

Untersuchungsbericht

Identifikation

Art des Ereignisses:	Unfall
Datum:	30. September 2015
Ort:	Saarbrücken
Luftfahrzeug:	Flugzeug
Hersteller / Muster:	Bombardier Inc./DHC-8-402
Personenschaden:	keiner
Sachschaden:	Luftfahrzeug schwer beschädigt
Drittschaden:	keiner
Aktenzeichen:	BFU 15-1354-AX

Sachverhalt

Beim Start auf der Piste 09 des Flughafens Saarbrücken fuhr das Fahrwerk während des Rotierens ein. Das Flugzeug kam ca. 425 m vor dem Pistenende auf dem Rumpf liegend schwer beschädigt zum Stillstand. Personen wurden nicht verletzt.

Ereignisse und Flugverlauf

Die vierköpfige Besatzung war am Unfalltag mit einem Flugzeug Bombardier DHC-8-402 für Flüge von Luxemburg (LUX) über Saarbrücken (SCN) nach Hamburg (HAM) und über Saarbrücken zurück nach Luxemburg eingesetzt.

Die Besatzung gab an, dass sie sich gegen 5:30 Uhr¹ zur Flugvorbereitung getroffen habe. Die Flüge bis zum erneuten Start in Saarbrücken seien ohne Vorkommnisse verlaufen. Insgesamt habe eine gute und entspannte Arbeitsatmosphäre geherrscht und man sei vor dem Zeitplan gelegen.

In Saarbrücken erfolgte ein kurzer Stopp zum Aussteigen von 14 Passagieren. An Bord verblieben 16 Passagiere für den Weiterflug nach Luxemburg.

Entsprechend den Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders (CVR), des Flugdatenschreibers (FDR) und den Funkaufzeichnungen wurde um 10:09:47 Uhr², ca. 25 Minuten vor der ursprünglich geplanten Abflugzeit, die Freigabe zum Anlassen der Triebwerke erteilt. Während des Rollens auf dem Rollweg C erfolgte um 10:15:03 Uhr die Startfreigabe. Auf der Piste 09 wurde um 10:15:33 Uhr der „Into Position“-Check durchgeführt. Der verantwortliche Pilot hatte die Funktion des Pilot Flying (PF), die Copilotin war Pilot Non Flying (PNF). Es war ein Start mit reduzierter Triebwerksleistung von 81% geplant. Im Start erfolgten folgende Callouts:

10:16:24	PF	take off, my controls
10:16:25	PNF	your controls
10:16:27	PNF	spoiler is closed
10:16:30	PNF	autofeather armed
10:16:33	PF	looks like spring
10:16:35	PNF	yeah, power is checked
10:16:36	PNF	80 knots
10:16:37	PF	checked
10:16:40	PNF	V ₁ , rotate
10:16:42	Background	click sound, probably gear lever UP
10:16:43	PNF	upps, sorry

Mit einer ca. 5 Grad angehobenen Rumpfnase, beim Rotieren mit ca. 127 KIAS, fuhr das Fahrwerk ein. Das Flugzeug berührte um 10:16:44 Uhr zuerst mit dem Heck den Boden (Tailstrike). Der „Tailstrike“-Warner löste aus. Nach dreimaligem Aufsetzen und Rutschen auf dem Rumpfboden kam das Flugzeug ca. 875 m nach der ersten Bodenberührung zum Stillstand.

1 Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen Ortszeit

2 Die angegebenen Zeiten der CVR-Aufzeichnung wurden anhand der Funkübertragungszeiten ermittelt

Nach Angaben der Kabinenbesatzung wurde aufgrund der entstandenen Rauch- und Geruchsentwicklung in der Kabine des Flugzeug augenblicklich evakuiert. Alle Passagiere und die Besatzung verließen selbstständig und unverletzt das schwer beschädigte Flugzeug.

Angaben zu Personen

Verantwortlicher Pilot

Der 45-jährige verantwortliche Pilot war im Besitz einer luxemburgischen Lizenz für Verkehrspiloten (ATPL (A)) gemäß Teil-FCL. In die Lizenz waren die Musterberechtigung als verantwortlicher Pilot auf DHC8 sowie die Instrumentenflugberechtigung eingetragen, jeweils gültig bis 29.02.2016.

Sein medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1 war zuletzt am 30.06.2015 ausgestellt worden und bis 05.07.2016 gültig.

Er hatte eine Gesamtflugerfahrung von ca. 11 927 Stunden, davon 3 649 Stunden auf dem Muster DHC8. In den letzten 90 Tagen war er ca. 98 Stunden auf dem Muster geflogen.

Copilotin

Die 27-jährige Copilotin war im Besitz einer luxemburgischen Lizenz für Berufspiloten (CPL (A)) gemäß Teil-FCL. In die Lizenz waren die Musterberechtigung als Copilot auf DHC8 sowie die Instrumentenflugberechtigung eingetragen, jeweils gültig bis 31.07.2016. Zusätzlich waren die Nachtflugberechtigung und Multi Crew Cooperation (MCC) - Ausbildung eingetragen.

Ihr medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1 war zuletzt am 30.01.2015 ausgestellt worden und bis 02.02.2016 gültig.

Sie hatte eine Gesamtflugerfahrung von ca. 3 295 Stunden. Bei ca. 1 200 Flügen war sie in der Funktion als PNF tätig. Mit dem Muster DHC8 war sie ca. 1 483 Stunden geflogen. Hierbei war sie bei ca. 580 Flügen in der Funktion als PNF tätig. In den letzten 90 Tagen war sie ca. 161 Stunden auf dem Muster geflogen.

Der Unfalltag war der erste Flugdiensttag nach einem 16 tägigen Urlaubszeitraum.

Angaben zum Luftfahrzeug

Das Muster DHC-8-402 des Herstellers Bombardier Inc. ist ein zweimotoriges Turboprop Verkehrsflugzeug in Metallbauweise, das 1995 musterzugelassen wurde. Das Flugzeug ist als Schulterdecker ausgelegt, hat ein T-Leitwerk und verfügt über zwei PW 150A Triebwerke des Herstellers Pratt & Whitney Canada Inc. Die maximale Abflugmasse beträgt 28 990 kg.

Das Flugzeugmuster verfügt über ein elektronisch gesteuertes, hydraulisch betätigtes Dreibein-Einziehfahrwerk mit Zwillingsbereifung. Die Hauptfahrwerke werden nach hinten in die Triebwerksgondeln an den Tragflächen eingefahren. Das Bugrad fährt nach vorne in die Rumpfnase ein. Eine sogenannte Proximity Sensor Electronics Unit (PSEU) überwacht und steuert den Ein- bzw. Ausfahrvorgang in Verbindung mit Weight-on-Wheels(WOW)-Sensoren. Der Bedienhebel für das Ein- und Ausfahren des Fahrwerks befindet sich rechts der Mitte im Cockpit. Anzeigeleuchten signalisieren den Zustand der Fahrwerksklappen und die Position des Fahrwerks. Zur Betätigung des Fahrwerkhebels muss gleichzeitig der rote „Lock Release“-Knopf heruntergedrückt werden. Der Fahrwerkshebel leuchtet gelblich hell nach der Betätigung, bis die Position des Fahrwerks der Hebelstellung (UP bzw. DN) entspricht.

Das Design der Fahrwerksbedieneinheit, des Fahrwerkshebels, des „Lock Release“-Knopfes und der Anzeigen, stammt bereits aus den 70er Jahren und wurde erstmals im Muster de Havilland Canada DHC-7 (Dash 7) verwendet.



Position Fahrwerkshebel, Lock Release und Anzeigeleuchten im Cockpit

Foto: BFU

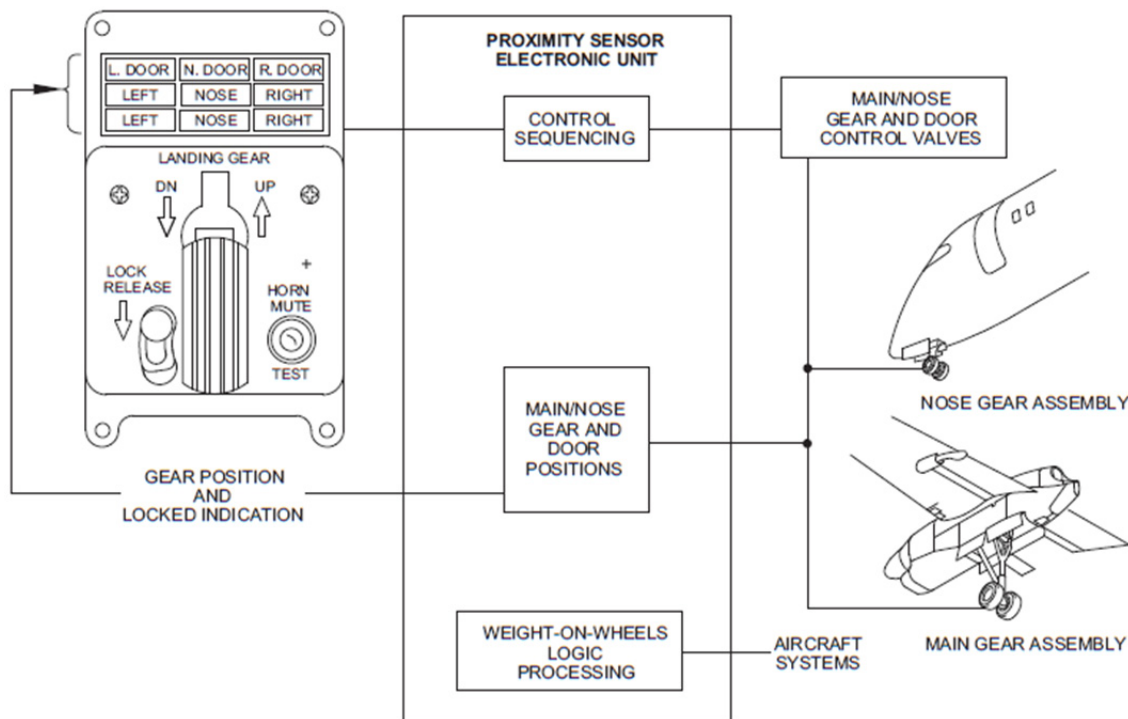
Die V_{LO} (Landing gear operation) beträgt 200 kt und die V_{LE} (Landing gear extended) 215 kt.

Schematische Beschreibung des Herstellers (Auszug 12.13 (ATA 32) LANDING GEAR):

Retraction Sequence

When the landing gear selector lever is selected to the UP position, hydraulic pressure from No. 2 system is applied to the retract side of the system (Figure 12.13-19). This opens the nose gear forward doors and retracts the nose gear, it also opens the main gear aft doors and retracts the main gear. The aft nose gear doors are mechanically linked and close with the retracting nose gear. After nose gear retraction, the forward nose gear doors close hydraulically. The forward main gear doors are mechanically linked and close with the retracting main gear. After main gear retraction, the aft main gear doors close hydraulically.

The advisory light sequence during retraction starts with the LEFT, NOSE and RIGHT red unsafe lights and the amber selector handle light coming on. At the same time, the green LEFT, NOSE and RIGHT lights go off to show the gear is not locked down. The amber door advisory lights come on to show the hydraulically operated gear doors are open. When the landing gear is retracted and locked in the up position, the amber selector handle light and red advisory lights go out. Finally, the amber gear door advisory lights go out to show all the hydraulic gear doors have closed. No advisory lights should be on if the gear is up correctly. The main and nose gear are held in the up position mechanically with uplocks, and hydraulic pressure is removed from the system.



Das Flugzeugmuster wurde zugelassen nach Part 25 - AIRWORTHINESS STANDARDS: TRANSPORT CATEGORY AIRPLANES. Zulassungsspezifikationen für das Einziehfahrwerk sind in Sec. 25.729 bzw. CS 25.729 - Retracting Mechanism - festgelegt. Hier sind u.a. Vorgaben über Anzeigen und Warnvorrichtungen zur Vermeidung von Landungen mit nicht ausgefahrenem Fahrwerk enthalten. Vorgaben bezüglich der Gefahr des Einfahrens von Fahrwerken am Boden sind nicht enthalten. Nach Auskunft des Herstellers und der European Aviation Safety Agency (EASA) sind vergleichbare Unfälle mit dem Muster DHC-8-402 bis heute nicht bekannt.

Das betroffene Flugzeug mit der Werknummer 4420, Baujahr 2012, war in Luxemburg zum Verkehr zugelassen. Die Bescheinigung über die Prüfung der Lufttüchtigkeit (ARC) wurde zuletzt am 21.10.2014 ausgestellt und war bis 30.10.2015 gültig. Die Gesamtbetriebszeit betrug ca. 7 131 Stunden. Die Abflugmasse in Saarbrücken betrug ca. 21 700 kg. Die entsprechende V_1 (Takeoff decision speed) betrug 112 kt und die V_R (Rotation speed) 115 kt.

Meteorologische Informationen

Die zum Zeitpunkt des Starts gültige Routinewettermeldung (METAR) von 09:50 Uhr des Flughafens Saarbrücken lautete:

Wind: 070°/15 kt, TEMPO 060°/15G25kt
Sicht: größer als 10 km
Bewölkung: keine Bewölkung unterhalb 5 000 ft (CAVOK)
Temperatur: 10 °C
Taupunkt: 4 °C
Luftdruck (QNH): 1 030 hPa

Funkverkehr

Der Funkverkehr mit dem Turm am Flughafen Saarbrücken wurde aufgezeichnet und stand der BFU zur Auswertung zur Verfügung.

Angaben zum Flugplatz

Der Verkehrsflughafen Saarbrücken (EDDR) befindet sich vier nautische Meilen (NM) südöstlich des Zentrums der Stadt Saarbrücken. Er liegt auf einer Höhe von 1 058 ft AMSL.

Der Flughafen verfügt über eine 1 990 m x 45 m Asphaltpiste und eine 545 m x 50 m Graspiste jeweils mit der Ausrichtung 086°/266°. Vom Vorfeld führen drei Rollwege (A, B, C) zur Asphaltpiste.

Flugdatenaufzeichnung

Der Flight Data Recorder (FDR) und der Cockpit Voice Recorder (CVR) wurden von der BFU sichergestellt und ausgewertet (FDR Auszug – Daten des Startlaufs, siehe Anlage).

FDR:

Hersteller: Universal Avionics
Typ: SSFDR
Part Number: 1606 – 00 - 01
Serial Number: 550
Aufzeichnung: 260 Parameter, 500 Stunden

CVR:

Hersteller: Universal Avionics
Part Number: 1607 – 00 - 00
Serial Number: 442
Aufzeichnung: vier Monodateien, 120 Minuten

Die Recorder waren unbeschädigt. Es waren alle aufgezeichneten Parameter lesbar. Die Aufzeichnungen beider Recorder brachen vor Stillstand des Flugzeugs um 10:16:50 Uhr ab.

In diesem Zusammenhang wurde der zugehörige Beschleunigungsschalter (Inertia Switch, Part Number 3LO-881/5.5), der im Falle eines Unfalls mit hohen Beschleunigungswerten (größer 5,5 g) die Stromzufuhr der Recorder trennen soll, zur Überprüfung aus dem Flugzeug ausgebaut und beim Hersteller am 03.12.2015 unter Aufsicht der amerikanischen Flugunfalluntersuchungsbehörde (NTSB) überprüft. Bei dem Funktionstest und der Überprüfung der Auslösekraft wurden keine Mängel festgestellt.

Bei mehreren Unfalluntersuchungen in der Vergangenheit (z.B. BFU 3X010-13, NTSB CEN13FA192, TSB A09A0016 und TSB A07A0134) wurde vorzeitiges Abschalten der Recorder aufgrund eingebauter Beschleunigungsschalter festgestellt. Aufgrund fehlender Informationen für die Unfalluntersuchung schrieb z.B. das TSB:

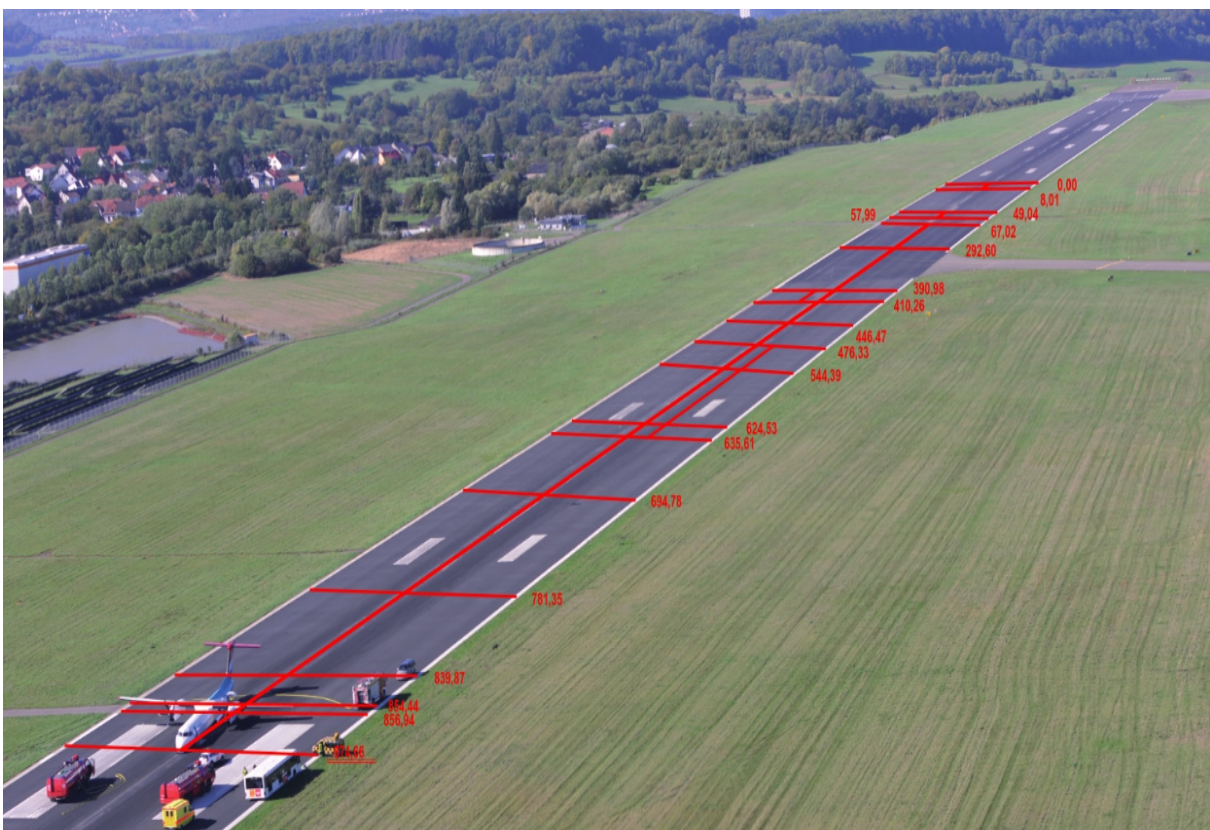
The European Organization for Civil Aviation Equipment (EUROCAE) document ED112, Minimum Operational Performance Specification for Crash Protected Airborne Recorder Systems issued in March 2003 states that negative acceleration sensors (g-switches) shall not be used because their response is not considered to be reliable. In addition, the UK Air Accidents Investigation Branch (AAIB) issued Safety Recommendation 2008-074 which states: It is recommended that the Federal Aviation Administration and the European Aviation Safety Agency review the certification requirements for automatically stopping flight recorders within 10 minutes after a crash impact, with a view to including a specific reference prohibiting the use of 'g' switches as a means of compliance as recommended in ED112 issued by EUROCAE Working Group 50.

Aufgrund der Feststellungen und Diskussionen im Rahmen der Beschleunigungsschalteruntersuchung kam der Hersteller zu folgender Feststellung:

To this end, Inertia Switch is committed to updating their g-switch product line to incorporate time-delay features that would continue to supply power to the system for a predetermined interval following a switch activation. Preliminary designs for this change are already in progress.

Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug

Das Flugzeug kam nach drei Aufschlägen und einer durchgängigen Rutschstrecke von ca. 807 m auf Höhe der PAPI-Anlage der Piste 27 zirka mittig der Piste zum Liegen.



Übersicht Rutschspur und Endlage des Flugzeugs

Skizze und Foto: Flughafen

Das Flugzeug lag aufrecht auf dem Rumpfboden. Das Hauptfahrwerk war vollständig eingefahren und die Fahrwerksklappen an den Triebwerksgondeln waren geschlossen. Das Bugfahrwerk war eingefahren, die vorderen Bugfahrwerksklappen waren geöffnet und beschädigt. Der Fahrwerkshebel im Cockpit stand auf UP, d.h. auf Einfahren. Die Propellerplätter des linken Propellers waren um ca. 40 cm und die des rechten Propellers um ca. 1 cm verkürzt. Entsprechende Propellereinschlagsmarken waren auf der Piste vorhanden. Die linke seitliche Finne unterhalb des Rumpfes war auf ganzer Länge um ca. 3 cm abgeschliffen. Der Rumpfboden war ab ca. 2 m hinter dem Bugfahrwerk bis auf Höhe der hinteren Gepäckraumtür zerkratzt, eingedrückt bzw. komplett durchgeschliffen.



Schaden an der Unterseite des Rumpfes in Flugrichtung

Foto: BFU

An Bord des Flugzeugs befanden sich ca. 1 630 kg Kraftstoff. Es lief kein Kraftstoff aus.

Nach der Bergung wurde das Flugzeug aufgebockt und die Funktion des Einziehfahrwerks überprüft. Bei mehrfachen Tests ergaben sich keine Hinweise auf eine Fehlfunktion des Fahrwerks, der Bedienelemente oder der Anzeigen.

Es wurde festgestellt, dass das Fahrwerk bereits einfährt, wenn das Bugfahrwerk in der Luft ist (Weight-on-Wheel switches -> air), jedoch die Hauptfahrwerke noch am Boden sind (WOW switches -> ground). Nach Auskunft des Design-Verantwortlichen entsprach dies der Design-Logik.

Brand

Es gab keinen Hinweis auf ein Feuer im Startlauf oder nach dem Unfall.

Organisationen und deren Verfahren

Der Halter des Luftfahrzeugs war eine vom Direction de l'Aviation Civile, Luxemburg, genehmigte Fluggesellschaft.

Der Halter hatte im Operation Manual (OM) Verfahren für die Besatzungen u.a. für die Zusammenarbeit und in Bezug auf den Start festgelegt.

Im OM-Teil A Kapitel 8.3.20 General cockpit procedures war festgelegt:

300 Co-operation between crew members

Since crews are constantly changing, it is necessary to facilitate the teamwork by strict adherence to the [...] Standard Operating Procedures, as prescribed in OM Part A and B.

[...] crew members shall use standardized verbal callouts during each phase of flight. Standard callouts are used to improve crosscheck, coordination and mutual crew member awareness and are typically used to:

- Give command, delegate a task;
- Acknowledge a command or confirm receipt of an information;
- Challenge and respond to checklist items;
- Call a change of an indication
- Identify a specific event;
- Identify exceedances. [...]

Im OM Teil A Capital 8.3.22 Cockpit procedures – take off war festgelegt:

100 General

Take-off must only be performed under such conditions that it can be either safely discontinued or continued should an engine fail.

The actual figures for V_1 , V_R , V_2 shall be determined by both pilots individually and then be compared.

These speeds shall be called out distinctly by the PNF. Callouts and procedures are contained in OM Part B for the respective aeroplane types.

Standard take-off procedures as laid down in the operational documentation of OM Part B are based on operational capabilities of the respective aeroplane and noise abatement procedures.

Monitoring and cross-checking of the flight instruments during take-off and climb-out (especially in IMC or darkness) is a "must" for the following reasons:

take-off during darkness but in good visibility has led to accidents because the PF took his reference outside the cockpit only and perceived the take-off acceleration as a positive rate of climb.

take-off and climb-out procedures require considerable nose-high attitude. Should the artificial horizon of the PF fail in such a phase without being readily noticed, the aeroplane might come immediately into a very dangerous situation.

Since some instruments react slowly, only a continuous monitoring and cross-checking of all available flight instruments (especially the artificial horizon, IAS, rate of climb indicators and altimeter) provides the correct information for a particular situation. The PNF must help the PF to perform this difficult task and shall therefore restrict other cockpit work to the bare minimum required during take-off and the initial climb-out phase.

Im OM-Teil B waren Verfahren in Bezug auf den Betrieb des Musters DHC-8-402 festgelegt. Im Kapitel 2 waren die Normal Procedures in Kurzform als Checkliste, in Kapiteln in Langform mit beschreibendem Text, Strichaufzählungen und mit Callouts beschrieben.

600 Take off roll callouts

CAPTAIN	COPILOT
After line-up, checks heading / elevation and announces: "RUNWAY HEADING AND ELEVATION CHECKED"	
	Replies: "CHECKED"
Just before advancing the power levers announces: "TAKEOFF, YOUR / MY CONTROLS"	
	Replies: "YOUR / MY CONTROLS"
Advances slowly the power levers to RATING detent.	
PF	PNF
	Observes spoiler advisory lights go out, PFCS indication on MFD show spoilers retracted and announces: "SPOILERS CLOSED"
	Checks A/F ARM annunciation on ED and announces: "AUTOFEATHER ARMED"
	Checks torque matching the torque bugs. Verifies normal engine indications and announces: "POWER CHECKED"
	At 80 KIAS announces: "80 KNOTS"
Replies: "CHECKED"	

The cross-check of the engine instruments during the takeoff roll is performed by the PNF.

700 Take off callouts

PF	PNF
	At V_1 announces: "V ₁ "
	At V_R announces: "ROTATE"
Rotates to 8° to achieve lift off. After lift off continues to a minimum pitch attitude of 10° to achieve V_{FTO} .	When positive climb is indicated on the flight instruments announces: "POSITIVE CLIMB"
Requests: "GEAR UP"	
Climbs with V_{FTO} .	Selects landing gear up and replies: "GEAR UP SELECTED"
	Checks gear up, no lights and announces: "GEAR UP AND LOCKED"
For FMS departure, requests: "SELECT LNAV"	
	Presses NAV, checks LNAV on FMA and announces: "LNAV SELECTED"
Requests: "SELECT INDICATED AIRSPEED, SET V_{FTO} "	
	Selects IAS, sets V_{FTO} , checks on FMA and announces: "INDICATED AIRSPEED SELECTED, V_{FTO} SET"

The PNF monitors flight instruments and flight path.

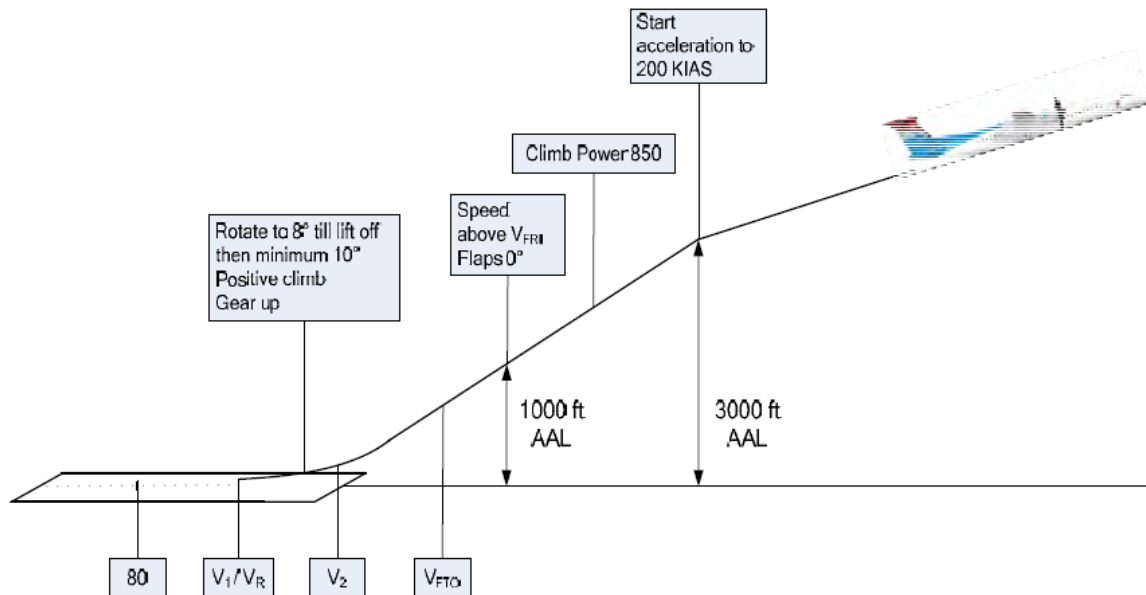
NOTE:

"POSITIVE CLIMB" will be announced when the flight instruments clearly indicate that the airplane is climbing (VSI, altimeter). This is particularly important when taking off in low visibility or low ceiling weather conditions.

900 Normal take off profile

The following profile summarize the major actions performed by the crew.

Callouts and additional actions to be performed by the crew are not detailed in the profile.



Im Kapitel 3.5 Engine Failure in takeoff war festgelegt: [...] *The gear must be retracted as soon as a positive rate of climb is established.* [...]

Zusätzliche Informationen

Aufgrund des Unfalls wurden dreißig zufällig ausgewählte Flüge aus den letzten drei Monaten vor dem Ereignis anhand der gespeicherten Quick-Access-Recorder(QAR)-Daten in Bezug auf den Einfahrzeitpunkt des Fahrwerks beim Start mithilfe des Operational Flight Data Monitoring Program (OFDM) untersucht. Zusätzlich wurden zehn Starts auf der Piste 09 in Saarbrücken nachträglich untersucht. Ergänzend wurden alle Flüge (29) der Copilotin seit dem 05.08.2015 in der Funktion als PNF nachträglich betrachtet. In allen Fällen wurden der Zeitpunkt der Pitch-Applikation zum Rotieren, die Steigrate und die Radarhöhe betrachtet. Im Ergebnis waren bei allen ausgewerteten Flügen keine Hinweise auf ein zu frühes Betätigen des Fahrwerkshebels festzustellen.

Zusätzlich wurden Besatzungen des Unternehmens, die das betroffene Muster fliegen, gefragt in wie weit ihnen die Einfahrlogik des Fahrwerks bekannt ist. Alle Befragten gingen davon aus, dass das Fahrwerk nicht am Boden eingefahren werden kann.

Dass das Fahrwerk bereits einfahren kann, wenn nur das Bugrad in der Luft ist, war ihnen nicht bewusst.

Im vom Unternehmen genutzten Flugsimulator wurde das zu frühe Betätigen des Fahrwerkhebels auf UP bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (vor V_1 , nach V_1 , vor V_R , nach V_R) mit angehobener Rumpfnase nachgestellt. Bei allen Versuchen fuhr das Fahrwerk nicht am Boden im Startlauf ein bzw. sackte das Heck des Flugzeugs nicht bis zum Bodenkontakt durch. Jedes Mal war ein normaler Abflug möglich.

Flugunfälle mit Einziehfahrwerken

Nach Angaben der US-amerikanischen Luftfahrtbehörde (FAA) ereigneten sich zwischen 2002 und 2006 in den USA 1 878 Unfälle im Zusammenhang mit Einziehfahrwerken, von denen 1 777 keine technische Ursache hatten. Der Großteil der Unfälle ereignete sich aufgrund eines nicht ausgefahrenen Fahrwerks bei der Landung. Ein zu frühes Einfahren des Fahrwerks während des Startlaufs war vergleichsweise selten. Nach dem Advisory Circular (AC 20-34D) der FAA von 1980 gab es im Jahr 1979 106 Unfälle im Zusammenhang mit Einziehfahrwerken, von denen sich 2,8 % aufgrund zu frühem Einfahrens beim Start ereigneten. Insgesamt wurde bei 63 % der Unfälle „Human Factor“ als Ursache festgestellt.

Vergleichbare Unfälle ereigneten sich in der Verkehrsluftfahrt selten. Beispiele für zu frühes Einfahren des Fahrwerks während des Starts:

- 1959, Addis Ababa-Lideta Airport, Fokker F27
- 1974, Southend Municipal Airport, DC 6B
- 1985, Hot Springs Airport, SA226TC Metro
- 2006, Buenos Aires Newbury Airport, SA227AC Metro III
- 2010, Tallinn Ülemiste Airport, AN-26B

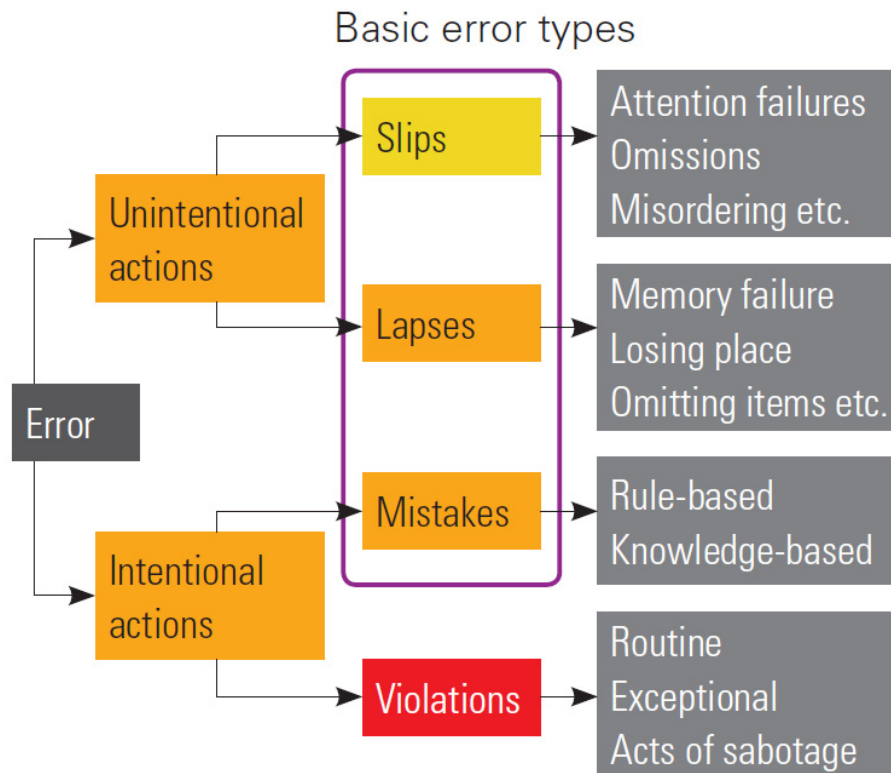
Human Error

In der Vergangenheit wurden vielfache Untersuchungen und Studien zum Thema „Human Error“ im Zusammenhang mit Flugunfällen durchgeführt bzw. zur Erhöhung der Flugsicherheit erarbeitet. Im Folgenden werden einzelne Auszüge zitiert:

Australian Civil Aviation Safety Authority: SMS for Aviation–Human Factors a Practical Guide

Making errors is about as normal as breathing oxygen. (James Reason)

Error is a normal and natural part of everyday life—it is generally accepted that we will make errors daily. In fact, research suggests that we make between three to six errors every waking hour, regardless of the task being performed.



Adapted from Human Error, J. Reason, Cambridge University Press, Cambridge (1992).

Managing error: If you want to find actual solutions for the problems human errors cause, you often need large systemic changes. [...] Another way is for you to build error tolerance into the system—limiting the consequences of errors when they do occur. This involves adopting a broad organisational approach to error management, rather than focusing solely on the individuals making the errors. [...]

For example, the most common types of errors (slips and lapses) involve attention, vigilance and memory problems. Therefore, developing procedures (checklists that act as memory aids), designing human-centred equipment (alarms and warning devices if operationally critical items are forgotten) and training programs to raise awareness of human factors issues, are all common tools.

Health and Safety Executive: Reducing error and influencing behaviour

Accidents can occur through people's involvement with their work. As technical systems have become more reliable, the focus has turned to human causes of

accidents. It is estimated that up to 80% of accidents may be attributed, at least in part, to the actions or omissions of people. [...] We all make errors irrespective of how much training and experience we possess or how motivated we are to do it right. Failures are more serious for jobs where the consequences of errors are not protected. However, errors can occur in all tasks, not just those which are called safety-critical.

Active failures have an immediate consequence and are usually made by front-line people such as drivers, control room staff or machine operators. In a situation where there is no room for error these active failures have an immediate impact on health and safety.

Errors fall into three categories: slips, lapses and mistakes. Slips and lapses occur in very familiar tasks which we can carry out without much need for conscious attention. These tasks are called 'skill-based' and are very vulnerable to errors if our attention is diverted, even momentarily. Driving a car is a typical skill-based task for many of us. Slips and lapses are the errors which are made by even the most experienced, well-trained and highly-motivated people. [...]

Slips are failures in carrying out the actions of a task. They are described as 'actions-not-as-planned'. Examples would be: picking up the wrong component from a mixed box, operating the wrong switch, transposing digits when copying out numbers and misordering steps in a procedure. Typical slips might include: performing an action too soon in a procedure or leaving it too late; omitting a step or series of steps from a task [...]

Everyone can make errors no matter how well trained and motivated they are. Sometimes we are 'set up' by the system to fail. The challenge is to develop error-tolerant systems and to prevent errors from occurring. [...]

Airbus, Flight Operations Briefing Notes, Human Performance - Error Management:

Slips and lapses are failures in the execution of the intended action. Slips are actions that do not go as planned, while lapses are memory failures. For example, operating the flap lever instead of the (intended) gear lever is a slip. Forgetting a checklist item is a lapse. [...]

Slips and lapses typically emerge at the skill-based level. There are several known mechanisms behind slips and lapses. It is known, for example, that mental

“programs” which are most commonly used, may take over from very similar programs, which are less frequent or exceptional. [...]

Slips are usually easy to detect quickly and do not have immediate serious consequences due to in-built system protections.

Lapses may be more difficult to detect, and therefore may also be more likely to have consequences. [...]

One common false assumption is that errors and violations are limited to incidents and accidents. Recent data from Flight Operations Monitoring (e.g. LOSA) indicate that errors and violations are quite common in flight operations. According to the University of Texas LOSA database, in around 60% of the flights at least one error or violation was observed, the average per flight being 1.5.

A quarter of the errors and violations were mismanaged or had consequences (an undesired aircraft state or an additional error). The study also indicated that a third of the errors were detected and corrected by the flight crew, 4% were detected but made worse, and over 60% of errors remained undetected. This data should underline the fact that errors are normal in flight operations and that, as such, they are usually not immediately dangerous. [...]

Real solutions for human error require systemic improvements in the operation. One way consists of improving working conditions, procedures, and knowledge, in order to reduce the likelihood of error and to improve error detection. Another way is to build more error tolerance into the system, i.e. limit the consequences of errors.

Error Prevention aims at avoiding the error all-together. This is possible only in some specific cases and, almost without exception, requires design-based solutions. [...]

Error Tolerance aims at making the system as tolerant as possible towards error, i.e. minimizing the consequences of errors.

Beurteilung

Flugverlauf/Ereignis

Der Unfall ereignete sich im Rahmen eines Flugumlaufs von Luxemburg nach Hamburg und zurück, mit jeweils einem kurzen Zwischenstopp in Saarbrücken. Die Besatzung beschrieb, dass es bis zum Unfall keine Probleme bei den Flügen des Tages gegeben habe. Vielmehr sei es insgesamt ein sehr entspannter Tag ohne technische Probleme, ohne zeitlichen Stress, ohne Verkehrsprobleme oder schwierige Passa-

giere gewesen. Man habe sich schon auf das nahe, vorzeitige Dienstende nach Abschluss des kurzen Fluges nach Luxemburg gefreut.

In Saarbrücken stiegen nur Passagiere aus und man war frühzeitig wieder abflugbereit. Nach erfolgreicher Koordinierung für einen vorgezogenen Start erhielt die Besatzung die Anlassfreigabe. Während des Rollens wurde bereits die Startfreigabe erteilt. Nach einem kurzen Stopp in Position auf Piste 09 wurde für den Start beschleunigt. Die Auswertungen der Recorder und die Befragungen der Besatzung ergaben, dass beim Startlauf des Flugzeugs, nach Erreichen der Rotationsgeschwindigkeit, der Fahrwerkshebel im Cockpit auf UP gelegt wurde und das Fahrwerk beim Rotieren des Flugzeugs, mit angehobener Rumpfnase, einfuhr.

Ohne das stützende Hauptfahrwerk schlug das Heck des Flugzeugs auf die Piste auf. Die aufgezeichneten Daten des FDR und der Bodenkontakt des Tailstrike-Warners bei ca. 5° nose up belegen, dass das Hauptfahrwerk nach hinten klappte und einfuhr, bevor das Flugzeug den üblichen Rotationsanstellwinkel von ca. 8° nose up erreicht hatte. Infolge des Tailstrikes prallte das Heck vom Boden ab. Hierdurch wurde der Anstellwinkel augenblicklich reduziert, obwohl weiterhin eine gezogene Steuereingabe seitens des Pilot Flying bestand. Somit genügte der Anstellwinkel trotz erreichter Rotationsgeschwindigkeit und unverminderter Triebwerksleistung noch nicht, um genügend Auftrieb für ein Abheben des Flugzeuges zu erzeugen.

Nach Realisierung des Ereignisses reduzierte der Pilot Flying die Triebwerksleistung und versuchte, das Flugzeug auf der Piste zu halten und zu stoppen.

Im Rutschen auf der Piste entstand nach Angaben der Kabinenbesatzung Rauch und beißender metallischer Geruch, der sie veranlasste unmittelbar nach Stillstand des Luftfahrzeugs die Türen zu öffnen und das Flugzeug zu evakuieren.

Besatzung

Beide Piloten verfügten über die vorgeschriebenen Lizenzen und Überprüfungen. Beide hatten eine große Erfahrung auf dem Muster und in der jeweiligen Rolle als Pilot Flying oder Pilot Non Flying.

Für die Copilotin (PNF) war der Unfalltag der erste Flugdiensttag nach einem mehrwöchigen Urlaub. Der verantwortliche Pilot (PF) hatte mehr als 16 Stunden Ruhezeit vor dem Flugdienstantritt am Unfalltag. Bis zum Unfall hatten beide weniger als fünf Stunden Flugdienstzeit absolviert. Anzeichen einer Ermüdung ergaben sich aus den Gesprächsaufzeichnungen nicht.

Die Besatzung kommunizierte freundlich in englischer Sprache miteinander, wobei sich die Kommunikation im Wesentlichen auf die fliegerischen Tätigkeiten bezog. Sowohl beim Anlassen der Triebwerke, dem Rollen, dem Start usw. ergaben die Aufzeichnungen, dass die Verfahren des Betriebshandbuchs angewendet wurden. Die entsprechenden Checks (After Start, Bevor Take Off, Into Position usw.) wurden durchgeführt und die Checklisten im „Challenge and Response“ Verfahren zwischen PF und PNF verwendet. Die zweistündigen CVR-Aufzeichnungen ergaben, dass Handlungen, Checks, Verfahren usw. zügig, handlungssicher und situationsentsprechend nach den Vorgaben durchgeführt wurden.

Human Error

Jedem Piloten bzw. jeder Flugbesatzung ist bewusst, dass das Einziehfahrwerk eines Flugzeugs vor der Landung ausgefahren werden muss bzw. nicht am Boden eingefahren werden darf.

Dennoch ereignen sich Unfälle im Zusammenhang mit Einziehfahrwerken ohne technische Ursache. Der Großteil dieser Unfälle ereignete sich aufgrund eines nicht ausgefahrenen Fahrwerks bei der Landung. Ein zu frühes Einfahren des Fahrwerks während des Startlaufs ist vergleichsweise selten.

Zum Unfallzeitpunkt herrschte gutes Wetter, es gab keine technischen Probleme bei den drei vorherigen Flügen, in Saarbrücken gab es keinen weiteren Verkehr, das Flugzeug war aufgrund der wenigen Passagiere und der Kraftstoffmenge vergleichsweise leicht und es herrschte eine gute Stimmung an Bord. Insgesamt war wahrscheinlich das Erregungsniveau beim Flugantritt innerhalb der erfahrenen Besatzung für den geplanten kurzen Flug (ca. 15 Minuten) zum Heimatflugplatz gering. Daher kann aus Sicht der BFU nicht ausgeschlossen werden, dass am Unfalltag seitens der Copilotin (PNF) eine verminderte Aufmerksamkeit im Startlauf des vierten Starts innerhalb von weniger als vier Stunden vorlag.

Der im Take-off-Callout-Ablaufverfahren vorzeitige, nicht angeforderte, Griff zum Fahrwerksbedienhebel kam für den PF überraschend und unvorhersehbar. Die Copilotin konnte sich ihre Handlung im Nachhinein nicht erklären.

In Publikationen über Human Performance und Error Management (siehe Seite 16 ff) wird eine solche Handlung als Slip beschrieben. Es handelt sich dabei um eine Fehlhandlung, die ungewollt, vorher ungeplant in einem prinzipiell richtigen, bekannten, häufig trainierten oder häufig wiederholten Handlungsablauf ausgeführt wird. Beson-

ders Abläufe, die aufgrund der häufigen Wiederholungsrate eine verminderte Aufmerksamkeit hervorrufen sind anfällig für diese Art von Fehler.

Zusätzliches Training und Überprüfungen greifen nicht, da niemand solchen Fehlern gegenüber immun ist. Als Lösungsansatz wird daher in der Regel ein fehlertolerantes Design, eine Warneinrichtung zum Erkennen einer Fehlhandlung oder eine technische Lösung vorgeschlagen.

Flugzeug

Das Flugzeug war entsprechend den luftrechtlichen Vorgaben zugelassen und kontinuierlich instandgehalten worden. Bei dem Unfall wurde es schwer beschädigt.

Bei der Überprüfung des Fahrwerks nach der Bergung des Flugzeugs ergaben sich keine Hinweise auf eine Fehlfunktion.

Die Untersuchung ergab, dass die Fahrwerkshebelbedienung unüblich ist im Vergleich zu anderen Designs in der Verkehrsluftfahrt. Bei diesem Hebel muss grundsätzlich bei jeder Betätigung gleichzeitig ein Lock-Release-Knopf gedrückt werden. Ansonsten ist der Hebel gesperrt. Dies sollte nach Angaben des Herstellers ein ungewolltes Betätigen am Boden, z.B. durch ein Gegenschlagen mit dem Knie, verhindern. Bei Betätigung des Lock-Release-Knopfes ist eine Betätigung des Fahrwerkhebels am Boden auf UP möglich. Infolgedessen würde der Fahrwerkshebel aufgrund des „disagreement“ zwischen Hebelposition und Fahrwerksposition leuchten. Bei anderen Verkehrsflugzeugen (B737, EMB145, A320, Fokker 50 usw.) gibt es ähnliche Lock-Override Knöpfe/Schalter nur für den Notfall, um die normale automatische Sperre bei einer Blockade oder ähnlichem zu umgehen. Im Normalbetrieb muss der Lock-Override nicht betätigt werden. Eine automatische Sperre verhindert solange eine Betätigung des Bedienhebels am Boden, bis die Sensoren am Fahrwerk das Luftfahrzeug frei vom Boden melden.

Im Weiteren ergab die Untersuchung, dass das Fahrwerk von Seiten der Regelungsdesignlogik einfährt, wenn es vom Cockpit kommandiert wird (Hebel auf UP) und mindestens ein Fahrwerk (Bugrad oder ein Hauptfahrwerk) seitens der Weight-on-Wheels(WOW)-Sensoren frei vom Boden ist. Dies ist beim Rotieren mit angehobener Rumpfnase der Fall.

Die Aufzeichnungen der Recorder (CVR und FDR) brachen beim zweiten Pistenkontakt, wahrscheinlich aufgrund der Aufschlagsenergie bzw. einer Beschleunigungsspitze, ab. Eine Überprüfung des Beschleunigungsschalters ergab keine Fehlfunktionen. Somit muss von einem entsprechend heftigen Aufschlag ausgegangen werden.

Aufgrund der Abschaltung fehlten objektive Daten über den Moment der Triebwerksleistungsreduktion und der Maßnahmen der Besatzung bis einschließlich der Evakuierung des Flugzeugs.

Die BFU kann sich in diesem Zusammenhang nur den bereits ausgesprochenen Empfehlungen der European Organisation for Civil Aviation Equipment (EUROCAE) und der britischen Flugunfalluntersuchungsbehörde (AAIB) anschließen (siehe Seite 8).

Organisation und Verfahren

Der Unfall ereignete sich mit einem gewerblich im Liniendienst betriebenen Verkehrsflugzeug, einer hauptberuflich angestellten Cockpitbesatzung, eines international operierenden Luftfahrtunternehmens. Die Auswahl der Besatzung, die Ausbildung, die Fähigkeitsüberprüfungen und die Diensterteilungen entsprachen den in der Industrie üblichen Standards.

Das Unternehmen verfügte über ein von der luxemburgischen Aufsichtsbehörde genehmigtes Flugbetriebshandbuch. In Bezug auf den Start des Luftfahrzeugs entsprachen die vorgegebenen Callouts, die Handlungen und Verantwortlichkeiten den Vorgaben des AOM des Luftfahrzeugherstellers bzw. international üblichen Verfahren.

Die nachträgliche Auswertung von vierzig zufällig ausgewählten Flügen im Unternehmen mit dem betroffenen Luftfahrzeugmuster mithilfe des Operational Flight Data Monitoring Program ergab keine Hinweise auf sehr frühes Einfahren des Fahrwerks beim Start.

Ein systemisch organisatorischer Mangel in Bezug auf das Betätigen des Einziehfahrwerks oder ein fehlerhaftes Verfahren lagen aus Sicht der BFU nicht vor.

Schlussfolgerungen

Der Flugunfall war auf ein zu frühes Einfahren des Fahrwerks beim Start des Flugzeugs, das seitens der Fahrwerkhebelbedienung und der Einfahr-Regelungslogik nicht verhindert wurde, zurückzuführen.

Beitragende Faktoren waren:

- Ein verringertes Aufmerksamkeitsniveau
- Ein Bruch im Ablauf der Callouts- / Tätigkeitsreihenfolge seitens des PNF
- zu frühes Betätigen des Fahrwerkshebels auf UP

- Regelungsdesignlogik der Einfahrfreigabe des Fahrwerks mit nur einem Rad frei vom Boden

Sicherheitsempfehlungen

Aufgrund des Unfalls hatte das betroffene Luftfahrtunternehmen über die Einführung eines zusätzlichen Callouts vor der Betätigung des Fahrwerkshebels nachgedacht. In mehreren Simulatorflügen wurde dieser zusätzliche Callout während des Starts ausprobiert. Besonders bei eingespielten Notsituationen im Startlauf führte dieser jedoch zu unerwünschten Verzögerungen und Ablenkungen. Daher wurde hiervon wieder Abstand genommen.

Stattdessen hat das Luftfahrtunternehmen ein Übungsszenario im Rahmen der wiederkehrenden Schulungen der Besatzungen eingeführt und eine Ausarbeitung „Lesson Learned“ produziert, die das Bewusstsein der Besatzungen erhöhen sollen.

Im Operational Flight Data Monitoring Program (OFDM) wurde ein „Event-Trigger“ festgelegt, der zukünftig im Rahmen der Auswertung auf ein vorzeitiges Einfahren eines Fahrwerks im operationalen Flugbetrieb aufmerksam macht.

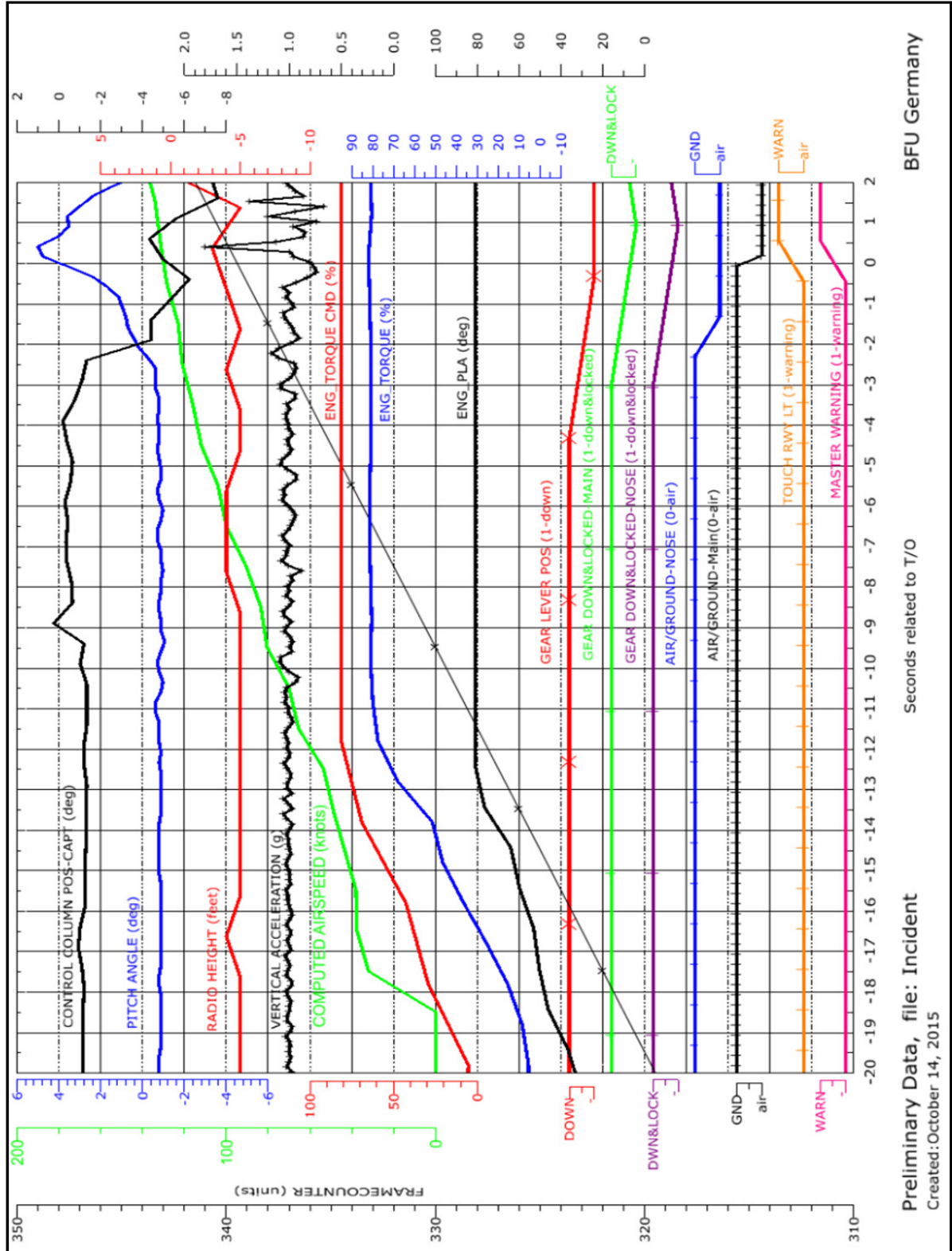
Der Hersteller des Luftfahrzeugs, zugleich Design-Verantwortlicher für das Fahrwerk, hat im Rahmen einer Airworthiness Directive (AD CF-2016-31) der Transportbehörde Kanadas (Transport Canada) mit Wirkung vom 12.10.2016 eine Änderung der Entscheidungslogik der PSEU für das Einfahren des Fahrwerks veranlasst. Mit geänderter Logik der PSEU fährt das Fahrwerk erst ein, wenn alle WOW-Sensoren das Luftfahrzeug frei vom Boden melden. Als Erfüllungszeitraum der AD wurden 18 Monate nach der Veröffentlichung eingeräumt.

Aufgrund dieser Maßnahmen sieht die BFU von der Herausgabe diesbezüglicher Sicherheitsempfehlungen ab.

Untersuchungsführer: Axel Rokohl
Untersuchung vor Ort: Thomas Karge, Axel Rokohl
Mitwirkung: Hans-Werner Hempelmann
Braunschweig den: 31.10.2016

Anlagen

Graphische Darstellung der FDR-Daten des Startlaufs



BFU Germany

Seconds related to T/O

Preliminary Data, file: Incident

Created: October 14, 2015

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluffahrt und 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.

Herausgeber

Bundesstelle für
Flugunfalluntersuchung
Hermann-Blenk-Str. 16

38108 Braunschweig

Telefon 0 531 35 48 - 0
Telefax 0 531 35 48 - 246

Mail box@bfu-web.de
Internet www.bfu-web.de