

Strahlungssignale von unterkühlten Flüssigwasserwolken im Mikrowellenbereich

S. Redl, S. Crewell, U. Löhnert, and S. Kneifel

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Auch bei Temperaturen weit unter 0°C ist in der Atmosphäre noch flüssiges Wasser vorhanden. Ein spontanes Gefrieren findet erst bei Temperaturen um -40°C statt. Bei höheren Temperaturen sind Eiskerne nötig, um den Gefrierprozess in Gang zu setzen. Da sich in der Atmosphäre oft nicht genügend geeignete Eiskerne befinden, kommt unterkühltes Wasser häufig und auch in größeren Mengen vor.

In den mittleren Breiten finden sich oft ausgedehnte Bereiche mit Altocumulus-Feldern, die nur geringe Mengen an unterkühltem Flüssigwasser ($0\text{-}50\text{ g/m}^2$) beinhalten. Aber gerade in diesem Wertebereich sind Änderungen der solaren wie auch der terrestrischen Strahlung am sensitivsten gegenüber Änderungen des Flüssigwassergehaltes. Die genaue Erfassung dieser Wolken ist also für den Strahlungshaushalt des Systems Erde unerlässlich. Zudem stellen mittelhohe Wolken einen Schwachpunkt bei der Modellierung von Wolken in Wettervorhersage- und Klimamodellen dar.

Mit Hilfe verschiedener Fernerkundungs-Instrumente an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus unterhalb der Zugspitze werden unterkühlte Flüssigwasserwolken detektiert und vermessen. Mit einem Lidar-Ceilometer kann die Höhe der Wolkenuntergrenze bestimmt werden und zusätzlich auf die Phase der Wolke geschlossen werden. Eine einzigartige Kombination von Mikrowellenradiometerfrequenzen durch die Geräte HATPRO und DPR ermöglicht eine sehr genaue Bestimmung des integrierten Flüssigwassergehaltes (LWP). Mit den Messungen dieser Geräte und einem Temperaturprofil kann man Wolken aus unterkühltem Flüssigwasser identifizieren. Die Messkampagne 2008-2009 des TOSCA-Projektes am Schneefernerhaus lieferte die Möglichkeit zusätzliche wichtige Informationen aus anderen Instrumenten zu nutzen. Das Wolkenradar MIRA36 beispielsweise gibt weitere Anhaltspunkte zur Struktur und Obergrenze der Wolke.

Bei der Modellierung des Mikrowellensignals von unterkühltem Flüssigwasser bestehen noch erhebliche Unsicherheiten. Die kritische Komponente bei der Modellierung ist der Brechungsindex des unterkühlten Wassers. Dessen Messung im Labor ist schwierig, deshalb beruhen Brechungsindexmodelle bei negativen Temperaturen kaum auf Messwerten sondern werden aus dem Bereich oberhalb von 0°C extrapoliert. Strahlungstransportrechnungen mit mehreren Brechungsindexmodellen sollen zeigen wie groß die Abweichungen zwischen den verschiedenen Modellen sind und wie gut die einzelnen Modelle die Messwerte wiedergeben. Benutzt werden ein älteres Modell von Ray (1972), ein Modell von Liebe (1991/93), ein neueres Modell von Ellison (2006) sowie ein Modell von Stogryn (1995), das laut der neuesten Literatur gute Ergebnisse liefert. Die Fälle mit unterkühlten Flüssigwasserwolken, die durch die Analyse der Messungen am Schneefernerhaus identifiziert wurden, werden mit dem Strahlungstransportmodell RT3 unter Verwendung der verschiedenen Brechungsindexmodelle simuliert. Dabei soll untersucht werden wie groß die Unterschiede zwischen modellierten und gemessenen Strahlungstemperaturen sind und ob sich systematische Abweichungen erkennen lassen. Außerdem soll herausgefunden werden wie stark sich die mit den verschiedenen Brechungsindexmodellen modellierten Werte unterscheiden und welches der Brechungsindexmodelle die Messwerte am besten wiedergibt.