

# Das Vereisungswarnsystem ADWICE

## Modellbeschreibung und zukünftige Modellentwicklung

Katharina Roloff<sup>1</sup>, Frank Kalinka<sup>2</sup> und Thomas Hauf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leibniz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Hannover, Deutschland

<sup>2</sup> Deutscher Wetterdienst, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung, Offenbach, Deutschland



### Motivation: Flugzeugvereisung

Als Flugzeugvereisung bezeichnet man die Bildung eines Eisansatzes an der Flugzeugoberfläche und verschiedenen Bauteilen, nachdem diese mit unterkühltem Flüssigwasser in Berührung gekommen sind. Dieses seltene, jedoch sehr gefährliche Phänomen hat einen direkten Einfluss auf die **aerodynamischen Eigenschaften** eines Flugzeugs.

- Beeinflussung der Tragflächenumströmung bis hin zum Strömungsabriss
- Reduzierung der Fluggeschwindigkeit und des Auftriebs
- Beeinträchtigung der Manövrierfähigkeit durch Blockierungen von beweglichen Bauteilen

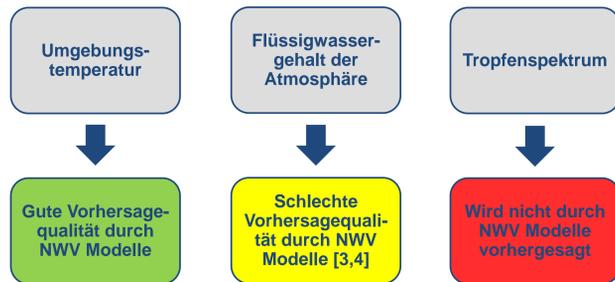


Abb. 1: DLR Dornier-228 Forschungsflugzeug nach dem Durchflug von Vereisungsbedingungen.

**Unterkühltes Flüssigwasser** liegt in der Atmosphäre in Form von Wolkentröpfchen sowie Niesel- und Niederschlagstropfen mit einer Temperatur unter 0°C vor. Diese Tropfen befinden sich in einem metastabilen Zustand und gefrieren nach der Kollision mit der Flugzeugoberfläche. Besonders gefährlich sind dabei Tropfen mit einer Größe über 50µm (engl. **supercooled large droplets, SLD**), da diese nicht sofort vollständig gefrieren, sondern durch Zerfließen auf große Teile der Flugzeugoberfläche einwirken.

### Vorhersage von Flugzeugvereisung

Die zu erwartende **Vereisungsintensität** entspricht der Akkumulationsrate des Eises auf der Flugzeugoberfläche und ist abhängig von den folgenden meteorologischen Parametern:



Flugzeugvereisung kann aufgrund von operationell nicht vorhersagbaren meteorologischen Parameter bis heute nicht adäquat von numerischen Wettervorhersagemodellen prognostiziert werden. In den 90er Jahren wurden daher so genannte **Expertensysteme** entwickelt, die auf Basis empirischer Kriterien aus Modell- und Beobachtungsdaten ein Vereisungsrisiko ableiten.

Das deutsche Vereisungswarnsystem ADWICE (*Advanced Diagnosis and Warning System of Aircraft Icing Environments*) wurde 1998 in Zusammenarbeit vom Deutschen Wetterdienst (DWD), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Institut für Meteorologie und Klimatologie Hannover entwickelt [5].



Abb. 2: Modellgebiet von ADWICE (© DWD).

### Aufbau des Algorithmus

#### Allgemeine Beschreibung

ADWICE besteht heute aus einem Prognose- (PIA) und einem Diagnosealgorithmus (DIA). Als Eingangsdaten werden Felder des NWV-Modells COSMO-EU und Beobachtungsdaten verwendet.

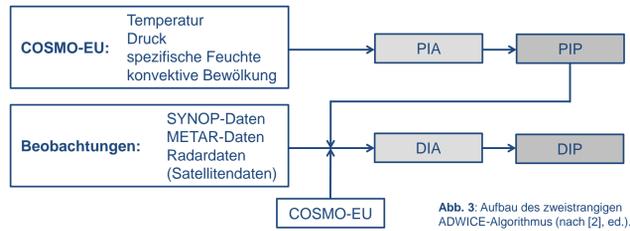


Abb. 3: Aufbau des zwei-strängigen ADWICE-Algorithmus (nach [2], ed.).

#### Vorhersagen mit dem Prognostic Icing Algorithm (PIA)

Aus den Vertikalprofilen der Gitterpunktsäulen werden über empirische Kriterien vier Vereisungsszenarien identifiziert:

- Szenario „Freezing Rain“**: Über Eisphase entstandener Niederschlag fällt in eine Schmelzschicht, wird dort verflüssigt und fällt im Anschluss weiter in eine Luftschicht mit  $T \leq 0^\circ\text{C}$  (SLD-Gefahr!).
- Szenario „Stratiform“**: Über Koaleszenzprozesse von Wolkentröpfchen bei  $-12^\circ\text{C} \leq T \leq 0^\circ\text{C}$  entstehen in flacher Stratusbewölkung unterkühlte Nieselstropfen (SLD-Gefahr!).
- Szenario „Convective“**: Vereisungsrisiko in konvektiven Systemen durch SLD und kleine unterkühlte Tropfen bis in Höhen mit  $-40^\circ\text{C} \leq T \leq 0^\circ\text{C}$ .
- Szenario „General“**: Alle Gebiete mit Vereisungsrisiko (Temperatur-relative Feuchte-Kriterium), die nicht durch die anderen drei Szenarien abgedeckt sind und Multi-Layer-Vereisung.

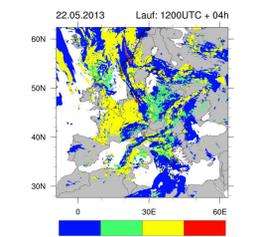


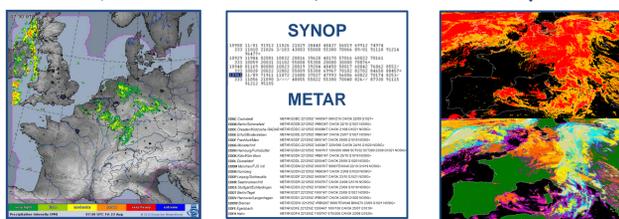
Abb. 4: Kompositdarstellung des PIP-Vereisungsszenarios für den 22.05.2013 um 16:00UTC.

PIA wird zwei Mal täglich gegen 03 und 15UTC gestartet. Für jede der folgenden 24h wird ein *Prognostic Icing Product* erstellt. Dieses enthält die dreidimensionale Verteilung der Vereisungsszenarien im Raum und eine Abschätzung der zu erwartenden Vereisungsintensität (s. Abb. 5).

#### Nowcasting mit dem Diagnostic Icing Algorithm (DIA)

DIA wird stündlich gestartet, sobald alle benötigten Beobachtungsdaten in der Datenbank vorliegen. Diese werden mit dem PIP abgeglichen und widersprüchliche Informationen beseitigt. Dabei wird den Beobachtungsdaten eine höhere Priorität zugesprochen. Die COSMO-EU Daten werden z.B. für die Abschätzung von Inversionshöhen eingesetzt. Zuletzt werden vom Satelliten diagnostizierte Vereisungsgebiete in das Produkt aufgenommen [6]. Ihm wird eine Gültigkeit von einer Stunde zugesprochen.

- Europäisches Radarkomposit: Reflektivität
- SYNOPSIS / METAR: Wolkenuntergrenze, signifikantes Wetter
- METEOSAT: cloud type, cloud phase, CTT, CTH



Ebenso wie das PIP enthält auch das *Diagnostic Icing Product* (DIP) Informationen zu den Vereisungsszenarien und zur erwarteten Vereisungsintensität (s. Abb. 5). Diese wird über wolkenmikrophysikalische Parameter (Eisübersättigung, Flüssigwassergehalt, Schichtdicke der Konvektion) abgeschätzt.

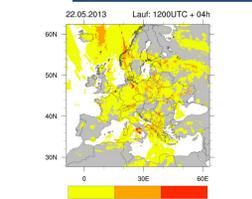


Abb. 5: Kompositdarstellung der DIP-Vereisungsintensität für den 22.05.2013 um 16:00UTC.

### Anwendungsbereiche und Ausblick

- Luftfahrtberatungszentralen (LBZ)**: ADWICE wird in den LBZn zur Beratung von Berufs-, Hobby- und Sportpiloten eingesetzt. Zudem können sich Piloten mit dem Selfbriefing-System pc\_Met über die aktuelle Vereisungssituation informieren.
- pc\_Met**: Für die Einsatzplanung von Tiefflügen der Bundeswehr-Hubschrauber wird ADWICE genutzt.
- Bundeswehr**: Im Moment wird untersucht, ob ADWICE auch in den untersten Modellschichten z.B. für die Vereisungsvorhersage von Windkraftanlagen eingesetzt werden kann.
- Vereisung von Windkraftanlagen**

#### Ausblick

Zukünftig sollen AMDAR Daten (*Aircraft Meteorological Data Relay*) als zusätzliche Beobachtungsdatenquelle im Diagnosealgorithmus fungieren. Beim AMDAR-Projekt werden bordeigene Temperatur-, Druck- und teilweise auch Feuchtesensoren moderner, kommerziell genutzter Verkehrsflugzeuge verwendet, um Informationen über die vertikale Verteilung der atmosphärischen Parameter bei Starts und Landungen sowie ihre Verteilung entlang der Flugroute zu erhalten.

Durch AMDAR-Messungen steht vor allem in Gebieten mit erhöhtem Flugverkehr eine deutlich bessere zeitliche und räumliche Auflösung von Sondierungen der Atmosphäre zur Verfügung.

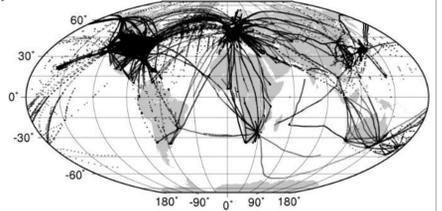


Abb. 6: Tägliche Abdeckung mit AMDAR-Daten, exemplarisch für den 10.03.2006 [1].

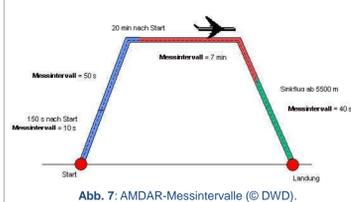


Abb. 7: AMDAR-Messintervalle (© DWD).

Täglich werden weltweit etwa 250.000 Beobachtungsdatensätze erstellt [1]. Dabei ist es abhängig von der Flugphase, mit welcher Frequenz gemessen wird. Während Start und Landung sind die Messintervalle kürzer als Enroute (s. Abb. 7). Zunächst könnten

über die Messungen der Feuchte und der Temperatur die Existenz von Wolken abgeleitet und in ADWICE-DIA übernommen werden. In näherer Zukunft sollen jedoch auch die Daten des bordeigenen **Vereisungssensors** (Vereisung ja/nein) über den AMDAR-Datenlink verfügbar gemacht werden. Diese Art der Beobachtungsdaten würden einen neuen **Meilenstein** in der Entwicklung, aber auch Validierung von Vereisungswarnsystemen bedeuten.

### Referenzen

- Drüe C., W. Frey, A. Hoff und T. Hauf, 2008. Aircraft type-specific errors in AMDAR weather reports from commercial aircraft. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **134**, 229-239.
- Leifeld C., 2004. Weiterentwicklung des Nowcastingsystems ADWICE zur Erkennung vereisungsgefährdeter Lufträume. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **224**, Offenbach, 118 S.
- Roloff K., 2012. *Untersuchung zur Eignung wolkenmikrophysikalischer Parameter des numerischen Wettervorhersagemodells COSMO-EU zur Vereisungsprognose in ADWICE*. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover, 142 S.
- Roloff K. und T. Hauf, 2013. Usability of NWP Model Liquid Water Output for In-Flight Icing Forecasts. In: *Konferenzberichte der 16. Conference on Aviation, Range and Aerospace Meteorology*, American Meteorological Society, 5. - 10. Januar 2013, Austin (TX), USA.
- Tafferner A., T. Hauf, C. Leifeld, T. Hafner, H. Leykauf und U. Voigt, 2003. ADWICE: Advanced Diagnosis and Warning System for Aircraft Icing Environments. *Weather and Forecasting*, **18**, 184-203.
- Tendel J., 2013. *Warning of In-Flight Icing Risk through Fusion of Satellite Products, Ground Observations and Model Forecasts*. Dissertation, Leibniz Universität Hannover, 117 S.



Das Poster ist downloadbereit:

[http://www.muk.uni-hannover.de/download/frea/forschung/hauf/DACH\\_2013\\_Poster\\_Roloff.pdf](http://www.muk.uni-hannover.de/download/frea/forschung/hauf/DACH_2013_Poster_Roloff.pdf)

Kontakt zu den Autoren:

Katharina Roloff und Thomas Hauf  
Email: rolloff@ or hauf@muk.uni-hannover.de

Frank Kalinka  
Email: frank.kalinka@dwd.de