

Berichte aus der Luft- und Raumfahrttechnik

Antonio Criscione

Influence of Ice Formation on Drop Dynamics

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3104-1

ISSN 0945-2214

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Das Thema der Vereisung (engl. Icing) ist ein aktuelles Forschungsfeld, an dem ein direktes, öffentliches (gesellschaftliches und politisches) Interesse besteht. Dies liegt daran, dass Vereisung unmittelbar mit hohen Risiken und Kosten verknüpft ist. In der Vergangenheit gab es z.B. zahlreiche Flugzeugunfälle, die auf Vereisung von Tragflächen oder mechanischen Komponenten des Flugzeuges zurückzuführen sind. Die Eisanlagerung entsteht hauptsächlich beim Durchfliegen von niedrig liegenden Wolken mit unterkühlten Wassertropfen. Die Wassertropfen prallen auf die Flugzeugoberfläche auf und vereisen. Die gebildete Eisschicht kann die Flugzeugeigenschaften derart beeinträchtigen, dass es sogar, von erhöhten Transportkosten abgesehen, zu dramatischen Unfällen führen kann. Ziel dieser Arbeit ist ein tiefergehendes Verständnis für die hydro- und thermodynamischen Prozesse der vereisenden, unterkühlten Wassertropfen zu erlangen. Das Verhalten von aufprallenden (Impact) und fließenden (Drop Shedding) Wassertropfen ohne Phasenwechsel wird experimentell und mithilfe von CFD-Simulationen untersucht. Für die Shedding-Experimente hat man den Windkanal an der Lassonde School of Engineering in Toronto verwendet. Der in zwei Stufen ablaufende Gefrierprozess von unterkühlten Wassertropfen mit Wandinteraktion wird modelliert und anhand numerischer Ergebnisse validiert. In der ersten Stufe der Vereisung wird die anfänglich ebene Erstarrungsfront, bedingt durch heterogene Nukleation, aufgrund eines hohen Unterkühlungsgrades morphologisch destabilisiert. Kleine Unebenheiten entstehen an der Wasser-Eis-Grenzfläche. Diese Instabilitäten wachsen an der Grenzfläche zu kristallartigen Strukturen. Dabei gefriert nur ein kleiner Teil des Tropfens nach der ersten Vereisungsstufe, unmittelbar bis die thermische Energie der anfänglichen Unterkühlung im Tropfen ausgeschöpft ist. Die Kristallisationsfront kann als eine Ansammlung von wachsenden, nadelähnlichen Dendriten modelliert werden. In der zweiten Stufe kühlt das kalte Substrat das verbliebene, flüssige Wasser im Tropfen. Das flüssige Wasser vereist stabil und eine zweite, planare Kristallisationsfront wächst von unten nach oben. Die zweite Stufe kann als eine stabile Erstarrungsfront modelliert werden.