

## **Numerische Untersuchung zum stoßinduzierten Tropfenzerfallsprozess: Methode, Anhängigkeiten, Parameterisierung, stationäre Regentropfenverteilung**

K. D. Beheng (1), J. Schlottke (2), W. Straub (3), A. Seifert (4), H. Gomaa (2), and B. Weigand (2)

(1) Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), klaus.beheng@kit.edu , (2)  
Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt, Universität Stuttgart, (3) Landesamt für Natur, Umwelt und  
Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, (4) Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Regentropfenverteilungen, die am Erdboden gemessen werden, enthalten meist nur Tropfen, deren Durchmesser kleiner als 8 mm sind. In diesem Zusammenhang wird vermutet, dass stoßinduzierter Tropfenzerfall der begrenzende Prozess ist, weil der hydrodynamische Tropfenzerfall (von Einzeltropfen) erst bei sehr großen Tropfen auftritt. Ähnliche Phänomene werden auch bei Tropfen in Mehrphasenströmungen und bei der Sprayentwicklung beobachtet.

Der stoßinduzierte Tropfenzerfall ist von Low und List (JAS, 1982a, LL82a) durch Labormessungen untersucht worden, wobei zehn Tropfenpaare verwendet wurden. Anhand ihrer Resultat formulierten Low und List (JAS, 1982b, LL82b) Parametrisierungen für die Koaleszenzwirksamkeit und die Tropfenfragmentverteilungen. Diese Parametrisierungen werden bis jetzt in wolkenmikrophysikalischen Untersuchungen in Form der Lösung der spektral-kinetischen Gleichung benutzt.

Seit einiger Zeit existieren hochentwickelte numerische Programme, die fluiddynamische Vorgänge mit Berücksichtigung freier Grenzflächen genau zu simulieren gestatten. Ein solches Programmpaket ist der DNS Code FS3D des Instituts für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt der Universität Stuttgart. Mit diesem CFD Programm wurden Kollisionen von 32 Tropfenpaaren, darunter auch die 10 von LL82a, numerisch berechnet. Als zusätzlicher Parameter, der von LL82a nicht berücksichtigt werden konnte, wurde die Exzentrizität zwischen 0.05 (fast zentraler Stoß) und 0.95 (fast streifender Stoß) variiert. Massenerhaltung war in allen Fällen gegeben.

Die Ergebnisse der Simulationen (Schlottke et al., JAS, 2010; Straub et al., JAS, 2010) zeigten eine Vielfalt von Erscheinungsformen, die in Anlehnung an LL82a als Filament-, Blatt- und Scheibenzersetzungsfall klassifiziert wurden. Der Versuch, die Zerfallsarten mit bestimmten physikalischen Größen wie kinetischer Kollisionsenergie und Weber Zahl in Verbindung zu bringen, scheiterte. Im Fall der exzentrizitätsgemittelten Koaleszenzwirksamkeit gelang dies jedoch und es ergab sich eine monotone Abhängigkeit, wobei die Resultate von LL82a im Großen und Ganzen recht gut wieder gegeben wurden. Die Fragmentverteilungen zeigten ein uneinheitliches Bild: In einigen Fällen war der Unterschied zu den LL82a-Ergebnissen klein, bei manchen aber erheblich.

Demgegenüber ließen sich die Tropfenfragmentverteilungen durch die gleichen Verteilungsfunktionen wie von LL82b approximieren. Jedoch wurde keine Unterteilung in die verschiedenen Zerfallsformen vorgenommen, so dass sich die neu abgeleiteten Parameter von denen von LL82b stark unterscheiden.

Die neuen Parametrisierungen der Koaleszenzwirksamkeit und der Tropfenfragmentverteilungen wurden genutzt, um eine stationäre Tropfenverteilung (= Gleichgewicht zwischen Koagulation und Tropfenzerfall) zu berechnen. Hierbei zeigte sich, dass eines der beiden relativen Maxima, das bei der Anwendung der LL82b-Parametrisierungen zum Vorschein kommt, nach den neueren Rechnungen nicht mehr erscheint. Auch findet man, dass mehr relativ große Regentropfen auftreten als nach der LL82b-Parametrisierung. Interessanterweise findet auch Mc Farquahr (JAS, 2004) nach einer Neuauswertung und Extrapolation der LL82a-Laborresultate zu kleineren Regentropfen hin eine der neuen Verteilung sehr ähnliche.