



Doctoral Thesis

Microphysical properties of the melting layer

Author(s):

Barthazy Meier, Eszter Judit

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001931630> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12687

Microphysical Properties of the Melting Layer

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (ETH)
ZÜRICH

for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCE

presented by
ESZTER JUDIT BARTHAZY MEIER
Dipl. Phys. University of Basle
born 29 August 1967
citizen of Würenlingen (AG) and Obersiggenthal (AG)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. A. Waldvogel, examiner
Prof. Dr. H. R. Pruppacher, co-examiner

1998

Abstract

Widespread precipitation, usually termed stratiform precipitation, accounts for the major part of the annual rainfall in the midlatitudes and for a large part of the precipitation in the Tropics. The physical relevant processes governing the formation of stratiform precipitation per se are well known, but to validate model calculations, observations in the field and/or the laboratory are necessary.

This thesis deals with in-situ measurements of hydrometeors in stratiform precipitation. Measurements were performed at different altitudes along the steep slope of a mountain. The two or three observing stations were chosen such that snowflakes above and/or within the melting layer could be sampled in conjunction with raindrops below the melting layer. The bottom station was equipped with a vertically pointing X-band Doppler radar and a disdrometer. At the top and if present at the middle station an optical instrument was placed to measure hydrometeors. At all stations meteorological instruments were present. The instrumentation used to measure snowflakes is capable to record particle number, size and shape. In addition, since the instruments had a fixed position on the ground, snowflake fall velocities could also be measured. The reflectivity profiles of the vertically pointing radar were used to determine the position of the optical instruments in relation to the melting layer.

The experiments were performed during the winter months of 94/95 – 96/97 with the idea to measure precipitation, uniform over a long time and range. The fixed setup of the instruments and the wish to measure vertical profiles of hydrometeor properties required a meteorological situation with a front passing the experimental site. A classification of the different precipitation events was performed to distinguish uniform stratiform precipitation from stratiform precipitation with embedded showers and convective precipitation. This was necessary to isolate the cases for which measurements at the different stations could be compared. Out of the large data set obtained during the several years, four cases could be selected to be included in this study. Two cases consist of a complete passage of the melting layer at a station and two cases consist of a partial passage.

Number fluxes of snowflakes and raindrops were calculated and used to tackle the question to what extent aggregation is active above and within the melting layer and whether breakup of melting snowflakes does occur within the melting layer. The results show that aggregation is active not only above the melting layer but also within. Qualitative estimation shows that

the efficiency of aggregation increases as the snowflakes enter the melting layer. This leads to very large snowflakes whereby the largest ones are found at temperatures between 1 and 2°C. This corresponds approx. to the height of the radar maximum. In the lower part of the melting layer, sizes decrease rapidly. This is a consequence of the collapsing ice frame within the melting flakes, but, as it can be shown, strong evidence is found that breakup of melting flakes contributes to the decrease of particle sizes. Furthermore, by comparing particle fluxes at the same time right above and below the melting layer it seems that one snowflake yields one raindrop, independent of what is happening within the melting layer.

Another open question concerning the melting layer are melt distances of snowflakes of different mass. Up to now, answers to this question could only be found either in the laboratory or by model calculations. No field experiments were available to validate these results. By comparing the measured fall velocity of melting snowflakes with the known fall velocity of raindrops, melt distances can be deduced for flakes with different masses. The fall distances obtained in these field experiments are in good agreement with recent model calculations and laboratory experiments.

Zusammenfassung

Landregen, oft auch stratiformer Regen genannt, ist verantwortlich für den Grossteil der Niederschläge in mittleren Breiten und für einen beträchtlichen Teil der Niederschläge in den Tropen. Die physikalisch relevanten Prozesse die die Entstehung von stratiformem Niederschlag beherrschen sind gut bekannt, aber um Modellrechnungen zu validieren sind Beobachtungen im Feld und/oder im Labor unerlässlich.

Diese Dissertation beschreibt Feldmessungen von Niederschlagsteilchen in stratiformem Niederschlag. Messungen wurden auf verschiedenen Höhen entlang der steilen Flanke eines Berges gemacht. Die Positionen der zwei oder drei Beobachtungsstationen wurden so gewählt, dass Schneeflocken oberhalb und/oder innerhalb der Schmelzzone gleichzeitig mit Regentropfen unterhalb der Schmelzzone gemessen werden konnten. Die Bodenstation war mit einem vertikal gerichteten X-band Doppler Radar und einem Disdrometer ausgerüstet. Die ein oder zwei oberen Stationen waren mit je einem optischen Gerät zur Messung von Niederschlagsteilchen ausgestattet. An allen Stationen waren zudem auch meteorologische Messgeräte vorhanden. Die Instrumente zur Messung von Schneeflocken waren in der Lage die Anzahl der Teilchen, die Teilchengrößen sowie -formen zu messen. Zusätzlich konnte dank der fixen Aufstellung am Boden auch die Fallgeschwindigkeiten von Schnee gemessen werden. Die Reflektivitätsprofile des vertikal gerichteten Radars wurden benutzt um die Position der optischen Messgeräte in relation zur Schmelzzone zu bestimmen.

Die Feldexperimente wurden während der Wintermonate der Jahre 94/95 – 96/97 durchgeführt. Das Ziel war, Niederschlag zu messen der über eine lange Zeitperiode und über eine weite Distanz gleichförmig war. Die fixe Aufstellung der Geräte und der Wunsch vertikale Profile der Eigenschaften der Niederschlagsteilchen zu messen verlangte nach einer meteorologischen Situation mit einer Front die die Messorte passierte. Eine Klassifikation der verschiedenen Niederschlagsereignisse wurde durchgeführt um die gleichförmig stratiformen Niederschläge von den stratiformen Fällern mit eingelagerten Schauerzellen und von den konvektiven Fällern trennen zu können. Dies war nötig um jene Fälle isolieren zu können für welche Messungen an den verschiedenen Stationen miteinander verglichen werden können. Aus der grossen Anzahl von Fällern konnten vier ausgewählt werden und wurden in diese Studie aufgenommen. Zwei der Fälle bestehen aus einem kompletten Durchgang der Schmelzzone an einer der oberen Messstationen und zwei der Fälle bestehen aus einem

partiellen Durchgang.

Aus den Daten der Teilchenmessgeräte wurden Anzahlflüsse von Schneeflocken und Regentropfen berechnet. Diese wurden benutzt um die Frage zu behandeln in welchem Mass Aggregation von Schneeflocken oberhalb und innerhalb der Schmelzzone aktiv ist und ob Schneeflocken während dem Schmelzen aufbrechen. Die Resultate zeigen, dass Aggregation nicht nur oberhalb der Schmelzzone beobachtet werden kann, sondern auch noch innerhalb der Schmelzzone aktiv ist. Qualitative Abschätzungen zeigen, dass die Effizienz der Aggregation erhöht wird, wenn Schneeflocken in die Schmelzzone hineinfallen. Dies führt zu sehr grossen Flocken, wobei die Grössten im Temperaturbereich von ca. 1 bis 2°C beobachtet werden. Dies entspricht in etwa der Höhe des Maximums der Radarreflektivität innerhalb der Schmelzzone. Im unteren Teil der Schmelzzone nimmt die Grösse der Niederschlagsteilchen rapide ab. Dies ist die Folge des kollabierenden Eisskelettes innerhalb der schmelzenden Flocken, aber, wie gezeigt werden kann, mit grosser Wahrscheinlichkeit auch eine Folge vom Aufbrechen der schmelzenden Flocken. Des weiteren kann der Anzahlfluss gleichzeitig knapp oberhalb der Schmelzzone mit dem Anzahlfluss unterhalb der Schmelzzone verglichen werden. Daraus kann gefolgert werden, dass eine Schneeflocke genau einen Regentropfen ergibt, unabhängig was innerhalb der Schmelzzone vor sich geht.

Eine weitere Frage im Zusammenhang mit der Schmelzzone betrifft die Schmelzdistanz von Schneeflocken verschiedener Masse. Bis jetzt konnte diese Frage lediglich mit Modellrechnungen und Laborexperimenten beantwortet werden und es waren keine Feldexperimente verfügbar diese Resultate zu überprüfen. Indem die gemessenen Fallgeschwindigkeiten von schmelzenden Flocken mit der bekannten Fallgeschwindigkeit von Regentropfen verglichen werden, kann die Schmelzdistanz für Flocken verschiedener Massen bestimmt werden. Die so bestimmten Schmelzdistanzen aus den Daten der Feldexperimente sind in guter Übereinstimmung mit neueren Modellrechnungen und Laborexperimenten.