

# Untersuchungsbericht

5X004-0/01  
Mai 2003

## Sachverhalt

Art des Ereignisses: Schwere Störung  
Datum: 20. März 2001  
Ort: Frankfurt / Main  
Luftfahrzeug: Verkehrsflugzeug  
Hersteller / Muster: Airbus Industrie / A 320-200  
Personenschaden: ohne Verletzte  
Sachschaden: Luftfahrzeug nicht beschädigt  
Drittsschaden: keiner

Herausgeber/Vertrieb:

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

mail: [box@bfu-web.de](mailto:box@bfu-web.de)  
<http://www.bfu-web.de>  
Tel: 0 531 35 48 0  
Fax: 0 531 35 48 246

# Untersuchungsbericht

5X004-0/01  
Mai 2003

## Sachverhalt

Art des Ereignisses: Schwere Störung  
Datum: 20. März 2001  
Ort: Frankfurt / Main  
Luftfahrzeug: Verkehrsflugzeug  
Hersteller / Muster: Airbus Industrie / A 320-200  
Personenschaden: ohne Verletzte  
Sachschaden: Luftfahrzeug nicht beschädigt  
Drittschaden: keiner

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG) vom 26. August 1998 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

Herausgeber/Vertrieb:

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

mail: [box@bfu-web.de](mailto:box@bfu-web.de)  
<http://www.bfu-web.de>  
Tel: 0 531 35 48 0  
Fax: 0 531 35 48 246

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>Kurzdarstellung .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Tatsachenermittlung .....</b>	<b>4</b>
1.1 Flugverlauf .....	4
1.2 Personenschäden .....	5
1.3 Schaden am Luftfahrzeug .....	5
1.4 Sachschaden Dritter .....	5
1.5 Angaben zu Personen .....	5
1.5.1 Besatzung .....	5
1.5.2 Technisches Personal .....	6
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug .....	7
1.6.1 Vorgeschichte .....	8
1.6.2 Instandsetzung .....	9
1.7 Meteorologische Informationen .....	14
1.8 Navigationshilfen .....	14
1.9 Funkverkehr .....	14
1.10 Angaben zum Flugplatz .....	14
1.11 Flugschreiber .....	14
1.12 Angaben über Wrack und Aufprall .....	15
1.13 Medizinische und pathologische Angaben .....	15
1.14 Brand .....	16
1.15 Überlebenschancen .....	16
1.16 Weiterführende Untersuchungen .....	16
1.17 Information über Organisation und Verfahren .....	16
1.17.1 Luftfahrtunternehmen .....	16
1.17.2 Instandhaltungsbetrieb .....	16
1.17.3 Aufsicht über den Instandhaltungsbetrieb durch das Luftfahrt-Bundesamt .....	17
1.18 Zusätzliche Informationen .....	17
1.18.1 Dokumentation .....	17
1.19 Untersuchungstechniken .....	19
<b>2. Auswertung .....</b>	<b>20</b>
2.1 Luftfahrtunternehmen .....	20
2.2 Instandhaltungsbetrieb .....	20
2.3 Dokumentation .....	24
2.4 Aufsicht durch das LBA .....	24
2.5 Darstellung der Kausalkette .....	25
<b>3. Schlussfolgerungen .....</b>	<b>26</b>
3.1 Befunde .....	26

---

3.2	Ursachen .....	28
<b>4.</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen.....</b>	<b>29</b>
4.1	Sofortmaßnahmen.....	29
4.2	Maßnahmen während der Untersuchung .....	29
4.2.1	Innerbetriebliche Maßnahmen des Instandhaltungsbetriebes .....	29
4.2.2	Maßnahmen des Luftfahrt-Bundesamtes .....	30
4.3	Sicherheitsempfehlungen nach Abschluss der Untersuchung .....	30
<b>5.</b>	<b>Anlagen.....</b>	<b>31</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AMM	Aircraft-Maintenance-Manual
AOC	Air-Operator-Certificate
ATA	Air-Transport-Association
AWL	Aircraft-Wiring-List
AWM	Aircraft-Wiring-Manual
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen
CVR	Cockpit-Voice-Recorder
ECAM	Electronic-Centralized-Aircraft-Monitoring
EFCS	Electronic-Flight-Control-System
ELAC	Elevator-Aileron-Computer
ESPM	Electronic-Standard-Practices-Manual
FAC	Flight-Augmentation-Computer
FZE	Flugzeugelektroniker
GLB	Ground-Log-Book
JAA	Joint Aviation Authorities
JAR	Joint Aviation Requirements
LBA	Luffahrt-Bundesamt
MEL	Minimum-Equipment-List
OMP	Operational-Maintenance-Procedure
QM	Qualitätsmanagement
QMH	Qualitätsmanagement-Handbuch
QS	Qualitätssystem
ROD	Reliability-Data on Demand
SB	Service Bulletin
SEC	Spoiler-Elevator-Computer
SfB	Sammelblatt für Beanstandungen
SPM	Standard-Practices-Manual
SSFDR	Solid-State-Flight-Data-Recorder
TLB	Technical-Log-Book
UTC	Co-ordinated Universal Time
VA	Verfahrensanweisung
WD	Wiring-Diagram

## Kurzdarstellung

Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) wurde am 21. März 2001 um 18:10 Uhr\* über eine schwere Störung auf dem Flughafen Frankfurt/Main unterrichtet.

Ein Airbus A 320 war auf der Startbahn 18 gegen 11:00 UTC zum Flug nach Paris gestartet. An Bord befanden sich 115 Fluggäste und 6 Besatzungsmitglieder. Unmittelbar nach dem Abheben nahm das Flugzeug eine leichte Querlage nach links ein. Der Kapitän, der der steuernde Pilot war, versuchte mit einem leichten Input am linken Sidestick zu korrigieren. Die Schräglage nahm jedoch kontinuierlich bis ca. 22° zu. Mit dem Ausruf des Kapitäns: „Ich kann nichts mehr machen!“, übernahm der zweite Flugzeugführer die Steuerung mit den Worten: „I have control“, und drückte den TAKE OVER PUSH BUTTON. Der zweite Flugzeugführer hatte zuvor schon instinktiv mit seinem Sidestick gegengesteuert.

Unter Nutzung des zweiten Autopiloten stieg das Flugzeug auf Flugfläche 120, wo die Besatzung eine vorsichtige Überprüfung der Steuerung durchführte. Bei einem Input am linken Sidestick reagierte das Flugzeug nach einem kurzen Schütteln und einer kurzzeitigen Schräglage entsprechend dem Input plötzlich entgegengesetzt. Der rechte Sidestick arbeitete normal.

Die Besatzung entschied, den Flug abubrechen und nach Frankfurt zurückzukehren. Der zweite Flugzeugführer übernahm die Steuerung und landete das Flugzeug sicher in Frankfurt; anschließend wurde das Flugzeug an den Instandhaltungsbetrieb übergeben.

Das Flugzeug hatte vor diesem Flug bereits zwei Tage zu Reparaturzwecken im Instandhaltungsbetrieb gestanden. Bei einigen Flügen zuvor waren Probleme mit einem der beiden „Elevator-Aileron-Computer“ (ELAC) aufgetreten, die u.a. für die Quersteuerung zuständig sind. Beim Wechseln der Computer wurde am Stecker des ELAC#1 ein verbogener Pin festgestellt, der nicht repariert werden konnte. Daraufhin wurde der gesamte Stecker des ELAC#1 gewechselt und neu verdrahtet. Dabei kam es zur Vertauschung von zwei Kabelpaaren, dem Command-Channel und dem Monitor-Channel.

Die BFU kommt zu dem Schluss, dass die schwere Störung darauf zurückzuführen ist, dass

- bei Instandsetzungsarbeiten am Stecker des „Elevator-Aileron-Computers“ (ELAC) Nr. 1 zwei Kabelpaare vertauscht wurden
- der Arbeitsfehler unentdeckt blieb
- der Fehler beim „FLIGHT CONTROL CHECK“ durch die Besatzung nicht erkannt wurde

Beitragend zu den Ursachen waren:

- eine unübersichtliche, schwer handhabbare Dokumentation in deren Folge ein falsches Wiring-Diagramm benutzt wurde
- ein Abweichen von den Herstellervorgaben durch „Maintenance Support“

---

\*) Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen mitteleuropäischer Zeit, MEZ

- nicht eindeutig formulierte Herstelleranweisungen
- eine unkorrekte Durchführung der Funktionskontrolle durch den Zweitkontrollierenden
- eine unzureichend funktionierende Qualitätssicherung
- eine fehlende Überwachung des Instandhaltungsbetriebes durch das Luftfahrtunternehmen
- eine quantitativ und damit auch qualitativ nicht ausreichende Überwachung des Instandhaltungsbetriebes und des Luftfahrtunternehmens durch die Aufsichtsbehörde
- Mängel in der „AFTER START CHECKLIST“ für die Durchführung des „FLIGHT CONTROL CHECK“

# 1. Tatsachenermittlung

## 1.1 Flugverlauf

Die Besatzung führte in Frankfurt planmäßig einen Flugzeugwechsel durch. Für sie war es bereits der dritte Flug, während das Flugzeug nach Instandsetzungsarbeiten an diesem Tag zum ersten Mal eingesetzt werden sollte. Ca. 50 Minuten vor Abflug war die Besatzung am Flugzeug. Im „Technical-Log-Book“ (TLB) waren alle eingetragenen Beanstandungen als behoben abgeschrieben. Das Flugzeug war vorschriftsmäßig mit dem „RELEASE TO SERVICE“ zum Flug freigegeben.

Die Vorbereitungen zum Flug wurden pünktlich abgeschlossen. Nach dem Anlassen der Triebwerke, vor dem Losrollen zur Startbahn 18, wurde mit Hilfe der „AFTER START CHECKLIST“ der „FLIGHT CONTROL CHECK“ durchgeführt. Dies geschah nach Angaben der Besatzung entsprechend den gültigen Verfahren. Dabei wurden keine Unregelmäßigkeiten festgestellt.

Das Flugzeug rollte über den Rollweg „N-South“ in die Startposition der Startbahn 18. Im Startrolllauf wurden keine Abnormalitäten festgestellt. Beim Rotieren bemerkte der verantwortliche Flugzeugführer eine Zunahme der Querlage nach links. Beim Versuch, die Querlage durch Gegensteuern am linken Sidestick zu korrigieren, vergrößerte sich diese zunehmend.

Der zweite Flugzeugführer berichtete, dass er instinktiv seinen Sidestick nach rechts auslenkte, was eine weitere Zunahme der Schräglage verhinderte, aber zu keiner Verbesserung der Situation führte. Erst nachdem er den „TAKE OVER PUSH BUTTON“ an seinem Sidestick betätigt hatte, hatte er die volle Kontrolle über das Flugzeug und konnte es wieder in die Normallage zurückführen. Er schaltete den Autopiloten Nr. 2 ein und brachte das Flugzeug auf die Flugfläche 120. Dort überprüfte die Besatzung vorsichtig das Verhalten der Steuerung des Flugzeuges.

Der Autopilot Nr. 2 wurde ausgeschaltet und der zweite Flugzeugführer kontrollierte die Steuerung des Flugzeuges vom rechten Sidestick aus. Das Flugzeug verhielt sich entsprechend den Steuereingaben.

Danach übernahm der verantwortliche Flugzeugführer die Steuerung. Er lenkte seinen Sidestick langsam nach einer Seite aus und das Flugzeug bewegte sich unerwartet nach einem kurzen Schütteln zur entgegengesetzten Seite. Nachdem klar war, dass das Flugzeug auf die Steuereingaben am linken Sidestick entgegengesetzt reagierte, wurde der Flug abgebrochen. Der zweite Flugzeugführer landete das Flugzeug sicher auf dem Flughafen in Frankfurt/Main.

Nachdem das Flugzeug an den Instandhaltungsbetrieb übergeben worden war, wurde im Beisein der Besatzung ein „FLIGHT CONTROL CHECK“ durchgeführt, dabei bewegten sich die Symbole der Querruder auf dem ECAM-Bildschirm zunächst für einen sehr kurzen Moment in die richtige Richtung, so als wäre alles in Ordnung, bevor die Querruder in die entgegengesetzte Richtung aus-schlugen.

## 1.2 Personenschäden

Es entstand kein Personenschaden.

## 1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Am Luftfahrzeug entstand kein Schaden.

## 1.4 Sachschaden Dritter

Es entstand kein Sachschaden Dritter.

## 1.5 Angaben zu Personen

### 1.5.1 Besatzung

<b>Verantwortlicher Flugzeugführer:</b>	männlich / 41 Jahre
Erlaubnisse:	Verkehrsluftfahrzeugführer (ATPL)
Berechtigungen:	<ul style="list-style-type: none"><li>- als verantwortlicher Flugzeugführer einmot. kolbenge- triebene Landflugzeuge bis 2000 kg höchstzulässigem Abfluggewicht</li><li>- Instrumentenflugberechtigung</li><li>- verantwortlicher Flugzeugführer A 319; A 320; A 321</li><li>- Langstreckenflugberechtigung</li><li>- Kunstflugberechtigung</li></ul>
Fliegerärztliche Untersuchung:	tauglich ohne Einschränkungen
Flugerfahrung:	ca. 9 300 Std.
davon auf A 320:	ca. 3 300 Std.
Ruhezeit vor dem Flug:	ca. 20 Std.
Dienstzeit vor dem Ereignis:	ca. 6:30 Std.

<b>Zweiter Flugzeugführer:</b>	männlich / 27 Jahre
Erlaubnisse:	Verkehrsluftfahrzeugführer (ATPL)
Berechtigungen:	- als verantwortlicher Flugzeugführer einmot. kolbengetriebene Landflugzeuge bis 2000 kg höchstzulässigem Abfluggewicht  - Instrumentenflugberechtigung  - als zweiter Flugzeugführer auf A 319, A320, A 321
Fliegerärztliche Untersuchung:	tauglich ohne Einschränkungen
Flugerfahrung:	ca. 2 000 Std.
davon auf A 320:	ca. 1 500 Std.
Ruhezeit vor dem Flug:	ca. 20 Std.
Dienstzeit vor dem Ereignis:	ca. 6:30 Std.

#### 1.5.2 Technisches Personal

An der Instandsetzung des Flugzeuges waren insgesamt sechs Mitarbeiter des Instandhaltungsbetriebes beteiligt.

**Fluggerätemechaniker** männlich / 53 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1966

A-320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln – Signing for Work Performance / FZE / B2 Airbus /A 320 / all ATA mechanical, Performance of Special Maintenance Processes / Duplicate Inspections (B2) / „Duplicate Inspection following Engine / Flightcontrol Changes“ / Airbus A 320 (IAE V 2500 u. CFM 56)

**Flugzeugelektroniker** männlich / 38 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1989

A-320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln – Signing for Work Performance / FZE / B1 Airbus /A 320 / all ATA electrical, avionics, Certification of Aircraft and Aircraft Components – Issue of CRS / FZE / B1 / Airbus A 320

**Flugzeugelektroniker** männlich / 38 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1991

A-320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln - Signing for Work Performance / FZE / B2 Airbus /A 320 / all ATA e-lectrical, avionics, Certification of Aircraft and Aircraft Components – Issue of CRS / FZE / B2 / Airbus / A 320.

**Flugzeugelektroniker / Fluggerätemechaniker** männlich / 26 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1992

A-320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln – Signing for Work Performance / FZE / B1 Airbus /A 320 / all ATA e-lectrical, avionics, Certification of Aircraft and Aircraft Components – Issue of CRS / FZE / B1 / Airbus / A 320.

**Flugzeugelektroniker** männlich / 31 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1989

A-320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln - Signing for Work Performance / FZE / B2 Airbus /A 320 / all ATA e-lectrical, avionics, Certification of Aircraft and Aircraft Components – Issue of CRS / FZE / B2 / Airbus / A 320

**Flugzeugelektroniker** männlich / 32 Jahre

Beschäftigt im Unternehmen seit: 1984

A 320-Qualifikation in Übereinstimmung mit JAR 145 Authorisations und vom LBA genehmigten betriebsinternen QM-Regeln - Signing for Work Performance / FZE / B1 Airbus /A 320 / all ATA e-lectrical, avionics, Certification of Aircraft and Aircraft Components – Issue of CRS / FZE / B1 / Airbus / A 320.

## 1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

Bei dem betroffenen Flugzeug handelt es sich um einen Airbus A 320 – 200, Baujahr 1990.

Das Flugzeug ist mit einem „Fly by Wire“-System ausgerüstet, d.h. alle Steuerflächen (Höhenruder, Stabilizer, Querruder und Spoiler), außer Seitenruder werden mittels Hydraulikaktuator elektrisch gesteuert. Die Hydraulikaktuator für das Seitenruder werden mechanisch angesteuert. Außerdem ist ein mechanisches Backup-System für Seitenruder und Stabilizer vorhanden. Für die Primärsteuerung des Flugzeuges stehen sieben Computer zur Verfügung:

- **2 Elevator-Aileron-Computer (ELAC)**, verantwortlich für Höhenruder- und Querrudersteuerung sowie Ansteuerung der Spoiler-Elevator-Computer zur Spoilersteuerung (Global Roll Computation)
- **3 Spoiler-Elevator-Computer (SEC)**, verantwortlich für Spoiler-Steuerung und in Bereitschaft für die Höhenruder- und Stabilizer-Steuerung
- **2 Flight-Augmentation-Computer (FAC)**, verantwortlich für die Stabilisierung der Fluglage des Flugzeuges, wie z.B. Dämpfung des Dutch-Roll-Effektes im Fluge, Unterstützung der Quersteuerung durch Turn-Coordination, Ausgleich bei Triebwerksausfall und Anpassung des Seitenruderausschlags in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Zwei nicht mechanisch miteinander verbundene Sidesticks im Cockpit ermöglichen die manuelle Eingabe von Steuerbefehlen durch die Besatzung. Die Ausschläge an den Sidesticks werden in elektrische Signale umgewandelt und an die entsprechenden Computer weitergeleitet. Prinzipiell hat immer der Sidestick Priorität, der aus der Neutrallage ausgelenkt wird. Werden beide gleichzeitig ausgelenkt, werden die Signale beider Sidesticks arithmetisch addiert, begrenzt durch den maximal möglichen Ausschlag eines einzelnen Sidesticks.

Wenn ein Flugzeugführer die Steuerung des Flugzeuges übernehmen will, muss er den „TAKE OVER PUSH BUTTON“ an seinem Sidestick drücken. Lässt er ihn innerhalb von 30 Sekunden wieder los, sind beide Sidesticks wieder gleichberechtigt und die Steuersignale beider Sidesticks werden wieder addiert. Hält er ihn länger als 30 Sekunden gedrückt, schaltet die Priorität auf diesen um, zugleich leuchtet eine grüne Lampe vor ihm auf der Gerätetafel auf, auf der anderen Seite entsprechend eine rote. Erst durch erneutes Drücken des „TAKE OVER PUSH BUTTON“ auf der anderen Seite kann diese Priorität wieder aufgehoben werden.

### 1.6.1 Vorgeschichte

Bereits am 17. März 2001 kam es in Hamburg zu einem Ausfall des ELAC#2, der daraufhin durch einen neuen ersetzt wurde. Alle anschließend durchgeführten Tests ergaben eine einwandfreie Funktion.

Zu einer zweiten Fehlermeldung des ELAC#2 kam es in Frankfurt am 18. März 2001 beim Rollen am Boden. Durch die Besatzung wurde durch ein kurzzeitiges Ziehen der Sicherungen des ELAC#2 ein „RESET“ durchgeführt, woraufhin keine weitere Fehlermeldung erfolgte.

Zu einem weiteren Ausfall des ELAC#2 kam es beim Anlassen der Triebwerke auf dem Flughafen in Moskau am Abend des 18. März 2001. Das Flugzeug wurde wieder abgestellt. Als Maßnahme wurden der ELAC#1 und der ELAC#2 untereinander getauscht. Der Fehler blieb dennoch auf Position 2 erhalten. Daraufhin wurden entsprechend dem „Operational Maintenance Procedure“ (OMP) und in Übereinstimmung mit der „Minimum-Equipment-List“ (MEL) die entsprechenden Sicherungen (C/B's) gezogen, sodass der Fehler nunmehr auf Position 1 bestand. Der Rückflug wurde in Übereinstimmung mit der MEL mit einem funktionierenden ELAC#2 durchgeführt.

Die Beanstandung wurde durch die Besatzung im „Technical-Log-Book“ eingetragen. Das Flugzeug wurde noch am 18.03.2001 an den Instandhaltungsbetrieb in Frankfurt übergeben.

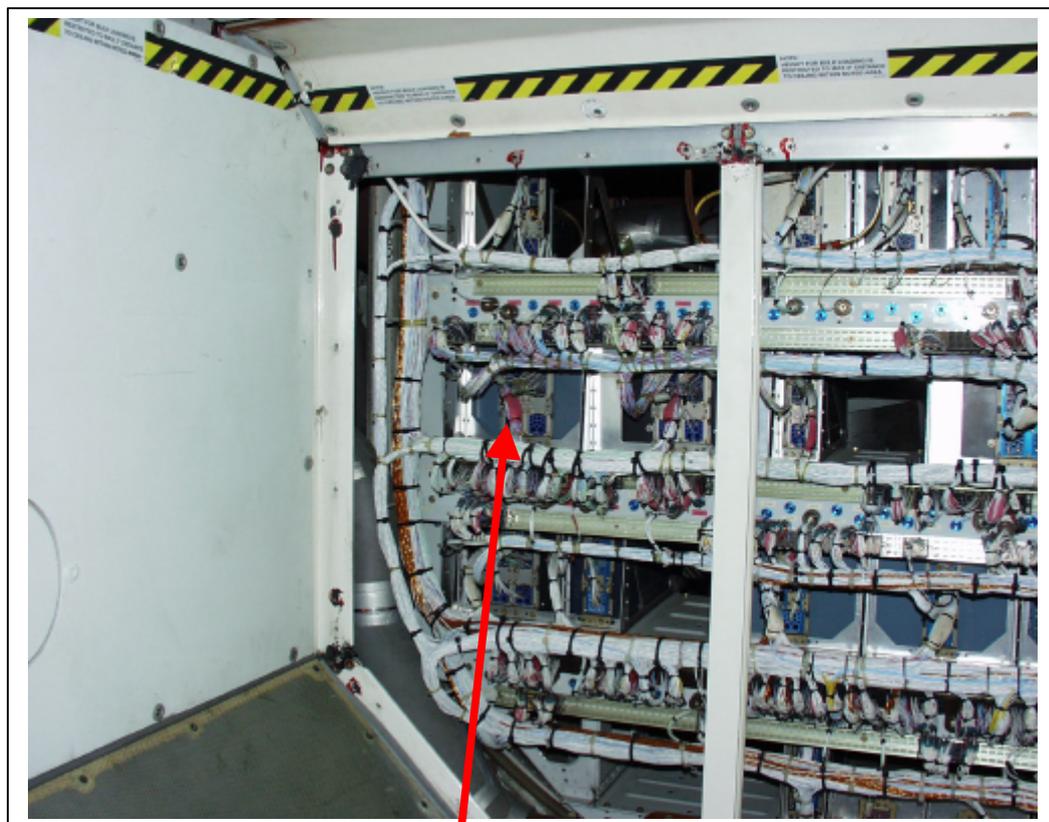
### 1.6.2 Instandsetzung

Bei der Übernahme des Flugzeuges aus dem Flugbetrieb wurde von einem Mitarbeiter des Instandhaltungsbetriebes die Beanstandung „**Ausfall des ELAC#2**“, die im Technischen Bordbuch des Flugzeuges von der Besatzung eingetragen worden war, fälschlicherweise unter einer falschen Nummer ins „Ground-Log-Book“ (GLB) übertragen.

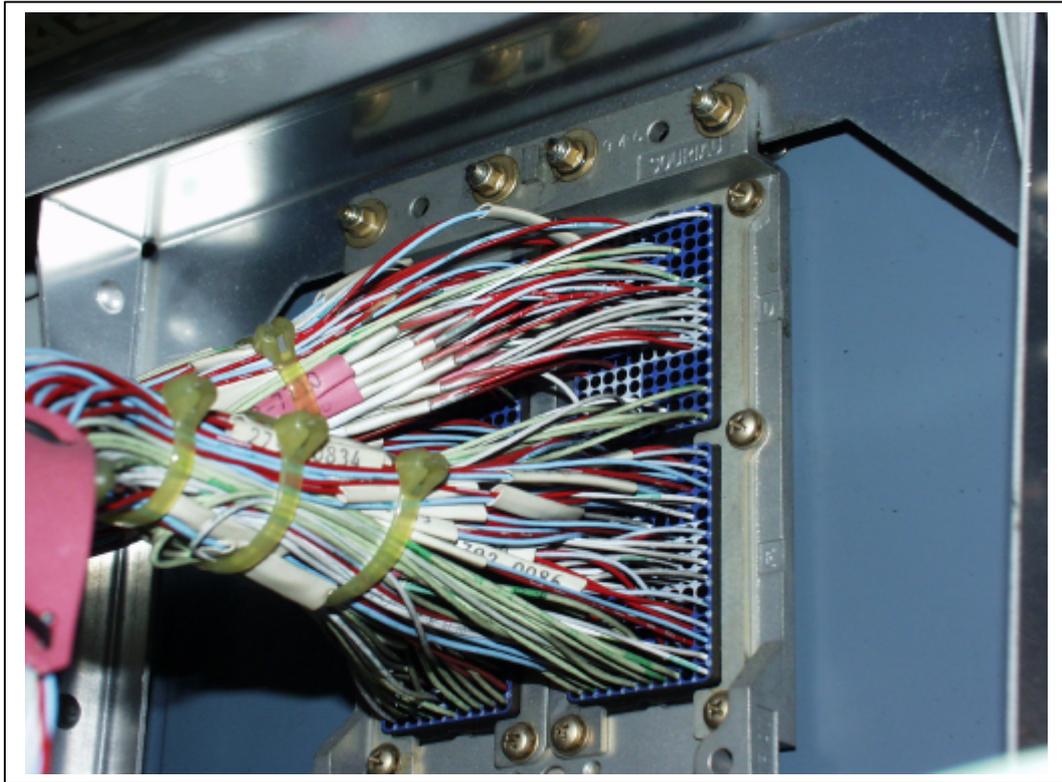
Bei der Fehlersuche, die in der Nachtschicht vom 18. auf den 19. März 2001 durchgeführt wurde, konnte ein Fehler im X-TALK-BUS zwischen ELAC#1 und ELAC#2 lokalisiert werden. Die Ursache hierfür war ein verbogener Anschlussstift (Pin 6K) im Steckerblock AE der Aufnahmevorrichtung für den ELAC#1.

Der Versuch, den Anschlussstift ohne Wechseln des Steckerblocks auszutauschen, war nicht erfolgreich. Eine Sicherungsfeder des Anschlussstifts war herausgesprungen und konnte nicht wieder eingesetzt werden. Deshalb wurde entschieden, den Steckerblock AE zu wechseln, wobei die Schwierigkeit auftrat, dass kein für die Serie dieses Flugzeugmusters passender Steckerblock auf Lager war. Daraufhin wurde entschieden, alle vier Steckerblöcke AA, AB, AD und AE auszuwechseln. Das bedeutete, dass ca. 420 belegte Anschlussstifte unter engsten Platzverhältnissen umgesteckt werden mussten. Da diese Instandsetzungsarbeiten einen längeren Zeitraum in Anspruch nehmen würden, wurde das Flugzeug aus dem Flugbetrieb herausgenommen.

Die Arbeiten begannen, ohne dass zu diesem Zeitpunkt ein Auftragsplan (Maintenance Job Order), wie er in der entsprechenden Verfahrensweisung verlangt wird, vorlag.



Einbauort des ELAC#1 in der Avionic Bay



Rückseite des Steckers mit seinen vier Segmenten

Man entschied sich für die Methode „EINS zu EINS“, d.h. die Drähte wurden der Reihe nach vom alten Stecker abgezogen und sofort auf den neuen Stecker aufgesteckt. Die Arbeiten begannen in der Frühschicht am 19.03.2001 mit dem Wechsel der Steckerblöcke AA, AD und AE. Der vierte Block AB wurde in der folgenden Spätschicht gewechselt. Ausgeführt wurden die Arbeiten durch entsprechend qualifizierte Flugzeugelektroniker (FZE) mit firmeninternen Berechtigungen, so genannten B1- und B2-Qualifikationen.

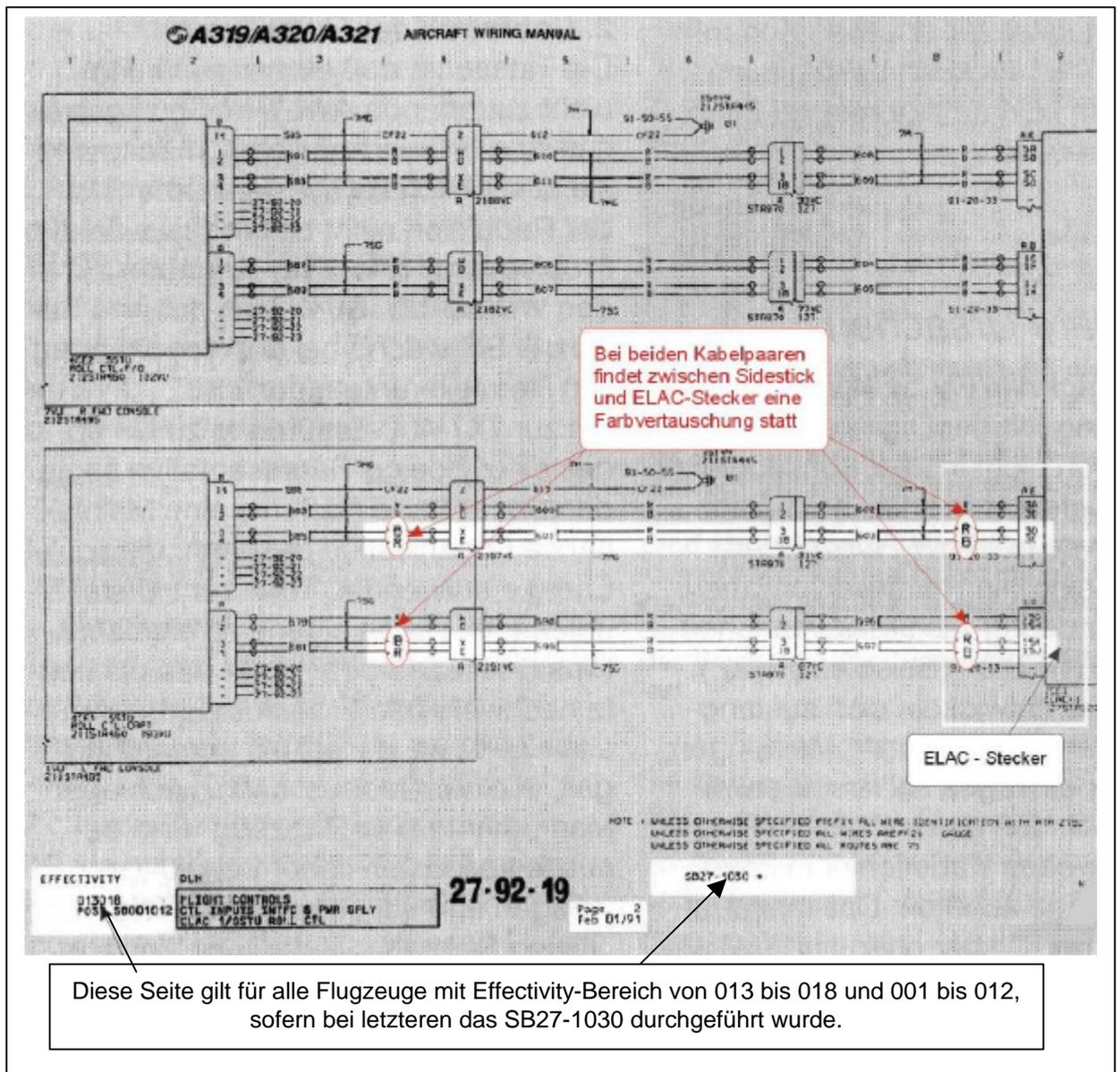
Die Bezeichnung der einzelnen Positionen der Pins war durch ein alphanumerisches Koordinatensystem auf den Blöcken festgelegt. Als Arbeitsgrundlage dienten die „Aircraft-Wiring-List“ (AWL) 91-20-33 und das „Aircraft-Wiring-Manual“ (AWM) 27-92-19.

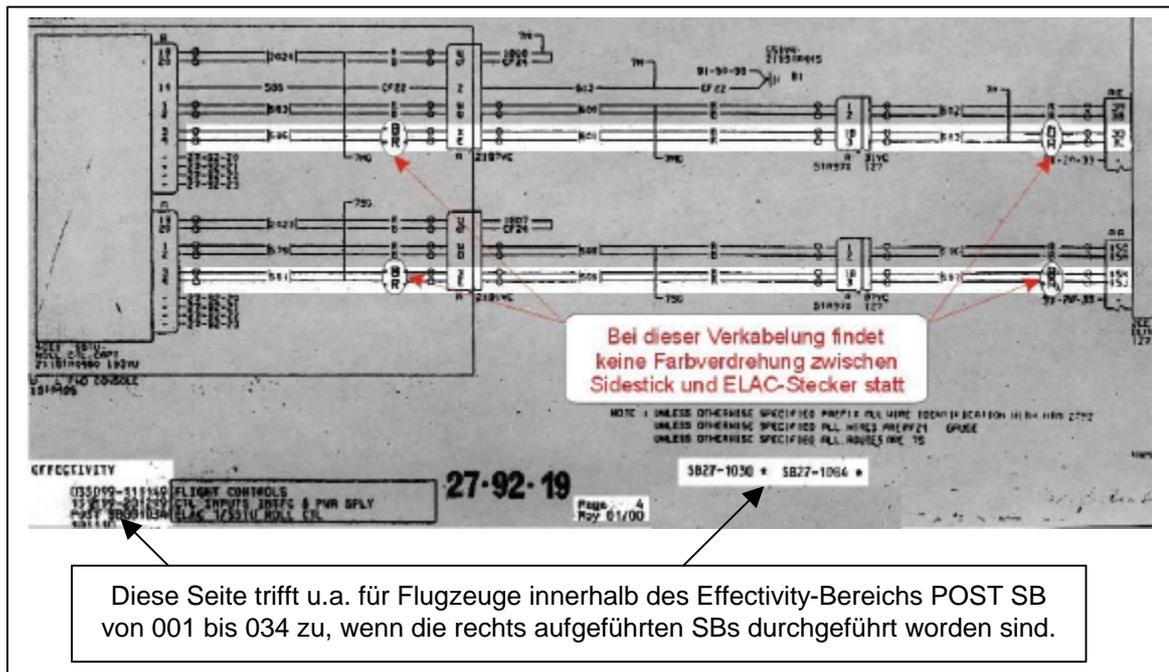
Die Mitarbeiter waren sich unsicher, welche Seite des „Aircraft-Wiring-Manual“ die gültige war, denn es gab zwei Seiten, die für das betreffende Flugzeug Gültigkeit haben konnten und nur aufgrund der durchgeführten Service Bulletins (SB) zuzuordnen waren.

Zusätzlich zur Seriennummer werden die Flugzeuge noch nach dem Stand der Ausrüstung unterschieden, wobei die Gültigkeit der Unterlagen zu dem entsprechenden Flugzeug durch eine fortlaufende Nummerierung in Verbindung mit dem Begriff „EFFECTIVITY“ dargestellt wird.

Die Seite 2 des AWM 27-92-19, Page 2, Feb. 01/91 zeigt den Effectivity-Bereich von 013 bis 018 (unten links). Die Bezeichnung **POST SB001012** unterhalb des Effectivity-Bereiches **013018** auf der linken unteren Seite bedeutet, dass dieses WD nur gültig ist für Flugzeuge, die mit ihrer „Effectivity innerhalb des Bereiches von **001 bis 012** liegen, wenn an ihnen das **SB27-1030** durchgeführt worden ist, was auf der rechten unteren Seite angegeben ist.

Das betroffene Flugzeug hatte die Effectivity 017, somit war der Bereich 013 bis 018 gültig und Seite 2 die richtige.





Auf Seite 4 ist der Effectivity-Bereich von **001 bis 034** hinter der Bezeichnung **POST SB** zu erkennen, d.h., dass dieser Bereich nur für Flugzeuge gültig ist, deren Effectivity in diesem Bereich liegt und bei denen die SBs, die auf dieser Seite unten rechts angegeben sind, durchgeführt wurden.

Das betroffene Flugzeug lag zwar innerhalb dieses Bereiches, es wurde aber nur das **SB 27-1084** durchgeführt, das **SB 27-1030** wurde nicht umgesetzt, deshalb war diese Seite für dieses Flugzeug ungültig. Irrtümlicherweise hielten die Mechaniker die Seite 4 für die gültige Seite, weil an diesem Flugzeug das **SB 27-1084** durchgeführt worden war.

Bei diesem Flugzeug gab es eine weitere Besonderheit in der Verkabelung zwischen Sidestick-Stecker und ELAC. Alle Kabelpaare bestehen aus einem roten und einem blauen Kabel, die miteinander verdreht sind. Die Kabelpaare sind, wie in der AWL zu erkennen ist, immer in alphanumerischer Reihenfolge der Steckerkoordinaten in der Reihenfolge **rot / blau** angeordnet, mit Ausnahme der Kabelpaare 0603 und 0597, die an den Pins 3C/3D und 15J/15K, entgegen der üblicherweise vorgefundenen Anordnung, in der Reihenfolge **blau / rot** angeordnet waren.

Eine Anfrage beim Hersteller ergab, dass Airbus Industrie eine einheitliche Verkabelung aller „Fly by Wire“-Flugzeuge erreichen möchte. Ab einer bestimmten Baureihe sollte die Verkabelung der A-320-Serie identisch sein mit der Verkabelung der A 330- und A 340-Flugzeuge, dafür nahm man für einen gewissen Übergangszeitraum eine Farbverdrehung in Kauf. Dieses Flugzeug gehörte zu dieser Übergangsserie, was aus der „Aircraft-Wiring-List“ hervorging.

**A319/A320/A321 AIRCRAFT WIRING LIST**

FROM TERMINATION A		WIRE IDENTIFICATION					TO TERMINATION B		CON	WOM REF	EFFECT	EFFECT				
FIN	CON	CONTACT PK	NUMBER	COISENS	1/2	OR	ROUTE	LOCATION	FIN	SS	DE	LOC REFERENCE				
ZCF1	AE	20	E0170FA2200	2792-0193	C	FF	26	95	7H	85WU	127	1817V7	14	0	27-92-11	ALL
ZCF1	AE	2H	E0170FA2200	2792-0245	B	FF	26	95	7H	85WU	127	1817V7	14	7	27-92-11	ALL
ZCF1	AE	2A	E0170FA2200	2792-7315	R	TK	24	340	8K	84WU	128	3CE2	AE	47	27-92-05	ALL
ZCF1	AE	2K	E0170FA2200	2792-7315	B	TK	24	340	8K	85XU	128	3CF2	AE	48	27-92-05	ALL
ZCF1	AE	3A	E0170FA2200	2792-0602	R	FF	24	176	7H	127	87VC			1	27-92-19	ALL
ZCF1	AE	3B	E0170FA2200	2792-0602	R	FF	24	176	7H	127	87VC			2	27-92-19	ALL
ZCF1	AE	3C	E0170FA2200	2792-0603	B	FF	24	152	7H	127	87VC			10	27-92-19	001018
ZCF1	AE	3C	E0170FA2200	2792-0603	R	FF	24	176	7H	127	87VC			5	27-92-19	019099 101149 151199 201299
ZCF1	AE	3D	E0170FA2200	2792-0603	B	FF	24	176	7H	127	87VC			10	27-92-19	019099 101149 151199 201299
ZCF1	AE	3D	E0170FA2200	2792-0603	R	FF	24	150	7H	127	87VC			5	27-92-19	001018
ZCF1	AA	1C	E0170FA2200	2792-0597	B	TK	24	300	7S	85WU	127	1817V7	14	5	27-92-11	ALL
ZCF1	AA	1C	E0170FA2200	2792-0597	R	TK	24	300	7S	85WU	127	1817V7	14	8	27-92-11	ALL
ZCF1	AA	1D	E0170FA2200	2792-0624	B	TK	24	300	7S	85WU	127	1817V7	14	9	27-92-11	ALL
ZCF1	AA	1D	E0170FA2200	2792-0624	R	TK	24	300	7S	85WU	127	1817V7	14	9	27-92-11	ALL

Bezeichnung der Steckerblöcke AE und AA

Alphanumerische Koordinaten der Pin-Position

Nummerierung des Kabelpaares mit Farbmarkierung blau/rot

Bezeichnung des Schaltplanes im AWM und Effectivity-Bereich

Diese AWL zeigt im dunkel hinterlegten Teil die standardmäßige Aufschaltung der Pins 3C/3D am Steckerblock AA. Diese Aufschaltung trifft für die meisten Flugzeuge der Flotte zu, mit Ausnahme der Flugzeuge mit dem Effectivity-Bereich 001 bis 018, worunter auch das betreffende Flugzeug fiel. Für dieses Flugzeug trifft die weiß hinterlegte Aufschaltung der Kabelpaare 0603 und 0597 mit vertauschter Farbkennung blau/rot statt rot/blau zu.

Nach Beendigung der Umsteckarbeiten in der Nachtschicht vom 19. auf den 20.03.2001 wurde eine Funktionskontrolle durchgeführt. Dabei kam es zu einer Fehlermeldung am ELAC#1. Bei der Fehlersuche wurde eine falsche Verschaltung der Brücke 8G am Steckerblock AA festgestellt und behoben. Diese Fehlermeldung stand jedoch nicht im Zusammenhang mit der ursprünglichen Beanstandung. Danach wurde zeitgleich durch einen Flugzeugelektroniker mit B2- sowie einem Flugzeugelektroniker mit B1-Qualifikation die Funktions- und Steuerungskontrolle durchgeführt.

Die Funktionskontrolle wurde nur mit Hilfe des rechten Sidesticks durchgeführt, obwohl auch die Verkabelung des linken Sidesticks betroffen war. Als Grundlage wurde das „Aircraft Maintenance Manual“ (AMM) benutzt. Dabei war nach der folgenden Anweisung zu verfahren: **“Push the FLT CTL ELAC 1 (2) push button switch. – Move the side-stick around in its two axis from stop to stop”**. Nach der Funktionskontrolle wurden noch ein ELAC-System-Test, ein „LAND TEST“ sowie ein „EFCS 182 Ground Scanning“ mit Hydraulikdruck durchgeführt, danach wurde das Flugzeug mit dem „RELEASE TO SERVICE“ zum Flugeinsatz freigegeben.

Die Dokumentation aller durchgeführten Arbeiten erfolgte in der bereits abgesehenen „Action Spalte“ der durchgeführten Arbeiten der vorangegangenen Frühschicht.

Die Eintragung im „Reliability-Data on Demand“ (ROD), welches zur Erfassung und Auswertung technischer Vorgänge am Flugzeug dient, erfolgte ebenfalls unter der aus dem TLB ins GLB falsch übertragenen Referenznummer, was zur Folge hatte, dass diese Beanstandung bzw. die durchgeführten Arbeiten am Flugzeug später unter der tatsächlichen Referenznummer nicht auffindbar waren.

## 1.7 Meteorologische Informationen

Die für den Zeitraum der schweren Störung gültige Wetterinformation (ATIS) für die Startbahn 18 lautete:

Wind: aus 070° mit 4 kt

Sicht: über 10 km

Bewölkung: FEW 032; BKN 250

Temperatur/Taupunkt: 04 °C/-04 °C

Luftdruck (QNH): 1017; NOSIG

## 1.8 Navigationshilfen

Nicht betroffen.

## 1.9 Funkverkehr

Nicht betroffen.

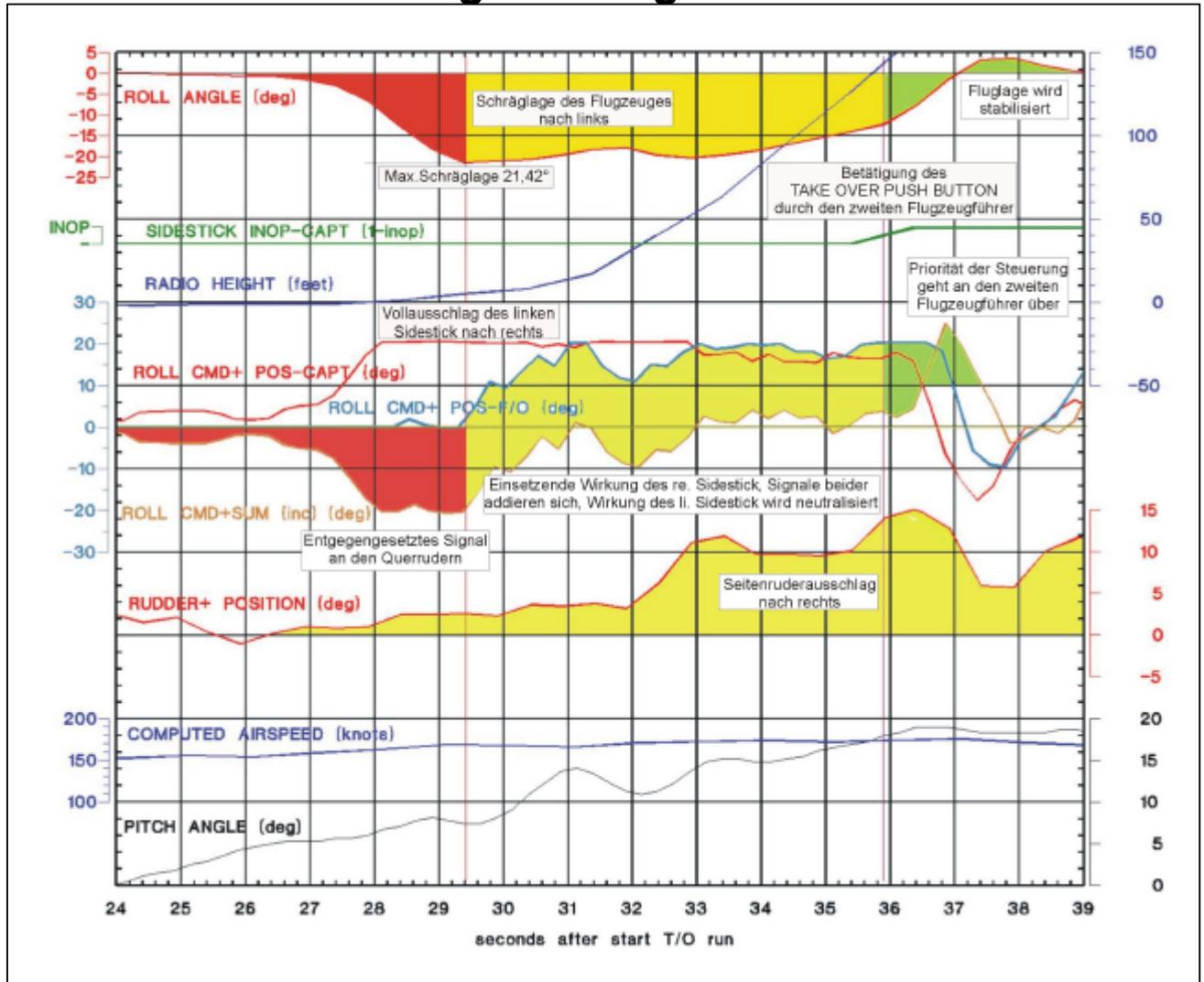
## 1.10 Angaben zum Flugplatz

Der Start wurde auf der Startbahn „West“ in Frankfurt/Main durchgeführt. Die Betonpiste wird ausschließlich für den Start in Richtung 180° genutzt. Sie ist 4 000 m lang und hat eine Breite von 45 m.

## 1.11 Flugschreiber

Bei dem betreffenden Flugschreiber handelte es sich um einen Solid-State-Flight-Data-Recorder (SSFDR) von der Firma Loral-Aviation-Recorders in Sarasota/Florida. Aufgezeichnet wurden ca. 470 Parameter. Die Flugschreiberaufzeichnungen wurden auf einer CD gesichert und der BFU nach Braunschweig zur Auswertung übersandt.

## Auswertung des Flugdatenschreibers



Auf die Auswertung des Cockpit-Voice-Recorders (CVR) wurde verzichtet, da wegen der Aufzeichnungsdauer von 30 Minuten die Gesprächsaufzeichnungen im Cockpit zum Zeitpunkt des Ereignisses bereits wieder gelöscht waren.

### 1.12 Angaben über Wrack und Aufprall

Nicht betroffen.

### 1.13 Medizinische und pathologische Angaben

Nicht betroffen.

## 1.14 Brand

Nicht betroffen.

## 1.15 Überlebenschancen

Nicht betroffen.

## 1.16 Weiterführende Untersuchungen

Nicht betroffen.

## 1.17 Information über Organisation und Verfahren

### 1.17.1 Luftfahrtunternehmen

Dem Luftfahrtunternehmen wurde am 31.08.1999 vom Luftfahrt-Bundesamt (LBA) das Luftverkehrsbetreiberzeugnis (AOC – Air Operator Certificate) entsprechend JAR-OPS 1.175 erteilt. Voraussetzung dafür war u.a. die Einrichtung eines Qualitätsmanagement-Systems (QM) entsprechend JAR-OPS 1.035. „Der Luftfahrtunternehmer hat ein Qualitätssystem einzurichten und dessen Leiter zu benennen, der die Einhaltung und die Eignung der Verfahren, die für die Gewährleistung einer sicheren betrieblichen Praxis und lufttüchtiger Flugzeuge notwendig sind, überwacht“.

Das Luftfahrtunternehmen verfügt über keinen eigenen Instandhaltungsbetrieb, anfallende planmäßige und außerplanmäßige Arbeiten werden vertraglich durch einen externen Instandhaltungsbetrieb durchgeführt.

Das Luftfahrtunternehmen beauftragte den Instandhaltungsbetrieb mit der Durchführung der Instandsetzungsarbeiten an diesem Luftfahrzeug.

Gemäß JAR-OPS 1.900 muss das Qualitätssystem des Luftfahrtunternehmens unter anderem die Überwachung der ordnungsgemäßen Durchführung aller vertragsmäßig vereinbarten Instandhaltungsmaßnahmen umfassen. Dies beinhaltet auch die Übereinstimmung mit den anerkannten Verfahren.

Durch das LBA wurde mehrfach beanstandet, zuletzt im Rahmen der AOC-Verlängerung, dass das Luftfahrtunternehmen für die geforderte Auditierung keine ausreichende Personalausstattung besitzt. Vor diesem Hintergrund wurde das Instandhaltungssystem nur mit Auflagen genehmigt.

### 1.17.2 Instandhaltungsbetrieb

Der Instandhaltungsbetrieb erhielt die JAR-145-Genehmigung durch das LBA am 23. Oktober 1992. Die JAR-145-Genehmigung verpflichtet den Instandhaltungsbetrieb die Vorschriften der JAR-145 zu erfüllen und Verfahren gemäß dem vom LBA genehmigten JAR-145-Instandhaltungsbetriebshandbuch (QM-Handbuch Teil 1 und 2) durchzuführen, dessen Erstausgabe am 28.10.1992 vom LBA genehmigt wurde.

Bestandteil dieses QM-Handbuches waren u.a. Festlegungen zu Qualifikationsanforderungen und Berechtigungen des mit der Durchführung der Instandhaltung beauftragten technischen Personals

und des mit der Freigabe von Luftfahrzeugen und Luftfahrzeug-Bauteilstandhaltung beauftragten Personals.

Da die JAR-66 zu diesem Zeitpunkt noch nicht fertiggestellt war, wurden von der Europäischen Luftfahrtbehörde (JAA) und dem Bundesministerium für Verkehr (BMV) festgelegt, dass bis zum Inkrafttreten der JAR-66 die jeweils bestehenden nationalen Regeln weiterhin Anwendung finden sollten.

Von Seiten des Instandhaltungsbetriebes wurde zu diesem Zeitpunkt die Qualifikationsstruktur für Flugzeugwarte von einem vormals dreistufigen System (Wart I bis Wart III) auf ein zweistufiges mit der Bezeichnung B1 und B2 umgestellt. Gemeinsam mit dem LBA wurden Zusatzqualifikationen definiert, die es einem zunächst eingeschränkten Personenkreis (ca. 25 Personen) ermöglichen sollte, spezielle - hoch anspruchsvolle - Zweitkontrollen (vormals Prüfaufgaben), z.B. nach Eingriffen in die Steuerungsanlage, durchzuführen. Diese Personen mussten ein spezielles weiterführendes Training absolvieren sowie praktische Erfahrung erworben haben. Das LBA forderte das Ablegen einer Prüfung vor dem Prüfungsrat für Prüfer von Luftfahrtgerät.

Die Bezeichnung der Kontrollberechtigung B1 und B2 ist eine rein betriebsinterne Bezeichnung und entspricht nicht derjenigen für Certifying Staff nach JAR-66.

Im Laufe der Jahre erhöhte sich die Zahl der Zweitkontrollberechtigten (B2) nach Auskunft des LBA auf 140 Mitarbeiter zum Zeitpunkt der Störung.

### 1.17.3 Aufsicht über den Instandhaltungsbetrieb durch das Luftfahrt-Bundesamt

Der Instandhaltungsbetrieb unterliegt der Genehmigungs- und Aufsichtspflicht des LBA. Für die Aufsicht aller vier Betriebsstätten und ca. 92 Stationen ist ein Betriebsprüfer des LBA zuständig, der neben diesem Unternehmen noch zwei weitere deutsche Unternehmen und drei ausländische Instandhaltungsbetriebe unter seiner Aufsicht hat.

Dem Fachbereich U3 des LBA, Technische Dienste der Luftfahrtunternehmen, stehen 12 technische Betriebsprüfer für die Genehmigung und Aufsicht von 145 Luftfahrtunternehmen, 29 Instandhaltungsbetrieben (davon 9 im Ausland) und 65 Luftfahrerschulen zur Verfügung.

Planmäßig ist jährlich eine Betriebsprüfung für die Dauer von 2 bis 3 Tagen je Betriebsstätte vorgesehen. Eine Aufsicht im eigentlichen Sinne findet nur auf der Ebene der Vorschriften und Regeln, die im Qualitätsmanagement-Handbuch (QMH) beschrieben sind, statt.

Das Qualitätsmanagement-Handbuch Teil 1 und 2 ist Bestandteil des vom LBA genehmigten Qualitätsmanagementsystems des betroffenen Instandhaltungsbetriebes. Im Teil 1 des QMH sind vorwiegend die administrativen Dinge geregelt, während im Teil 2 die Qualitätsmanagementregeln beschrieben sind. Die überwiegend auf dem QMH, Teil 2 basierenden Verfahrensanweisungen unterliegen nur stichprobenartig einer Kontrolle. Von den insgesamt ca. 360 gültigen Verfahrensanweisungen im Unternehmen gelten 254 für die Flugzeugwartung und 173 für den hier betroffenen Bereich.

## 1.18 Zusätzliche Informationen

### 1.18.1 Dokumentation

Aufgeführt sind die Dokumente, die zur Behebung der Beanstandung zur Verfügung standen.

Als Arbeitsgrundlage für die Instandsetzung des Flugzeuges diene das vom Hersteller Airbus Industrie herausgegebene „Aircraft Maintenance Manual“ gemäß der ATA (Aircraft Transport Association) Specification Nr. 100, 29. Revision sowie das „Electronic-Standard-Practices-Manual“ (ESPM).

Des Weiteren fand folgende interne Dokumentation Anwendung.

- **Das Standard-Practices-Manual des Instandhaltungsbetriebes (SPM)** enthält Verfahren für die Wartung von Luftfahrzeugen bestimmter Kunden. Einige der in dem SPM enthaltenen Verfahren stellen Ergänzungen zu den bestehenden Handbüchern der Luftfahrzeughersteller und des Instandhaltungsbetriebes dar. Andere sind von den Ingenieurabteilungen des Instandhaltungsbetriebes modifizierte Verfahren der Luftfahrzeughersteller.
- **Qualitätsmanagement-Handbuch für „Qualifikationsanforderungen und Berechtigungen des Personals mit Produktionsaufgaben“.** Hier werden Systematik und Zuständigkeiten für die Qualifizierung, Berechtigung und Erteilung der Berechtigung des Personals mit Produktionsaufgaben bei der Instandhaltung von Luftfahrzeugen und Luftfahrzeugbauteilen und bei der Herstellung von Luftfahrzeugbauteilen beschrieben. Die eigenverantwortliche Durchführung, Kontrolle und Bescheinigung von Instandhaltungsarbeiten an Luftfahrzeugen oder Luftfahrzeugbauteilen, der Herstellung von Luftfahrzeugbauteilen sowie deren Freigabe zum Betrieb darf nur durch Produktionspersonal erfolgen, das gemäß dem im QM-Handbuch beschriebenen Qualifikationssystem ausgebildet und berechtigt ist.
- **Qualitätsmanagement-Handbuch zur Systematik und den Zuständigkeiten bei Zweitkontrollen.** In dieser QM-Regelung werden Systematik und Zuständigkeiten für die Festlegung von Zweitkontrollen im Rahmen der Qualitätsprüfungen bei der Instandhaltung von Luftfahrzeugen, Luftfahrzeugbauteilen und der Herstellung von Luftfahrzeugbauteilen beschrieben. Grundsätzlich ist im Rahmen der Eigenverantwortung des Durchführenden seine Eigenkontrolle auf Übereinstimmung mit den Anforderungen in der Regel ausreichend. Für bestimmte Arbeiten ist darüber hinaus zusätzlich eine Zweitkontrolle erforderlich, die von einem mindestens gleich qualifizierten zweiten Mitarbeiter durchzuführen ist.

In der entsprechenden bereichsinternen Verfahrensanweisung sind die Erfordernisse von Zweitkontrollen in einfach handhabbare Vorgaben zur Umsetzung in Arbeitspapiere zu beschreiben.

- Die entsprechende **Verfahrensanweisung** vom 01.04.2000 nimmt Bezug auf das o.g. QM-Handbuch und beschreibt die Systematik und Zuständigkeiten bei Eingriffen in die Flugzeugsteuerungsanlage. Vor jedem Eingriff in die Steuerungsanlage ist von einem Flugzeugwart der Qualifikation B2/Wart III zu überprüfen, ob es sich um einen komplexen oder einfachen Eingriff handelt. Bei komplexen Eingriffen findet das Prinzip der Erst- und Zweitkontrolle Anwendung. Dabei ist die Zweitkontrolle von entsprechend qualifiziertem Personal durchzuführen und im „Technical-Log-Book“, „Ground-Log-Book“ und im Sammelblatt für Beanstandungen (SfB) zu bescheinigen.
- Die **Verfahrensanweisung „Bestätigung von Arbeiten“** enthält Anweisungen für die Bestätigung durchgeführter Arbeiten. Diese umfasst sowohl die Bescheinigung von durchgeführten Instandhaltungsarbeiten, die luftfahrtrechtliche Freigabe der instand gehaltenen Luftfahrzeuge und Luftfahrzeugbauteile im Hinblick auf die durchgeführte Instandhaltung als auch die Bescheinigung der Herstellung von Luftfahrzeugbauteilen im Rahmen der Instandhaltung oder die Freigabe unter der Genehmigung als Herstellerbetrieb.

- Die **Verfahrensweisung „Zweitkontrolle bei der Luftfahrzeuginstandhaltung“** beschreibt die Systematik und Zuständigkeiten für die Durchführung von Zweitkontrollen bei der Luftfahrzeuginstandhaltung und beruft sich dabei auf die entsprechende QM-Regelung. Bei Arbeiten an Luftfahrzeugen und Luftfahrzeugbauteilen sind Qualitätsprüfungen zur Absicherung der Produktqualität durchzuführen. Dies erfordert für bestimmte Arbeiten neben der Erstkontrolle auch eine Zweitkontrolle.

Für die Bescheinigung dieser Kontrolle gilt generell, dass die Zweitkontrolle von einem Mitarbeiter mit mindestens gleicher Berechtigung wie der Erstkontrollierende durchgeführt wird.

- In der **Verfahrensweisung „Handhabung des Technical-Log-Book“** werden Systematik und Zuständigkeiten zum TLB beschrieben. Das Luftfahrtunternehmen ist entsprechend JAR-OPS 1.915 zur Führung eines TLB als Bestandteil des Bordbuch-Systems verpflichtet. Das TLB hat u.a. folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Nachweisführung über durchgeführte Instandhaltungsereignisse
- Bestätigung der Flugzeugübernahme des Halters vom Instandhaltungsbetrieb
- Erfassung von Flug- und Bodenbeanstandungen sowie Erfassung der daraufhin getroffenen Maßnahmen, deren Bescheinigung und Freigabebescheinigung
- u.a.

Für alle im TLB eingetragenen Beanstandungen müssen auch im TLB die Behebungsmaßnahmen beschrieben und bescheinigt werden. Eintragungen in das TLB dürfen nachträglich nicht verändert werden.

- Die **Bedienungsanleitung zur „Handhabung des Ground-Log-Book und des Sammelblatts für Beanstandungen“** beschreibt das Layout und die Systematik zur Handhabung und Ausfüllung des SfB und des GLB. Diese Formulare sind im Rahmen der Luftfahrzeuginstandhaltung zur Aufzeichnung und Bearbeitung von Beanstandungen vorgesehen. Durch die korrekte Anwendung wird eine systematische Erfassung von Beanstandungen sowie deren Bearbeitung möglich, wie sie für Zuverlässigkeitsuntersuchungen und zur Fehlersuche benötigt wird.

Diese Formulare beinhalten außerdem die Felder zur Bescheinigung der ergriffenen Maßnahmen, dienen evtl. einer zusätzlichen Eingabe der Daten in ein digitales Beanstandungsverwaltungs-System und erfüllen die Nachweispflicht gemäß der Festlegung für JAR-145-Instandhaltungsbetriebe.

## 1.19 Untersuchungstechniken

Es wurden keine besonderen Untersuchungstechniken angewendet.

## 2. Auswertung

### 2.1 Luftfahrtunternehmen

In JAR-OPS 1.890 ist die Verantwortlichkeit des Luftfahrtunternehmens für die Instandhaltung festgelegt. Das Luftfahrtunternehmen ist entsprechend JAR-OPS 1.900, Abschnitt M verpflichtet, die Einhaltung des Instandhaltungsvertrages zu kontrollieren. Dazu ist dem LBA jährlich ein Auditplan vorzulegen, der genehmigt werden muss. Nach Ermittlungen der BFU hat das Luftfahrtunternehmen den Instandhaltungsbetrieb nicht auditiert, dadurch war das Qualitätssystem des Luftfahrtunternehmens nicht in der Lage, systematische Mängel in der Ablauforganisation rechtzeitig zu erkennen. Das Qualitätssicherungssystem des Luftfahrtunternehmens ist verpflichtet, den Instandhaltungsbetrieb zu kontrollieren, die Qualität der durchgeführten Arbeiten zu überwachen, einzuschätzen und gegebenenfalls einzufordern.

Die Tatsache, dass der Fehler bei der Überprüfung der Steuerung (Flight Control Check) durch die Besatzung nicht erkannt wurde, ist darauf zurückzuführen, dass die Querruderausschläge, nur wie in der Checkliste beschrieben, auf Vollausschlag, nicht aber auf Sinnfälligkeit geprüft wurden. Die BFU hat an das entsprechende Unternehmen und an das LBA eine Sicherheitsempfehlung für die Betreiber von „Fly by Wire“- Flugzeugen herausgegeben, ihre Checklisten entsprechend zu ändern, was auch in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers steht.

Aufgrund der Untersuchungen geht die BFU davon aus, dass durch das schnelle und umsichtige Handeln der beiden Besatzungsmitglieder beim Auftreten der Störung ein Unfall verhindert wurde. Die in den Flotten des Luftfahrtunternehmens gelehrte und praktizierte Philosophie der „**flachen Cockpithierarchie**“ zwischen den beiden Flugzeugführern dürfte entscheidend dazu beigetragen haben.

Von Seiten des Herstellers gab es einen Erklärungsversuch dafür, dass sich die Querruder bei dem FLIGHT CONTROL CHECK nach der Übergabe des Flugzeuges an den Instandhaltungsbetrieb für einen kurzen Moment in die richtige Richtung bewegten, bevor sie umsprangen. Die Bedingungen, die in dieser Erklärung zu Grunde gelegt wurden, trafen weder am Boden noch in der Luft zu.

### 2.2 Instandhaltungsbetrieb

Nach der Umstellung auf die JAR-145 hatte der Instandhaltungsbetrieb die bis dahin der Prüforganisation vorbehaltenen Prüfaufgaben sukzessive im Rahmen eines mit dem LBA ständig kommunizierten Überleitprogramms in die Produktionsbereiche überführt.

Hinsichtlich der Qualifikation des mit der Durchführung der Instandhaltung beauftragten Personals macht JAR-145 keinerlei konkrete Vorgaben, sondern fordert lediglich, dass eine Qualifikationssystematik im Instandhaltungsbetriebshandbuch festzulegen ist.

Hinsichtlich des Personals, das mit der Freigabe von Luftfahrzeugen bzw. Bauteilinstandhaltung beauftragt ist, forderte JAR-145 seinerzeit, bis zum Inkrafttreten der JAR-66, die Anwendung nationaler Regeln. Nationale Anforderungen für „freigabeberechtigtes Personal“ hat es in der Bundesrepublik Deutschland nie gegeben. Die zum Zeitpunkt der Störung gültige LuftPersV beschreibt in den §§ 104 bis 111 lediglich die Qualifikationsanforderungen für Prüfer von Luftfahrtgerät, deren Aufgabe gemäß LuftGerPO ausschließlich die Durchführung von technischen Prüfungen, d.h. einer Teilmenge von Instandhaltungsarbeiten war. Die Freigabe von Instandhaltung war im nationalen Luftrecht seinerzeit so genannten „Zeichnungsberechtigten“ vorbehalten, die nicht zwangsläufig auch Prüfer von Luftfahrtgerät sein mussten, denn auch dafür gab es nie eine Rechtsgrundlage.

Die LuftGerPO hätte zum Zeitpunkt der Erstaussstellung von JAR-145-Genehmigungen für JAR-145-Betriebe geändert werden müssen, um Interpretationsschwierigkeiten zu vermeiden. Diese zeitgleiche Änderung der LuftGerPO hat der Gesetzgeber aber damals unterlassen, mittlerweile ist die LuftGerPO außer Kraft gesetzt.

Es gab eine Reihe von Unzulänglichkeiten in der Arbeitsorganisation, in der Arbeitsdurchführung und in der Qualitätssicherung des verantwortlichen Instandhaltungsbetriebes.

Bei der Behebung dieser technischen Beanstandung handelte es sich um einen komplexen Eingriff in Steuerungsanlagen, wie es in der entsprechenden Verfahrensanweisung definiert ist. Vor Beginn der Instandsetzungsarbeiten am 19. März 2001 hätte gemäß Verfahrensanweisung ein Auftragsplan (Maintenance Job Order), erstellt werden müssen, in dem beschrieben werden sollte, wie die Arbeiten, die Kontrollen und die Dokumentation zu erfolgen haben. Dieser Auftragsplan wurde erst nach Beginn der Arbeiten am 20.03.2001 erstellt, was auf eine gewisse Nachlässigkeit in der Umsetzung der vorgeschriebenen Arbeitsverfahren hindeutet.

In der Frühschicht am 19. März 2001 sollte durch einen Flugzeugelektroniker (FZE) mit B2-Qualifikation mit Unterstützung eines FZE-B1 das Steckersegment AE nach der Methode „EINS zu EINS“ gewechselt werden. Dabei wurde festgestellt, dass das neue Segment (AE) inkompatibel zu den verbleibenden drei Segmenten des Steckerblockes war. Die Möglichkeit, in angemessener Zeit ein passendes Steckersegment zu besorgen, wäre grundsätzlich eine Alternative gewesen, die aber aus betriebsinternen Überlegungen anders entschieden wurde. Hätte man nur den Block AE wechseln müssen, hätte auf diesem Block nur das Kabelpaar 0603 des Monitor-Channels vertauscht werden können, das Kabelpaar 0597 des Command-Channels auf Block AA wäre unangestastet geblieben und es wäre mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Fehlermeldung auf dem Display des Flugzeugüberwachungssystems (ECAM) gekommen.

Das Umstecken der Verbindungen des gesamten Steckerblockes mit mehr als 420 Pins war mit einem hohen Fehlerrisiko verbunden. Daher hätte man jeden einzelnen Draht, wie es auch laut Anweisung des Herstellers im AMM 20-52-10 bei schweren Eingriffen in die Steuerung verlangt wird, durchmessen müssen (Continuity Check). Auf die Nachfrage der Mechaniker bei Mitarbeitern der Abteilung „Maintenance Support“, ob die Drähte einzeln durchgemessen werden sollten, wurde mit Bezug auf das SPM des Unternehmens diese Maßnahme mündlich aufgehoben. Begründet wurde dies mit fachlicher Erfahrung aus der Praxis, wonach der nach Abschluss der Arbeiten durchzuführende Funktionstest auch Verkabelungsfehler aufdecke. Das SPM des Unternehmens stellte fälschlicherweise die Entscheidung in das Ermessen der Maintenance-Support-Mitarbeiter. Diese Vorgabe wurde nach dem Vorfall umgehend korrigiert.

(\*\*Effectivity: For A/C 001999 )  
**ELECTRICAL INSPECTIONS/CHECKS - DESCRIPTION AND OPERATION**

1. **General**  
 This chapter gives general rules for electrical inspections/checks.

A. **Each time a wire is added, repaired, disconnected or reconnected, it is necessary:**

- To make sure that the wire is correctly mechanically connected to the plug or terminal block module (as applicable).  
 Exemple: For wires with crimp contacts, pull the wire lightly to make sure the locking is correct.
- To do a continuity check and then do an operational or a functional test of the related function.

B. **Each time a connector is disconnected/reconnected:**

- Do a visual check of the connector locking.
- Do an operational test or a funtionnal test of the related functions.

2. **Structure of the Chapter**

A. **Visual Checks (Ref. 20-52-11)**  
 B. **Manual Checks (Ref. 20-52-12)**  
 C. **Continuity Check (Ref. 20-52-15)**  
 D. **Check for Short Circuit (Ref. 20-52-16)**  
 E. **Reflectometry Check (Ref. 20-52-17)**  
 F. **Insulation Check Procedure (Ref. 20-52-18)**

Im Standard-Practices-Manual ist eindeutig festgelegt, wie in diesem Fall hätte verfahren werden müssen. Eine Aufhebung dieser Vorschrift durch die Abteilung „Maintenance Support“ hätte nur schriftlich in Form einer „Engineering Order“ erfolgen dürfen. Der Verzicht auf den „Continuity Check“ ist aus Sicht der BFU in Bezug auf die Schwere des Eingriffes in die Steuerungsanlage unzulässig.

Unzulässig war auch die gleichzeitige Durchführung der Funktions- und Steuerungskontrolle, die unabhängig voneinander hätte durchgeführt werden müssen. Der Zweitkontrollierende, der als letzter die Möglichkeit gehabt hätte die Vertauschung der Anschlüsse zu entdecken, war über den vorangegangenen Arbeitsablauf nicht umfassend genug informiert. Ihm war vermutlich nicht bekannt, dass die Mitarbeiter der Spätschicht auf Anweisung von „Maintenance Support“ die geöffneten Kabel nicht wie gefordert durchgemessen hatten.

Ein weiterer Mangel war, dass sowohl die Steuerungs- als auch die Funktionskontrolle nur vom rechten statt von beiden Sidesticks aus durchgeführt wurde und auf eine vergleichende Sichtkontrolle mit den Steuerungsflächen am Flugzeug ganz verzichtet wurde.

Subtask 27-93-00-710-050	
A. Operational Test of the Elevator Aileron Computers (ELACs)	
ACTION	RESULT
1. On the overhead panel 23VU (24VU): - Push the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch.	On the overhead panel 23VU (24VU): - the OFF legend of the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch goes off - the FAULT legend of the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch comes on for 8 seconds then goes off.
2. On the overhead panel 23VU (24VU): - Release the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch.	On the overhead panel 23VU (24VU): - The OFF legend of the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch comes on.
3. Pressurize the aircraft hydraulic systems (Ref. TASK 29-23-00-863-01) (Ref. TASK 29-24-00-863-001) (Ref. TASK 29-10-00-863-003).	
4. Move the THS in the nose up direction, with the handwheel.	The THS moves.
5. On the overhead panel 23VU (24VU): - Push the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch.	On the overhead panel 23VU (24VU): - The OFF legend of the FLT CTL/ELAC 1 (2) pushbutton switch goes off. On the center pedestal: - the pitch trim control wheels move to 0. On the lower ECAM display unit, on the F/CTL page, on the pitch trim indicator: - the position of the THS moves to 0° plus or minus 0.3 The THS moves to 0. The ailerons and the elevators move.
6. Move the side stick around its in two axes from stop to stop.	On the upper ECAM display unit, no warning comes into view.

Die nicht eindeutige Anweisung des Herstellers im AMM 27-93-00-710-050, (**-Push the FLT CTL ELAC 1 (2) push button switch. – Move the side-stick around in its two axis from stop to stop.**), führte dazu, dass die Kontrolle nur vom rechten Sidestick durchgeführt wurde. Die oben angeführte Anweisung des Herstellers wurde inzwischen auf Anregung des Instandhaltungsbetriebes geändert und fordert nun zwingend die Kontrolle von beiden Sidesticks.

Auf die Frage der BFU-Mitarbeiter an die Beteiligten, warum die Kontrollen von dem nicht betroffenen rechten Sidestick aus durchgeführt worden waren, wurde geantwortet, dass es egal sei, welchen Sidestick man benutze. Da beide ELAC miteinander verbunden seien, würden etwaige Fehler des einen oder des anderen mit Sicherheit angezeigt werden. Diese Aussage weist auf fehlende Systemkenntnisse der Mechaniker hin.

Es kam zu gravierenden Fehlern bei der Durchführung der Erst- und Zweitkontrollen. Vermutlich unterschätzten die beteiligten Flugzeugwarte, die die Kontrollen durchführten, die Tiefe des vorangegangenen Eingriffs. Anders ist es nicht zu erklären, dass der Zweitkontrollierende bei der geforderten unabhängigen zweiten Kontrolle die an Bord befindlichen Arbeitsunterlagen verwendete, die auch schon der Erstkontrollierende benutzte, obwohl er laut Vorschrift **eigene unabhängige** Unterlagen hätte benutzen müssen. Die Bedeutung der Zweitkontrolle bei dieser Reparatur wurde offensichtlich nicht erkannt. Nicht der Arbeitsablauf, sondern die Unabhängigkeit der Zweitkontrolle war hier ausschlaggebend.

Das nach JAR-145 geforderte Qualitätssicherungssystem des Instandsetzungsbetriebes hat sich im vorliegenden Fall als unzureichend erwiesen. Des Weiteren wurde deutlich, dass im vorliegenden

Fall Defizite bei der Umsetzung der vorgeschriebenen Verfahren und bei den notwendigen Systemkenntnissen der Mitarbeiter bestehen.

## 2.3 Dokumentation

Die beim Übertragen der Beanstandung aus dem TLB ins GLB verwechsellte Referenznummer führte dazu, dass kurz nach dem Ereignis die vorausgegangene Wartungsmaßnahme im „Reliability-Data on Demand“ zunächst nicht auffindbar war. Auch wenn dieser Fehler nicht unmittelbar im Zusammenhang mit der Ursache der Vertauschung der Kabelpaare steht, zeigt er doch, dass das Qualitätssicherungssystem nicht optimal funktioniert hat.

Eine umständliche, unübersichtliche und dadurch schwer zu handhabende Dokumentation vergrößert das Risiko von Arbeitsfehlern. In den 173 Verfahrensanweisungen, die für den betreffenden Bereich gültig sind, findet man viele Querverweise, die die Handhabung erheblich erschweren. Viel Zeitaufwand war erforderlich, um zu erkennen, welche Verfahrensanweisungen für diese Arbeiten relevant waren.

Der Instandhaltungsbetrieb hat in der Vergangenheit mit viel Aufwand eine eigene Dokumentation erstellt, die parallel zu den Herstellerunterlagen existiert und ebenfalls wie die Herstellerunterlagen stets auf dem aktuellen Stand gehalten werden muss. Abweichungen von den Herstellerunterlagen haben in diesem Fall zu konkreten Arbeitsfehlern geführt.

Vom Flugzeughersteller wird dieser Vorfall als ein Wartungsfehler (Maintenance Error) eingestuft, der keine Designänderungen am Flugzeug nach sich ziehen wird. Die zweideutig auslegbare Anweisung im AMM ist auf Drängen des Instandhaltungsbetriebes unmittelbar nach dem Ereignis geändert worden.

Das Problem des Farbwechsels rot/blau – blau/rot zwischen Sidestick-Connector und ELAC-Stecker wurde gegenüber der BFU vom Hersteller damit begründet, dass man bei allen „Fly-by-Wire“-Flugzeugen eine einheitliche Verkabelung erreichen wolle, wo es vorher Unterschiede zwischen A 320, A 330 und A 340 gab. Dies trifft für eine bestimmte Übergangsserie des A 320 zu, wozu das betreffende Flugzeug gehört. Diese Besonderheit trägt ein erhöhtes Fehlerrisiko in sich. Nach Meinung der BFU hätte der Hersteller deutlicher und mit mehr Nachdruck auf diese Besonderheit hinweisen müssen.

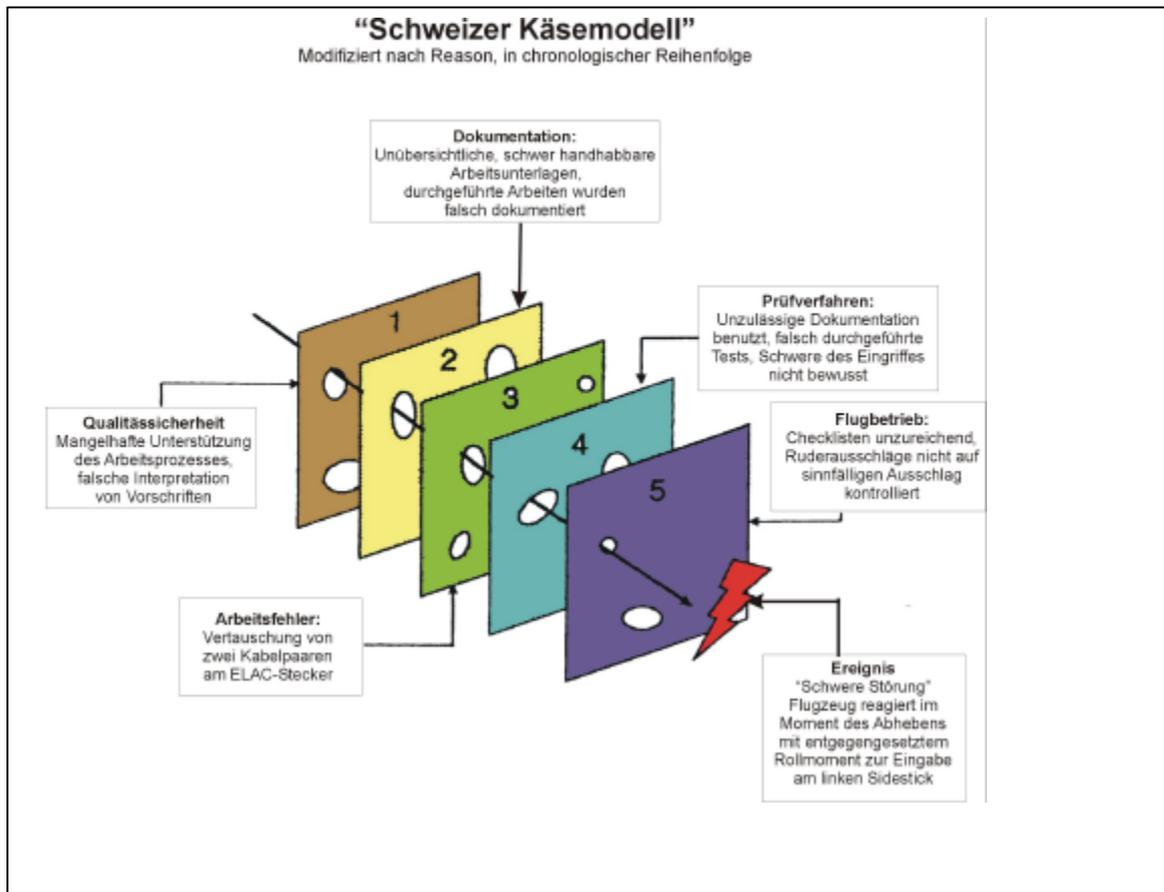
## 2.4 Aufsicht durch das LBA

Die Aufsichtstiefe, wie sie durch die Betriebsprüfer des LBA erreichbar war, führte dazu, dass Mängel in der Arbeitsorganisation, in der Arbeitsdurchführung und in der Qualitätssicherung sowohl im Luftfahrtunternehmen als auch im Instandhaltungsbetrieb nicht erkannt wurden. Die Zuständigkeit nur eines technischen Betriebsprüfers des LBA für derart große Betriebe, wie in diesem Fall, der darüber hinaus noch zuständig ist für eine Reihe anderer Unternehmen, scheint nicht sinnvoll zu sein.

Die Betriebsprüfer sind aus Kapazitätsgründen nicht in der Lage, tiefer gehende Prüfungen bei den Unternehmen durchzuführen. Gerade in dem betroffenen Unternehmen gibt es eine Fülle interner Vorschriften, die im Laufe der Jahre erarbeitet wurden, deren Inhalte den Betriebsprüfern nicht ausreichend bekannt waren. Bis Februar 2001 war ein einziger Betriebsprüfer des LBA sowohl für das Luftfahrtunternehmen als auch für den Instandhaltungsbetrieb zuständig, jetzt teilen sich zwei Mitarbeiter des LBA diese Aufgabe, was immer noch als unzureichend erscheint.

## 2.5 Darstellung der Kausalkette

Die Untersuchung hat ergeben, dass eine Vielzahl von Faktoren zu diesem Ereignis beigetragen hat. An keiner Stelle wurde die Kausalkette unterbrochen. Um dies anschaulich darzustellen, wurde das „Schweizer Käsemodell“ von Reason in chronologischer Reihenfolge modifiziert.



### 3. Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

- Der Instandhaltungsbetrieb ist vom LBA zertifiziert und arbeitete seit 1993 nach JAR-145.
- Die Übertragung der Störung ins „Ground-Log-Book“ und ins „Reliability-Data on Demand“ unter einer falschen Referenznummer dokumentiert eine geringe Sorgfaltstiefe.
- Der komplizierte Aufbau des beschädigten Pins (6K) am Steckerblock AE des ELAC#1, ließ eine Reparatur unter den beengten Platzverhältnissen nicht zu.
- Die Entscheidung, den gesamten Stecker auszutauschen, war die Folge davon, dass kein passendes Ersatzteil auf Lager war.
- Die Entscheidung, die Kabel des gesamten Steckers umzustecken, beinhaltete ein hohes Fehlerrisiko.
- Die Entscheidung, welche Seiten des „Aircraft-Wiring-Manual“ die richtigen waren, war anhand der durchgeführten bzw. nicht durchgeführten SBs an diesem Flugzeug nur sehr schwer zu treffen.
- Der vorgeschriebene Farbwechsel innerhalb der Kabelpaare 0603 und 0597, zwischen Sidestick und ELAC-Stecker, wurde wahrscheinlich aufgrund der komplizierten Dokumentation von den Mechanikern nicht erkannt.
- Die Arbeiten der Spätschicht am Steckerblock AB wurden unzulässigerweise im selben Feld des GLB eingetragen, wo bereits die durchgeführten Arbeiten in der Frühschicht an den Blöcken AA, AD und AE abgeschrieben waren, statt in einer separaten Spalte eingetragen zu werden.
- Der nach Beendigung der Arbeiten beim „Ground Scanning“ aufgetretene Fehler „PITCH TRIM FAULT“ stand nicht im Zusammenhang mit den vertauschten Kabeln.
- Das technische Personal war ausreichend lizenziert, um die Arbeiten durchzuführen.
- Die Qualifizierung des B2- bzw. Wart-III-Personals mit der eintägigen zusätzlichen Schulung für den Erwerb der Zweitkontrollberechtigung ist nicht gleichzusetzen mit der Qualifikation eines Prüfers von Luftfahrtgerät bzw. eines Freigabeberechtigten nach JAR-66.
- Der Zweitkontrollierende führte keine unabhängige Zweitkontrolle durch, da er unkorrekterweise die Unterlagen des Kollegen, der die vorangegangenen Arbeiten durchgeführt hatte, benutzte.
- Das Durchmessen der einzelnen Drähte wurde von „Maintenance Support“ unzulässigerweise nicht für notwendig eingeschätzt und unterblieb.

- Die Doppelkontrolle (Duplicate Inspections), d.h. Funktionskontrolle gemäß AMM und Steuerungskontrolle gemäß Job Order, wurde aufgrund nicht eindeutiger Vorschriften unkorrekt durchgeführt.
- Entgegen den Anweisungen wurden nicht alle zur Verfügung stehenden Prüfmöglichkeiten (Modes), durchgeführt.
- Durch Mängel in der Qualitätssicherung des Instandhaltungsbetriebes blieben Fehler in der Arbeitsorganisation und Arbeitsdurchführung unentdeckt.
- Das Luftfahrtunternehmen hat die in JAR-OPS geforderten Audits im Instandhaltungsbetrieb nicht durchgeführt, sodass die Mängel im Instandhaltungsbetrieb nicht erkannt werden konnten.
- Das LBA hat die Mängel im Qualitätssystem des Luftfahrtunternehmens und des Instandhaltungsbetriebes nicht erkannt.
- Die Besatzung des A 320 war ausreichend lizenziert, um den Flug durchzuführen.
- Die Quersteuerung des Flugzeuges wurde nach dem Anlassen der Triebwerke entsprechend der „AFTER START CHECKLIST“ nur auf Vollausschlag der Steuerflächen überprüft, nicht aber auf Sinnfälligkeit derselben.
- Das Flugzeug nahm beim Abheben eine leichte Querlage nach links ein. Der Versuch, dieser Tendenz entgegenzuwirken, schlug aufgrund des falsch angeschlossenen linken Sidesticks fehl. Stattdessen vergrößerte sich die Schräglage bis auf ca. 22°.
- Der zweite Flugzeugführer übernahm die Steuerung des Flugzeuges ohne Zeitverlust und führte das Flugzeug in die Normallage zurück.

## 3.2 Ursachen

Die BFU kommt zu dem Schluss, dass die schwere Störung darauf zurückzuführen ist, dass

- bei Instandsetzungsarbeiten am Stecker des „Elevator-Aileron-Computers“ (ELAC) Nr. 1 zwei Kabelpaare vertauscht wurden
- der Arbeitsfehler unentdeckt blieb
- der Fehler beim „FLIGHT CONTROL CHECK“ durch die Besatzung nicht erkannt wurde

Beitragend zu den Ursachen waren:

- eine unübersichtliche, schwer handhabbare Dokumentation in deren Folge ein falsches „Wiring-Diagramm“ benutzt wurde
- ein Abweichen von den Herstellervorgaben durch „Maintenance Support“
- nicht eindeutig formulierte Herstelleranweisungen
- eine unkorrekte Durchführung der Funktionskontrolle durch den Zweitkontrollierenden
- eine unzureichend funktionierende Qualitätssicherung
- eine fehlende Überwachung des Instandhaltungsbetriebes durch das Luftfahrtunternehmen.
- eine quantitativ und damit auch qualitativ nicht ausreichende Überwachung des Instandhaltungsbetriebes und des Luftfahrtunternehmens durch die Aufsichtsbehörde
- Mängel in der „AFTER START CHECKLIST“ für die Durchführung des „FLIGHT CONTROL CHECK“

## 4. Sicherheitsempfehlungen

### 4.1 Sofortmaßnahmen

Als Sofortmaßnahme hat die BFU folgende Sicherheitsempfehlung an das LBA und das betroffene Luftfahrtunternehmen herausgegeben:

Empfehlung Nr. 09/2001

Die Verfahren und Checklisten aller „Fly by Wire“-Flugzeuge sollten dahingehend geändert werden, dass beim Flight Control Check auf sinnfälligen Ausschlag der Querruder und Rollspoiler geachtet wird, wie es auch der Hersteller empfiehlt.

### 4.2 Maßnahmen während der Untersuchung

#### 4.2.1 Innerbetriebliche Maßnahmen des Instandhaltungsbetriebes

Durch die schwere Störung wurden unternehmensintern eine Reihe von Sofortmaßnahmen eingeleitet, die die Wiederholung eines solchen Ereignisses weitgehend ausschließen sollen. Eine umfangreiche Anzahl mittel- und langfristiger Maßnahmen wurde im Laufe der Untersuchung größtenteils schon umgesetzt. Sie sollen dazu beitragen, ein neues Betriebs- und Arbeitsklima zu schaffen sowie ein ausgeprägteres Verantwortungsbewusstsein zu erzeugen.

- Als **Sofortmaßnahme** wurde eine Anweisung herausgegeben, dass die Funktions- und Steuerungskontrolle an „Fly by Wire“-Flugzeugen immer von beiden Sidesticks aus durchzuführen ist. Entsprechende Änderungen im Standard-Practices-Manual (SPM) sowie in den Job Cards wurden vorgenommen. Airbus Industrie wurde aufgefordert im „Aircraft Maintenance Manual“ unklare Formulierungen entsprechend zu ändern. Eine Belehrung der an diesem Vorgang beteiligten Mitarbeiter wurde durchgeführt.
- Im Rahmen der **kurzfristigen Maßnahmen** wurden hauptsächlich innerbetriebliche Prozessabläufe, Qualitätssicherungsverfahren und Regeln bei der Dokumentation der Wartungsmaßnahmen überprüft und geändert. Die Weiterbildung (Continuation Training) der Mitarbeiter wurde intensiviert.
- **Mittelfristig** wurde eine Verbesserung der Einweisung von neu eingestelltem Personal in alle nötigen betrieblichen Verfahren erreicht und entsprechend dokumentiert. Der Informationsaustausch sollte verbessert werden. Es wurde ein anonymes Reporting-System, ähnlich wie im Flugbetrieb, installiert, um den Mitarbeitern die Möglichkeit zu geben, inakzeptable Forderungen oder Zustände technischer sowie jeglicher anderer Art beanstanden zu können, ohne Gefahr zu laufen, persönliche Nachteile zu erleiden.
- **Langfristig** wird auf eine positive Veränderung der Berufseinstellung und Arbeitsethik hingearbeitet, was zur Verbesserung der Arbeitskultur führen soll.

#### 4.2.2 Maßnahmen des Luftfahrt-Bundesamtes

Zur Verbesserung der Situation bei der Aufsicht über Instandhaltungssysteme der Luftfahrtunternehmen hat das LBA, in Abstimmung mit dem BMVBW, den Schwerpunkt bei der Aufgabenerledigung auf die Überwachung der genehmigten Instandhaltungssysteme gelegt. Diese zu Lasten anderer Aufgaben gehende Maßnahme ist zunächst bis Mitte 2003 befristet.

Gleichzeitig wurden zur Verbesserung der Situation zusätzliche Personalmittel angefordert und für das Haushaltsjahr 2003 auch in Aussicht gestellt.

#### 4.3 Sicherheitsempfehlungen nach Abschluss der Untersuchung

Empfehlung Nr.: 05/2003

Die vom Luftfahrt-Bundesamt eingeleiteten Maßnahmen sollten unbefristet über das Jahr 2003 fortgeführt werden, um eine dauerhafte qualitative und quantitative Verbesserung der durchzuführenden Audits in den Luftfahrtunternehmen und Instandhaltungsbetrieben zu erreichen.

Empfehlung Nr.: 06/2003

Das Luftfahrtunternehmen sollte die organisatorischen und personellen Voraussetzungen schaffen, um die Einhaltung der Qualitätsanforderungen bei der Instandhaltung von Luftfahrzeugen im Instandhaltungsbetrieb entsprechend den Forderungen nach JAR-OPS 1.035 (Abschnitt B) i. V. mit JAR-OPS 1.890, 1.895, 1.900, 1.905 (Abschnitt M) gewährleisten zu können.

Empfehlung Nr.: 07/2003

Das System der Verfahrensanweisungen im Instandhaltungsbetrieb sollte überarbeitet und neu gestaltet werden, sodass die Verfahrensanweisungen für alle Benutzer übersichtlich, eindeutig, verständlich und anwenderfreundlich sind.

## 5. Anlagen

Die Anlagen wurden im Text eingearbeitet.

Braunschweig, 19.05.2003

Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

Im Auftrag

Müller

Untersuchungsführer

An der Untersuchung haben folgende Mitarbeiter mitgewirkt:

J. Reuß

A. Thiel