssystem auf, in dem äquatoriale Luftmassen nach Norden transportiert werden. Solche Transporte sind auch für die uns schützende Ozonschicht von entscheidender Bedeutung, da Ozon in der mittleren Atmosphäre hauptsächlich in den Tropen produziert wird.

Moderne Computermodelle berechnen atmosphärische Spurengastransporte immer genauer, da gestiegene Rechnerleistungen eine größere räumliche Feinheit der Rechnungen erlauben. Die im Bild gezeigten Strömungen stimmen beispielsweise relativ gut mit entsprechenden Vorhersagen der weltweit besten Atmosphärenmodelle überein.



Dr. Martin Riese,
Wissenschaftlicher Assistent
in der Arbeitsgruppe von
Professor Dr. Dirk
Offermann im Fachbereich
Physik.

Für eine hinreichend genaue Beschreibung von Spurengastransporten reicht eine isolierte Betrachtung von Meßwerten oder Modellvorhersagen nicht aus.

CRISTA benötigt einen Tag, um die Konzentration eines Spurengases global zu vermessen. Für detaillierte Transportrechnungen benötigt man jedoch globale Spurengas- und Windverteilungen in einem sehr viel geringeren zeitlichen Abstand von wenigen Minuten. Ein Modell kann solche Verteilungen zwar liefern, die feinen Strukturen der Spurengasverteilungen werden aber zu ungenau wiedergegeben. Einen Ausweg aus dieser Problematik bietet ein relativ neues mathematisches Konzept - die Datenassimilierung. Dabei wird die

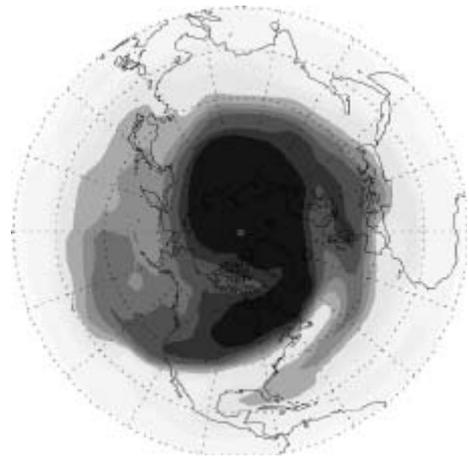
Genauigkeit des Modells anhand der Meßdaten verbessert, ohne daß das Modell etwas von seinen sonstigen Qualitäten einbüßt.

Die positiven Eigenschaften von Modell und Messung werden sozusagen miteinander verschmolzen. Damit ist es möglich, wichtige Spurengasflüsse genau zu berechnen und die gängigen Theorien zu überprüfen.

Die im Bild gezeigte Verteilung der Salpetersäure ist das Produkt einer solchen Datenassimilierung.

Das Konzept der Datenassimilierung gewinnt in der Atmosphärenphysik zunehmend an Bedeutung, da es durch die rasche Entwicklung leistungsstarker Computer begünstigt wird. Assimilierung ist mittlerweile in der Wissenschaft so populär, daß es sogar die Autoren der Science Fiction Serie StarTrek entdeckt haben. Hier werden gleich ganze Zivilisationen einfach assimiliert.

Die CRISTA Daten sind mittlerweile weltweit für viele Betreiber von Atmosphärenmodellen von Interesse. Genau wie in Star-Trek gilt: Sie werden assimiliert - Widerstand ist zwecklos!



Verteilung der Salpetersäure über der nördlichen Erdhalbkugel in 25 km Höhe (6. November 1994). Die Konzentration dieses Spurengases ist in den Tropen gering (helle Flächen) und nimmt zum Nordpol hin zu (dunkle Flächen). Die gezeigte Verteilung stammt aus einer Datenassimilierung, bei der Meßdaten von CRISTA mit einem Computermodell der Atmosphäre kombiniert wurden.