

3D-ICESIM

3D aircraft icing code development based on high resolution icing wind tunnel tests

Programm / Ausschreibung	TAKE OFF, TAKE OFF, TAKEOFF Ausschreibung 2021	Status	laufend
Projektstart	01.01.2023	Projektende	31.12.2025
Zeitraum	2023 - 2025	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	3D ice simulation, ice roughness, 3D/4D scanning, heat transfer, impingement		

Projektbeschreibung

Flugzeugvereisung tritt auf, wenn Flugzeuge durch Wolken fliegen, die sogenannte unterkühlte Tröpfchen enthalten. Darunter versteht man flüssige Tröpfchen, deren Temperatur unter dem Gefrierpunkt liegt. Wenn diese unterkühlten Tröpfchen auf die Flugzeugoberfläche auftreffen, gefrieren sie in der Regel sofort, was zu Eisanlagerungen führt. Bedauerlicherweise kam es auch in den letzten Jahren zu mehreren Zwischenfällen und Unfällen aufgrund von Eisanlagerungen. Die Luft- und Raumfahrtindustrie muss nachhaltige, kosteneffiziente und letztlich sichere Eisschutzsysteme entwickeln und deren Funktionalität in strengen Zertifizierungsverfahren nachweisen. Nach dem derzeitigen Stand der Technik werden zur Bestimmung und Charakterisierung der Eisbildung auf Flugzeugstrukturen hauptsächlich experimentelle Tests (in Vereisungswindkanälen oder unter natürlichen bzw. künstlichen Vereisungsbedingungen während der Flugerprobung) durchgeführt und hauptsächlich 2D-Simulationswerkzeuge verwendet. Die experimentellen Methoden sind zeit- und kostenaufwendig und führen aufgrund ihrer Unsicherheiten zu stark konservativen Systemauslegungen.

Das Projekt 3D-ICESIM zielt darauf ab einen gut validierten 3D-Vereisungscode als Lösung zu entwickeln. Ein gut validierter 3D-Vereisungscode wäre für den Entwicklungsprozess neuer Eisschutzsysteme und innovativer Flugzeuge von großem Nutzen. Damit kann der Testaufwand in Vereisungswindkanälen und im Flug deutlich reduziert werden, sowie der Entwicklungsprozess verbessert und beschleunigt werden. Neben der resultierenden Zeit- und Kostenersparnis, entsteht auch ein positiver Effekt für das Klima und die Umwelt. Durch Optimierung des Testaufwands und effizienteren Eisschutzsystemen werden Energieverbrauch und Emissionen wesentlich reduziert. Die Voraussetzung hierfür ist eine enge und langfristige Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung von 3D-Eiscodes zur Simulation des Eisansatzes, um die Wettbewerbsfähigkeit im Hinblick auf Industrie- und Forschungsanwendungen in einem internationalen Umfeld zu erhalten, und noch weiter zu stärken. Die bestehenden Vereisungscodes, die von der FH JOANNEUM, AeroTex und der Universität Seoul entwickelt wurden, werden zusammengeführt und gemeinsam weiterentwickelt. Methoden zur Dokumentation werden neu- und weiterentwickelt, um den Output von experimentellen Vereisungsversuchen deutlich zu erhöhen. Dazu gehören Wasseraufprallmessungen, die Bestimmung der lokalen Eisdichte sowie die Messung des lokalen Wärmeübergangskoeffizienten.

Hochwertige 3D-Validierungsdaten werden während einer Vereisungswindkanal-Testkampagne im Klimawindkanal von RTA

generiert. Die Versuche werden sowohl mit den neu entwickelten Methoden als auch mit modernen existierenden Dokumentationsmethoden wie 3D- und 4D-Scanning erfasst. Die Validierungsdaten werden entsprechend ausgewertet und in die weltweit größte durchsuchbare Online-Validierungsdatenbank für experimentelle Vereisungstests integriert.

Folgende drei übergeordnete Ziele werden definiert:

- 1) Zusammenführung der bestehenden Simulationswerkzeuge (FHJ, ATX und SNU) und Bündelung der Entwicklungskapazitäten, um fortschrittliche 3D Eisanlagerungstools zu entwickeln.
- 2) Entwicklung neuer und verbesserter experimenteller Dokumentationsmethoden, um die Generierung hochwertiger Validierungsdaten zu ermöglichen.
- 3) Erzeugung und Auswertung von hochwertigen 3D-Validierungsdaten.

Abstract

Aircraft icing usually occurs when aircraft fly through clouds which contain so called supercooled droplets. This term stands for liquid droplets with temperatures below their freezing point. If such supercooled droplets hit aircraft surfaces, they can freeze, which results in ice accretion. Regrettably, even within the recent past years, several incidents and accidents occurred because of ice accretion. The aerospace industry must develop sustainable, cost efficient and safe ice protection systems, and prove their functionality during strict certification procedures. State of the art methods to determine and characterize ice formations on aircraft structures include performing experimental tests (inside icing wind tunnels or in natural or artificial icing conditions during flight tests) and 2D simulation tools. The experimental methods are time and cost consuming and because of their uncertainties result in strongly conservative system designs.

The 3D-ICESIM project aims to develop a well validated 3D icing code as solution. A well validated 3D icing code would be of great benefit to the development process of new ice protection systems and innovative aircraft. It can reduce the required test effort in icing wind tunnels and flight tests substantially, as well as improve and speed up the development process. In addition to the resulting time and cost savings, there is also a positive effect for the climate and the environment. Optimizations in testing and more efficient ice protection systems reduce energy consumption and emissions considerably.

The requirement therefore is a strong long-term cooperation in the field of 3D ice code development. The 3D-ICESIM project enables this and makes it possible to maintain and strengthen competitiveness, targeting industry and research applications in an international environment. The existing icing codes developed by FH JOANNEUM, AeroTex and Seoul National University are merged and jointly improved. Experimental documentation methods are developed to increase the output of icing tests significantly. This includes water impingement measurements, the determination of local ice density as well as the measurement of the local heat transfer coefficient.

High-quality 3D validation data is generated during an icing wind tunnel test campaign at RTA. The tests are captured with the newly developed methods as well as with state-of-the-art documentation methods like 3D and 4D scanning. The validation data is evaluated appropriately and integrated into the world's largest online and searchable validation database for experimental icing tests.

The following three top-level goals are defined:

1) Merging the existing simulation tools (FHJ, ATX and SNU) and group the code development capacities to generate advanced 3D ice accretion tools.

2) Development of new and enhanced experimental documentation methods to enable the generation of high-quality validation data.

3) Generation and evaluation of high-quality 3D validation data.

Endberichtkurzfassung

The 3D-ICESIM project has led to significant progress in the numerical simulation capability for 3D ice accretions, with publications having been released which demonstrate the substantial improvements which have been made. The major areas of advancement have been in improved heat transfer modelling and in the efficiency and robustness improvement of a Lagrangian impingement solver (up to 98% reduction in computation time needed). Analysis can now be performed on components which were previously not able to be simulated.

A major part of the 3D-ICESIM project was the design, manufacture and test of a specific wind tunnel model in order to generate validation data for the numerical simulation tools. This is the first known time that such a model, incorporating a wide variety of 3D features, has been tested specifically to generate numerical simulation tool validation data. Previous work has focussed on specific features but the 3D-ICESIM model was designed to be more generic, generating data for components of different sizes and including highly 3D effects which lead to shadow and enhancement impingement regions. The international community, through the AIAA Ice Prediction Workshop group, has shown great interest in the data-set, and it is likely that some of the data will be used in international forums for code comparison exercises. The data generated has been included in the AIIS ice shape database which is a world-leading source of high quality data for code developers and experimental engineers to access.

A quantifiable method for comparison of numerical and experimental ice shapes has also been developed. While comparison has been performed for many years, it has not previously been possible to define the level of similarity with a single number. A method incorporating all the important descriptors of an ice shape has been developed (e.g. ice thickness distribution, maximum thickness, horn location and height, ice extent). The method is currently being reviewed by experts world-wide and may be included in future advisory material.

Projektkoordinator

- FH JOANNEUM Gesellschaft mbH

Projektpartner

- AeroTex GmbH
- Seoul National University - SNU R&DB Foundation
- RTA Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH
- Österreichisches Institut für Vereisungswissenschaften in der Luftfahrt (AIIS)