

Warum ist die Vermessung von Wolken so schwierig?

Jost Heintzenberg

Vielleicht sollte man erst die Frage stellen: Warum will man so etwas Flüchtliges wie Wolken überhaupt vermessen oder warum sind Wolken denn so wichtig, dass man sie vermessen sollte? Zumindest aus zwei Gründen: Erstens bestimmen Wolken die Energiebilanz der Erde. Dabei haben sie sowohl einen Abkühlungseffekt durch ihre Reflektion von Sonnenstrahlung als auch einen Erwärmungseffekt, indem sie die Wärmeausstrahlung der Erde verringern. In der Summe beider Effekte führt dies heute global zu etwa fünf Grad Abkühlung am Boden. Zweitens gäbe es uns ohne Wolken nicht, weil ohne Wolken mit ihrem Niederschlag kein Leben wie wir es kennen auf dem Lande möglich wäre.

Wenn Wolken also so wichtig sind, warum sind sie so schwer zu vermessen? Der einfachste Grund liegt in ihrer Zugänglichkeit. Außer Nebel und Wolken an Bergen sind sie nicht zu Fuß zu erreichen. Die höchsten sichtbaren Wolken sind über 80 km hoch. Wegen dieser Schwerzugänglichkeit sind wir zu ihrer Vermessung meist auf die Nutzung von Plattformen wie Flugzeuge oder gar Raketen angewiesen, die nur kurze, nadelstichartige Messungen erlauben oder auf Fernerkundungsmethoden, die den Einfluss der Wolken auf elektromagnetische Felder nutzen. Dieses eher logistische Problem wird durch die Gefährlichkeit von Wolkenmessungen erschwert. Vereisung ist noch immer eine Hauptursache von Flugzeugabstürzen und die stark turbulenten Wolkenwinde haben schon viele Unglücke verursacht.

Der Hauptgrund liegt jedoch in ihrer Komplexität. Ihre Ausdehnung und die Skalen von wichtigen Wolkenprozessen reichen von Mikrometern bis zu Hunderten von Kilometern. Wolken sind höchst dynamische Mehrphasensysteme, in denen es gilt, den Einfluss von Gasen, flüssigem und eisförmigem Wasser und anderen Feststoffen, vielleicht sogar biologischem Material auf ihre Entwicklung zu verstehen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Mensch durch seine Emissionen von Gasen und Aerosolpartikeln und nicht zuletzt durch die von ihm verursachte globale Erwärmung diese komplizierten Wolkensysteme beeinflusst.

Beginnen wir die Vermessung mit einem Beispiel makroskopischer Wolkeneigenschaften. Der Wolkenbedeckungsgrad lässt sich schon schwer von einem Beobachter schätzen, weil in Horizontnähe der sogenannte Kulisseneffekt statt Wolkenlücken die Seiten von Wolkentürmen zeigt. Das gleiche Problem haben Satellitenbilder, die von oben aufgenommen werden.

Von weitem gesehen zeigen Wolken zwar eine unendliche Vielfalt von Formen und optischen Erscheinungen, wirken aber im Inneren harmlos und relativ gleichmäßig. Der Eindruck täuscht, wie jeder weiß, der durch eine Wolke geflogen ist und die heftigen Wolkenturbulenzen gespürt hat. Sie sind Ausdruck der großen Dynamik und der sie antreibenden Wolkenenergien, die leicht die Ausmaße einer kleinen Atombombe erreichen können. Diese turbulenten Bewegungen sind von entscheidender Bedeutung für das Verständnis der Wolkenentwicklung. Die Erfassung dieser Bewegungen über einen Skalenbereich von Zentimetern bis Kilometern stellt höchste messtechnische Herausforderungen dar. Die turbulenzbedingte innere Variabilität erschwert auch die Messung thermodynamischer Basisgrößen wie Temperatur und relativen Feuchte in Wolken. Letztere ist im Wolkeninneren, wie man annehmen könnte, nicht überall 100%, sondern es treten Gebiete unterschiedlicher Wasserdampfübersättigung und relative trockene Bereiche in Wolken auf. Das bringt uns zu dem, was wir selbst von weitem wahrnehmen: Wolkentropfen und Eiskristalle. Wolkentropfen und Eiskristalle überdecken einen Größenbereich von Mikrometer bis Millimeter. Trotz ihrer relativ einfachen hexagonalen Basisstruktur kommt bei Eiskristallen noch eine unendliche Vielfalt von Formen hinzu. Das Verständnis dieser Tropfen- und Eiskristallspektren ist nicht nur für den neugierigen Wolkenphysiker interessant, sondern auch für die Vorhersage von Regen und Schneefall wichtig.

Ob sich Wolkentropfen in feuchter Luft überhaupt bilden und wenn ja wie stark und wie lange, kann von den sogenannten Kondensationskernen abhängen, die jeder Wolkentropfen als Startpunkt braucht. In der Sommerarktis zum Beispiel kann die Luft so staubfrei sein, dass sich eine Wolke erst bildet, wenn der Mensch die notwendigen Kondensationskerne liefert. An anderer Stelle liefern Verbrennungsprozesse so viele Kondensationskerne, dass die Wolkentropfen kleiner bleiben und die Wolken weißer werden. Selbst gewisse Bakterien haben einen Einfluss auf die Wolkenbildung. Auch wasserlösliche Gase wie Salpetersäure können die Wolkenbildung erleichtern, wogegen hydrophobe Rußpartikel diese behindern können. Insgesamt sind Wolken für den Luftchemiker sehr wichtige Reaktionskammern, in deren flüssigem Wasser oder an deren Eisoberflächen chemische Reaktionen ablaufen, die für den Spurenstoffhaushalt der Atmosphäre von großer Bedeutung sind.

Die gezeigten Beispiele von Wolkeneigenschaften sollen illustrieren, welche Herausforderungen bei der Vermessung von Wolken existieren. Sie begründen, warum unser Verständnis der Wolken bis heute noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass wir selbst die „einfache“ Frage: „Müssen wir im Zuge des Klimawandels mit mehr oder weniger Wolken rechnen?“ noch nicht beantworten können.