

Flugunfalluntersuchung des Airbus A330-203, Flug AF 447, vom 1. Juni 2009

Zusammenfassung

1. Der geplante Flug

Der Airbus A330-200 mit dem Kennzeichen F-GZCP, Flug AF 447, hob am 31. Mai 2009 um 22:29 Uhr⁽¹⁾ vom Flughafen Rio de Janeiro Galeão zum Flug in Richtung des Flughafens Paris Charles de Gaulle ab, den er nach einer Flugzeit von 10 Stunden und 34 Minuten erreichen sollte.

An Bord des Flugzeugs befanden sich 216 Passagiere aus 32 Nationen sowie neun Flugbegleiter und drei Piloten, davon ein Flugkapitän und zwei Kopiloten⁽²⁾. Die Treibstoffmenge an Bord erlaubte dem Flugzeug eine geschätzte Höchstflugdauer von mehr als 11 Stunden und 30 Minuten.

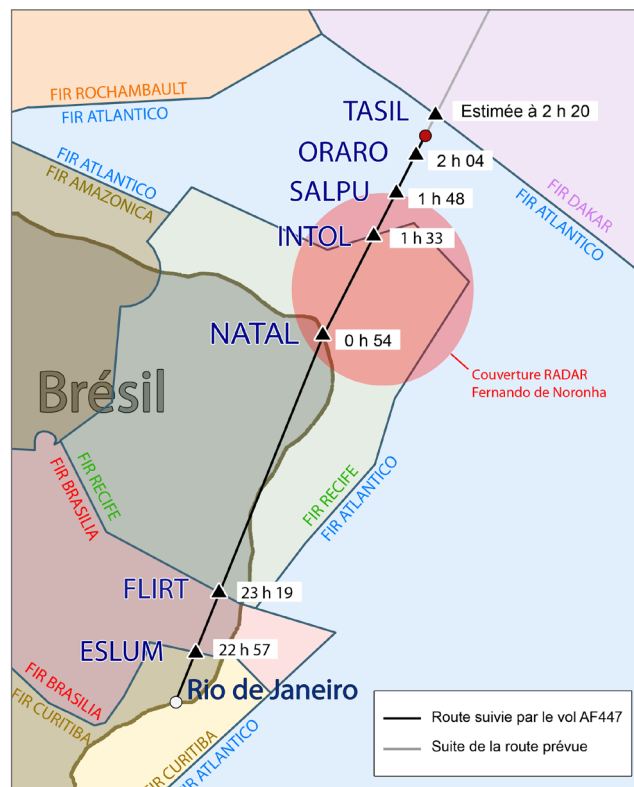
Im Laufe des Flugs musste das Flugzeug Lufträume durchqueren, die von Brasilien, Senegal, Kap Verde, Spanien (Kanarische Inseln) Marokko, Spanien (Madrid) und Frankreich kontrolliert werden. Ein Teil der von den atlantischen Zentren von Atlantico (Brasilien) und von Dakar (Senegal) kontrollierten Lufträume liegt außerhalb der Radar- und VHF-Reichweite.

Die Kommunikationen mit diesen beiden Zentren erfolgen hauptsächlich über HF-Funk⁽³⁾, der das primäre Kommunikationsmittel ist.

⁽¹⁾Die Uhrzeiten werden in koordinierter Weltzeit (UTC) ausgedrückt. Um die Uhrzeit in Paris zu erhalten, müssen 2 Stunden hinzugefügt werden, und um die Uhrzeit in Rio de Janeiro zu erhalten, müssen 3 Stunden abgezogen werden.

⁽²⁾Die technische Besatzung besteht normalerweise aus 2 Piloten, sie wurde hier jedoch aufgrund der Dauer des Flugs verstärkt.

⁽³⁾Die HF-Verbindungen werden häufig durch ionosphärische Phänomene gestört.



Das Flugzeug musste eine intertropische Konvergenzzone über dem Meer vor der brasilianischen Küste durchqueren. Diese Zone ist Zentrum von Gewitterphänomenen, die durch Turbulenzen und Niederschläge gekennzeichnet sind. Die meteorologische Situation am Tag des Unfalls war für einen Monat Juni in dieser Zone nicht außergewöhnlich.

2. Der Verlust des Kontakts mit dem Flugzeug und die Auslösung der Rettungseinsätze

Um 1:35 Uhr bestätigte die Besatzung dem Fluglotsen von Atlantico den Empfang einer Nachricht: Dies war der letzte Kontakt zwischen dem Boden und dem Flugzeug. Anschließend hätte es vor seinem Eintritt in den Luftraum von Dakar, der um 2:20 Uhr⁽⁴⁾ am Punkt TASIL vorgesehen war, die Kontrolle von Dakar kontaktieren müssen.

Um 3:45 Uhr rief das folgende Zentrum von Sal (Kap Verde), als das Flugzeug nicht auf seinem Radar erschien, den Kontrolleur von Dakar an. Es folgten unklare Kommunikationen zwischen den verschiedenen von der Route des Flugzeugs betroffenen Kontrollzentren, den zugehörigen Such- und Rettungszentren und dem operationellen Zentrum von Air France. Um 5:23 Uhr wurde vom Zentrum Atlantico die erste Phase der Suche gestartet, die in der Sammlung von Informationen über den Flug bestand, aber es dauerte bis 9:09 Uhr, d. h. mehr als sechseinhalb Stunden nach dem Unfall, bis das Zentrum von Brest die Notstufe auslöste, bei der Rettungseinsätze gestartet wurden.

Das erste brasilianische Suchflugzeug hob um 11:04 Uhr ab. Diesem folgte um 12:14 Uhr die in Dakar stationierte Bréguet Atlantic, die den senegalesischen Behörden von Frankreich zur Verfügung gestellt wurde.

Die sterblichen Überreste von fünfzig Personen und die ersten Trümmerteile des Flugzeugs wurden zwischen dem 6. und dem 18. Juni 2009 gefunden.

3. Die Untersuchung bis zum Lesen der Flugdatenschreiber⁽⁵⁾

Die einzigen Elemente, die den Ermittlern nach der Entdeckung der schwimmenden Trümmer und bis zum Lesen der Flugdatenschreiber im Mai 2011 zur Verfügung standen, stammten:

- von den Informationen über das Flugzeug und die Besatzung, die von der Fluggesellschaft mitgeteilt wurden;
- von den Informationen, die in den 24 ACARS-Nachrichten enthalten waren, die automatisch vom Flugzeug übermittelt worden waren;
- von einer Nachricht, die die Position des Flugzeugs um 2:10 Uhr angab;
- von der Beobachtung der Wrackteile.

Anhand dieser ersten Elemente konnte ermittelt werden:

- dass das Flugzeug zum Zeitpunkt des Aufpralls vollständig war;
- dass es mit einer positiven Fluglage, einer leichten Neigung und einer hohen vertikalen Geschwindigkeit auf die Wasserfläche aufgeschlagen war;
- dass keine Vorbereitungen für eine Wasserlandung getroffen worden waren;
- dass es nicht zu einem Druckabfall gekommen war;
- dass es kurz nach 2:10 Uhr zu einer Inkohärenz in den gemessenen Geschwindigkeiten gekommen war;
- dass diese Inkohärenz den Verlust verschiedener Flugautomatismen ausgelöst hatte;
- dass der Unfall zwischen 2:14:26 Uhr und 2:15:14 Uhr stattgefunden hatte.

Die Verstopfung der Pitot-Sonden durch Eiskristalle war als eines der ersten einer Reihe von Ereignissen identifiziert worden, die zum Unfall geführt haben. Dennoch ermöglichten es die verfügbaren Informationen in dieser Phase nicht, die Umstände des Unfalls zu ermitteln. Voraussetzung für die Fortsetzung war, dass das Wrack lokalisiert und die Flugdatenschreiber gefunden wurden.

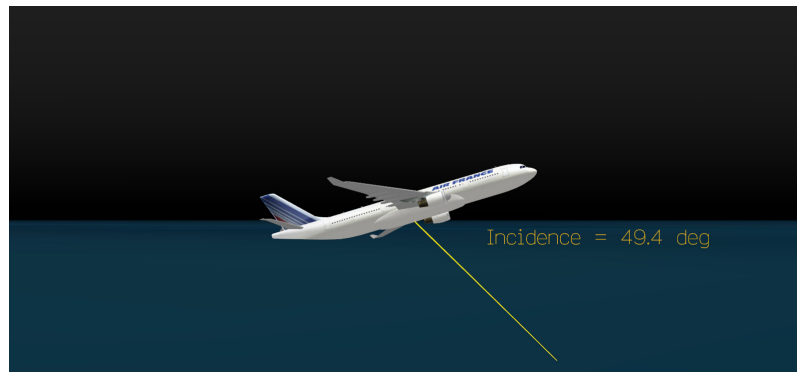
⁽⁴⁾Der Unfall fand um 2:14:28 Uhr statt.

⁽⁵⁾Der Ablauf der Suchen an der Oberfläche und im Meer, die zwischen dem Unfalldatum und Mai 2011 durchgeführt wurden, ist Gegenstand eines getrennten Berichts.

⁽⁶⁾Vgl. Zwischenbericht Nr. 3.

Erst am 2. April 2011 wurde das Wrack bei der vierten Phase der Suchen im Meer in der Nähe der letzten bekannten Position in 3.900 m Tiefe lokalisiert. Die Flugdatenschreiber wurden am 1. und 3. Mai gefunden und am 12. und 13. Mai in den Räumen der BEA ausgewertet. Ihre Auswertung hat es ermöglicht, die präzisen Umstände des Unfalls zu ermitteln. Die Fortsetzung der Untersuchung konzentrierte sich von nun an auf die letzten beiden Stunden des Flugs, die in drei Phasen unterteilt wurden⁽⁶⁾:

- Phase 1: Vom Beginn der Aufzeichnung des Stimmrecorders bis zum Abschalten des Autopiloten;
- Phase 2: Vom Abschalten des Autopiloten bis zum Auslösen der Überziehwarnung;
- Phase 3: Vom Auslösen der Überziehwarnung bis zum Ende des Flugs.



Fluglage des Flugzeugs in den letzten Sekunden des Flugs

4. Die Ursachen des Unfalls

Die Verstopfung der Pitot-Sonden durch Eiskristalle im Flug war ein bekanntes Phänomen, das jedoch von der Luftfahrtgemeinschaft zum Zeitpunkt des Unfalls schlecht beherrscht wurde. In operativer Hinsicht war der daraus resultierende komplette Verlust der anemometrischen Informationen ein identifizierter Fehler. Nach den ersten Reaktionen im Sinne des «Basic Airmanship» hätte er von den Piloten diagnostiziert und gegebenenfalls durch die im zugehörigen Verfahren angegebenen Maßnahmen zur Aufrechthaltung der Fluglage und des Schubs kontrolliert werden müssen.

Die Piloten waren vom Auftreten des Defekts im Kontext des Flugs in Reiseflughöhe vollkommen überrascht. Die offensichtlichen Schwierigkeiten der Steuerung in großer Höhe bei Turbulenzen führten zu einer Übersteuerung um die Längsachse und einem plötzlichen Hochziehen von Seiten des PF. Die aus der ansteigenden Bahn und der Entwicklung der Fluglage und vertikalen Geschwindigkeit resultierende Destabilisierung kam von diesem Moment an zu den falschen Geschwindigkeitsanzeigen und den ECAM-Meldungen hinzu, was die Diagnose nicht erleichterte. Die zunehmend aus dem Gleichgewicht geratene Besatzung hat vermutlich niemals verstanden, dass sie es mit dem «einfachen» Verlust von drei anemometrischen Angaben zu tun hatte.

In der Minute nach dem Abschalten des Autopiloten nährten sich das Misslingen der Versuche, die Situation zu verstehen, und die aus dem Gleichgewicht geratene Kooperation der Besatzung gegenseitig, bis zum kompletten Verlust der kognitiven Kontrolle der Situation. Die Verhaltenshypothesen, die dem als «bedeutend» klassifizierten Verlust der anemometrischen Informationen zugrunde liegen, konnten im Kontext des Unfalls nicht überprüft werden. Die Bestätigung dieser Klassifizierung

setzt daher eine zusätzliche Arbeit mit praktischem Feedback voraus, das es gegebenenfalls ermöglicht, die Ausbildung der Besatzungen, die Ergonomie der ihnen angezeigten Informationen und die Konzeption der Verfahren weiterzuentwickeln.

Das Flugzeug war in einen durch den Überziehalarm angekündigten Strömungsabriss und starken *Buffet* geraten. Trotz dieser anhaltenden Symptome hat die Besatzung den Strömungsabriss niemals verstanden und folglich niemals ein Manöver zum Gegensteuern angewandt. Die Kombination bestehend aus der ergonomischen Ausführung des Alarms, den Bedingungen unter denen Linienpiloten in ihrer beruflichen Ausbildung für den Strömungsabriss geschult und diesem unterzogen werden und dem Prozess der Aufrechterhaltung der Kompetenzen führt nicht zu den erwarteten Ergebnissen mit akzeptabler Zuverlässigkeit.

Im aktuellen Status setzt das Erkennen der Überziehwarnung, auch in Verbindung mit dem *Buffet*, voraus, dass die Besatzung dem Alarm eine minimale «Legitimität» zuordnet. Dies setzt wiederum eine ausreichende vorherige Erfahrung mit einem Strömungsabriss, ein Minimum an kognitiver Verfügbarkeit und Verständnis der Situation sowie die Kenntnis des Flugzeugs (und seiner Schutzmodi) sowie seiner Flugphysik voraus. Die Überprüfung der aktuellen Ausbildung der Linienpiloten ermöglichte es nicht, allgemein einen überzeugenden Nachweis für den Aufbau und den Erhalt der zugehörigen Kompetenzen zu finden.

Allgemeiner ausgedrückt, zeigt das doppelte Misslingen der verfahrensmäßigen Reaktionen die Grenzen des aktuellen Sicherheitsmodells. Wenn eine Aktion der Besatzung erwartet wird, wird immer davon ausgegangen, dass diese die Fähigkeit zur grundlegenden Beherrschung der Flugbahn und schnellen Diagnose besitzt, um die richtige Steuerung im Verzeichnis der Verfahren identifizieren zu können. Eine Besatzung kann mit einer unvorhergesehenen Situation konfrontiert werden, die zu einem momentanen, aber tiefgreifenden Verständnisverlust führt. Gehen in diesem Fall die angenommenen Fähigkeiten zur grundlegenden Beherrschung und Diagnose verloren, befindet sich das Sicherheitsmodell in einem «allgemeinen Modusfehler». Beim vorliegenden Ereignis hat die Unfähigkeit zur grundlegenden Beherrschung der Bahn auch das Verständnis der Situation und den Zugang zur vorgesehenen Lösung unmöglich gemacht.

Der Unfall resultierte daher aus der Folge der folgenden Ereignisse:

- die zeitweilige Inkohärenz zwischen den gemessenen Geschwindigkeiten, wahrscheinlich infolge der Verstopfung der Pitot-Sonden durch Eiskristalle, was insbesondere zum Abschalten des Autopiloten und Umschalten in die *Alternate Laws* geführt hat;
- die fehlerhaften Steuerungseingaben, was zur Destabilisierung der Flugbahn geführt hat;
- die fehlende Verknüpfung von Seiten der Besatzung zwischen dem angekündigten Verlust der Geschwindigkeiten und der angepassten Prozedur;
- das verspätete Erkennen der Abweichung der Flugbahn durch den PNF und die unzureichende Korrektur durch den PF;
- das Nichterkennen des bevorstehenden Strömungsabrisse durch die Besatzung, das Ausbleiben einer sofortigen Reaktion und das Verlassen der Grenzen, in denen das Flugzeug betrieben werden sollte;

- die fehlende Diagnose der Strömungsabrissituation durch die Besatzung und infolgedessen das Ausbleiben von Aktionen, die es ermöglichen, diesem entgegenzusteuern.

Die Erklärung für diese Ereignisse kann in der Kombination der folgenden Faktoren gefunden werden:

- die Feedback-Mechanismen aller Akteure, die es nicht ermöglicht haben:
 - die wiederholte Nicht-Anwendung des Verfahrens in Bezug auf Geschwindigkeitsanomalien zu erkennen und Abhilfe zu schaffen,
 - sicherzustellen, dass das Risikomodell der Besatzungen im Flug die Vereisung der Pitot-Sonden und ihre Konsequenzen umfasst;
- die fehlende Ausbildung für manuelle Steuerung in großer Höhe und für Verfahren in Bezug auf Geschwindigkeitsanomalien;
- eine Teamarbeit geschwächt durch:
 - das Nichtverstehen der Situation bei Abschalten des Autopiloten,
 - einen schlechten Umgang mit dem Überraschungseffekt, der zu einer hohen emotionalen Belastung der beiden Kopiloten geführt hat;
- das Fehlen einer klaren Angabe der von den Rechnern identifizierten Inkohärenz der Geschwindigkeiten im Cockpit;
- die Nichtberücksichtigung der Überziehwarnung durch die Besatzung, die aus Folgendem resultieren kann:
 - fehlende Identifizierung des akustischen Alarms,
 - auftreten unbeständiger Alarmsignale am Anfang des Ereignisses, die als nicht relevant betrachtet werden konnten,
 - fehlen von visuellen Informationen, die eine Bestätigung des bevorstehenden Strömungsabriss nach dem Verlust der charakteristischen Geschwindigkeiten ermöglichen,
 - einer möglichen Verwechslung mit einer Situation mit zu hoher Geschwindigkeit, für die der *Buffet* ebenfalls als Symptom betrachtet wird,
 - angaben der Flugkommandoanzeigen, welche die Besatzung in ihren Aktionen bestätigen konnten, obwohl sie falsch waren,
 - der Schwierigkeit, die Folgen einer Neukonfiguration in den *Alternate Laws* ohne jedes Anstellwinkel-Schutzsystem zu erkennen und zu verstehen.

5. Von der BEA empfohlene verbesserungswürdige Punkte

Neben den 16 Empfehlungen, die bereits in den Zwischenberichten Nr. 2 und Nr. 3 gegeben wurden, wurden 25 neue Sicherheitsempfehlungen vom BEA ausgesprochen.

Sie beziehen sich auf:

- **die Schulung und Ausbildung der Besatzungen:**
 - zur Perfektionierung ihrer Kenntnisse der Flugzeugsysteme und der Änderung ihrer Merkmale im Fall einer eingeschränkten oder ungewöhnlichen Situation,
 - zur Vervollständigung ihrer praktischen Ausbildung und Verbesserung des Erlernens von theoretischem Basiswissen, insbesondere über die Flugleistung und die Flugmechanik,
 - zur Entwicklung und Aufrechterhaltung einer Fähigkeit des Besatzungsmanagements (CRM),

- zur Verbesserung der Repräsentativität der Simulatoren für die realistische Wiedergabe der Szenarios von anormalen Situationen;
- **die Ergonomie des Flugzeugs**, um den Besatzungen Anzeigen bereitzustellen, die sie unterstützen, ungewöhnliche Situationen zu erkennen und zu beherrschen;
- **die Feedback-Prozesse**, um die operationellen Risiken in Verbindung mit den menschlichen Faktoren besser zu analysieren, mit dem Ziel, die Verfahren und den Inhalt der Schulungen weiterzuentwickeln;
- **die Überwachung des Betreibers**, um seine Effizienz zu verbessern;
- **das Auslösen der Notmaßnahmen und der Lokalisierung des Wracks:**
 - um die Implementierung zuverlässiger Kommunikationsmittel zu beschleunigen, einschließlich in schwer erreichbaren Zonen,
 - um die Organisation der Not- und Rettungsoperationen bei einem Unfall im Meer zu überprüfen.

Die Ermittlungen des BEA werden gemäß den Bestimmungen der Verordnung Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rats vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchungen und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt durchgeführt.

Das BEA ist die französische Behörde für Sicherheitsermittlungen der Zivilluftfahrt. Das Ziel seiner Ermittlungen ist ausschließlich die Verbesserung der Sicherheit der Luftfahrt und in keinem Fall die Feststellung von Fehlern oder Verantwortungen. Seine Ermittlungen sind unabhängig, in klarer Abgrenzung und unbeschadet jedes gerichtlichen oder administrativen Verfahrens, das zur Feststellung von Fehlern oder Verantwortungen durchgeführt wird.