

**Diss. Nr. 4221**

**Windkanalversuche  
und theoretische Betrachtungen  
zum lokalen Wärme- und Stoffübergang  
an Hagelkornmodellen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt von

**ARMIN NIKLAUS AUFDERMAUR**

dipl. Naturwissenschaftler ETH

geboren am 11. Juni 1937

von Luzern und Unteriberg (Kt. Schwyz)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H. U. Dütsch, Referent

Dr. M. de Quervain, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich

1968

## ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend vom Problem des Wärmeaustausches beim Wachstum eines Hagelkornes wurde versucht, durch experimentelle Untersuchungen im Windkanal und Anwendung der Theorie die Unterlagen für quantitative Berechnungen des lokalen konvektiven Wärmeaustausches zu beschaffen. Die Experimente wurden an einer glatten, einer rauhen Kugel und an einem buckligen Hagelkornmodell bei Reynoldszahlen zwischen 4100 und 66000 und bei einer Strömungsturbulenz zwischen 0.2 und 5 % durchgeführt. Die Theorie gilt allgemein für laminare zweidimensionale oder rotationssymmetrische Grenzschichten. Hauptsächlich wurde der Fall isothermer Oberflächentemperatur untersucht, es finden sich aber auch die Theorie und Anwendungen für nicht isotherme Temperaturverteilung. Ferner wurde auch die Uebertragbarkeit der experimentellen Resultate auf das Problem des konvektiven Austausches von Wasserdampf nachgewiesen.

Bei einer Absolutgenauigkeit von  $\pm 14$  % war der gemessene Wärmeübergang in der laminaren Grenzschicht systematisch um 10 - 15 % grösser als nach der Theorie zu erwarten wäre. Dieser Unterschied wurde der Windkanalturbulenz zugeschrieben, da durch weitere Vergrösserung der Turbulenz der Wärmeübergang nochmals um 30 bis 40 % gesteigert werden konnte. Auch Rauigkeiten konnten den Wärmeübergang vergrössern, höchstens aber um 100 %.

Der Wärmeübergang an verschiedenen Orten der isothermen Oberfläche kann Unterschiede von nahezu einer Grössenordnung aufweisen. Die Untersuchung der lokalen Gegebenheiten ist deshalb ein grosser Vorzug der vorliegenden Arbeit, ganz abgesehen davon, dass erst dadurch ein tieferes Verständnis der Austauschvorgänge ermöglicht wird.

## NACHWORT

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsprogramms der Eidg. Kommission zum Studium der Hagelbildung und der Hagelabwehr ausgeführt. Es standen Apparaturen zur Verfügung, die vom schweizerischen Nationalfonds finanziert worden waren. Auch die Schweizerische Hagelversicherungs-Gesellschaft gewährte diesen Studien finanzielle Unterstützung.

Meinem Referenten Prof. Dr. H. U. Dütsch und Dr. M. de Quervain, Direktor des Eidg. Institutes SLF, danke ich für ihre grosszügige Unterstützung, ihre Ratschläge und ihre Arbeit. Auch Herrn Prof. Dr. H. Thomann sei für die Durchsicht des Manuskriptes gedankt. Verschiedenen Institutsangehörigen bin ich zu Dank verpflichtet, insbesondere den Herren O. Buser für die Messung der Tröpfchenspektren und die Berechnung der Einfangsquerschnitte, R. Lüthi für die prompte Anfertigung der Messapparaturen, J. von Niederhäusern für die Zeichnungen und Fr. Th. Agnoli für die Schreibarbeiten. Der grösste Dank gehört jedoch meinem Kollegen Dr. J. Joss vom Osservatorio Ticinese, Locarno-Monti. Von ihm wurden die Messkugeln mit den Regulierungen gebaut, und er war mir stets ein kritischer Berater.