



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici
Uffizi d'investigaziun per accidents d'aviatica

Aircraft accident investigation bureau

Schlussbericht Nr. 1901 des Büros für Flugunfalluntersuchungen

über den schweren Vorfall
des Flugzeuges Embraer EMB 145 LR, I-EXME
betrieben durch Alitalia Express unter Flugnummer AZA 568
vom 3. August 2001
auf dem Flughafen Zürich

Causes

The serious incident is attributable to the fact that after an unstabilised final approach the flight crew made a long landing with excessive speed on a wet runway and were unable to bring the aircraft to a halt on the remaining section of runway available.

The investigation determined the following causal factors for the serious incident:

- The flight crew carried out the speed reduction to late and choosed an aircraft configuration for the landing which was not adapted to the actual situation.
- The commander prevented the copilot from continuing the go-around which had already been initiated.
- The flight crew did not carry out a go-around despite the ground proximity warning systems (GPWS) hard warning indicating an unstabilized final approach.

The following factors may have aggravated the accident:

- The flight crew did not make optimal use of the wheel brakes.
- During the landing procedure, the flight crew pushed the control column forwards markedly, thereby reducing the effectiveness of the wheel brakes.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Entsprechend dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt (ICAO Annex 13) ist das alleinige Ziel der Untersuchung eines Flugunfalles oder eines schweren Vorfalles die Verhütung künftiger Unfälle oder schwerer Vorfälle. Es ist nicht Zweck dieser Untersuchung, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

Gemäss Art. 24 des Schweizer Luftfahrtgesetzes ist die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung.

Geschlechtsunabhängig wird in diesem Bericht aus Datenschutzgründen ausschliesslich die männliche Form verwendet.

Alle Zeiten in diesem Bericht sind, wo nicht anders angegeben, in koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) angegeben. Im Unfallzeitpunkt galt für das Gebiet der Schweiz die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet: $LT = MESZ = UTC + 2 \text{ h}$.

Der Wortlaut des deutschsprachigen Berichtes ist massgebend.

Das Büro für Flugunfalluntersuchungen bedankt sich bei den Behörden und Organisationen für die Unterstützung, die ihm bei der Durchführung der Untersuchung gewährt wurde.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Kurzdarstellung	5
Untersuchung	5
1 Sachverhalt	7
1.1 Flugverlauf	7
1.1.1 Allgemeines	7
1.1.2 Vorbereitung des Anfluges	7
1.1.3 Sinkflug und Beginn des Anfluges	7
1.1.4 Endanflug	8
1.1.5 Landung	10
1.2 Personenschäden	11
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	11
1.4 Drittschaden	11
1.5 Angaben zu Personen	11
1.5.1 Kommandant	11
1.5.2 Copilot	12
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	13
1.6.1 Flugzeug I-EXME	13
1.6.2 Leistungen des Luftfahrzeuges bei der Landung	14
1.7 Meteorologische Angaben	15
1.7.1 Allgemeine Wetterlage	15
1.7.2 Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich	15
1.7.2.1 Wetter im Zeitpunkt des schweren Vorfalls gemäss Angaben von MeteoSchweiz	15
1.7.2.2 Flugplatzwettermeldungen	16
1.7.3 Aufzeichnungen des Wetterradars	17
1.7.4 Wetter gemäss Augenzeugen	17
1.7.5 Astronomische Angaben	17
1.7.5.1 Sonnenstand	17
1.8 Navigationshilfen	17
1.8.1 Instrumentenlandesystem der Piste 14 auf dem Flughafen Zürich	17
1.9 Kommunikation	18
1.10 Angaben zum Flughafen	18
1.10.1 Allgemeines	18
1.10.2 Pistenausrüstung	18
1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste	19
1.11 Flugschreiber	19
1.12 Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle	19
1.13 Medizinische und pathologische Angaben	19
1.14 Feuer	19
1.15 Überlebensaspekte	19
1.16 Versuche und Forschungsergebnisse	20
1.16.1 Höhenmesseranzeige im Endanflug	20
1.16.2 Bremsvorgang	21

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	21
1.17.1 Flugbetriebsunternehmen Alitalia Express	21
1.17.1.1 Allgemeines	21
1.17.1.2 Betriebsverfahren	21
1.17.1.2.1 Allgemeines	21
1.17.1.2.2 Bedingungen für einen stabilisierten Endanflug	21
1.17.1.2.3 Minimalhöhe beim outer marker	22
1.17.1.2.4 Bremsverfahren	22
2 Analyse	23
2.1 Technische Aspekte	23
2.1.1 Allgemeines zum Luftfahrzeug	23
2.2 Betriebliche Aspekte	23
2.2.1 Ausgangslage für den Anflug	23
2.2.2 Durchführung des Anfluges	23
2.2.3 Kontrolle der Höhe während des Endanfluges	24
2.2.4 Systemwarnungen und Abbruch eines Durchstarts	25
2.2.5 Landung und Bremsvorgang	25
3 Schlussfolgerungen	27
3.1 Befunde	27
3.1.1 Technische Aspekte	27
3.1.2 Besatzung	27
3.1.3 Flugverlauf	27
3.1.4 Rahmenbedingungen	28
3.2 Ursachen	29
Glossar	30

Anlage 1: Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse

Anlage 2: Ausgewählte DFDR-Parameter

Anlage 3: Endlage des Flugzeuges

Anlage 4: Bild des Doppler-Wetterradars der ETH von 14:40 UTC

Schlussbericht

Eigentümer	Alitalia Linee Aeree Italiane SpA, Roma (I)
Halter	Alitalia Express SpA, Roma (I)
Luftfahrzeugmuster	Embraer EMB 145 LR
Eintragungsstaat	Italien
Eintragungszeichen	I-EXME
Ort	Flughafen Zürich, Gemeinde Kloten/ZH Ortshöhe: 432 m/M 1417 ft AMSL
Datum und Zeit	3. August 2001 um 14:40 UTC

Zusammenfassung

Kurzdarstellung

Flugnummer AZA 568 war einem Linienflug vom Flughafen Milano Malpensa (I) nach dem Flughafen Zürich zugeordnet. Am 3. August 2001 wurde diese Verbindung mit dem Flugzeug Embraer EMB 145 LR, registriert unter dem Eintragungszeichen I-EXME, der Fluggesellschaft Alitalia Express ausgeführt. Nach einem ereignislosen Flug über die Alpen führte die Besatzung einen Instrumentenanflug auf Piste 14 des Flughafens Zürich aus. Die Maschine setzte bei starkem Regen zwischen 1450 und 1650 m nach der Pistenschwelle (*displaced threshold*) auf und überrollte das Pistenende um ca. 150 m. Die 46 Passagiere und die drei Besatzungsmitglieder blieben unverletzt während die Maschine leicht beschädigt wurde.

Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 3. August 2001 um 14:40 UTC. Die Schweizerische Rettungsflugwacht (REGA) alarmierte das Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU) um 14:50 UTC. Das BFU eröffnete die Untersuchung am 3. August 2001 um ca. 17 UTC auf dem Flughafen Zürich und bildete ein Untersuchungsteam mit mehreren Sachverständigen. Italien, als Eintragungsstaat des Luftfahrzeuges, bezeichnete einen ermächtigten Vertreter gemäss Anhang 13 des Abkommens der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO Annex 13). Vertreter der Fluggesellschaft und des Flugzeugherstellers wirkten an der Untersuchung mit.

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass die Flugbesatzung nach einem unstabilierten Endanflug eine lange Landung mit überhöhter Geschwindigkeit auf einer nassen Piste durchführte und die Maschine auf dem verbleibenden Landebahnabschnitt nicht zum Stillstand bringen konnte.

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den schweren Vorfall ermittelt:

- Die Flugbesatzung führte den Geschwindigkeitsabbau zu spät aus und wählte eine Konfiguration des Flugzeuges für die Landung, welche der Situation nicht angepasst war.
- Der Kommandant hinderte den Copiloten daran, den bereits eingeleiteten Durchstart weiterzuführen.
- Die Flugbesatzung führte trotz *hard warning* des GPWS, die auf einen unstabilierten Endanflug hinwies, keinen Durchstart aus.

Folgende Faktoren haben den schweren Vorfall möglicherweise begünstigt:

- Die Flugbesatzung verwendete die Radbremsen nicht optimal.
- Die Flugbesatzung drückte während des Ausrollvorgangs die Steuersäule deutlich nach vorne und verringerte damit die Wirkung der Radbremsen.

1 Sachverhalt

1.1 Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung des Flugverlaufs wurden die Aufzeichnungen von *cockpit voice recorder* (CVR), *digital flight data recorder* (DFDR) und Sprechfunkverkehr sowie die Aussagen der Flugbesatzung verwendet.

Während des gesamten Fluges waren der Copilot als fliegender Pilot (*pilot flying* – PF) und der Kommandant als assistierender Pilot (*pilot not flying* – PNF) eingesetzt.

Der Sinkflug und der Anflug wurden bis zu einer ILS-DME-Distanz von 2.7 NM mit dem Autopiloten geflogen.

Vom Start in Milano Malpensa am 3. August 2001 um 14:07 UTC bis zum Beginn des Anfluges in Zürich verlief Flug AZA 568 ohne besondere Vorkommnisse.

1.1.2 Vorbereitung des Anfluges

Zwischen 14:21:30 und 14:22:40 UTC empfing die Flugbesatzung die folgende ATIS¹-Meldung:

“Zurich Information TANGO: Landing runway 14, ILS approach, departure runway 28, Met report Zurich 1420 ZULU: wind 160 degrees, 4 knots, visibility 4000 m, rain, few 1000, scattered 2500, broken 5000, temperature 19, dew point 18, QNH 1017, tempo visibility 3000 m, transition level 50.

Speed limitation 240kts, except on link route to RILAX. Taxiway KILO between runway two eight and taxiway BRAVO closed, taxiway HOTEL ONE closed.”

Um 14:24 UTC ging der Kommandant diese ATIS-Meldung nochmals durch und äusserte sich gegenüber dem Copiloten, dass er die Gesamtsituation als problemlos beurteile.

Kurz nach 14:26 UTC erklärte der Copilot dem Kommandanten, wie er den Anflug durchführen wolle. Im Rahmen dieses *approach briefings* sprach er die für den Anflug und die Landung vorgesehene Konfiguration des Flugzeuges nicht ausdrücklich an, sondern erwähnte diesbezüglich lediglich *“Alle 8 miglia, 4000 piedi, intercettiamo il glide...e...standard. – normaler Ablauf nach dem Erreichen des Gleitweges bei 8 Meilen und 4000 Fuss”*. Weiter beurteilte er die auf Piste 14 zur Verfügung stehende Landedistanz als ausreichend. Die Besatzung war sich bewusst, dass die *reverser*² der I-EXME aus technischen Gründen nicht zur Verfügung standen. Gemäss *loadsheet* betrug die aktuelle Landemasse 18 700 kg.

1.1.3 Sinkflug und Beginn des Anfluges

Im Sinkflug nach Flugfläche (*flight level* – FL) 120 wechselte AZA 568 um 14:29:47 UTC von der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Radar* zur Anflugleitstelle *Zurich Arrival West Sector* (APW). Die Flugbesatzung wurde informiert, dass zum Erreichen des Leitstrahls des Instrumentenlandesystems (ILS) der Piste 14 ein Standardanflugverfahren KELIP 3E und eine Radarführung durch Kursanweisung (*radar vectoring*) vorgesehen sei.

¹ ATIS – *automatic terminal information service*: Automatische Ausstrahlung von Lande- und Startinformationen

² *reverser*: Vorrichtung zur Schubumkehr der Triebwerke

Um 14:31:54 UTC, als Flug AZA 568 sinkend FL 114 durchquerte und sich somit noch rund 10 000 ft über der Flugplatzhöhe befand, meldete APW der Flugbesatzung, dass sie noch mit einem Flugweg von 24 NM bis zum Aufsetzen zu rechnen habe. Damit war die Maschine gegenüber einem Anflugprofil von 3° ungefähr 2000 ft überhöht. Der Kommandant forderte den Copiloten auf, so rasch wie möglich abzusinken. Wenig später wies der Copilot darauf hin, dass die Maschine mit einer Sinkrate von 3000 ft/min sinke und ein schnelleres Absinken nicht möglich sei.

Die Wahl der Geschwindigkeit überliess der Flugverkehrsleiter (FVL) von APW der Besatzung, indem er sie um 14:32:32 UTC anwies: *“Alitalia five six eight, speed for the time being at your discretion.”* Darauf antwortete der Kommandant, dass die Maschine momentan 240 KIAS³ schnell sei und diese Geschwindigkeit beibehalten werde: *“We are two four zero and we’ll maintain, Alitalia 568.”*

Um 14:33:12 UTC, im Sinkflug durch FL 80 befahl der Copilot die Landeklappen (*flaps*) auf 9° zu setzen um damit den Widerstand des Flugzeuges zu vergrößern. In dieser Phase betrug die Fluggeschwindigkeit 245 KIAS und die Sinkrate lag bei 2500 ft/min.

Nachdem um 14:34:48 UTC Flugfläche 60 erreicht war, wurde Flug AZA 568 um 14:35:04 UTC angewiesen auf 4000 ft AMSL⁴ zu sinken: *“Alitalia five six eight, descent to 4000 feet, QNH⁵ one zero one seven”*. Um 14:35:24 UTC verliess die Maschine FL 60 und die Besatzung stellte auf den beiden Höhenmessern den Referenzluftdruck QNH von 1017 hPa ein. Der Kommandant führte daraufhin den *approach check* durch und erwähnte dabei: *“heavy raining ... se ben ricordo... – starker Regen...wenn ich mich recht erinnere”*.

Rund 30 Sekunden später erhielt die I-EXME die Anweisung mit einer Rechtskurve auf Steuerkurs 110° zu drehen. Gleichzeitig wurde Flug AZA 568 die Freigabe für einen ILS-Anflug auf Piste 14 erteilt: *“Alitalia five six eight, right heading one one zero, cleared ILS one four, report established”*.

1.1.4 Endanflug

Beim Versuch in die Leitebene des Landekurssenders (*localizer*) einzudrehen und dieser zu folgen, durchquerte das Flugzeug um 14:36:30 UTC den *localizer* bei einer ILS-DME⁶-Distanz von 9.5 NM von der Landeschwelle (*landing threshold*). Zu diesem Zeitpunkt wechselte der Autopilot in den *localizer captured mode*. In dieser Phase stellte der Kommandant fest, dass das *flight management system* (FMS) einen Südwestwind von 30 kt anzeigte. Schliesslich drehte die I-EXME von Osten her mit einer Geschwindigkeit von 210 KIAS gegen den *localizer* ein. Wenig später um 14:37:00 UTC bei einer ILS-DME-Distanz von 7.5 NM erreichte die Maschine mit 225 KIAS den Gleitweg (*glidepath*) von oben her und der Autopilot wechselte in den *glide slope captured mode*.

³ KIAS – *knots indicated airspeed*: Angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten (kt)

⁴ ft AMSL – *feet above mean sea level*: Höhe in Fuss über dem mittleren Meeresspiegel

⁵ QNH – auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck, berechnet mit den Werten und nach dem Verhalten der ICAO-Standardatmosphäre

⁶ DME – *distance measuring equipment*: Entfernungsmesssystem

Um 14:37:24 UTC stellte der Kommandant fest, dass sich die Maschine bei einer ILS-DME-Distanz von 6 NM auf 3400 Fuss befinden müsste. Tatsächlich fliege sie aber 200 Fuss zu tief: „... 6 miglia, 3400...siamo bassi! ****⁷! 6 miglia 3.2 siamo 200 sotto - ...6 Meilen, 3400...wir sind tief! ****! 6 Meilen 3.2 wir sind 200 darunter“. Zu diesem Zeitpunkt befand sich AZA 568 ungefähr 5.8 NM vom Gleitwegsender entfernt in einer Höhe von 3170 ft bezüglich des QNH von 1017 hPa.

Gegenüber APW meldete der Kommandant um 14:37:30 UTC „Fully established one four, Alitalia five six eight“ und acht Sekunden später erreichte die Maschine den *localizer* von Osten her. Um 14:37:32 UTC wies APW die Besatzung an, auf die Frequenz von *Zurich Aerodrome Control* (ADC) – „Zurich Tower“ zu wechseln: „Alitalia five six eight, number one, tower one one eight one, good bye“.

Als die I-EXME um 14:37:37 UTC bei einer ILS-DME-Distanz von 5 NM den Stadlerberg überflog wurde die Audiowarnung „LANDING GEAR“ ausgelöst. In der Folge fuhr die Besatzung bei 220 KIAS und einer DME-Distanz von 4.1 NM das Fahrwerk aus.

Die Maschine befand sich bei einer ILS-DME-Distanz von 3.7 NM auf einer Höhe von 2540 ft bezüglich des QNH von 1017 hPa, als der Kommandant um 14:37:54 UTC bemerkte: „4 miglia 2730,...200 sotto ancora! – 4 Meilen 2730,...immer noch 200 darunter!“

Um 14:37:58 UTC nahm der Kommandant mit *Zurich Tower* Kontakt auf: „Zurich grüezi, Alitalia five six eight fully established one four“. Unmittelbar darauf erhielt er die Landeerlaubnis zusammen mit dem aktuellen Wind: „Alitalia five six eight, Zurich Tower, good afternoon, cleared to land runway one four, wind one niner zero degrees, four knots“.

Um 14:38:09 UTC bei einer ILS-DME-Distanz von 2.7 NM und in einer Höhe von 2220 ft AMSL bzw. 820 ft AAL⁸ ertönte während fünf Sekunden die Warnung des *ground proximity warning system* (GPWS) „TOO LOW, TERRAIN“, weil die Landeklappen erst um 9° ausgefahren waren.

Gleichzeitig bestätigte der Kommandant die Landeerlaubnis.

Der Copilot reagierte um 14:38:12 UTC auf die Warnung „TOO LOW TERRAIN“, sagte „*Riattacco – Durchstart*“, schaltete den Autopiloten aus, veränderte die Längsneigung von 1° *attitude nose down* (AND) durch Ziehen am Steuerhorn auf 5.8° *attitude nose up* (ANU) und schob die Leistungshebel der Triebwerke nach vorn. Der Kommandant unterbrach diesen Durchstart mit den Worten „No, Andiamo sotto! – Nein, wir gehen runter!“ und befahl die *flaps* auf 22° zu fahren. Gleichzeitig wies der Kommandant darauf hin, dass man auch mit einer Landeklappenstellung von 22° landen könne: „Male che va, andiamo giù con flaps a 22...“.

Während der letzten 8 NM des Endanfluges betrug die Geschwindigkeit über Grund durchschnittlich 227 kt. Zwischen 6 und 2 NM ILS-DME-Distanz durchflog die I-EXME eine starke Regenzone (vgl. Anlage 4). Am Rand dieser Regenzone zeichnete der DFDR kurzfristig eine maximale Rückenwindkomponente von ca. 40 kt auf. Diese Rückenwindkomponente verringerte sich während des verbleibenden Flugweges bis über die *landing threshold* auf Null.

⁷ Ausdrücke, die eine spontane persönliche Bewertung der gegenwärtigen Situation darstellen sowie Äusserungen ohne direkten Bezug zum Vorfallgeschehen werden mit **** gekennzeichnet

⁸ ft AAL – *feet above aerodrome level*: Höhe in Fuss über der Bezugshöhe des Flugplatzes

Bis zu einer ILS-DME-Distanz von 2.3 NM zur Pistenschwelle betrug die Geschwindigkeit der I-EXME über 200 KIAS. Die Besatzung hatte in dieser Phase auf beiden Triebwerken Leistungswerte gesetzt, die deutlich über der Leerlaufstellung von 34% N1⁹ lagen und bis gegen 64% N1 betrugen. Während des Durchstartversuchs des Copiloten wurden die Triebwerke kurzfristig bis auf 81% N1 hochgefahren.

Um 14:38:24 UTC befand sich die Maschine noch 1.8 NM von der *landing threshold* entfernt. Aufgrund des eingeleiteten und anschliessend abgebrochenen Durchstarts befand sie sich rund 370 Fuss über dem Gleitweg. Ihre Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt rund 190 KIAS. Bei einer DME-Distanz von 1.2 NM und einer Höhe von 650 ft AAL waren die *flaps* schliesslich auf 22° ausgefahren.

1.1.5 Landung

Wenige Sekunden nachdem die synthetische Stimme des *ground proximity warning system* (GPWS) die Meldung „*FIVE HUNDRED*“ ausgegeben hatte, ertönte von 14:38:46 UTC bis 14:38:53 UTC die GPWS-Warnung „*SINKRATE, SINKRATE*“. Nach zwei Sekunden Unterbruch ertönte die Warnung erneut und um 14:38:59 UTC überflog AZA 568 die *landing threshold* 14 in einer Radarhöhe von 186 ft. Die Geschwindigkeit der Maschine betrug zu diesem Zeitpunkt 178 KIAS und auf beiden Triebwerken war eine Leistung von 55 % N1 gesetzt. Die Sinkrate betrug in dieser Phase bis zu 1740 ft/min und das GPWS gab ab 14:38:58 UTC für mehrere Sekunden die Warnungen „*PULL UP, PULL UP*“ und dann wieder „*SINKRATE, SINKRATE*“ aus.

Um 14:38:59 UTC verlangte der Copilot vom Kommandanten die Scheibenwischer einzuschalten, weil offenbar starker Regen die Sicht behinderte.

Die I-EXME setzte 18 Sekunden nach dem Überflug der *landing threshold* und zwischen 1500 und 1700 m vor dem Pistenende mit *flaps* in Stellung 22° und einer Geschwindigkeit von 167 KIAS auf der nassen Piste 14 auf. Die Besatzung versuchte die Maschine unter Verwendung der Radbremsen auf dem verbleibenden Pistenabschnitt anzuhalten. Die *reverser* konnten aus technischen Gründen nicht verwendet werden. Schliesslich war das Flugzeug noch zu schnell, um die Piste über den Rollweg H3 verlassen zu können. Mit einem Steuerkurs von rund 170° und einem Kurs über Grund von ungefähr 160° schlitterte die I-EXME bei einer Geschwindigkeit von ca. 64 KIAS über die südliche Schulter des Rollweges H3 ins Gras und kam nach ungefähr 150 m an einer Strasse innerhalb der Flugplatzbegrenzung zum Stehen.

Nach dem Stillstand informierte der Kommandant die Kabinenbesatzung und der Copilot wickelte den Funkverkehr mit Zürich Tower ab. Das Flugzeug konnte normal verlassen werden.

Sowohl die 47 Passagiere als auch die drei Besatzungsmitglieder blieben unverletzt.

Schweizer Koordinaten der Endlage des Flugzeuges: 685 075/257 035, Höhe 432 m/M entsprechend 1417 ft AMSL

Landeskarte der Schweiz 1:25 000, Blatt Nr. 1071, Bülach

⁹ % N1: Drehzahl von Niederdruckkompressor und -arbeitsturbine bezogen auf deren Nennzahl

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
tödlich	---	---	---
schwer	---	---	---
leicht/nicht	3	47	

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde leicht beschädigt.

1.4 Drittschaden

Es entstand geringer Flurschaden.

1.5 Angaben zu Personen**1.5.1 Kommandant**

Person	Italienischer Staatsbürger, Jahrgang 1963
Besetzungszeiten	Ruhezeit: 11 h Dienstbeginn: 10:55 UTC Flugdienstzeit im Vorfalzeitpunkt: 3:45 h
Lizenz	<i>Brevetto e licenza di pilota civile 3° grado</i> - entsprechend einem Führerausweis für Verkehrspiloten, ausgestellt durch das Ministero dei Trasporti e Navigazione, Direzione Generale dell'Aviazione Civile, Servizio Navigazione Aereo, gültig bis 31.12.2002
Berechtigungen	Musterberechtigung Embraer EMB 145 LR als verantwortlicher Pilot Musterberechtigung ATR 42/72 als verantwortlicher Pilot Musterberechtigung Cessna 500 Musterberechtigung Jetstream BA31 Radiotelefonie International RTI
Instrumentenflugberechtigungen	Embraer EMB 135/145, letztmals verlängert am 12.02.2001
Letzter <i>simulator check</i>	bei Alitalia Express am 24.06.2001
Letzter <i>line check</i>	bei Alitalia Express am 05.06.2001
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 12.2.2001

Flugerfahrung	8300 h gesamthaft
auf dem Vorfallmuster	468:30 h
während der letzten 90 Tage	150 h
davon auf dem Vorfallmuster	150 h
während der letzten drei Tage	6:27 h
davon auf dem Vorfallmuster	6:27 h
am Tag des Vorfalls	0:33 h
davon auf dem Vorfallmuster	0:33 h
Umschulung auf das Vorfallmuster	September 2000

1.5.2 Copilot

Person	Italienischer Staatsbürger, Jahrgang 1961
Besatzungszeiten	Ruhezeit: 11 h Dienstbeginn: 10:55 UTC Flugdienstzeit im Vorfallzeitpunkt: 3:45 h
Lizenz	<i>Brevetto e licenza di pilota commerciale di velivolo</i> - entsprechend einem Führerausweis für Berufspiloten auf Flächenflugzeugen, ausgestellt durch das Ministero dei Trasporti e Navigazione, Direzione Generale dell'Aviazione Civile, Servizio Navigazione Aereo, gültig bis 13.09.2005
Berechtigungen	Musterberechtigung Embraer EMB 145 LR als Copilot Musterberechtigung ATR 42/72 als Copilot Musterberechtigung P180 als verantwortlicher Pilot Radiotelefonie International RTI
Instrumentenflugberechtigungen	Embraer EMB 135/145, letztmals verlängert am 13.09.2000
Letzter <i>simulator check</i>	bei Alitalia Express am 03.03.2001
Letzter <i>line check</i>	bei Alitalia Express anlässlich des <i>type rating checks</i> EMB 145 am 07.09.2000
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 13.09.2000

Flugerfahrung	3200 h gesamthaft
auf dem Vorfallmuster	436:30 h
während der letzten 90 Tage	177 h
davon auf dem Vorfallmuster	177 h
während der letzten drei Tage	6:27 h
davon auf dem Vorfallmuster	6:27 h
am Tag des Vorfalls	0:33 h
davon auf dem Vorfallmuster	0:33 h
Umschulung auf das Vorfallmuster	September 2000

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

1.6.1 Flugzeug I-EXME

Luftfahrzeugmuster	Embraer EMB 145 LR (<i>long range</i>)
Charakteristik	Zweistrahliges Regionalverkehrsflugzeug, ausgeführt als freitragender Tiefdecker in Ganzmetallbauweise mit Einziehfahrwerk in Bugradanordnung. Die Fluggastkabine ist für 48 Passagiere ausgelegt und es sind maximal drei Personen als Flugbesatzung und zwei Personen als Kabinenbesatzung vorgesehen.
Spannweite	29.87 m
Länge	20.04 m
Höhe	6.75 m
Höchstzulässige Abflugmasse	22 000 kg
Höchstzulässige Landemasse	19 300 kg
Treibstoffkapazität	6396 l
Hersteller	Embraer – Impresa Brasileira de Aeronautica S/A, S. José dos Campos, Brasilien
Eintragungszeichen	I-EXME
Werknummer	145-282
Baujahr	2000
Eigentümer	Alitalia Linee Aeree Italiane SpA, Viale Alessandro Marchetti, 111 – 00148 Roma (I)
Halter	Alitalia Express SpA, Viale Alessandro Marchetti, 111 – 00148 Roma (I)
Lufttüchtigkeitszeugnis	vom 4. Juli 2000, ausgestellt durch die Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) gültig bis zum 3. Juli 2003
Eintragungszeugnis	vom 6. Juli 2000, ausgestellt durch das <i>Ministero dei Trasporti e Navigazione, Direzione Generale dell'Aviazione Civile, 3° Servizio Trasporti Aerei</i> , gültig bis zur Löschung aus dem Luftfahrzeugregister

Zulassungsbereich	VFR mit Sicht auf den Boden VFR in Gebieten mit VHF-Funkabdeckung IFR in Gebieten mit VHF-Funkabdeckung Flüge in bekannten Vereisungsbedingungen Flüge bei Nacht B-RNAV ¹⁰
Flugzeitreserve	Gemäss Flugplan umfasste der Treibstoffvorrat beim Start (<i>take off fuel</i>) 2200 kg. Darin war unter anderem ein <i>trip fuel</i> von 844 kg enthalten. Die verbleibenden 1356 kg hätten den Flug zum Ausweichflugplatz Stuttgart sowie ein <i>holding</i> von 10 Minuten erlaubt, ohne die <i>final reserve</i> von 420 kg benutzen zu müssen.
Grenzggeschwindigkeiten (Auswahl)	Ausfahren der <i>flaps</i> auf 9°: 250 KIAS Ausfahren der <i>flaps</i> auf 22°: 200 KIAS Ausfahren der <i>flaps</i> auf 45°: 145 KIAS Ausfahren des Fahrwerks: 250 KIAS Benutzung des Scheibenwischers: 170 KIAS
Technische Einschränkungen	Aufgrund eines <i>service bulletins</i> des Herstellers waren die beiden <i>reverser</i> deaktiviert und konnten im Unfallzeitpunkt nicht verwendet werden.
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges beim Abflug in Mailand (I) betrug 19 614 kg. Bei der vorliegenden Beladung und der aktuellen Landemasse von 18 700 kg befanden sich Masse und Schwerpunkt innerhalb der zulässigen Grenzen.

1.6.2 Leistungen des Luftfahrzeuges bei der Landung

Mit der aktuellen Landemasse von 18 700 kg, bei einer Temperatur von 19 °C und auf einer Flugplatzhöhe von 1400 ft AMSL sind gemäss *operations manual part B* (OM-B) von Alitalia Express in Funktion des Pistenzustandes, der Windsituation sowie der gewählten Landeklappenstellung die folgenden Pistenlängen notwendig:

¹⁰ B-RNAV – *basic area navigation*: Flächennavigation – eine Methode der Navigation, welche die Führung eines Luftfahrzeuges auf jedem beliebigen Flugweg erlaubt, vorausgesetzt, dieser befindet sich innerhalb der Reichweite von bodengestützten Navigationshilfen bzw. die bordeigenen Systeme sind in der Lage, ständig eine hinreichend genaue Positionsbestimmung zu liefern.

Pistenzustand	Wind	<i>flaps</i>	<i>minimum required landing distance</i>
nass	kein Rückenwind	45°	1747 m
nass	10 kt Rückenwind	45°	1997 m
stehendes Wasser 5 mm hoch	kein Rückenwind	45°	2120 m
stehendes Wasser 5 mm hoch	10 kt Rückenwind	45°	2782 m
nass	kein Rückenwind	22°	2519 m
nass	10 kt Rückenwind	22°	2849 m

Das OM-B setzt bei all diesen Werten voraus, dass die *landing threshold* in einer Höhe von 50 ft AGL und mit der von der aktuellen Landemasse abhängigen Referenzgeschwindigkeit V_{ref} überflogen wird. Für die im vorliegenden Fall aktuelle Landemasse von 18 700 kg und *flaps* auf 22° gibt das OM-B eine V_{ref} von 146 KIAS an. Wird eine Landung mit *flaps* auf 45° angestrebt, so beträgt die V_{ref} 133 KIAS. Zu diesen Werten addiert man – falls kein Gegenwind oder Böen vorherrschen – einen *minimum wind factor* von 5 kt und gelangt so zur Anfluggeschwindigkeit V_{app} . Auf diese Weise erhält man bei Windstille oder Rückenwind für eine Landung mit *flaps* auf 22° eine V_{app} von 151 KIAS und für eine Landung mit *flaps* auf 45° eine V_{app} von 138 KIAS.

Falls beim Überflug der *landing threshold* eine Geschwindigkeit vorliegt, die 10 kt über der V_{ref} ist, erhöht sich die *minimum required landing distance* um 12 %.

1.7 Meteorologische Angaben

1.7.1 Allgemeine Wetterlage

Am 3. August 2001 erstreckte sich eine Tiefdruckrinne von Holland gegen Island. Die damit verbundene Kaltfront lag über der Schweiz. In einer südwestlichen Höhenströmung floss feuchte Luft gegen die Alpen.

1.7.2 Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich

1.7.2.1 Wetter im Zeitpunkt des schweren Vorfalles gemäss Angaben von MeteoSchweiz

Bewölkung	1 – 2/8 mit Basis auf 800 ft AAL 5 – 7/8 mit Basis auf 1800 ft AAL
Niederschlag	mässiger Regen
Meteorologische Sicht	3000 m
Wind Messpunkt Pistenkopf 14/16	aus 190° mit 4 kt, Böen bis 8 kt
Wind Messpunkt Pistenkopf 34	aus 150° mit 4 kt, Böen bis 8 kt
Lufttemperatur	19 °C
Taupunkt	18 °C
Luftfeuchtigkeit	98 %
Luftdruck	QNH 1018 hPa
Gefahren	Keine

1.7.2.2 Flugplatzwettermeldungen

In der Zeit von 1420 UTC bis nach dem Unfall waren die folgenden METAR (Flugplatzwettermeldung) gültig:

031420Z 16004KT 4000 RA FEW010 SCT025 BKN050 19/18 Q1017 TEMPO 3000

031450Z 16004KT 2100 +RA FEW008 BKN018 19/18 Q1018 TEMPO 1500

Im Klartext bedeutet dies: Am 3. August 2001 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 14:20 UTC auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	aus Richtung 160° mit 4 kt Geschwindigkeit
Meteorologische Sicht	4000 m
Niederschlag	mässiger Regen
Bewölkung	1-2/8 auf 1000 ft AAL 3-4/8 auf 2500 ft AAL 5-7/8 auf 5000 ft AAL
Temperatur	19 °C
Taupunkt	18 °C
Luftdruck	1017 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, ist zu erwarten, dass sich die meteorologische Sicht zeitweise bis auf einen Wert von 3000 m verringert. Die gesamte Zeit dieser Änderung wird voraussichtlich weniger als die Dauer einer Stunde betragen.

Analog gilt für die zweite METAR: Am 3. August 2001 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 14:50 UTC auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	aus Richtung 160° mit 4 kt Geschwindigkeit
Meteorologische Sicht	2100 m
Niederschlag	starker Regen
Bewölkung	1-2/8 auf 800 ft AAL 5-7/8 auf 1800 ft AAL
Temperatur	19 °C
Taupunkt	18 °C
Luftdruck	1018 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, ist zu erwarten, dass sich die meteorologische Sicht zeitweise bis auf einen Wert von 1500 m verringert. Die gesamte Zeit dieser Änderung wird voraussichtlich weniger als die Dauer einer Stunde betragen.

1.7.3 Aufzeichnungen des Wetterradars

Zusätzlich zu den Daten des Schweizer Radarbildes von MeteoSwiss, das aus den Messungen der drei Wetterradarstationen La Dôle, Albis und Monte Lema zusammengestellt wird, konnten im vorliegenden Fall die Aufzeichnungen des Doppler-Wetterradars des Instituts für Atmosphärenphysik der ETH Zürich auf dem Höggerberg verwendet werden (vgl. Anlage 4). Auf dem Bild von 14:40 UTC ist ein Niederschlagsband erkennbar, das sich von Wettingen über die Lägern bis nach Eglisau erstreckte. Vereinzelt kleine Regenzellen lagen über Kloten und Zürich und westlich von Winterthur. Über der Lägern traten stellenweise starke Niederschläge auf.

Bodenblitze wurden auf der ganzen Alpennordseite zwischen 14 und 15 UTC keine registriert. Auch die automatische Station Kloten hat von 14 bis 15 UTC keine elektrischen Entladungen aufgezeichnet.

1.7.4 Wetter gemäss Augenzeugen

Die beteiligten Piloten gaben an, dass es während der Landung stark geregnet habe.

Ein Mitarbeiter des Flughafens, der sich zum Unfallzeitpunkt in unmittelbarer Nähe des Pistenkopfes 14 befunden hatte, beschrieb das Wetter wie folgt: *„Die Sicht war durch starken Regen sehr beeinträchtigt. Die Piste 14 und der Rollweg H3 waren sehr nass, stehende Pfützen.“*

1.7.5 Astronomische Angaben

1.7.5.1 Sonnenstand

Azimuth	248°
Höhe	41°

1.8 Navigationshilfen

1.8.1 Instrumentenlandesystem der Piste 14 auf dem Flughafen Zürich

Die Piste 14 des Flughafens Zürich ist mit einem Landekurssender (*localizer*) LOC 411 sowie einem Gleitwegsender (*glidepath transmitter*) GS 412 ausgerüstet, die 1999 von der Firma Thales ATM geliefert wurden. Damit ist die Piste 14 für Präzisionsanflüge der Kategorie CAT IIIB zugelassen.

Die Ausstrahlgenauigkeit (*displacement error*) für den CAT III *glidepath* des ILS auf Piste 14 beträgt $\pm 0.12^\circ$. Wird der nominale Gleitweg ausserhalb des Bereiches von $+0.3^\circ / -0.22^\circ$ (*alarm course*) ausgestrahlt, so wird ein Alarm ausgelöst.

Bezogen auf die Distanz ergeben die aufgeführten Winkelabweichungen die folgenden Höhenabweichungen:

ILS-DME-Distanz [NM]	<i>displacement error</i>	<i>alarm course</i>
4	± 53 ft	+131 ft / -97 ft
6	± 79 ft	+197 ft / -144 ft

Gemäss Angaben des Betreibers befanden sich die Anlagen des ILS 14 Zürich zum Unfallzeitpunkt im Normalbetrieb und standen den Betriebsdiensten uneingeschränkt zur Verfügung.

1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen der Besatzung und den Flugverkehrsleitern der verschiedenen Flugsicherungsstellen wickelte sich im üblichen Rahmen ab. Abschriften der Funkgespräche, die mit dem Unfallflug in unmittelbarem Zusammenhang stehen, befinden sich in Anlage 1.

1.10 Angaben zum Flughafen

1.10.1 Allgemeines

Der Flughafen Zürich liegt im Nordosten der Schweiz. Im Jahre 2001 wurde von der Flugsicherung skyguide gesamthaft ein Verkehrsvolumen von rund 297 000 An- und Abflügen nach Instrumentenflugregeln (IFR) bewirtschaftet.

Zum Zeitpunkt des Vorfalles war ein umfangreiches Bauprogramm im Gang, dessen Kernstück das im Pistendreieck liegende *dock midfield* darstellte.

Die Pisten des Flughafens Zürich weisen folgende Abmessungen auf:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Pisten- schwellen
16/34	3700 x 60 m	1390/1386 ft AMSL
14/32	3300 x 60 m	1402/1402 ft AMSL
10/28	2500 x 60 m	1391/1416 ft AMSL

Die Schwelle der Piste 14 ist um 150 m versetzt. Aus diesem Grund standen im Zeitpunkt des Vorfalles 3150 m Pistenlänge für eine Landung auf Piste 14 zur Verfügung.

Die Bezugshöhe des Flughafens beträgt 1416 ft AMSL und als Bezugstemperatur sind 24.0 °C festgelegt.

1.10.2 Pistenausrüstung

Der Flughafen Zürich zeichnet sich durch ein System von drei Pisten aus, wobei sich zwei dieser Pisten (16 und 28) im Bezugspunkt (*airport reference point*) kreuzen. Die Anflugschneisen zweier weiterer Pisten (16 und 14) schneiden sich ungefähr 850 Meter nordwestlich der Pistenschwelle 14. Die Pisten 16 und 14 sind mit einem Instrumentenlandesystem (ILS) der Kategorie CAT III ausgerüstet und eignen sich somit für *pre-precision approaches*. Die Piste 28 erlaubt auf der Basis des VOR/DME Kloten (KLO) *non precision approaches*. Im Zeitpunkt des Vorfalles, waren die Anflugsektoren der Pisten 14 und 16 mit einem *minimum safe altitude warning system* (MSAW) ausgestattet. Dieses System löst in der Flugverkehrsleitung einen optischen und akustischen Alarm aus, wenn Luftfahrzeuge definierte Mindesthöhen unterschreiten. Im Anflugsektor der Piste 28 war kein MSAW installiert.

1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste

Der Flughafen Zürich war mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 9 ausgerüstet. Die Berufsfeuerwehr des Flughafens leistete während des Flugbetriebes permanent Bereitschaftsdienst.

1.11 Flugschreiber

Das Flugzeug war mit zwei digitalen Flugschreibern ausgerüstet. Das Sprach- und Geräuschaufzeichnungssystem (*cockpit voice recorder* – CVR) zeichnete in einem Festkörperspeicher vier Kanäle über eine Dauer von 30 Minuten auf. Der *digital flight data recorder* (DFDR) verfügte ebenfalls über Festkörperspeicher und zeichnete 124 Parameter der letzten 24 Betriebsstunden des Luftfahrzeuges auf.

Beide Geräte konnten ausgelesen und ausgewertet werden. Eine Abschrift der für die Flugdurchführung wesentlichen Teile des CVR ist in Anlage 1 integriert. Die für das Verständnis des Vorfalls notwendigen Parameter des DFDR wurden in Anlage 2 graphisch dargestellt.

1.12 Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle

Das Flugzeug wurde nach der Bergung eingehend untersucht. Dabei wurden unter anderem die folgenden Feststellungen gemacht:

- Es waren keine äusseren Beschädigungen sichtbar.
- Die Reifen des Fahrwerks zeigten keine Spuren von *aquaplaning*.
- Die Spuren in den Triebwerkeinlässen vor der ersten Kompressorstufe zeigten, dass die Triebwerke Erdreich und schmutziges Wasser angesaugt hatten, bevor sie stillgelegt wurden. Die Kompressorbeschaufelung selber erschien visuell unbeschädigt.

1.13 Medizinische und pathologische Angaben

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die geistige oder körperliche Leistungsfähigkeit der Besatzung in irgend einer Weise beeinträchtigt gewesen ist. Unmittelbar nach dem schweren Vorfall wurde an Kommandant und Copilot ein Atemtest auf Alkohol durchgeführt, der negative Resultate lieferte.

1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

1.15 Überlebensaspekte

Da die Struktur des Luftfahrzeuges beim Überrollen der Piste intakt blieb und die noch vorhandene Energie der Maschine über eine Distanz von ungefähr 150 m abgebaut wurde, waren die Insassen Beschleunigungen ausgesetzt, die sich von einem Abbremsvorgang auf der Piste nicht wesentlich unterschieden.

Nach dem Stillstand informierte der Kommandant die Kabinenbesatzung und der Copilot wickelte den Funkverkehr mit Zurich Tower ab. Die *on ground emergency checklist* wurde nicht ausgeführt, da die Besatzung auf eine Evakuation verzichtete. Das Flugzeug konnte normal verlassen werden.

1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

1.16.1 Höhenmesseranzeige im Endanflug

Gemäss den Aufzeichnungen des CVR äusserte sich der Kommandant um 14:37:24 UTC und um 14:37:54 UTC dahingehend, dass die Höhenmesser der I-EXME gegenüber der auf den Anflugkarten publizierten Höhen 200 Fuss zu tief anzeigten. Aus diesem Grund wurden sowohl der Flugweg des Flugzeuges bezüglich des ausgestrahlten Gleitweges als auch die Anzeige der Höhenmessenanlage näher untersucht.

Die Daten des DFDR zeigen, dass der im *glide slope* und *localizer captured mode* arbeitende Autopilot das Flugzeug mit sehr geringen Abweichungen bezüglich des ausgestrahlten Gleitweges führte.

Der Flugzeughersteller Embraer schreibt im Luftfahrzeug-Flughandbuch (*aircraft flight manual – AFM*), dass abhängig von der Konfiguration (Fahrwerk und Stellung der Landeklappen) bzw. von der Geschwindigkeit eine Korrektur der angezeigten Höhe durchgeführt werden muss. Der entsprechende Graph „*altitude position error correction pilot's and copilot's pitots*“ für den vorliegenden Fall (*gear up* - Fahrwerk eingefahren, *flaps 9°*), liefert die folgenden Korrekturwerte für die Höhenmesser im Endanflug:

- Fluggeschwindigkeit 222 KIAS: + 20 ft (ILS-DME-Distanz 6 NM)
- Fluggeschwindigkeit 219 KIAS: + 18 ft (ILS-DME-Distanz 4 NM)¹¹

Weiter war während des Anfluges der Luftdruck leicht gestiegen. Die METAR-Meldung von 14:50 UTC, welche auf einer Luftdruckmessung in den zehn Minuten vor der Ausgabezeit beruhte, gab einen Luftdruck von 1018 hPa an. Dieser Wert entspricht einem Druckbereich von 1018.0 bis 1018.9 hPa, da das veröffentlichte QNH immer auf den nächsten ganzen Wert in hPa abgerundet wird.

Die Besatzung hatte gemäss Aufzeichnungen von CVR und DFDR ein QNH von 1017 hPa auf ihren Höhenmessern eingestellt. Geht man davon aus, dass während des Anfluges ein durchschnittlicher Referenzluftdruck von 1018.5 hPa vorlag, so wurden im Flugzeug aufgrund dieser beiden Effekte bei einer ILS-DME-Distanz von 4 NM beziehungsweise 6 NM jeweils rund 60 ft zuwenig angezeigt.

Die Lufttemperatur in den unteren Luftschichten war im Durchschnitt 7 °C höher als die Werte der Standardatmosphäre. Dies führte dazu, dass der Höhenmesser um ca. 2.5 % zu tiefe Werte anzeigte. Auf einer Höhe von 2000 ft AAL (*true altitude*) führt dies zu einer um ungefähr 50 ft zu tiefen Anzeige.

Die aufgezeichneten Daten des DFDR wurden mit ausgewählten Werten des unabhängigen Radarhöhenmessers sowie mit der Anzeige am Boden verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Höhenmessenanlage der I-EXME Werte lieferte, die maximal um 25 ft von der Realität abwichen. Die Tendenz der Fehlanzeige ging ebenfalls in Richtung einer zu geringen Anzeige.

¹¹ Kurz bevor die I-EXME eine ILS-DME-Distanz von 4 NM erreichte, wurde das Fahrwerk ausgefahren. Da kein entsprechender Graph für *gear down, flaps 9°* vorliegt wurde näherungsweise derjenige für *gear up, flaps 9°* verwendet.

1.16.2 Bremsvorgang

Die Auswertung des DFDR zeigte, dass während des Bremsvorgangs der Bremspedaldruck, der durch die Flugbesatzung erzeugt wurde, nicht auf dem Maximum gehalten wurde, sondern stark variierte (vgl. Anlage 2). Dadurch fehlte dem *antiskid system* der konstante maximale Bremsdruck zum Aufbau der optimalen Bremswirkung.

Während des Bremsvorganges auf der Piste zeichnete der DFDR keine Schlingerbewegungen um die Hochachse auf, die einen Hinweis auf ein *aquaplaning* geben würden.

Weiter kann den Daten des DFDR entnommen werden, dass die Besatzung während dem Bremsen die Steuersäule deutlich nach vorne bewegte (vgl. Anlage 2).

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.17.1 Flugbetriebsunternehmen Alitalia Express

1.17.1.1 Allgemeines

Bei der Fluggesellschaft Alitalia Express handelte es sich um ein Flugbetriebsunternehmen, das zum Zeitpunkt des Vorfalles eine Flotte von Regionalflugzeugen der Baumuster ATR 42-300, ATR 72-212, ATR 72-212A sowie EMB 145 LR betrieb. Das Unternehmen war eine Tochtergesellschaft der Fluggesellschaft Alitalia S.P.A. und führte u. a. Flüge in deren Auftrag aus.

1.17.1.2 Betriebsverfahren

1.17.1.2.1 Allgemeines

Die Betriebsverfahren wurden von der Muttergesellschaft Alitalia vorgegeben und unter anderem im *pilots handbook* festgelegt. Bezüglich des vorliegenden Vorfalles sind die folgenden Betriebsverfahren relevant.

1.17.1.2.2 Bedingungen für einen stabilisierten Endanflug

Das *Alitalia Express pilots handbook, part 8, operating techniques* verlangte auf Seite 8.55 unter Absatz 2.7.10 *The Stabilized Final Approach* unter anderem:

Zitat

„For all instrument final approaches the standard operating technique is the stabilized approach; this technique requires a constant rate of descent from the FAP or FAF crossing altitude (with due regard for any prescribed step-down fix) and

- *All briefings and check-lists performed;*
- *The aeroplane on the desired flight path (visual or instrument, with or without the backup of a correct slope signal) with an approximate constant descent rate of 600 to 800 ft/min (normally not in excess of 1000 ft/min);*
- *The aeroplane configured for landing and in trim;*
- *The engines spooled up;*
- *Airspeed within plus 10 kt/minus 5 kt of target approach speed;*
- *Only small changes in heading and pitch to maintain the desired flight path.*

The target approach speed for the estimated landing weight (V_{ref}) and additives for the reported surface wind are specified in the AOM.

All the above conditions should be achieved not below the minimum stabilization height of 1000 ft AAL in all instrument and visual final approaches. If not stabilized, at 500 ft AAL (400 ft after a circling) discontinue approach.

Ende Zitat (Fettdruck im Original).

1.17.1.2.3 Minimalhöhe beim outer marker

Das *Alitalia Express pilots handbook, part 8, operating techniques* beschrieb unter Absatz 2.7.7.3 *The Outer Marker* unter anderem, dass im Anflug zum Voreinflugzeichen¹² (*outer marker* – OM) die entsprechende Höhe zu beachten und bis zum OM bzw. Navigationsfixpunkt einzuhalten sei.

Zitat

- ***“Descent below the OM crossing altitude should not be made prior to overflying the OM or an equivalent DME fix.”***

Ende Zitat.

1.17.1.2.4 Bremsverfahren

Bezüglich der Wirkung der Radbremsen beschrieb das *Alitalia Express pilots handbook, part 8, operating techniques* auf Seite 8.77 unter Absatz 2.9.2 *Landing Techniques* den Einfluss des Höhensteuers:

Zitat

- ***“A slight forward pressure on the control column throughout the landing roll will assist in a better directional control. Do not, however, apply excessive forward pressure since the elevator will unload, to some extent, the main wheels and thus reduce braking.”***

Ende Zitat (Fettdruck im Original).

Im *operations manual part B* von *Alitalia Express* wurde unter *normal procedures*, Abschnitt 02.40.01 *after landing* der Einsatz der Radbremsen wie folgt beschrieben:

Zitat

- ***“To maximize braking performance on dry or wet runways apply maximum continuous pressure on the brake pedals. The ANTISKID system will modulate the brakes for an optimum braking performance. DO NOT PUMP THE PEDALS.”***

Ende Zitat.

¹² Voreinflugzeichen – *outer marker*: Keulenförmiges Markierungsfunkfeuer, das beim Instrumentenlandesystem (ILS) dazu dient, den ersten vorbestimmten Punkt während eines Instrumentenanflugs zu kennzeichnen. Der OM liegt typischerweise zwischen 4 und 7 NM vor der Pistenschwelle auf der Anfluggrundlinie.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Allgemeines zum Luftfahrzeug

Ausser den beiden Schubumkehrern (*reverser*) welche aufgrund eines *service bulletins* des Flugzeugherstellers deaktiviert waren, lagen keine technischen Einschränkungen vor. Die von den Flugschreibern aufgezeichneten Warnungen bezogen sich nicht auf technische Fehlfunktionen oder Systemausfälle.

2.2 Betriebliche Aspekte

2.2.1 Ausgangslage für den Anflug

Für den Anflug und die Landung waren bei Beginn des Anfluges keine wesentlichen betrieblichen Einschränkungen vorhanden. Insbesondere stand eine genügend lange Piste mit Präzisionsanflughilfe zur Verfügung und die Treibstoffreserve hätte ohne weiteres ein Warteverfahren, einen Durchstart oder das Anfliegen eines Ausweichflugplatzes ermöglicht. Die aktuelle Landemasse der I-EXME lag innerhalb der zulässigen Grenzen. Der Umstand dass die *reverser*, welche bei der Berechnung der *minimum required landing distance* keine Rolle spielen, nicht verwendbar waren, wurde von der Besatzung wahrgenommen und um 14:26 UTC vom Copiloten im Rahmen des *approach briefings* ausdrücklich erwähnt.

Gemäss der METAR-Meldung von 14:20 UTC, welche durch die Besatzung um 14:22 UTC empfangen wurde, war mit einer nassen Piste zu rechnen. Der Kommandant erinnerte sich an diese Meldung um 14:35 UTC, als er den *approach check* durchführte: *"Heavy raining...se ben ricordo..."*. Diese Feststellung deutet darauf hin, dass der Kommandant bereits zu diesem Zeitpunkt mit starkem Regen bei der Landung rechnete.

Unter diesen Voraussetzungen beabsichtigte die Besatzung eine Landung, bei der die *flaps* auf 45° ausgefahren sind.

2.2.2 Durchführung des Anfluges

Die Planung des Sinkfluges (*descent planning*) und dessen flexible Gestaltung (*position follow up*) bis zum Erreichen der Anfluggrundlinie des ILS waren zweckmässig.

Von der Flugverkehrsleitstelle erhielt Flug AZA 568 um 14:32:32 UTC die Freigabe, ihre Geschwindigkeit selber bestimmen zu können: *"AZA 568, speed for the time beeing at your discretion."* Diese Information wurde von der Flugbesatzung bestätigt. In der Folge erhielt die I-EXME für den gesamten Anflug keine Einschränkungen mehr bezüglich der Wahl der Geschwindigkeit.

Im Endanflug behielt die Besatzung weiterhin ungefähr die Geschwindigkeit des Anfangsanfluges bei. Die Daten des DFDR zeigen, dass während dieser Phase relativ hohe Leistungswerte gesetzt waren. Ein gezielter Geschwindigkeitsabbau auf eine den Verhältnissen angepasste Anfluggeschwindigkeit unterblieb. Dies hatte unter anderem zur Folge, dass die Landeklappen nicht auf 45° ausgefahren werden konnten, wie dies von der Besatzung ursprünglich vorgesehen war.

Eine systematische Anpassung von Anfluggeschwindigkeit und Konfiguration mit dem Ziel auf 1000 ft AAL bzw. 2400 ft AMSL auf dem Gleitweg stabilisiert und für die Landung bereit zu sein, ist nicht erkennbar.

Während des Endanfluges trat eine Rückenwindkomponente mit Werten bis zu 40 kt auf. Dieser Rückenwind führte während der letzten 8 NM des Endanfluges zu einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 227 kt über Grund. Zwischen der ILS-DME-Distanz von 2 NM und dem Überfliegen der *landing threshold* verkleinerte sich die Rückenwindkomponente und die Maschine setzte schliesslich annähernd bei Windstille auf.

2.2.3 Kontrolle der Höhe während des Endanfluges

Um 14:37:24 UTC und um 14:37:54 UTC äusserte sich der Kommandant bezüglich der aktuellen Höhe. Dabei erwähnte er gemäss CVR in beiden Fällen, dass die Höhenmesser gegenüber den Anflugkarten eine um 200 ft zu tiefe Höhe anzeigten. Wie seine Aussagen belegen, erwartete er bei einer ILS-DME-Distanz von 6 NM eine Höhe von 3400 ft AMSL und bei 4 NM eine solche von 2730 ft AMSL. Wie die Aufzeichnungen des DFDR belegen, folgte das Flugzeug während dieser Phase mit hoher Genauigkeit der ausgestrahlten Leitebene des Gleitwegsenders. Die durch die Besatzung festgestellte Differenz ergab sich mit grosser Wahrscheinlichkeit aus der Kombination folgender Elemente:

- Da die Temperatur in den bodennahen Luftschichten um 7 °C höher war als die Werte in der Standardatmosphäre, zeigten die Höhenmesser auf 3400 ft AMSL (*true altitude*) einen um ungefähr 50 ft zu geringen Wert an.
- In beiden Fällen war der tatsächliche QNH-Wert um 1 bis 1.9 hPa höher als der auf den Höhenmessern eingestellte Referenzluftdruck.
- Der *altitude position error* führte bei einer ILS-DME-Distanz von 6 bzw. 4 NM zu einer Höhenmesseranzeige, die ungefähr 20 ft zu gering war.
- Beim Vergleich der Höhe mit den Werten der Anflugkarte für eine ILS-DME-Distanz von 6 NM, bezog der Kommandant die Höhenmesseranzeige fälschlicherweise auf die Höhe des *localizer approaches* von 3400 ft AMSL und nicht auf die Höhe des *glidepath* von 3370 ft AMSL.
- Der Höhenvergleich bezüglich der Referenzhöhe bei 6 NM erfolgte kurz vor 14:37:24 UTC, als sich die I-EXME bei einer ILS-DME-Distanz von 5.8 NM befand. Gemäss den Aufzeichnungen des DFDR wurde zu diesem Zeitpunkt im Cockpit eine Höhe von 3170 ft bezüglich des eingestellten QNH von 1017 hPa angezeigt.
- Der Höhenvergleich bezüglich der Referenzhöhe bei 4 NM erfolgte kurz vor 14:37:54 UTC, als sich die I-EXME bei einer ILS-DME-Distanz von 3.7 NM befand. Gemäss den Aufzeichnungen des DFDR wurde zu diesem Zeitpunkt im Cockpit eine Höhe von 2520 ft bezüglich des eingestellten QNH von 1017 hPa angezeigt.

Aufgrund der obigen Feststellungen und mit Blick auf die Funktionsfähigkeit des ILS 14 kann daher geschlossen werden, dass sich Flug AZA 568 vom Erreichen des Gleitweges bis zum Ausschalten des Autopiloten innerhalb der vorgesehenen Toleranzen für die Ausstrahlung des nominalen Gleitwegs (*displacement error*) bewegt hat.

Die Aufzeichnungen des CVR deuten aber darauf hin, dass die Flugbesatzung durch diese scheinbare Diskrepanz zwischen Höhenmesseranzeige und Referenzhöhen auf der Anflugkarte abgelenkt wurde bzw. während einiger Zeit mit deren Analyse beschäftigt blieb.

2.2.4 Systemwarnungen und Abbruch eines Durchstarts

Beim Überflug des Stadlerbergs betrug die Radarhöhe kurzfristig weniger als 1200 ft, was die Audiowarnung „LANDING GEAR“ auslöste. Diese Warnung ertönte bis einige Sekunden später das Fahrwerk ausgefahren war.

Das *ground proximity warning system* (GPWS) gab um 14:38:09 UTC mit der künstlichen Stimme „TOO LOW, TERRAIN“ eine Warnung der Kategorie 4B aus, weil die *flaps* erst auf 9° standen und sich damit nicht in einer möglichen Landekonfiguration befanden.

Der Copilot reagierte drei Sekunden später auf die Warnung des GPWS indem er einen Durchstart einleitete. Nach der Meldung „*Riattacco – Durchstart*“, schaltete er den Autopiloten aus, veränderte die Längsneigung von 1° *attitude nose down* (AND) durch Ziehen am Steuerhorn auf 5.8° *attitude nose up* (ANU) und schob die Leistungshebel der Triebwerke nach vorn. Der Kommandant unterbrach diesen Durchstart mit den Worten „*No, Andiamo sotto! – Nein, wir gehen runter!*“

Der Entscheid des Copiloten einen Durchstart durchzuführen war zweckmässig, befand sich die I-EXME in dieser Phase doch in verschiedener Hinsicht nicht in einem stabilisierten Zustand für den Endanflug: Auf einer Höhe von rund 800 ft AAL flog die Maschine zwar auf dem Gleitweg, ihre Geschwindigkeit lag aber noch rund 70 kt über der angestrebten Anfluggeschwindigkeit und die *flaps* standen immer noch auf 9° und nicht in der vorgesehenen Stellung von 45°.

Aufgrund dieser Tatsachen und vom Grundsatz ausgehend, dass ein einmal eingeleiteter Durchstart nicht mehr abgebrochen werden sollte, erscheint das Eingreifen des Kommandanten nicht nachvollziehbar. Da in der Flugplatzumgebung keine Gewitterzellen vorhanden waren, wäre ein normales Durchstartverfahren (*standard missed approach procedure*) aus meteorologischen Gründen möglich gewesen.

Durch den Abbruch des Durchstarts, während dem der Copilot die Leistung kurzfristig bis auf 81% N1 erhöht hatte, gewann das Flugzeug noch zusätzliche Energie. Bei einer ILS-DME-Distanz von 1.8 NM befand es sich aufgrund der kurzfristigen Vergrösserung des Lagewinkels rund 370 ft über dem *glidepath*. Die Geschwindigkeit betrug rund 190 KIAS und die Geschwindigkeit über Grund lag wegen der Rückenwindkomponente bei ungefähr 220 kt.

Wie der CVR belegt, war der Kommandant auch nach dem abgebrochenen Durchstart gedanklich immer noch mit der GPWS Warnung „TOO LOW“ beschäftigt und konnte sich diese nicht erklären.

2.2.5 Landung und Bremsvorgang

Während des Durchstartversuchs des Copiloten hatte der Kommandant befohlen, die *flaps* auf 22° zu setzen und die Bemerkung gemacht: „*Male che va, andiamo giù con flaps a 22...*“. Diese Feststellung zeigt, dass eigentlich eine Landung mit auf 45° ausgefahrenen *flaps* vorgesehen war. Da die höchstzulässige Geschwindigkeit für die Landeklappenstellung 45° bei 145 KIAS liegt, die Maschine zu diesem Zeitpunkt aber noch ungefähr 190 KIAS schnell war, konnte diese Position der *flaps* nicht realisiert werden.

Die *landing threshold* der Piste 14 überflog die I-EXME auf einer Radarhöhe von 186 ft, was verbunden mit der noch immer hohen Geschwindigkeit von 178 KIAS zwangsläufig zu einer langen Landung führen musste. Mit grosser Wahrscheinlichkeit erkannte die Besatzung in dieser Phase die sich anbahnenden Probleme noch nicht. Dies könnte auf folgende Punkte zurückzuführen sein:

- Speziell mit Turboprop-Flugzeugen im Regionalverkehr wird auf langen Pisten häufig eine lange Landung angestrebt, um damit lange Rollzeiten bis zum Verlassen der Piste zu vermeiden.
- Beide Piloten hatten erst wenige Monate vor dem schweren Vorfall auf die Embraer 145 umgeschult. Vorher flogen beide die Turboprop-Flugzeuge ATR42 und ATR72 derselben Fluggesellschaft.

Kurz vor dem Überflug der *landing threshold* gab das GPWS mit Ausnahme einer Unterbrechung von zwei Sekunden während 18 Sekunden die Warnungen „SINKRATE“, „PULL UP, PULL UP“ und dann wieder „SINKRATE, SINKRATE“ aus. Die Warnung „SINKRATE, SINKRATE“ stellt eine *soft warning* dar, die ausgelöst wird, wenn die Sinkrate der Maschine mehr als 1200 ft/min beträgt. Die Aufforderung „PULL UP, PULL UP“ ist eine *hard warning*, die ertönt, wenn eine Sinkrate von 1700 ft/min überschritten wird. Die I-EXME wies in dieser Phase Sinkraten bis zu 1740 ft/min auf. Das Ansprechen der *hard warning* des GPWS stellte für die Flugbesatzung einen deutlichen Hinweis dar, dass der Anflug auch in dieser Phase nicht stabilisiert war. Dies hätte zu einem Durchstart führen müssen. Nichts deutet darauf hin, dass dies in Erwägung gezogen wurde.

Der Umstand, dass der Copilot während des Landevorganges das Einschalten der Scheibenwischer befahl, obwohl er gemäss CVR realisierte, dass die Geschwindigkeit des Flugzeuges zu diesem Zeitpunkt noch über der Grenzgeschwindigkeit für die Benutzung dieser Einrichtung lag, zeigt, dass die Sicht nach draussen durch Regen stark beeinträchtigt war.

Nach dem Aufsetzen standen der Maschine noch zwischen 1500 und 1700 m Landerollstrecke zur Verfügung, was aufgrund folgender Faktoren nicht ausreichte, um das Flugzeug noch auf der Piste zum Stillstand zu bringen:

- Die Geschwindigkeit beim Aufsetzen lag immer noch bei 167 KIAS und war damit 29 KIAS höher als die für die Landemasse von 18 700 kg vorgesehene Anfluggeschwindigkeit von 138 KIAS beim Überflug der *landing threshold* für eine Landung mit *flaps* in Position 45°. Die kinetische Energie des Flugzeuges war damit beim Aufsetzen rund 58 % grösser als beim Aufsetzen mit der Referenzgeschwindigkeit V_{Ref} von 133 KIAS.
- Das Bremsmanöver wurde nicht optimal durchgeführt. Die Besatzung verringerte während des Ausrollvorgangs mehrfach den Druck auf die Bremspedale, was zur Folge hatte, dass das Bremssystem nicht optimal arbeiten konnte. Weiter bewegte die Besatzung während dieser Phase die Steuer säulen deutlich nach vorn. Der damit verbundene Ausschlag des Höhenruders nach unten verlagerte einen Teil des Gewichtes vom Hauptfahrwerk auf das ungebremste Bugfahrwerk, was die Bremswirkung nochmals verringerte.
- Die *reverser* waren nicht verfügbar.

Nachdem das Flugzeug zum Stillstand gekommen war, verzichtete die Besatzung auf eine Evakuierung und liess die Passagiere normal aussteigen. Dieser Entscheid war der Situation angepasst.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug EMB 145 LR, I-EXME wies keine technischen Mängel auf, die einen Einfluss auf den Hergang des schweren Vorfalles hatten.
- Die beiden *reverser* waren aufgrund eines *service bulletins* des Flugzeugherstellers deaktiviert.
- Die *reverser* sind bei der Bestimmung der *landing performance* des Luftfahrzeuges nicht berücksichtigt und dienen als zusätzliche Reserve.
- Masse und Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.
- Der Flug AZA 568 wurde gemäss Flugplan mit einer Treibstoffreserve betrieben, die es erlaubt hätte, von Zürich zum Ausweichflugplatz Stuttgart zu fliegen und ein Warteverfahren von 10 Minuten durchzuführen. Zusätzlich war noch die *final reserve* von 30 Minuten vorhanden.
- Die für den Anflug verwendeten Navigationshilfen am Boden funktionierten normal.
- Nach dem Vorfall zeigten die Reifen der I-EXME keine Spuren von *aquaplaning*.

3.1.2 Besatzung

- Nach den vorliegenden Unterlagen besass die Besatzung gültige Flugausweise.
- Es gibt keinen Hinweis darauf, dass der Gesundheitszustand und die Leistungsfähigkeit der Besatzung beeinträchtigt gewesen ist.

3.1.3 Flugverlauf

- Der Anflug erfolgte bis zum Ausschalten des Autopiloten auf einem Anflugprofil von ungefähr 3°.
- Der Autopilot folgte dem Anflugprofil (*ILS-tracking*) bis zum Ausschalten mit hoher Genauigkeit.
- Bei einer ILS-DME-Distanz von 5 NM wurde die Warnung „*LANDING GEAR, LANDING GEAR*“ ausgegeben, weil die *radio altitude* beim Überflug des Stadlerbergs weniger als 1200 ft AGL betrug und das Fahrwerk noch nicht ausgefahren war.
- Bei einer ILS-DME-Distanz von 2.7 NM gab das GPWS die Warnung „*TOO LOW, TERRAIN*“ aus, weil sich die *flaps* immer noch in der Stellung 9° befanden.

- Bei einer ILS-DME-Distanz von 2.5 NM und in einer Höhe von 800 ft AAL leitete der Copilot einen Durchstart ein, der wenige Sekunden später vom Kommandanten abgebrochen wurde.
- Bis zu einer ILS-DME-Distanz von 2.3 NM betrug die Geschwindigkeit des Flugzeuges mehr als 200 KIAS.
- Gemäss den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens bestand ein stabilisierter Anflug unter anderem aus folgenden Elementen: Das Flugzeug befindet sich in Landekonfiguration mit einer Geschwindigkeit von $V_{app} + 10/-5$ kt auf einem Flugweg, der es ihm gestattet mit einer konstanten Sinkrate von nicht mehr als 1000 ft/min anzufiegen.
- Gemäss dem *operations manual part B* (OM-B) des Flugbetriebsunternehmens erhält man für eine Landung mit *flaps* auf 22° eine V_{app} von 151 KIAS und für eine Landung mit *flaps* auf 45° eine V_{app} von 138 KIAS.
- Die Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens sahen vor, dass bei einem nicht stabilisierten Anflug spätestens auf einer Höhe von 500 ft AAL ein Durchstart einzuleiten ist.
- Als sich die I-EXME auf einer Höhe von 500 ft AAL befand, war sie noch 0.6 NM von der *landing threshold* 14 entfernt. Ihre Geschwindigkeit betrug 182 KIAS, sie sank mit ungefähr 1600 ft/min und im Cockpit wurde die GPWS-Warnung „*SINKRATE, SINKRATE*“ ausgegeben.
- Zwischen dem Zeitpunkt, als sich die Maschine in einer ILS-DME-Distanz von 0.5 NM befand, bis sie die *landing threshold* 14 überflogen hatte, wies sie Sinkraten bis zu 1740 ft/min auf, was die GPWS-Warnungen „*SINKRATE, SINKRATE*“ und „*PULL UP, PULL UP*“ auslöste.
- Beim Überflug der *landing threshold* 14 war das Fahrwerk der Maschine ausgefahren, die *flaps* standen auf 22°, die Geschwindigkeit lag bei 178 KIAS und die *radio altitude* betrug 186 ft AGL.
- Die I-EXME setzte 18 Sekunden nach dem Überflug der *landing threshold* 14 mit einer Geschwindigkeit von 167 KIAS und einer Landeklappenstellung von 22° zwischen 1450 m und 1650 m nach der Pistenschwelle auf.
- Während des Ausrollens wurden die Bremspedale mehrfach entlastet und die Steuersäulen nach vorne gedrückt.
- Das Flugzeug überrollte das Ende der Piste 14 mit 64 KIAS und kam nach ungefähr 150 m im Gras zum Stillstand.
- Das *on ground emergency procedure* wurde nicht durchgeführt und die Passagiere konnten das Flugzeug normal verlassen.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Während des Anfluges und während der Landung wurde vom Wetterdienst mässiger Niederschlag beobachtet.
- Die Flugbesatzung erhielt von der Flugverkehrsleitung eine Freigabe, die Geschwindigkeit selber bestimmen zu können.

- Aus den Aufzeichnungen des DFDR lässt sich errechnen, dass während des Endanfluges eine Rückenwindkomponente von durchschnittlich 23 kt wirkte, die sich bis zum Überflug der *landing threshold* von Piste 14 auf Null verringerte.
- Die Piste 14 des Flughafens Zürich weist eine verfügbare Landedistanz von 3150 m auf.
- Gemäss den Angaben im *operations manual part B* (OM-B) des Flugbetriebsunternehmens benötigt das Baumuster EMB 145 LR für die Landung auf einer Flugplathöhe von 1400 ft AMSL, bei 19 °C, einer Landemasse von 18 700 kg, stehendem Wasser von 5 mm und einer Rückenwindkomponente von 10 kt eine *minimum required landing distance* von 2782 m, sofern die Landeklappen auf 45° ausgefahren werden.
- Gemäss den Angaben im *operations manual part B* (OM-B) des Flugbetriebsunternehmens benötigt das Baumuster EMB 145 LR für die Landung auf einer Flugplathöhe von 1400 ft AMSL, bei 19 °C, einer Landemasse von 18 700 kg, nasser Piste und einer Rückenwindkomponente von 10 kt eine *minimum required landing distance* von 2849 m, sofern die Landeklappen auf 22° ausgefahren werden.
- Falls stehendes Wasser von 5 mm oder mehr auf der Piste vorhanden ist oder starker Regen fällt, sieht der Hersteller für die Landung eine Landeklappenstellung von 45° vor.

3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurück zu führen, dass die Flugbesatzung nach einem unstabilierten Endanflug eine lange Landung mit überhöhter Geschwindigkeit auf einer nassen Piste durchführte und die Maschine auf dem verbleibenden Landebahnabschnitt nicht zum Stillstand bringen konnte.

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den schweren Vorfall ermittelt:

- Die Flugbesatzung führte den Geschwindigkeitsabbau zu spät aus und wählte eine Konfiguration des Flugzeuges für die Landung, welche der Situation nicht angepasst war.
- Der Kommandant hinderte den Copiloten daran, den bereits eingeleiteten Durchstart weiterzuführen.
- Die Flugbesatzung führte trotz *hard warning* des GPWS, die auf einen unstabilierten Endanflug hinwies, keinen Durchstart aus.

Folgende Faktoren haben den Unfall möglicherweise begünstigt:

- Die Flugbesatzung verwendete die Radbremsen nicht optimal.
- Die Flugbesatzung drückte während des Ausrollvorgangs die Steuersäule deutlich nach vorne und verringerte damit die Wirkung der Radbremsen.

Bern, 17. Mai 2006

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zwecke der Unfallverhütung erstellt. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung (Art. 24 Luftfahrtgesetz).

Glossar

AAL	<i>above aerodrome level</i>	über Flugplatzhöhe
ADC	<i>aerodrome control (tower)</i>	Platzverkehrsleitstelle
AGL	<i>above ground level</i>	über Grund
AMSL	<i>above mean sea level</i>	über der mittleren Meereshöhe
AND	<i>attitude nose down</i>	
ANU	<i>attitude nose up</i>	
APW	<i>approach control west</i>	
ATIS	<i>automatic terminal information service</i>	
BFU		Büro für Flugunfalluntersuchungen
B-RNAV	<i>basic area navigation</i>	Flächennavigation
CVR	<i>cockpit voice recorder</i>	Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät
DFDR	<i>digital flight data recorder</i>	digitaler Flugdatenschreiber
DME	<i>distance measuring equipment</i>	Entfernungsmessgerät, mit dem eine Schrägdistanz vom Luftfahrzeug zur Bodenstation gemessen wird
FAF	<i>final approach fix</i>	Endanflug-Punkt
FAP	<i>final approach point</i>	Endanflug-Punkt
FL	<i>flight level</i>	Flugfläche
FMS	<i>flight management system</i>	
ft	<i>feet</i>	Fuss (1 ft = 0.3048 m)
FVL		Flugverkehrsleiter
GPWS	<i>ground proximity warning system</i>	Bodennähe-Warnsystem
G/S	<i>glide slope</i>	
HDG	<i>heading</i>	Steuerkurs
hPa	<i>hecto pascal</i>	
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	Internationale Zivilluftfahrtorganisation
IFR	<i>instrument flight rules</i>	Instrumentenflugregeln
ILS	<i>instrument landing system</i>	Instrumentenlandesystem
IAS	<i>knots indicated airspeed</i>	angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten
kt	<i>knots</i>	Knoten (1 kt = 1 NM/h)
METAR	<i>aviation routine weather report</i>	Flugplatzwettermeldung
MSAW	<i>minimum safe altitude warning system</i>	
NM	<i>nautical mile</i>	Nautische Meile (1 NM = 1.852 km)
OM	<i>outer marker</i>	Voreinflugzeichen

PF	<i>pilot flying</i>	fliegender Pilot
PNF	<i>pilot not flying</i>	assistierender Pilot
QNH		auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck, berechnet mit den Werten der ICAO- Standardatmosphäre
RA	<i>radar altitude</i>	Radarhöhe
ROD	<i>rate of descent</i>	Sinkrate
RWY	<i>runway</i>	Piste
S/N	<i>serial number</i>	Werknummer
UTC	<i>universal time coordinated</i>	Koordinierte Weltzeit
VERT SPD	<i>vertical speed</i>	
VOR	<i>VHF omnidirectional radio range</i>	UKW-Drehfunkfeuer

Anlage 1: Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse

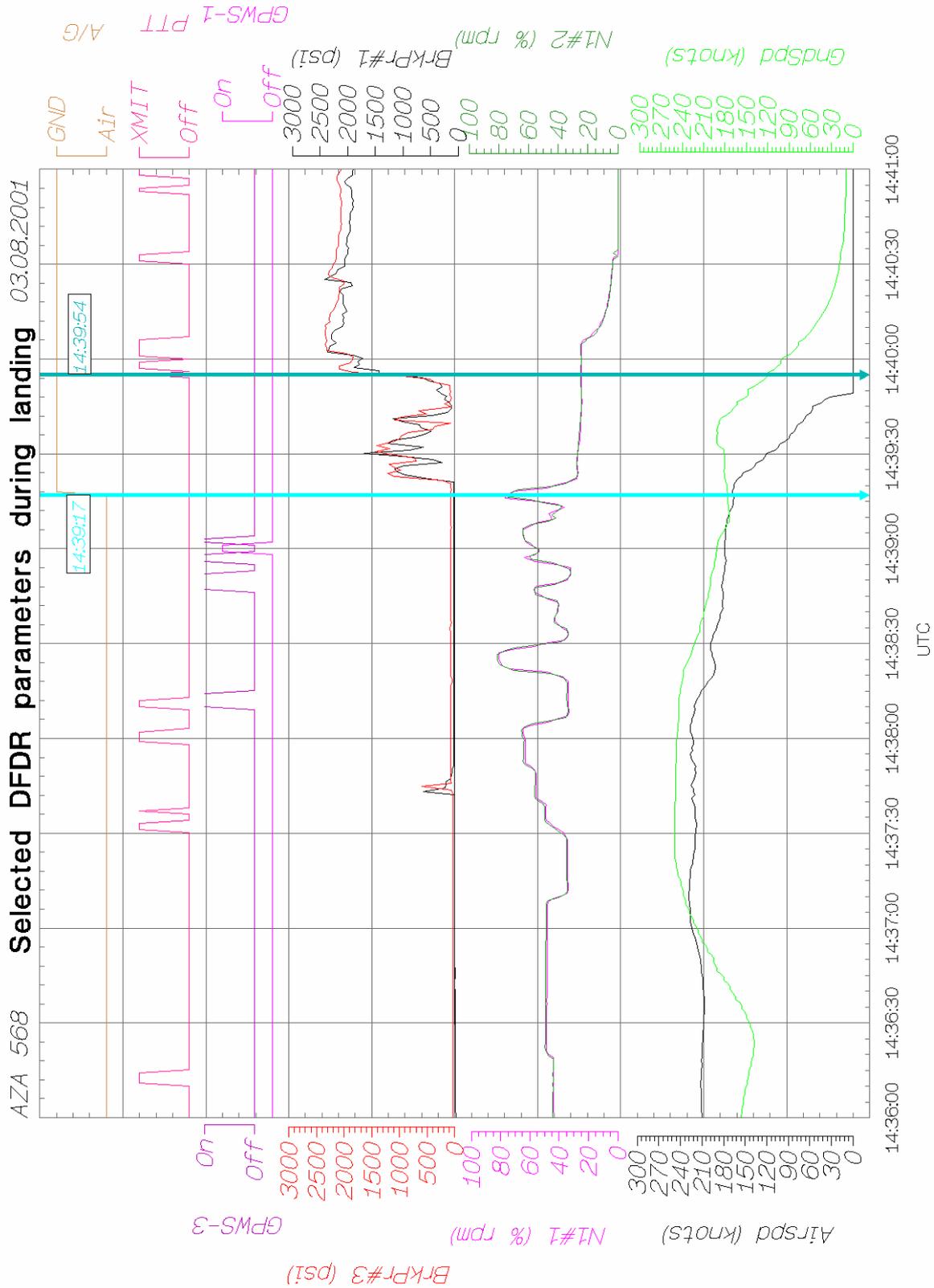
UTC	Ereignis	Bemerkung
14:21:30 – 14:22:40	Die Flugbesatzung empfängt die ATIS Meldung Tango: <i>“Zurich Information TANGO: Landing runway 14, ILS approach, departure runway 28, Met report Zurich 1420 ZULU: wind 160 degrees, 4 knots, visibility 4000 m, rain, few 1000, scattered 2500, broken 5000, temperature 19, dew point 18, QNH 1017, tempo visibility 3000 m, transition level 50. Speed limitation 240kts, except on link route to RILAX. Taxiway KILO between runway two eight and taxiway BRAVO closed, taxiway HOTEL ONE closed.”</i>	
14:26	Der Copilot erklärt dem Kommandanten wie er den Anflug durchführen wolle.	
14:31:54	APW informiert die Flugbesatzung: <i>„AZA 568, twenty four milestouch down“.</i>	Bis zum Aufsetzen stehen voraussichtlich noch 24 NM zur Verfügung. Die Maschine befindet sich zu diesem Zeitpunkt auf FL 114.
14:32:32	Die Wahl der Geschwindigkeit überliess APW der Besatzung, indem er sie anwies: <i>“Alitalia five six eight, speed for the time beeing at your discretion.”</i> Darauf antwortete AZA 568: <i>“We are two four zero and we'll maintain, Alitalia 568.”</i>	
14:33:12	Das Flugzeug befindet sich im Sinkflug durch FL 80, die Geschwindigkeit beträgt 245 KIAS. Der Copilot befiehlt die Landeklappen auf 9° auszufahren.	Der Luftwiderstand des Flugzeuges wird erhöht.
14:35:24	AZA 568 verlässt FL 60 um nach 4000 ft QNH abzusinken. Die Besatzung stellt auf den beiden Höhenmessern den Referenzluftdruck QNH von 1017 hPa ein. Der Kommandant führt daraufhin den <i>approach check</i> durch und erwähnt dabei: <i>“heavy raining ... se ben ricordo... – starker Regen...wenn ich mich recht erinnere“.</i>	
14:36:05	APW: <i>“Alitalia five six eight, right heading one one zero, cleared ILS one four, report established“.</i>	Freigabe für den ILS-Anflug auf Piste 14
14:37:00	Die Maschine erreicht bei einer ILS-DME Distanz von 7.5 NM den Gleitweg von oben her.	Die Geschwindigkeit beträgt 225 KIAS
14:37:24	Kommandant: <i>“... 6 miglia, 3400...siamo bassi! ****¹! 6 miglia 3.2 siamo 200 sotto – 6 miles, 3400.... We are low! ****¹! 6 miles 3.2 we're 200 under“</i>	AZA 568 befindet sich ungefähr bei einer ILS-DME Distanz von 5.8 NM und auf 3170 ft bei QNH 1017 hPa.

¹ Ausdrücke, die eine spontane persönliche Bewertung der gegenwärtigen Situation darstellen, sowie Äusserungen ohne direkten Bezug zum Vorfallesgeschehen werden mit **** gekennzeichnet.

UTC	Ereignis	Bemerkung
14:37:30	AZA 568: „Fully established one four, Alitalia five six eight“	
14:37:37	Audiowarnung „LANDING GEAR“ wird ausgelöst. Die Besatzung fährt das Fahrwerk aus.	I-EXME überfliegt den Stadlerberg bei einer ILS-DME Distanz von 5 NM. ILS-DME-Distanz: 4.1 NM, Geschwindigkeit: 220 KIAS
14:37:54	Kommandant: „4 miglia 2730,...200 sotto ancora! – 4 Meilen 2730,...immer noch 200 darunter!“	ILS-DME-Distanz: 3.7 NM, Höhe: 2540 ft bezüglich des QNH von 1017 hPa
14:37:58	AZA 568: „Zurich grüezi, Alitalia five six eight fully established one four“. TWR: „Alitalia five six eight, Zurich Tower, good afternoon, cleared to land runway one four, wind one niner zero degrees, four knots“.	
14:38:09 – 14:38:14	Warnung des <i>ground proximity warning system</i> (GPWS) „TOO LOW, TERRAIN“	ILS-DME-Distanz: 2.7 NM, Höhe 2200 ft AMSL bzw. 820 ft AAL
14:38:12	Copilot: „Riattacco – Durchstart“, schaltet den Autopiloten aus, verändert die Längsneigung (<i>pitch</i>) von 1° <i>angle nose down</i> (AND) auf 5.8° <i>angle nose up</i> (ANU) und schiebt die Leistungshebel der Triebwerke nach vorn. Der Kommandant unterbricht den Durchstart: „No, Andiamo sotto! – Nein, wir gehen runter!“ und befiehlt die <i>flaps</i> auf 22° zu fahren. Gleichzeitig weist der Kommandant darauf hin, dass man auch mit einer Landeklappenstellung von 22° landen könne: „Male che va, andiamo giù con flaps a 22...“.	Abgebrochener Durchstart
14:38:46 – 14:38:53	GPWS-Warnung: „SINKRATE, SINKRATE“.	
14:38:55 – 14:39:04	GPWS-Warnungen: „SINKRATE, SINKRATE“ - „PULL UP, PULL UP“ - „SINKRATE, SINKRATE“	AZA 568 überfliegt um 14:38:59 mit einer Geschwindigkeit von 178 KIAS die <i>landing threshold</i> 14 in einer Radarhöhe von 187 ft. Die Sinkrate beträgt bis 1740 ft/min
14:39:17	Die I-EXME setzt mit <i>flaps</i> in Stellung 22° und einer Geschwindigkeit von 167 KIAS auf der nassen Piste 14 auf.	
14:39:19	Kommandant: „Frena! Frena! Frena! Frena! – Brems! Brems! Brems! Brems!“	
14:39:22	Aufbau des Bremsdrucks	Geschwindigkeit: 160 KIAS
14:39:23	Copilot: „Piano! Piano! Piano! Piano! Piano!... Non ce frega niente! – Langsam! Langsam! Langsam! Langsam! Langsam!... Wir haben keine Angst!“	

UTC	Ereignis	Bemerkung
14:39:26	Copilot: <i>"*****...piano...stiamo uscendo! – *****...langsam...wir kommen darüber hinaus!"</i>	
14:39:30	Kommandant: <i>"Si, Ce l'ho con lo steering! Eh... - Ja, ich halte es mit der Bugradsteuerung! Eh... "</i>	
14:39:33	Copilot: <i>"No! No! Andiamo dritti! – Nein! Nein! Lass uns geradeaus (rollen)!"</i>	
14:39:36	Kommandant: <i>"Andiamo nel prato! Andiamo nel prato! ***** *****! – Wir gehen ins Gras! Wir gehen ins Gras! ***** *****!"</i>	
14:39:40	Copilot: <i>"Vai dritto! Vai dritto! – Geh geradeaus! Geh geradeaus!"</i>	
14:39:44	Kommandant: <i>"***** ***** *****!"</i>	
14:39:54	Das Flugzeug kommt zum Stillstand.	
14:40:51	AZA 568: <i>"Zurich AZA 568?"</i>	
14:40:54	TWR: <i>"Yes, AZA 568"</i>	
14:41:56	AZA 568: <i>"We are down the runway in the field and we request some assistance"</i>	
14:41:01	TWR: <i>"Yes, äh, we informed al...already the fire brigade, they are coming"</i>	
14:41:06	AZA 568: <i>"Well, thanks madam, and we will maintain this position and I think is ok, there is no fire, I need a bus to disembark the passengers."</i>	
14:41:14	TWR: <i>"Yes, thank you for information."</i>	

Anlage 2: Ausgewählte DFDR-Parameter



Swiss AAIB

Created: March 21, 2005

Anlage 3: Endlage des Flugzeuges



Anlage 4: Bild des Doppler-Wetterradars der ETH von 14:40 UTC

