

Ueber den N-o-Sprung von Tropfenspektren

Doctoral Thesis

Author(s):

Waldvogel, Albert

Publication date:

1972

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000090318>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. Nr. 4892

Über den N_0 - Sprung von Tropfenspektren

Abhandlung
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Naturwissenschaften
der

Eidgenössischen Technischen Hochschule
Zürich

vorgelegt von

Albert Waldvogel
Dipl. Phys. ETH
geboren am 13. Juni 1941
von Zürich

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Hans Uli Dütsch, Referent
Prof. Walter Kuhn, Korreferent

1972
Zürich
SATEGRA

Zusammenfassung

Die Grössenverteilung von Regentropfen wird mit einem Tropfenspektrographen gemessen. Das Instrument erfasst diejenigen Tropfen, welche grösser als 0.3 mm sind. Die Spektren werden nach zwei Methoden ausgewertet: einerseits werden gewisse Parameter der Grössenverteilungen direkt berechnet und in real time aufgezeichnet und andererseits werden die Daten gespeichert und können damit zu einem späteren Zeitpunkt statistisch untersucht werden. Die erste Methode erlaubt es, Änderungen der Tropfenspektren im Verlauf eines Niederschlags sofort zu bemerken. Ausser der Grössenverteilung von Regentropfen wird auch noch das Radarreflektivitätsprofil in Niederschlägen mit einem 4.67 cm Radargerät, das senkrecht nach oben strahlt, gemessen. Das Reflektivitätsprofil wird ebenfalls in real time mit einem Kartenschreiber aufgezeichnet.

Zur Interpretation der Ergebnisse erweist sich eine Parametrisierung der Tropfenspektren als zweckmässig. Aus jeder Grössenverteilung - die Messdauer beträgt pro Spektrum eine halbe Minute - werden der Wassergehalt W und der Radarreflektivitätsfaktor Z in real time berechnet. Anschliessend werden die beiden Grössen (W , Z) in die Parameter (N_0 , Λ) eines ideal exponentiellen Spektrums transformiert und analog aufgezeichnet, dadurch gewinnt man sofort eine erste Näherung für die gemessene Grössenverteilung.

Die statistische Auswertung der Grössenverteilungen ergibt signifikante Unterschiede in den Tropfenspektren zwischen Lokalgewittern einerseits und Stau- bzw. Kaltfrontgewittern andererseits. Die wolkenphysikalischen Ursachen für diese Unterschiede werden im Kapitel 5 besprochen. Das Messmaterial für die statistischen Untersuchungen ist recht umfangreich, die erfasste Niederschlagsdauer war 230 Stunden und die Regenmenge belief sich auf etwa 800 mm.

Im Kapitel 6 werden drei Gewitter untersucht, es handelt sich um ein Lokal- ein Stau- und ein Kaltfrontgewitter. Die drei Regentypen zeigen charakteristische Unterschiede, beispielsweise in der Zellenstruktur, die sowohl im Tropfenspektrum als auch im Reflektivitätsprofil in Erscheinung treten. Im gleichen Kapitel wird auch ein gleichmässiger Stauniederschlag anhand der Tropfenspektren, des Radarreflektivitätsprofils und der synoptischen Daten analysiert. Der Regen zeichnet sich durch sprunghafte Änderungen der Tropfenspektren und des Reflektivitätsprofils aus. Diese Variationen können durch einen Luftmassenwechsel (Kaltfront) erklärt werden.

Im Kapitel 7 sind drei weitere Beispiele von Niederschlägen, welche sich ebenfalls durch eine plötzliche Änderung der Tropfenspektren auszeichnen, aufgeführt. Diese plötzlichen Variationen der Grössenverteilungen (N_0 - Sprung) können dank der gewählten Parametrisierung einfach erkannt werden. Es zeigt sich, dass der N_0 - Sprung meist in Stausituationen auftritt, welche mit einem Luftmassenwechsel verbunden sind. Die Eigenschaften des N_0 - Sprunges sowie die wolkenphysikalischen Konsequenzen werden diskutiert.

Summary

To measure the size distributions of raindrops a distrometer is used responding to drops larger than 0.3 mm in diameter. Every drop is recorded on tape for later evaluation. In addition certain parameters of the distributions are calculated and registered on a paper chart in real time. The radar reflectivity profile is also measured and plotted in real time with a 4.67 cm radar pointing vertically.

A parameterization is most useful to interpret the results. For this purpose, the liquid water content W and the radar reflectivity factor Z are calculated for every distribution, measured during a 30 sec interval. The two quantities (W, Z) are then transformed into the parameters (N_0, Λ) of an exponential distribution to characterize the drop spectrum immediately.

The data used in the statistical evaluation represent 230 hours of recording time with a total of 800 mm of precipitation. Significant differences in the drop size spectra are found between local storms and wide spread rain situations. Local thunderstorms contain too many large drops whereas wide spread rains contain too many small drops compared with the Marshall-Palmer distribution.

Three thunderstorms are examined: a local thunderstorm, one associated with a cold front and one associated with a "stau" (the latter is a cyclonic orographic rain). Characteristic differences in the cellular structure are found between the three types. These differences can be observed in the spectra as well as in the radar reflectivity profiles.

A detailed analysis of wide spread rain situations ("stau") shows in several cases remarkable discontinuities with time in the drop size distributions as well as in the radar reflectivity profiles though the rain fall rate is often nearly constant during these situations. Due to the parameterization these sudden variations of the spectra can be recognized easily as N_0 -jumps. The characteristics of the N_0 -jumps and the related cloud-physics are discussed.