



Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden schweren Vorfalls wurde eine summarische Untersuchung gemäss Artikel 45 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Februar 2015 (SR 742.161) durchgeführt. Dieser Bericht wurde mit dem Ziel erstellt, dass aus dem vorliegenden Zwischenfall etwas gelernt werden kann.

Luftfahrzeug	Airbus A320-214 B4, MSN 1550	EC-HTD		
Halter	Vueling Airlines S.A., Barcelona, Spanien			
Eigentümer	Vueling Airlines S.A., Barcelona, Spanien			
Kommandant	Italienischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1963			
Ausweis	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane</i> – ATPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA)			
Flugstunden	insgesamt	18 120 h	während der letzten 90 Tage	244 h
	mit dem Vorfallmuster	9040 h	während der letzten 90 Tage	244 h
Copilot	Spanischer Staatsangehöriger, Jg. 1975			
Ausweis	ATPL(A) nach EASA			
Flugstunden	insgesamt	5071 h	während der letzten 90 Tage	176 h
	mit dem Vorfallmuster	3928 h	während der letzten 90 Tage	176 h
Ort	8 NM westlich von Zürich			
Koordinaten	668 270 / 248 760 (<i>SwissGrid</i>) N 47°23'10" / E 008°20'34" (WGS 84)	Höhe	Flugfläche 75	
Datum und Zeit	20. September 2017, 18:44:58 UTC ¹			
Betriebsart	Linienflug			
Flugregeln	Instrumentenflugregeln (<i>Instrument Flight Rules</i> – IFR)			
Abflugort	Zürich (LSZH)			
Bestimmungsort	Barcelona (LEBL)			
Flugphase	Steigflug			
Art des schweren Vorfalls	Ausfall der Navigationsinstrumente			
Personenschaden	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen	
Leicht verletzt	0	0	0	
Nicht verletzt	6	126	-	
Schaden am Luftfahrzeug	Nicht beschädigt			
Drittschaden	Keiner			

¹ UTC: *Universal Time Coordinated*, koordinierte Weltzeit

Sachverhalt

Vorgeschichte

Am Tag vor dem schweren Vorfall wurde auf einem Flug des Verkehrsflugzeuges Airbus A320-214, eingetragen als EC-HTD, die Warnung NAV IR 2 FAULT angezeigt (vgl. Kapitel: Kurzbeschreibung der Navigationsanlagen). Der entsprechende Test am Boden konnte den Fehler nicht bestätigen. Am 20. September 2017 wurden vor dem Flug mit dem schweren Vorfall insgesamt fünf weitere Flüge ausgeführt. Bei all diesen Flügen traten keine technischen Probleme auf.

Flugverlauf

Am 20. September 2017 um 18:41:23 UTC startete die EC-HTD mit dem Flugplankennzeichen VY6249 auf der Piste 28 in Zürich (LSZH) zu einem Linienflug nach Barcelona (LEBL). Für diesen Flug waren der Kommandant als fliegender Pilot (*Pilot Flying* – PF) und der Copilot als überwachender Pilot (*Pilot Monitoring* – PM) eingesetzt. Kurz nach dem Abheben nahm die Flugbesatzung auf der Frequenz 125.950 MHz Kontakt auf zu *Zurich Departure* und erhielt vom Flugverkehrsleiter die Freigabe für einen Steigflug auf Flugfläche (*Flight Level* – FL) 120. Um 18:44:56 UTC wurde die Flugbesatzung vom Flugverkehrsleiter angewiesen, auf die Frequenz 135.675 MHz von *Zurich Radar* zu wechseln.

Um 18:44:58 UTC, noch während der Übermittlung der neuen Frequenz durch den Flugverkehrsleiter, erfolgte eine automatische Ausschaltung von Autopilot (*autopilot*) und automatischer Schubkontrolle (*autothrust*). Die Hauptwarnung (*master warning*) wurde aktiviert sowie der als *cavalry charge* bekannte Signalton ausgegeben, der das Ausschalten des *autopilot* anzeigte und der während der folgenden 21 Sekunden wiederholt ertönte. Der Flugverkehrsleiter übermittelte erneut seine Anweisung zum Frequenzwechsel, worauf der Kommandant antwortete, dass ein kleines Problem vorliege und er um einen kurzen zeitlichen Aufschub bitte («*we have a small issue, standby please*»). Der Copilot äusserte daraufhin seine Verunsicherung bezüglich der Arbeitsteilung. Der Kommandant hielt fest, dass er selbst weiterhin als PF fungieren werde.

Um 18:45:52 UTC sprach der Copilot von einem *computer reset*, was vom Kommandanten mit *ok* quittiert wurde. Im Rapport der Flugbesatzung wurde unter anderem festgehalten, dass ein *computer reset* durchgeführt worden sei; die Beschreibung der dabei durchgeführten Schritte entspricht dem Verfahren für ein Zurücksetzen der Flugweg- und Flugleitrechner (*Flight Management Guidance Computer* – FMGC, vgl. Abbildung 6). Die Aufzeichnungen zeigen, dass die Sicherungsautomaten (*Circuit Breaker* – CB) beider FMGC praktisch gleichzeitig gezogen wurden.

Um 18:46:15 UTC passierte das Flugzeug FL 118 und der Kommandant liess sich vom Copiloten die freigegebene Flughöhe von FL 120 bestätigen. Der Copilot antwortete mit *correctos* und meldete dem Flugverkehrsleiter daraufhin «*maintaining 120, Vueling 6249*», worauf dieser eine Freigabe für FL 230 erteilte. Kurz darauf setzte das Flugzeug seinen Steigflug fort. Um 18:46:32 UTC hielt der Copilot fest: «*Autoflight, autothrust off*» und eine knappe Minute später meldete er: «*Both MCDU², flight directors off.*» Um 18:47:27 UTC erbat der Kommandant vom Flugverkehrsleiter Kursanweisungen.

Um 18:47:45 UTC wies der Flugverkehrsleiter die Flugbesatzung an, auf Steuerkurs 240° weiterzufliegen. Der Kommandant las die Anweisung zurück und fügte an, dass sie mit der Fehlersuche beschäftigt seien. Kurz darauf wurden mehrere Ein- und Ausschaltungen von *autopilot* und *autothrust* aufgezeichnet.

Um 18:48:40 UTC fragte der Flugverkehrsleiter: «*You are well out of my airspace, are you able to switch over to next sector on the heading or do you need further assistance from me?*» Der

² MCDU: *Multipurpose Control and Display Unit* (vgl. Abschnitt: Navigationsinformationen und Schnittstellen).

Kommandant antwortete, ohne dass dies über Funk ausgestrahlt wurde, mit *«yes, we would like to come back to the airport, but we do not have navigation indication. So we like to vector to landing on runway 14»*.

Um 18:50:08 UTC hielt der Kommandant fest: *«No FMGC, no MCDU»* und übermittelte: *«Vueling 6249?»*. Er bemerkte sofort, dass diese Nachricht nicht über Funk ausgestrahlt worden war, und übermittelte erneut *«Vueling 6249?»*, was diesmal ausgestrahlt wurde. Auf das *«go ahead»* des Flugverkehrsleiters übermittelte der Kommandant: *«Yes, are you switched me on the next frequency, or we come back to your airfield?»* Der Flugverkehrsleiter, noch in Unkenntnis über die Absicht des Kommandanten zur Rückkehr nach Zürich, fragte nach: *«Vueling 6249, do you wish to continue?»* Der Kommandant antwortete: *«Yes, if possible we would like to come back, but we have right now no navigation indication available.»* Kurz darauf, um 18:50:59 UTC, erteilte der Flugverkehrsleiter die Anweisung: *«left turn heading 050 degrees, radar vectors to Zurich.»* Kurz darauf folgte die Anweisung, die soeben erreichte Höhe beizubehalten.

Um 18:51:50 UTC fragte der Flugverkehrsleiter, ob die Besatzung einen Instrumentenanflug fliegen könne, oder ob sie *radar vectors* (Radarführung durch Kursanweisung) für einen Sichtanflug (*visual approach*) wünsche. Der Kapitän antwortete: *«Vectoring [...] long final for a visual»*, was nicht übermittelt wurde, und kurz darauf *«vectoring for a long approach to runway 14»*, was übermittelt wurde. Der Flugverkehrsleiter stellte einen *«ILS approach runway 14 or visual approach, if you prefer that later on»* in Aussicht und erteilte die Freigabe für einen Sinkflug auf FL 150. Der Kommandant las diese Freigabe zweimal zurück, mit Übermittlung erst beim zweiten Mal.

Im Rahmen der laufend mit dem Copiloten geführten Diskussion hielt der Kommandant um 18:52:59 UTC fest: *«[...] double FMGC failure.»* Um 18:53:50 UTC erteilte der Flugverkehrsleiter die Anweisung, auf Steuerkurs 020° einzudrehen, gut eine Minute später folgte die Freigabe für FL 130. Um 18:56:03 UTC fragte der Flugverkehrsleiter: *«Just for my confirmation, you have got no primary and secondary flight display, or just no navigational system behind?»*, worauf der Kommandant mit *«no navigation system, as I told you before, both navigation systems»* antwortete. Der Flugverkehrsleiter bedankte sich und erteilte die Freigabe für FL 110. Der Kommandant las *«one»* zurück, was nicht übermittelt wurde, gefolgt von der Übermittlung *«one one zero, six two fo...»*.

Um 18:57:08 UTC gab der Flugverkehrsleiter an, dass noch 47 Meilen bis zur Landung auf der Piste 14 zu erwarten seien, und wiederholte sein Angebot eines Instrumentenanfluges oder *visual approach*. Nachdem der Kapitän *«we cannot follow any instrument approach, so we prefer visual»* festhielt, einigte man sich auf einen *visual approach*.

Im Laufe der Diskussion mit dem Copiloten hielt der Kommandant um 18:57:37 UTC erneut fest: *«Nada, nada, dual FMGC, dual MCDU [...]»*.

Der Flugverkehrsleiter erteilte um 18:58:27 UTC die Freigabe für FL 70. Der Kommandant las die Freigabe zurück und bat den Flugverkehrsleiter um eine Meldung an den Unterhaltsbetrieb. Um 19:01:16 UTC erfolgte die Freigabe für den Sinkflug auf 6000 ft bei einem QNH³ von 1022 hPa (vgl. Kapitel: Meteorologische Angaben). Die Flugbesatzung arbeitete den *approach check* ab. Der Kommandant erbat einen *level off* auf 4000 ft, um das Flugzeug zu konfigurieren, wobei die Übermittlung erneut erst beim zweiten Mal erfolgte. Der Flugverkehrsleiter bestätigte mit: *«You will get now minimum 10 nautical miles final, and I will vector you with a heading onto the extended centerline of runway 14, that you can continue the last portion in VMC and visual conditions»*.

Um 19:03:40 UTC erfolgte die Freigabe für 4000 ft. Die Diskussion innerhalb der Flugbesatzung dauerte an, wobei über *computer reset* gesprochen wurde. Um 19:05:04 UTC erfolgte

³ QNH: Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der Standardatmosphäre

die Anweisung für Steuerkurs 090°, zusammen mit dem Hinweis: *«I take you slightly through the extended centerline, in order for you to maintain 4000 ft for some time to configure»*.

Um 19:06:10 UTC erteilte der Flugverkehrsleiter die Anweisung für Steuerkurs 180°, eine halbe Minute später für 200°. Die Landeklappen wurden bis auf Stufe 2 ausgefahren. Es folgte die Anweisung, auf Steuerkurs 230° einzudrehen.

Um 19:07:36 UTC informierte der Flugverkehrsleiter die Flugbesatzung mit: *«The runway is now at your about 9 to 10 o'clock position, and intensity is now on 100 % of the lighting, report the runway in sight.»* Der Copilot meldete *«runway in sight»*. Der Flugverkehrsleiter erteilte die Freigabe für einen *«visual straight-in approach to runway 14»*.

Um 19:08:20 UTC wurde das Fahrwerk ausgefahren. Die Landeklappen wurden auf Stufe 3 ausgefahren. Der Flugverkehrsleiter informierte die Flugbesatzung mit: *«You are now 10 miles from touchdown, showing 3900 ft and mode Sierra shows indicated speed of 160 knots»*. Nach der Antwort *«fully established»* des Copiloten erteilte der Flugverkehrsleiter die Landebewilligung, zusammen mit einer Windangabe von 2 Knoten aus 260 Grad.

Um 19:13:11 UTC wurden die automatischen Ausrufe *«fifty - forty - thirty - twenty - retard, retard - ten»* aufgezeichnet. Das Aufsetzen erfolgte um 19:13:23 UTC. Während des Ausrollens gab das erweiterte Bodenannäherungswarnsystem (*Enhanced Ground Proximity Warning System – EGPWS*) acht Mal die Warnung *«terrain ahead, pull up!»* aus. Nachdem die Flugbesatzung den Marshaller in Sicht hatte, kontaktierte sie *Zurich Apron* auf der Frequenz 121.850 MHz und rollte zum Standplatz. Die Passagiere verliessen das Flugzeug auf dem normalen Weg.

Meteorologische Angaben

Der Anflug auf die Piste 14 fand unter wolkenlosen und windschwachen Bedingungen statt. Für den Flughafen Zürich war die folgende Flugplatzwettermeldung gültig:

201850Z VRB01KT CAVOK 09/07 Q1022 NOSIG

Aus dieser Meldung geht hervor, dass kurz vor deren Ausgabezeit von 18:50 UTC die folgenden Wetterbedingungen beobachtet worden waren:

Wind	1 kt aus variabler Richtung
Sichtweite	10 km oder mehr
Wetter	Keine signifikanten Wettererscheinungen
Wolken	Keine Wolken unterhalb von 8 000 ft über Grund
Temperatur / Taupunkt	9 °C / 7 °C
Luftdruck (QNH)	1022 hPa
Trend	Keine wesentliche Änderung zu erwarten innerhalb der folgenden zwei Stunden

Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen den Piloten und der Flugverkehrsleitung wickelte sich in englischer Sprache ab. Die Kommunikation zwischen den Piloten fand in spanischer Sprache statt.

Die Funksprüche des Kommandanten wurden wiederholt nur teilweise oder gar nicht übermittelt. Die Ursache hierfür konnte anhand der vorliegenden Aufzeichnungen des Flugdatenschreibers nicht ermittelt werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Funksprechtaste (*push to talk button*) nicht gedrückt wurde.

Das Flugzeug befand sich zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls in Kontakt mit *Zurich Departure* auf 125.950 MHz und verblieb bis zur Landung auf dieser Frequenz. Der Flugverkehrsleiter arbeitete sicherheitsbewusst und bot der Flugbesatzung eine der Situation entsprechende Unterstützung.

Kurzbeschreibung der Navigationsanlagen

Navigationsinformationen und Schnittstellen

Ein wesentlicher Datenlieferant für die Navigation ist das *Air Data Inertial Reference System* (ADIRS). Dieses besteht aus drei *Air Data Inertial Reference Units* (ADIRU). Diese liefern Temperatur-, barometrische- und Beschleunigungsparameter (z.B. Fluglage und Position) für die verschiedenen Systeme wie z.B. der *Flight Management Guidance Computer* (FMGC), das *Full Authority Digital Engine Control* (FADEC) sowie das *Ground Proximity Warning System* (GPWS).

Das Flugzeug EC-HTD verfügt über zwei FMGC, diese sind Bestandteil des *Flight Management and Guidance System* (FMGS). Beide FMGC liefern unabhängig voneinander einerseits die Befehlssignale für den Autopiloten (*Autopilot – AP*), den *Flight Director* (FD) und für die automatische Schubregelung (*Autothrust – A/THR*) und andererseits die Angaben über die vorgesehene Flugzeit, Distanzen, Geschwindigkeit und über die ökonomischen Profile und Höhen. Zu diesem Zwecke wird dem FMGS während der Flugvorbereitung über die *Multipurpose Control and Display Unit* (MCDU; vgl. Abbildung 4) unter anderem eine geplante Strecke vom Start- bis zum Zielort eingegeben.

Die drei identischen ADIRUs berechnen unabhängig voneinander laufend die Position des Flugzeuges. Als Ausgangslage zur Positionsbestimmung muss den ADIRU während der Flugvorbereitung über die MCDU die genaue Position am Standplatz (*present position*) eingegeben werden. Bewegt sich das Flugzeug in der Folge, werden mittels entsprechender Sensoren die Drehbewegungen um die Hoch-, Quer- und Längsachse des Flugzeuges, sowie die Beschleunigungen entlang dieser Achsen ermittelt. Mit diesen Werten berechnet die ADIRU dann unter anderem die Flugzeugposition, Flugrichtung (*track*), Kompasskurs (*heading*) und Flugeschwindigkeit über Boden.

Jede ADIRU wählt zusätzlich und unabhängig eine GPS⁴-Quelle um die maximale Verfügbarkeit der GPS Daten zu gewährleisten. Daraus errechnet die ADIRU die *mixed GPS/IRS position*, die sogenannte *GPIRS position*.

Jeder der beiden FMGC berechnet unabhängig seine Flugzeugposition, die sogenannte *FMS-position*. Diese setzt sich aus dem Mittelwert der von den drei ADIRU gelieferten IRS-Positionen, der sogenannten «MIX IRS» *position* und der GPS-*position* zusammen. Weicht eine der drei IRS-Positionen wesentlich von den beiden andern ab, wird deren Einfluss auf die «MIX IRS» *position* durch einen Algorithmus reduziert.

Im Normalfall arbeitet der FMGC im *IRS/GPS mode*. In diesem Modus werden Genauigkeits- sowie Integritätskriterien überwacht. Sind diese erfüllt, wird auf der *Progress Page* GPS PRIMARY angezeigt. Beim Verlust eines dieser Kriterien, wird auf beiden MCDU und auf beiden *Navigation Display* (ND) GPS PRIMARY LOST angezeigt. Dies war um 18:44:58 UTC der Fall. Gleichzeitig zeichnete der FDR ungültige Positionsdaten auf.

Abbildung 1 zeigt die Schnittstellen zwischen den einzelnen Systemen und deren Komponenten. Die Dateneingabe für die FMGC erfolgt über die MCDU. Die FMGC wiederum liefern Daten an die MCDU und Angaben zur Darstellung auf den ND im Cockpit.

⁴ GPS: *Global Positioning System*

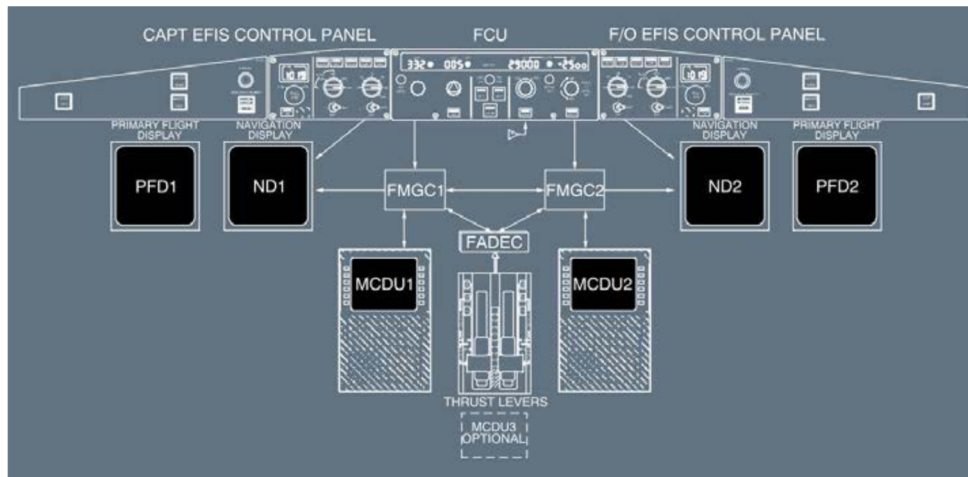


Abbildung 1: Schnittstelle Flugbesatzung – FMGC (*Flight Management Guidance Computer*) (Quelle: FCOM des Flugbetriebsunternehmens)

Anzeigen im Cockpit

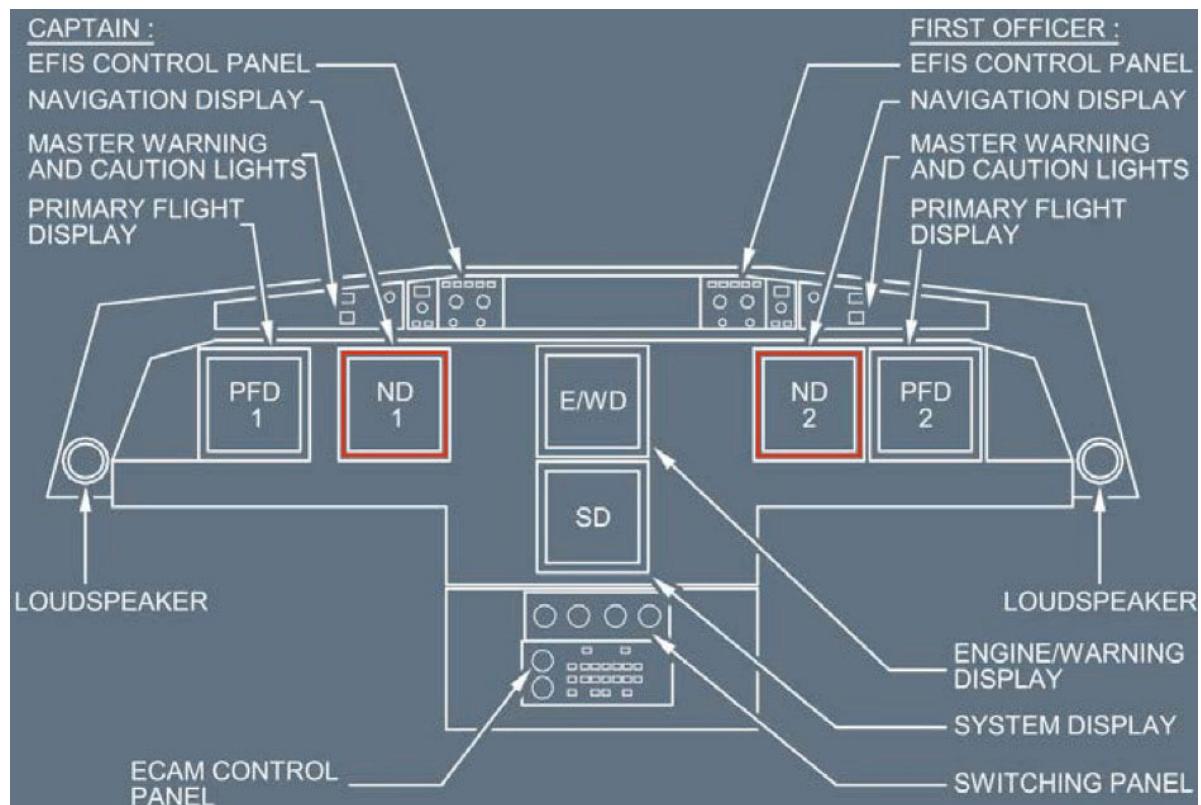


Abbildung 2: Cockpit arrangement (Quelle: FCOM des Flugbetriebsunternehmens)

Die sechs Bildschirme (PFD 1 und 2, ND 1 und 2, E/WD, SD) dienen primär folgenden Anzeigen:

- PFD Bei diesen beiden Bildschirmen (*Primary Flight Display* – PFD 1 und 2) handelt es sich um primäre Flugdatenanzeigen für Kommandant und Copilot. Die PFD dienen primär der Anzeige von Fluglage, Flughöhe, Fluggeschwindigkeit und Kursrichtung.
- ND Diese beiden Bildschirme dienen primär der Navigationsanzeige (*Navigation Display* – ND 1 und 2). Sie zeigen Kartendarstellungen und Flugplaninformationen. Zusätzlich kann eine Vielzahl von anderen Informationen dargestellt werden wie z. B. Verkehrsanzeigen, Wetter, Gelände, Anflugkarten und Wegpunktinformationen.

- | | |
|------|---|
| E/WD | Auf diesem Bildschirm (<i>Engine/Warning Display – E/WD</i>) werden primär Triebwerksdaten (<i>engine primary indication</i>), Klappen und Vorflügelstellungen (<i>flap/slat position</i>) und Warnmeldungen (<i>warning & caution messages</i>) dargestellt. Dieser Bildschirm ist Teil des <i>Electronic Centralized Aircraft Monitor</i> (ECAM). |
| SD | Dieser Bildschirm dient der Darstellung von Flugzeugsystemen (<i>System Display – SD</i>), dabei werden die Systeme vereinfacht in Diagrammen (<i>system synoptic diagram</i>) dargestellt. Die verschiedenen Systemdarstellungen können auf dem <i>ECAM Control Panel</i> (ECP) selektiv gewählt werden. Zusätzlich wird der Status von verschiedenen Systemen (<i>aircraft status</i>) aufgelistet. |

Dateneingabe durch die Flugbesatzung

Beide Piloten verfügen im *center pedestal* über je eine MCDU (*multi purpose control and display unit* (vgl. Abbildung 5)). Diese dienen zur Eingabe praktisch aller für einen Flug relevanten Daten.

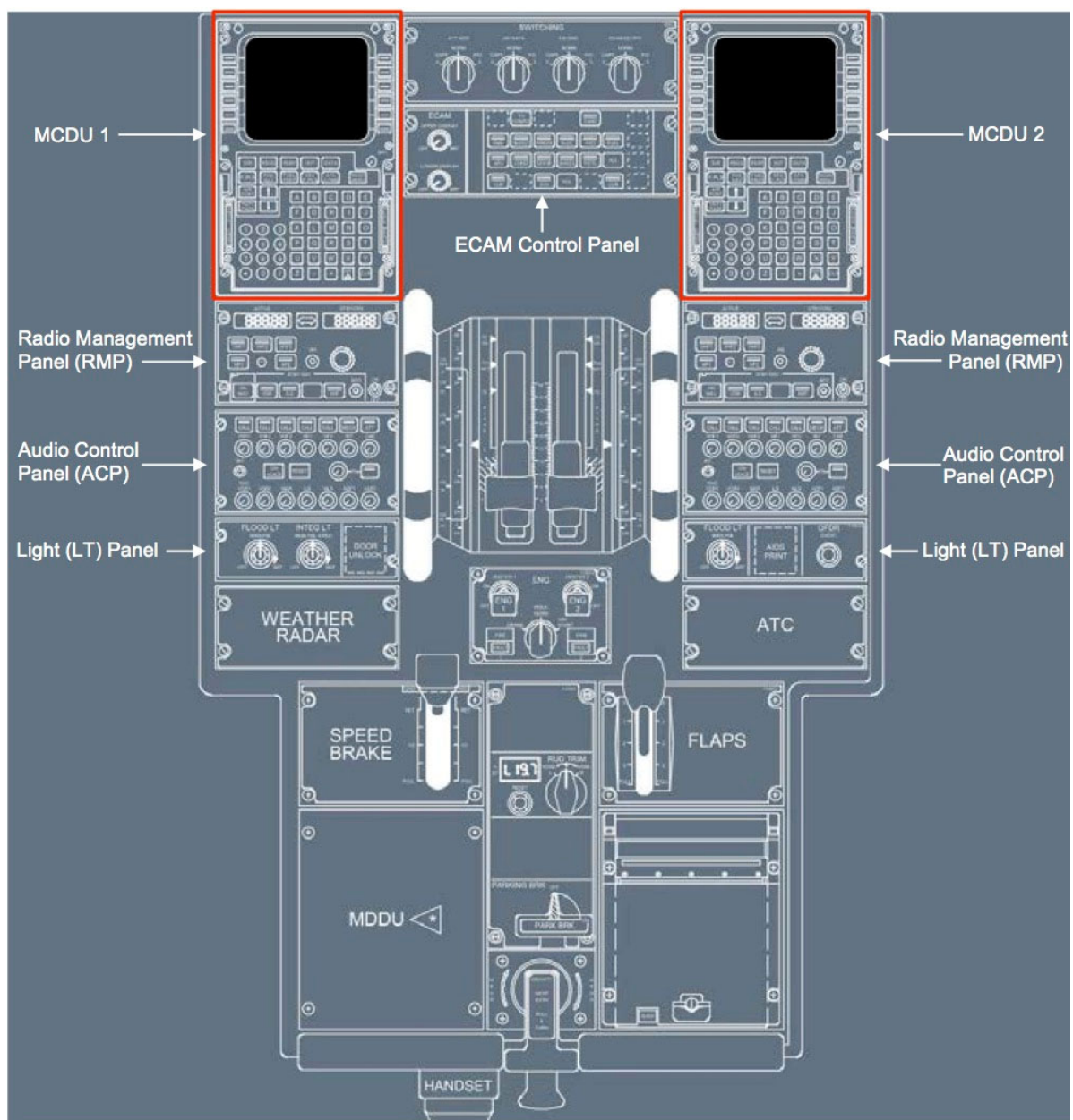


Abbildung 3: *Center pedestal* mit den beiden MCDU (rot markiert). (Quelle: FCOM des Flugbetriebsunternehmens)

Die beiden MCDU sind die Schnittstelle zu den beiden *Flight Management Guidance Computer* (FMGC) (vgl. Abbildung 1). Diese erhalten über die MCDU die Angaben über vertikale und horizontale Flugführung, sowie Geschwindigkeitsprofile. Die Flugbesatzung kann über die MCDU ebenfalls vorgewählte Flugrouten modifizieren, Leistungsdaten ändern oder spezielle Funktionen über das Flug Management wählen. Auf der MCDU können zusätzliche Daten von peripheren Systemen wie das *Centralized Fault Display System* (CFDS), das *Communication Addressing and Reporting System* (ARINC), das *Air Traffic Service* (ATSU) etc. angezeigt werden. Werden auf der MCDU Daten eingegeben, die unlogisch sind oder die Flugzeug Kapazität überschreiten, werden diese Daten nicht berücksichtigt oder es wird eine entsprechende Meldung (*advisory message*) angezeigt.

Die Radionavigationshilfen werden normalerweise automatisch durch die FMGC-Software gewählt. Sie können aber auch durch die Flugbesatzung über die NAV/RAD *page* der MCDU gewählt werden. Ist dies wie im vorliegenden schweren Vorfall nicht möglich, kann die Flugbesatzung die Frequenz der entsprechenden Radionavigationshilfe über das *Radio Management Panel* (RMP, vgl. Abbildung 6) wählen (*backup tuning*).

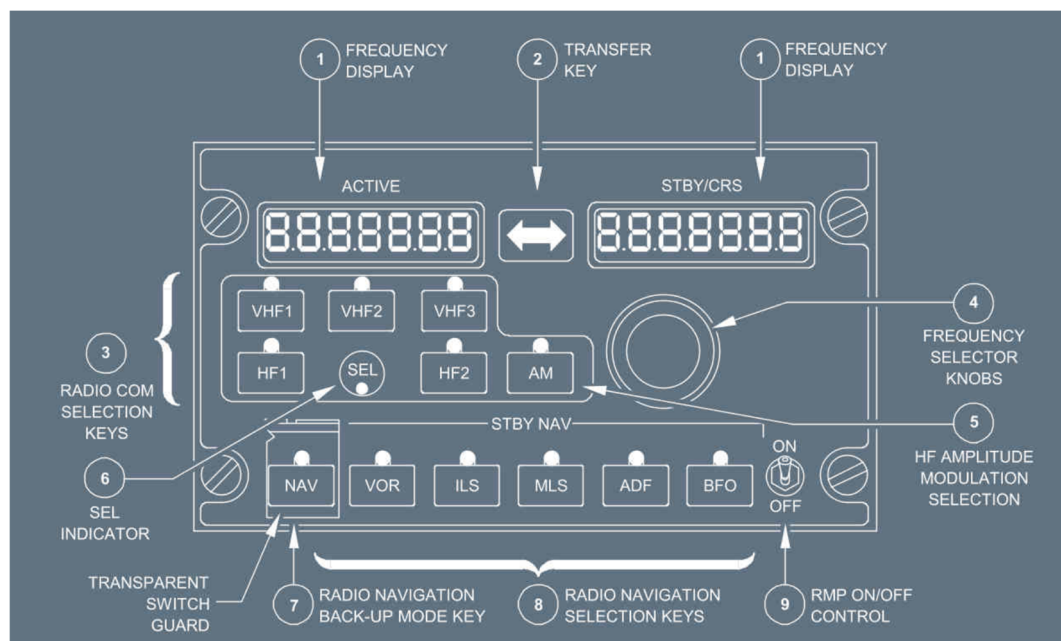


Abbildung 4: Radio Management Panel (RMP) (Quelle: FCOM des Flugbetriebsunternehmens)

Das *backup tuning* wird im *flight crew operating manual* (FCOM) wie folgt beschrieben:

„If both FMGCs fail, the flight crew can use the RMPs (Radio Management Panels 1 and 2) for back up tuning. Either RMP controls ILS. Prior to select an ILS frequency on one of the RMPs, the flight crew has to select “NAV” button from RMP 1 and RMP 2. If the ILS has a DME, the PFD will not display the DME distance. In this situation, the flight crew will fly without DME information. If necessary, increase the Decision Height (DH) accordingly.“

Gemäss Angaben der Flugbesatzung war ein *backup tuning* nicht möglich. Ob dies darauf zurückzuführen ist, dass der Copilot den NAV *button* nur auf einer RMP gedrückt hatte, oder die *back up tuning* Funktion im Flug durch einen FMGC blockiert war, konnte nicht ermittelt werden.

Angaben zu den Verfahren des Flugbetriebsunternehmens

Die vom Flugbetriebsunternehmen vorgegebenen Verfahren sind in den entsprechenden Betriebshandbüchern festgehalten. Die allgemein gültigen Verfahren finden sich im Betriebshandbuch (*Operating Manual* – OM) A und die flugzeugspezifischen Verfahren im OM B. Zusätzlich befinden sich im Cockpit zwei identische Schnellzugriffs-Handbücher (*Quick Reference Handbook* – QRH) in welchen unter anderem Verfahren für abnormale- und Notsituationen publiziert sind. Im Folgenden wird nur auf Verfahren hingewiesen, die für die Zusammenarbeit der Flugbesatzung und den Verlauf des Fluges von Bedeutung sind.

Im OM A wird im Kapitel *Flight Procedures* unter anderem darauf hingewiesen, dass nach den vorhandenen Prüflisten (*checklist*) gearbeitet werden soll:

«Vueling establishes a system of checklists for use by crew members in all phases of operation of the airplane under normal, abnormal and emergency procedures, as appropriate, to ensure that procedures follow the OM.»

Im OM B wird im Kapitel *Operating Philosophy* unter anderem Folgendes festgehalten:

- *«The PF responds to the PM's challenge only after checking the current status of the aircraft. If the configuration does not agree with the checklist response, corrective action shall be taken before answering.»*
- *«If corrective action is not possible, the PF must modify the response to reflect the real situation (with a specific answer). When necessary, the PM must crosscheck the validity of the response. The PM waits for the response, before proceeding with the checklist.»*

Bezüglich Arbeitsteilung und *crew coordination* wird für den normalen Betrieb im Kapitel *Task Sharing* unter anderem Folgendes festgehalten:

- *«All the call-out is performed in English or what the checklists specify.»*
- *Standard Callouts and phraseology is essential to ensure effective crew communications during all phases of the operations. All crewmembers are required to strict adherence to the standard phraseology applicable to the relevant phase of flight, which is described in OM B. Whenever a crewmember makes a callout, another crewmember shall verify and respond.»*

Die Anwendung der Standard-Phraseologie wird im Kapitel *Use of Standard Calls* wie folgt vorgeschrieben:

- *«Standard Calls are defined to be alerting, in order to be clearly identified by the PF or PM; and, distinguished from other intra-cockpit or ATC communications.»*
- *Command and response calls should be - performed in accordance with the defined PF / PM task sharing (i.e., task sharing for hand flying and for autopilot operation, task sharing for normal operation and for abnormal / emergency condition). Nevertheless, if a call is omitted by one crewmember, the other crewmember should perform the call, per good crew resource management (CRM) practice.*
- *The other crewmember should - accomplish the requested command or verify the requested condition and respond accordingly.*
- *Vueling recommends restricting the callouts in the cockpit to remain standard AIRBUS, thus Spanish substitutes are not allowed.»*

Die vorliegenden Aufzeichnungen lassen erkennen, dass diesen Vorgaben nicht konsequent nachgelebt wurde. Die Kommunikation erfolgte fast ausschliesslich in spanischer Sprache und die Standard-Phraseologie wurde nicht angewandt.

Für abnormale- und Notsituationen wird die Arbeitsteilung im OM B unter anderem wie folgt definiert:

«PF Pilot Flying – Responsible for the:

- Thrust leavers.
- Flight path and airspeed control.
- Aircraft configuration (request configuration change).
- Navigation.
- Communications.

PM – Pilot Monitoring – Responsible for the:

- Monitoring and reading aloud the ECAM and checklists.
- Performing required actions or actions requested by the PF, if applicable.
- Using engine master switches, IR and guarded switches with PF's confirmation.»

Die Aufzeichnungen der Cockpitgespräche lassen erkennen, dass diese Arbeitsteilung durch die Flugbesatzung nicht konsequent angewendet wurde.

Sind wie im vorliegenden schweren Vorfall beide FMGC ausgefallen, kann die Flugbesatzung ein Rücksetzen (*reset*) des *Flight Managment Guidance Computer* (FMGC) versuchen. Das entsprechende Verfahren für die Flugbesatzungen ist im QRH publiziert; dabei muss festgehalten werden, dass das Verfahren grundsätzlich aus zwei Teilen besteht. In einem ersten Teil werden Hinweise gegeben, was generell bei einem Computer *reset* zu beachten ist (vgl. Abbildung 5) und in einem zweiten Teil wird dann das Verfahren für den entsprechenden Computer publiziert (vgl. Abbildung 6).

COMPUTER RESET - GENERAL

Ident.: ABN-80-E-00010905.0001001 / 19 AUG 10

Applicable to: ALL

When a digital computer behaves abnormally, as a result of an electrical transient, for example, the Operator can stop the abnormal behavior by briefly interrupting the power supply to its processor.

The flight crew can reset most of the computers in this aircraft with a normal cockpit control (selector or pushbutton). However, for some systems, the only way to cut off electrical power is to pull the associated circuit breaker.

Ident.: ABN-80-E-00010906.0001001 / 06 DEC 16

Applicable to: ALL

To perform a computer reset:

- Select the related normal cockpit control OFF, or pull the corresponding circuit breaker.
- Wait 3 s if a normal cockpit control is used, or 5 s if a circuit breaker is used (unless a different time is indicated)
- Select the related normal cockpit control ON, or push the corresponding circuit breaker
- Wait 3 s for the end of the reset.

WARNING	Do not reset more than one computer at the same time, unless instructed to do so.
----------------	---

Note: 1. In flight, before taking any action on the cockpit C/Bs, both the PF and PM must crosscheck and ensure that the C/B label corresponds to the affected system.

2. The flight crew should report any in-flight reset to the maintenance.

Ident.: ABN-80-E-00010907.0001001 / 06 DEC 16

Applicable to: ALL

The computers most prone to reset are listed in the table below, along with the associated reset procedure. Specific reset procedures included in OEB or TDUs are not referenced in this table and, when issued, supersede this table.

- On ground, almost all computers can be reset and are not limited to the ones indicated in the table.

The following computers are not allowed to be reset in specific circumstances:

- ECU (Engine Control Unit on CFM engines), or EEC (Electronic Engine Control on IAE engines), and EIU (Engine Interface Unit) while the engine is running.
- BSCU (Brake Steering Control Unit), if the aircraft is not stopped.

- In flight:

WARNING	The flight crew can attempt a computer reset only when: - An ECAM/OEB/TDU procedure requests to reset the system, or - The Computer Reset Table permits to reset the system.
----------------	--

CAUTION	Do not pull the following circuit breakers: - SFCC (could lead to SLATS/FLAPS locked). - ECU or EEC, EIU.
----------------	---

Abbildung 5: Generelles zu einem *computer reset* Verfahren (Kopie aus QRH 80.17A)

ATA	System malfunction or ECAM Warning/Caution	Affected System	Reset		
22	Both MCDU locked, or blank FMGC malfunction	FMGC FMGC	On ground: [...] In flight: - FD 1(or 2) (OFF) - Pull the CB of the affected FMGC and reset it after 10 s. The circuit breakers for the FMGC's are: • AUTO FLT/FMGC 1 B2 ON 49 VU (Overhead Panel) • AUTO FLT/FMGC 2 M17 ON 121 VU (Right Rear Maintenance Panel) <table><tr><td>CAUTION</td><td>Always wait 1 min after the "PLEASE WAIT" message disappears from the MCDU, before engaging or reengaging the FDs and the AP of the reset FMGC.</td></tr></table>	CAUTION	Always wait 1 min after the "PLEASE WAIT" message disappears from the MCDU, before engaging or reengaging the FDs and the AP of the reset FMGC.
CAUTION	Always wait 1 min after the "PLEASE WAIT" message disappears from the MCDU, before engaging or reengaging the FDs and the AP of the reset FMGC.				

Abbildung 6: Explizites Verfahren zum *reset* der FMGC (Kopie aus QRH 80.18C/D). Bei diesem *reset procedure* wird der Stromkreis mit Hilfe des Sicherungsautomaten (*Circuit Breaker* – CB) für 10 Sekunden unterbrochen.

Gemäss dem Rapport der Flugbesatzung wurde dieses *reset procedure* angewandt. Die Aufzeichnungen zeigen, dass der CB des zweiten FMGC gezogen wurde, bevor der erste FMGC wieder aufgestartet und voll funktionsfähig war. Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die CB beider FMGC praktisch gleichzeitig gezogen wurden. Bestätigt wird dies durch die Bemerkung des Kommandanten um 18:52:59 UTC: „[...] *double FMGC failure*.“

Zusätzliche Angaben

Nach dem Vorfall nahm die Besatzung folgende Eintragung ins Bordbuch vor: «*During flight lost navigation datas both FMGC both MCDU on ECAM appear AP1-2 fault A/THR fault TERR GPWS off. After touch down appear on ECAM NAV IR 2+3 fault.*»

Der nach dem Vorfallflug automatisch erstellte *maintenance post flight report* enthielt unter anderem folgende Angaben:

- 18:42 UTC: Das *Auto Flight System* (AFS) rapportierte beim Abheben: ADIRU1/2/3 DISAGREE. Eine Minute später wurde diese Meldung wiederholt.
- 18:44 UTC: Warnmeldung AUTO FLT AP OFF
- 18:45 UTC: Warnmeldung AUTO FLT A/THR OFF
- 18:48 UTC: Das AFS rapportierte FMGC 1 und FMGC 2
- 18:48 UTC: Warnmeldungen ENG 1 FADEC, ENG 2 FADEC, NAV GPWS TERR DET FAULT, CAB PR LDG ELEV FAULT

Diese Meldungen waren eine Folge des Verlusts von FMGC Daten.

19:06 UTC: Warnmeldung NAV IR 2 FAULT

19:13 UTC: Warnmeldung NAV IR 2+3 FAULT

19:14 UTC: Nach der Landung erschien die Meldung ADIRU 3

Befunde

Der Unterhaltsbetrieb führte umfangreiche Überprüfungen zur Fehleranalyse durch. Nach einem Wechsel der IRU 2 durchlief das Flugzeug alle folgenden Tests ohne Beanstandungen und wurde wieder für den Betrieb freigegeben.

Technische Analyse des Flugverlaufs und Schlussfolgerungen

Ab einer Geschwindigkeit von 105 kt und bis zum Abheben des Flugzeuges hob das Bugrad mehrmals für kurze Zeit ab. In der gleichen Zeitspanne wurden Vertikalbeschleunigungen zwischen 0.83 g und 1.13 g registriert. Da die Piste 28 allgemein einen guten Zustand aufweist, ist denkbar, dass das Bugrad die Pistenmittelbefahrung überrollt hatte und damit die Drift aller drei ADIRU verstärkte.

Um 18:41:51 UTC hob das Flugzeug bei einer Geschwindigkeit von 144 kt ab. Praktisch gleichzeitig wurde erstmals die Meldung ADIRU 1 2 3 DISAGREE registriert, wie aus dem *maintenance post flight report* hervorgeht. Diese Meldung wird der Besatzung nicht angezeigt und zeigt nicht, welche der drei *Air Data Inertial Reference Units* (ADIRU) und welcher Parameter abwich.

Um 18:42:04 UTC wurde der Autopilot 1 auf einer Höhe über Grund von 300 ft im SRS/NAV Mode eingeschaltet. Dies war möglich, da zu diesem Zeitpunkt noch zwei ADIRU bezüglich Position übereinstimmten. Auf dem *Post Flight Report* (PFR) ist die Meldung AFS: ADIRU 1 2 3 DISAGREE eingetragen.

Um 18:44:57 UTC schalteten sich der Autopilot 1 und beide *Flight Director* (FD) bei 7600 ft automatisch ab. Eine Sekunde nach dem Autopiloten schaltete sich die automatische Schubregelung (A/THR) ab. Die Abschaltung der genannten Systeme war die Folge davon, dass der *Flight Management Guidance Computer* (FMGC) nun Daten von mindestens zwei ADIRUs ablehnte. Der *flight control mode* war davon nicht betroffen und verblieb im Modus NORMAL LAW.

Um 18:45:52 UTC sprach der Copilot von einem *computer reset*, zu welchem der Kommandant einwilligte. Um 18:47:04 UTC wurde eine Frequenzänderung der VHF⁵ Navigationsgeräte aufgezeichnet. VOR⁶ blieb unverändert bei 114.85 MHz. VOR2, ILS⁷1 / ILS2 zeigten unrealistische Frequenzen wie 100.00 MHz. Diese Zeit dürfte dem Beginn des FMGC *reset* -Zyklus entsprechen.

Um 18:48:00 UTC wurde erneut eine Frequenzänderung aufgezeichnet. Nun zeigte auch VOR1 eine unrealistische Frequenz. Der Grund dafür war, dass die sogenannte *autotune* Funktion der beiden FMGC, durch welche die Frequenz einer Navigationshilfe automatisch gewählt wird, verloren gegangen war.

Um 18:48 UTC trug das *Auto Flight System* (AFS) die Fehlermeldungen FMGC 1 und FMGC 2 im PFR ein. Dies deutet daraufhin, dass die Besatzung beide FMGC *circuit breaker* gezogen hatte. Das praktisch gleichzeitige Ziehen der *circuit breaker* für die Systeme FMGC 1 und

⁵ VHF: *Very High Frequency*, Sende und Empfangsanlagen im UKW (Ultrakurzwelle)-Bereich

⁶ VOR: *VHF Omnidirectional Radio range*, UKW-Drehfunkfeuer

⁷ ILS: *Instrument Landing System*, Instrumentenlandesystem

FMGC 2 hatte zur Folge, dass die Daten auf beiden ND und beiden MCDU nicht mehr verfügbar waren. Der *flight plan*, der normalerweise in beiden FMGC abgelegt ist, geht durch ein gleichzeitiges Ziehen beider *circuit breaker* unwiderruflich verloren.

Um 19:06 UTC wurde im PFR die Meldung NAV IR 2 FAULT registriert (vgl. Kapitel: Zusätzliche Angaben). In der Folge ging die Kursanzeige des Kopiloten verlustig, sodass er «*heading, heading, heading*» ausrief und den ATT HDG Wählschalter (Selector)⁸ auf FO 3 umschaltete.

Nach der Landung wurde mehrfach die EGPWS Warnung «*terrain ahead, pull up*» ausgegeben. Dies war eine Falschmeldung aufgrund fehlender resp. falscher Positionsdaten.

Analyse und Schlussfolgerungen

Die vom Flugbetriebsunternehmen vorgegebenen Verfahren entsprechen den Vorgaben des Flugzeugherstellers. Die Aufzeichnungen zeigen, dass sich die Flugbesatzung nicht konsequent an diese Vorgaben hielt. Dies zeigt sich am deutlichsten in der Tatsache, dass die CB beider FMGC praktisch gleichzeitig gezogen wurden, obwohl das entsprechende Verfahren dies explizit nicht erlaubt (vgl. Abbildung 5).

Die Arbeitsteilung zwischen den beiden Piloten (*task sharing*) für abnormale- und Notsituationen entsprach nicht den Verfahrensvorschriften. Ebenso wurde den Grundsätzen des CRM⁹ und der Standard-Phraseologie nur mangelhaft nachgelebt. So erfolgte beispielsweise die Entschlussfassung des Kommandanten zur Umkehr nach Zürich und deren Bekanntgabe an die Flugverkehrsleitung ohne Einbezug des Copiloten.

Mit Blick auf diese Ergebnisse kommt die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle zum Schluss, dass bezüglich des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls keine zielführenden Ergebnisse zu erwarten sind, die für die Verhütung eines solchen Zwischenfalls notwendig wären.

Deshalb verzichtet die SUST gestützt auf Art. 45 VSZV auf weitere Untersuchungshandlungen und schliesst die Untersuchung mit dem vorliegenden summarischen Bericht ab.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

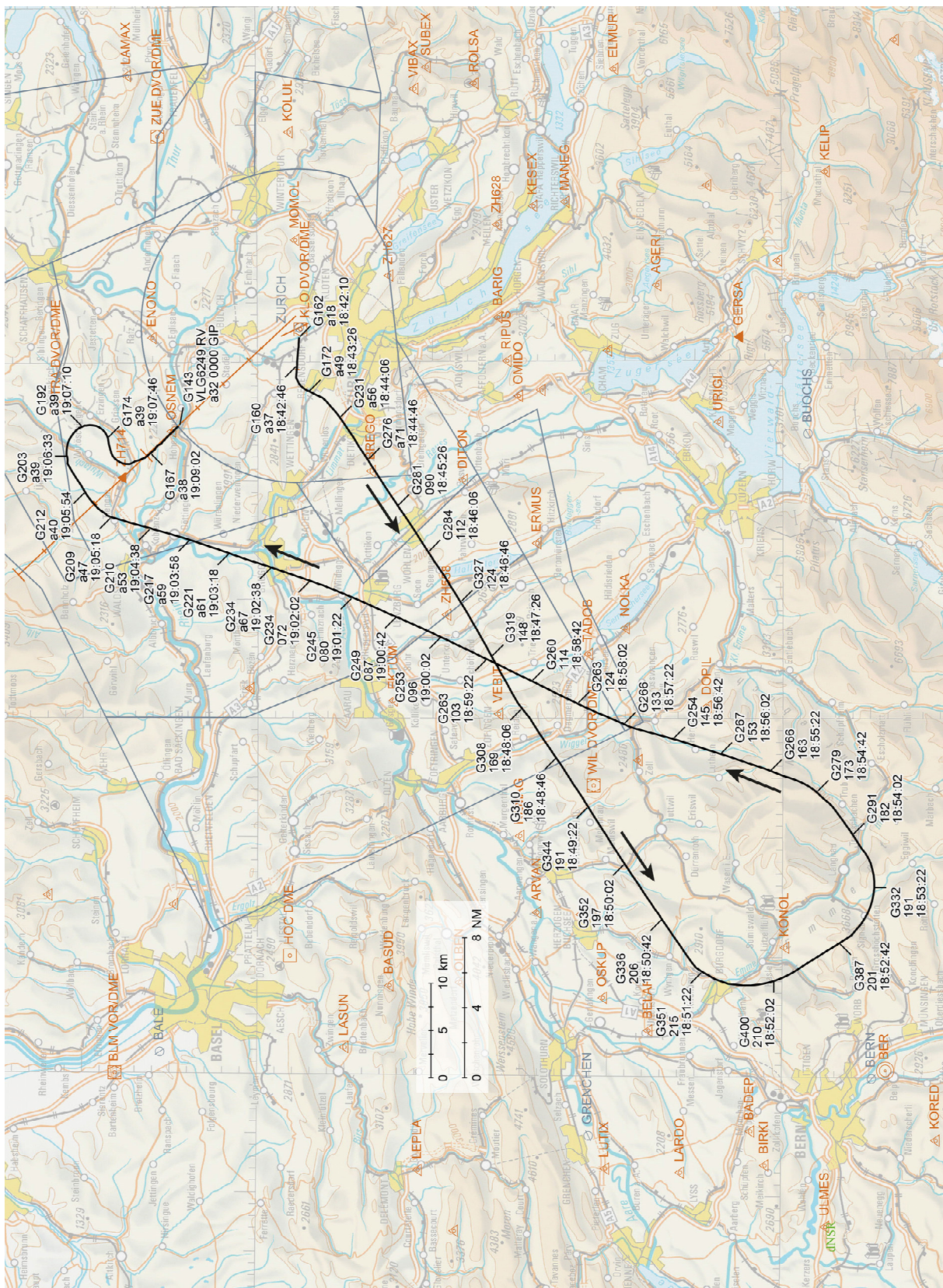
Bern, 8. Juli 2021

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

⁸ Der ATT HDG Selector (*Attitude Heading Selector*) steht normalerweise in der Position NORM (*Normal*), d.h. ADIRU 1 liefert Daten zum PFD 1, ND 1, RMI (*Radio Magnetic Indicator*, kombiniertes Anzeigegerät aus Radio- und Magnet-Kompass) und VOR/DME. ADIRU 2 liefert Daten zum PFD 2 und ND 2. Fällt die ADIRU 2 aus (NAV IR 2 FAULT) muss der ATT HDG Selector in die Position FO 3 gestellt werden, damit ADR 3 oder IR 3 die ADR 2 oder IR 2 Daten ersetzen.

⁹ CRM: *Crew Resource Management*. Aus der Erfahrung zahlreicher Unfälle, bei denen eine mangelhafte Zusammenarbeit im Cockpit ein kausaler Faktor war, wurde das CRM als Schulung für Flugbesatzungen entwickelt. CRM soll das Bewusstsein dafür schärfen, dass neben dem technischen Verständnis an Bord eines Luftfahrzeuges der zwischenmenschliche Bereich ein entscheidender Faktor für eine sichere Flugdurchführung ist.

Anlage: Radaraufzeichnung des Flugwegs



Darstellung des Flugweges ohne den Endanflug. Die Radaretiketten liefern folgende Angaben: oberste Zeile: Geschwindigkeit über Grund in Knoten; mittlere Zeile: Flughöhe in Hekt Fuss; unterste Zeile: Zeit in UTC. Die Luftraumstruktur um Zürich wurde mit grauen Linien angedeutet und es sind einige Wegpunkte und Navigationshilfen dargestellt. Quelle der Basiskarte: Bundesamt für Landestopografie.