

Untersuchungsbericht

5X003-0/99
März 2000

Sachverhalt

Art des Ereignisses:	Schwere Störung
Datum:	22. Februar 1999
Ort:	nahe Mannheim-Neustheim
Luftfahrzeug:	Verkehrsflugzeug
Hersteller / Muster:	Dornier Luftfahrt GmbH / Do 328-100
Personenschaden:	ohne Verletzte
Sachschaden:	Flugzeug nicht beschädigt
Drittschaden:	keiner

Flugverlauf

Das Flugzeug war um 15:46 Uhr (MEZ) in Berlin-Tempelhof (EDDI) zu einem Linienflug mit Flugziel Mannheim City (EDFM) gestartet. Es war der vierte Flug der Besatzung an diesem Tag. An Bord befanden sich drei Besatzungsmitglieder und fünf Fluggäste. Der Flug erfolgte in Flugfläche (FL) 260 über den Wolken. Zwischen dem ERFURT (ERF) VOR und dem WÜRZBURG (WUR) VOR wurde die Reiseflughöhe verlassen. In ca. FL 240 flog das Flugzeug in Instrumentenwetterbedingungen (IMC) ein. Die Besatzung stellte Vereisung am Flugzeug fest. Die Vereisungsschutz- und die Enteisungsanlage waren eingeschaltet. Kurz darauf kam es sowohl auf dem linken als auch auf dem rechten Primary Flight Display (PFD) zum Ausfall der angezeigten Geschwindigkeit (IAS). Die IAS zeigte konstant 260 kt und der Trendvektor für die Geschwindigkeit blieb im Bereich "steigend" (nach oben gerichtet) stehen. Die Anzeige der Sinkrate (Vertical Speed Indication) verschwand ebenfalls auf dem PFD. Betroffen war auch der Reserve-Geschwindigkeits-An-

zeiger (Standby Airspeed Indicator). Die Anzeige ging auf Null zurück. Der Flugregler schaltete automatisch ab. Auf dem elektronischen Bildschirm (Caution and Advisory System - CAS - Feld) wurden diverse Warn- und Statusmeldungen angezeigt. Die Störung ereignete sich um 16:27 Uhr. Die Besatzung setzte den Flug nach den Anzeigen des Fluglagewinkels (Pitch) und der eingestellten Leistung (Torque) manuell weiter fort. Die Sinkrate betrug ca. 1 500 bis 2 000 ft/min. In ca. FL 200 traten Sichtwetterbedingungen (VMC) ein und in FL 140 waren alle Anzeigen wieder normal. Die Zeitdauer des Ausfalles der Anzeigen wurde durch die Besatzung auf 5 bis 6 Minuten geschätzt. Die Landung auf dem Verkehrslandeplatz Mannheim City verlief um 16:49 Uhr ohne Probleme.

Untersuchung

Die Untersuchung wurde von der BFU gemeinsam mit dem Hersteller Dornier Luftfahrt GmbH und dem Luftfahrtunternehmen (LU) durchgeführt. Der Ablauf der Untersuchung wurde gestört, da das LU nicht der Meldepflicht gemäß § 5 LuftVO gegenüber der BFU nachgekommen war. Die BFU erhielt erst am 26. Februar 1999 vom Luftfahrt-Bundesamt (LBA) Kenntnis von der Störung. Der Flugdatenschreiber (FDR) der Do 328-100 stand für die Untersuchung nicht zur Verfügung, da weder das LU noch der Hersteller den Ausbau veranlasst hatten.

Im Rahmen der Untersuchung konnte das Fail-Safety-Design des Staurohrsystems der Do 328-100 nachgewiesen werden. Die drei im Flugzeug installierten Staurohre (pitot tubes) sind jeweils als unabhängige Systeme ausgelegt. Sie werden von drei unabhängigen Stromschienen (bus bars) gespeist.

Das Flugzeug Do 328-100 ist nicht für Flüge in schweren Vereisungsbedingungen zugelassen.

Besatzung

Im Briefing vor Antritt des Fluges machte sich die Besatzung mit den schriftlich erhaltenen Wetterunterlagen vertraut. Im Mittelpunkt standen die EDFF AIRMET 4, die EDBB AIRMET 3 (siehe Wettergutachten) und die EUR Significant Weather Chart (SWC) FL 100-450 für 18:00 Uhr UTC. Auf der SWC wurde für die Mitte Deutschlands, also auf die Flugstrecke Berlin - Mannheim zutreffend, auf gelegentlich (OCNL) auftretende Cumulonimbus (CB)-Bewölkung mit Wolkenobergrenzen in FL 240 hingewiesen. Aufgrund dessen fasste die Besatzung den Entschluss, die geplante Reiseflughöhe von FL 240 auf FL 260 zu verändern.

Das Flugzeug brauchte vor dem Start in Berlin-Tempelhof nicht enteist zu werden.

Am 04. August 1999 wurde eine Befragung des verantwortlichen Flugzeugführers bei der BFU durchgeführt. Zugegen waren Vertreter des LBA, des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie des Herstellers. Nach einer ausführlichen Schilderung des Flugverlaufes versicherte der Flugzeugführer, dass die Unterbrechung der Geschwindigkeitsanzeigen auf beiden PFD ziemlich synchron mit dem Abschalten der Funktion des Autopiloten erfolgte.

Zum Wetter erklärte er, dass nach dem Einleiten in den Sinkflug aus FL 260 von oben in die Wolkenobergrenze in ca. FL 240 eingeflogen wurde. Wenige Sekunden nach dem Einfliegen in IMC trat am Flugzeug Vereisung auf, die mit Fortschreiten des Höhenverlustes immer mehr zunahm. Es war schwierig einzuschätzen, ob es sich schon um schwere Vereisung handelte. Auf alle Fälle waren die Luftschraubennabenhauben (Spinner) der Triebwerke und die Scheibenwischer im Führerraum deutlich mit Eisansatz (ca. 5 bis 10 mm) überzogen. Größere Eispartikel konnten nicht festgestellt werden. Es war kaum Turbulenz zu verzeichnen. Das Tragflügel-Enteisungssystem (airfoil de-icing system) brauchte nicht aktiviert zu werden. Die Staurohrheizungen (pitot heats) wurden entsprechend der Checkliste des LU vor dem Start in der Halteposition (Holding Position) eingeschaltet und zeigten während des gesamten Fluges keine Ausfallerscheinung (Pitot Heat Fail oder OFF) an.

Aus der Auswertung der Air Data Computer ergab sich die Erkenntnis, dass der Ausfall der Geschwindigkeitsanzeige in ca. FL 210 erfolgte.

Die Besatzung fand für den Totalausfall aller drei Geschwindigkeitsanzeigen (COMPLETE LOSS OF AIRSPEED INDICATION) weder im Aircraft Flight Manual (AFM) noch im Aircraft Operating Manual (AOM) der Do 328-100 eine Anweisung.

Luftfahrtunternehmen

Nach der Landung in Mannheim City um 16:49 Uhr informierte die Besatzung den technischen Betriebsleiter sowie einen technischen Prüfer des LU über die während des Fluges eingetretene Störung. Alle Beteiligten

gingen davon aus, dass die Ursache der Störung eine Vereisung der Staurohre gewesen war. Daraufhin führte der Prüfer eine Kontrolle der Staurohrsysteme im Flugzeug am Boden durch. Diese Kontrolle (optisch und funktionell) erbrachte keine Funktionseinschränkung. Anschließend erteilte der Prüfer die Freigabe zum weiteren Einsatz des Flugzeuges. Um 17:53 Uhr startete das Flugzeug wieder.

Um 17:40 Uhr wurde der Hersteller Dornier durch den SPR (Service Problem Report) Nr. A 16471 mit dem Vermerk AOG (Aircraft On Ground) über diese Störung informiert. Parallel dazu erfolgte auch eine telefonische Information. Ein AOG-FAX wurde vom Prüfer im Nachgang zum SPR zur Unterstreichung der Wichtigkeit an den Hersteller am 23. Februar 1999 übermittelt. Ebenfalls am 23. Februar 1999 wurden die ausgelesenen CAS-Meldungen aus dem Integrated Avionics Computer (IAC) 1 und 2 schriftlich an den Hersteller übermittelt.

Weder im Trouble Shooting Manual (TSM) noch im Aircraft Maintenance Manual (AMM) gab es eine technische Anweisung des Herstellers wie bei einem Redundanzverlust oder Totalausfall von allen drei Geschwindigkeitsmessern zu verfahren sei.

Hersteller Dornier

Nach Aussage des Flugzeugherstellers gab es bisher noch keinen Ausfall von drei unabhängigen Systemen.

Eine Erklärung für ausgebliebene Warnungen bei Ausfall der Staurohre ergab sich aus dem Konzept, das dem EICAS-System zu Grunde liegt. Es überwacht die technische Verfügbarkeit des Systems, nicht die Eingangsgrößen. Das Staurohr als Eingangssensor gehört nicht zum Überwachungskreis des Computersystems.

Aus den Unterlagen und der Befragung zu der Störung ging hervor, dass Dornier beim ersten telefonischen Kontakt mit dem LU am 22. Februar 1999 um eine detaillierte Störungsmeldung und die Ergebnisse der bereits durch das LU durchgeführten Untersuchungen gebeten hatte. Aufgrund widersprüchlicher Informationen wurde am 23. Februar 1999 von dem LU ein Pilot-Report angefordert. Dieser ging am 26. Februar 1999 bei Dornier ein. Da ein Systemtest vom LU bereits durchgeführt worden war, und sich das Flugzeug wieder im Einsatz befand, führte der Hersteller umfangreiche theoretische und praktische Untersuchungen am Stau-Statik-System der Do 328-100 durch. Anschließend wurde am 02. März 1999 das Stau-Statik-System des betroffenen Flugzeuges im Detail untersucht. Die Ergebnisse dieser Tests haben keine Mängel ergeben. Am 09. März 1999 ergingen weitere Anweisungen an das LU im Zusammenhang mit dieser Störung.

Dornier ließ einige Versuche und Tests im Zusammenhang mit Staurohrvereisung durchführen. So konnte z.B. nachgewiesen werden, dass ein Ausfall der Staurohrheizung ohne eine Anzeige des Ausfalles auf

dem CAS-Feld im Führerraum nicht möglich war und somit am betroffenen Flugzeug kein technischer Defekt vorlag.

In einem Wind-Tunnel-Test bei dem Hersteller der Staurohre, wo allerdings nur Temperaturen bis -40°C simuliert werden konnten, gelang es nicht, die Staurohre zu vereisen.

Den Redundanzverlust oder Totalausfall aller Geschwindigkeitsanzeigen nahm der Hersteller zum Anlass, Sondermaßnahmen in Auftrag zu geben. So wurde mit Wirkung vom 04. August 1999 für die Do 328-100 das AFM um das Notverfahren (Emergency procedure) "LOSS OF ALL INDICATED AIRSPEED" ergänzt.

Der Flugregler wurde aufgrund einer Nichtübereinstimmung (miscompare) mit dem Air Data Computer (ADC) folgerichtig abgeschaltet.

Aktivitäten des LBA als Zulassungsbehörde

Das LBA überprüfte, ob es sich beim Ausfall aller drei unabhängigen Geschwindigkeitssysteme um einen Mustermangel handelt. Diese Frage wurde eindeutig verneint. Es konnte kein Mustermangel festgestellt werden. Das Flugzeug Do 328-100 entspricht den gültigen Bauvorschriften (APPENDIX C) nach JAR/FAR 25. Die bei diesem Flug vorgefundenen extremen meteorologischen Bedingungen sind in den Bauvorschriften nicht erfasst.

Wettergutachten

Die BFU bestellte beim DWD ein Wettergutachten, weil ein Zusammenhang zwischen dem Wetter und der Störungsart zu vermuten war.

Dem meteorologischen Gutachten war zu entnehmen, dass der Störungsort am 22. Februar 1999 im Einflussbereich eines hochreichenden Tiefdruckgebietes mit Kern über dem Skagerrak lag. Auf der Rückseite einer nach Osten abgezogenen Kaltfront rüde mit einer lebhaften nordwestlichen Höhenströmung hochreichend labil geschichtete maritime Polarluft nach Deutschland herangeführt, in der es im Tagesverlauf verbreitet zu kräftigen Schnee-, Schneeregen- und Graupelschauern kam. Örtlich gab es auch kurze Gewitter.

Das Radarkompositbild von 16:00 Uhr, die Störung ereignete sich um 16:27 Uhr, zeigte nördlich des WUR VOR eine Linie stärkerer Niederschlagsechos.

Die Radarbilder der Wetterradarstation Frankfurt/Main von 16:15 Uhr und 16:30 Uhr zeigten ebenfalls nördlich des WUR VOR stärkere konvektive Niederschlagsechos.

Aus den vorliegenden Daten ließ sich ableiten, dass zwischen dem ERF VOR und dem WUR VOR mäßige bis starke Schneeschauer auftraten, wobei Graupelschauer nicht ausgeschlossen werden konnten.

Aus den Wettermeldungen der Wettermeldestellen Meiningen und Würzburg sowie Bad Kissingen ging hervor, dass auf dem genannten Streckenabschnitt die Untergrenze der vorhandenen CB-Bewölkung (6 bis 8 Achtel) vorherrschend zwischen 1 500 ft AGL (Above Ground Level) und 2 000 ft AGL lag. Die Obergrenze (Tops) der zum Teil kräftigen CB-Bewölkung lag zumindest stellenweise zwischen 23 000 ft AGL und 25 000 ft AGL. Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei der an der Wettermeldestelle Bad Kissingen beobachteten Cirrus-Bewölkung um die „Eisschirme“ von Cumulonimben handelte.

Es ließ sich daher ableiten, dass das Flugzeug auf dem Streckenabschnitt ERF VOR und WUR VOR zwischen FL 240 und FL 200 CB-Bewölkung durchflog.

Die Nullgradgrenze dürfte zum in Frage kommenden Zeitpunkt bei ca. 1 500 ft MSL (Mean Sea Level) gelegen haben. Für FL 240 ließ sich aus dem Radiosondenaufstieg der Radiosondenaufstiegsstelle Meiningen eine Lufttemperatur von ca. -52°C ableiten. Bei der Beurteilung der Vereisungsbedingungen im Flugniveau war zu berücksichtigen, dass in CB-Bewölkung auch bei Lufttemperaturen unter -30°C noch Vereisung auftreten kann, da aufgrund der vorhandenen Aufwinde auch in großen Höhen (Cirrus-Niveau) zumindest vorübergehend unterkühlte Wassertröpfchen auftreten können. Durch die vertikale Darstellung der Wetterradarbilder der Wetterradarstation Frankfurt/Main von 16:15 Uhr und 16:30 Uhr erkannte man nördlich des WUR VOR selbst noch in großen Höhen eine durch Niederschlagspartikel verursachte Radarreflexion.

Prinzipiell muss in CB-Bewölkung mit starker Vereisung und starker Turbulenz gerechnet werden.

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass im Höhenbereich zwischen FL 240 und FL 200 innerhalb der vorhandenen CB-Bewölkung Vereisung und Turbulenz mit zumindest mäßiger (moderate) Intensität auftraten.

Für den Zeitraum des Fluges lag für das Fluginformationsgebiet (FIR) Frankfurt und Berlin folgender Warnhinweis für die Allgemeine Luftfahrt (AIRMET) vor:

EDFF AIRMET 4 VALID 221300/221700 EDZF - FRANKFURT FIR

1. MOD ICE FCST ABV 2000 FT, NC
2. ISOL CB/TS OBS AND FCST, NC
3. MT OBSC ABV 2000 - 2500 FT MSL, NC
4. MOD TURB FCST BLW FL 50, NC=

EDBB AIRMET 3 VALID 221200/221600 EDZB - BERLIN FIR

1. BKN CLD BLW 1000 FT GND OBS AND FCST NE - PART BERLIN FIR, ASC
2. MOD ICE FCST ABV 500 FT MSL NE-PART BERLIN FIR MOV E, NC

3. MT TEMPO OBSC ABV 2500 FT MSL OBS AND FCST, NC
4. ISOL CB OBS AND FCST W-PART BERLIN FIR SPRD E, INTSF=

Beurteilung

Aus dem prognostizierten Wetter für die geplante Flugstrecke (mäßige Vereisung für FIR BERLIN und FIR FRANKFURT) ergab sich für die Besatzung keine Veranlassung, eine Flugstreckenänderung vorzunehmen.

Das Flugzeug durchflog zwischen FL 240 und FL 200 CB-Bewölkung mit Vereisung mit zumindest mäßiger Intensität.

Das Auftreten von signifikanten Mengen unterkühlten Wassers in relativ großen Flughöhen bei Temperaturen um ca. -52°C führte zur Vereisung der Staurohre. Das Vorhandensein von unterkühltem Wasser bei dieser Temperatur kann nur durch die Existenz von Cumulonimbusbewölkung erklärt werden.

Der Ausfall der Geschwindigkeitsmesser erfolgte in ca. FL 210.

Für den Redundanzverlust oder Totalausfall aller drei Geschwindigkeitsanzeiger gab es weder im AFM noch im AOM der Do 328-100 eine Verfahrensanweisung.

Die Fortsetzung des Fluges nach den Anzeigen des Fluglagewinkels und der eingestellten Leistung der Triebwerke war die einzige Alternative und erforderte von der Besatzung ein hohes fliegerisches Können.

Bei den von Sachverständigen durchgeführten technischen Untersuchungen haben sich am Flugzeug keine Anhaltspunkte dafür ergeben, dass die Störung durch einen technischen Defekt verursacht wurde.

Nach Aussage des Herstellers des Flugzeuges gab es bisher noch keinen Ausfall von drei unabhängigen Systemen.

Der Ausfall oder die Fehlfunktion eines Systems wird üblicherweise mit Maßnahmen nach Anweisungen des Flugzeugherstellers (Aircraft Maintenance Manual, Service Bulletin) behoben. Für den zeitgleichen Ausfall von mehr als einem gleichartigen System (Totalverlust aller Geschwindigkeitsanzeigen) gab es keine Instandsetzungshinweise vom Hersteller. Die Überprüfung und auch die Freigabe des Flugzeuges zum Flugeinsatz beim LU erfolgte nach individueller Einschätzung des Prüfers, d.h., mit der einwandfreien Funktion aller drei Systeme war das Flugzeug wieder einsatzbereit.

Da nach dem AFM und anderen Unterlagen für das Flugzeugmuster Do 328-100 Einschränkungen für Flüge in schweren Vereisungslagen definiert sind, ist die Störung nicht auf einen Mustermangel, sondern auf einen Komponentenmangel im System Staurohr zurückzuführen. Eingebaute Ausrüstung, als solche muss das System Staurohr betrachtet werden, muss nach der

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG) vom 26. August 1998 durchgeführt. Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

Bauvorschrift JAR/FAR 25 (Subpart F-Equipment, § 25.1301 d) uneingeschränkt funktionieren.

Es muss sichergestellt sein, dass bei einem unbeabsichtigten Einflug in schwere Vereisungsbedingungen das System Staurohr kurzzeitig funktionstüchtig bleibt.

Die beim Flug am 22. Februar 1999 aufgetretenen meteorologischen Bedingungen werden in der Bauvorschrift JAR/FAR 25 nicht berücksichtigt.

Schlussfolgerungen

Alle drei Geschwindigkeitsanzeigen fielen kurzzeitig aus, weil es an den Staurohren am Flugzeug, trotz Funktion der Staurohrheizung, durch Eisansatz bei extremen meteorologischen Bedingungen zu einem Verschluss der Druckbohrungen gekommen war. Die Untersuchung ergab, dass durch die konstruktive Ausführung des Staurohrsystems bei einem unbeabsichtigten Einflug in schwere Vereisungsbedingungen die Funktion des Staurohres nicht gewährleistet ist.

Sicherheitsempfehlungen

Das Ergebnis der Untersuchung hat die BFU zum Anlass für folgende Sicherheitsempfehlungen genommen:

- 01/2000 Bei der Do 328 sollten die Staurohre so verändert werden, dass es während des Fluges, auch bei kurzzeitigem Aufenthalt in schweren Vereisungsbedingungen, bei eingeschalteter Staurohrheizung nicht zum Eisansatz an den Staurohren kommt.
- 02/2000 Im AOM und AFM der Do 328 sollten Handlungsvorgaben für den doppelten und dreifachen Ausfall der Geschwindigkeitsanzeigen aufgenommen werden.
- 03/2000 Für alle Luftfahrzeuge mit mehrfachen redundanten Bordsystemen sollte in den Betriebsanweisungen für die Instandsetzung und Nachprüfung der Luftfahrzeugmuster nach einem doppelten oder dreifachen Systemausfall die Durchführung von Sondermaßnahmen (z.B. Befundbeurteilung) vor Wiederinbetriebnahme des Luftfahrzeuges vorgeschrieben sein.

Untersuchungsführer	Krupper
Flugzeugtechnik	Büttner

Herausgeber:
 Bundesstelle für
 Flugunfalluntersuchung
 Hermann-Blenk-Str. 16
 38108 Braunschweig

mail: box@bfu-web.de
 http://www.bfu-web.de
 Tel: 0 531 35 48 0
 Fax: 0 531 35 48 246

Vertrieb:
 Pramme - Media
 Tel: 05307 98 01 55
 Industriestraße 9
 38110 Braunschweig