

Untersuchungsbericht

EX001-0/00
Oktober 2002

Sachverhalt

Art des Ereignisses:	Schwere Störung
Datum:	28. Januar 2000
Ort:	nahe Berlin-Tegel
Luftfahrzeug:	Verkehrsflugzeug
Hersteller / Muster:	Aerospatiale-Alenia / ATR 42-300
Personenschaden:	ohne Verletzte
Sachschaden:	Flugzeug nicht beschädigt
Drittschaden:	keiner

Flugverlauf

Das Flugzeug war um 15:47 Uhr¹ in Berlin-Tegel zu einem Linienflug nach Instrumentenflugregeln (IFR) mit Flugziel Bremen gestartet. An Bord waren 3 Besatzungsmitglieder und 42 Passagiere.

Der verantwortliche Flugzeugführer (PIC) war der steuernde Pilot (PF). Das Flugzeug wurde manuell gesteuert. Im Anfangssteigflug auf die freigegebene Flugfläche (FL) 130 flog das Flugzeug in ca. 3000 ft in Instrumentenwetterbedingungen (IMC) ein. Kurz darauf wurde am Vereisungsanzeiger des Flugzeuges (Ice Evidence Probe) Vereisung festgestellt.

Sowohl die Vereisungsschutz- (Anti-Icing-Equipment) als auch die Enteisungsanlage (Airfra-

me De-Icing-Equipment) waren geschaltet und arbeiteten normal.

Die Steigfluggeschwindigkeit (Climb-out Speed) war durch die Besatzung auf 160 kt gesetzt worden und die Steigrate betrug 800 bis 1000 ft/min.

Später, nach Feststellung der Vereisung am Flugzeug, wurde die Steigfluggeschwindigkeit um 10 kt erhöht.

Ab FL 60 stellte die Besatzung gefrierenden Regen (freezing rain) und die Anhäufung von Eis an den Vorderkanten der Tragflügel (leading edges) und an den Luftschraubenhauben (propeller spinners) fest.

Die Steigrate ging allmählich zurück. Beide Triebwerke arbeiteten mit maximaler Steigflugleistung.

In FL 80 war die Vereisung so stark angewachsen, dass das Flugzeug das Steigen nicht mehr fortsetzen konnte.

Nach Einschätzung der Besatzung war das Flugzeug in eine starke Vereisungszone geraten.

Die Besatzung informierte die Flugverkehrskontrollstelle (ATC) über das Vorhandensein starker Vereisung am Flugzeug und erbat ein sofortiges Sinken.

Eine erste Freigabe wurde auf FL 60, später auf 4000 ft bzw. auf 3500 ft (QNH) erteilt. Auch diese Höhe reichte nicht aus, um die Vereisungszone zu verlassen. Deshalb war die Besatzung gezwungen, den Sinkflug weiter fortzusetzen. Erst in einer Höhe von 2000 ft (QNH) war das Flugzeug außerhalb von Wolken und unter Sichtwetterbedingungen (VMC) sowie im positiven Temperaturbereich, sodass keine weitere Vereisung mehr auftrat.

Nach 5 bis 10 Minuten Flug in 2000 ft (QNH) hatte sich das Eis vom Flugzeug gelöst. Die Besatzung

¹ Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen mitteleuropäischer Zeit (MEZ).

entschied sich, den Flug zum Zielflughafen fortzusetzen.

Es wurde auf FL 100 gestiegen und um 16:45 Uhr landete das Flugzeug ohne weitere Probleme in Bremen.

Untersuchung

Flugzeug ATR 42-300

Das Flugzeug ist als Transportflugzeug nach FAR/JAR 25 für Flüge am Tage und in der Nacht zugelassen. Es ist ein von zwei Propellerturbinen-triebwerken angetriebenes Flugzeug.

Das Flugzeug ist mit einer entsprechenden Ausrüstung und Instrumentierung für Flüge unter Vereisungsbedingungen (Zulassung nach FAR/JAR 25 Appendix C) ausgestattet.

Eine pneumatische Enteisungsanlage an den besonders kritischen Teilen (Vorderkanten der Tragflügel und der Höhenflosse, Triebwerksluftinläufe), komplettiert durch eine elektrische Vereisungsschutzanlage für Teile, auf denen keine pneumatische Anlage installiert werden kann, wie z.B. auf rotierenden Teilen (Propeller), Windschutzscheiben, Sonden und Ruderhörnern, sind an dem Flugzeug angebracht.

Das Flughandbuch (AFM) der ATR 42 enthält im Abschnitt LIMITATIONS ICING CONDITIONS (Chapter 2-06, pages 1 and 2, Dec 97) unter „Warnung“ die Aussage, dass das Flugzeug nicht für Flüge unter starken Vereisungsbedingungen zugelassen ist. Es enthält die Information, wie die Besatzung visuell starke Vereisung am Flugzeug (visual cue) erkennen kann sowie das Verbot der Nutzung des Autopiloten (AP), wenn Hinweise auf starke Vereisung existieren.

Als visueller Hinweis einer starken Vereisung im Fluge wird der Eisansatz an den beiden vorderen Seitenscheiben des Führerraumes (ganz oder teilweise) im nicht beheizten Teil, möglicherweise in Verbindung mit Wassertropfen, die sichtbar auf der Frontscheibe zerplatzen und darüber hinwegfließen, angesehen.

Wenn der visuelle Hinweis besteht, müssen die Vereisungsbedingungen durch eine Strecken- oder Höhenänderung sofort verlassen werden.

Besatzung

Die Aussagen der Besatzung zum Störungsablauf unterschieden sich bei der Befragung am 26. Februar 2000 durch die BFU nicht von dem nach der Störung abgegebenen schriftlichen Bericht.

Der PIC sagte aus, dass es ihm möglich war, die Art der Vereisung – gefrierender Regen – und die Anzeichen für eine starke Vereisung am Flugzeug

(schneller Eisansatz an den vorderen Seiten- und Frontscheiben) festzustellen. Die Stärke des Eises betrug nach seiner Einschätzung ca. 5 bis 6 cm.

Es waren keine Trimmanomalitäten (mistrim message) festzustellen.

In Verbindung mit der TAT (Total Air Temperature) von -10 °C in FL 80 war dem PIC klar, dass das Flugzeug in eine starke Vereisungszone eingeflogen war. Daraufhin fällt er die Entscheidung, das Gebiet der Vereisung sofort durch Höhengabe zu verlassen.

Die Feststellung der Eisfreiheit an der ATR 42-300 wurde anhand der vom Hersteller im AFM vorgegebenen Kriterien (Ice Evidence Probe, propeller spinners) vorgenommen.

Der Entscheidung zum Zielflughafen zu fliegen, lag die Kenntnis der Wetterlage im Raum Berlin zu Grunde.

Der Störungsflug war der zweite Umlauf des Tages für die Besatzung.

Der PIC verfügte über eine Gesamtflugerfahrung von ca. 3000 Flugstunden (ca. 3,5 Jahre Flugerfahrung auf der ATR 42-300) und die zweite Flugzeugführerin flog bisher ca. 1000 Flugstunden.

Flugverkehrskontrolle

Das Flugzeug wurde auf der Standard Abflugstrecke (SID) durch BERLIN-DEPARTURE (120.62 MHz) identifiziert und für das Steigen auf FL 130 freigegeben. Nach der Freigabe „Proceed direct to Bremen“ erfolgte die Übergabe an BERLIN-RADAR (136.05 MHz).

Auf dieser Frequenz erbat die Besatzung den Flug in FL 80 („... that is due to heavy icing when we climb any higher“) fortführen zu können. Das Flugzeug wurde für diese Höhe freigegeben.

Nach kurzer Zeit forderte die Besatzung FL 60 aufgrund starker Vereisung an. Dies wurde von ATC gewährt.

Danach erkundigte sich die Besatzung über die Untergrenze der Wolken. ATC teilte ihr das bis 16:00 UTC gültige AIRMET (Airman Meteorological Information) - mäßige Vereisung zwischen Erdboden und FL 60 - mit.

Nachfolgend wurde ein Sinken auf 4000 ft von der Besatzung angefordert. Auch diese Höhe wurde von ATC nach QNH (1012 hPa) freigegeben.

Ein weiteres Sinken („further down below the clouds“) wegen nach wie vor anhaltender Vereisung konnte von ATC nur bis auf 3500 ft (QNH) gewährt werden, da die Radarführungsmindeshöhe (MRVA) für diesen Bereich bei 3500 ft lag. Die Besatzung wurde darüber informiert.

Die MRVA ist die niedrigste Höhe über NN im kontrollierten Luftraum, die für die Radarführung von IFR-Flügen benutzt werden darf.

Die Sicherheitsmindesthöhe (Minimum Safe Altitude) über NN für den 25 Nautische Meilen (NM) - Radius um das VOR (Drehfunkfeuer) TGL lag bei 2400 ft. Die ausgewiesene Höhe garantiert 1000 ft Hindernisfreiheit.

Die sich an den Radius um das VOR TGL anschließende Mindestflughöhe (Grid MORA) betrug zuerst 1900 ft, und später, als das Flugzeug auf die niedrigste Höhe 2000 ft gesunken war, 2300 ft.

Die MORA garantiert ebenfalls eine Höhe von mindestens 1000 ft über dem höchsten Hindernis innerhalb eines Vierecks, das auf der benutzten Navigationskarte JEPPESEN E(LO)10 durch Länge und Breite definiert ist.

Die Besatzung teilte ATC mit, dass sie aufgrund der starken Vereisung unter 3500 ft sinken müsse.

ATC beobachtete anhand der dargestellten Daten des Transponder Mode C des Flugzeuges, dass die Besatzung auf 2000 ft gesunken war.

Nach dieser Feststellung erkundigte sich ATC nach den Wetterbedingungen. Die Besatzung meldete, dass sie bei VMC fliege. Daraufhin wurde das Flugzeug von ATC weiter nach Höhe und Kurs beobachtet.

Es gab keinen Konfliktverkehr mit anderen Luftfahrzeugen.

Die Besatzung erklärte zu keinem Zeitpunkt eine Notlage an Bord des Flugzeuges.

Meteorologische Sicherstellung

Vor dem Flug erhielt die Besatzung eine schriftliche Flugwetterberatung, die für die Durchführung des Fluges erforderlich war. Sie war zum Zeitpunkt des Abfluges in Berlin gültig.

Die Flugwetterberatung war nach Aussage der Besatzung Bestandteil des Briefings der Besatzung vor dem Start.

Sie enthielt u.a. die Aussage, dass mit den signifikanten Wettererscheinungen der leichten bis mäßigen Vereisung sowie der mäßigen Turbulenz beim Abflug in Berlin-Tegel und auf der Flugstrecke nach Bremen zu rechnen sei.

Auch die zum Startzeitpunkt ausgestrahlte ATIS (Automatic Terminal Information Service) von 15:20 Uhr enthielt den Hinweis auf mögliche leichte bis mäßige Vereisung bis FL 80.

Folgende Warnhinweise für die allgemeine Luftfahrt (AIRMET) lagen der Besatzung vor Flugantritt vor:

EDBB AIRMET 3 VALID 281200/281600 EDZB

BERLIN FIR MOD ICE INC BTN 1000 FT GND AND FL 060 OBS STNR, NC

BERLIN FIR BKN CLD 600 - 1000 FT GND/FL 060 OBS N - PART, STNR

BERLIN FIR SFC VIS BLW 5000 M DZ BR OBS N - PART, STNR

BERLIN FIR MOD TURB BLW 3000 FT GND FCST STNR, NC=

EDWW AIRMET 3 VALID 281130/281430 EDZH

BREMEN FIR SFC VIS OBS 2000/5000 M DZ BR IN N AND CENTRAL PARTS, NC

BREMEN FIR BKN TO OVC CLD 700/6000 FT OBS IN N PARTS, IMPR

BREMEN FIR RISK OF MOD LOC SEV ICE FCST UP TO FL 060, NC

BREMEN FIR SFC WSPD 220 – 250/30 KT FCST MAR AND COT, INTSF=

EDWW AIRMET 4 VALID 281430/281730 EDZH

BREMEN FIR SFC VIS OBS 2000/5000 M DZ BR MAINLY N AND CENTRAL PARTS, NC

BREMEN FIR BKN TO OVC CLD 700/8000 FT OBS N PARTS, NC

BREMEN FIR RISK OF MOD LOC SEV ICE FCST BTN 2000 FT AND FL 080, NC

BREMEN FIR SFC WSPD 220 – 250/30 – 35 KT OBS MAR AND COT, INTSF=

Wettergutachten

Die BFU gab beim Deutschen Wetterdienst (DWD) ein Wettergutachten in Auftrag.

Dem meteorologischen Gutachten war zu entnehmen, dass die Flugstrecke zwischen tiefem Luftdruck über dem Norden Skandinaviens und hohem Luftdruck über dem Süden Europas im Bereich der über dem Norden und der Mitte Deutschlands verlaufenden Frontalzone lag. Dabei wurde mit einer kräftigen westlichen Höhenströmung wolkenreiche Meeresluft vom Atlantik herangeführt.

Während es an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holsteins im Zusammenhang mit einer sich von der Ostsee zu den Britischen Inseln erstreckenden Warmfront gebietsweise zu länger anhaltendem Niederschlag in Form von Regen und/oder Sprühregen kam, trat im Flugraum bei Lufttemperaturen zwischen 1 °C und 3 °C nur vereinzelt etwas Schneegriesel, Sprühregen, oder Schnee(regen) auf. Im Nordwesten Deutschlands war es zu diesem Zeitpunkt mit 3 °C bis 6 °C bereits etwas milder.

Zum Startzeitpunkt der ATR 42-300 trat leichter Schneegriesel auf. Zumindest auf dem ersten Teil der Flugstrecke kam es zu leichtem Niederschlag in Form von Schneegriesel oder Schnee(regen).

Die Untergrenze der tiefsten Bewölkung (5 Achtel Stratocumulus) lag zum Startzeitpunkt in 2600 ft über Grund (AGL). Darüber befanden sich 7 Achtel Stratocumulus, deren Untergrenze in 3800 ft AGL beobachtet wurde.

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass mit Erreichen einer Höhe von ca. 2600 ft AGL der Einflug in die vorhandene Stratocumulus-Bewölkung erfolgte. Auch auf dem weiteren Streckenabschnitt in Richtung Bremen trat durchbrochene bis geschlossene Stratocumulus-Bewölkung auf. Die Wolkenuntergrenze lag vorherrschend zwischen ca. 2500 ft AGL und 3000 ft AGL.

Die Nullgradgrenze lag zum in Frage kommenden Zeitpunkt in Bodennähe. Im Höhenintervall bis ca. 8000 ft über NN ging die Lufttemperatur auf $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ zurück.

Es muss daher davon ausgegangen werden, dass auf der geflogenen Strecke mit Einflug in die vorhandene Stratocumulus-Bewölkung mäßige bis starke Vereisung auftrat.

Luffahrtunternehmen (LU)

In Vorbereitung auf die Winterperiode 1999/2000 (WINTER BRIEFING) gab der Flugbetriebsleiter des LU die FLIGHT CREW NOTICE (Flight Safety) vom 26. Oktober 1999 heraus.

Detailliert sind hier die Handlungen der Besatzung bei einem unbeabsichtigten Einflug in eine Zone mit starker Vereisung dargestellt (s. Anlage).

Flugdatenschreiber (DFDR)

Die Auswertung der BFU basierte auf den im DFDR aufgezeichneten Rohdaten, die durch das betroffene LU gesichert worden waren.

Allgemein fanden die Aussagen der Besatzung ihre Bestätigung.

Der Autopilot war bis zum Eintritt der Störung zu keinem Zeitpunkt aufgeschaltet.

Um 14:48:30 UTC in ca. 3500 ft wurde die Enteisungsanlage auf die höchste Stufe geschaltet. Die Geschwindigkeit betrug 165 kt (IAS - Indicated Airspeed) und die TAT $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

In dieser Flugphase erhöhte die Besatzung die Steigfluggeschwindigkeit um 10 kt.

Ab 5000 ft, um 14:50:15 UTC, die IAS hatte sich auf 178 kt erhöht, begannen sich die Geschwindigkeit

und die Steigrate zu verringern. Die TAT war auf $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ gefallen.

In einer Höhe von 7900 ft bei einer TAT von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ war die IAS bis auf 157 kt zurückgegangen (14:56:10 UTC) und die Steigrate ging gegen null.

Um 14:57:15 UTC begann das Flugzeug einen Sinkflug bis auf 2000 ft.

Das Flugzeug flog für ca. 12 Minuten in dieser Höhe, bevor es dann auf FL 100 stieg.

Hersteller AEROSPATIALE – MATRA (ATR)

Zur Auswertung erhielt der Flugzeughersteller eine Kopie des DFDR vom LU.

Anhand eines Computermodells, entwickelt aus Daten bei Testflügen mit der ATR 42-300, konnte festgestellt werden, wie sich der Auftrieb und Widerstand am Flugzeug während des Störungsfluges verändert hatten.

Es wurden vier beliebige Flughöhen aus dem DFDR im Anfangssteigflug (initial climb) ausgewählt.

- In 3500 ft wurden keine Veränderungen am Flugzeug festgestellt.
- In 6700 ft war der Widerstand am Flugzeug um 150 Einheiten (drag counts) angestiegen.
- In 7500 ft betrug der Zuwachs bereits 270 Einheiten.
- In 7900 ft (die maximale aufgezeichnete Flughöhe bei der Störung) waren es 400 Einheiten.

Bei diesen vier Messungen konnte kein Auftriebsverlust festgestellt werden.

Aus der Analyse der Messungen ergab sich, dass sich in 7900 ft der Widerstand am Flugzeug um 80% erhöht hatte, aber noch kein Auftriebsverlust eingetreten war.

Verantwortlich für das Anwachsen des Widerstandes war nach Beurteilung des Herstellers sowohl der Eisansatz an den Vorderkanten der Tragflügel (leading edges) als auch die Vereisung weit hinter dem Ansatz der Boots (far aft of the protected surfaces) unterhalb der Tragflügel.

Beurteilung

Aus der schriftlichen Flugwetterberatung sowie einem vorliegenden Warnhinweis (AIRMET 3, FIR BERLIN) war für die Besatzung vor dem Start zu erkennen, dass auf der geplanten Abflugstrecke leichte bis mäßige Vereisung auftreten konnte.

Starke Vereisungsbedingungen waren zum Startzeitpunkt für das FIR BERLIN durch den DWD nicht vorhergesagt.

Innerhalb des FIR BREMEN (AIRMET 3 und 4) musste von mäßiger, örtlich von starker Vereisung ausgegangen werden.

Für die Besatzung bestand keine Veranlassung, den geplanten Flug aus meteorologischen Gründen nicht anzutreten.

Aus dem Wettergutachten ging hervor, dass die atmosphärischen Bedingungen für mäßige bis starke Vereisung für den Abflug aus Berlin erfüllt waren und das Flugzeug während des gesamten Steigfluges, ausgenommen der ersten Phase bis auf 2600 ft, in den Wolken flog.

Die Besatzung hatte am Flugzeug gefrierenden Regen festgestellt.

Die Vereisung der vorderen Seitenscheiben im Führerraum wurde als signifikantes Anzeichen einer starken Vereisung der ATR 42-300 richtig erkannt.

Starke Vereisung liegt außerhalb der Zulassungskriterien für Verkehrsflugzeuge mit Turbopropantrieb.

Die starke Vereisung führte zu einer beträchtlichen Reduzierung der Steigflugleistung des Flugzeuges.

Nach Recherchen des Flugzeugherstellers kam es infolge des Eisansatzes am Flugzeug zu einer Widerstandserhöhung bis zu 80%, ohne dass davon der Auftrieb sichtbar betroffen war.

Der PIC entschied, die Vereisungszone durch Höhengabe zu verlassen. Dabei musste die Besatzung bis auf 2000 ft (QNH) sinken, um die atmosphärischen Bedingungen für eine Vereisung zu verlassen.

Dabei wurde die Mindestflughöhe (2300 ft) für nach IFR operierender Luftfahrzeuge unterschritten.

Da das Flugzeug in dieser Höhe jedoch unter VMC flog, konnte die Besatzung nach ihrer Aussage die Hindernissituation auf der Flugstrecke selbst einschätzen.

ATC beobachtete das Flugzeug weiter nach Kurs und Höhe.

Nach Feststellung der starken Vereisung am Flugzeug (gefrierender Regen bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, schneller Eisansatz, Geschwindigkeitsabfall) waren die Handlungen der Besatzung (Fliegen des Flugzeuges mit der Hand, Erhöhung

der Geschwindigkeit um 10 kt, Verlassen der Vereisungszone) in Übereinstimmung mit dem vom Hersteller herausgegebenen AFM sowie dem Betriebsanweisungsbuch (FOM) des LU.

Aufgrund der richtigen Einschätzung der Situation sowie dem angemessenen Entschluss gelang es der Besatzung, mit der sicherheitskritischen Situation fertig zu werden.

Schlussfolgerungen

Die Störung geschah, weil das Flugzeug in atmosphärischen Bedingungen für starke Vereisung einflog, für die es nicht zugelassen war.

Die Anwendung der im AFM für solche Fälle vorgesehenen Verfahren erlaubte es der Besatzung, die atmosphärischen Bedingungen für eine starke Vereisung zu verlassen und den Flug sowie die Landung sicher durchzuführen.

Untersuchungsführer	Krupper
Flugbetrieb	Müller

Anlage

ITEMS FOR INADVERTENT ENCOUNTER WITH SEVERE ICING

▶ **RISK OF FROZEN GEAR**

If the take off has been performed on a slush contaminated runway, this slush may seize the landing gear during cruise.

After take off

LANDING GEAR (if performance allows)

CYCLE

▶ **PROCEDURES FOR INADVERTENT ENCOUNTER WITH SEVERE ICING**

▶ **SEVERE ICING DEFINITION**

The rate of accumulation is such that deicing/anti-icing equipment fails to reduce or control the hazard. Immediate flight deviation is necessary.

▶ **SEVERE ICING DETECTION**

Visual cue identified with severe icing is characterized by ice covering all or a substantial part of the unheated part of either side window, possibly associated with water splashing and steaming on the windshield.

And/or

Unexpected decrease in speed or rate of climb.

And/or

Unusually extensive ice accreted on the airframe in areas not normally observed to collect ice.
Accumulation of ice on the lower surface of the wings aft of the protected areas.
Accumulation of ice on the propeller spinner farther aft than normally observed.

▶ **BY HEART ITEMS FOR INADVERTENT ENCOUNTER WITH SEVERE ICING**

- ▶ **Firmly holding the control wheel disconnect AUTO PILOT.**
- ▶ **Increase all minimum speeds by 10 kt. Using MCT if needed.***
- ▶ **Avoid abrupt and excessive manoeuvring. Use small control inputs.**
- ▶ **Leave the area. (Descend if necessary as climb may be impossible)**
- ▶ **Refer to QRH 1.09**

▶ **BY HEART ITEMS FOR RECOVERY FROM ICE RELATED CONTROL PROBLEMS**

- ▶ **Simultaneously**
 - ▶ **Firmly holding the control wheel disconnect AUTO PILOT**
 - ▶ **Lower the nose**
 - ▶ **Select Flap 15° (Disregarding Vfe)**
 - ▶ **Increase power to MCT***
- ▶ **Refer to QRH 1.09**

* MCT power is achieved by selecting PWR MGT to MCT and CL to MAX RPM and increasing TQ to FDAU target bugs, on ATR 42/72-500 TQ is automatically set to MCT provided PL is in the notch and Np is automatically set to 100 % when selecting PWR MGT MCT.