



Wolkenflieger

Thomas Koop

Wolken – ein "global player"

Für viele Menschen ist es immer wieder faszinierend ein Satellitenbild der Erde zu betrachten (links). Man erkennt die Weltmeere und die verschiedenen Kontinente mit Wäldern, Wüsten, Gebirgen und Eis. Allerdings ist dieses Bild digital stark verändert worden und entspricht nicht demjenigen, welches ein Astronaut aus dem All tatsächlich sieht. Der Blick aus einem Raumschiff sieht nämlich eher so aus wie rechts gezeigt: die Erdoberfläche ist ständig zu einem großen Teil mit Wolken bedeckt. Diese Wolkendecke hat natürlich Auswirkungen auf die Bedingungen am Erdboden. Jeder, der schon einmal während eines Gartenfestes davon betroffen war, weiß das.

Die menschliche, sehr lokale Empfindung des Einflusses von Wolken auf die Temperatur am Erdboden ist gleichermaßen auch auf globaler Skala vorhanden. So haben Wolken einen großen Einfluss auf den Strahlungshaushalt der Erde. Ganz wie auf lokaler Ebene eine Wolke für kühlenden Schatten sorgt, bewirkt die globale Wolkenbedeckung, dass etwa 20% des einfallenden Sonnenlichts direkt zurück ins Weltall reflektiert werden und daher nicht am Erdboden ankommen, um ihn zu erwärmen. Ohne diesen Kühlungseffekt der Wolken wäre es auf der Erde wesentlich wärmer als es momentan der Fall ist.

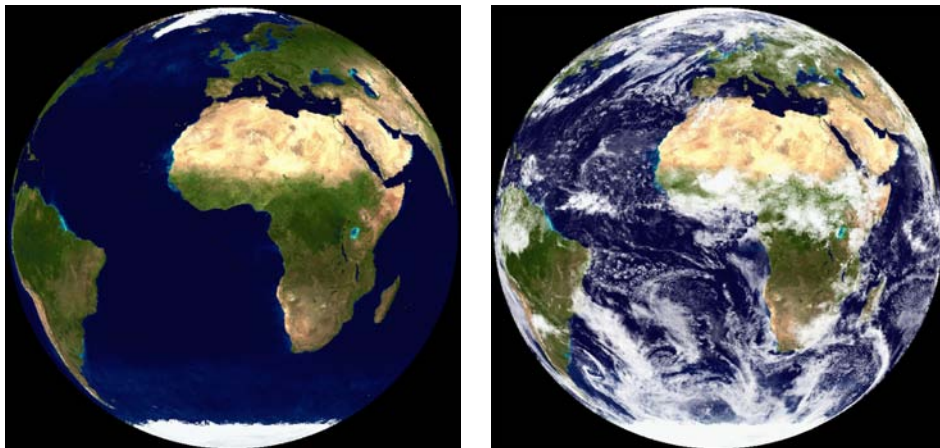


Abbildung 1: Links: ein nachträglich digital bearbeitetes Satellitenbild der Erde. Rechts: tatsächliches Satellitenbild der Erde. (Quelle: NASA mit Änderungen durch den Autor.)



Abbildung 2: Zirroswolke

Deshalb werden genaue Informationen über die Entstehung und die Eigenschaften von Wolken benötigt. Mit meiner Arbeitsgruppe beschäftige ich mit einer noch größtenteils unerforschten Gruppe von Wolken, nämlich denen, die aus kleinsten Eisteilchen bestehen. Ein bekanntes Beispiel für diesen Wolkentyp sind Zirroswolken, jene Wolken, die diesen leichten luftigen Eindruck vermitteln, so als ob sie mit nur wenig weißer Farbe in einem schnellen Pinselstrich an die Himmelsleinwand gemalt wurden.

Eine Landkarte des Wassers

Will man verstehen, wie sich Eiswolken bilden, muss man sich zunächst mit den Umwandlungen von Wasser zwischen seinen drei Zuständen – festem Eis, flüssigem Wasser und gasförmigem Dampf – beschäftigen.



Abbildung 3: Die verschiedenen Phasen des Wassers: festes Eis, flüssiges Wasser und gasförmiger Wasserdampf.

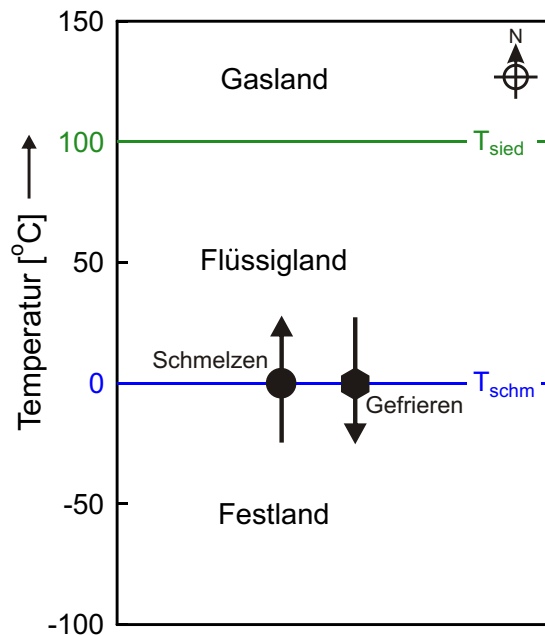


Abbildung 4: Die Landkarte des Wassers mit den entsprechenden Ländergrenzen.

Unter welchen Bedingungen die einzelnen Zustände existieren, wird mit Hilfe eines sogenannten Phasendiagramms bestimmt. Ein solches Phasendiagramm kann man als eine Art Landkarte verstehen, auf der die verschiedenen Zustände als Länder mit ihren jeweiligen Ländergrenzen eingetragen sind. Die "Nordausrichtung" geschieht dabei anhand der Temperatur. Die zwei Ländergrenzen sind dabei wohlbekannt: die Schmelztemperatur (0 °C) zwischen Flüssigland und Festland sowie die Siedetemperatur (100 °C) zwischen Flüssigland und Gasland.

Wenn nun ein Flüssigländer nach Festland reisen möchte, muss er sich an der Grenze in einen Festländer umwandeln, sprich gefrieren. Umgekehrt muss ein Festländer bei seiner Reise nach Flüssigland an der Grenze schmelzen. Soweit sagt es zumindest die für Phasendiagramme übliche Gesetzeslage. In der Praxis stellt sich aber heraus, dass sich insbesondere kleine Flüssigländer, etwa Wassertropfen in der Atmosphäre, nicht an das Gesetz halten, sondern sich tief ins Festland wagen ohne zu gefrieren. Eine genaue theoretische Vorhersage, bei welcher Temperatur diese kleinen Gesetzesbrecher dann doch gefrieren, war lange Zeit nicht möglich. Die

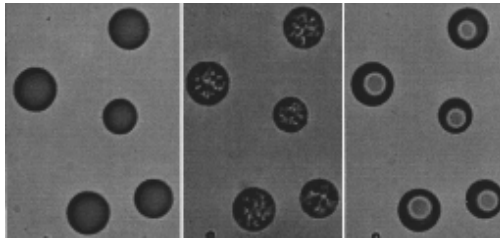


Abbildung 5: Flüssige, gefrorene und schmelzende Tröpfchen im Labor untersucht.

Frage ließ sich aber in ausgeklügelten Laborexperimenten mit kleinen Wassertröpfchen klären.

Mittlerweile wissen wir, dass bei ungefähr -38 °C selbst die mutigsten Flüssigländer nicht mehr länger flüssig bleiben, sondern zu kleinen Eisteilchen gefrieren. Aus solchen Experimenten können wir dann Rückschlüsse ziehen, unter welchen Bedingungen sich Eiswolken in der Atmosphäre bilden.

Der Wolkenflieger

Natürlich müssen wir auch überprüfen, ob sich echte Wolken in der Atmosphäre tatsächlich so verhalten wie unsere Tröpfchen im Labor. Dazu brauchen wir Vergleichsdaten, wie sie beispielsweise mit Hilfe von Ballonen und Flugzeugen gewonnen werden. Bei dem hier gezeigten Flugzeug, unserem Wolkenflieger, handelt es sich um eine DC-8 der NASA. Diese DC-8 ist aber kein handelsübliches Passagierflugzeug. Das zeigen schon die vielen kleinen Anschlüsse und Rohre, die aus dem Rumpf des Flugzeugs herausragen (rechts oben). Dabei handelt es sich nämlich um die Einlassöffnungen, durch die die verschiedenen Messinstrumente Luft und Wolkenteilchen einsaugen, um sie vermessen zu können. Diese Instrumente befinden sich im Innenraum des Flugzeugs (unten). Bei der Vielzahl der Instrumente fallen Unmengen von Daten an, die dann später ausgewertet und analysiert werden müssen.



Abbildung 6: Der Wolkenflieger: eine DC-8 der NASA. (Quelle: NASA; Foto rechts oben freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. M.J. Mahoney, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.)

Für den akustischen Wolkenflug haben wir uns auf die Daten einer Messkampagne konzentriert, der sogenannten *Subsonic Aircraft: Contrail and Cloud Effects Special Study*, die im Jahr 1996 in Nordamerika unter Organisation der NASA stattgefunden hat. Insbesondere haben wir uns einen Flug vom 2. Mai ausgewählt, bei dem der Wolkenflieger durch eine aus Eisteilchen bestehende Zirruswolke geflogen ist. Die zugehörigen Daten dieser Wolke sind hier gezeigt. Es handelt sich um die Daten verschiedenster Messinstrumente, die über einen von uns gewählten Zeitraum von 14 min im Abstand von jeweils einer Sekunde einen Datenpunkt geliefert haben, also insgesamt 840 Punkte für jedes Instrument.

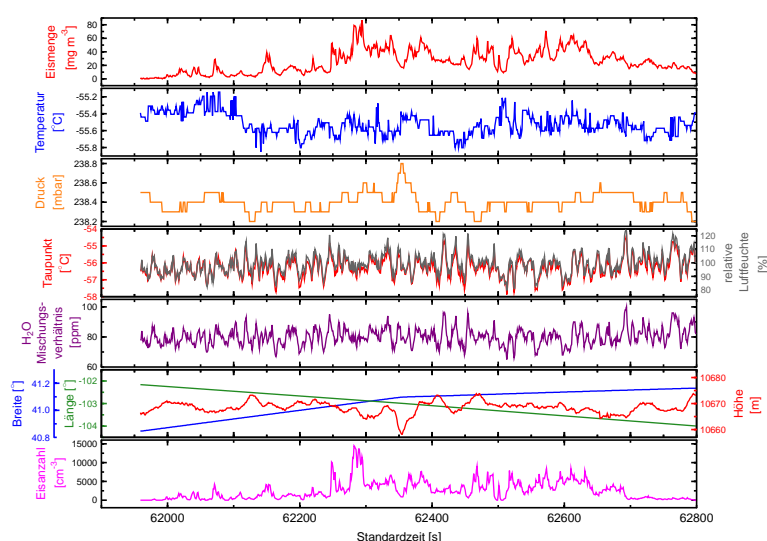


Abbildung 7: Originaldaten des Messflugs durch eine Zirruswolke. Datenquelle: NASA SUCCESS-CD.

Hörbare Wolken?

Ziel des Projekts war es, zu einer gänzlich anderen Darstellung derselben Daten zu gelangen, und zwar in Form eines Musikstücks. Dabei haben sich die verschiedenen MusikerInnen für ihre Instrumente jeweils eine oder mehrere der gezeigten Datenspurten ausgesucht, um diese dann hörbar zu machen und musikalisch zu einem gemeinsamen Stück zu gestalten.