



Untersuchungsbericht des Büros für Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Flugzeuges AVRO 146-RJ100, HB-IXM,
betrieben durch Crossair unter Flugnummer CRX 3597,
vom 24. November 2001
bei Bassersdorf/ZH

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

Die gültigen Formulierungen dieses Berichts liegen in deutscher Sprache vor.

Wer ein begründetes Interesse am Untersuchungsergebnis nachweist, kann innerhalb von 30 Tagen nach Zustellung des Untersuchungsberichts verlangen, dass dieser durch die Eidg. Flugunfallkommission (EFUK) auf Vollständigkeit und Schlüssigkeit überprüft wird.

Inhaltsverzeichnis

Kurzdarstellung	3
Untersuchung	3
1 Festgestellte Tatsachen	3
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf	3
1.1.1 Vorgeschichte	3
1.1.1.1 Flugzeug	3
1.1.1.2 Flugbesatzung	3
1.1.1.2.1 Kommandant	3
1.1.1.2.2 Copilot	3
1.1.2 Flugverlauf	3
1.1.2.1 Flugvorbereitung	3
1.1.2.2 Der Flug von Berlin-Tegel nach Zürich	3
1.2 Personenschäden	3
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	3
1.4 Sachschaden Dritter	3
1.5 Beteiligte Personen	3
1.5.1 Kommandant	3
1.5.1.1 Berufsausbildung	3
1.5.1.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit	3
1.5.1.2.1 Erster Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80	3
1.5.1.2.2 Zweiter Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80	3
1.5.1.2.3 Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100	3
1.5.1.3 Tätigkeit als Fluglehrer	3
1.5.1.4 Besondere Vorkommnisse während der Berufslaufbahn	3
1.5.1.4.1 Allgemeines	3
1.5.1.4.2 Unbeabsichtigtes Einfahren des Fahrwerks am Boden	3
1.5.1.4.3 Abbruch eines Route Checks	3
1.5.1.4.4 Einstellung der Tätigkeit als Trainingscaptain	3
1.5.1.4.5 Instrumentenanflug in Lugano bei Nacht	3
1.5.1.4.6 Navigationsfehler während eines privaten Rundfluges	3
1.5.1.5 Arbeits- und Führungsverhalten	3
1.5.2 Copilot	3
1.5.2.1 Berufsausbildung	3
1.5.2.2 Fliegerische Ausbildung	3
1.5.2.3 Auswahl des Copiloten durch das Flugbetriebsunternehmen Crossair	3
1.5.2.4 Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100	3
1.5.2.5 Besondere Vorkommnisse während der Berufslaufbahn	3
1.5.3 Flugbegleiterin A	3
1.5.4 Flugbegleiterin B	3
1.5.5 Flugbegleiterin C	3
1.5.6 Flugverkehrsleiter A	3
1.5.7 Flugverkehrsleiter B	3
1.5.8 Flugverkehrsleiter C	3
1.5.9 Flugverkehrsleiter D	3
1.5.10 Flugverkehrsleiter E	3
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	3
1.6.1 Flugzeug HB-IXM	3
1.6.1.1 Allgemeines	3
1.6.1.2 Triebwerk Nummer 1	3
1.6.1.3 Triebwerk Nummer 2	3
1.6.1.4 Triebwerk Nummer 3	3

1.6.1.5	Triebwerk Nummer 4	3
1.6.1.6	Auxiliary Power Unit	3
1.6.1.7	Navigationsausrüstung	3
1.6.1.8	Kommunikationsausrüstung	3
1.6.2	Masse und Schwerpunkt	3
1.6.3	Flugzeugsteuerung	3
1.6.3.1	Primäre Flugzeugsteuerung	3
1.6.3.2	Sekundäre Flugzeugsteuerung	3
1.6.4	Triebwerke	3
1.6.4.1	Sichtkontrolle	3
1.6.4.2	Analyse der Daten von Digital Flight Data Recorder und Engine Life Computer	3
1.6.4.3	Einbau Oil Indicator	3
1.6.5	Auxiliary Power Unit	3
1.6.5.1	Sichtkontrolle	3
1.6.5.2	Dokumentation des Unterhalts	3
1.6.6	Ice Detection System	3
1.6.7	Flight Guidance System	3
1.6.7.1	Electronic Flight Instrument System	3
1.6.7.1.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.7.1.2	Non Volatile Memories	3
1.6.7.2	Automatic Flight System	3
1.6.7.2.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.7.2.2	Non Volatile Memories	3
1.6.7.2.3	Verwendung des Automatic Flight System	3
1.6.7.3	Navigation Management System	3
1.6.7.3.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.8	Navigationsausrüstung	3
1.6.8.1	Inertial Reference System	3
1.6.8.1.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.8.2	VHF-Navigation System	3
1.6.8.2.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.8.3	Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment	3
1.6.8.3.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.8.4	Air Data System	3
1.6.8.4.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.8.4.2	Non Volatile Memories	3
1.6.8.5	Radarhöhenmesser	3
1.6.8.5.1	Beschreibung des Systems	3
1.6.9	Befunde nach dem Unfall	3
1.6.9.1	Electronic Flight Instrument System	3
1.6.9.2	Inertial Reference System	3
1.6.9.3	VHF-Navigation System	3
1.6.9.4	Air Data System	3
1.6.10	Ground Proximity Warning System	3
1.6.11	ATC Transponder System	3
1.6.12	Unterhalt des Luftfahrzeuges	3
1.6.13	Prüfung des verwendeten Treibstoffs	3
1.7	Wetter	3
1.7.1	Zusammenfassung	3
1.7.2	Allgemeine Wetterlage	3
1.7.3	Streckenwetter Berlin – Zürich	3
1.7.4	Wetter im Anflugraum	3
1.7.4.1	Bewölkung	3
1.7.4.1.1	Aussagen von Flugbesatzungen	3
1.7.4.1.2	Messungen der Ceilometer	3
1.7.4.1.3	Synthese der Aussagen von Flugbesatzungen und der Messungen der Ceilometer	3
1.7.4.2	Sicht aus dem Cockpit und meteorologische Sicht	3

1.7.4.3	Windprofil	3
1.7.4.4	Temperaturprofil	3
1.7.4.5	Vereisung	3
1.7.4.6	Warnungen	3
1.7.5	Wetter im Unfallgebiet	3
1.7.5.1	Bewölkung	3
1.7.5.2	Niederschläge	3
1.7.5.3	Sicht	3
1.7.5.4	Wind	3
1.7.6	Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich	3
1.7.6.1	Tagesverlauf	3
1.7.6.2	Wetter im Zeitpunkt des Unfalls	3
1.7.6.3	Flugplatzwettermeldungen METAR	3
1.7.6.4	Wettersvorhersagen TAF	3
1.7.7	Ausgestrahlte Wetterinformationen	3
1.7.7.1	VOLMET	3
1.7.7.2	ATIS	3
1.7.8	Wetterausstrahlungen zwischen 20:00 und 21:00 UTC	3
1.7.9	Astronomische Angaben	3
1.7.9.1	Sonnenstand	3
1.7.9.2	Mondstand	3
1.7.10	Pistensichtweite und meteorologische Sicht	3
1.7.10.1	Pistensichtweite	3
1.7.10.2	Meteorologische Sicht	3
1.7.10.3	Beziehung zwischen meteorologischer Sicht und Pistensichtweite	3
1.7.10.4	Wolkenbeobachtung	3
1.8	Navigationshilfen	3
1.8.1	Generelle Einschränkungen	3
1.8.2	Navigationshilfen für den Standard VOR/DME Approach 28	3
1.8.3	Weitere Navigationshilfen	3
1.8.4	Radarüberwachung von Instrumentenanflügen	3
1.9	Kommunikation	3
1.9.1	Beteiligte Flugverkehrsstellen	3
1.9.1.1	Allgemeines	3
1.9.1.2	Personaleinsatz in der Anflugsleitstelle	3
1.9.1.3	Personaleinsatz in der Platzverkehrsleitstelle	3
1.9.2	Gesprächsaufzeichnungen	3
1.9.3	Kommunikationsanlagen	3
1.10	Angaben zum Flughafen	3
1.10.1	Allgemeines	3
1.10.2	Pistenausrüstung	3
1.10.3	Betriebskonzept	3
1.10.4	Rettungs- und Feuerwehrdienste	3
1.11	Flugschreiber	3
1.11.1	Digital Flight Data Recorder	3
1.11.1.1	Technische Beschreibung	3
1.11.1.2	Unterhalt und Überwachung	3
1.11.2	Cockpit Voice Recorder	3
1.11.2.1	Technische Beschreibung	3
1.11.2.2	Unterhalt	3
1.11.3	Auslesen der Flugdatenschreiber	3
1.11.3.1	Qualität der CVR-Aufzeichnung	3
1.11.3.2	Qualität der FDR-Aufzeichnung	3
1.12	Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle	3
1.12.1	Aufprall	3

1.12.2	Trümmerfeld	3
1.13	Medizinische und pathologische Angaben	3
1.13.1	Kommandant	3
1.13.1.1	Vorgeschichte und medizinische Befunde	3
1.13.1.2	Rechtsmedizinische Befunde	3
1.13.2	Copilot	3
1.13.2.1	Vorgeschichte und medizinische Befunde	3
1.13.2.2	Rechtsmedizinische Befunde	3
1.14	Feuer	3
1.14.1	Untersuchung von Brandspuren an Flugzeugtrümmern	3
1.14.2	Resultate der Befragung von Augenzeugen	3
1.15	Überlebensmöglichkeiten	3
1.15.1	Allgemeines	3
1.15.2	Absturzvorgang	3
1.15.3	Alarmierung und Rettung	3
1.15.4	Notsender	3
1.16	Weitere Forschungen	3
1.16.1	Begriffe und Definitionen	3
1.16.1.1	Visual Descent Point	3
1.16.1.2	Missed Approach Point	3
1.16.1.3	Minimum Descent Altitude/Height	3
1.16.2	Überprüfung des Standard VOR/DME Approach 28	3
1.16.2.1	Einleitung	3
1.16.2.2	Initial Approach Segment	3
1.16.2.3	Intermediate Approach Segment	3
1.16.2.4	Final Approach Segment	3
1.16.2.5	Missed Approach Segment	3
1.16.2.6	Anflugkarte gemäss Schweizer Luftfahrthandbuch AIP	3
1.16.2.7	Zusammenfassung	3
1.16.3	Vergleichsflüge im Simulator	3
1.16.3.1	Allgemeines	3
1.16.3.2	Ergebnisse	3
1.17	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	3
1.17.1	Flugbetriebsunternehmen Crossair	3
1.17.1.1	Allgemeines	3
1.17.1.2	Struktur des Bereichs Flight Operations	3
1.17.1.3	Flugsicherheitsabteilung	3
1.17.1.4	Fliegerische Kultur	3
1.17.1.5	Auswahlverfahren für Copiloten	3
1.17.1.5.1	Vorgaben der Joint Aviation Requirements	3
1.17.1.5.2	Ablauf des Verfahrens bei Crossair	3
1.17.1.6	Ausbildung in Crew Resource Management	3
1.17.1.7	Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80	3
1.17.1.8	Regelung bezüglich Besatzungszeiten und nebenberuflichen Tätigkeiten	3
1.17.1.9	Vorschriften bezüglich Sichtreferenzen bei Non Precision Approaches	3
1.17.1.10	Localizer DME Anflug auf Piste 03 in Lugano (heute IGS approach Piste 01)	3
1.17.1.11	Prozessabläufe im Flugzeugunterhalt	3
1.17.1.11.1	Höhenmesser Wartung	3
1.17.1.11.2	DFDR Kalibrierung	3
1.17.1.11.3	APU Trouble Shooting	3
1.17.2	Aufsichtsbehörde	3
1.17.2.1	Allgemeines	3
1.17.2.2	Struktur	3
1.17.2.3	Sicherheits-Audit durch die ICAO	3
1.17.2.4	Vorschriften bezüglich Einsatzzeiten	3

1.17.2.5	Verhältnis der Crossair zur Aufsichtsbehörde	3
1.17.3	Flugschule Horizon Swiss Flight Academy	3
1.17.4	Flugsicherung	3
1.17.4.1	Allgemeines	3
1.17.4.2	Anflugleitstelle	3
1.17.4.3	Platzverkehrsleitstelle	3
1.17.5	Flughafen Zürich AG (Unique)	3
1.17.5.1	Allgemeines	3
1.17.5.2	Vorfeldverkehrsleitung – Apron Control	3
1.17.5.3	Rolle von Unique bei der Umsetzung des Staatsvertrages Schweiz-Deutschland	3
1.17.5.4	Einfluss der Unique auf die Verkehrsabwicklung	3
1.17.6	MeteoSchweiz	3
1.17.6.1	Allgemeines	3
1.17.6.2	Prozess Flugwetter	3
1.17.6.3	Flugwetterdienst auf dem Flughafen Zürich	3
1.18	Zusätzliche Angaben	3
1.18.1	Trainingsgeräte	3
1.18.2	Eintragung von Flughindernissen in Anflugkarten	3
1.18.3	Relevante Sicherheitsempfehlungen aus früheren Untersuchungen	3
1.18.3.1	Einleitung	3
1.18.3.2	Unfall Alitalia Flugnummer AZA 404 am Stadlerberg, Zürich	3
1.18.3.3	Unfall Crossair Flugnummer CRX 498 bei Nassenwil, Zürich	3
1.19	Neue Untersuchungsmethoden	3
1.19.1	Analyse von Non Volatile Memories	3
1.19.1.1	Einleitung	3
1.19.1.2	Digital Air Data Computer	3
1.19.1.3	EFIS Symbol Generator Unit	3
1.19.1.4	Digital Flight Guidance Computer	3
2	Analyse	3
2.1	Technische Aspekte	3
2.1.1	Flight Guidance System	3
2.1.1.1	Electronic Flight Instrument System	3
2.1.1.1.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.1.1.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.1.2	Auto Flight System	3
2.1.1.2.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.1.2.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.1.3	Navigation Management System	3
2.1.1.3.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.1.3.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.2	Flugzeugsteuerung	3
2.1.3	Navigationsausrüstung	3
2.1.3.1	Inertial Reference System	3
2.1.3.1.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.1.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.3.2	VHF-Navigationssystem	3
2.1.3.2.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.2.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.3.3	Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment	3
2.1.3.3.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.3.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.3.4	Air Data System	3
2.1.3.4.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.4.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.3.5	Radarhöhenmesser	3

2.1.3.5.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.5.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.3.6	ATC Transponder System	3
2.1.3.6.1	Zuverlässigkeit	3
2.1.3.6.2	Verfügbarkeit während des Unfallfluges	3
2.1.4	Unterhalt	3
2.1.5	Lufttüchtigkeit	3
2.1.6	Überlebensmöglichkeiten	3
2.2	Menschliche, betriebliche und organisatorische Aspekte	3
2.2.1	Das „SHEL“-Modell	3
2.2.2	Kommandant (L)	3
2.2.2.1	Vorgeschichte	3
2.2.2.2	Verhalten während des Unfallfluges	3
2.2.2.3	Medizinische Aspekte	3
2.2.3	Copilot (L)	3
2.2.3.1	Allgemeines	3
2.2.3.2	Medizinische Aspekte	3
2.2.4	Zusammenwirken zwischen Kommandant und Copilot (L-L)	3
2.2.4.1	Allgemeines	3
2.2.4.2	Fortsetzung des Fluges unter die Mindesthöhe für den Anflug	3
2.2.4.3	Crew Resource Management	3
2.2.5	Zusammenwirken zwischen Flugbesatzung und Flugzeug (L-H)	3
2.2.5.1	Allgemeines	3
2.2.5.2	Einsatz der Flugführungs- und Navigationsausrüstung	3
2.2.5.3	Warnungen	3
2.2.5.4	Call Outs	3
2.2.5.5	Fehlende Hindernisse auf den Anflugkarten	3
2.2.6	Beziehung zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S)	3
2.2.6.1	Allgemeines	3
2.2.6.2	Übergang vom Instrumentenflug zum Sichtflug	3
2.2.6.3	Konfiguration während eines non precision approach	3
2.2.6.4	Altitude setting während eines non precision approach	3
2.2.7	Schnittstelle Flugbesatzung – Umgebung (L-E)	3
2.2.7.1	Allgemeines	3
2.2.7.2	Voraus fliegende Flugzeuge	3
2.2.7.3	Wettersituation und Wetterminima	3
2.2.7.4	Flugsicherung	3
2.2.7.4.1	Personaleinsatz	3
2.2.7.4.2	Auswahl des Anflugverfahrens	3
2.2.7.4.3	Durchführung des Standard VOR/DME Approach 28	3
2.2.7.4.4	Radarüberwachung	3
2.2.7.4.5	Minimum Safe Altitude Warning System	3
2.2.7.5	Auslegung des Anfluges	3
2.2.7.6	Flugbetriebsunternehmen	3
2.2.7.7	Aufsichtsbehörde	3
3	Schlussfolgerungen	3
3.1	Befunde	3
3.1.1	Technische Aspekte	3
3.1.2	Besatzung	3
3.1.3	Flugverlauf	3
3.1.4	Rahmenbedingungen	3
3.2	Ursachen	3
4	Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	3

4.1	Sicherheitsempfehlungen vom 11. April 2002	3
4.1.1	Crewpairing – Zusammenstellung von Flugbesatzungen	3
4.1.1.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.1.2	Sicherheitsempfehlung 2002-1 (Nr. 33)	3
4.1.1.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002	3
4.1.2	Überprüfung der Leistungen von Piloten	3
4.1.2.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.2.2	Sicherheitsempfehlung 2002-2 (Nr. 34)	3
4.1.2.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002	3
4.1.2.4	Sicherheitsempfehlung 2002-3 (Nr. 35)	3
4.1.2.5	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002	3
4.1.3	Altitude Setting während eines Non Precision Approach	3
4.1.3.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.3.2	Sicherheitsempfehlung 2002-4 (Nr. 36)	3
4.1.3.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 6. Mai 2002	3
4.1.4	Terrain Awareness and Warning System	3
4.1.4.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.4.2	Sicherheitsempfehlung 2002-5 (Nr. 37)	3
4.1.4.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 6. Mai 2002	3
4.1.5	System der Wetterbeobachtung	3
4.1.5.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.5.2	Sicherheitsempfehlung 2002-6 (Nr. 38)	3
4.1.5.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003	3
4.1.6	Installation eines Minimum Safe Altitude Warning System (MSAW) für den Anflugsektor der Piste 28 in Zürich-Kloten	3
4.1.6.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.6.2	Sicherheitsempfehlung 2002-7 (Nr. 39)	3
4.1.6.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003	3
4.1.7	Eintragung von Flughindernissen im Jeppesen Route Manual	3
4.1.7.1	Sicherheitsdefizit	3
4.1.7.2	Sicherheitsempfehlung 2002-8 (Nr. 40)	3
4.1.7.3	Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003	3
4.2	Sicherheitsempfehlungen vom 2. Oktober 2003	3
4.2.1	Definition und Publikation eines Visual Descent Points	3
4.2.1.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.1.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 94	3
4.2.1.3	Stellungnahme des BAZL	3
4.2.2	Publizierte Mindestsichtweiten bei Non Precision Approaches	3
4.2.2.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.2.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 95	3
4.2.2.3	Stellungnahme des BAZL	3
4.2.3	Darstellung des Geländeprofiles auf Anflugkarten	3
4.2.3.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.3.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 96	3
4.2.3.3	Stellungnahme des BAZL	3
4.2.4	Besatzungszeiten	3
4.2.4.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.4.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 97	3
4.2.4.3	Stellungnahme des BAZL	3
4.2.5	Verbesserung des Qualitätssystems von Flugbetriebsunternehmen	3
4.2.5.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.5.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 98	3
4.2.5.3	Stellungnahme des BAZL	3
4.2.6	Abnahme von Fähigkeitsnachweisen und Befähigungsüberprüfungen	3
4.2.6.1	Sicherheitsdefizit	3
4.2.6.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 99	3
4.2.6.3	Stellungnahme des BAZL	3

4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	3
4.3.1	Stellungnahme von Swiss vom 14. Februar 2003	3
4.3.2	Stellungnahme von Swiss vom 8. Dezember 2003	3

Anhang 1:	Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse
Anhang 2:	Eingebauter Oil Indicator
Anhang 3:	Warning Envelope of the Ground Proximity Warning System (GPWS)
Anhang 4:	Anflugprofil des Unfallfluges CRX 3597
Anhang 5:	Rekonstruktion des Anfluges auf Piste 28 im Simulator
Anhang 6:	Localizer DME Piste 03 in Lugano (heute IGS approach Piste 01)
Anhang 7:	Anflugkarte des Schweizer Luftfahrthandbuches AIP, LSZH AD 2.24.10.7-1
Anhang 8:	Anflugkarte 13-2 Zürich, Schweiz, Jeppesen Inc.
Anhang 9:	Graphische Zusammenstellung der Resultate von line, route und simulator checks des Kommandanten
Anhang 10:	Detailliertes Anflugprofil des Fluges CRX 3597
Anhang 11:	Graphische Darstellung des final segment des standard VOR/DME approach 28

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

Untersuchungsbericht

Halter:	Crossair Limited Company for Regional European Air Transport, CH-4002 Basel
Flugzeugmuster und Ausführung:	AVRO 146-RJ100
Nationalität:	Schweiz
Eintragungszeichen:	HB-IXM
Eigentümer:	Crossair Limited Company for Regional European Air Transport, CH-4002 Basel
Unfallort:	Geissbühl, Gemeinde Bassersdorf ZH
	Koordinaten der ersten Baumberührung:
	Schweizer Koordinaten: 689 607/256 564
	Geographische Breite: N 47° 27' 14"
	Geographische Länge: E 008° 37' 37"
	Höhe der Baumwipfel: 565 m/M
	1854 ft AMSL
	Mittlere Koordinaten der Wrackendlage:
	Schweizer Koordinaten: 689 350/256 600
	Geographische Breite: N 47° 27' 15"
	Geographische Länge: E 008° 37' 24"
	Ortshöhe: 515 m/M
	1690 ft AMSL
	4050 m vor Beginn der Piste 28 des Flughafens Zürich, 150 m nördlich der Pistenachse
Datum und Zeit:	24. November 2001 um 21:07 UTC

Zusammenfassung

Kurzdarstellung

Am 24. November 2001 startete um 20:01 UTC, in Dunkelheit, auf der Piste 26L des Flughafens Berlin-Tegel das Flugzeug AVRO 146-RJ100 mit dem Eintragungszeichen HB-IXM der Fluggesellschaft Crossair, zum Linienflug CRX 3597 nach Zürich.

Um 20:58:50 UTC erhielt die Maschine, nach einem ereignislosen Flug, die Freigabe für einen *standard* VOR/DME *approach* 28 des Flughafens Zürich.

Vor dem Unfallflugzeug landete eine Embraer EMB 145 mit der Flugnummer CRX 3891 auf der Piste 28 des Flughafens Zürich. Die Besatzung meldete dem Kontrollturm, dass das Wetter annähernd dem Minimum für diese Piste entspreche.

Um 21:05:21 UTC meldete sich Flug CRX 3597 auf der Frequenz der Platzverkehrsleitstelle. Als die Maschine um 21:06:10 UTC die *minimum descent altitude* (MDA) von 2390 ft QNH erreichte, erwähnte der Kommandant gegenüber dem Copiloten, dass er über eine gewisse Sicht auf den Boden verfüge und setzte den Sinkflug fort.

Um 21:06:36 UTC kollidierte das Flugzeug mit Baumwipfeln und schlug anschliessend auf dem Boden auf.

Bei diesem Aufprall fing das Flugzeug Feuer. 21 Fluggäste und drei Besatzungsmitglieder erlitten Verletzungen auf der Unfallstelle, sieben Passagiere und zwei Besatzungsmitglieder überlebten den Unfall.

Untersuchung

Das Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU) bildete eine Untersuchungsgruppe zur Untersuchung von Flugunfällen von Grossflugzeugen mit Katastrophencharakter.

Gemäss Anhang 13 des Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO Annex 13) haben die Herstellerstaaten des Flugzeuges und die Heimatländer der Fluggäste die Möglichkeit, bevollmächtigte Vertreter zur Untersuchung zu entsenden. Von dieser Möglichkeit machten das Vereinigte Königreich Grossbritannien und Nordirland (UK) als Herstellerstaat des Flugzeuges und die Bundesrepublik Deutschland (BRD) als Vertreter von hinterbliebenen deutschen Staatsangehörigen Gebrauch.

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass die Maschine im Endanflug des *standard VOR/DME approach* 28 in Eigennavigation gegen einen bewaldeten Höhenzug flog (*controlled flight into terrain* – CFIT), weil die Flugbesatzung unter Instrumentenflugbedingungen den Sinkflug unter die Mindesthöhe für den Anflug fortsetzte, ohne über die dazu notwendigen Voraussetzungen zu verfügen. Die Flugbesatzung leitete das Durchstartmanöver zu spät ein.

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Der Kommandant unterschritt die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) des *standard VOR/DME approach* 28, ohne über Sichtkontakt zur Anflugbefeuerung bzw. zur Piste zu verfügen.
- Der Copilot unternahm keinen Versuch, die Weiterführung des Fluges unter die *minimum descent altitude* zu verhindern.

Folgende Faktoren haben zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- Im Anflugsektor der Piste 28 des Flughafens Zürich war kein System vorhanden, welches bei Unterschreitung einer Sicherheitsmindesthöhe einen Alarm auslöst (*minimum safe altitude warning* – MSAW).
- Die Verantwortlichen des Flugbetriebsunternehmens haben über lange Zeit die fliegerische Leistung des Kommandanten nicht zutreffend bewertet. Dort wo Schwächen erkennbar waren, ergriffen sie keine zweckmässigen Massnahmen.

- Das Konzentrations- und Entscheidungsvermögen des Kommandanten sowie seine Fähigkeit zur Analyse komplexer Vorgänge waren aufgrund von Übermüdung beeinträchtigt.
- Die Aufgabenverteilung der Flugbesatzung während des Anfluges war nicht zweckmässig und entsprach nicht den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens.
- Der Höhenzug, den das Flugzeug berührte, war auf der Anflugkarte, welche die Flugbesatzung verwendet hatte, nicht eingetragen.
- Die auf dem Flughafen ermittelte meteorologische Sicht war für den Anflug auf Piste 28 nicht repräsentativ, weil sie nicht der tatsächlichen Flugsicht im Anflugsektor entsprach.
- Die zum Unfallzeitpunkt gültigen Sichtminima, um den *standard VOR/DME approach* 28 in Betrieb zu nehmen, waren unzweckmässig.

Im Rahmen der Untersuchung wurden durch das Büro für Flugunfalluntersuchungen dreizehn Sicherheitsempfehlungen zu folgenden Themen ausgesprochen:

- *Altitude setting* während eines *non precision approach*
- *Terrain awareness and warning system*
- System der Wetterbeobachtung
- Installation eines *minimum safe altitude warning* (MSAW) *system* für den Anflugsektor der Piste 28 in Zürich Kloten
- Eintragung von Flughindernissen im Jeppesen *route manual*
- Publikation eines *visual descent points*
- Mindestsichtweiten bei *non precision approaches*
- Geländeprofil auf Anflugkarten
- *Crewpairing* – Zusammenstellung von Flugbesatzungen
- Überprüfung der Leistungen von Piloten
- Besatzungszeiten
- Verbesserung des Qualitätssystems von Flugbetriebsunternehmen
- Abnahme von Fähigkeitsnachweisen und Befähigungsüberprüfungen

1 Festgestellte Tatsachen

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Vorgeschichte

1.1.1.1 Flugzeug

Das Flugzeug HB-IXM führte unmittelbar vor dem Unfall die folgenden Flüge durch:

Datum	Flug-nummer	Flug von	Startzeit (UTC)	Flug nach	Landezeit (UTC)
23.11.01	LX 209	Tessaloniki	03:00	Zürich	06:02
23.11.01	LX 3532	Zürich	06:57	Frankfurt	08:00
23.11.01	LX 3533	Frankfurt	09:12	Zürich	10:09
23.11.01	LX 3234	Zürich	11:17	Tunis	13:05
23.11.01	LX 3235	Tunis	14:00	Zürich	16:22
23.11.01	LX 3628	Zürich	17:37	Mailand	18:35
23.11.01	LX 3629	Mailand	19:10	Zürich	20:01
23.11.01	LX 208	Zürich	20:57	Tessaloniki	23:17
24.11.01	LX 209	Tessaloniki	03:10	Zürich	06:03
24.11.01	LX 3790	Zürich	07:00	Amsterdam	08:25
24.11.01	LX 3791	Amsterdam	08:55	Zürich	10:10
24.11.01	LX 3450	Zürich	11:15	Ljubliana	12:14
24.11.01	LX 3451	Ljubliana	13:03	Zürich	14:09
24.11.01	LX 3596	Zürich	17:54	Berlin-Tegel	19:30

In der *deferred defect list* (DDL) fanden sich folgende Eintragungen:

- **ATA 21** *Flt. Deck temp. in auto mode difficult to control. In full cool duct temp. rises up to 70 – 80°.*
Please use man. temp. control, xfer to DD acc MEL 21-60-5.
- **ATA 49** *Crew reported APU needs always two attempts to start.*
Following parts are already replaced:
 - *Igniter plugs*
 - *Fuel filter*
 - *Start fuel manifold*
 - *FCU*
 - *APU bleed valve*
 - *Start solenoid**Further T/S needed.*
- **ATA 30** *Please perform reinspection of aileron and elevator after use of de-icing fluid type IV acc. P/H 1.3 "WINTER OPS".*

1.1.1.2 Flugbesatzung

1.1.1.2.1 Kommandant

Am 23. November 2001 traf sich der Kommandant ungefähr um 05:00 UTC im *general aviation center* (GAC) des Flughafens Zürich mit einem Flugschüler. Dieser Zeitpunkt entspricht dem Beginn seiner fliegerischen Tätigkeit an diesem Tag. Zwischen 06:15 UTC und 07:20 UTC führte er mit diesem einen Schulungsflug nach Instrumentenflugregeln (*instrument flight rules* – IFR) im Auftrag der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy nach Friedrichshafen (D) durch. Um 07:34 UTC traten die beiden den Rückflug nach Zürich an, wo sie um 08:57 UTC eintrafen.

Anschliessend war der Kommandant für vier Linienflüge bei der Crossair eingesetzt. Zwischen 11:02 UTC und 13:09 UTC führte er einen Flug nach Tirana (AL) durch. Der Rückflug nach Zürich dauerte von 13:53 UTC bis 16:16 UTC. Um 17:37 UTC startete der Kommandant erneut zu einem Linienflug nach Milano-Malpensa (I), wo die Landung um 18:35 UTC erfolgte. Um 19:10 UTC flog der Kommandant wieder zurück nach Zürich. Nach der Landung um 20:01 UTC beendete er seinen Dienst um 20:31 UTC nach einer gesamten Flugdienstzeit von 15 Stunden und 31 Minuten. Aufgrund des Wohnorts des Kommandanten musste unter günstigen Verkehrsbedingungen mit einem Arbeitsweg von ungefähr einer halben Stunde gerechnet werden.

Am 24. November 2001 traf der Kommandant nach einer Ruhezeit von 10 Stunden und 59 Minuten um 07:30 UTC wieder im GAC des Flughafens Zürich ein, um mit einer Flugschülerin einen IFR-Ausbildungsflug im Auftrag der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy durchzuführen. Der Abflug von Zürich erfolgte um 09:34 UTC und die Landung in Donaueschingen-Villingen (D) um 10:20 UTC. Eine halbe Stunde später, um 10:50 UTC, flogen die beiden nach Friedrichshafen (D) weiter, wo sie um 11:36 UTC landeten. Der Rückflug von Friedrichshafen nach Zürich dauerte von 11:53 UTC bis um 12:27 UTC. Wie die Flugschülerin ausführte, war die Nachflugbesprechung (*debriefing*) um 13:30 UTC beendet.

Der Abflug von Crossair Flugnummer CRX 3596 nach Berlin-Tegel war für 17:20 UTC vorgesehen und erfolgte um 17:54 UTC.

1.1.1.2.2 Copilot

Am 23. November 2001 war der Copilot bei Crossair auf vier Linienflügen eingesetzt. Er trat seinen Dienst um 11:50 UTC an und verliess Zürich um 13:23 UTC Richtung Budapest (H), wo seine Maschine um 15:04 UTC landete. Zwischen 16:07 UTC und 17:45 UTC flog der Copilot nach Zürich zurück und anschliessend um 18:40 UTC weiter nach Düsseldorf (D). Die Landung in Düsseldorf erfolgte um 20:05 UTC und der Rückflug nach Zürich begann um 20:30 UTC. Um 21:35 UTC landete der Copilot in Zürich und beendete seinen Dienst nach einer Flugdienstzeit von 10 Stunden und 15 Minuten um 22:05 UTC. Für die Fahrt zwischen seinem Wohnort und dem Flughafen Zürich sind ungefähr 45 Minuten zu veranschlagen.

Die Lebenspartnerin des Copiloten gab zu Protokoll, dass der Copilot diesen Arbeitstag als sehr anstrengend bezeichnet und sich sehr erschöpft gefühlt habe.

Nach einer Ruhezeit von 18 Stunden und 15 Minuten begann der Copilot am 24. November 2001 um 16:20 UTC seinen Dienst auf dem Flughafen Zürich. Der Abflug von Crossair Flugnummer CRX 3596 nach Berlin-Tegel war für 17:20 UTC vorgesehen und erfolgte um 17:54 UTC.

1.1.2 Flugverlauf

1.1.2.1 Flugvorbereitung

Unmittelbar vor dem Unfallflug war das Flugzeug HB-IXM am 24. November 2001 für den Linienflug CRX 3596 von Zürich nach Berlin-Tegel eingesetzt, wo es um 19:25 UTC landete. Die Besatzung war dieselbe wie auf dem folgenden Sektor mit Flugnummer CRX 3597. Nach der Landung in Berlin erreichte die Maschine um 19:30 UTC, d.h. 40 Minuten nach der geplanten Zeit, die Fluggastbrücke 11 und die Passagiere verliessen das Flugzeug. Es wurde keine Betankung durchgeführt, da die Maschine noch über einen Treibstoffvorrat (*actual block fuel*) von 5650 kg verfügte. Für den Rückflug war laut Planung ein Treibstoffbedarf (*minimum block fuel*) von 4893 kg vorgesehen. Standardmässig wurde das *retourcatering* auf dem Hinflug mitgeführt.

Während der Bodenzeit fand eine Reinigung der Fluggastkabine statt. Der *ramp handling agent* übermittelte der Besatzung das *load sheet*. Gemäss diesem Mitarbeiter verliess der Kommandant das Flugzeug, vermutlich um eine routinemässige Aussenkontrolle durchzuführen. Zwischen dem Kommandanten und dem *ramp handling agent* fand ein kurzes Gespräch statt. Letzterer beschrieb das Verhalten des Kommandanten als normal. Insbesondere fielen ihm keine Anzeichen von Stress oder Eile auf. Während der Bodenzeit verblieb der Copilot in der Maschine.

Für den Flug CRX 3597 wurden 28 Passagiere und 23 Gepäckstücke eingecheckt. Aufgrund der Buchung waren 49 Passagiere vorgesehen. Eine Gruppe von 21 Reisenden erschien nicht. Es wurde keine Fracht transportiert. Zwischen 19:40 UTC und 19:45 UTC bestiegen die Passagiere das Flugzeug.

1.1.2.2 Der Flug von Berlin-Tegel nach Zürich

Der Kommandant war *pilot flying* (PF) und der Copilot war *pilot not flying* (PNF) und damit unter anderem während des gesamten Fluges für den Funkverkehr mit den Flugverkehrsleitstellen verantwortlich.

Sämtliche Funkgespräche zwischen den verschiedenen Flugverkehrsleitstellen und der Besatzung von Flug CRX 3597 während des Fluges von Berlin-Tegel nach Zürich wurden auf Englisch geführt. Die Gespräche zwischen den Besatzungsmitgliedern im Cockpit fanden vorwiegend auf Schweizerdeutsch statt. Es liegen weder Hinweise auf Missverständnisse zwischen den beiden Piloten, noch auf Missverständnisse zwischen den Flugverkehrsleitern und der Besatzung vor.

Um 19:48 UTC verlangte die Besatzung die Anlassfreigabe (*start up clearance*) und den *push back*. Sie bestätigte dabei, die ATIS-Meldung „GOLF“ erhalten zu haben. Die ATC-Stelle *ground* informierte die Besatzung, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt die ATIS-Information „INDIA“ gültig sei und erteilte die Freigabe zum Anlassen der Triebwerke. Zusammen mit dem *standard instrument departure* (SID) „Magdeburg 4L“ wurde der Transpondercode 3105 zugewiesen.

Um 19:50 UTC, d.h. 10 Minuten nach der geplanten Zeit, wurde die Fluggastbrücke 11 entfernt und zwei Minuten später konnte CRX 3597 zurückgeschoben werden, nachdem an der benachbarten Fluggastbrücke 10 ein anderes Flugzeug angedockt hatte.

Um 19:56 UTC wurde die Maschine angewiesen „*via the bridge*“ zur *holding position* der Piste 26L zu rollen. Nachdem die Maschine die Freigabe zum Eindrehen auf die Piste erhalten hatte, blieben die Rollhaltebalken der Piste 26L weiter eingeschaltet. Die Besatzung beanstandete dies und rollte erst nach dem Verlöschen der Rollhaltebalken auf die Piste. Um 20:01 UTC hob CRX 3597 von der Startbahn ab und wurde später von der Abflugleitstelle nach Flugfläche (*flightlevel* – FL) 160 freigegeben.

Sowohl die Funkgespräche als auch das Flugprofil dieser ersten Phase des Fluges zeigten keine Besonderheiten.

Die Aufzeichnungen des *cockpit voice recorder* (CVR) reichen zurück bis 20:36 UTC. Zu diesem Zeitpunkt flog die Maschine auf FL 270 im Kontrollbereich von *Rhein Radar*. Zwischen 20:36:48 UTC und 20:37:23 UTC entschlüsselte der Copilot den Pistenzustandsbericht des Flughafens Zürich. Auf die Feststellung, dass die Bremswirkung nicht angegeben sei, reagierte der Kommandant mit einer rund zwei Minuten dauernden ausführlichen Erklärung über die Interpretation eines Pistenzustandsberichts.

Um 20:40 UTC wurde das Flugzeug für einen Sinkflug nach FL 240 freigegeben. Um 20:42 UTC erfolgte die Freigabe für einen weiteren Sinkflug nach FL 160. In dieser Phase erklärte der Kommandant als PF dem Copiloten, wie der Anflug zur Landung durchgeführt werden sollte (*approach briefing*). Die Grundlage seiner Besprechung bildete die Erwartung eines Instrumentenanfluges auf Piste 14 (ILS 14) in Zürich-Kloten nach Standardverfahren. Während dieses *approach briefing* wies der Copilot um 20:43:44 UTC auf eine zu hohe Geschwindigkeit hin: „Mer chömed glaub mit de *speed* ächli in rote Bereich ine“. – Wir kommen, glaube ich, mit der *speed* etwas in den roten Bereich. Der Kommandant antwortete: „Ja, ja, ja, uuh, ja, isch mer devo gloffe, sorry. Mues en echli zrugg näh... so, das isch... zwenig zrugg gschrubet, hä“. – Ja, ja, ja, uuh, ja, ist mir davongelaufen, sorry. Muss ihn etwas zurück nehmen... so... das ist... zuwenig zurück geschraubt, hä. Die Einstellung der Navigationsinstrumente (*NAV setting*) überliess der Kommandant dem Copiloten: „Denn, äh, s'NAV *setting* isch up to you. Final NAV *setting* wär zwei Mal d'ILS“ – Dann, äh, das NAV *setting* ist up to you. Final NAV *setting* wäre zwei Mal die ILS.

Die Besatzung hatte zwischen 20:20 UTC und 20:36 UTC die ATIS-Meldung „KILO“ empfangen, welche einen Anflug über das Instrumentenlandesystem auf Piste 14 vorsah. Um 20:40:10 UTC wechselte die ATIS-Ausstrahlung auf den Kennbuchstaben „LIMA“, beinhaltend die Änderung der Landepiste mit: „Landing runway 28, VOR/DME standard approach“. Ab 20:44:56 UTC wurde die ATIS-Meldung „MIKE“ ausgestrahlt, welche gegenüber „LIMA“ eine zeitliche Aufdatierung des *runway report* umfasste. Dieser *runway report* wies jedoch keine inhaltliche Änderung zum vorhergehenden auf.

Um 20:44:38 UTC nahm CRX 3597 mit der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Radar* Kontakt auf und führte ihren Sinkflug nach FL 160 fort. Die Besatzung wurde angewiesen, die Geschwindigkeit auf 240 KIAS zu verringern. Nachdem die Besatzung zwischenzeitlich angewiesen worden war, nach FL 130 abzusinken, erfolgte um 20:47:56 UTC die Übergabe an *Zurich Arrival East Sector*. Bei der ersten Verbindungsaufnahme bestätigte der Copilot den Empfang von ATIS-Meldung „KILO“. Der Flugverkehrsleiter wies die Besatzung nicht darauf hin, dass inzwischen ATIS-Meldung „MIKE“ gültig war. Er informierte CRX 3597 über die inhaltliche Änderung gegenüber ATIS-Meldung „KILO“, dass für sie ein *standard VOR/DME approach 28* vorgesehen sei. Der Kommandant äusserte um 20:48:39 UTC: „Ou Sch*****¹, das äno, guet, ok“ – Oh, Sch*****, das auch noch, gut ok.

Um 20:50:00 UTC trat die ATIS-Meldung „NOVEMBER“ in Kraft. Die Änderungen betrafen unter anderem eine auf 3500 m verbesserte meteorologische Sicht und ein Absinken der Hauptwolkenuntergrenze (*ceiling*) auf 5-7/8 bei 1500 ft AAL. Diese Änderungen wurden der Besatzung durch den Flugverkehrsleiter von *Zurich Arrival East Sector* nicht mitgeteilt.

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

Kurze Zeit später wurde CRX 3597 angewiesen, über den Wegpunkt RILAX in eine Warteschleife einzufliegen. In der Warteschleife fliegend, führte der Kommandant zwischen 20:51:56 UTC und 20:52:52 UTC ein *approach briefing* für den *standard VOR/DME approach 28* durch: „Guet, dän gäb's es *re-briefing runway two eight*... das wär d'Charte drizäh zwei. Kännsch guet de achtezwänzger Aaflug?“ – Gut, dann gäbe es ein *re-briefing runway two eight*... das wäre die Karte 13-2. Kennst Du gut den Achtundzwanziger Anflug? Worauf der Copilot antwortete: „Ja, i has e paar mal scho gmacht, gell“ – Ja, ich habe es ein paar Mal schon gemacht, gell. Der Kommandant fuhr daraufhin fort: „Es gaat via Trasadinge, Züri Oscht sächstuusig Fuess, dänn abe uf föiftuusig, dänn *turn inbound to Chlote radial* Zwei Föifesibzig.“ – Es geht via Trasadingen, Zürich Ost 6000 Fuss, dann hinunter auf 5000, dann *turn inbound to Kloten radial 275*. Der Copilot bestätigte: „Jawohl“ und der Kommandant erklärte weiter: „Wämer en *self line-up* würd mache, heted mer föiftuusig nach Züri Oscht, dänn viertuusig abe. Wämer de *turn* macht bi Ko... Komma Sächs Meile, Sächs Komma Föif Meile *left turn* und dänn dä Aaflug da gemäss Profil: Viertuusig verlah bi acht Meile und bi sächs Meile Drüü Drüü Sächzig und s'neu Minimum isch Zwei Drüü Nünzig mit drüühundert am *radio altimeter*. *Go around* via Chlote *radial* Two Füfelfüßzg *intercept* Zero One Two *from Wilisau proceed to EKRIT climb to six thousand feet* uf der APA.“ – Wenn wir einen *self line-up* machen würden, dann hätten wir 5000 nach Zürich Ost, dann (auf) 4000 hinunter. Wenn man den *turn* macht bei Ko... Komma Sechs Meilen, Sechs Komma Fünf Meilen, *left turn* und dann den Anflug gemäss Profil: 4000 verlassen bei 8 Meilen und bei 6 Meilen 3360 und das neue Minimum ist 2390 mit 300 am *radio altimeter*. (Crossair-Verfahren: Der Radarhöhenmesser wurde für *non precision and visual approaches* auf 300 ft RA gestellt.) *Go around* via Kloten *radial 255, intercept 012 from Wilisau proceed to EKRIT climb to 6000* auf der APA. Der Copilot bestätigte das Verfahren mit: „Jawohl *checked, jawohl*“.

Die Einstellung der Navigationsinstrumente wurde wie folgt besprochen: „*S'NAV-setting* bitte zweimal Chloote für de *approach* bis deet ane isch's *up to you*, hä“ – Das *NAV-setting*. Bitte zweimal Kloten für den *approach*. Bis dorthin ist es *up to you*, hä.

Um 20:53:42 UTC wurde CRX 3597 angewiesen, nach rechts auf den Steuerkurs 180° zu drehen. Zwei Minuten später erfolgte von der Flugverkehrsleitstelle die folgende Anweisung: „CRX 3597, *on present heading intercept, follow ZUE VOR radial 125 inbound*“. Der Copilot las diese Anweisung wie folgt zurück: „*Present heading, intercept inbound to ZUE, radial 152, CRX 3597*“. Der Flugverkehrsleiter antwortete mit: „*No, radial 125*“. Der Copilot bestätigte: „125, CRX 3597“. Diese Anweisung erweckte bei der Besatzung Erstaunen. Der Kommandant interpretierte die Anweisung „*radial 125*“ schliesslich als *track 125*. Eine Nachfrage beim Flugverkehrsleiter erfolgte nicht.

Um 20:57:18 UTC erfolgte die Freigabe für einen Sinkflug nach 6000 ft QNH. Der Kommandant sagte daraufhin, dass er den QNH-Wert von 1024 hPa auf seinem primären Höhenmesser eingestellt habe. Die Besatzung überprüfte im Rahmen des *check for approach* die Anzeige der Höhenmesser durch einen Quervergleich. Der Copilot fügte daraufhin an: „*Fuel panel... set. Remaining*, mer händ no Drüütuusig Zweihundert“. – *Fuel panel... set. Remaining*, wir haben noch Dreitausend Zweihundert (Anmerkung: 3200 kg Treibstoff).

Um 20:58:50 UTC erhielt die Maschine die Freigabe für einen *standard VOR/DME approach 28*. Nachdem *Zurich Arrival* Flug CRX 3597 angewiesen hatte, die Flugeschwindigkeit auf 180 Knoten zu verringern, erfolgte um 21:03:01 UTC die Übergabe an die Platzverkehrsleitstelle ADC 1 (*Zurich Aerodrome Control 1, Zurich Tower*). In dieser Phase befand sich die HB-IXM in einem Sinkflug zwischen 5000 und 4000 ft QNH und drehte nach rechts, um die Anflugstandlinie von 275° Richtung VOR/DME

KLO anzufliegen und dieser zu folgen. Die Position des Flugzeuges zur Zeit der Übergabe an *Zurich Tower* war ca. 11 NM östlich des Flughafens. Während der Rechtskurve erwähnte der Kommandant gegenüber dem Copiloten, dass er über Sicht auf den Boden verfüge.

Um 21:03:29 UTC landete eine Embraer EMB 145 mit Flugnummer CRX 3891 auf Piste 28 und übermittelte um 21:04:31 UTC auf der Frequenz von *Zurich Tower* folgende Information: „Ja, just for information, ähm..., the weather at... for runway 28 ist äh... pretty minimum; so we had runway in sight about 2.2 NM distance away“. Diese Maschine war die erste, die an diesem Abend den *standard VOR/DME approach 28* durchgeführt hatte. Diese Wetterinformation wurde von der ATC nicht an die nachfolgenden Maschinen weitergeleitet. Wie die Aufzeichnungen des CVR um 21:05:59 UTC und 21:06:25 UTC belegen, nahm der Kommandant des Unfallfluges die Angaben von CRX 3891 wahr.

Um 21:04:23 UTC stellte der Copilot fest: „Jetzt simmer acht Meile denn, chömmmer vier tuusig verlaa.“ – Jetzt sind wir (auf) acht Meilen dann, (dann) können wir vier Tausend verlassen.

Der Kommandant erwiderte darauf um 21:04:27 UTC: „Jawohl, guet, *established* simmer... sächs tuusig ine bitte, *go around altitude... vertical, sorry... vertical at* tuusig“. – Jawohl gut, *established* sind wir... sechs Tausend einstellen bitte, *go around altitude... vertical, sorry... vertical... Tausend*. Den Befehl, eine *go around altitude* von 6000 Fuss auf dem *mode control panel* zu setzen, bestätigte der Copilot mit „Jawohl“.

Um 21:04:36 UTC verliess die Maschine die Höhe von 4000 ft QNH. Ihre Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 160 kt und sie nahm zu Beginn eine Sinkrate von 1000 ft/min ein, welche später auf 1200 ft/min erhöht wurde. Diese Sinkrate wurde bis unmittelbar vor der Kollision mit den Hindernissen nicht mehr verändert.

Um 21:05:21 UTC meldete sich die Flugbesatzung von CRX 3597 bei ADC 1: „Tower, gueten Aabig, CRX 3597, *established VOR/DME runway 28*“. Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug auf einer Höhe von 3240 ft QNH und in einer DME-Distanz von 6 NM vom VOR/DME KLO. Kurz darauf beendete die Besatzung den *final check* als Vorbereitung für die Landung. Der Kommandant bemerkte um 21:05:27 UTC: „Sächs Meile drüü drüü isch checked.“ – Sechs Meilen drei drei (3300)... ist checked.

Als die Maschine sich der Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) annäherte, erwähnte der Kommandant um 21:05:55 UTC, dass er dies erkannt habe und erklärte, dass er über eine gewisse Sicht auf den Boden verfüge: „Zwei vier, *ground contact* hämmer, hä“ – Zwei vier (2400), *ground contact* haben wir, hä“. Der Copilot antwortete: „Jawohl“. Um 21:05:59 UTC stellte der Kommandant fest: „Mä hät gseit, Pischte hät er spaht gseh da... *approaching minimum descent altitude... da hämmer ächli ground contact...*“ – Man hat gesagt, Piste hat er spät gesehen hier... *approaching minimum descent altitude... hier haben wir etwas ground contact*. Um 21:06:10 UTC erreichte das Flugzeug die MDA von 2390 ft QNH und der Kommandant äusserte: „...zwo vier, s'Minimum... *ground contact* han ich... mer gönd wiiter im Moment... es chunnt füre, *ground contact* hämer... mer gönd wiiter...“ - ...zwei vier (2400), das Minimum... *ground contact* habe ich... wir gehen weiter im Moment... es kommt hervor, *ground contact* haben wir... wir gehen weiter... . Gleichzeitig sprach der Copilot leise vor sich hin: „Zwei Vier“. Der Sinkflug wurde unverändert unter die MDA fortgesetzt. Um 21:06:22 UTC ertönte die synthetische Stimme des *ground proximity warning systems* (GPWS) mit dem Hinweis, dass gemäss Radarhöhenmessung 500 Fuss über Grund erreicht seien. Unmittelbar darauf stellte der Kommandant fest: „Sch*****, zwee Meile hät er gseit, gseht er d'Pischte“ – Sch*****, zwei Meilen hat er gesagt, sieht er die Piste. Um 21:06:31 UTC erwähnte der Kommandant, dass 2000

Fuss erreicht seien: „Zwöi Tuusig“. Eine Sekunde später wurde zudem mit synthetischer Stimme die „*minimums*“-Meldung des GPWS gegeben, die durch die Messung des Radarhöhenmessers bei 300 Fuss ausgelöst wurde. Um 21:06:32 UTC erteilte der Platzverkehrsleiter ADC 1 dem Flug CRX 3597 die Landeerlaubnis. Während dieses Funkspruches äusserte der Kommandant leise: „...*go around* mache?“ – ...*go around* machen? Um 21:06:34 UTC befahl der Kommandant einen Durchstart und es ertönte ein akustisches Hinweissignal, welches das Ausschalten des Autopiloten anzeigte. Einige Sekundenbruchteile später äusserte der Copilot in gleicher Weise die Absicht für einen Durchstart. Die Aufzeichnungen des *digital flight data recorder* belegen, dass die Besatzung die Leistungshebel in Richtung Startleistung nach vorne schob und die Triebwerkdrehzahlen zunahmen. Eine Sekunde später begann der CVR die Geräusche eines Aufpralls aufzunehmen. Kurze Zeit später brach die Aufzeichnung des CVR ab.

Die ersten Aufschlagspuren des Flugzeuges HB-IXM fanden sich in einer Höhe von 1854 ft AMSL in der Krone eines Baumes. Anschliessend schlug die HB-IXM ungefähr 200 m hangabwärts auf einer Höhe von 1690 ft AMSL auf. Noch während dieser letzten Flugphase fing die Maschine Feuer.

Als der Platzverkehrsleiter die Landefreigabe erteilte, sah er die Maschine noch auf dem *bright display* (Darstellung des Radarbildes auf einem Fernsehmonitor). Nachdem er der CRX 3597 die Landefreigabe erteilt hatte, ohne darauf eine Bestätigung zu erhalten, nahm er an, dass die Piloten in dieser Flugphase stark beschäftigt seien und deshalb nicht sofort antworten konnten.

Nach dieser Funkübermittlung war der Platzverkehrsleiter mit einigen anderen Aufgaben beschäftigt, bevor er sich wieder der CRX 3597 zuwenden konnte. Er stellte fest, dass die Maschine nicht mehr auf dem *bright display* sichtbar war und begann deshalb, zusammen mit dem Bodenverkehrsleiter, nach dem Verbleib der CRX 3597 zu suchen. Er löste um 21:10:32 UTC, 4 Minuten nach Erteilen der Landefreigabe, die höchste Alarmstufe aus.

Die ersten Fahrzeuge der Berufsfeuerwehr Flughafen Zürich trafen um 21:22 UTC zusammen mit den medizinischen Rettungsdiensten am Unfallort ein.

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
tödlich	3	21	-
schwer	1	4	-
leicht/nicht	1	3	

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Der Aufprall und das folgende intensive Feuer zerstörten Cockpit, Rumpfvorderteil, Rumpfmittelteil und grosse Teile der beiden Flügel. Einzig der abgerissene Rumpfhinterteil mit Höhen- und Seitenleitwerk blieb vom Feuer verschont.

1.4 Sachschaden Dritter

Es entstand grosser Waldschaden. Die Absturzstelle ist in der Zwischenzeit wieder renaturiert worden.

1.5 Beteiligte Personen**1.5.1 Kommandant**

Person	+Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1944
Besatzungszeiten	Dienstbeginn bei der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy am 23.11.01: 05:00 UTC Dienstende bei der Fluggesellschaft Crossair am 23.11.01: 20:31 UTC Flugdienstzeit am 23.11.01: 15:31 h Ruhezeit: 10:59 h Dienstbeginn bei der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy am Unfalltag: 07:30 UTC Flugdienstzeit im Unfallzeitpunkt: 13:37 h
Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten ATPL (A) nach JAR, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt, gültig bis 02.05.2006
Berechtigungen	Radiotelefonie International RTI (VFR/IFR) Nachtflug NIT (A) Instrumentenflug IFR (A)
Zu verlängernde Berechtigungen	Einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor- antrieb SE <i>piston</i> Reisemotorsegler TMG Mehrmotorige Flugzeuge mit Kolbenmo- torantrieb ME <i>piston</i> Musterberechtigung AVRO RJ/BAe 146 PIC Musterberechtigung SAAB 340 PIC Fluglehrer FI (A) Instrumentenfluglehrer IRI (A)
Instrumentenflugberechtigungen	SE piston, CAT I, gültig bis 11.02.2002 ME piston, CAT I, gültig bis 11.02.2002 AVRO RJ/BAe 146 PIC, CAT III, gültig bis 28.05.2002 SAAB 340 PIC, CAT II, gültig bis 11.02.2002
Nationale Berechtigungen	Kunstflugerweiterung ACR (A)

Letzter <i>proficiency check</i>	<i>Semi annual recurrent check</i> bei Crossair am 24.10.2001
Letzter <i>line check</i>	CDR <i>type rating</i> bei Crossair am 22.06.2001
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 10.08.2001 Beginn der Gültigkeit 11.08.2001, Klassen 1 und 2
Flugerfahrung	19555:29 h gesamthaft
auf Motorflugzeugen	19441:31 h
auf Segelflugzeugen	113:58 h
als Kommandant	19341:08 h
auf dem Unfallmuster	287:13 h
während der letzten 90 Tage	193:14 h
davon auf dem Unfallmuster	163:06 h
am Vortag	8:47 h
davon auf dem Unfallmuster	6:19 h
am Unfalltag	4:57 h
davon auf dem Unfallmuster	2:51 h
Beginn der fliegerischen Ausbildung	1961

1.5.1.1 Berufsausbildung

Nach der Primarschule besuchte der Kommandant die Bezirksschule, die er nach zwei Jahren abbrach. Anschliessend absolvierte er eine Lehre als Maschinenschlosser, die er 1964 erfolgreich abschloss.

1.5.1.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit

Im Alter von 17 Jahren bewarb sich der Kommandant für die Fliegerische Vorschulung (FVS). Die erste Aufnahmeprüfung bestand er nicht. Ein Antrag auf erneute Zulassung zu den Aufnahmeprüfungen 1963 und zwei Anträge 1965 wurden vom Fliegerärztlichen Institut der Luftwaffe mit Hinweis auf mangelnde schulische Leistungen abgelehnt.

Während der Berufsausbildung begann der Kommandant auf privater Basis die Ausbildung im Segelflug und auf einmotorigen Flugzeugen. Der Führerausweis für Segelflugzeuge wurde vom Eidgenössischen Luftamt am 17. August 1963 erteilt, derjenige für Privatpiloten am 19. Februar 1964. Anschliessend nahm der Kommandant an einem Theoriekurs für die Instrumentenflugberechtigung und die Berufspilotenlizenz teil. Nach der entsprechenden Ausbildung erwarb er am 12. April 1966 die Erweiterung für Kunstflug und am 16. August 1966 den Führerausweis für Berufspiloten.

Im Frühjahr 1966 bestand der Kommandant die Eignungsprüfungen für Motorfluglehrer. Nach dem entsprechenden Kurs und einem rund halbjährigen Fluglehrerpraktikum wurde ihm am 31. Januar 1967 die Berechtigung erteilt, Privatpiloten auszubilden.

Zwischen 1967 und 1970 war der Kommandant intensiv als VFR-Fluglehrer für Privatpiloten tätig und erhöhte in dieser Zeit seine Flugerfahrung im Sichtflug von rund 200 auf über 2000 Flugstunden.

Von 1965 bis 1970 schulte er erfolgreich auf sechs weitere Flugzeugmuster um, wobei fünf dieser Baumuster mehrheitlich im Sichtflug benutzt wurden.

Die Ausbildung im Instrumentenflug begann 1966, die Sonderbewilligung für Instrumentenflug konnte allerdings erst am 10. Juli 1969 erteilt werden, weil die theoretischen Ergänzungsprüfungen und die praktische Prüfung zwischen 1967 und 1969 mehrfach nicht bestanden wurden. Die Experten des Eidgenössischen Luftamtes bemängelten insbesondere eine ungenügende Übersicht und den falschen Einsatz der Navigationsanlagen. Die Prüfung zum Erwerb der Sonderbewilligung für Instrumentenflug wurde mit der Note „*average*“ bestanden.

Von diesem Zeitpunkt bis 1979 führte der Kommandant regelmässig mit den Baumustern Cessna 337 und Cessna 414 Bedarfsflüge für verschiedene Flugbetriebsunternehmen durch. Im Herbst 1972 wurde der Kommandant zu einem Kurs für IFR-Fluglehrer des Eidgenössischen Luftamtes zugelassen und bildete in der Folge bis zum Unfallzeitpunkt ausserhalb der Fluggesellschaft Crossair regelmässig Schüler im Instrumentenflug aus.

Die periodischen Kontrollen im Instrumentenflug zwischen 1969 und 1979 wurden im Allgemeinen mit der Note „*average*“ bestanden. Die jeweiligen Experten bemängelten gelegentlich, dass Checklisten nicht konsequent angewendet, Verfahren nicht eingehalten und die Navigationsgeräte nicht zweckmässig eingesetzt wurden. Diese Feststellungen betrafen auch die Arbeit als Fluglehrer.

Am 28. Januar 1979 bewarb sich der Kommandant bei der Crossair als Pilot. Unterlagen über eine Eignungsabklärung sind nicht vorhanden. Im Frühjahr 1979 nahm der Kommandant bei *Flight Safety International* an einem Umschulungskurs auf das von der Crossair damals eingesetzte Flugzeugmuster SA 226 TC Metroliner II teil. Am 5. April 1979 bestand er mit einer Gesamtflugerfahrung von 4490 Flugstunden die Prüfung für die Musterberechtigung mit der Note „*below average - average*“.

Vom 15. Juni 1979 bis 31. August 1979 war der Kommandant als nebenamtlicher Pilot tätig und zwischen dem 1. September 1979 und 31. Mai 1982 war er vollzeitlich bei der Crossair angestellt. Im Frühjahr 1981 schulte der Kommandant vom Flugzeugmuster SA 226 TC Metroliner II auf die SA 227 AC Metroliner III um. Auf diesen beiden Flugzeugtypen wurde er als Kommandant, Fluglehrer, *route check pilot* und Experte eingesetzt. Zugleich war er stellvertretender Chefpilot der Firma. Im selben Zeitraum war er als Fluglehrer und Pilot noch in den *flight operations manual* (FOM) von drei weiteren Flugunternehmen eingetragen. Auf eigenen Wunsch verliess er die Crossair am 31. Mai 1982. Die fliegerischen Leistungen des Kommandanten wurden von der Crossair als überdurchschnittlich beurteilt.

Vom 1. Juni 1982 bis zum 31. Mai 1991 arbeitete der Kommandant unter sieben verschiedenen *Freelance*-Verträgen für die Crossair. Am 12. August 1987 erhielt der Kommandant die Musterberechtigung für die Saab 340. Vom 1. Juni 1991 bis 31. Dezember 1993 war er in einem Teilzeitarbeitsverhältnis zu 83 % durch das Flugbetriebsunternehmen beschäftigt. Ab 1. Januar 1994 bis zum Unfallzeitpunkt arbeitete der Kommandant wieder zu 100 % für die Crossair. Seit dem 11. September 1981 bestand zudem ein Teilzeitanstellungsvertrag mit der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy für die Tätigkeit als Fluglehrer.

1.5.1.2.1 Erster Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80

In den Jahren 1993 und 1994 stand der Kommandant drei Mal für eine Umschulung auf das Flugzeugmuster British Aerospace 146 „Jumbolino“ zur Diskussion. Aus verschiedenen Gründen kamen diese Umschulungen nicht zu Stande und der Kommandant wurde weiterhin auf der Saab 340 eingesetzt.

Im Laufe des Jahres 1995 wurde der Kommandant für die Umschulung auf das Flugzeugmuster MD 80 bestimmt. Ein Auswahlverfahren oder eine Eignungsüberprüfung fanden nicht statt. Der Umschulungskurs begann am 2. Januar 1996. Kurz nach der Aufnahme des Simulatortrainings zeigte der Kommandant erstmals Mühe, die geforderten Leistungen zu erbringen, und es wurden ihm zwei zusätzliche Simulatorlektionen angeboten. Auch nach diesen Trainingseinheiten bestanden weiterhin Lücken bezüglich der Übersicht und dem Koordinationsvermögen. Weil die Lernfortschritte zu gering waren, beschloss man, den Umschulungskurs abubrechen und nach einigen Monaten dem Kommandanten einen weiteren Versuch zu ermöglichen, auf das Flugzeugmuster MD 80 umzuschulen.

Eine weitergehende Auseinandersetzung mit den Gründen für das Versagen im Umschulungskurs fand nicht statt. Der Kommandant wurde in der Folge wieder auf das Flugzeugmuster Saab 340 rückgeschult und im Linienverkehr eingesetzt.

1.5.1.2.2 Zweiter Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80

Am 24. Juni 1996 konnte der Kommandant einen zweiten Umschulungskurs auf die MD 80 beginnen. Vor diesem Kurs fand keine Eignungsabklärung statt. In der zweiten Simulatorlektion zeigte sich, dass der Kommandant grosse Probleme mit dem *digital flight guidance system* (DFGS) der MD 80 hatte, was seine Gesamtleistung stark beeinträchtigte. Als sich nach der vierten Lektion die Schwierigkeiten noch vergrösserten, wurde eine zusätzliche Simulatorübung durchgeführt. Nach der folgenden regulären Simulatorlektion und nach dem achten Training wurde nochmals je eine Zusatzübung eingeplant.

Am 15. August 1996 bestand der Kommandant den *type rating check* am Ende des Umschulungskurses nicht. Die Unzulänglichkeiten betrafen unter anderem die manuelle Steuerung des Flugzeuges, eine mangelhafte Systematik in Bezug auf den Einsatz des Flugführungssystems und es wurde eine eingeschränkte Fähigkeit zur Analyse bzw. zeitgerechten Entscheidungsfindung festgestellt.

Daraufhin wurde der Kommandant ein weiteres Mal auf die Saab 340 rückgeschult und ab 1. September 1996 wieder im Liniendienst eingesetzt. Eine Leistungsüberprüfung oder eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Gründen für das erneute Versagen im Umschulungskurs fanden nicht statt.

1.5.1.2.3 Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100

Bereits in den Jahren 1993 und 1994 stand der Kommandant für eine Umschulung auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 zur Diskussion. Diese Umschulung kam aus unterschiedlichen Gründen nicht zu Stande. Nach den erfolglosen Versuchen, auf die MD 80 umzuschulen, wurde der Kommandant weiterhin auf der Saab 340 eingesetzt. Im Laufe des Jahres 2000 wurde die Ausserbetriebsetzung der Saab 340 absehbar und Crossair bemühte sich, ein anderes Flugzeugmuster für den weiteren Einsatz des Kommandanten zu finden. Der Kommandant, der zum Ausdruck brachte, dass er gerne bis zum Alter von 65 Jahren fliegen möchte, bewarb sich nochmals für den MD 80. Da auf dem Flugzeugmuster MD 80 zu diesem Zeitpunkt kein Bedarf herrschte, kam eine Umschulung nicht in Frage. Es wurde entschieden, den Kommandanten auf die Avro RJ 85/100

umzuschulen. Als Begründung für diesen Entscheid wurde von den Verantwortlichen des Flugbetriebsunternehmens die relative Einfachheit dieses Flugzeugmusters genannt.

Vor der Umschulung auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 wurde der Kommandant keiner Eignungsabklärung unterzogen. Der Cheffluglehrer für die Avro RJ 85/100 gab an, nicht gewusst zu haben, dass der Kommandant bereits zwei erfolglose Umschulungsversuche auf ein anderes Flugzeugmuster mit Strahlantrieb hinter sich hatte.

Am 6. Mai 2001 begann der Kommandant mit der Umschulung auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100. Am 28. Mai 2001 wurde ein erster Teil des *proficiency checks* durchgeführt. Aufgrund einer Simulatorpanne musste der Rest des *checks* am 4. Juni 2001 auf einem anderen Simulator beendet werden. Anschliessend begann die Streckeneinführung unter Aufsicht, die am 22. Juni 2001 nach 20 Sektoren mit einem *line check* beendet wurde. Am 24. Oktober 2001 legte der Kommandant den letzten *semi annual recurrent check* als *proficiency check* ab. Auf den entsprechenden Checkformularen sind ausschliesslich positive Bemerkungen der Experten zur Arbeit des Kommandanten vorhanden. Sowohl während der *proficiency* und *line checks* als auch während der Streckeneinführung unter Aufsicht sind keinerlei Fehler verzeichnet und es wurden auch keine Punkte erwähnt, die der Kommandant noch hätte verbessern können.

Während des Einsatzes auf dem Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 wurden im *cockpit procedure mockup* (CPM), im Simulatortraining (SIM) und bei den folgenden *checks* die nachstehenden Übungen im Zusammenhang mit *non precision approaches* durchgeführt.

Datum	Training	Anzahl und Art der Anflüge
26.04.2001	CPM Lektion 5	2 <i>non precision approaches</i>
04.05.2001	CPM Lektion 8	1 <i>non precision approach</i>
12.05.2001	SIM Lektion 1	1 VOR <i>approach</i> Zürich
13.05.2001	SIM Lektion 2	1 VOR <i>approach</i> Genf
14.05.2001	SIM Lektion 3	2 NDB <i>approach</i> Stuttgart
20.05.2001	SIM Lektion 5	1 LOC/DME <i>circling approach</i> 1 VOR <i>approach</i> Milano-Linate
25.05.2001	SIM Lektion 9	2 NDB <i>approaches</i> Basel
28.05.2001	<i>proficiency check</i>	1 VOR <i>approach</i> Zürich
10.07.2001	CDR <i>type rating line check</i>	1 <i>standard</i> VOR/DME <i>approach</i> 28 Zürich
29.10.2001	<i>Semi annual recurrent check</i>	1 LOC/DME <i>approach</i> Zürich

Während der Streckenausbildung unter Überwachung ergaben sich keine *non precision approaches*. Im Laufe der Ausbildung auf dem Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 führte der Kommandant somit 14 *non precision approaches* als *pilot flying* durch. Darunter befanden sich je ein *standard* VOR/DME *approach* 28 in Zürich im Simulator und ein Anflug im Flugzeug.

1.5.1.3 Tätigkeit als Fluglehrer

Der Kommandant war während über 20 Jahren bei der Horizon Swiss Flight Academy als Fluglehrer tätig. Er wurde hauptsächlich als Instruktor für angehende Berufspiloten mit Instrumentenflugberechtigung eingesetzt. Auf seinen Wunsch hin führte er fast ausschliesslich Ausbildungsteile auf dem Flugzeug durch und gelangte kaum im Simulator zum Einsatz.

Am 22. September 1992 wurde der Kommandant vom Bundesamt für Zivilluftfahrt zum Experten für die Abnahme von Flugprüfungen zur Erlangung der Instrumentenflugberechtigung ernannt. Vier Jahre später, am 13. August 1996, erhielt der Kommandant zusätzlich die Berechtigung, Flugprüfungen nach Sichtflugregeln abzunehmen.

In den Jahren 1990 bis 1993 war er als Instruktor in Kursen des BAZL zur Ausbildung von Instrumentenfluglehrern eingesetzt.

Im Herbst 1998 nahm der Kommandant als Wiederholung während zweier Wochen am VFR-Motorfluglehrerkurs des BAZL teil, um seine Lehrberechtigung für Sichtflug wieder zu erlangen, die seit dem 15. Dezember 1986 erloschen war.

Seit der Einführung von JAR-FCL 1 zwischen 1999 und 2002 müssen Fluglehrer für die Erneuerung gewisser Berechtigungen periodisch einen *proficiency check* bestehen. So musste jeder Fluglehrer der Horizon Swiss Flight Academy einen *proficiency check* für mehrmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotorantrieb auf dem schuleigenen Simulator ablegen. Da der Kommandant laut mehreren Aussagen Vorbehalte gegen Simulatoren hatte, wurde dieser *proficiency check* stattdessen auf dem Flugzeug durchgeführt.

Am 28. April 2000 führte der Kommandant als Fluglehrer mit dem Copiloten des Unfallfluges zwei Ausbildungsflüge durch. Der Copilot war zu dieser Zeit daran, seine Berufspilotenlizenz mit Instrumentenflugberechtigung zu erwerben.

Wie aus den Aufzeichnungen der Flugtätigkeit hervorgeht, führte der Kommandant gelegentlich am Morgen Schulungsflüge durch und flog anschliessend am selben Tag mehrere Sektoren als Verkehrspilot. Am 13. November 2001 beispielsweise führte der Kommandant zwischen 06:00 UTC und 13:00 UTC vier Flüge mit zwei Flugschülern durch. Anschliessend flog er zwei Sektoren bei Crossair und beendete seinen Dienst nach 13 Stunden und 34 Minuten. Weder das Flugbetriebsunternehmen Crossair noch die Flugschule Horizon Swiss Flight Academy führten eine unternehmensübergreifende Flugdienst- und Ruhezeitenkontrolle.

1.5.1.4 Besondere Vorkommnisse während der Berufslaufbahn

1.5.1.4.1 Allgemeines

Wie die Untersuchung ergab, ereigneten sich in der Berufslaufbahn des Kommandanten zwischen 1967 und dem Unfallzeitpunkt verschiedene Vorfälle. Im Folgenden wird nur auf die wichtigsten Ereignisse eingegangen, die sich während der Tätigkeit beim Flugbetriebsunternehmen Crossair zutrugen und teilweise erst nach dem Unfall bekannt wurden.

1.5.1.4.2 Unbeabsichtigtes Einfahren des Fahrwerks am Boden

Am 21. Februar 1990 führte der Kommandant als Instruktor auf dem Flugzeugmuster Saab 340 mit einem Copiloten ein Systemtraining an Bord des Flugzeuges HB-AHA durch. Dabei kam das Gespräch auf das Verfahren zum Beheben einer Fahrwerkeinziehstörung. Der Kommandant war der Meinung, dass am Boden bei belastetem Fahrwerk die Funktion des Einziehmechanismus unterbrochen sei, wie dies beispielsweise bei kleineren Flugzeugen der Fall ist. Tatsächlich verhinderte die entsprechende Sicherung der Saab 340 aber nur die Betätigung des Fahrwerkhebels. Der Kommandant betätigte den *down lock release button*, der die Sicherung übersteuerte, und der Copilot stellte den Fahrwerkhebel in die Einfahrposition. Entgegen der Annahme des Kommandanten begannen die Hydraulikpumpen zu arbeiten und der Einziehvorgang konnte nicht mehr unterbrochen werden. Das Flugzeug schlug auf dem Boden auf und erlitt Totalschaden. Der Kommandant trug eine Kopfverletzung davon, während die übrigen Personen, die sich im und um das Flugzeug befunden hatten, unverletzt blieben.

Der Vorfall wurde durch das Flugbetriebsunternehmen untersucht und der Kommandant in der Folge nicht mehr als Instruktor eingesetzt. Dieses Ereignis hatte für die Laufbahn des Kommandanten keine weiteren Auswirkungen.

1.5.1.4.3 Abbruch eines Route Checks

Am 25. Juni 1991 absolvierte der Kommandant einen *route check*, bei dem er eine Geschwindigkeitsvorgabe der Flugverkehrsleitung während mehrerer Minuten nicht beachtete. Dies führte dazu, dass die Maschine während des Endanfluges in die Nachlaufwirbel (*wake turbulence*) einer Boeing 747 einflog. Der *check for approach* und der *final check* wurden vergessen und die *cabin attendant* stand bei der Landung noch im Gang der Passagierkabine. Der Experte beurteilte die Übersicht des Kommandanten als ungenügend und brach den *route check* ab, der in der Folge wiederholt werden musste.

1.5.1.4.4 Einstellung der Tätigkeit als Trainingscaptain

Ende 1991 wurde der Kommandant von der Tätigkeit als Trainingscaptain entbunden, weil seine Leistungen nicht genügten.

1.5.1.4.5 Instrumentenanflug in Lugano bei Nacht

Laut der Aussage des beteiligten Copiloten führte der Kommandant im Dezember 1995 als fliegender Pilot bei Nacht und unter Instrumentenflugbedingungen einen Anflug auf den Flugplatz Lugano durch. Kurz bevor die Saab 340 den Navigationspunkt PINIK auf einer Höhe von 7000 ft QNH erreichte, wurde die Maschine für die Landung konfiguriert, d.h. das Fahrwerk wurde ausgefahren und eine Landeklappenstellung von 35° gewählt. Für den Sinkflug verwendete der Kommandant den *vertical speed mode* des Autopiloten und stellte eine Sinkrate von 4000 ft/min ein. Da üblicherweise für diesen Anflug Sinkraten von weniger als 2000 ft/min verwendet wurden, fragte der Copilot nach dem Grund für den erhöhten Sinkwert. Der Kommandant erklärte, dass man das Verfahren auf diese Weise durchführen könne. Während des Sinkfluges, der unverändert bis auf eine Radarhöhe von 300 ft RA über dem See weitergeführt wurde, nahm die Geschwindigkeit des Flugzeuges von 135 auf mehr als 200 KIAS zu. Als die Maschine auf 300 ft RA in den Horizontalflug übergegangen war, konnte ein Teil des Ufers und der Berghänge erkannt werden. Auf dieser Höhe wurde nun in Richtung Flugplatz Lugano geflogen, bis die Piste schliesslich in Sicht kam und gelandet werden konnte.

Die *overspeed warning* und das *ground proximity warning system* (GPWS) waren vor dem Sinkflug deaktiviert worden.

Der Vorfall wurde erst nach dem Unfall bekannt. Rekonstruktionsflüge im Simulator ergaben, dass der Anflug in der geschilderten Weise durchführbar ist.

1.5.1.4.6 Navigationsfehler während eines privaten Rundfluges

Das Flugbetriebsunternehmen Crossair bot seinen Mitarbeitern die Möglichkeit, Verkehrsflugzeuge für private Flüge zu mieten. Im *operations manual* war die Durchführung solcher Rundflüge, die mehrheitlich nach Sichtflugregeln durchgeführt wurden, geregelt. Grundsätzlich wurden die gleichen Standards wie bei Linienflügen angewandt. Der Kommandant führte mehrfach Alpenrundflüge mit einer gemieteten Saab 340 durch, wobei die Fluggäste jeweils von der Besatzung angeworben wurden.

Am 21. März 1999 unternahm der Kommandant zusammen mit einem Copiloten und einer *cabin attendant* einen privaten Flug mit 30 Passagieren an Bord der Saab 340 HB-AKI. Geplant war ein Alpenrundflug von Zürich aus mit einer Zwischenlandung in Sion und anschliessendem Rückflug nach Zürich.

In Zürich lag eine annähernd geschlossene Wolkendecke vor, während im Alpenraum gute Wetterverhältnisse herrschten.

Auf dem Hinflug mit Crossair Flugnummer CRX 4718 nach Sion war der Kommandant als fliegender Pilot eingesetzt. Der Abflug von Zürich erfolgte nach Instrumentenflugregeln. Über den Wolken wurde der Flug nach Sichtflugregeln Richtung Berner Alpen fortgesetzt.

Zeugenaussagen und ein Filmdokument belegen, dass der Kommandant ausgedehnte Erklärungen des Flugweges abgab und dass die Passagiere das Cockpit besuchen durften.

Als sich die Maschine auf einer Höhe von ungefähr 12 000 ft QNH über den Savoyer Alpen befand, nahm der Copilot Funkkontakt mit der Platzverkehrsleitstelle Sion auf. Kurze Zeit später realisierte der Kommandant, dass die geplante Flugzeit nach Sion annähernd abgelaufen war. Er leitete unverzüglich einen Sinkflug in Richtung eines Flugplatzes ein, der sich in Sichtweite befand. Dabei handelte es sich um den Flugplatz Aosta (I), der sich ungefähr 50 km südlich von Sion in einem Tal befindet, welches auf der anderen Seite des Alpenhauptkamms verläuft. Eine Anflugbesprechung fand nicht statt und die wichtigsten Checklistenpunkte wurden intuitiv und in freier Abfolge erledigt. Der Copilot versuchte mehrfach, wieder mit der Platzverkehrsleitstelle Sion in Kontakt zu treten, was ihm aufgrund der topografischen Gegebenheiten nicht gelang. Auf Interventionen des Copiloten reagierte der Kommandant nicht. Es wurden mehrere Sinkflugkurven über dem Flugplatz Aosta durchgeführt und der Anflug ohne Funkkontakt fortgesetzt. Als sich die Maschine im Endanflug befand, konnten die Passagiere auf Strassenschildern lesen, dass sie sich in Italien befanden. Nun leitete der Kommandant einen Durchstart ein und flog über den Grossen St. Bernhard ins Rhonetal, wo die Landung in Sion erfolgte.

Der Navigationsfehler wurde den Passagieren erklärt. Die Fluggesellschaft wurde über den Vorfall nicht informiert und erfuhr erst nach dem Unfall davon. Es gibt keine Hinweise, dass die Besatzung gesundheitlich beeinträchtigt gewesen ist.

1.5.1.5 Arbeits- und Führungsverhalten

Einige der befragten Copiloten sagten aus, dass der Kommandant als fliegender Pilot das Flugzeug gelegentlich alleine (*one man operation*) bediente und die Copiloten nicht immer konsequent in Bedienungs- und Entscheidungsvorgänge integrierte. Ebenso ist belegt, dass er vor allem auf dem letzten Flugabschnitt eines Einsatztages Wert darauf legte, pünktlich landen zu können.

Aus den Unterlagen der Umschulungskurse sowie aus Zeugenaussagen ist zu entnehmen, dass der Kommandant eine gewisse Abwehrhaltung gegenüber komplexeren technischen Systemen aufwies und häufig Mühe mit deren Bedienung zeigte.

Das Verhalten des Kommandanten wurde übereinstimmend als sehr ruhig und tendenziell distanziert beschrieben. Copiloten stellten gelegentlich ein spürbares Autoritätsgefälle bei der Zusammenarbeit fest, das sie überwiegend dem grossen Erfahrungsvorsprung des Kommandanten zuschrieben.

1.5.2 Copilot

Person	+Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1976
Besatzungszeiten	Dienstbeginn am 23.11.01: 11:50 UTC Dienstende am 23.11.01: 22:05 UTC Flugdienstzeit am 23.11.01: 10:15 h Ruhezeit: 18:49 h Dienstbeginn am Unfalltag: 16:20 UTC Flugdienstzeit im Unfallzeitpunkt: 4:47 h
Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten CPL (A) nach JAR, ausgestellt durch das Bundes- amt für Zivilluftfahrt, gültig bis 06.07.2005
Berechtigungen	Radiotelefonie International RTI (VFR/IFR) Nachtflug NIT (A) Instrumentenflug IFR (A)
Zu verlängernde Berechtigungen	Einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor- antrieb SE <i>piston</i> Mehrmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor- antrieb ME <i>piston</i> Musterberechtigung AVRO RJ/BAe 146 COPI
Instrumentenflugberechtigungen	SE piston, CAT I, gültig bis 12.05.2002 ME piston, CAT I, gültig bis 12.05.2002 AVRO RJ/Bae 146 COPI, CAT III, gültig bis 31.03.2002
Letzter <i>proficiency check</i>	<i>Semi annual recurrent check</i> bei Crossair am 02.07.2001
Letzter <i>line check</i>	<i>F/O first line check</i> bei Crossair am 12.05.2001
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 18.12.2000 Beginn der Gültigkeit 20.01.2001, Klassen 1 und 2
Flugerfahrung	490:06 h gesamthaft
auf Motorflugzeugen	490:06 h
als Kommandant	81:55 h
auf dem Unfallmuster	348:20 h
während der letzten 90 Tage	120:22 h
am Vortag	5:49 h
am Unfalltag	2:51 h
Beginn der fliegerischen Ausbildung	1999

1.5.2.1 Berufsausbildung

Nach der Primar- und Sekundarschule besuchte der Copilot die Kantonsschule und schloss diese 1997 mit der Matura mathematisch-naturwissenschaftlicher Richtung ab. Im Herbst 1998 begann er ein Studium an einem Technikum, das er nach einem halben Jahr zu Gunsten der fliegerischen Ausbildung abbrach.

1.5.2.2 Fliegerische Ausbildung

Im Januar 1999 begann der Copilot mit der Ausbildung zum Verkehrspiloten bei der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy und bestand am 27. August 1999 die Flugprüfung für Privatpiloten. Im Rahmen eines integrierten Kurses nach dem Reglement für die Ausweise von Flugpersonal (RFP) des Bundesamtes für Zivilluftfahrt legte er am 10. Juni 1999 und am 9. September 1999 die Theorieprüfung für Berufspiloten bzw. für die Instrumentenflugberechtigung ab. Am 2. Mai 2000 folgte die Theorieprüfung für Verkehrspiloten. Die Flugprüfung zur Erlangung der Berufspilotenlizenz legte der Copilot am 12. Mai 2000 zusammen mit der praktischen Prüfung für die Instrumentenflugberechtigung ab.

Die Ausbildungsunterlagen und Aussagen von Mitschülern belegen, dass der Copilot bezüglich *non precision approaches* nach den Vorgaben von JAR-OPS 1 instruiert wurde. Insbesondere kann davon ausgegangen werden, dass ihm die Sichtreferenzen bekannt waren, die notwendig sind, um die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) unterschreiten zu können.

1.5.2.3 Auswahl des Copiloten durch das Flugbetriebsunternehmen Crossair

Am 9. Juli 2000 bewarb sich der Copilot beim Flugbetriebsunternehmen Crossair als Copilot. Die ersten Abklärungen in Form von Einzel- und Gruppenassessments fanden am 1. September 2000 statt. Die Beobachtungen der vier *recruitment officer*, welche mit diesen Tests betraut waren, sind teilweise unterschiedlich. Gemeinsam stellten die vier Assessoren aber fest, dass der Copilot die Tendenz besass, sich unterzuordnen.

Anlässlich des Simulatorchecks am 21. September 2000, der im Rahmen des Auswahlverfahrens durchgeführt wurde, stellte man kleinere fliegerische Probleme beim Lagefliegen fest, die man für korrigierbar hielt. Der *recruitment officer*, welcher sowohl den Simulatorcheck leitete als auch ein erstes Interview führte, beschrieb die Persönlichkeit des Copiloten sehr positiv. Insbesondere attestierte er ihm eine hohe Motivation und beurteilte ihn als zum Unternehmen passend.

Das psychodiagnostische Gutachten eines externen *test- and assessment centers* beschreibt den Copiloten unter anderem als vital, aber nicht kämpferisch, empfindsam, wohlwollend und nach Harmonie strebend. Im Bereich des Selbstvertrauens und der persönlichen Reife wurde Entwicklungsbedarf festgestellt.

Die Resultate aller Abklärungen wurden anschliessend an den Auswahlausschuss (*selection board*) weitergeleitet. Das *selection board meeting* fand am 26. November 2000 statt. Es bestand aus einem Mitglied der Geschäftsleitung und einer Fachperson des Bereiches *pilots' recruitment*. Der Copilot wurde positiv beurteilt und eingestellt. Man verordnete ihm fünf zusätzliche Trainingseinheiten im Simulator, um schwerpunktmässig das Lagefliegen zu üben. Nach dem Unfall gaben die Mitglieder des *selection boards* an, dass der Copilot gemäss dem von Crossair verwendeten Auswahlprofil für angehende Piloten als gut qualifiziert gegolten habe.

1.5.2.4 Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100

Am 8. Januar 2001 begann der Copilot einen Kurs für angehende Copiloten, der unter anderem eine zweiwöchige Einführung in das Flugbetriebsunternehmen umfasste. Im Rahmen dieser *company introduction* wurde auch eine theoretische Einführung in die wirksame Art der Zusammenarbeit einer Besatzung (*crew resource management* – CRM) vermittelt.

Am 31. März 2001 absolvierte der Copilot die Fähigkeitsprüfung (*skill test*) im Simulator und wurde nach dem Flugtraining am 7. April 2001 für die Streckeneinführung unter Überwachung freigegeben. Nach Abschluss von 40 Sektoren legte er am 12. Mai 2001 den *line check* ab. Am 2. Juli 2001 bestand er den letzten *semi annual recurrent check*. Auf den entsprechenden Checkformularen sind fast ausschliesslich positive Bemerkungen der Experten zur Arbeit des Copiloten vorhanden.

Während des Einsatzes auf dem Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 wurden im *cockpit procedure mockup* (CPM), im Simulatortraining (SIM) und bei den folgenden *checks* die nachstehenden Übungen im Zusammenhang mit *non precision approaches* durchgeführt.

Datum	Training	Anzahl und Art der Anflüge
02.03.2001	CPM Lektion 5	2 <i>non precision approaches</i>
10.03.2001	CPM Lektion 8	1 LOC <i>approach</i> 16 Zürich
19.03.2001	SIM Lektion 2	1 VOR <i>approach</i> Genf
22.03.2001	SIM Lektion 3	1 LOC <i>approach</i> Stuttgart
29.03.2001	SIM Lektion 8	1 VOR <i>approach</i> Basel
30.03.2001	SIM Lektion 8a	1 VOR <i>approach</i> 23 Genf
31.03.2001	<i>proficiency check</i>	1 VOR <i>approach</i> 16 Zürich
02.07.2001	<i>semi annual check</i>	1 NDB <i>approach</i> 25 Stuttgart

Da sich während der Streckenausbildung unter Überwachung keine weiteren *non precision approaches* ergaben, führte der Copilot während der Umschulung auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 somit 9 *non precision approaches* durch. Nachweisbar war er dabei während eines Anfluges auf Piste 28 des Flughafens Zürich als *pilot not flying* eingesetzt.

1.5.2.5 Besondere Vorkommnisse während der Berufslaufbahn

Es sind keine besonderen Vorkommnisse aus der beruflichen Laufbahn bekannt.

1.5.3 Flugbegleiterin A

Funktion	<i>Senior cabin attendant</i> SCA-CA 1
Person	+Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1974
Ausweise	Periodischer Kurs über Notverfahren (<i>emergency procedure refresher</i>) ausgestellt durch die Crossair, gültig bis 30. April 2002.

1.5.4 Flugbegleiterin B

Funktion	<i>Cabin attendant CA 2</i>
Person	Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1976
Ausweise	Periodischer Kurs über Notverfahren (<i>emergency procedure refresher</i>) ausgestellt durch die Crossair, gültig bis 31. August 2002.

1.5.5 Flugbegleiterin C

Funktion	<i>Cabin attendant CA 3</i>
Person	Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1973
Ausweise	Periodischer Kurs über Notverfahren (<i>emergency procedure refresher</i>) ausgestellt durch die Crossair, gültig bis 31. Dezember 2001.

1.5.6 Flugverkehrsleiter A

Funktion	Anflugverkehrsleiter (APE) bis 21:04 UTC Platzverkehrsleiter (ADC 1) ab 21:06 UTC
Person	Dänischer Staatsbürger, Jahrgang 1961
Ausbildung	Der Flugverkehrsleiter trat am 13. März 2000 bei swisscontrol ein. Er war zu der Zeit im Besitze einer Flugverkehrsleiter-Lizenz, welche er in Dänemark erworben hatte. Der Flugverkehrsleiter durchlief eine Umschulung, welche auf die lokalen Bedürfnisse zugeschnitten war und absolvierte anschliessend das notwendige <i>on the job training</i> (OJT). Nach Abschluss dieser Umschulung stellte ihm das Bundesamt für Zivilluftfahrt auf Antrag von skyguide eine schweizerische Lizenz aus.
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 3. Oktober 2000, letzte Erneuerung am 22. August 2001, gültig bis 7. August 2002.

1.5.7 Flugverkehrsleiter B

Funktion	Anflugverkehrsleiter (APW) bis 21:04 UTC Anflugverkehrsleiter (APW+APE) ab 21:04 UTC
Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1974
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 15. November 1996, letzte Erneuerung am 5. März 2001, gültig bis 13. Februar 2002.

1.5.8 Flugverkehrsleiter C

Funktion	Platzverkehrsleiter (ADC 1) bis 21:06 UTC
Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1949
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 29. Juni 1972, letzte Erneuerung am 29. Juni 2001, gültig bis 29. Juni 2002.

1.5.9 Flugverkehrsleiter D

Funktionen	Bodenverkehrsleiter (GRO) bis 21:03 UTC Bodenverkehrsleiter (GRO) und Dienstleiter Kontrollturm (DL) ab 21:03 UTC
Person	Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1972
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 17. November 1998, letzte Erneuerung am 29. Juni 2001, gültig bis 20. Juni 2002.

1.5.10 Flugverkehrsleiter E

Funktion	Dienstleiter Kontrollturm (DL) bis 21:03 UTC
Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1947
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 29. August 1973, letzte Erneuerung am 21. September 2001, gültig bis 29. August 2002.

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug**1.6.1 Flugzeug HB-IXM****1.6.1.1**

Allgemeines

Luftfahrzeugmuster	AVRO 146-RJ100
Hersteller	British Aerospace Ltd., Woodford, Cheshire England
Eintragungszeichen	HB-IXM
Werknummer	E3291
Baujahr	1996
Eigentümer	Crossair Limited Company for Regional European Air Transport, CH-4002 Basel
Halter	Crossair Limited Company for Regional European Air Transport, CH-4002 Basel
Lufttüchtigkeitszeugnis	Vom 23. August 1996, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt, gültig bis auf Widerruf
Eintragungszeugnis	Vom 23. August 1996, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt
Flugstunden der Zelle	13194:30
Anzahl Zyklen (Landungen) der Zelle	11518
Triebwerke	4 Allied Signal LF507-1F
Auxiliary power unit (APU)	Sundstrand 4501690A
Spannweite	26.34 m
Länge	31.0 m
Höhe	8.59 m
Flügelfläche	77 m ²
Schub pro Triebwerk	3175 kN
Treibstoffverbrauch im Reiseflug	1800 kg/h
Reichweite bei maximaler Nutzlast	3000 km
Maximale Reiseflughöhe	9400 m/M

1.6.1.2 Triebwerk Nummer 1

Werknummer	LF07623
Betriebszeit seit Herstellung	10474 h
Flugzyklen seit Herstellung	9153
Betriebszeit seit Einbau in HB-IXM	10421 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-IXM	9108

1.6.1.3 Triebwerk Nummer 2

Werknummer	LF07572
Betriebszeit seit Herstellung	11218 h
Flugzyklen seit Herstellung	9363
Betriebszeit seit Einbau in HB-IXM	3405 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-IXM	2972

1.6.1.4 Triebwerk Nummer 3

Werknummer	LF07434
Betriebszeit seit Herstellung	13336 h
Flugzyklen seit Herstellung	11508
Betriebszeit seit Einbau in HB-IXM	501 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-IXM	407

1.6.1.5 Triebwerk Nummer 4

Werknummer	LF07391
Betriebszeit seit Herstellung	13778 h
Flugzyklen seit Herstellung	11828
Betriebszeit seit Einbau in HB-IXM	2898 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-IXM	2529

1.6.1.6 Auxiliary Power Unit

Werknummer	SPE967480
Betriebszeit seit Herstellung	10239 h
Flugzyklen seit Herstellung	12214
Betriebszeit seit Einbau in HB-IXM	4242 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-IXM	3739

1.6.1.7 Navigationsausrüstung

Für die Navigation standen den Piloten die folgenden Systeme zur Verfügung:

- *Dual Navigation Management System (NMS)* von Global Wulfsberg
- *Dual Inertial Reference System (IRS)* von Honeywell
- *Dual VHF-Navigation System* von Collins
- *Dual DME-System* von Collins
- *Dual ADF-System* von Collins
- *Dual Air Data System (ADS)* von Honeywell
- *Dual Radio Altimeter System* von Collins
- *Standby Attitude Indicator* von Smith Industries
- *Standby Altitude/Airspeed Indicator* von Smith Industries

Diejenigen Navigationssysteme, welche während der Anflugphase von CRX 3597 das Unfallgeschehen hätten beeinflussen können, wurden untersucht.

Das *navigation management system* (NMS) wurde als Teil des *flight guidance system* betrachtet.

1.6.1.8 Kommunikationsausrüstung

Die Kommunikationsausrüstung bestand aus den folgenden Systemen:

- *Audio integrating system*
- *Passenger address system*
- *Cabine interphone system*
- *Dual VHF communication system*
- *Mobile Telefone*

1.6.2 Masse und Schwerpunkt

Als Grundlage für die Bestimmung von Masse und Schwerpunktlage im Unfallzeitpunkt dienten die Einträge in das Beladungsblatt (*load sheet*) des Flugzeuges, welches für den Flug CRX 3597 in Berlin-Tegel erstellt wurde. Diese Daten wurden durch die Befunde an der Unfallstelle und durch Aussagen auf dem CVR bestätigt.

<i>Total traffic load</i>	2477 kg	
<i>Dry operating mass</i>	26731 kg	
<i>Zero fuel mass actual</i>	29208 kg	Max 37421 kg
<i>Actual block fuel</i>	5650 kg	
<i>Take off fuel</i>	5400 kg	
<i>Take off mass actual</i>	34608 kg	Max 46039 kg
<i>Trip fuel</i>	2500 kg	
<i>Landing mass actual</i>	32108 kg	Max 40142 kg
<i>Dry operating index</i>	7	
<i>Deadload index</i>	14	
<i>Loaded index at zero fuel mass</i>	-7	
<i>Loaded index at take off mass</i>	18	
<i>Stabilizer setting for take off</i>	3.6	

Masse und Schwerpunkt lagen innerhalb der zulässigen Grenzen. Im Unfallzeitpunkt befanden sich laut Aussage der Besatzung anlässlich des *check for approach* 3200 kg Treibstoff an Bord.

1.6.3 Flugzeugsteuerung

1.6.3.1 Primäre Flugzeugsteuerung

Die DFDR Aufzeichnungen der Quer-, Höhen- und Seitenruder waren nicht auswertbar. Die aufgezeichneten Werte der Ruderausschläge im Endanflug bis zur ersten Baumbeführung lagen neben den Sollwerten, welche dieser Flugphase entsprechen.

Die Funktionstüchtigkeit der primären Flugzeugsteuerung musste daher aufgrund einer Analyse von gesicherten Flugparametern verifiziert werden (vgl. Kapitel 2.1.2).

1.6.3.2 Sekundäre Flugzeugsteuerung

Die DFDR Daten der sekundären Flugzeugsteuerung waren gut auswertbar und zeigten kein fehlerhaftes Verhalten. Die aufgezeichneten Positionen entsprachen der für den Landeanflug vorgesehenen Konfiguration.

1.6.4 Triebwerke

1.6.4.1 Sichtkontrolle

Bei allen Triebwerken war die mechanische Beschädigung der Verdichterschaufeln (*fan blades*) minimal. In allen Triebwerken wurde Tannenreisig, teilweise vermischt mit dickeren Ästen, gefunden.

Die Triebwerke 1 und 2 wiesen an der Unterseite starke Beschädigungen und starke Brandspuren auf. Beide Triebwerke waren noch mit der linken Flügelstruktur verbunden.

Die Triebwerke 3 und 4 wurden beim ersten Bodenkontakt vom rechten Flügel abgetrennt. Die Verschalungen des Triebwerkeinlasses waren stark deformiert und der Einlassbereich teilweise mit Erdschutt gefüllt.

Aufgrund der Verformung der rotierenden Teile kann angenommen werden, dass alle Triebwerke beim Aufschlag mittlere Leistung abgaben.

1.6.4.2 Analyse der Daten von Digital Flight Data Recorder und Engine Life Computer

Aus den Aufzeichnungen des DFDR wurden die Daten der Leistungshebelposition (*power lever angle* - PLA) der Triebwerke 1 bis 4 mit den entsprechenden Drehzahlen des Niederdruckverdichters N1 während der letzten 15 Flugminuten verglichen.

Die Regulierung der Triebwerke erfolgte in der letzten Phase von 15 Minuten unauffällig, sie bewegte sich aus operationeller Sicht im normalen Rahmen und entsprach den Leistungsanforderungen dieser Flugphase. Die Leistungshebel wurden zwei Sekunden vor der letzten Aufzeichnung in Richtung Startleistung bewegt. Die Drehzahl aller Triebwerke folgte der Leistungshebelposition mit der üblichen Verzögerung. Im Wrack wurde festgestellt, dass sämtliche Leistungshebel annähernd in der vordersten Position standen.

Die am 23. November 2001 ausgelesenen Daten des *engine life computer* (ELC) wurden ausgewertet und dabei die letzten 1000 Flüge verglichen. Keiner der vorhandenen Parameter wies auf ein Triebwerkproblem hin.

1.6.4.3 Einbau Oil Indicator

Im Wrack wurde festgestellt, dass der *oil indicator* für das Triebwerk 1 um 180° verdreht eingebaut war (vgl. Anhang 2). Die Untersuchung ergab, dass an diesem Anzeigergerät am 6. Oktober 2001 letztmals dokumentiert gearbeitet wurde. Während der

Zeit bis zum Unfall wurde der verdrehte Einbau des Instrumentes durch niemanden nachweisbar beanstandet.

1.6.5 Auxiliary Power Unit

1.6.5.1 Sichtkontrolle

Die *auxiliary power unit* (APU) wurde aus dem Heckteil des Flugzeuges ausgebaut. Das Gerät war äusserlich unbeschädigt. Am Lufteintrittsgitter wurde angesaugtes Laub gefunden, was darauf hinweist, dass die APU beim Unfall in Betrieb war.

1.6.5.2 Dokumentation des Unterhalts

Bei der Durchsicht der technischen Unterlagen wurde festgestellt, dass die APU seit der Inbetriebnahme des Flugzeuges eine hohe Störanfälligkeit aufwies. Insgesamt wurde während der Lebenszeit des Unfallflugzeuges die APU mehr als hundert Mal beanstandet.

Nach Aussagen der Mitarbeiter von Crossair bestanden diese Probleme bei allen Flugzeugen vom Typ AVRO 146-RJ85/100, die mit dieser APU ausgerüstet waren.

In der DDL war vermerkt, dass die APU erst beim zweiten Versuch startet. Auch beim Unfallflug lief die APU erst beim zweiten Versuch an.

1.6.6 Ice Detection System

Es gibt keine Hinweise für Funktionsstörungen beim *ice detection system*.

1.6.7 Flight Guidance System

1.6.7.1 Electronic Flight Instrument System

1.6.7.1.1 Beschreibung des Systems

Das *electronic flight instrument system* (EFIS) beinhaltet vier identische *display units* (DU), zwei *symbol generators* (SG), zwei EFIS *control panels* (ECP) und zwei *display dimming panels* (DP).

Die *display units* (DU) sind in Paaren, übereinander auf dem linken und rechten Instrumentenpanel angeordnet. Die obere DU hat die Funktion eines *primary flight display* (PFD) und die untere diejenige eines *navigation display* (ND).

Das PFD zeigt die folgenden Flugparameter an: *Aircraft attitude, airspeed, speed trend, mach number, vertical speed, radio altitude, decision height, flight director, vertical deviation, lateral deviation, marker beacon*. Ferner zeigt das PFD den gewählten bzw. vorgewählten *mode (roll, pitch, thrust)* des *auto flight systems* an.

Das ND zeigt die Navigationsdaten *heading, selected heading, course, bearing, deviation, distance* an. Es kann in den verschiedenen Formaten ROSE, ARC, MAP und PLAN, welche auf dem ECP wählbar sind, betrieben werden.

Mit dem EFIS *control panel* (ECP) wird das Anzeigeformat (ROSE, MAP etc.), die anzuzeigenden Parameter und deren Quelle, sowie der zu überdeckende Bereich (RANGE) für das ND bestimmt. Mit dem Druckknopf 2nd CRS kann zusätzlich zum gewählten *course* ein *second course* gewählt werden. Beispiel: Gewählter *course* LNAV 1, *second course* VOR 2. Die NAV *data pushbuttons* erlauben das Ein- und Ausblenden von *nav aids, airports* oder weiteren Angaben.

Der EFIS *symbol generator* (SG) bezieht Daten von IRS, ADC, RA, VOR, ILS, NMS, WXR und DFGS. Er erzeugt die Symbole, welche auf den PFD und ND dargestellt werden und überwacht bzw. vergleicht eingehende Signale. In den beiden SG werden die Parameter *attitude, glide slope, localizer, radio altitude, airspeed* verglichen. Ungültige Parameter werden entsprechend gekennzeichnet. Beispiel: Treten Unterschiede bei den Fluglageparametern *pitch* und *roll* auf, wird in beiden *primary flight displays* ATT in gelber Farbe angezeigt. Liefert eine *inertial reference unit* ein falsches Eingangssignal, wird ATT in roter Farbe auf der entsprechenden Seite angezeigt. Daten werden sowohl analog wie auch digital dargestellt.

Auf dem Instrumentenpanel des Kommandanten ist ein Wählschalter angeordnet, welcher bei Ausfall eines EFIS *symbol generator* (SG) erlaubt, auf den intakten SG umzuschalten (BOTH1-NORM-BOTH2).

Die Funktionen des EFIS sind laufend durch ein umfassendes *self-monitoring system* überwacht. Fehlfunktionen können auf dem PFD und ND als *fault codes* erkannt werden. Der *symbol generator* vermag bis zu 20 Fehlermeldungen pro Flug von 10 Flügen zu speichern. Es kann auch ein *return-to-service test* durchgeführt werden.

Das EFIS Nummer 1 bezieht seinen Strom aus dem *essential bus* ESS 115 VAC, das EFIS Nummer 2 wird aus der Sammelschiene 115 VAC2 gespeist.

1.6.7.1.2 Non Volatile Memories

In den EFIS *symbol generators* waren *non volatile memories* eingebaut, welche über den Betriebszustand dieser Geräte Aufschluss geben konnten. Diese *memories* wurden ausgewertet und es zeigte sich, dass während des Unfallfluges keine Fehlfunktionen aufgezeichnet wurden (vgl. Kap. 1.19).

1.6.7.2 Automatic Flight System

1.6.7.2.1 Beschreibung des Systems

Das *automatic flight system* (AFS), im AVRO 146-RJ100 auch *digital flight guidance system* (DFGS) genannt, beinhaltet im Wesentlichen zwei *digital flight guidance computer* (DFGC), ein *mode control panel* (MCP), ein *thrust rating panel* (TRP), sowie eine Anzahl *servos/actuators* und *position sensors*, um die Steuerbefehle des DFGC umzusetzen.

Der *digital flight guidance computer* übt die folgenden Hauptfunktionen aus:

- *presentation of flight director commands*
- *three axis autopilot control including automatic landing*
- *autothrottle speed and thrust control including thrust rating limits calculation*
- *windshear detection and recovery guidance*
- *pitch trim, flap trim compensation*
- *yaw damper and turn-coordination*
- *aural and visual altitude alerting*
- *built-in fault monitoring and maintenance test system*

Der DFGC erzeugt einen *flight director command* für die folgenden Funktionen:

- *acquisition and holding of airspeed, mach, vertical speed and altitude*
- *acquisition and holding of a selected heading*
- *capture and holding of a selected VOR radial or ILS localizer beam*
- *capture and holding of an ILS glide slope beam*
- *capture and tracking of a flight plan provided by the navigation management system*
- *commands for take off and go around*
- *windshear recovery guidance*

Flight director commands werden auf dem EFIS *primary flight display* (PFD) dargestellt und vom Piloten umgesetzt. Ist der Autopilot eingeschaltet, so werden die vom DFGC gerechneten Steuerbefehle direkt via Servos ausgeführt.

Auf dem *mode control panel* (MCP) werden *airspeed, mach, heading, clearance altitude* und *vertical speed* gewählt. Ebenso werden auf dem MCP *flight director/autopilot modes* gewählt resp. vorgewählt. Diese werden auf dem *primary flight display* (PFD) zur Bestätigung angezeigt. *Flight director, autopilot* und *autothrottle* werden auf dem MCP aktiviert.

Der Autopilot kontrolliert die Flugbewegungen über Querruder (*ailerons*), Höhenruder (*elevators*) und Seitenruder (*rudder*). Länger anhaltende Steuerausschläge auf dem *elevator control tab* werden durch das *elevator trim tab (pitch trim)* reduziert.

Das Seitenruder (*rudder*) wird auf zwei verschiedene Arten betrieben: Im *series mode*, als *yaw damper*, werden die Seitenruderausschläge stark limitiert. Im *parallel mode*, während *autoland, take off* und *go around*, ist diese Begrenzung der Seitenruderausschläge nicht wirksam. Während dieser Phasen können Vollausschläge für die Führung des Flugzeuges am Boden (*ground rollout*) bzw. für die Reaktion auf einen allfälligen Triebwerkausfall (*engine out compensation*) erforderlich sein. Die Funktionen *autoland, take off* und *go around* werden im DFGC redundant in zwei Kanälen gerechnet und verglichen (*fail passive operation*).

Der DFGC erhält Signale vom IRS (*attitude, attitude rate, heading, ground speed, acceleration*), vom ADC (*altitude, vertical speed, speed, mach*), vom VOR, ILS (*course, deviation*) und vom NMS (*steering command*). Beim Einschalten des Autopiloten können mit den *pushbuttons* NAV1 oder NAV2 die entsprechenden Sensoren gewählt werden.

Im *autothrottle speed/mach control mode* oder *thrust control mode* arbeitet der *digital flight guidance computer* (DFGC) mit dem *full authority digital engine control* (FADEC) zusammen. In einem ersten Regelkreis werden die vier Leistungshebel durch den DFGC über einen gemeinsamen Servomotor in die dem *thrust target* entsprechende Stellung gebracht. Das *thrust target* wird im DFGC gerechnet. In einem weiteren Regelkreis reguliert das FADEC den *fuel flow* jedes einzelnen Triebwerkes entsprechend dem *thrust target*. Kleinere Unterschiede werden durch das FADEC automatisch ausgeglichen. Zur Kontrolle wird das *thrust target* auf dem *primary engine display* (PED) angezeigt. Die Triebwerke selbst stehen immer unter der Kontrolle des FADEC. Die auf dem *thrust rating panel* (TRP) angezeigte *thrust limit* (TOGA MAX, TOGA REDU, MCT, CLB MAX, CLB NORM) wird dabei eingehalten.

Der DFGC berechnet für die verschiedenen Flugzeug-Konfigurationen eine maximal- und eine minimal-zulässige Geschwindigkeit. Auch bezüglich der Fluglage sind Grenzwerte gesetzt. Eine der Aufgaben des Autopiloten ist es, das Flugzeug innerhalb der vorgegebenen *speed/attitude envelope* zu halten.

Durch Drücken auf einen *pushbutton* auf dem Leistungshebel 2 oder 3 wird ein *auto go around* eingeleitet, sofern der *autopilot* eingeschaltet ist. In diesem *mode* wird die Triebwerkleistung automatisch auf *go around thrust* erhöht, der gegenwärtige *ground track* gehalten und ein vertikales Profil mit dem *maximum climb gradient* geflogen.

Mit einem *pushbutton* am linken bzw. rechten Steuerhorn kann der Autopilot ausgeschaltet werden. Beim beabsichtigten oder unbeabsichtigten Ausschalten ertönt ein Warnhorn, welches durch kurzes Drücken auf den gleichen *pushbutton* zum Verstummen gebracht werden kann.

Mit dem Umschalter FGC SELECT im *overhead panel* wird bestimmt, welcher der beiden DFGC aktiv sein soll. Der verbleibende DFGC steht als *hot spare* zur Verfügung.

Der DFGC beinhaltet ein *integrity monitoring system*. Fehlfunktionen werden auf dem *flight guidance system* (FGS) *advisory annunciator* oder auf dem *central status panel* angezeigt. Beim Aufstarten wird automatisch ein *power-up test* durchgeführt. Das Resultat, PASS FGC 1 oder 2 oder FAIL FGC 1 oder 2, wird auf dem PFD dargestellt. Ferner kann ein *return to service test* durchgeführt werden. Während einem *autoland approach* läuft ein *autoland test* ab. Die Besatzung wird laufend über Bereitschaft/Status des *autoland systems* informiert.

Das *digital flight guidance system* DFGS Nummer 1 wird aus den Sammelschienen ESS 115 VAC, 28 VDC1, ESS 28 VDC, EMERG 28 VDC, ESS/BATT *bus* gespeist, während das DFGS Nummer 2 seinen Strom von 115 VAC2, 28 VDC2, EMERG 28 VDC und ESS/BATT *bus* erhält.

1.6.7.2.2 Non Volatile Memories

In den *digital flight guidance computer* waren *non volatile memories* eingebaut, welche über den Betriebszustand dieser Geräte Aufschluss geben konnten. Diese *memories* wurden ausgewertet und es zeigte sich, dass während des Unfallfluges keine Fehlfunktionen aufgezeichnet wurden (vgl. Kap. 1.19).

1.6.7.2.3 Verwendung des Automatic Flight System

Während der letzten 30 Minuten des Unfallfluges war das *automatic flight system* ununterbrochen eingeschaltet.

Das *autothrottle system* war bis auf FL 235 im Mach *mode*, darunter im IAS *mode*. Die gewählte Fluggeschwindigkeit wurde gemäss den Aufzeichnungen des DFDR laufend verringert. Die letzte gewählte Geschwindigkeit betrug 116 KIAS.

Der *lateral mode* des Autopiloten änderte in der folgenden Reihenfolge: LNAV 1, HDG-SEL, VORNAV 1, LNAV 1, VORNAV 1. In der letzten Phase des Unfallfluges war der *mode* VORNAV 1 aktiv. Der letzte gewählte VOR *course* betrug 275°.

Der *vertical mode* des Autopiloten änderte mehrmals zwischen ALT HOLD und VERT SPD. In der letzten Phase des Unfallfluges war der *mode* VERT SPD aktiv. Die gewählte Sinkgeschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 1200 ft/min.

Um 21:06:34 UTC wurde der Autopilot ausgeschaltet. Auf dem CVR wurde die entsprechende Warnung aufgezeichnet.

1.6.7.3 Navigation Management System

1.6.7.3.1 Beschreibung des Systems

Das GNS-X von Global Wulfsberg ist ein integriertes *navigation management system* (NMS), welches die folgenden Funktionen unterstützt:

- Bestimmen der Position mittels verschiedener Sensoren (GPS, IRS, DME/DME, VOR/DME)
- Berechnen von Flugparametern (*ground speed, track angle, drift angle, desired track, crosstrack distance, distance to waypoint, bearing to waypoint, estimated time of arrival, wind speed and direction*)
- Generieren einer Route aufgrund von manuell eingegebenen *waypoints* und unter Zuhilfenahme der *navigation data base* (NDB)
- Abrufen einer vorprogrammierten *company route*, einer *standard instrument departure route* (SID) oder einer *standard arrival route* (STAR)
- Unterstützen der Treibstoffplanung
- Ausgeben von Navigationsdaten an das *electronic flight instrument system* (EFIS)
- Ausgeben von Steuersignalen an das *automatic flight system* (AFS).

Die manuelle Eingabe von *waypoints* entlang einer Route, das Abrufen einer *company route* oder das Ändern einer Route werden über die *control display unit* (CDU) bewerkstelligt. Der resultierende *flightplan* sowie die relevanten Navigationsparameter werden dann auf diesem Gerät dargestellt.

Das Zusammenstellen einer *company route* umfasst im Wesentlichen das Aneinanderreihen von *waypoints* zu einer durch eine Fluggesellschaft regelmässig beflogenen Route. Solche Routen bekommen eine Bezeichnung, wie zum Beispiel: ZRH-GVA1. Diese Arbeit wird in der Regel vom Operator am PC besorgt und umfasst die Eingabe von *navigation fix designators* wie LSZH, FRI, EKRIT etc. Die fertiggestellten *company routes* werden dann mittels eines *data loaders* in eine speziell dafür vorgesehene *database* im NMS geladen. Die den *navigation fix designators* zugeordneten Daten (*lat/long, variation* etc.) findet die *navigation management unit* in der *navigation data base*, welche alle achtundzwanzig Tage einen *update* erfährt. Zweck der *company routes* ist eine Vereinfachung der Programmierarbeit im *cockpit*.

Wird während der Flugvorbereitung eine *company route* abgerufen, so erstellt die *navigation management unit* einen *flightplan*. Diesem kann nach erfolgter ATC *clearance* eine *standard instrument departure route* (SID) vorgeschaltet werden. Die SID sind in der *navigation data base* gespeichert und können durch die Piloten nicht verändert werden. In der *navigation management unit* werden SID mittels eines *set* von sogenannten *procedural legs* konstruiert. Da das System keinen Unterschied zwischen *fly-by* und *fly-over waypoints* macht, darf das GNS-X bei der Annäherung an einen *fly-over waypoint* nur als sekundäres Navigationhilfsmittel verwendet werden. Diese Tatsache limitiert die Anwendung der LNAV-Funktion in der *terminal area* eines Flugplatzes.

Im Reiseflug navigiert das *navigation management system* entlang eines definierten *flightplans*, d.h. von *waypoint* zu *waypoint*. Mit der Funktion *direct to* (DTO) kann ein beliebiger *waypoint* entlang dem *flightplan* direkt von der gegenwärtigen Position aus angesteuert werden.

Von der *navigation management unit* generierte Steuersignale gelangen zum *digital flight guidance system* (DFGS). Um diese Signale aufzuschalten, muss auf dem *mode control panel* (MCP) der LNAV *mode* gewählt werden. Es ist möglich, den LNAV *mode* vorzuwählen (*arm*) und dann den *flightplan* im *heading select mode* zu interpretieren.

Das GNS-X *navigation management system* (NMS) umfasst die folgenden Komponenten:

- zwei *navigation management units* (NMU) mit je einem *configuration module*
- zwei *control display units* (CDU)
- eine gemeinsame *global position unit* (GPU).

Die NMU beinhaltet den *navigation computer* und die *navigation data base*. Der *navigation computer* bezieht Signale vom IRS (*position, velocity, heading*), VOR (*bearing*), DME (*distance*), *air data computer* (ADC) (*true airspeed, altitude*), der GPU (*position*) und vom *fuel flow system*.

Die *vortac position unit* (VPU) ist ein Untersystem der NMU. Die VPU übernimmt die Frequenzwahl für das VOR/DME und sie berechnet aus den eintreffenden Daten (*bearing/distance* oder *distance/distance*) die geographische Position.

Mit Daten des *inertial reference system* (IRS), der VPU und der GPU berechnet die *navigation management unit* (NMU) die sogenannte *composite aircraft position*, welche kontinuierlich aufdatiert wird.

Die CDU dient zur Eingabe respektive zur Darstellung von Navigationsdaten.

Mit dem LNAV Umschalter auf dem *forward center pedestal* kann bestimmt werden, welche der beiden *navigation management units* (NMU) Daten zum EFIS *navigation display* (ND) und zum EFIS *primary flight display* (PFD) des Kommandanten resp. des Copiloten liefert.

Mit dem Umschalter in der Position LNAV 1 liefert die NMU 1 Daten an die EFIS des Kommandanten und des Copiloten. Mit dem Umschalter in Position LNAV 2 liefert die NMU 2 Daten an die EFIS des Kommandanten und des Copiloten. In der Position SPLIT liefert die NMU 1 Daten an das EFIS des Kommandanten und die NMU 2 Daten an das EFIS des Copiloten.

Die beiden *navigation management units* liefern *navigation data* an das EFIS und *steering commands* an das DFGS.

Die Frequenzwahl für das VOR/DME-System kann durch die Besatzung von Hand oder aber durch das *navigation management system* (NMS) erfolgen. Die Daten der von Hand gewählten VOR/DME-Stationen werden auf dem *electronic flight instrument system* (EFIS) und auf dem *distance bearing indicator* (DBI) angezeigt.

Eine DME *interrogator unit* kann in kurzer Folge bis zu fünf Bodenstationen ansprechen. Vier dieser Kanäle werden ausschliesslich vom *navigation management system* (NMS) angewählt und die ermittelten Distanzen werden zum NMS übertragen.

Das *navigation management system* wird durch ein Überwachungssystem in der NMU laufend kontrolliert und Systemfehler werden der Besatzung angezeigt.

Die NMU 1 wird aus dem DC 1 *bus*, CDU 1 aus dem DC 1 *bus*, NMU 2 aus dem DC 2 *bus*, CDU 2 aus dem DC 2 *bus* und die GPU aus dem DC 1 *bus* gespiesen.

1.6.8 Navigationsausrüstung

1.6.8.1 Inertial Reference System

1.6.8.1.1 Beschreibung des Systems

Das *inertial reference system* (IRS) dient zur Berechnung von Flugzeugposition, Geschwindigkeit (*along track velocity*), Kompasskurs (*true/magnetic heading*), Fluglage

und Flugzeugbeschleunigungen. Als Sensoren dienen drei *laser gyros* und drei Beschleunigungsmesser (*accelerometer*). Aus Gründen der Redundanz sind zwei IRS-Systeme installiert.

Die Flugzeugposition wird an das *navigation management system* (NMS) weitergeleitet. Kompasskurs und Fluglagereferenz werden auf den EFIS-*displays* dargestellt sowie für die Steuerung des Flugzeuges durch das *digital flight guidance system* (DFGS) verwendet. Weitere Benutzersysteme sind das Wetter Radar, das *ground proximity warning system* (GWPS) und das *traffic alert and collision avoidance system* (TCAS). Durch den *digital flight data recorder* (DFDR) werden die wesentlichen Parameter laufend aufgezeichnet.

Jedes IRS beinhaltet eine *inertial reference unit* (IRU) und eine *mode select unit* (MSU). Die MSU der beiden IRS-Systeme sind in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht.

Die IRU umfasst drei *laser gyros* und drei *accelerometer*, welche als Sensoren für die Bestimmung von Flugzeugposition (*inertial position*), Geschwindigkeit (*along track velocity*), Distanz (*along track distance*), Kompasskurs (*true/magnetic heading*), Fluglage (*attitude*) und Flugzeugbeschleunigungen (*accelerations*) dienen. Die *accelerometer* fühlen die Beschleunigungen entlang den X-, Y- und Z-Achsen. Die *laser gyros* sind so angeordnet, dass sie eine Rotation um diese Achsen messen. Sowohl *laser gyros* als auch *accelerometer* sind gegenüber dem IRU-Gehäuse resp. dem Flugzeugrumpf fix montiert (*strap down configuration*). Dies bedingt, dass im Rechner der IRU eine virtuelle Plattform gebildet werden muss. Diese Plattform wird während des Fluges mittels der von den *laser gyros* gelieferten Daten laufend nachgeführt.

Während des Ausrichtens der Plattform am Boden (*align mode*) werden die *accelerometer* zusätzlich zur Bestimmung des Erdmittelpunktes (*local vertical*) verwendet. Dies bedingt, dass sich das Flugzeug während dieses Vorganges nicht bewegt. Die Erdrotation, welche durch die *laser gyros* detektiert wird, dient zur Bestimmung des *true north heading*. Das Ausrichten der Plattform (*align mode*) dauert in Mitteleuropa ca. zehn Minuten. Vorgängig muss über das *navigation management system* (NMS) die *present position* eingegeben werden.

Die MSU enthält einen Drehschalter und einen *status annunciator*. Mit dem Drehschalter können die folgenden *basic modes* gewählt werden:

OFF – IRS ist ausgeschaltet.

ALN – Während der ersten zwanzig Sekunden führt die *inertial section* der IRU einen *power up self test* durch. War dieser erfolgreich, beginnt das Ausrichten der virtuellen Plattform (*align mode*). Die Lampe NAV OFF auf der MSU leuchtet während der Dauer dieses Vorganges und ALN wird auf der *control display unit* (CDU) des *navigation management systems* angezeigt. Tritt während des Ausrichtens (*alignment*) ein Fehler auf, beginnt die Lampe NAV OFF zu blinken und der *navigation mode* kann nicht erreicht werden. Für ein erfolgreiches *alignment* muss über das NMS die *present position* eingegeben werden. Gegen Ende des *alignment* wird die eingegebene geographische Breite (*latitude*) mit der durch die IRU errechneten *latitude* verglichen. Ebenso wird die eingegebene Position mit der zuletzt gespeicherten Position des vorangehenden Fluges verglichen und muss mit dieser innerhalb einer vorgegebenen Toleranz übereinstimmen.

NAV – Der Drehschalter auf der MSU kann in die Position NAV gebracht werden, nachdem das *alignment* erfolgreich abgeschlossen worden ist. Die Lampe NAV OFF auf der MSU erlischt nun. Je länger die IRU im *align mode* bleibt, desto genauer sind die errechneten Daten. Im Normalfall wird der Drehschalter direkt in die Stellung NAV ge-

bracht und die IRU wechselt automatisch vom *align mode* in den *navigation mode*, sobald das *alignment* abgeschlossen ist.

Im *navigation mode* liefert die IRU die errechnete *inertial position* an das *navigation management system*. Die *inertial position* wird, ausgehend von der *along track acceleration* über die *along track velocity* und schliesslich die *along track distance*, über eine zweifache Integration errechnet. Ausgangspunkt für die Berechnung der *inertial position* ist die von Hand eingegebene *present position*.

ATT – Im *attitude mode* kann das IRS im Flug nur noch die Daten *standby attitude* und *standby heading* ans EFIS liefern, allerdings mit operationellen Einschränkungen. Dieser *mode* ist nur für den Fall vorgesehen, in welchem das IRS zuvor gewisse Referenzdaten verloren hat.

Mit einem Umschalter auf dem Instrumentenpanel des Kommandanten kann zwischen *true heading* und *magnetic heading* umgeschaltet werden. Der Schalter befindet sich normalerweise in der Stellung 'MAG' und ist durch eine Schutzkappe gesichert.

Im Falle einer IRU Störung werden auf den entsprechenden EFIS *displays* die Warnungen ATT und/oder HDG angezeigt. Mit dem Umschalter ATT/HDG kann auf die intakte IRU umgeschaltet werden.

Jede IRU hat eine primäre und eine sekundäre Stromquelle. Die IRU 1 wird primär über den ESS 115 VAC *bus* und sekundär über den BAT 28 VDC *bus* gespeisen, während die IRU 2 in erster Linie über den 115 VAC2 *bus* und sekundär über den ESS 28 VDC *bus* versorgt wird.

1.6.8.2 VHF-Navigation System

1.6.8.2.1 Beschreibung des Systems

Das VHF-Navigationssystem empfängt Signale von UKW-Drehfunkfeuern (VHF *omni-directional radio-range* – VOR), Landekursendern (*localizer*) und Gleitwegsendern (*glide slope*) von Instrumentenlandesystemen (ILS) sowie Sendern von Einflugzeichen (*marker*). Die in den entsprechenden Empfängern generierten *bearing* und *deviation* Signale werden dann auf dem EFIS *primary flight display* (PFD), auf dem EFIS *navigation display* (ND) und auf dem *distance bearing indicator* (DBI) angezeigt. Für den Empfang der VOR- und der ILS-Signale sind separate Empfangsgeräte vorhanden. Die ILS-Empfänger müssen die strengen internen Überwachungsanforderungen (*internal monitoring*) für ILS Anflüge der Category III erfüllen. Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich auf die VOR-Funktion.

Das Flugzeugmuster AVRO 146-RJ100 ist mit einem zweifachen (*dual*) VOR-System ausgerüstet. Jedes der beiden Systeme besteht aus einem VOR-Empfänger, einer VOR/ILS/DME *control unit* und einer VOR/LOC-Antenne.

Zweck eines VOR-Systems ist, automatisch das *bearing* vom Flugzeug zu einer Bodenstation mit bekannten geographischen Koordinaten zu ermitteln. Stellt man nun auf dem *mode control panel* (MCP) einen VOR *course* ein, so ist der EFIS *symbol generator* in der Lage, die Kursabweichung (*course deviation*) zu berechnen. Der EFIS *symbol generator* liefert ferner die TO/FROM-Information.

Das VOR *bearing* wird primär auf dem DBI dargestellt, sofern auf diesem der Umschalter VOR/ADF auf VOR steht. Wird keine Bodenstation empfangen oder wird im VOR-Empfänger ein Fehler festgestellt, so erscheint auf dem DBI eine Warnflagge und der *bearing pointer* geht in die "drei Uhr" Position (*park position*). Das VOR *bearing* kann

ebenfalls auf dem EFIS *navigation display* (ND) eingeblendet werden, wenn auf dem EFIS *control panel* der BRG-Umschalter in der Stellung VOR steht.

Der auf dem *mode control panel* eingestellte VOR-course wird auf dem EFIS *navigation display* (ND) dargestellt, wenn auf dem EFIS *control panel* der CRS-Umschalter in der Stellung V/L steht. In dieser Schalterstellung wird ebenfalls die VOR-deviation dargestellt.

Die VOR-Frequenz wird auf der VOR/ILS/DME *control unit* gewählt. Eine zweite VOR-Frequenz kann vorgewählt und mittels Knopfdruck abgerufen werden. Das VOR-System arbeitet im Frequenzbereich 108.00 – 117.95 MHz, mit 50 kHz Kanalabstand (*channel spacing*). Im Frequenzbereich 108 – 111 MHz sind nur die geraden Zehntelmegahertz als VOR-Frequenzen vorgesehen.

Zur Identifikation der VOR-Bodenstationen wird dem VOR-Sender ein spezifischer Morsecode aufmoduliert. Dieser Morsecode kann über das Audiosystem abgehört werden.

VOR *course* und VOR *deviation* Signale stehen auch dem *digital flight guidance computer* (DFGC) zur Verfügung. Im VOR *mode* führt das *digital flight guidance system* (DFGS) das Flugzeug entlang einer selektierten VOR-Standlinie (VOR *course*). Der VOR *mode* kann vorgewählt (*armed*) werden, z.B. im *heading mode* oder im LNAV *mode*. Bei Annäherung an die VOR-Standlinie aktiviert dann der Autopilot automatisch den VOR *mode*.

Das VOR-System wird durch ein Überwachungssystem im VOR-Empfänger und im EFIS *symbol generator* laufend überwacht. Ein Systemfehler wird der Besatzung angezeigt.

Der VOR-Empfänger 1 wird über den *emergency AC bus*, der VOR-Empfänger 2 durch den AC 2 *bus* versorgt. Die VOR/ILS/DME *control unit* 1 bezieht ihren Strom über den *emergency DC bus* und die VOR/ILS/DME *control unit* 2 wird vom DC 2 *bus* gespeist.

1.6.8.3 Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment

1.6.8.3.1 Beschreibung des Systems

Die AVRO 146-RJ100 ist mit einem zweifachen Entfernungsmessgerät (*dual distance measuring equipment* – DME) ausgerüstet. Jedes der beiden DME-Systeme besteht aus einer DME *interrogator unit*, einer VOR/ILS/DME *control unit* und einer Antenne im L-Band (962 - 1213 MHz).

Zweck eines DME-Systems ist, die Distanz vom Flugzeug zu einer Bodenstation mit bekannten geographischen Koordinaten zu ermitteln. DME-Bodenstationen sind meist örtlich zusammen mit VOR-Bodenstationen angeordnet (*co-located*). Daher wird auch die Frequenz über eine gemeinsame VOR/ILS/DME *control unit* gewählt.

Eine DME *interrogator unit* kann in kurzer Folge bis zu fünf Bodenstationen ansprechen. Die Distanz zu der mittels VOR/ILS/DME *control unit* gewählten Bodenstation wird auf dem *electronic flight instrument system* (EFIS) und auf dem *distance bearing indicator* (DBI) angezeigt. Die Kanäle der übrigen vier Bodenstationen werden automatisch vom *navigation management system* (NMS) angewählt und die ermittelten Distanzen werden zum NMS übertragen.

Die DME *interrogator unit* sendet Impulspaare zur Bodenstation, die nach einer definierten Verzögerungszeit mit gleichen Impulspaaren antwortet. Im Flugzeug wird dann, unter Berücksichtigung der genannten Verzögerungszeit, die Zeitdifferenz zwischen Ausstrahlung und Empfang dieser Impulspaare ermittelt, um die Distanz zu berechnen. Mehrere Flugzeuge können mit der gleichen Bodenstation arbeiten.

Das DME-System arbeitet im Frequenzbereich des L-Bandes (962 - 1213 MHz). Es stehen 252 Kanäle zur Verfügung. Ein Teil dieser Kanäle ist jeweils mit einer der VOR-Frequenzen gepaart. Wird auf der VOR/ILS/DME *control unit* eine VOR-Frequenz eingestellt, so wählt man gleichzeitig den zugehörigen DME-Kanal.

Zur Identifikation der DME-Bodenstationen wird vom DME-Sender ein spezifischer Morsecode aufmoduliert. Dieser Morsecode kann über das Audiosystem abgehört werden.

Das DME-System wird durch ein Überwachungssystem in der DME *interrogator unit* laufend überwacht. Ein Systemfehler wird der Besatzung angezeigt. Von der VOR/ILS/DME *control unit* aus kann zusätzlich ein *selftest* gestartet werden.

Die Betriebsart des DME-Systems wird an der VOR/ILS/DME *control unit* gewählt.

Das DME-System 1 bezieht Strom vom *essential AC bus* und vom *essential DC bus*. Das DME-System 2 bezieht Strom vom AC *bus 2* und vom DC *bus 2*.

1.6.8.4 Air Data System

1.6.8.4.1 Beschreibung des Systems

Kernstück des *air data systems* ist der *digital air data computer* (DADC). Dieser ist mit dem *static pressure system*, dem *pitot pressure system*, einem Temperaturfühler für die Aussentemperatur und zwei Sensoren für den Luftanströmwinkel (*angle of attack vanes*) verbunden. Im DADC werden Druckänderungen im *pitot/static system* in elektrische Signale umgewandelt. Die Verarbeitung der Signale am Eingang des DADC erfolgt digital und die errechneten Parameter (*altitude, airspeed, mach number, vertical speed, total air temperature, angle of attack*) gelangen schliesslich via *databus* zu den Benutzersystemen (*inertial reference units, digital flight guidance computers, navigation management units, mode S transponders, air data accessory unit, flight data recorder, EFIS symbol generators, servo altimeters, ground proximity warning computer*).

Die interne Datenverarbeitung des *digital air data computers* wird laufend überwacht. Bei allfälligen Fehlfunktionen erfolgt eine Kennzeichnung der fehlerhaften Ausgabedaten. Diese Kennzeichnung wird durch die interne Überwachung der Benutzersysteme, z.B. *EFIS symbol generator, servo altimeter* etc., als Fehlersignal erkannt.

Im *EFIS symbol generator* und im *servo altimeter* wird ausser den eintreffenden Daten auch die interne Datenverarbeitung überwacht. Fehlfunktionen werden der Besatzung angezeigt.

Im *digital air data computer* (DADC) wird das *angle of attack* Signal für die Korrektur des Messfehlers beim Statischdrucksystem (*static source error correction*) verwendet. Weitere Korrekturfaktoren werden aus im DADC gespeicherten Tabellen entnommen. Die barometrische Höhe wird im *servo altimeter* angezeigt. Die auf Standarddruck basierende Höhe wird im *mode S transponder* für die Höhenübermittlung (*mode C*) verwendet.

Die Fluggeschwindigkeit (*computed airspeed, mach number*) und die Vertikalgeschwindigkeit (*vertical speed*) werden auf dem *EFIS primary flight display* (PFD) angezeigt. Beim Überschreiten der höchstzulässigen Betriebsgeschwindigkeit V_{mo} bzw. höchstzulässigen Betriebsmachzahl M_{mo} wird eine akustische Warnung ausgelöst. Die im DADC errechnete Vertikalgeschwindigkeit wird mit derjenigen vom *inertial reference system* (IRS) gemischt.

Die AVRO 146-RJ100 ist mit einem zweifachen (*dual*) *air data system* ausgerüstet. Beide *digital air data computer* (DADC) arbeiten unabhängig voneinander. Im Normalfall werden auf dem linken PFD und auf dem linken *servo altimeter* Daten vom DADC 1

dargestellt. Daten des DADC 2 erscheinen auf der rechten Seite. Bei Ausfall eines DADC kann mittels eines Umschalters auf dem Instrumentenpanel des Kommandanten auf den intakten DADC umgeschaltet werden. Auf beiden PFD erscheint dann ein Hinweis in gelber Farbe 'ADC1' oder 'ADC2'.

Die Werte der Fluggeschwindigkeit werden in beiden EFIS *symbol generators* verglichen. Eine Abweichung ausserhalb einer festgelegten Toleranz wird als 'SPD' in gelber Farbe auf beiden PFD angezeigt.

Zusätzlich zu den beiden *air data systems* ist die AVRO 146-RJ100 mit einem *standby altitude/airspeed indicator* ausgerüstet. Dieser muss von den Piloten verwendet werden, wenn die primären Anzeigen unterschiedliche Werte anzeigen. Der *standby altitude/airspeed indicator* ist mit einem unabhängigen *pitot/static system* ausgerüstet.

Am Boden können die beiden DADC mittels einer *self test* Funktion geprüft werden.

Das *air data system* wird wie folgt mit Strom versorgt:

DADC 1	ESS 115 VAC <i>bus</i>
DADC 2	AC 2 115 VAC <i>bus</i>
AOA <i>vane</i> 1	ESS 26 VAC <i>bus</i>
AOA <i>vane</i> 2	AC 2 115 VAC <i>bus</i>
Linker <i>servo altimeter</i>	ESS 115 VAC <i>bus</i> , ESS 26 VAC <i>bus</i>
Rechter <i>servo altimeter</i>	AC 2 115 VAC <i>bus</i> , AC 2 26 VAC <i>bus</i>
<i>Standby altitude/airspeed indicator</i>	EMERG/BATT 28 VDC, EMERG 28 VDC

1.6.8.4.2 Non Volatile Memories

In den *air data computer* waren *non volatile memories* eingebaut, welche über den Betriebszustand dieser Geräte Aufschluss geben konnten. Diese *memories* wurden ausgewertet und es zeigte sich, dass während des Unfallfluges und der neun vorangehenden Flüge kein Fehler aufgezeichnet wurde (vgl. Kap. 1.19).

1.6.8.5 Radarhöhenmesser

1.6.8.5.1 Beschreibung des Systems

Das *radio altimeter system* dient zur Anzeige der genauen Höhe über Grund während des Anfluges und bei der Landung, sofern diese Höhe weniger als 2500 ft beträgt.

Im Flugzeug sind zwei identische Radarhöhenmessersysteme installiert. Jedes besteht aus einem für Instrumentenanflüge der Kategorie III A tauglichen Sender/Empfänger und zwei Antennen.

Die Radarhöhe wird auf dem EFIS *primary flight display* (PFD) angezeigt. Die gemessene Höhe des *radio altimeter transceiver* 1 wird auf dem PFD des Kommandanten, diejenige des *radio altimeter transceiver* 2 auf dem PFD des Copiloten dargestellt. Die digitale Anzeige ist grün, unterhalb der *decision height* (DH) wechselt sie auf gelb. Fällt ein *radio altimeter transceiver* aus, so wird automatisch die Höhe des verbleibenden *radio altimeter transceiver* angezeigt und es erscheint ein 'RA' in weiss neben der Höhenanzeige. Fallen beide *radio altimeter transceiver* aus, so verschwinden beide Höhenanzeigen und es wird ein 'RA' in rot angezeigt. Stimmen die Höhenangaben links und rechts nicht überein, erscheint ein 'RA' in gelb neben beiden Höhenanzeigen.

Der Knopf für das Einstellen der *decision height* (DH) befindet sich auf dem EFIS *dimming panel*. Die DH kann zwischen 0 und 500 ft eingestellt werden und wird dann auf dem jeweiligen PFD in der Farbe *cyan* angezeigt (z.B. DH/100).

Wenn das Flugzeug unter eine Höhe absinkt, die 50 ft über der DH liegt, beginnt die DH-Anzeige zu blinken, um die Besatzung zu warnen. Bei Erreichen der *decision height* ändert die blinkende DH-Anzeige auf ein ständig leuchtendes 'DH' in gelb und gleichzeitig ertönt die akustische Warnung '*minimums*'. Die Warnung '*minimums*' wird nur von der DH-Einstellung auf der Seite des Kommandanten beeinflusst.

Die akustische Warnung '*minimums*' wird vom *ground proximity warning computer* (GPWC) erzeugt. Nebst dieser Warnung werden die Radarhöhen 500, 100, 50, 40, 30, 20 und 10 ft mit synthetischer Stimme ausgerufen.

Ausser an das EFIS wird die Radarhöhe auch an die folgenden Systeme geliefert:

- DFGC (beide *radio altimeter transceiver*)
- GPWS (nur *radio altimeter transceiver 1*)
- FDR (beide *radio altimeter transceiver*)
- TCAS (beide *radio altimeter transceiver*)

Wird der Testknopf auf einem der EFIS *dimming panel* gedrückt, so führt der entsprechende *radio altimeter transceiver* einen *self test* aus, wobei eine Höhe von 40 ft angezeigt wird.

Der *radio altimeter transceiver 1* bezieht Strom vom AC *essential bus* via *avionics master switch 1* und der *radio altimeter transceiver 2* bezieht Strom vom AC *bus 2* via *avionics master switch 2*.

1.6.9 Befunde nach dem Unfall

1.6.9.1 Electronic Flight Instrument System

Ort	Bedieneinheit / Anzeige	Stellung
<i>instrument panel</i> links	EFIS Umschalter	NORM
		Schutzkappe intakt
<i>display dimming panel</i>	EFIS 1 MSTR (<i>lever lock switch</i>)	ON
	Drehknopf für das Wetter-radar	im Gegenuhrzeigersinn am Anschlag
<i>instrument panel</i> rechts	EFIS 2 MSTR (<i>lever lock switch</i>)	ON
EFIS <i>control panel</i> links	<i>bearing selector</i> (BRG)	VOR
	<i>range selector</i> (RNG)	10
	<i>course selector</i> (CRS)	OFF
	<i>format</i>	MAP
EFIS <i>control panel</i> rechts	<i>bearing selector</i> (BRG)	OFF
	<i>range selector</i> (RNG)	10
	<i>course selector</i> (CRS)	LNAV
	<i>format</i>	MAP

1.6.9.2 Inertial Reference System

Ort	Bedieneinheit / Anzeige	Stellung
<i>instrument panel</i> links	MAG/TRU Umschalter	MAG
	ATT/HDG	Schutzkappe intakt BOTH 2 Schalter verbogen, Schutz- kappe abgebrochen

1.6.9.3 VHF-Navigation System

Ort	Bedieneinheit / Anzeige	Stellung
VOR/ILS/DME <i>control unit</i> 1	DME <i>selector</i>	HOLD
VOR/ILS/DME <i>control unit</i> 2	DME <i>selector</i>	HOLD
<i>distance bearing indicator</i> (DBI) 1	Steuerkurs	302°
	<i>single pointer</i>	3 Uhr
	<i>double pointer</i>	3 Uhr
	VOR/ADF Umschalter links	ADF
	VOR/ADF Umschalter rechts	ADF
<i>distance bearing indicator</i> (DBI) 2	Steuerkurs	nicht feststellbar, Skala frei drehend
	<i>single pointer</i>	abgerissen
	<i>double pointer</i>	frei drehend, mechanisch beschädigt
	VOR/ADF Umschalter links	ADF
	VOR/ADF Umschalter rechts	leicht unterhalb der Position ADF, mechanisch beschädigt

1.6.9.4 Air Data System

Ort / Instrument	Bedieneinheit / Anzeige	Stellung
<i>servo altimeter</i> links	<i>flag</i>	sichtbar
	<i>baro setting</i>	1024 hPa
	<i>altimeter bug</i>	0
	<i>altitude drum</i>	~ 1920 ft
	Zeiger	~ 900 ft
<i>servo altimeter</i> rechts	<i>flag</i>	sichtbar
	<i>baro setting</i>	1024 hPa
	<i>altimeter bug</i>	~ 390 ft (MDA 2390 ft)
	<i>altitude drum</i>	~ 1890 ft

	Zeiger	~ 890 ft
<i>standby altitude/airspeed indicator</i>	<i>baro setting</i>	1024 hPa
	<i>altitude drum</i>	~ 3000 ft
	Zeiger Höhenmesser	~ 450 ft
	Zeiger Geschwindigkeit	0
<i>instrument panel links</i>	<i>air data Umschalter</i>	NORM
		Schutzkappe intakt

1.6.10 Ground Proximity Warning System

Das *ground proximity warning system* (GPWS) erzeugt optische und akustische Warnungen, wenn sich das Flugzeug in gefährlicher Weise dem Boden nähert. Ebenso generiert das GPWS akustische Höhenangaben, um die Piloten über die Annäherung an den Boden zu informieren.

Der *ground proximity warning computer* (GPWC) überwacht und verarbeitet bestimmte Signale vom Flugzeug und löst eine Warnung aus, wenn in eine der folgenden *warning envelopes* eingedrungen wird:

- *mode 1* *excessive descent rate*
- *mode 2* *excessive terrain closure rate*
- *mode 3* *altitude loss after take off*
- *mode 4* *unsafe terrain clearance*
- *mode 5* *inadvertent descent below glideslope*
- *mode 6* *altitude awareness call outs (radar altitude)*

Für jeden Modus (*mode*) gibt es definierte akustische Warnungen (*synthetic voice*). Für den Fall, dass mehrere akustische Warnungen gleichzeitig ansprechen sollten, haben sie unterschiedliche Dringlichkeitsstufen. Eine *stall warning* oder eine *wind shear warning* besitzt beispielsweise Vorrang gegenüber den GPWS Warnungen. Die akustischen Warnungen für *mode 1* bis 4 lösen zusätzlich eine optische Warnung GPWS ‚PULL UP‘ aus. Um die verschiedenen Flugzeugkonfigurationen (*flaps, gear*) zu berücksichtigen, sind die Warnungen für *mode 2* und *mode 4* in *submodes* aufgeteilt. Die *warning envelopes* sind im *aircraft maintenance manual* ATA 34-46-00, im *Crosscat maintenance training manual*, sowie im *manufacturers operations manual* VOL 1, *book 1* ausführlich beschrieben. Für die im Unfallflug relevanten *mode 1 – excessive descent rate* und *mode 2B – excessive terrain closure rate*, sind die *envelopes* im Anhang 3 abgebildet.

Der GPWC benötigt für die Auslösung der Warnungen die folgenden Signale: *radar altitude* (RA), *vertical speed, altitude* (ADC), *inertial vertical speed* (IRU), *glide slope deviation* (ILS Rx), *flaps position, landing gear position*.

Um eine Fehlwarnung bei einer beabsichtigten Landung, mit Landeklappen nicht in Landstellung, zu vermeiden, kann mit dem Schalter ‚FLAP WARN OVRD‘ die aktuelle Landeklappen-Position übersteuert werden (*mode 4B*).

Der GPWC bezieht 115 VAC vom *essential bus*. Beim Einschalten wird im GPWC ein automatischer Test ausgelöst. Durch Drücken eines der Knöpfe GPWS/PULL UP/GP INHIBIT im *glare shield panel* kann am Boden ein *self test (short test or long test)* ausgeführt werden. Ein *short test* ist auch im Flug bei einer Radarhöhe von mehr als 1000 ft möglich. Gewisse Funktionen des GPWC werden im Flug laufend überwacht. Ein Fehler im GPWS löst die GPWS INOP Warnung im *central status panel* aus.

1.6.11 ATC Transponder System

Beim *air traffic control* (ATC) *transponder system* handelt es sich um das flugzeugseitige Element eines Luftüberwachungssystems, welches unter der Bezeichnung *secondary surveillance radar system* (SSR) bekannt ist. Das SSR ermöglicht es dem Flugverkehrsleiter, Flugzeuge zu identifizieren und deren Höhe zu erkennen. Das SSR ergänzt das *primary radar system*.

Das Flugzeug war mit einem *mode S transponder* ausgerüstet. Neben den bereits erwähnten Funktionen kann der *mode S transponder* zusätzliche Daten übertragen. Diese Funktion wird auch für die Übertragung von TCAS-Daten benutzt.

Um die angestrebte Verfügbarkeit zu gewährleisten, ist die AVRO 146-RJ100 mit einem *dual ATC transponder system* ausgerüstet. Die Bedienung erfolgt von einer gemeinsamen Bedienungseinheit aus, welche in der Mittelkonsole eingebaut ist.

Um die verschiedenen Luftfahrzeuge identifizieren zu können, wird jedem Flug eine charakteristische Kennung (*squawk*) zugeordnet. Diese Nummer (vierstellig, oktal) wird auf Anordnung des Flugverkehrsleiters an der Bedienungseinheit eingegeben und in binärer Form ausgesendet. Ein Bedienungsknopf auf der Bedienungseinheit dient zum ein- und ausschalten des ATC *transponders*. Mit einem weiteren Knopf kann bestimmt werden, welcher *air data computer* (ADC) für die Angabe der Höhe benutzt wird, oder ob diese Funktion gänzlich unterdrückt werden soll. Ferner kann zwischen dem *transponder 1* und dem *transponder 2* umgeschaltet werden. Die Lampe XPDR FAIL zeigt an, wenn der gewählte *transponder* defekt ist (*continuous built-in test*). Mit dem Testknopf kann das korrekte Funktionieren des gewählten *transponders* nach Unterhaltsarbeiten oder vor dem Flug überprüft werden.

Für jeden ATC *transponder* ist je eine L-Band Antenne oberhalb und unterhalb des Rumpfes angeordnet. Je nach Fluglage wird die obere oder die untere Antenne benutzt. Die Umschaltung erfolgt automatisch.

Der ATC *transponder 1* bezieht Strom vom ESS 115VAC *bus*. Der ATC *transponder 2* bezieht Strom vom AC 2 115VAC *bus*.

1.6.12 Unterhalt des Luftfahrzeuges

Aus den Unterlagen über den Unterhalt des Flugzeuges war ersichtlich, dass die vom Unterhaltsprogramm vorgeschriebenen Arbeiten terminlich korrekt und vollständig abgerufen und durchgeführt wurden. Alle *checks* wurden innerhalb der vom BAZL vorgeschriebenen Intervalle inklusive Toleranzen ausgeführt.

Die Lebenslaufakten der periodischen Kontrollen, Beanstandungen sowie die Liste ausgewechselter Teile seit dem letzten C2 *check* im Mai 2000 wurden eingehend geprüft und, mit Ausnahme der APU sowie der Kalibration von Höhenmesser und DFDR Sensoren, als korrekt und vollständig beurteilt (vgl. Kap. 1.17.1.11).

1.6.13 Prüfung des verwendeten Treibstoffs

Es konnte keine analysierbare Menge Treibstoff sichergestellt werden. Der grösste Teil des Treibstoffes verbrannte, während der Rest im Boden versickerte.

1.7 Wetter

1.7.1 Zusammenfassung

Der Linienflug CRX 3597 (Berlin-Zürich) verlief ungefähr parallel zu einer über Westeuropa liegenden Warmfront. Im südlichen Streckenteil dürfte das Flugzeug auf FL 270 zeitweise in den hohen Wolken der Warmfront geflogen sein.

Beim Absinken tauchte das Flugzeug zwischen FL 160 und FL 130 in die über der Alpennordseite lagernde Nordstaubewölkung ein. Diese war kompakt, zwischen FL 110 und FL 80 waren aber dünne wolkenfreie Schichten eingelagert.

In dieser Wolkenmasse trat mässige Vereisung auf, zwischen FL 120 und FL 80 war sogar starke Vereisung möglich. Unterhalb FL 60 nahm die Vereisungsgefahr zusehends ab.

Zwischen 2700 ft AMSL und 2400 ft AMSL tauchte das sinkende Flugzeug aus der Wolkenmasse auf. In der letzten Phase des Fluges war die Sicht aus dem Cockpit nach vorne durch tiefe Stratus-Fetzen, deren Basis zwischen 2000 ft AMSL und 1800 ft AMSL lag, beeinträchtigt.

1.7.2 Allgemeine Wetterlage

Am 23. November 2001 erstreckte sich ein Hochdruckgebiet von den Azoren bis nach Frankreich. In der Schweiz herrschte bei starken Höhenwinden aus Nord eine Nordstaulage.

In der Nacht auf den 24. November 2001 verlagerte sich die Achse des *jet stream* langsam gegen Osten und lag am 24. November knapp östlich der Schweiz. Mit dieser Ostwärtsverlagerung des *jet stream* floss etwas mildere Luft gegen die Schweiz, was in der Höhe eine Erwärmung von etwa 4 °C zur Folge hatte. Damit verbunden liess die Wirkung des Nordstaus allmählich nach.

Die mit dem erwähnten *jet stream* gekoppelte Warmfront lag am 23. November über den Britischen Inseln. Sie verlagerte sich langsam gegen Osten und drang am 24. November 2001 in den Kontinent ein. Zum Unfallzeitpunkt lag die Warmfront auf einer Linie Stavanger-Lüttich-Orléans-La Rochelle.

Bilder der hochauflösenden amerikanischen NOAA-Satelliten im visuellen Bereich und im Infrarotbereich zeigen am 24. November 2001 um 12:52 UTC die Nordstaubewölkung in den zentralen und östlichen Landesteilen der Schweiz und die Bewölkung der sich von Frankreich her nähernden Warmfront als eine zusammenhängende Wolkenmasse. Auf dem Wetterradarbild von 21:10 UTC ist die Niederschlagszone im Nordstaugebiet (zentrale und östliche Voralpen) jedoch noch klar getrennt von den Warmfrontniederschlägen über den Vogesen. Die schwachen Niederschläge im Raum Zürich waren also noch auf den abklingenden Nordstau zurückzuführen.

1.7.3 Streckenwetter Berlin – Zürich

Die synoptischen Bodenkarten zeigen, dass das Flugzeug auf der Strecke Berlin-Zürich ungefähr parallel zu der über Westeuropa liegenden Warmfront flog. Die Bewölkung dieser Warmfront reichte bis nach Ostdeutschland. Gemäss dem Meteosat-Infrarot-Satellitenbild von 21:00 UTC war die Bewölkung im nördlichen Teil der Flugstrecke weniger hochreichend als über Süddeutschland. Auf der Reiseflughöhe von FL 270 dürfte sich das Flugzeug daher anfänglich ausserhalb von Wolken befunden haben. Die Aussentemperatur auf FL 270 betrug im nördlichen Streckenteil -41 °C. Der Wind auf dieser Höhe wehte aus 020 Grad mit einer Geschwindigkeit von 80 Knoten.

Im südlichen Streckenteil dürfte das Flugzeug zeitweise in den hohen Wolken der Warmfront geflogen sein.

Die Aussentemperatur auf FL 270 betrug im südlichen Streckenabschnitt -42 °C. Der Wind auf FL 270 wehte aus 020 Grad mit einer Geschwindigkeit von 70 Knoten. Beim Absinken tauchte das Flugzeug zwischen FL 160 und FL 130 in die Nordstaubewölkung ein. Auf FL 160 herrschte eine Temperatur von -17 °C, der Wind wehte aus 010 Grad mit einer Geschwindigkeit von 40 Knoten.

Für den Flug auf FL 270 waren im deutschen Luftraum keine Warnungen aktiv. Berlin und Frankfurt hatten AIRMET-Meldungen ausgegeben, die sich aber nur auf den bodennahen Luftraum bezogen.

Gemäss der *significant weather chart* (SWC) des WAFC London gültig für 18:00 UTC waren auf der Strecke Berlin-Zürich auf FL 270 keine fluggefährdenden Wettererscheinungen zu erwarten, gemäss der SWC *valid* 00:00 UTC hingegen musste im nördlichen Streckenabschnitt mit mässiger *clear air turbulence* zwischen FL 220 und FL 370 gerechnet werden.

1.7.4 Wetter im Anflugraum

1.7.4.1 Bewölkung

1.7.4.1.1 Aussagen von Flugbesatzungen

Beim Absinken tauchte das Flugzeug in die Nordstaubewölkung ein. Die Obergrenze dieser Wolkenschicht war nicht einheitlich und schwankte zwischen FL 130 und FL 160. Darunter war die Bewölkung kompakt bis auf eine Höhe von FL 110. Zwischen FL 110 und FL 80 waren dünne, wolkenfreie Schichten eingelagert. Unterhalb FL 80 war die Bewölkung wieder kompakt bis zur Wolkenuntergrenze.

Die Wolkenuntergrenze in einem weiteren Umkreis um den Flughafen Zürich war nicht einheitlich. Eine Auswertung von Pilotenaussagen ergibt folgendes Bild (gemittelte Werte, Höhenangaben bezogen auf Flughafenhöhe):

Flughafenbereich	Piste	Bewölkung
Norden	Abflug Piste 34	SCT 500 ft AAL
		BKN 1000 ft AAL
		OVC 1500 ft AAL
	Anflug Piste 14	FEW 1000 ft AAL
Westen	Abflug Piste 28	BKN 1600 ft AAL
		OVC 2000 ft AAL
		FEW 600 ft AAL
		SCT 1100 ft AAL
Osten	Anflug Piste 28	OVC 2600 ft AAL
		FEW 500 ft AAL
		BKN 1000 ft AAL

1.7.4.1.2 Messungen der Ceilometer

Ein Ceilometer ist ein Messgerät, das die Laufzeit eines vertikalen Laserstrahls misst (Punktmessung). Damit kann die Untergrenze einer Wolke, die vertikal über dem Messgerät liegt, bestimmt werden. Eine Angabe der Wolkenmenge aus Ceilometer-Daten ist nur beschränkt möglich.

Eine Auswertung der Ceilometer-Messungen der letzten 7 Minuten vor dem Unfall zwischen 21:00 UTC und 21:07 UTC ergab folgendes Bild (Höhenangaben bezogen auf Flughafenhöhe).

Flughafenbereich	Ceilometer	Bewölkung / Schichten
Norden	Pisten 14/16	500 - 1050 ft AAL
		1150 - 1350 ft AAL
	<i>Middle marker</i>	450 - 1350 ft AAL
		900 - 1150 ft AAL
	<i>Outer marker</i>	1400 - 1750 ft AAL
Osten	Bassersdorf	1300 – 3100 ft AAL
		2100 – 2750 ft AAL

Der Ceilometer Bassersdorf ist auf dem Dach eines Gebäudes in Bassersdorf installiert, ca. 1 km südlich der Anflugachse Piste 28.

1.7.4.1.3 Synthese der Aussagen von Flugbesatzungen und der Messungen der Ceilometer

Die tatsächliche Hauptwolkenuntergrenze (BKN) im Anfluggebiet der Piste 28 lag zwischen 2400 ft AMSL und 2700 ft AMSL. Diese Schicht war nicht kompakt, denn Flugbesatzungen gaben an, dass sie zeitweise über Sicht auf die Erdoberfläche verfügt hatten. Unter dieser Wolkenmasse befanden sich Stratus-Fetzen (FEW), deren Basis zwischen 1800 ft AMSL und 2000 ft AMSL lag. Solche Stratus-Fetzen behinderten gemäss den Angaben der Besatzungen die Sicht aus dem Cockpit nach vorne bis etwa 2 km vor Beginn der Piste 28.

1.7.4.2 Sicht aus dem Cockpit und meteorologische Sicht

Beim Flug knapp unterhalb der Haupt-Wolkenuntergrenze war die Sicht aus dem Cockpit nach vorne wegen der Stratus-Fetzen stark eingeschränkt. Die anfliegenden Flugzeuge hatten erst etwa 2 km vor Beginn der Piste 28 uneingeschränkte Sicht zu dieser Piste.

Unterhalb der Wolkendecke betrug die meteorologische Sicht ca. 4 km, in schwachen Niederschlägen und nahe der Wolkenuntergrenze war sie stellenweise bis gegen 2 km reduziert.

1.7.4.3 Windprofil

Die Messwerte der Inversionsmesskette AMETIS1 und der Radiosondierungen von Payerne, Stuttgart und München wurden räumlich und zeitlich interpoliert und ergaben folgendes Bild der Windverhältnisse im Anflugraum:

Höhe	Richtung in Grad	Geschwindigkeit in kt
FL 160	010	40
FL 140	360	35
FL 120	360	30
FL 100	350	25
FL 080	340	15
6000 ft AMSL	300	15
5000 ft AMSL	270	12
4000 ft AMSL	250	12
3000 ft AMSL	220	10
2000 ft AMSL	210	06

Im vertikalen Windprofil ist mit zunehmender Höhe eine markante Drehung der Windrichtung im Uhrzeigersinn (*veering*) festzustellen, was einer Warmluftadvektion entspricht (Annäherung der Warmfront). Signifikante Turbulenz trat nicht auf.

1.7.4.4 Temperaturprofil

Die Messwerte der Inversionsmesskette AMETIS1 und der Radiosondierungen von Pay-erne, Stuttgart und München wurden räumlich und zeitlich interpoliert und ergaben folgendes Bild der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse im Anflugraum:

Höhe	Temperatur in °C	Taupunkt in °C
FL 160	-17	-22
FL 140	-14	-16
FL 120	-11	-12
FL 100	-07	-08
FL 080	-05	-05
6000 ft AMSL	-04	-04
5000 ft AMSL	-03	-03
4000 ft AMSL	-02	-02
3000 ft AMSL	-01	-01
2000 ft AMSL	0	0

Die Höhe der Nullgradgrenze lag bei 2200 ft AMSL, denn Bodenzeugen, die sich auf einer Höhe von ca. 1700 ft AMSL befanden, beobachteten als Niederschlagsart Schneefall mit Regen vermischt, was bedeutet, dass die Nullgradgrenze etwa 500 ft höher gelegen hat.

1.7.4.5 Vereisung

Unterhalb FL 140 trat im Anflugraum mässige Vereisung auf. Mehrere Besatzungen stellten starke Vereisung zwischen FL 120 und FL 80 fest. Unterhalb FL 60 wurde der Vereisungsgrad schwächer.

Erfahrungsgemäss tritt in Schichtwolken die stärkste Vereisung im Temperaturbereich von -4 °C bis -8 °C auf. Dies entsprach im vorliegenden Fall einem Höhenbereich von 6000 ft AMSL bis 10 500 ft AMSL.

1.7.4.6 Warnungen

Zum Unfallzeitpunkt war die folgende, von MeteoSchweiz ausgegebene AIRMET-Meldung aktiv:

LSAS SWITZERLAND AIRMET 241930/242400 LSZH- SWITZERLAND FIR MOD ICE OBS ALPS AND N OF ALPS BTN FL060 AND FL130 STNR NC =

Im Klartext bedeutet dies: Über den Alpen und nördlich der Alpen wurde zwischen FL 60 und FL 130 mässige Vereisung beobachtet; stationär; keine Änderung.

1.7.5 Wetter im Unfallgebiet

1.7.5.1 Bewölkung

Die Ebene bei Bassersdorf liegt auf einer Höhe von etwa 1500 ft AMSL, nördlich und nordöstlich von dieser Ebene steigt das hügelige Gelände an bis zur Hochebene im Gebiet Oberwil/Brütten, die auf einer Höhe von 1900 bis 2000 ft AMSL liegt. In diesem Gelände liegt die Unfallstelle. Bei Südwestwind wird die anströmende Luft an diesem Abhang leicht angehoben. Bei genügender Feuchtigkeit der Luft können sich dadurch tiefliegende orographische Wolken bilden.

Die Hauptwolkenuntergrenze im Unfallgebiet (BKN) lag zwischen 2400 ft AMSL und 2700 ft AMSL. Am hügeligen Abhang gegen Oberwil zu bildeten sich durch Hebung der von Südwesten her anströmenden feuchten Luft tiefe Stratus-Bänke, deren Basis zwischen 1800 ft AMSL und 2000 ft AMSL lag, das heisst, einige dieser Stratusbänke lagen stellenweise auf Hügeln oder Abhängen auf.

Darauf lassen auch Aussagen von Augenzeugen im Unfallgebiet (Ebene bei Kreuzung Chrüzstrass) schliessen: „Flugzeug taucht plötzlich aus Wolken auf“ bzw. „Flugzeug fliegt durch tiefhängende Wolkenwand“.

1.7.5.2 Niederschläge

Im Unfallgebiet wurden schwache Niederschläge beobachtet, und zwar in Form von Schneefall mit Regen vermischt. Die Lufttemperatur im Unfallgebiet betrug ungefähr +0.5 °C.

1.7.5.3 Sicht

Die Sicht in der kleinen Ebene bei der Kreuzung Chrüzstrass betrug etwa 2-3 km. Etwas höher an den Abhängen und damit näher an der Wolkenbasis war die Sicht durch die tiefliegenden Stratus-Fetzen noch stärker beeinträchtigt.

1.7.5.4 Wind

Im Unfallgebiet wehte der Wind aus Richtung Süd mit einer Geschwindigkeit von 3-5 Knoten.

1.7.6 Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich

1.7.6.1 Tagesverlauf

Auf dem Flughafen Zürich war der Himmel unter dem Einfluss des Nordstaus den ganzen Tag über stark bewölkt oder bedeckt. Am frühen Morgen und vereinzelt wieder am Nachmittag wurde schwacher Schneefall registriert. Ab 14:50 UTC bis zum Unfallzeitpunkt schneite es ununterbrochen, wobei die Intensität nur schwach war. Einzig um 18:20 UTC wurde mässiger Schneefall beobachtet.

Die Haupt-Wolkenuntergrenze sank im Laufe des Abends allmählich ab und auch die Sicht, die um die Mittagszeit noch bei ca. 20 km lag, ging auf Werte um 4 km zurück. Der Wind war den ganzen Tag über schwach, die Windrichtung variierte zwischen Südwest und Südost.

1.7.6.2 Wetter im Zeitpunkt des Unfalls

Wind Messpunkt Piste 14/16	aus 130° mit 2 kt
Wind Messpunkt Piste 34	aus 180° mit 3 kt
Meteorologische Sicht	3500 m
Pistensicht Piste 14A	mehr als 1500 m
Pistensicht Piste 16A	mehr als 1500 m
Pistensicht Piste 28A	mehr als 1500 m
Niederschlag	schwacher Schneefall
Wolkenbasis	Kapitel 1.7.4.1.1 und 1.7.4.1.2
Lufttemperatur	+0.6 °C (2 m über Grund)
Lufttemperatur Messpunkt Piste 14/16	+0.3 °C (5 cm über Grund) +0.5 °C (5 cm über Beton)
Luftfeuchtigkeit	98 %
Luftdruck	QNH 1023.9 hPa QFE Piste 14: 973 hPa QFE Piste 16: 973 hPa QFE Piste 28: 972 hPa
Bodenzustand	Schmelzender Schnee, den gesamten Boden bedeckend

1.7.6.3 Flugplatzwettermeldungen METAR

Zum Unfallzeitpunkt war das folgende METAR gültig:

METAR 242050Z 16002KT 3500 –SN FEW006 BKN015 OVC022 00/M00 Q1024 8829//99 TEMPO 5000=

Im Klartext bedeutet dies, dass am 24. November 2001 um 20:50 UTC auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet wurden:

Wind	aus 160° mit 2 kt
Meteorologische Sicht	3500 m
Niederschläge	Schwacher Schneefall
Bewölkung	1-2/8 auf 600 ft AAL 5-7/8 auf 1500 ft AAL 8/8 mit Wolkenuntergrenze auf 2200 ft AAL
Temperatur	0 °C
Taupunkt	zwischen -0.5 °C und -0.1 °C

Luftdruck	1024 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Pistenzustandsbericht	Über 50 % der Pistenflächen sind nass oder mit Wasserpfützen bedeckt. Die Dicke dieser Wasserablagerungen ist betrieblich nicht von Bedeutung oder nicht messbar und es lassen sich keine zuverlässigen Angaben über die Bremswirkung machen.
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, ist zu erwarten, dass sich die meteorologische Sicht zeitweise auf 5000 m ändert. Die gesamte Zeit dieser Änderung wird voraussichtlich weniger als eine Stunde betragen.

Um 21:20 UTC trat das folgende METAR in Kraft:

METAR 242120Z 13002KT 4000 –SN FEW006 BKN015 01/M00 Q1023 8820//99 NOSIG=

1.7.6.4 Wettersvorhersagen TAF

LSZH 241800Z 241904 24005KT 6000 SN FEW015 BKN025 BECMG 2224 3000 SNRA SCT008 BKN015=

1.7.7 Ausgestrahlte Wetterinformationen

1.7.7.1 VOLMET

Am 24. November 2001 um 20:20:21 UTC begann die Ausstrahlung der folgenden VOLMET-Meldung:

THIS IS ZÜRICH MET BROADCAST MET REPORTS.

ZÜRICH 2020.

170 DEGREES 3 KNOTS.

VISIBILITY 3 THOUSAND METRES.

LIGHT SNOW.

FEW 5 HUNDRED FEET.

SCATTERED 1 THOUSAND 5 HUNDRED FEET.

BROKEN 2 THOUSAND 2 HUNDRED FEET.

TEMPERATURE 0. DEWPOINT MINUS 0.

Q.N.H 1024.

NOSIG.

GENEVA 2020.

.....

BALE 2000.

.....

Um 20:46:51 UTC begann die Ausstrahlung der nächsten VOLMET-Meldung:

THIS IS ZÜRICH MET BROADCAST MET REPORTS..

ZÜRICH 2050.

160 DEGREES 2 KNOTS.

VISIBILITY 3 THOUSAND 5 HUNDRED METRES.

LIGHT SNOW.

FEW 6 HUNDRED FEET.

BROKEN 1 THOUSAND 5 HUNDRED FEET.

OVERCAST 2 THOUSAND 2 HUNDRED FEET.

TEMPERATURE 0. DEWPOINT MINUS 0.

Q.N.H 1024.

TEMPO

VISIBILITY 5 THOUSAND METRES.

GENEVA 2020.

.....

BALE 2030.

.....

Um 20:50:19 UTC begann die Ausstrahlung der nächsten VOLMET-Meldung:

THIS IS ZÜRICH MET BROADCAST MET REPORTS.

ZÜRICH 2050.

160 DEGREES 2 KNOTS.

VISIBILITY 3 THOUSAND 5 HUNDRED METRES.

LIGHT SNOW.

FEW 6 HUNDRED FEET.

BROKEN 1 THOUSAND 5 HUNDRED FEET.

OVERCAST 2 THOUSAND 2 HUNDRED FEET.

TEMPERATURE 0. DEWPOINT MINUS 0.

Q.N.H 1024.

TEMPO

VISIBILITY 5 THOUSAND METERS.

GENEVA 2050.

.....

BALE 2030.

.....

1.7.7.2 ATIS

Die Flugbesatzung von CRX 3597 verfügte über ATIS Information KILO:

INFO KILO

LANDING RUNWAY 14 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 24.11.2001

190 DEG 4 KT

VIS 3000 M

LIGHT SNOW

FEW 500 FT, SCT 1500 FT, BKN 2200 FT

000/-00

QNH 1024 TWO FOUR

NOSIG

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION, NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT 1800

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 60 M WET

APRON AND TAXIWAYS WET

AIRMET 1 VALID BETWEEN 1930 AND 2400

SWITZERLAND FIR MODERATE ICING OBSERVED ALPS AND NORTH OF ALPS BETWEEN FLIGHT LEVEL 60 AND FLIGHT LEVEL 130. STATIONARY NO CHANGE

Dann folgten folgende ATIS-Meldungen:

INFO LIMA

LANDING RUNWAY 28 VOR DME STANDARD APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 24.11.2001

190 DEG 4 KT

VIS 3000 M

LIGHT SNOW

FEW 500 FT, SCT 1500 FT, BKN 2200 FT

000/-00

QNH 1024 TWO FOUR

NOSIG

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION, NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT 1800

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 60 M WET

APRON AND TAXIWAYS WET

AIRMET 1 VALID BETWEEN 1930 AND 2400

SWITZERLAND FIR MODERATE ICING OBSERVED ALPS AND NORTH OF ALPS BETWEEN FLIGHT LEVEL 60 AND FLIGHT LEVEL 130. STATIONARY NO CHANGE

INFO MIKE

LANDING RUNWAY 28 VOR DME STANDARD APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 24.11.2001

190 DEG 4 KT

VIS 3000 M

LIGHT SNOW

FEW 500 FT, SCT 1500 FT, BKN 2200 FT

000/-00

QNH 1024 TWO FOUR

NOSIG

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION, NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT 2040

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 60 M WET

APRON AND TAXIWAYS WET

AIRMET 1 VALID BETWEEN 1930 AND 2400

SWITZERLAND FIR MODERATE ICING OBSERVED ALPS AND NORTH OF ALPS BETWEEN FLIGHT LEVEL 60 AND FLIGHT LEVEL 130. STATIONARY NO CHANGE

INFO NOVEMBER

LANDING RUNWAY 28 VOR DME STANDARD APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2050 UTC 24.11.2001

200 DEG 4 KT

VIS 3500 M

LIGHT SNOW

FEW 600 FT, BKN 1500 FT, OVC 2200 FT

000/-00

QNH 1024 TWO FOUR

TEMPO VIS 5000 M

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION, NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT 2040

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 60 M WET

APRON AND TAXIWAYS WET

AIRMET 1 VALID BETWEEN 1930 AND 2400

SWITZERLAND FIR MODERATE ICING OBSERVED ALPS AND NORTH OF ALPS BETWEEN FLIGHT LEVEL 60 AND FLIGHT LEVEL 130. STATIONARY NO CHANGE

Zum Unfallzeitpunkt wurde die folgende ATIS-Information ausgestrahlt:

INFO OSCAR

LANDING RUNWAY 28 VOR DME STANDARD APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34
QAM LSZH 2050 UTC 24.11.2001

200 DEG 4 KT

VIS 3500 M

LIGHT SNOW

FEW 600 FT, BKN 1500 FT, OVC 2200 FT

000/-00

QNH 1024 TWO FOUR

TEMPO VIS 5000 M

TRANSITION LEVEL 50

TAXIWAY HOTEL 1 AND TAXIWAY KILO CLOSED, VACATE RUNWAY WITH CAUTION, NEW TAXI PROCEDURE VIA TAXIWAY DELTA AND FOXTROT

RUNWAY REPORT 2040

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 60 M WET

APRON AND TAXIWAYS WET

AIRMET 1 VALID BETWEEN 1930 AND 2400

SWITZERLAND FIR MODERATE ICING OBSERVED ALPS AND NORTH OF ALPS BETWEEN FLIGHT LEVEL 60 AND FLIGHT LEVEL 130. STATIONARY NO CHANGE

1.7.8 Wetterausstrahlungen zwischen 20:00 und 21:00 UTC

Beim ersten Aufruf der CRX 3597 bei APE um 20:48:22 UTC meldete der Pilot, er hätte Kenntnis von der ATIS-Information „KILO“.

In der Folge wechselten die ATIS-Ausstrahlungen bis zur Absturzzeit um 21:07 UTC mehrmals, ohne dass die Piloten auf die Änderungen bezüglich Sicht und Wolkenuntergrenze hingewiesen wurden.

Beginn Ausstrahlung

20:40:10 UTC

20:44:56 UTC

20:50:00 UTC

Automatic Terminal Information Service

LIMA: Met Report Zürich 20:20 UTC, Wechsel von *landing runway 14 ILS approach* zu *landing runway 28 VOR DME standard approach*

MIKE: Met Report Zürich 20:20 UTC, neuer *runway report* Nr. 32 von 20:40 UTC.

NOVEMBER: Met Report Zürich 20:50 UTC, neue Beobachtungszeit und verbesserte meteorologische Sicht von 3500 m. Absinken der Hauptwolkenuntergrenze auf 5-7/8 bei 1500 ft AAL.

20:50:16 UTC

OSKAR: Met Report Zürich 20:50 UTC, neuer Kennbuchstabe aufgrund einer Umschaltung zwischen zwei Computerservern.

1.7.9 Astronomische Angaben

1.7.9.1 Sonnenstand

Azimuth	305° 42' 43"
Höhe	-53° 12' 08"

1.7.9.2 Mondstand

Azimuth	217° 54' 11"
Höhe	+26° 58' 57"
Phase	Zunehmend
Alter	0.68 (0 = Neumond, 1 = Vollmond)

1.7.10 Pistensichtweite und meteorologische Sicht

1.7.10.1 Pistensichtweite

Gemäss ICAO *document 4444* ist die Pistensichtweite (*runway visual range – RVR*) wie folgt definiert: „The range over which the pilot of an aircraft on the centre line of a runway can see the runway surface markings or the lights delineating the runway or identifying its centre line“. Das heisst, die Pistensichtweite ist im Wesentlichen die maximale Distanz in Pistenrichtung, in der die Pistenlampen noch erkannt werden können. Sie wird mit sogenannten Transmissometern (TMM) gemessen. Mit Kurzbasis-TMM (15 m Messdistanz) können Werte im Bereich von 50 m bis ca. 800 m gemessen werden, mit den Langbasis-TMM (50 m Messdistanz) werden RVR-Werte zwischen ca. 100 m und 2000 m bestimmt, wobei im unteren Messbereich die Messung etwas ungenauer ist. Für Pisten mit ILS-Anflügen sind Kurz- und Langbasis-TMM notwendig. An den Pisten 14 und 16 des Flughafens Zürich sind daher beide Typen installiert. An Piste 28 waren zum Zeitpunkt des Unfalles nur Langbasis-TMM installiert.

In den Wettermeldungen werden RVR-Werte von 50 m bis 1500 m gemeldet. Liegt die Pistensichtweite unter 50 m, wird M0050 gemeldet, liegt sie über 1500 m, wird dies mit P1500 bezeichnet. Somit werden in VOLMET (METAR) und ATIS (QAM) keine RVR-Werte über 1500 m gemeldet.

1.7.10.2 Meteorologische Sicht

Die meteorologische Sicht (neu Bodensicht) ist als die maximale Distanz definiert, bei der ein Gegenstand von entsprechender Grösse noch erkannt werden kann. Die meteorologische Sicht wird nur in der horizontalen Ebene bestimmt. Ist die Sicht nicht in allen Richtungen gleich gross, wird die kleinste Sicht gemeldet. Die Schweiz und weitere Länder kennen in dieser Hinsicht folgende Ausnahme: Ist die meteorologische Sicht nicht in allen Richtungen gleich gross, wird die vorherrschende Sicht gemeldet. Unter vorherrschender Sicht versteht man jenen Wert, der mindestens im halben Umkreis um den Beobachtungsstandort erreicht oder überschritten wird, wobei sich der halbe Umkreis aus verschiedenen getrennten Sektoren zusammensetzen kann.

1.7.10.3 Beziehung zwischen meteorologischer Sicht und Pistensichtweite

Eine Lichtquelle kann auf eine grössere Distanz erkannt werden als ein unbeleuchteter Gegenstand. Der RVR-Wert ist daher in der Nacht ungefähr 3 bis 4 Mal höher als die meteorologische Sicht. Bei Tage bewirkt die Sonne einen Blendeffekt im Nebel, d.h. der RVR-Wert ist nur noch ungefähr doppelt so gross wie die meteorologische Sicht.

1.7.10.4 Wolkenbeobachtung

Auf Flughäfen mit *precision approach runways* sollen nach den Normen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) Wolkenbeobachtungen in QAM-Meldungen (ATIS) für die *middle marker position* des Instrumentenlandesystems repräsentativ sein. Wolkenbeobachtungen in METAR-Meldungen (VOLMET) sollen für das ganze Flughafengebiet und die unmittelbare Umgebung repräsentativ sein.

Nach diesen Bestimmungen sind in QAM-Meldungen (ATIS) des Flughafens Zürich die Bewölkungsverhältnisse in der ehemaligen *middle marker position* der Piste 16 anzugeben. In den METAR-Meldungen sind die Bewölkungsverhältnisse zusammengefasst für das ganze Flughafengebiet und die unmittelbare Umgebung anzugeben.

1.8 Navigationshilfen

1.8.1 Generelle Einschränkungen

Auf den Anflugkarten des Flughafens Zürich steht bezüglich des UKW-Drehfunkfeuers (VHF *omnidirectional radio range* – VOR) folgender Vermerk:

„KLO VOR *partially unreliable below 12 000 ft*“ – KLO VOR teilweise unzuverlässig unter einer Höhe von 12 000 ft AMSL.

Im Rahmen der Versetzung des VOR/DME KLO aufgrund des Neubaus des Midfield Terminals wurden zwei Überdeckungsdiagramme für den neuen Standort des VOR angefertigt. Die Auswertung dieser beiden Diagramme hat gezeigt, dass das Signal unter 12 000 ft teilweise gestört ist.

Die An- und Abflugwege sind von diesen topografisch bedingten Überdeckungsmängeln nicht betroffen, was durch Messflüge nachgewiesen wurde. Es sind auch keine Vorfälle oder Meldungen an die Flugsicherungsstellen bekannt, welche sich auf Unregelmässigkeiten des VOR KLO beziehen könnten.

Aufgrund dieser Tatsachen wurde anlässlich eines Treffens mit der IFR *procedure group* (IPG) Zürich im Jahre 1999 beschlossen, die oben erwähnte Einschränkung zu publizieren, die auch vom BAZL akzeptiert wurde. Ein detaillierter Bericht wurde seinerzeit von skyguide erstellt.

1.8.2 Navigationshilfen für den Standard VOR/DME Approach 28

Beim *standard VOR/DME approach 28* handelt es sich um einen *non-precision approach*. Als Navigationshilfen werden die DVOR/DME Kloten (KLO) und DVOR/DME Zurich East (ZUE) verwendet. Bei diesen Navigationsanlagen handelt es sich um Drehfunkfeuer, welche nach dem Dopplerprinzip funktionieren. Beide sind mit einer Entfernungsmessanlage (DME) ausgerüstet.

Navigationshilfe	DVOR/DME KLO
Geographische Lage	47° 27' 25.73" N, 008° 32' 44.14" E
Höhe über Meer	1414 ft AMSL
Überdeckungsbereich (DOC)	50 NM/25 000 ft
Frequenzen	DVOR 114.85 MHz, DME Kanal 95 Y
Betriebsdauer	24 Stunden

Navigationshilfe	DVOR/DME ZUE
Geographische Lage	47° 35' 31.82" N, 008° 49' 03.55" E
Höhe über Meer	1730 ft AMSL
Überdeckungsbereich (DOC)	80 NM/50 000 ft
Frequenzen	DVOR 110.05 MHz, DME Kanal 37 Y
Betriebsdauer	24 Stunden

Die Sendeanlagen der Stationen DVOR/DME KLO und DVOR/DME ZUE befanden sich am 24. November 2001 von 20:45 UTC bis 21:15 UTC im Normalbetrieb und standen den Betriebsdiensten uneingeschränkt zur Verfügung.

Am 26. November 2001 führte ein Staatsluftfahrzeug der *Direction générale de l'aviation civile* (DGAC) von Frankreich im Auftrag des BFU mehrere Kontrollflüge durch. Dabei wurden die Signalqualität der Anflughilfen für den *standard VOR/DME approach 28* überprüft. Die aufgezeichneten Werte lagen innerhalb der betrieblichen Toleranzen und die DGAC kam deshalb zu folgendem Schluss:

"Aux vues des enregistrements effectués par l'avion du contrôle en vol de la DGAC (ATR 42 F-GFJH), l'approche VOR/DME enregistrée depuis ZUE jusqu'au seuil est dans les tolérances opérationnelles".

1.8.3 Weitere Navigationshilfen

Anlage	Typ und Hersteller	Inbetriebnahme
LOC ILS 14 ZRH	LOC 411 von Thales ATM	1999
GP ILS 14 ZRH	GS 412 von Thales ATM	1999
DME ILS 14 ZRH	FSD 40 von Thales ATM	1999
LOC ILS 16 ZRH	S 4000 von Thales ATM	1990
GP ILS 16 ZRH	S 4000 von Thales ATM	1990
DME ILS 16 ZRH	FSD 10 von Thales ATM	1990

1.8.4 Radarüberwachung von Instrumentenanflügen

Die *standard VOR/DME approaches 28* werden nicht mittels Radarführung, sondern in Eigennavigation geflogen.

Gemäss Arbeitsplatzdokumentation ist es Aufgabe des FINAL-Flugverkehrsleiters (FVL), den von der Besatzung geflogenen Flugweg zu überwachen und nötigenfalls Kurskorrekturen anzuordnen (*vectoring*).

Es wurde festgestellt, dass der zum Unfallzeitpunkt zuständige APW-FVL die CRX 3597 ab einer Distanz von 9 NM von der Pistenschwelle 28 im Rahmen einer Radarüberwachung (*radar monitoring*) betreute. Dabei gab der APW-FVL an, dass er die Maschine auf seinem Radarbildschirm sah, als sie sich in einer Distanz von 9 NM, 6 NM und ungefähr 4 NM zur Pistenschwelle befand. Die Höhe derselben habe er lediglich bei ca. 6 NM bewusst wahrgenommen, als er auf dem Radarbildschirm eine Höhe von ungefähr 3600 ft feststellte.

Der FVL sagte aus: „Später machte ich keine Höhenkontrolle mehr. Ich überwachte lediglich den weiteren Flugweg. Der Grund, warum ich keine bewussten Höhenchecks vornahm war, dass sich das Flugzeug in Eigennavigation befand und in diesem Status meiner Ansicht nach für mich keine Notwendigkeit bestand, im Rahmen eines *radar monitoring* solche Höhenchecks durchzuführen.“

Das Verständnis der befragten FVL bezüglich Umfang und praktischer Durchführung der Radarüberwachung während eines *standard VOR/DME approach 28* war unterschiedlich:

- Ein FVL sagte aus, dass er bei einem *radar monitoring* in der Regel lediglich den Flugweg, nicht aber die Höhe kontinuierlich überwache. Die Überwachung der Flughöhe verwende er zur Staffelung gegenüber einem anderen Flugzeug.
- Ein anderer FVL sagte aus, dass beim *radar monitoring* die Ausführung der erteilten Anweisungen an ein Flugzeug überwacht werden müsse. Diese Überwachung erstreckte sich nach seinem Verständnis „ungefähr bis zum Minimum eines *standard VOR/DME approach 28* (ca. 3 NM DME)“.

Nachdem am 14. November 1990 ein Verkehrsflugzeug der Alitalia mit dem Stadlerberg kollidiert war, wurde vom BFU eine Sicherheitsempfehlung erlassen (vgl. 1.18.3.2), mit der u.a. die Einführung eines *minimum safe altitude warning system* (MSAW) empfohlen wurde. Beim MSAW handelt es sich um ein Sicherheitssystem, das bei Unterschreitung vordefinierter Mindesthöhen in der Flugverkehrsleitung einen optischen und akustischen Alarm auslöst.

In der Folge wurden die Pisten 14 und 16 mit einem MSAW ausgerüstet, der Anflugsektor der Piste 28 hingegen nicht.

1.9 Kommunikation

1.9.1 Beteiligte Flugverkehrsstellen

1.9.1.1 Allgemeines

Flugverkehrsstelle	Abkürzung	Frequenz
Approach control east	APE	120.750 MHz
Approach control west	APW	118.000 MHz
Aerodrome control (tower)	ADC	118.100 MHz
Ground control	GRO	121.900 MHz

Im TWR/APP Zürich wurde kein systematischer Arbeitsplatznachweis geführt. Das heisst, Arbeitsplatzübernahmen wurden nicht dokumentiert. Personalwechsel an Arbeitsplätzen wurden deshalb im Rahmen der Untersuchung aufgrund des *voice transcript* und von Aussagen nachvollzogen.

1.9.1.2 Personaleinsatz in der Anflugleitstelle

Als die CRX 3597 um 20:48:22 UTC mit der Anflugleitstelle Zürich Kontakt aufnahm, befanden sich 2 FVL in der Anflugleitstelle. Sie hielten die Positionen *approach west* (APW) und *approach east* (APE) besetzt.

Auf den Frequenzen der beiden FVL befanden sich insgesamt 3 Flugzeuge. Zwei Maschinen führte der FVL am APW und die CRX 3597 wurde vom FVL am APE geleitet.

Diese zwei FVL liessen nach gegenseitiger Absprache die beiden Flugzeuge von Westen zuerst anfliegen, um danach die CRX 3597 als drittes Flugzeug für den Anflug einzureihen.

Die CRX 3597 war das letzte Flugzeug, das der FVL am APE zu führen hatte. Nach Absprache mit seinem Kollegen am APW schloss er um 21:04 UTC seinen Arbeitsplatz und begab sich in der Absicht, dort einen Kollegen abzulösen, in die Turmkanzel.

Gemäss Sektorbelegungsplan der skyguide hätten zum Zeitpunkt des Unfalles (21:07 UTC) in der Anflugleitstelle noch 4 Arbeitspositionen besetzt sein müssen. Tatsächlich war eine Arbeitsposition besetzt.

1.9.1.3 Personaleinsatz in der Platzverkehrsleitstelle

Der FVL, welcher der CRX 3597 die Landebewilligung erteilte, hatte um 21:06 UTC den Arbeitsplatz ADC 1 eingenommen, nachdem er bis 21:04 UTC am Sektor APE gearbeitet und die CRX 3597 zum Anflug auf die Piste 28 geführt hatte.

Der Dienstleiter (DL) hatte nach der Landung des ersten (von drei) Flugzeugen, die sich auf dem *standard* VOR/DME *approach* 28 befanden, entschieden, die Besatzung in der Turmkanzel auf 2 FVL zu reduzieren. Er übergab die Dienstleitung um 21:03 UTC dem FVL am Arbeitsplatz GRO und verliess danach die Turmkanzel, um sich nach einem kurzen Aufenthalt im Büro auf den Heimweg zu begeben.

Der Bodenverkehrsleiter (GRO), der ab 21:03 UTC gleichzeitig die Funktion des Dienstleiters (DL) ausübte, hatte keine Dienstleiterausbildung erhalten. Gemäss seiner Aussage sei er sich bei der Übernahme der Dienstleitung über die Rechte und Pflichten der Dienstleiterfunktion im Klaren gewesen. Er habe die Dienstleiterfunktion schon öfters übernommen – und zwar auch während des Tages, mit entsprechendem Verkehrsaufkommen.

Gemäss Sektorbelegungsplan der skyguide hätten zum Zeitpunkt des Unfalles in der Platzverkehrsleitstelle noch 4 Arbeitspositionen besetzt sein müssen. Tatsächlich waren 2 Arbeitspositionen besetzt. Die Dienstleiterposition war gemäss Sektorbelegungsplan bis 22:00 UTC ausgewiesen.

1.9.2 Gesprächsaufzeichnungen

Folgende Daten im TWR und APP werden laufend mit einem *digital storage system* aufgezeichnet und auf *digital data storage* (DDS) gespeichert:

- Sämtliche benutzten VHF-Funkkanäle; im APE, APW und im ADC ist zusätzlich je ein Aufzeichnungsgerät für Kurzaufnahmen installiert
- Sämtliche Drahtverbindungen zwischen Arbeitsplätzen

- Sämtliche Telefongespräche an den Arbeitsplätzen
- Sprechfunkverbindungen zur Kommunikation mit Polizei und Rettungskräften

Die Verständigungsqualität war gut und die Aufzeichnung lückenlos.

Die Gespräche im Radarraum und in der Turmkanzel werden nicht durch ein Raummikrofon aufgenommen.

1.9.3 Kommunikationsanlagen

Die Betriebsaufzeichnungen TWR und APP und das *log book* des *system management* (SYMA) wiesen zum Unfallzeitpunkt keine Ausfälle oder Mängel an den Kommunikationsanlagen der Flugsicherung aus. Das Gleiche galt auch für alle internen Verbindungen (Intercom, Telefon) der Flugverkehrsleitung.

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 Unfallzeitpunkt war ein umfangreiches Bauprogramm im Gang, dessen Kernstück das im Pistendreieck liegende *dock midfield* ist.

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

1.10.2 Pistenausrüstung

Der Flughafen 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 *precision approaches*. Die Piste 28 erlaubt auf der Basis des VOR/DME KLO *non precision approaches*. Die Anflugsektoren der Pisten 14 und 16 sind 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 ist kein MSAW installiert.

1.10.3 Betriebskonzept

Zum Zeitpunkt des Unfalls spielten bei der Festlegung der Start- und Landepisten die für den Flughafen Zürich geltenden Lärminderungsverfahren eine bestimmende Rolle, und zwar vor allem für Starts vor 07:00 und nach 21:00 Lokalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen schweizerischer Lokalzeit im Winter und UTC lautet: LT = UTC + 1 h. Am 19. Oktober 2001 war zudem das Betriebskonzept bezüglich Landungen vor 06:00 LT und nach 22:00 LT geändert worden. Die Grundlage hierzu bildeten die vorgezogenen Massnahmen betreffend eines Staatsvertrages zwischen der Schweiz und Deutschland, der sich im Herbst 2001 im Ratifizierungsverfahren befand.

Somit galt für den Flughafen Zürich folgendes Betriebskonzept bezüglich der Pistenbenutzung:

Zeit (LT)/ Windverhältnisse	Für die Benutzung vorgesehene Pistenrichtungen	Einschränkungen/ Bemerkungen
05:30 – 06:00 Uhr	Landung: <i>standard</i> VOR/DME <i>approach</i> auf Piste 28 Start: keine	Minima gemäss AIP. Falls die Minima nicht erreicht wurden, konnten für die Landung Piste 16 oder 14 verwendet werden.
06:00 – 07:00 Uhr	Landung: Piste 16 für alle Flugzeuge Start: Piste 34 für Strahlflugzeuge Piste 28 für Propellerflugzeuge	Zwischen 06:30 und 07:00 waren vier Starts von Strahlflugzeugen auf Piste 28 zugelassen.
07:00 – 22:00 Uhr	Landung: Piste 14 für alle Flugzeuge	
07:00 – 21:00 Uhr	Start: Piste 28 für alle Flugzeuge	Start auf Piste 16 möglich, falls Start auf Piste 28 wegen Leistungseinschränkungen unmöglich ist.
07:00 – 08:30 Uhr 09:45 – 13:00 Uhr 18:30 – 21:00 Uhr	Start: Piste 16 für alle Flugzeuge gestattet	Möglichkeit zur Kapazitätssteigerung
Nach 21:00 Uhr	Start: Piste 34 für Strahlflugzeuge Start: Piste 28 nur für Propellerflugzeuge	
Nach 22:00 Uhr	Landung: <i>standard</i> VOR/DME <i>approach</i> auf Piste 28 Für Flugzeuge der Kategorie heavy und B757 konnte die Piste 16 verwendet werden	Minima gemäss AIP. Falls die Minima nicht erreicht wurden, konnten für die Landung Piste 16 oder 14 verwendet werden.

Westwindlage	Start: Piste 32 Landung: Piste 28	
Bisenlage	Start: Piste 10 Landung: Piste 14	Start auf Piste 16 möglich, falls Start auf Piste 10 wegen Leistungseinschränkungen unmöglich ist.

1.10.4 Rettungs-und Feuerwehrdienste

Der Flughafen Zürich war mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 9 ausgerüstet. Die Berufsfeuerwehr des Flughafens leistete während des Flugbetriebes permanent Bereitschaftsdienst. Im Ereignisfall waren die Einsatzkräfte über entsprechende Kommunikationsmittel in ständigem Kontakt mit dem Kontrollturm und mit der Polizei.

Die Auflagen der ICAO sehen vor, dass alle zwei Jahre obligatorische Notfallübungen auf dem Flughafen Zürich durchgeführt werden sollen. Die letzte Übung fand am 27. Oktober 2000 unter dem Namen EVAC 2000 statt. Vertreter des Bundesamtes für Zivilluftfahrt BAZL waren anwesend und beanstandeten nichts.

In der Umgebung verfügten die umliegenden Gemeinden über kommunale Feuerwehren im Milizsystem.

Auf dem Flughafen Zürich stand rund um die Uhr eine Flughafensanität mit Notfallfahrzeugen und dem entsprechenden Fachpersonal zur Verfügung.

Die nächste Einsatzbasis der Schweizerischen Rettungsflugwacht REGA lag im Unfallzeitpunkt auf dem Kinderspital Zürich.

1.11 Flugschreiber

1.11.1 Digital Flight Data Recorder

1.11.1.1 Technische Beschreibung

Das *flight recorder system* von *Allied Signal* bestand aus einer *flight data acquisition unit* (FDAU), einem *digital flight data recorder* (DFDR), einem *flight data entry panel* (FDEP) und einem *triaxial accelerometer*.

In der FDAU werden Daten von verschiedenen Flugzeugsystemen und Sensoren nach einem vorgegebenen Programm abgefragt und dann sequenziell an den *digital flight data recorder* weitergeleitet. Die Abtastrate wurde auf Grund der Veränderungsrate der einzelnen Parameter definiert. Die Normalbeschleunigung wird zum Beispiel acht Mal pro Sekunde erfasst (*sampled*). Alle Daten, seien sie analog oder digital, werden in der FDAU in ein einheitliches Format umgewandelt und im DFDR in einer bestimmten Reihenfolge digital gespeichert. Für eine spätere Auswertung müssen die Daten durch einen externen Rechner in sogenannte *engineering units* (*heading in degrees, altitude in feet* usw.) zurückverwandelt werden. Die FDAU als *data concentrator* war im *avionics rack* untergebracht.

Der DFDR ist im Heck des Flugzeuges installiert. Er speichert die von der FDAU aufbereiteten Daten in einer Speichereinheit (*memory unit*), welche sich in einer schlag- und feuersicheren Kapsel befindet, um auch die Wirkung eines Flugzeugabsturzes überstehen zu können. Um den DFDR allenfalls unter Wasser auffinden zu können, ist dieser mit einem sogenannten *underwater locator beacon* (ULB) ausgerüstet. Die *memory*

unit kann 64 Dateneinheiten, sog. *words*, während rund 50 Stunden aufzeichnen. Wenn das *memory* voll ist, werden die ältesten Daten automatisch überschrieben.

Das *flight data entry panel* (FDEP) ist auf dem *center pedestal* installiert. Es enthält Warnlampen, welche über gewisse Fehlfunktionen im DFDR oder in der FDAU warnen. Ein Schalter erlaubt das Einschalten des DFDR für Testzwecke am Boden, und ein weiterer *push button* erlaubt das Markieren eines bestimmten Ereignisses (*event button*).

Das *triaxial accelerometer* befindet sich in der Mitte des Flugzeugrumpfes. Es registriert die Beschleunigungen entlang den drei Flugzeugachsen.

Mehrere Potentiometer werden als Sensoren für Steueraussschläge eingesetzt. Daneben sind Positionsschalter für die Erfassung von „diskreten Zuständen“ (z.B. *gear down*) vorhanden.

Der *digital flight data recorder* beginnt zu arbeiten, wenn eines der Triebwerke läuft und die Parkbremse gelöst wird.

Der DFDR wird aus dem *essential bus* ESS 115 VAC gespeist, und die FDAU sowie das *accelerometer* beziehen ihren Strom aus dem *essential bus* ESS 28 VDC.

1.11.1.2 Unterhalt und Überwachung

Das *flight recorder system* verfügte über ein integriertes *monitoring system*, welches sowohl beim Aufstarten als auch während des Betriebes die DFDR-Funktionen überwachte.

Der DFDR wurde letztmals anlässlich des C2 *check* am 3. Juni 2000 kalibriert. Die Details zu diesem Prozessablauf werden im Kapitel 1.17.1.11 beschrieben.

1.11.2 Cockpit Voice Recorder

1.11.2.1 Technische Beschreibung

Die Audiosignale, welche über die VHF-Funkgeräte gesendet beziehungsweise empfangen werden, sowie die im Cockpit über das *intercom* geführten Gespräche werden automatisch durch den *cockpit voice recorder* (CVR) aufgezeichnet. Zusätzlich werden Stimmen und Geräusche im Cockpit durch ein *cockpit area microphone* (CAM) aufgenommen.

Das Flugzeug HB-IXM war mit einem *solid state cockpit voice recorder* (SSCVR) von *Allied Signal* ausgerüstet. Im Gegensatz zu herkömmlichen *cockpit voice recordern* erfolgt die Aufzeichnung beim SSCVR nicht auf einem Magnetband, sondern digital in einem elektronischen Speicher (*memory*). Die maximale Aufzeichnungsdauer dieses Gerätes beträgt 30 Minuten.

Die Speichereinheit (*memory unit*) befindet sich im SSCVR in einer schock- und feuersicheren Kapsel, um auch die Wirkungen eines Flugzeugabsturzes überstehen zu können. Um den SSCVR allenfalls unter Wasser auffinden zu können, ist dieser mit einem sogenannten *underwater locator beacon* (ULB) ausgerüstet.

Die Aufzeichnungen können nach der Landung durch die Besatzung gelöscht werden, sobald mindestens eine Flugzeugtüre geöffnet wird.

Das korrekte Funktionieren des SSCVR kann vor dem Flug mittels einer integrierten Testfunktion überprüft werden. Ausgelöst wird der Test mit einem *pushbutton* auf der CVR *control unit*.

Der SSCVR wird vom *essential bus* ESS 115 VAC mit Strom versorgt.

Der SSCVR zeichnet vier Audiokanäle (*channels*) auf:

- *channel 1* *observer audio*
- *channel 2* *first officer audio*
- *channel 3* *captain audio*
- *channel 4* *cockpit area microphone (CAM)*

Für Synchronisationszwecke wird auf dem *channel 1* alle vier Sekunden ein Impuls-signal aufgezeichnet.

Das gesamte Aufzeichnungssystem besteht aus drei Komponenten. Der *solid state cockpit voice recorder* ist im Heck des Flugzeuges eingebaut. Die *control unit* befindet sich im Cockpit auf dem linken Seitenpanel und das *cockpit area microphone* ist unter dem *glare shield* eingebaut.

1.11.2.2 Unterhalt

Da ein SSCVR keine beweglichen Teile aufweist, bedarf er keiner periodischen Kontrollen in der Werkstatt. Einzig die logischen Funktionen (ein/aus, *memory* löschen) und die Aufnahmequalität werden am Flugzeug periodisch überprüft.

1.11.3 Auslesen der Flugdatenschreiber

Der DFDR und der SSCVR wurden noch in der Unfallnacht aus dem Flugzeugwrack ausgebaut. Die Flugdatenschreiber befanden sich in gutem Zustand.

1.11.3.1 Qualität der CVR-Aufzeichnung

Die Verständigungsqualität war gut und die Aufzeichnung lückenlos.

1.11.3.2 Qualität der FDR-Aufzeichnung

Die DFDR-Aufzeichnungen der *aileron*, *elevator* und *rudder* waren nicht auswertbar.

Die Aufzeichnungen des *power lever angles* (PLA) waren teilweise erratisch.

Die übrigen Parameter waren qualitativ gut und die Aufzeichnung lückenlos.

1.12 Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle

1.12.1 Aufprall

Unmittelbar vor der ersten Baumberührung flog die Maschine mit einem Steuerkurs von 274° und ihre Geschwindigkeit über Grund betrug ungefähr 118 kt, entsprechend ca. 60 m/s. In dieser Phase betrug die Querneigung des Flugzeugs annähernd null. Im Zuge des Durchstartversuches und während der ersten Baumberührung nahm einerseits die Triebwerkeleistung zu und die Längsneigung veränderte sich von 2° *attitude nose down* (AND) auf 5° *attitude nose up* (ANU). Die Sinkrate verringerte sich von ursprünglich 1200 ft/min auf annähernd 0 ft/min. Die HB-IXM befand sich in Landekonfiguration, d.h. das Fahrwerk und die Landeklappen waren ausgefahren. Im Unfallzeitpunkt befanden sich 3150 kg Treibstoff an Bord und die aktuelle Masse betrug rund 32 400 kg.

Die Aufprallzone lag in einem Waldgebiet, ungefähr einen Kilometer nördlich von Basersdorf, unterhalb einer Kuppe. Die Endlage des Wracks befand sich etwa 250 m

westlich des Punktes, bei dem die Maschine erstmals Bäume berührt hatte, am Fusse des Hügels.

Die Kollision mit den ersten Bäumen führte zu einer raschen Verzögerung des Flugzeuges, obwohl zu diesem Zeitpunkt eine leichte Zunahme der Triebwerkleistung erfolgte. In dieser Phase wurden Teile der Treibstoffanlage so beschädigt, dass Flugpetrol ins Freie gelangte.

Ungefähr 200 m weiter auf dem Flugweg schlugen die beiden rechten Triebwerke und der rechte Flügel am Boden auf. Als Folge dieser ersten Bodenberührung bäumte sich die Flugzeugzelle auf und schlingerte. Dabei zerbrach das Flugzeug in mehrere Teile.

1.12.2 Trümmerfeld

Das ebene Trümmerfeld befand sich in einem mit massiven Fichten und Buchen besetzten Waldstück direkt am Fusse des Abhanges, wo die ersten Baumberührungen stattgefunden hatten. In ihm lagen die Triebwerke, die Flügel und vier Rumpfteile. Das Ausmass der Zerstörung sowie die örtliche Lage der Trümmerteile standen in keinem Widerspruch zu den zuletzt aufgezeichneten DFDR Daten und dem vorausgegangenen Zerstörungsvorgang durch die Baumberührung.

Das Trümmerfeld grenzte unmittelbar an die erste Aufschlagstelle und wies eine Fläche von ungefähr 1000 m² auf.

Die Aufschlagszone und das zentrale Trümmerfeld wurden in Sektoren eingeteilt. Zur Erstellung eines Situationsplanes hielt man den Unfallort stereofotogrammetrisch fest. Die Positionen der grösseren Trümmerteile wurden protokolliert und die Trümmerteile fotografiert. Nach Abschluss dieser Arbeiten erfolgte die Bergung und Einlagerung des Wracks.

Nördlich des Trümmerfeldes floss ein Bach. Dieses Gewässer führte zum Unfallzeitpunkt und während der Bergung ungefähr 10 l Wasser pro Sekunde. Die Feuerwehr traf entsprechende Gewässerschutzmassnahmen.

Das mit Treibstoff und Öl verschmutzte Erdreich wurde grossflächig abgetragen und fachgerecht entsorgt.

1.13 Medizinische und pathologische Angaben

1.13.1 Kommandant

1.13.1.1 Vorgeschichte und medizinische Befunde

Laut den vorliegenden Unterlagen ist der Kommandant ausser gelegentlichen Erkältungskrankheiten nie ernsthaft krank gewesen. Auch wesentliche Unfälle hat er keine erlitten. Die vorliegenden Unterlagen der fliegermedizinischen Tauglichkeitsuntersuchungen weisen keine krankhaften Befunde aus. Der Kommandant war 180 cm gross und 82,5 kg schwer.

Wegen einer beginnenden Presbyopie (Altersweitsichtigkeit) besass der Kommandant eine Lesebrille, es bestand aber keine fliegermedizinische Einschränkung bzw. Auflage zum Tragen der Brille bei der Ausübung seiner Tätigkeit als Pilot.

1.13.1.2 Rechtsmedizinische Befunde

Das Gutachten des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Zürich kommt zu folgendem Schluss:

„Zusammenfassung: Der mittels DNA-Analyse sicher als (Vorname, Name, Geburtsdatum des Kommandanten) identifizierte Pilot in command starb anlässlich des Flugzeugabsturzes HB-IXM, (...) an den Folgen eines Overkills. (...) Vorbestandene Organveränderungen hatten keinen Einfluss auf die Flugtauglichkeit. (Vorname, Name) stand zum Zeitpunkt des Absturzes weder unter Einfluss von Trinkalkohol noch unter anderen, im chemisch-toxikologischen Gutachten aufgelisteten und untersuchten Wirkstoffen von Drogen oder Medikamenten.“

1.13.2 Copilot

1.13.2.1 Vorgeschichte und medizinische Befunde

Aus der medizinischen Vorgeschichte wird eine Kreuzbandoperation am linken Kniegelenk im Jahre 1998 erwähnt und aus der familiären medizinischen Vorgeschichte die Zuckerkrankheit eines in direkter Linie Verwandten des Copiloten.

Die medizinische Tauglichkeitsuntersuchung durch den Vertrauensarzt des BAZL wurde drei Mal durchgeführt, wobei eine davon nicht vollständig dokumentiert ist. Der Copilot war 179 cm gross und wog 86,6 kg. Es wurden keine die Flugtauglichkeit einschränkenden Befunde oder Diagnosen dokumentiert.

1.13.2.2 Rechtsmedizinische Befunde

Das Gutachten des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Zürich kommt zu folgendem Schluss:

„(Name, Vorname des Copiloten) wurde mittels DNA-Analyse sicher identifiziert. Der Nachweis einer geringgradigen Lungenfettembolie belegt, dass (Name, Vorname) zum Zeitpunkt des oben erwähnten Flugzeugabsturzes gelebt hat. (...), ist zu postulieren, dass der Tod von (Name, Vorname) durch ein reflektorisches HerzKreislaufversagen infolge Traumas des Brustkorbes hervorgerufen wurde. Vorbestandene Organveränderungen hatten keinen Einfluss auf die Flugtauglichkeit. (Vorname, Name) stand zum Zeitpunkt des Absturzes weder unter Einfluss von Trinkalkohol noch anderen, in chemisch-toxikologischen Gutachten aufgelisteten und untersuchten Wirkstoffen von Drogen und Medikamenten.“

1.14 Feuer

1.14.1 Untersuchung von Brandspuren an Flugzeugtrümmern

Es gibt keine technischen und spurenkundlichen Hinweise darauf, dass es bereits vor dem ersten Kontakt mit den Bäumen zu einem Brandausbruch im Flugzeug gekommen war.

Hingegen gibt es Spuren, die darauf hinweisen, dass bei der ersten Baumberührung der rechte Flügel aufgerissen wurde. Tankstrukturteile wurden in Flugrichtung auf der rechten Hangseite gefunden. Zudem war am Tag nach dem Unfall in dieser Zone starker Kerosingeruch wahrnehmbar.

Daraus konnte geschlossen werden, dass es bereits vor dem Aufschlag auf dem Boden zum Austritt von Treibstoff gekommen war.

Das erste Trümmerteil mit Brandspuren wurde ca. 50 m vor der Aufschlagszone gefunden, in einem Bereich, der sonst keine Brandspuren aufwies. Dabei handelte es sich um einen Teil des rechten Flügels mit einem Stück der Landeklappe.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Brand in der letzten Phase des Fluges, nach dem Kontakt mit den ersten Bäumen und vor dem Aufschlag am Boden, ausgebrochen ist.

Eine Zündung des Treibstoffes konnte durch die heissen Triebwerkaustrittsgase oder durch Kurzschlüsse im elektrischen System erfolgen.

1.14.2 Resultate der Befragung von Augenzeugen

Auch die Befragung der Augenzeugen ergab keine Hinweise darauf, dass es bereits vor dem ersten Baumkontakt Feuer an Bord des Flugzeuges gab.

Zitat Passagier Sitz 16A: „*Das Flugzeug flog gegen Bäume, ein Flügel brach ab und das Flugzeug geriet in Brand. Anschliessend ging es aber sanft gegen den Boden, es rüttelte und „klöpfte“ (knallte), es ging schräg hinunter.*“

Zitat Passagier Sitz 16F: „*Plötzlich gab es einen Schlag bemerkte ich auf der rechten Seite, ausserhalb des Flugzeuges einen Feuerball. Bis zu diesem Moment hatte ich geglaubt, dass alles normal verlaufe. Dann rumpelte es wie auf einer Achterbahn. Plötzlich war es still.*“

Zitat Passagier Sitz 10A: „*Dann krachte es plötzlich und vom Bug kam rasend schnell ein Feuerball durch die Kabine auf uns zu geschossen.*“

Zitat Passagier Sitz 14B: „*.... plötzlich lautes Crashgeräusch zu hören war und die Maschine stark schüttelte. Ich schaute sofort nach vorne und sah durch die offen stehende Cockpittüre und die Cockpitscheiben, dass aussen am Flugzeug ein richtiger Funkenregen hochging. Im nächsten Moment gab es einen gewaltigen Schlag ...*“.

1.15 Überlebensmöglichkeiten

1.15.1 Allgemeines

Grundsätzlich wird die Überlebenschance bei einem Flugunfall durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Einerseits spielen physikalische Rahmenbedingungen, wie beispielsweise Geschwindigkeit, Masse, Fluglage, Konfiguration, Topografie und Lage des Geländes, die freigesetzte Brandenergie und die Art der Desintegration des Luftfahrzeuges beim Aufprall eine Rolle. Andererseits werden die Überlebensmöglichkeiten massgeblich durch eine allfällige Vorbereitung der Flugzeuginsassen auf eine bevorstehende Notlandung und durch den Rettungsvorgang beeinflusst.

1.15.2 Absturzvorgang

Unmittelbar vor der ersten Baumberührung flog die Maschine mit einem Steuerkurs von 274° und ihre Geschwindigkeit über Grund betrug ungefähr 118 kt, entsprechend ca. 60 m/s. In dieser Phase betrug die Querneigung des Flugzeugs annähernd null. Im Zuge des Durchstartversuches und während der ersten Baumberührung nahm einerseits die Triebwerkleistung zu und die Längsneigung veränderte sich von 2° *attitude nose down* (AND) auf 5° *attitude nose up* (ANU). Die Sinkrate verringerte sich von ursprünglich 1200 ft/min auf annähernd 0 ft/min. Die HB-IXM befand sich in Landekonfiguration, d.h. das Fahrwerk und die Landeklappen waren ausgefahren. Im Unfallzeitpunkt befanden sich 3150 kg Treibstoff an Bord und die aktuelle Masse betrug rund 32 400 kg.

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die Flugzeuginsassen in Erwartung der bevorstehenden Landung nicht angeschnallt waren. Sie waren auf eine normale Landung vorbereitet und wurden von der Notsituation überrascht.

Weil der Winkel zwischen der Flugbahn und dem Gelände klein war, wurde das Flugzeug nach dem Eintritt in die Bäume über eine Distanz von ungefähr 200 m abgebremst, bevor es auf dem Boden aufprallte und zerbrach.

1.15.3 Alarmierung und Rettung

Nach 21:06:36 UTC brach der Radarkontakt mit dem Unfallflugzeug ab. Der Platzverkehrsleiter löste um 21:10:32 UTC den Alarm aus.

Der erste Polizist traf um ca. 21:16 UTC beim Restaurant Kreuzstrasse ein, wo er von einem Zeugen auf die Unfallstelle gewiesen wurde. Etwa zwei Minuten später traf eine Polizei-Patrouille beim Restaurant Kreuzstrasse ein. Das Patrouillenfahrzeug fuhr mit eingeschaltetem Blaulicht zum Schadenplatz. Einige Überlebende liefen auf das Blaulicht zu und wurden von der Polizei betreut.

Die anrückenden Rettungskräfte wurden durch die Polizei eingewiesen, und die ersten sieben Fahrzeuge mit 14 Mann der Berufsfeuerwehr des Flughafens Zürich trafen um 21:22 UTC am Unfallort ein. Die medizinischen Rettungsdienste trafen fast gleichzeitig ein und kümmerten sich um die Überlebenden.

Die Feuerwehr legte vier Wasserleitungen mit einer Förderleistung von je 485 l/min. Es standen ungefähr 30 000 Liter Wasser sowie ausreichend Schaumextrakt zur Verfügung.

Das Feuer, genährt vom noch vorhandenen Treibstoff, hatte sich bis zum Eintreffen der Feuerwehr ungehindert entfaltet. Zu Beginn der Löscharbeiten wurden weiss-gelbe Flammen und eine nahezu rauchlose Verbrennung beobachtet, was auf hohe Temperaturen hindeutet. Es ereigneten sich mehrere Verpuffungen. Um 21:39 UTC, d.h. 17 Minuten nach Eintreffen der Feuerwehr, war das Feuer unter Kontrolle und grösstenteils gelöscht.

In der Folge trafen weitere Feuerwehreinheiten der umliegenden Gemeinden Nürensdorf, Bassersdorf und Kloten mit insgesamt 180 Mann auf dem Schadenplatz ein. Die Berufsfeuerwehr des Flughafens Zürich verstärkte zudem ihre Einheit auf 40 Mann.

Unter der Leitung der Kantonspolizei erfolgte anschliessend eine grossangelegte Suchaktion nach weiteren Überlebenden, die bis in die frühen Morgenstunden des folgenden Tages dauerte. Aufgrund des schlechten Wetters konnte die Suche nicht aus der Luft unterstützt werden.

Es konnten keine weiteren Überlebenden gefunden werden.

1.15.4 Notsender

Beim Notsender (*emergency locator transmitter* - ELT) handelte es sich um ein Litton ELT-952, das auf den Frequenzen 121.5 MHz und 243 MHz sendet. Er war oben im hinteren Bereich des Rumpfes eingebaut. Beim Unfall wurde das Gerät zerstört. Gefunden wurde der Antennenstecker mit einem Teil des Gehäuses und einem Teil der Printplatte.

Im Umkreis von 100 NM um Zürich wurde am 24. November 2001 zwischen 20:00 UTC und 23:00 UTC weder durch das SARSAT/COSPAS-System des Such- und Rettungsdienstes noch durch andere Luftfahrzeuge oder Bodenstationen ein Notsignal empfangen.

1.16 Weitere Forschungen

1.16.1 Begriffe und Definitionen

Folgende Begriffe und Definitionen sind dem *manual of all-weather operations* der ICAO entnommen.

1.16.1.1 Visual Descent Point

Der *visual descent point* (VDP) ist der Punkt auf dem Endanflugkurs eines *non precision straight-in approach procedures*, von dem aus ein normaler Sinkflug, ausgehend von der MDA bis zum Aufsetzpunkt, auf der Piste begonnen werden kann, sofern die nötigen Sichtreferenzen vorhanden sind.

1.16.1.2 Missed Approach Point

Der *missed approach point* (MAP) ist der Punkt in einem Instrumentenanflugverfahren, bei dem das vorgeschriebene Durchstart- bzw. Fehlanflugverfahren spätestens eingeleitet werden muss, damit die minimale Hindernisfreiheit gewährleistet ist.

1.16.1.3 Minimum Descent Altitude/Height

Die *minimum descent altitude/height* (MDA/H) ist eine festgelegte Höhe über Meer bzw. über Grund in einem *non precision approach* oder *circling approach*, die ohne die nötigen Sichtreferenzen nicht unterschritten werden darf.

1.16.2 Überprüfung des Standard VOR/DME Approach 28

1.16.2.1 Einleitung

Die Konformität des *standard VOR/DME approach 28* mit den Betriebs- und Navigationsnormen (*procedure for air navigation services-operations* – PANS-OPS) der ICAO wurde in Zusammenarbeit mit dem Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) aus Frankreich überprüft.

1.16.2.2 Initial Approach Segment

Das *initial approach segment* wird durch den *radial* 178° des VOR/DME ZUE gebildet. Die Minimalhöhe von 5000 ft AMSL für diesen Abschnitt garantiert im Schuttkorridor des Segments eine Freiheit von mehr als 500 m gegenüber dem höchsten Hindernis (Langfuri, 963 m/M).

Die durch PANS-OPS verlangte *minimum obstacle clearance* (MOC) für das *initial approach segment* beträgt 300 m.

1.16.2.3 Intermediate Approach Segment

Das *intermediate approach segment* wird durch den *radial* 095° des VOR/DME KLO gebildet und liegt in der Verlängerung des *final approach segments*. Die PANS-OPS verlangen für diesen Abschnitt eine Mindestlänge von 7 NM. Beim *standard VOR/DME approach 28* besitzt das *intermediate approach segment* eine Länge von 3.5 NM. Diese Abweichung wurde bei der periodischen Überprüfung dieses Verfahrens durch Swiss-control am 23. November 2000 festgestellt und nach Angaben von skyguide an das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) weitergeleitet.

Das *intermediate approach segment* dient der Anpassung der Geschwindigkeit und der Konfiguration eines Luftfahrzeuges für den Endanflug. Aus diesem Grund legen die PANS-OPS fest, dass das Profil in diesem Abschnitt kein Gefälle aufweisen sollte. Ist

letzteres unumgänglich, sieht die Norm ein Maximalgefälle von 5 % vor. Zudem ist vor dem *final approach segment* ein horizontaler Flugweg von mindestens 1.5 NM vorzusehen.

Der *standard VOR/DME approach 28* sieht für das *intermediate approach segment* einen Höhenverlust von 1000 ft vor. Die Kürze dieses *segments* erlaubt Luftfahrzeugen, die einem Flugweg mit 5 % Gefälle folgen, einen horizontalen Abschnitt von ungefähr 0,2 NM vor Beginn des *final approach segment*.

1.16.2.4 Final Approach Segment

Das *final approach segment* wird ebenfalls durch den *radial 095° (radial inbound 275°)* des VOR/DME KLO gebildet. Es beginnt am *final approach fix* (FAF), der bei 8 NM Distanz vom DME KLO liegt, und endet am *missed approach point* (MAP) bei 2 NM DME KLO.

Um die *obstacle clearance altitude* bzw. *obstacle clearance height* zu gewährleisten, ist bei einer Distanz von 6 NM zum VOR/DME KLO ein Bezugspunkt mit einer Höhenlimite von 3360 ft QNH definiert.

Die PANS-OPS präzisieren, dass „der Endanflug gegen eine Piste ausgeführt werden kann, falls in gerader Linie gelandet wird (*straight in approach*), oder aber gegen einen Flugplatz, falls ein indirekter Anflug durchgeführt wird“.

Da sich das VOR KLO südlich der Piste 28 befindet, weist das *final approach segment* eine Richtung auf, die gegenüber der Pistenachse um 1° abweicht. Das *final approach segment* verläuft so, dass es sich in einem Abstand von 1400 m von der Pistenschwelle 28 weniger als 150 m von der Pistenachse befindet. Die Ausrichtung des Endanfluges stimmt deshalb mit den Kriterien der PANS-OPS für einen geradlinigen Anflug überein.

Die PANS-OPS schreiben vor, dass sich bei einem geradlinigen Anflug (*straight in approach*) der Sinkfluggradient, respektive das Gefälle, wie folgt berechnen:

Der Abstand zwischen dem FAF und der Pistenschwelle einerseits und die Vertikaldistanz zwischen der Höhe über Meer bzw. über Grund beim FAF und der Höhe von 15 m (50 ft) über der Pistenschwelle andererseits werden zu einander in Beziehung gesetzt. Die Anwendung dieser Methode im Falle des *standard VOR/DME approach 28* führt zu einem Gefälle von 6.0% bzw. 3.4°.

Wenn im *final approach segment* eine weitere Höhenbegrenzung notwendig ist, wie es der Punkt bei 6 NM im *standard VOR/DME approach 28* darstellt, so schreibt in diesem Fall die PANS-OPS vor, dass die obige Methode in Bezug auf diese Höhenbegrenzung angewendet werden muss. Von diesem Punkt an ergibt sich somit ein Gefälle von 6.3 % bzw. 3.6°.

Das für den *standard VOR/DME approach 28* publizierte Gefälle von 5.3 % bzw. 3.03° entspricht zwar dem Gefälle zwischen dem FAF und der Höhenbegrenzung bei 6 NM, ist aber nicht mit den PANS-OPS zu vereinbaren.

Zusätzlich ist noch festzuhalten, dass der für den *standard VOR/DME approach 28* publizierte Gleitweg mit einem Gefälle von 5.3 % bzw. 3.03° den Gleitpfad des *precision approach path indicator* (PAPI) von 3.7° in einer Höhe von 1500 ft AAL und 3.5 NM vor der Pistenschwelle entfernt schneidet (vgl. Anhang 11, Punkt P-1). Diese Werte liegen weit über der veröffentlichten OCH (MDA) und bei einer Distanz von der Pistenschwelle, die eindeutig höher als die zugehörigen Sichtminima für einen geradlinigen Anflug sind. Die Anflugkarte des *standard VOR/DME approach 28* gibt an, dass dem Gleitpfad des PAPI zu folgen ist, sobald visuelle Bezugspunkte erreicht werden. Für den Fall, dass dem nominalen Gleitweg von 5.3% gefolgt wird und dabei die visuellen Bezugs-

punkte erst an der OCH (MDA) sichtbar werden, befindet man sich ungefähr 100 ft über dem Gleitweg des PAPI (vgl. Anhang 11, Punkt P-2). Um den Gleitweg des PAPI zu erreichen, muss nun ein Sinkflug eingenommen werden, der steiler als die eingestellte Neigung des PAPI (6.5 % bzw. 3.7°) ist. Ein solches Anschneiden des PAPI-Gleitweges von oben birgt die Gefahr eines nicht stabilisierten Endanfluges auf geringer Höhe in sich. Diese Gefahr würde sich noch verschärfen, wenn ein Flugzeug einen Gleitweg mit geringerer Neigung als dem nominalen wählen bzw. auf der OCH (MDA) horizontal bis in die Nähe des MAP fliegen würde, um visuelle Bezugspunkte zu erreichen.

Im Übrigen lässt die Seitenansicht auf der Anflugkarte des *standard VOR/DME approach 28* den Schluss zu, dass der Abschnitt, der nach Instrumenten geflogen wird, den Gleitweg des PAPI bei der OCH schneidet, was in Wirklichkeit nicht der Fall ist.

In diesem Zusammenhang sei auf die Radaraufzeichnungen der Flüge CRX 3891 und 3797 vom 24. November 2001 im Anhang 4 verwiesen.

1.16.2.5 Missed Approach Segment

Das *missed approach segment* des *standard VOR/DME approach 28* wird zuerst durch das Folgen des *radials* 255° vom VOR/DME KLO und anschliessend durch den *radial* 012° des VOR/DME WIL in Richtung des Punktes EKRIT gebildet. Es enthält keine besonderen Eigenheiten. Allerdings sollte im Hinblick auf den Winkel von 117° zwischen den erwähnten Flugwegen ein Punkt für den Beginn der Kursänderung definiert werden.

1.16.2.6 Anflugkarte gemäss Schweizer Luftfahrthandbuch AIP

Die im Schweizer Luftfahrthandbuch AIP publizierte Anflugkarte mit der Nummer LSZH AD 2.24.10.7-1 für den *standard VOR/DME approach 28* wich in mehreren Punkten von den Empfehlungen und Normen der ICAO ab.

1.16.2.7 Zusammenfassung

Die obenstehenden Feststellungen erlauben die Schlussfolgerung, dass das veröffentlichte Verfahren für den *standard VOR/DME approach 28* Abweichungen gegenüber den PANS-OPS aufweist, die in den diesbezüglichen nationalen Vorschriften (*Swiss procedures design manual*) nicht vorgesehen sind.

Die Schweiz hat der ICAO nicht mitgeteilt, dass die nationalen Vorschriften und Regeln von den Vorgaben des ICAO-Annex 4, der die Ausführung von Karten zum Inhalt hat, abweichen.

1.16.3 Vergleichsflüge im Simulator

1.16.3.1 Allgemeines

Um die Arbeitsabläufe der Flugbesatzung einer Avro 146 RJ 85/100 während eines *standard VOR/DME approach 28*, das zugehörige *instrument setting* und die daraus resultierenden Darstellungen auf den EFIS beurteilen zu können, wurden mehrere Vergleichs- bzw. Versuchsflüge auf verschiedenen Simulatoren durchgeführt. Diese Flüge basierten auf folgenden Grundlagen:

- Aufzeichnung und Transkript des CVR
- Aufzeichnungen des DFDR
- Radaraufzeichnungen des Flugweges

- Aufzeichnungen und Transkripte der Funkgespräche
- Fotografien der *cockpit panel* mit den Schalterstellungen nach dem Unfall
- Dokumentationen der zum Unfallzeitpunkt gültigen Anflugverfahren
- Die zum Unfallzeitpunkt gültigen Betriebsverfahren von Crossair

Einerseits wurden Anflüge nach den im Unfallzeitpunkt gültigen Betriebsverfahren von Crossair durchgeführt. Andererseits wurden verschiedene Vergleichs- bzw. Versuchsflüge vorgenommen, bei denen die Parameter des Unfallfluges verwendet wurden. In diesem Rahmen wurden insbesondere folgende Versuche gemacht:

- Anflug mit Benutzung des *push buttons* ALT HLD bei Erreichen der MDA
- Anflug, bei dem auf 500 ft Radarhöhe ein Durchstart eingeleitet wurde
- Anflug, bei dem auf 300 ft Radarhöhe ein Durchstart eingeleitet wurde
- Anflug zur Abklärung der Funktion des *ground proximity warning system* (GPWS)
- Abklärung des *instrument settings* und der entsprechenden Darstellungen auf den *primary flight displays* (PFD) und *navigation displays* (ND) des EFIS

Die optischen Verhältnisse in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen und den Lichtverhältnissen sowie die praktische Anwendbarkeit der publizierten Wetterminima für den *standard VOR/DME approach* 28 wurden in einem Simulator mit den entsprechenden Visualisierungsmöglichkeiten untersucht. Die Abklärung der Sichtverhältnisse wurde im Flug unter Einhaltung der MDA entlang des *radial* 095° des VOR/DME KLO durchgeführt.

Für den Anflug wurde ein *visual descent point* (VDP) basierend auf einem Gleitweg von 3,7° (PAPI) und einer *minimum descent altitude* (MDA) von 2390 ft QNH berechnet, was einen VDP bei 2.4 NM (4.4 km) von der Pistenschwelle 28 ergibt. Bezüglich des VOR/DME KLO liegt der VDP in einer Entfernung von 3.3 NM (6.1 km). Eine Auswahl entsprechender Bilder findet sich im Anhang 5.

1.16.3.2 Ergebnisse

Die Versuche in den Simulatoren ergaben die folgenden Erkenntnisse:

- Die Arbeitsbelastung während eines *standard VOR/DME approach* 28 entspricht den üblichen Anforderungen eines *non precision approach*. Gegenüber einem *precision approach* muss die Besatzung zusätzlich die vertikale Navigation bestimmen.
- Die von der Crossair im Zeitpunkt des Unfalls verwendeten Betriebsverfahren für *non precision approaches* entsprachen den Vorgaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt bzw. der *Joint Aviation Requirements* JAR-OPS 1.
- Wird der *push button* ALT HLD 100 ft über der MDA, d.h. bei 2490 ft QNH gedrückt, sinkt das Flugzeug zunächst bis auf 2360 ft QNH, steigt dann wieder leicht und stabilisiert sich schliesslich auf einer Höhe von 2410 ft QNH.
- Wird der *push button* ALT HLD auf der MDA, d.h. bei 2390 ft QNH gedrückt, sinkt das Flugzeug zunächst bis auf 2260 ft QNH, steigt dann wieder leicht und stabilisiert sich schliesslich auf einer Höhe von 2310 ft QNH.
- Beim Durchstartversuch, der bei einer Radarhöhe von 500 ft RA eingeleitet wurde, stellte man fest, dass die synthetische Stimme mit der Information „*five hundred*“ bei effektiv 490 ft RA ertönte. Bei einer Radarhöhe von 420 ft RA begann das Flugzeug wieder zu steigen. Die volle Triebwerkleistung war 5.5 Sekunden nach Drücken des *TOGA buttons* verfügbar. Der gesamte Vorgang wurde mit eingeschaltetem *autopilot* und *auto throttle* geflogen.

- Beim Durchstartversuch, der bei einer Radarhöhe von 300 ft RA eingeleitet wurde, stellte man fest, dass die synthetische Stimme mit der Information „*minimums*“ bei effektiv 290 ft RA ertönte. Auf 280 ft RA wurde der *autopilot* ausgeschaltet und der *go around* von Hand geflogen. Bei einer Radarhöhe von 270 ft RA begann das Flugzeug wieder zu steigen.
- Die HB-IXM war mit einem GPWS ausgerüstet (vgl. Kap. 1.6.10). Erfolgt in Landekonfiguration die Annäherung an den Boden mit einer zu grossen Sinkrate, so spricht die Warnung des *mode 1 – excessive descent rate* an. Während eines Anfluges mit einer Sinkrate von 1200 ft/min ertönte die akustische Warnung „*sink rate*“ zusammen mit der optischen Warnung „*pull up*“ bei einer Radarhöhe von 125 ft RA. Der unmittelbar darauf eingeleitete Durchstart, unter Ausschaltung des *autopilot*, war erfolgreich und führte bis auf eine Minimalhöhe von 65 ft RA. Die akustischen und optischen Warnungen entsprachen den Herstellerangaben (vgl. Anhang 3). Während des Unfallfluges sprachen die Warnungen nicht an, weil sich die Maschine stets knapp ausserhalb der *mode 1* resp. der *mode 2B envelopes* befand.
- Bei einer meteorologischen Sicht von 5000 m waren die *approach lights* in einem Abstand von 3.3 NM (6.1 km) vom VOR/DME KLO sichtbar. Die *runway lights* waren bei 2.8 NM (5.2 km) erkennbar.
- Bei einer meteorologischen Sicht von 3500 m waren die *approach lights* in einem Abstand von 3.0 NM (5.6 km) vom VOR/DME KLO zu erkennen. Die *runway lights* wurden bei 2.5 NM (4.6 km) sichtbar.
- Bei einer meteorologischen Sicht von 2000 m waren die *approach lights* in einem Abstand von 2.1 NM (3.9 km) vom VOR/DME KLO sichtbar. Die *runway lights* waren bei 1.8 NM (3.3 km) erkennbar.
- Bei einer meteorologischen Sicht von weniger als 3500 m konnten vom VDP aus weder die *approach lights* noch die *runway lights* erkannt werden.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.17.1 Flugbetriebsunternehmen Crossair

1.17.1.1 Allgemeines

Das Flugbetriebsunternehmen Crossair wurde 1975 gegründet und wickelte in den ersten Jahren hauptsächlich Bedarfsluftverkehr mit zweimotorigen Geschäftsreiseflugzeugen ab. 1979 beschaffte das Unternehmen das Flugzeugmuster SA 227 TC Metroliner II und nahm regelmässigen Linienverkehr auf. In den folgenden zwei Jahrzehnten wuchs das Unternehmen zu einer grossen Regionalfluggesellschaft, welche im Unfallzeitpunkt mit rund 3500 Angestellten mehr als 80 Flugzeuge der Baumuster SAAB 2000, Embraer 145, Avro 146 RJ 85/100 und Boeing MD 83 betrieb.

1.17.1.2 Struktur des Bereichs Flight Operations

Mit der Einführung des Flugzeugmusters British Aerospace BAe 146-200 „Jumbolino“ im Jahre 1990 wurden im Bereich *flight operations* erstmals einzelne Flotten geschaffen. Die Flottenchefs waren für die Verfahren und die technische Ausrüstung ihrer Flotte verantwortlich und verfügten unter anderem über einen eigenen Cheffluglehrer und einen eigenen technischen Piloten.

Auf gleicher Ebene wie die Flottenchefs war ein Chefpilot angeordnet, der hauptsächlich für personelle Belange und insbesondere für die Pilotenauswahl zuständig war.

Die Überwachung der Leistungen der Flugbesatzungen und deren Qualifikation war Sache der Flottenchefs. Bei Umschulungen koordinierte der Chefpilot den Personalbedarf und wählte die entsprechenden Piloten in Absprache mit den Flottenchefs aus. Senioritätslisten für die Flugbesatzungen waren vorhanden, kamen aber bei Umschulungen nicht immer zur Anwendung.

Seit 1998 wurde das Flugbetriebsunternehmen Crossair nach den *Joint Aviation Requirements* JAR-OPS 1 betrieben und wies deshalb neben einem *accountable manager* weitere Verantwortungsträger – sog. *postholder* – für die Bereiche Flugbetrieb (*flight operations*), Unterhalt (*maintenance*), Ausbildung (*crew training*) und Betrieb am Boden (*ground operations*) auf. Zusätzlich existierte eine Qualitätssicherung (*quality management system*).

Dem Präsidenten und *chief executive officer* (CEO), der gleichzeitig auch die Aufgabe des *accountable manager* ausübte, war der *vice president flight operations* als Leiter des Flugbetriebs direkt unterstellt. Diesem standen bis im Jahre 2000 unter anderem als Stabstellen der *flight safety and security officer* sowie der Auswahlausschuss (*selection board*) für Flugbesatzungen zur Verfügung.

Der *vice president flight operations* führte die Bereiche *fleet and cockpit personnel*, *flight operations support*, *resource planning*, *pilots' administration* und *flight operations engineering*.

Mit dem Übergang zur Struktur nach den JAR-OPS 1 wurde aus der Funktion des Chefpiloten die Funktion des *vice president fleet and cockpit personnel* geschaffen. Der frühere Chefpilot wurde zum Flottenchef Avro RJ 85/100 ernannt. Im Gegensatz zur Organisation vor 1998 waren die Flottenchefs nun auch mit allen personellen Aspekten ihrer Besatzungen – mit Ausnahme der Pilotenauswahl – betraut. Bei Umschulungen koordinierte nun der *vice president fleet and cockpit personnel* den Personalbedarf, wobei der Auswahlprozess grundsätzlich auf Stufe Flottenchef abgewickelt wurde. Vor dem Unfallzeitpunkt enthielten die Richtlinien des Unternehmens (*fleet manual*), welche die Erlangung einer Musterberechtigung betrafen, keine Angaben darüber, wie Kandidaten für eine Umschulung ausgewählt werden sollen. Auch war nicht geregelt, welche Massnahmen zu treffen sind, wenn während einer Umschulung Leistungsprobleme auftreten oder ein Pilot den Umschulungskurs nicht besteht.

Die Abteilung *fleet and cockpit personnel* umfasste die vier Flugzeugflotten der Baumuster SAAB 2000, Embraer 135/145, Avro RJ 85/100 und MD 80 und wurde von einem *vice president* geführt. Jede dieser Flotten wurde von einem Flottenchef geleitet und verfügte neben dem üblichen administrativen Apparat über einen Cheffluglehrer und einen technischen Piloten. Zusätzlich war in diesem Bereich auch die Fachstelle *pilots' recruitment* angeordnet, die sich mit der Pilotenauswahl beschäftigte.

Die Abteilung *flight operations support* umfasste die Sektionen *performance and flight planning*, *safety, security and emergency training*, *base operations*, *policy and standards* und eine *aircraft and accident response organisation*. Im Herbst 2000 wurde zusätzlich der *flight safety and security officer* im Bereich *flight operations support* eingereiht.

Der Bereich *resource planning* gliederte sich in die Abteilungen *longterm and strategic planning*, *training planning* sowie *rostering*.

Der Bereich *pilots' administration* umfasste die Abteilungen *licences, permits, documentation* und *IT-coordination*.

1.17.1.3 Flugsicherheitsabteilung

Die Flugsicherheitsabteilung war zuerst als Stabsstelle dem *vice president flight operations* unterstellt. Im Herbst 2000 wurde sie in den Bereich *flight operations support* eingeordnet. Sie bestand im Wesentlichen aus einem *flight safety officer*, der diese Aufgabe teilweise zu 50 Prozent versah und in der übrigen Zeit als Flugbesatzungsmitglied tätig war. Dem *flight safety officer* stand eine Assistentin zu 30 Prozent zur Verfügung. Somit umfasste die Flugsicherheitsabteilung im Unfallzeitpunkt 80 Stellenprozente. Der *flight safety officer* verfügte über keine finanziellen Kompetenzen.

Bevor der *flight safety officer* im September 2000 sein Amt übernommen hatte, wurde diese Aufgabe vom Leiter des Bereichs *flight operations support* versehen, der gleichzeitig auch Stellvertreter des *vice president flight operations* war und daneben als Kommandant im Linienverkehr eingesetzt wurde.

Unter der Leitung des *flight safety officers* fanden viermal jährlich Treffen des *flight safety boards* statt. Dieser 1999 gegründete Ausschuss diskutierte die anfallenden Fragen und Probleme im Bereich der Flugsicherheit.

Die Aufgaben des *flight safety officers* waren im *operations manual part A* (OM A) geregelt. Im Wesentlichen oblag ihm die Überwachung der Flugsicherheit und des Flugbetriebs. Mit dem Flugbetrieb und den einzelnen Flotten war der *flight safety officer* über seinen direkten Vorgesetzten, den *vice president flight operations support*, verbunden.

Als Instrumente stand der Flugsicherheitsabteilung neben den personellen Ressourcen seit Beginn des Jahres 2001 auch ein Informatiksystem zur Erfassung von Vorfällen zur Verfügung. Bis im Sommer des Jahres 2001 verfügte die Crossair über ein *occurrence report system*, nicht aber über ein vertrauliches Meldesystem. Im Juni 2001 schuf der *flight safety officer* für die Besatzungen die Möglichkeit, einen *flight safety confidential report* einzureichen. Bis zum Unfallzeitpunkt trafen pro Monat durchschnittlich etwa zwei vertrauliche Meldungen zu Flugsicherheitsproblemen in der Flugsicherheitsabteilung ein. Im Jahre 1997 waren mit den *flight safety news* und den *flight safety flash* zwei interne Publikationen zur Information der Besatzungen über Flugsicherheitsaspekte geschaffen worden.

Der *flight safety officer* konnte unter Einbezug von weiteren Spezialisten interne Untersuchungen von Vorfällen durchführen und seinem Vorgesetzten Vorschläge zur Verbesserung der Flugsicherheit unterbreiten. Zwischen seiner Amtsübernahme im Herbst 2000 und dem Zeitpunkt des Unfalls hat er keine interne Untersuchung durchgeführt. Im gleichen Zeitraum empfahl er dem *vice president flight operations support* vier Massnahmen, die alle keinen Bezug zum Unfallgeschehen hatten.

Bei der Einführung neuer Flugzeugmuster wurde die Flugsicherheitsabteilung nicht einbezogen. Zwischen den Ausbildungsverantwortlichen von Umschulungen und dem *flight safety officer* fand kein Erfahrungsaustausch statt.

Die Flugsicherheitsabteilung hatte weder Kenntnis von Flugbesatzungen, die Leistungsprobleme oder Leistungseinbrüche zeigten, noch wurde sie bei Flugsicherheitsproblemen beigezogen, die auf Regelverstösse zurückzuführen waren. Die entsprechenden Piloten wurden diesbezüglich durch die Flottenchefs betreut.

Zusammenfassend bezeichnete der *flight safety officer* die Tätigkeit der Flugsicherheitsabteilung als reaktiv. Gemäss eigenen Angaben war er bemüht, diesbezüglich mit neuen Methoden proaktiv zu werden.

1.17.1.4 Fliegerische Kultur

Es wurden mehrere Zeugen befragt, die als Flugbesatzung auf Saab 340, Saab 2000, MD 80, Embraer 145 und Avro 146 RJ 85/100 eingesetzt worden waren. Die Auswertung dieser Aussagen zeigt die folgenden Punkte:

- Die einzelnen Flotten waren bezüglich ihres Betriebes bzw. ihrer Betriebskultur sehr unterschiedlich. So orientierte sich beispielsweise die Flotte des Flugzeugmusters MD 80 an den Abläufen und Verfahren der Fluggesellschaften Balair und Swissair. Die Saab 340 hingegen, welche das Basisflugzeug für viele Crossair Piloten war, wurde gemäss mehreren Auskunftspersonen teilweise weniger reglementskonform betrieben.
- Im Rahmen der Untersuchung wurden über 40 Vorfälle aus den Jahren 1995 bis 2001 erhoben, bei denen Besatzungen eigene Verfahren entwickelt oder Verfahrensvorgaben nicht eingehalten hatten. Diese Vorfälle blieben dem Flugbetriebsunternehmen mehrheitlich verborgen, obwohl teilweise die Sicherheit tangiert gewesen war.
- Das Hierarchiegefälle zwischen Kommandanten und Copiloten wurde mehrfach als gross bezeichnet. Copiloten empfanden es als wenig wirksam, gewisse Kommandanten auf Fehler oder Missstände aufmerksam zu machen. Als Erklärung für diesen Sachverhalt wurde unter anderem der grosse Erfahrungsunterschied zwischen älteren Kommandanten und jungen Copiloten genannt.

1.17.1.5 Auswahlverfahren für Copiloten

1.17.1.5.1 Vorgaben der Joint Aviation Requirements

Nach den Richtlinien der *Joint Aviation Requirements* (JAR) muss das Flugbetriebsunternehmen sicherstellen, dass geeignete Besatzungen beschäftigt werden.

Zur Beurteilung des von Crossair verwendeten Auswahlverfahrens werden im Folgenden die Vorgaben der *Joint Aviation Requirements flight crew licencing* 3 (JAR-FCL 3), *subpart* A, B und C, *section* 2 verwendet. Diese Vorgaben regeln die Ausstellung von Tauglichkeitszeugnissen durch die Aufsichtsbehörde und stellen damit eine Art Mindestanforderung an Flugbesatzungsmitglieder dar. Die für diesen Unfall relevanten Teile aus JAR-FCL 3 lauten wie folgt:

„The performance of aviators requires certain cognitive, psychomotor and interpersonal capabilities in order to perform operational tasks in a reliable way especially during high workload and stress. (...) A reduction in pilot capability is never easily detected or demonstrated. The majority of accidents in aviation is caused by human error not by physical incapacitation or technical failures. People may become unsafe for various reasons: low mental or psychomotor problems or accelerated ageing, to name a few. Such personal conditions are not usually classified by psychiatric and neurological standards as disqualifying criteria. They have to be assessed by a psychological evaluation. (...) Only psychologists acceptable to the AMS or organisations which employ psychologists acceptable to the AMS are allowed to perform the psychological evaluation.“

Gemäss den Vorgaben von JAR-FCL 3 sollten in einem Auswahlverfahren neben den Fähigkeiten, die direkt mit der fliegerischen Tätigkeit zusammenhängen (*operational aptitudes*), auch die Lebensumstände (*biography*) und gewisse Aspekte der Persönlichkeit (*personality factors*) erhoben und beurteilt werden:

- *“Operational aptitudes: logical reasoning, mental arithmetic, memory function, attention, perception, spatial comprehension, psychomotor function, multiple task abilities*

- *Biography: general life history, family, education, socio-economic status, training progress and occupational situation, critical behavioural incidents, diseases and accidents, delinquency*
- *Personality factors: motivation and work orientation, decision making, social capability, stress coping*

Bezüglich der Methodik eines Auswahlverfahrens für Flugbesatzungsmitglieder lauten die Vorgaben von JAR-FCL 3 wie folgt:

"Because of the diversity of psychological methods (...) available for the assessment of the different criteria mentioned on the criteria list above, no tests, questionnaires or other methods have been recommended for the assessment of these criteria. However, general guidelines are described below for guidance and finding adequate assessment methods.

1. Whenever possible standardised psychological tests and questionnaires which fulfill at least the following general requirements should be used for criteria assessment.

Reliability: *The stability (test-retest-reliability) or at least the internal consistency of tests/questionnaires has been proved (whenever possible with regard to an application in personnel selection).*

Construct validity: *The extent to which a test/questionnaire measures the construct (aptitude, personality trait) it is intended to measure has been proved (whenever possible with regard to an application in personnel selection).*

The test or questionnaire should clearly differentiate between the applications (ideally normal distribution of test scores) even in a highly pre-selected group like, e.g. holders of pilot licence.

Norms: *In order to evaluate the test/questionnaire results of individual subjects, standard norms have to be available for the test/questionnaire. These norms should be derived from the distribution of test results in samples which are more similar in important characteristics (e.g. age, education, level etc.) to the group of applicants under discussion. For reasons of standardisation it is recommended to use STANINE scores as norms for all tests or questionnaire.*

2. In case that observer ratings are used for criteria assessment, it should be ensured that the observers are very well trained and that the inter-rater-reliability is high, i.e. that different observers agree about their evaluation of a certain behaviour shown by an applicant. As a rule a high inter-rater-reliability can be achieved by using clearly defined rating scales and/or classification systems.

3. The whole test system used for the criteria assessment should be characterised by redundancy with regard to the sources of information used to assess the aptitudes/personality traits mentioned in the criteria list above. Whenever possible each of these aptitudes/personality traits should be assessed/tested on the basis of at least two independent sources of information (tests, questionnaires, observer ratings, interview-data, biographical data). This kind of cross validation is recommended in order to improve the overall reliability of the whole test system.

4. Decision rules: The decision about the classification of an applicant or holder of a Class 1 or Class 2 medical certificates should be based on the following general rules. However, in the case of clear deficiencies in operational aptitudes of already experienced pilots, it has to be considered whether or not personality characteristics can compensate for the resulting risks.

Operational aptitudes: *In order to assess as non-critical an examinee should not have a clear deficiency in any operational aptitude as compared with the norm group.*

Personality factors: *An examinee must be evaluated (by a psychologist) as non-critical with regard to the main personality factors: motivation and work orientation, social capabilities and stress coping.*

This usually implies that the examinee is not assessed as an extreme case with regard to the normal range of variation in the contributing factors."

1.17.1.5.2 Ablauf des Verfahrens bei Crossair

Das Auswahlverfahren für Copiloten bestand aus einem Datenerhebungs- und einem Entscheidungsprozess. Für den ersten Vorgang – die eigentliche Untersuchung der Kandidaten – war die Abteilung *pilots' recruitment* zuständig, die im Bereich *fleet and cockpit personnel* angeordnet war. Diese Abteilung bestand aus einer Psychologin, einem fliegerischen Experten und rund einem Dutzend langjähriger Piloten ohne psychologische Fachausbildung, die teilszeitlich als *recruitment officers* eingesetzt wurden.

In einem ersten Schritt führte ein *recruitment officer* mit den Bewerbern ein Interview von ungefähr eineinhalb Stunden Dauer. Je zwei Kandidaten zusammen wurden anschliessend in einem Flugsimulator geprüft. Mit den Resultaten dieser beiden Tests fällten der fliegerische Experte und die Psychologin den Entscheid über die weitere Abklärung oder das Ausscheiden der Kandidaten. Des weiteren musste ein Test über fliegerisches Fachwissen absolviert werden.

Bei positiv beurteilten Bewerbern wurden durch die *recruitment officers* in einem zweiten Schritt Einzel- und Gruppenassessments durchgeführt. Zusätzlich verwendete man einen externen Psychologen, der mit psychodiagnostischen Tests eine Abklärung der Persönlichkeit vornahm. Dabei wurden die Aspekte „Soziale Kompetenz“ und „Unternehmerische Kompetenz“ erhoben, wobei der externe Psychologe die Bewerber diesbezüglich in Prosaform beschrieb. Die *recruitment officers* füllten aufgrund ihrer Beobachtungen zu den gleichen Bereichen die folgende tabellarische Zusammenstellung aus. Die Eigenschaften wurden digital (Ja/Nein), d.h. im Sinne von vorhanden oder nicht vorhanden, bewertet.

Soziale Kompetenz		
Aktiver Holer	Beschafft sich Informationen, Material, etc. selbständig; fragt nach, wenn ihm etwas unklar ist, geht auf seine Umgebung zu	Ja/Nein
Emotionale Verträglichkeit	Fühlt sich wohl in seiner Umgebung, bleibt sich selber, verstellt sich nicht, ist locker etc.	Ja/Nein
Individualist	Kann sich abgrenzen, macht nicht einfach mit, bleibt sich selbst, verschafft sich Profil durch eigene Meinung etc.	Ja/Nein
Humor	Kann über sich selbst und über die Situationen adäquat lachen, ist locker etc.	Ja/Nein

Unternehmerische Kompetenz		
Umgang mit Rahmenbedingungen	Kann mit raschen, unverhofften Situationsänderungen gut umgehen, kann rasch umstellen und sich anpassen (psychisch und physisch) etc.	Ja/Nein
Verkäufer	Steht zu seiner Meinung, Idee, etc. und kann diese kommunizieren und damit überzeugen	Ja/Nein
Grosszügigkeit	Kann Meinung anderer Menschen stehen lassen, nimmt Gedanken anderer auf, auch wenn sie ihm nicht passen, etc.	Ja/Nein
Entscheidet pro Firma	Kann seine eigenen Bedürfnisse und Wünsche vorübergehend zugunsten der Firma oder zugunsten von etwas Übergeordnetem zurückstellen	Ja/Nein
Lösen von Problemen	Kann Probleme analysieren, Lösungsvarianten abwägen und Entscheidungsgrundlagen erarbeiten, kann strukturiert vorgehen, etc.	Ja/Nein

Alle Ergebnisse wurden schliesslich gesammelt und an den Auswahlausschuss (*selection board*) weitergeleitet, der über die Anstellung der überprüften Kandidaten entschied. Der Untersuchungsleitung konnten keine formalisierten Entscheidungskriterien vorgelegt werden. Das *selection board* bestand meistens aus mehreren Mitgliedern der Geschäftsleitung. Die Fachleute der Abteilung *pilots' recruitment* nahmen in beratender Funktion ebenfalls an *selection board meetings* teil.

Nach Abschluss des Auswahlverfahrens wurde das Dossier der Abteilung *pilots' administration* übergeben. Eine Zusammenarbeit mit den Flotten oder mit den Verantwortlichen für die Ausbildung in *crew resource management* (CRM), die Rückmeldungen oder eine Qualitätskontrolle ermöglicht hätten, fand – ausser in wenigen Einzelfällen – nicht statt.

1.17.1.6 Ausbildung in Crew Resource Management

Die Grund- und Weiterbildung im *crew resource management* (CRM) ist in den JAR-OPS Vorschriften geregelt.

Angehende Verkehrspiloten werden seit der Einführung von JAR-FCL am 1. Juli 1999 im Rahmen ihrer Grundausbildung und auf dem Gebiet „*human performance and limitations*“ in folgende Gebiete eingeführt:

- „Wie funktioniert der Mensch und weshalb?“
- „Wie funktionieren Menschen im Team und weshalb?“

Zur Behandlung dieser Themen werden im Rahmen der gesamten Ausbildung zum Verkehrspiloten 70 bis 100 Unterrichtsstunden Fliegermedizin und Fliegerpsychologie vermittelt. Der Copilot durchlief diese Grundausbildung. Zur Zeit der Grundausbildung des Kommandanten existierten Ausbildungsinhalte für CRM in heutiger Form noch nicht. Aus diesem Grund absolvierte der Kommandant keine vergleichbare Basisausbildung. Die Fluggesellschaft gab an, dass er im Rahmen jährlicher Ausbildungsmodule mit CRM-Inhalten vertraut gemacht worden sei.

Die Weiterbildung CRM war in folgende Gefässe integriert:

Initial operator CRM: erstmalige Überprüfung der erlernten, theoretischen Konzepte in Bezug auf deren praktische Tauglichkeit gemäss den gemachten Erfahrungen während des ersten Dienstjahres als selbständiger Copilot, und zwar in einem zweitägigen Kurs am Ende des ersten Dienstjahres.

Conversion CRM: Einführung in die spezifischen Eigenheiten eines neuen Flugzeuges oder eines anderen Arbeitgebers in Bezug auf andere Technologie, Ergonomie, Einsatzgebiete und Verfahren.

Command CRM: Einführung in die spezifischen Anforderungen eines zukünftigen Bordkommandanten in Bezug auf *human factors* (Führungsmodalitäten, Motivation anderer Mitarbeitenden u.a.m.).

Recurrent CRM: Regelmässig wiederkehrende Bearbeitung verschiedener Themen aus den Bereichen menschliche Faktoren, Methodik-Tiefgang und Periodizitäten. Diese regelmässigen *human factors refresher* werden beim Cockpitpersonal in folgende Kurse eingebaut:

- *Recurrent simulator training*
- *Emergency and survival equipment training* (ESET)
- *Modular CRM (human aspects development)*

Bei der Crossair wurde das *initial operator* CRM während der *company introduction* als zwei- bis dreitägiger Kurs durchgeführt. Die Themen entsprachen den Vorgaben von JAR-FCL und wurden im Frontalunterricht vermittelt. Ein Syllabus ist nicht vorhanden.

Das *reccurent crew resource management* in den Jahren 1999 bis 2001 war jeweils in einen täglichen *emergency procedure refresher course* integriert. Es waren jeweils drei bis vier Stunden für den Bereich CRM reserviert. Die behandelten Themen entsprachen den Forderungen der JAR-FCL.

1.17.1.7 Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80

Im Jahre 1995 begann die Crossair 12 Flugzeuge der Baumuster McDonnell Douglas MD 82 und MD 83 einzusetzen, die vorher durch die Fluggesellschaften Balair/CTA, Swissair und Aero Lloyd betrieben worden waren. Zusammen mit den Flugzeugen wurden auch einige Instruktoren und Flugbesatzungen aus den genannten schweizerischen Flugbetriebsunternehmen übernommen. Der Flottenchef der neu gegründeten Flotte MD 80 stammte von der Crossair, während als Cheffluglehrer ein erfahrener Instruktor bestimmt wurde, der früher bei der Swissair und der Balair/CTA als Cheffluglehrer eingesetzt war. Das Fluglehrercorps für die Umschulung der Crossair-Flugbesatzungen bestand aus Mitarbeitern der Crossair und ehemaligen Angestellten der Balair/CTA bzw. der Swissair.

Für die Umschulungskurse wählte die Crossair den gleichen Aufbau wie die früheren Flugzeugbetreiber und benutzte für die MD 80 die gleichen Betriebsverfahren wie die Swissair sie verwendet hatte. Ebenso wurden die gleichen Hilfsmittel verwendet und die gleiche Anzahl von Simulatorlektionen durchgeführt.

Während des Jahres 1996 nahmen 64 Piloten der Crossair an einem Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80 teil. Acht Teilnehmer – darunter auch der Kommandant der Unfallmaschine – konnten die geforderten Leistungen nicht erbringen und bestanden den Umschulungskurs nicht.

1.17.1.8 Regelung bezüglich Besatzungszeiten und nebenberuflichen Tätigkeiten

Nebenamtliche Tätigkeiten von Flugbesatzungsmitgliedern wurden im Unfallzeitpunkt über den Gesamtarbeitsvertrag (GAV), den das Flugbetriebsunternehmen mit der Pilotengewerkschaft Crossair Cockpit Personnel (CCP) im Jahre 2000 abgeschlossen hatte, geregelt.

Für den Unfallflug sind folgende Bestimmungen des CCP GAV 2000 von Bedeutung:

- Art. 21.5: *„Die Annahme öffentlicher Ämter ist der Crossair zu melden. Nebenbeschäftigungen mit Erwerbszweck dürfen die Interessen der Crossair nicht beeinträchtigen und unterstehen der Meldepflicht.“*
- Art. 21.6: *„ Die nachstehend genannten ausserdienstlichen Tätigkeiten bedürfen der schriftlichen Einwilligung von Crossair:*
 - *Linienflüge, Rundflüge, Charter- und Taxiflüge bei einem anderen Flugbetriebsunternehmen.*
 - *Fluglehrerdienst im Rahmen einer Flugschule oder einer Flugzeug-Verkaufsorganisation.*
 - *Einsätze für die Rettungsflugwacht.“*

Ferner hielt die *flight duty regulations* im *operations manual part A* (OM A) unter Kapitel 7 Artikel 7.1.1. fest, dass sämtliche Flugtätigkeiten unter diese Regelung fallen.

Es liegen keine Hinweise vor, dass der Kommandant um eine entsprechende schriftliche Bewilligung nachgesucht hat oder eine solche von Crossair erhalten hat. Gemäss Aussagen von Kadermitarbeitern des Flugbetriebsunternehmens war die Fluglehrertätigkeit des Kommandanten bekannt. Eine Koordination der Einsatzzeiten und eine unternehmensübergreifende Kontrolle der Einsatz- und Ruhezeiten fanden nicht statt.

1.17.1.9 Vorschriften bezüglich Sichtreferenzen bei Non Precision Approaches

Im *operation manual part A* (OM A) sind die relevanten Grundlagen für den Flugbetrieb festgelegt. Zum Unfallzeitpunkt galten unter anderem die folgenden Vorschriften:

Zitat:

„Chapter 8A, Operating Procedures***8.1.3.2.2 Landing at Aerodromes with published Non-Precision Approach Procedures***

No Pilot may continue an approach below MDA (MDH) unless one of the following visual references for the intended runway is distinctly visible to and identifiable by the pilot:

- *Elements of the Approach Lights System*
- *Threshold*
- *Threshold marking*
- *Threshold lights*
- *Threshold identification lights*
- *Visual glide slope indicator*
- *Touchdown zone or touchdown zone markings*
- *Touchdown zone lights*
- *Runway edge lights*
- *Other visual reference as published in the OM C (Route Manual).*

8.4.7.4.10 Pilot not flying

The pilot not flying (PNF) shall continuously monitor the approach, give every possible help and keep the basic and other flight/navigation instruments under careful check, including also momentary crosschecks of most important indications on both pilots instrument panel. He shall operate and set the aeroplane equipment in accordance with CROSSAIR procedures and must call the PF attention to:

- *Significant deviations from prescribed regulations and procedures*
- *Abnormal deviations from the approach flight path, prescribed aeroplane configurations, speeds, altitude and rate of descent*
- *Obvious deviations on the instruments*
- *DH, DA or MDA etc. by calling out "minimum"*
- *Approach lights, runway in sight*
- *If G/A is based on timing, when the stipulated time has elapsed*

8.4.7.4.15.2 Co-operation on Changeover to Visual Flying

When ground contact is expected to be obtained, the PNF shall divide his attention between the flight instruments and look-out. When the approach lights (or runway or runway-lights) are clearly in sight and the attitude of the aeroplane can safely be determined with reference to the ground, he shall tell the PF, e.g. "runway in sight". From this point, the PF will fly mainly by visual reference and make only quick cross-checks of his instruments. During that phase the PNF will monitor his instruments closely and call deviation to the attention of the PF until flare-out.

8.4.7.5.2 Visual Part of Final Approach and Landing**8.4.7.5.2.1 Definition**

During this phase of flight all directional and bank information is entirely obtained from visual ground clues such as the lighting system or the runway texture and where instruments are used only for quick-glance reference to check speed and attitude/glide path.

8.4.7.5.2.4 Glide Path

If terrain clearance permits, the visual final must be arranged so as to follow the normal glide path of 2.5 deg to 3 deg in order to provide a safe descent and a good starting point for landing. Descending rapidly to the normal glide path or even diving below the normal glide path for obtaining a closer visual guidance of the ground or the approach lights is considered unsafe and must be avoided.

In some weather conditions visual illusions can lead to dangerous deviations from the nominal glide path. Therefore it is essential for the PNF to monitor his instruments and call out any deviation. (...)

8.4.7.5.2.6 Use of VASI/PAPI

The glide path defined by a standard VASI/PAPI shall be closely followed as a visual reference down to the height defined in OM C (Route Manual).

8.4.7.4.19.4 Go Around

A G/A shall immediately be executed by the commander at anytime:

- *If APPR WARN is displayed on the HGS combiner unless sufficient visual reference is available for performing an unguided landing. A G/A shall immediately be executed by the commander at DH/DA*
- *If no or not enough visual guidance to continue is available*
- *If visual guidance is obtained but the aeroplane is in a position not permitting a safe landing (not stabilised, etc.)"*

Ende Zitat

1.17.1.10 Localizer DME Anflug auf Piste 03 in Lugano (heute IGS approach Piste 01)

Die Berechtigung, den Flugplatz Lugano anzufliegen, wurde im Rahmen einer zusätzlichen speziellen Ausbildung, einer sogenannten *airport qualification*, erlangt. Gemäss dem Schweizer Luftfahrthandbuch AIP ist diese Berechtigung für die jeweilige ICAO-Flugzeugkategorie gültig. Innerhalb der Crossair war die *airport qualification* flugzeugbezogen. Während seiner langjährigen Tätigkeit auf der Saab 340 verfügte der Kommandant des Unfallflugzeuges über die *airport qualification* für Lugano auf diesem Flugzeug.

Das Schweizer Luftfahrthandbuch AIP bzw. das Crossair *route manual* (OM C) von Jepesen halten für den Anflug unter anderem folgendes fest:

- Die veröffentlichten Höhen bei einer Schrägdistanz (*slant range* – SR) zu ILU von 4.5 NM und 3.0 NM sind strikte einzuhalten.
- Nach Überflug des *missed approach points* (MAP) ist Richtung Piste weiter zu fliegen, wobei Sicht auf den Boden vorhanden sein muss („*maintain visual ground contact*“).
- Die Distanz vom MAP bis zur Piste beträgt 1.5 NM und es ist möglich, dass die Piste noch nicht sichtbar ist, wenn man sich beim MAP befindet.
- Der Leitstrahl des *localizer* liegt in der Pistenachse. Für den Endanflug ist dem *precision approach path indicator* (PAPI) zu folgen.
- Der Anflug ist nicht im Anflugmode (*approach mode*) sondern im *localizer mode* zusammen mit einem *vertical mode* zu fliegen.

Die Verfahrensvorgabe zum *localizer* DME *approach* RWY 03 Lugano im *pilots information handbook* (PIH) zum Saab 340 der Crossair sieht vor, dass der Pilot mit dem Autopiloten im „NAV mode only“ (nur im Navigationsmode) dem *localizer* und im *V/S mode* dem Gleitweg von 6.65° zu folgen hat. Bei 3 NM DME ILU und einer Höhe von 3050 ft QNH wird empfohlen, den Gleitweg zu unterfliegen, um die Gleitpfadreferenz des *precision approach path indicator* (PAPI) anzusteuern. Falls beim Erreichen der Mindesthöhe für den Anflug (MDA) der PAPI nicht sichtbar ist, muss auf der MDA horizontal weitergeflogen werden. Spätestens beim *missed approach point* (MAP), 1.5 NM DME ILU, muss der Pilot über visuelle Bezugspunkte am Boden verfügen, wenn er unter die Mindesthöhe für den Anflug (MDA) sinken will: *looks out for visual references „ground contact“*. Sind keine solchen visuellen Bezugspunkte vorhanden, muss ein Durchstart eingeleitet werden (vgl. Anhang 6).

Gemäss Aussagen von Besatzungen sei es auch Praxis gewesen, die MDA bei lediglich „*ground contact*“, d.h. ohne Sicht auf den PAPI, vor dem MAP zu verlassen und auf eine Radarhöhe von mindestens 300 ft RA über dem See abzusinken. Dann wurde jeweils horizontal weitergeflogen, bis der PAPI schliesslich in Sicht kam. Dieses Verfahren ist in den Flugbetriebsvorschriften der Crossair nirgends erwähnt.

1.17.1.11 Prozessabläufe im Flugzeugunterhalt

1.17.1.11.1 Höhenmesser Wartung

Es zeigte sich, dass die periodischen Kontrollen des Höhenmesssystems (zwei *air data computer* und ein *standby altimeter*) nicht vorschriftsgemäss ausgeführt und nicht dokumentiert wurden.

Der ausführende Mechaniker dieser *checks* besass zur Durchführung dieser Arbeiten keine Lizenz des BAZL und keine entsprechende Berechtigung des Flugbetriebsunternehmens.

1.17.1.11.2 DFDR Kalibrierung

Die entsprechenden Daten wurden vorschriftsgemäss periodisch aus dem Flugdatenschreiber ausgelesen. Diese Aufzeichnungen zeigten Beanstandungen für folgende Parameter:

- *elevator left hand and right hand*
- *aileron left hand and right hand*
- *rudder*
- *spoiler left hand*

Es wurden keine *workorder* zur Behebung derselben gefunden. Die Aufzeichnungen des Unfallfluges zeigten, mit Ausnahme der *spoiler left hand*, die gleichen Beanstandungen.

Für Kalibrierarbeiten am Flugzeug fehlten die Protokollblätter. Es liess sich daher nicht zurückverfolgen, ob Einstellungen vorgenommen wurden.

1.17.1.11.3 APU Trouble Shooting

Bei der Durchsicht der technischen Unterlagen wurde festgestellt, dass die APU seit der Inbetriebnahme des Flugzeuges eine überdurchschnittlich hohe Störanfälligkeit aufwies. Beim Unfallflug war diese Beanstandung in der DDL mit der Feststellung, dass die APU erst beim zweiten Versuch startet, festgehalten. Die meisten Störungen betrafen „*auto shut down*“ während dem Betrieb und Startprobleme. Ausgewechselte Komponenten brachten immer nur kurzfristigen Erfolg. Dazwischen wurde auch dreimal erfolglos die ganze APU gewechselt. Insgesamt wurde in der Lebenszeit des Flugzeuges die APU mehr als 100 Mal beanstandet.

Es existierte wohl eine *reliability list* einzelner Komponenten, jedoch fehlte eine Zuverlässigkeitsangabe für die ganze Einheit.

Maintenance Unterlagen des Flugbetriebes zeigten, dass das Problem bei allen mit dieser APU ausgerüsteten AVRO RJ 85/100 bestand.

Beim Unfallflug, während dem Sinkflug, war ebenfalls ein zweiter Startversuch der APU notwendig.

1.17.2 Aufsichtsbehörde

1.17.2.1 Allgemeines

Wie in den meisten Staaten basieren die Gesetze und Verordnungen der Luftfahrt auch in der Schweiz auf den Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organisation* – ICAO). Für gewerbsmässige Flugbetriebsunter-

nehmen gelten zudem die Anforderungen und Regeln der *Joint Aviation Authorities* (JAA), die in der Schweizer Gesetzgebung verankert wurden.

Gemäss Luftfahrtgesetz hat der Bundesrat die Aufsicht über die Luftfahrt im gesamten Gebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft. Die unmittelbare Aufsicht über die zivile Luftfahrt obliegt dem Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), das ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) darstellt.

1.17.2.2 Struktur

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) verfügte zum Zeitpunkt des Unfalls über eine Belegschaft von ungefähr 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Mit Beginn des Jahres 2001 wurde ein Reorganisationsprojekt umgesetzt, welches eine prozessorientierte Struktur des Amtes zur Folge hatte. So liessen sich die Einheiten des BAZL in drei Bereiche gliedern: Der erste Bereich bestand aus dem operationellen Geschäft und wurde von sieben Prozessteams gewährleistet. Den zweiten Bereich bildeten die Kompetenzzentren, die gewissermassen den Prozessen unterlegt waren. Die Mitarbeitenden dieser Einheiten waren grundsätzlich in den Prozessen eingebunden, wo sie das spezielle Wissen ihres Kompetenzzentrums zur Erarbeitung des jeweiligen Produkts einbrachten. Den dritten Bereich stellte die Amtsleitung mit den unterstützenden Einheiten dar, welche Querschnittsfunktionen erfüllten und das Funktionieren der Organisation sicherstellten.

Im Zusammenhang mit dem Unfall sind die folgenden Prozesse von Bedeutung:

- Prozess Infrastruktur-Planung (IP) – Mit dem Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) betreute dieser Prozess den zentralen Planungsrahmen für die Entwicklung der zivilen Luftfahrt-Infrastruktur der Schweiz. Zu den Konzepten und Planungsgrundlagen gehörten auch der Radionavigationsplan und die Radiofrequenzpläne sowie die Bewirtschaftung der Luftraumstruktur. IP war weiter zuständig für Flugsicherungs-Regelungen und somit auch für die Aufsicht über die schweizerische Flugsicherungsgesellschaft skyguide, für die Festlegung der Luftfahrt-Gebühren sowie für die sicherheitsrelevanten Luftfahrtinformationen.
- Prozess Flugausbildung und Lizenzen (FA) – Für den lizenzrelevanten Bereich der fliegerischen Aus- und Weiterbildung definierte der Prozess die Standards und besorgte die Auswahl, Ausbildung und Ernennung von Sachverständigen. Weiter betreute er die Zertifizierung von Ausbildungseinrichtungen und Trainingsgeräten (Simulatoren).
- Prozess Luftverkehrsbetriebe (LV) – Dieser Prozess war für die Zulassung und die betriebliche Aufsicht von Flugbetrieben verantwortlich. Dazu gehörten ebenfalls die operationelle Überwachung des Flugmaterials und die „SAFA *ramp checks*“, in deren Rahmen auf schweizerischen Flugplätzen ausländische Luftfahrzeuge und Besatzungen stichprobenartig überprüft wurden. Eine entsprechende Organisation für schweizerische Luftfahrzeuge war zum Unfallzeitpunkt geplant, aber noch nicht eingeführt.

Als Aufsichtsbehörde ist das BAZL u.a. zuständig für die formelle Genehmigung aller An- und Abflugverfahren. Das Bundesamt war in den Gremien zur Evaluation alternativer An- und Abflugverfahren vertreten, um den Forderungen Deutschlands nach Reduktion der Benützung süddeutschen Luftraumes nachzukommen.

1.17.2.3 Sicherheits-Audit durch die ICAO

Vom 1. bis 8. November 2000 führte die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) im Rahmen ihres *Universal Safety Oversight Audit Program* ein Sicherheits-Audit des BAZL durch. Der entsprechende Schlussbericht, der von der ICAO im Oktober 2001 veröffentlicht wurde, hält bezüglich der betrieblichen Aufsicht unter anderem fest:

„With the crucial shortage of technical expertise necessary to conduct the core functions of certification of operators, surveillance activities are very limited. FOCA relies mainly on operators and other entities to ensure oversight of aviation activities. However, no system for the control and supervision of these tasks and functions pertaining to the State's safety oversight responsibilities has been established. The Flight Operations Section has established a programme for supervisory and technical control of persons within an operator's organization performing oversight/check airmen duties, but this oversight is not yet conducted due to the lack of operations inspectors capable of undertaking the task.“

“FOCA has not established an audit schedule of Swiss air operators. Subsequent to the issue of an AOC, only a few operations inspections on some commercial air transport operators are conducted. The frequency of these inspections is low due to the limited human resources available to the Flight Operations Section and does not allow for the completion of a surveillance programme of Swiss air operators. Flight operations is an area where FOCA relies mainly on tasks performed by operators and on operators' check airmen, and no system for the control of these tasks and functions pertaining to the State's safety responsibility is established. Without a substantial increase in the number of adequately trained inspectors, the industry may become essentially self-regulating.“

Das BAZL informierte am 8. Dezember 2000 seine vorgesetzte Stelle, das Generalsekretariat (GS) des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), über den von der ICAO festgestellten Personalmangel im technischen Bereich. Das GS UVEK ermöglichte es dem BAZL, unbefristet Personal einzustellen, obwohl damals in der Bundesverwaltung ein Einstellungsstopp galt.

Der Bestand an Inspektoren des Bundesamtes für Zivilluftfahrt für die betrieblichen Belange von Flugbetriebsunternehmen entwickelte sich von 6 Inspektoren am 31. Dezember 2000 wie folgt:

- 31. Dezember 2001: 8 Inspektoren
- 31. Dezember 2002: 11 Inspektoren

1.17.2.4 Vorschriften bezüglich Einsatzzeiten

JAR-OPS 1 hatte bei Abfassung dieses Berichts noch keine *flight and duty time limitations and rest requirements* im *subpart Q* definiert. Im Hinblick auf die Besatzungszeiten waren deshalb zum Zeitpunkt des Unfalls die Bestimmungen von Ziffer 4.7 der Verordnung über die Betriebsregeln im gewerbsmässigen Luftverkehr (VBR I) gültig. Im *operations manual part A* (OM A), Kapitel 7 wurden diese gesetzlichen Auflagen beschrieben, allenfalls im Einzelfall ergänzt und schliesslich vom BAZL genehmigt.

Für den Unfallflug sind folgende Bestimmungen der VBR I von Bedeutung:

- 4.7.1.3: *„Besatzungszeiten, die bei anderen Flugbetriebsunternehmen aufgelaufen sind, müssen in die Berechnung einbezogen werden.“*
- 4.7.1.4: *„Für die Einhaltung der Besatzungszeiten sind sowohl der Flugbetriebsunternehmer als auch das Besatzungsmitglied verantwortlich.“*

- 4.7.3.7: „Die Dauer einer haupt- oder nebenamtlichen Tätigkeit in den letzten 10 Tagen vor einem Flug gilt als Flugdienstzeit.“
- 4.7.3.1.1: „Unter Vorbehalt der Ziffern 4.7.1.2, 4.7.3.1.2 und 4.7.3.2-4.7.3.10 werden die Flugdienstzeiten der Flugbesatzungsmitglieder wie folgt begrenzt:“ Bei einer Mindestflugbesatzung gemäss AFM von 2 Piloten und maximal 4 Landungen darf die Flugdienstzeit maximal 14 Stunden betragen.
- 4.7.4.1: „Zwischen zwei Flugdienstzeiten muss jedes Besatzungsmitglied über eine Ruhezeit verfügen, die der Flugdienstzeit unmittelbar vorauszugehen hat. Die Ruhezeit berechnet sich nach der längeren der beiden Flugdienstzeiten und beträgt unter Vorbehalt der Ziffern 4.7.1.2 und 4.7.3.4 wenigstens:“ 12 Stunden bei einer Flugdienstzeit von über 14 Stunden.

1.17.2.5 Verhältnis der Crossair zur Aufsichtsbehörde

Die Beziehungen zwischen dem BAZL und der Crossair waren vielschichtig. Bezüglich des Unfallgeschehens sind folgende Punkte von Bedeutung:

- Das BAZL hat überprüft, ob die Ausbildungsrichtlinien der Crossair bezüglich *crew resource management* (CRM) den JAR genügten. Die Wirksamkeit bzw. Umsetzung der Ausbildung im Flugbetrieb wurde durch das BAZL nicht überwacht.
- Audits des Flugbetriebs der Crossair waren bis zum Unfallzeitpunkt nicht durchgeführt worden. Ein erstes luftverkehrsbetriebliches Audit fand am 28. August 2002 statt, nachdem der Name der Crossair auf Swiss International Air Lines Ltd. gewechselt hatte.
- Den Mitarbeitern des Prozesses LV sind gemäss eigenen Angaben die dem Flugbetrieb der Crossair zu Grunde liegenden Papiere, nicht aber die wirkliche Praxis bekannt.
- Mehrere Mitarbeiter des BAZL waren teilzeitlich bei Crossair als Piloten beschäftigt.
- Gemäss den Aussagen von Mitarbeitern des BAZL ist zwischen dem Unfall von Crossair Flugnummer CRX 498 am 10. Januar 2000 und dem Unfall von Crossair Flugnummer CRX 3597 am 24. November 2001 im Prozess Luftverkehrsbetriebe (LV) prinzipiell nichts verändert worden.
- Zwei bis drei Mal pro Jahr fanden sog. Koordinationsmeetings statt, an denen von Seiten der Crossair leitende Angestellte der Bereiche *flight operations*, *maintenance*, *quality management* und *flight safety* teilnahmen. Das BAZL wurde jeweils durch die Verantwortlichen aus den für den Flugbetrieb, die Luftverkehrsbetriebe, den Unterhalt und die Lufttüchtigkeit zuständigen Abteilungen vertreten. Wie die Protokolle dieser Treffen aus den Jahren 1996 bis 2001 belegen, waren Leistungen von Besatzungsmitgliedern oder Pilotenqualifikationen nie ein Gesprächsthema.
- Es liegen keine Hinweise vor, dass die Tätigkeit der bei der Crossair angestellten Experten, welche im Auftrag des BAZL Musterberechtigungen und Leistungsüberprüfungen wie *line* und *route checks* vorzunehmen hatten, vom BAZL überprüft wurde.
- Die Schwierigkeiten und Misserfolge, die bei den Umschulungskursen auf das Flugzeugmuster MD 80 auftraten, waren dem BAZL nicht bekannt.

1.17.3 Flugschule Horizon Swiss Flight Academy

Die Flugschule Horizon Swiss Flight Academy wurde 1979 gegründet und besass die Zulassung als *flight training organization* (FTO) nach den Vorgaben von JAR-FCL. Sie bot Ausbildungen zum Erwerb der Lizenzen von Privatpiloten (PPL), Berufspiloten (CPL) und Verkehrspiloten (ATPL) an. Das Unternehmen betrieb zum Zeitpunkt des Unfalls Flugzeuge der Baumuster Katana DV 20, Piper Archer und Piper Seneca.

Zum Zeitpunkt des Unfalls war in älteren Arbeitsverträgen, wie sie der Kommandant der Unfallmaschine besass, die Koordination der Ausbildungstätigkeit bei der Horizon Swiss Flight Academy mit fliegerischen Tätigkeiten in anderen Unternehmen nicht geregelt. Gemäss eigenen Angaben machte die Flugschule die bei ihr tätigen Instruktoren jedoch mehrfach auf deren Eigenverantwortung in Bezug auf die Einhaltung von Besatzungszeiten aufmerksam.

1.17.4 Flugsicherung

1.17.4.1 Allgemeines

Seit 1. Januar 2001 sind die militärischen und zivilen Flugsicherungsdienste in einer einzigen Instanz vereinigt, die den gesamten schweizerischen Luftraum bewirtschaftet. Um diesem in Europa einzigartigen Zusammenschluss Ausdruck zu verleihen, änderte die Gesellschaft Swisscontrol ihren Namen und nannte sich von nun an skyguide. Das Unternehmen ist seit 1996 vom Bund finanziell unabhängig als privatrechtliche Aktiengesellschaft organisiert.

Zur Bewirtschaftung des schweizerischen und des an die Schweiz delegierten ausländischen Luftraums gehört insbesondere die Organisation und Durchführung der Flugverkehrsleitung.

1.17.4.2 Anflugleitstelle

Für An- und Abflüge erbringt die skyguide diesen Dienst in der Anflugleitstelle. Dabei werden anfliegende Luftfahrzeuge, je nach Verkehrsaufkommen, in bis zu drei verschiedenen Sektoren geführt (Anflugsektor Ost, Anflugsektor West, *Final* Sektor), abfliegende Flugzeuge werden an einem einzigen Sektor geführt (Abflugsektor). Zusätzlich steht ein Koordinator zur Unterstützung der genannten Sektoren zur Verfügung.

Gemäss Sektorbelegungsplan der skyguide hätten zum Zeitpunkt des Unfalles (21:07 UTC) in der Anflugleitstelle noch 4 Arbeitspositionen besetzt sein müssen. Tatsächlich war eine Arbeitsposition besetzt.

1.17.4.3 Platzverkehrsleitstelle

Von der Platzverkehrsleitstelle, die sich in der Turmkanzel befindet, werden von der skyguide Luftfahrzeuge geführt, die starten oder landen oder die am Boden Pisten kreuzen müssen. Zu diesem Zweck bedient die skyguide, je nach Verkehrsaufkommen, an bis zu vier verschiedenen Arbeitsplätzen die vier Leitstellen ADC 1, ADC 2, GRO und *clearance delivery* (CLD). Ein Dienstleiter (DL) ist für die Überwachung des Dienstbetriebes in der Turmkanzel und in der Anflugleitstelle verantwortlich.

Gemäss Sektorbelegungsplan der skyguide hätten zum Zeitpunkt des Unfalles in der Turmkanzel noch 4 Arbeitspositionen besetzt sein müssen. Tatsächlich waren 2 Arbeitspositionen besetzt. Die Dienstleiterposition war gemäss Sektorbelegungsplan bis 22:00 UTC ausgewiesen.

1.17.5 Flughafen Zürich AG (Unique)

1.17.5.1 Allgemeines

Die Flughafen Zürich AG (Unique) ist Konzessionärin des Bundes und betreibt den Flughafen Zürich. In dieser Funktion nimmt sie insbesondere folgende flugbetriebsbezogene Aufgaben wahr: Vorfeldleitstelle (*apron control*), Vorfeldaufsicht (*apron service*), Flugplatzleitung (*duty office*), Sicherheitszonenschutz und kantonale Meldestelle für Hindernisbegrenzungen, Sicherheit (*security*) sowie Feuerwehr und Sanität (*safety*), Unterhaltsdienste einschliesslich Winterdienst, Umweltschutz und Fluglärmmanagement.

Gegenüber der skyguide ist der *duty officer* der Unique Ansprechpartner bezüglich Abweichungen vom Pistenbenützungskonzept.

1.17.5.2 Vorfeldverkehrsleitung – Apron Control

Für die Führung der Luftfahrzeuge und Fahrzeuge am Boden im Bereich des Vorfeldes, auf den Rollwegen südlich der Piste 28 und östlich der Piste 16, auf gewissen Rollwegabschnitten nördlich der Piste 28 im Bereich des neuen *dock midfield* und im Bereich der Rollwege "Romeo" und "Romeo 8" sowie der "Whiskey"-Standplätze ist die Flughafen Zürich AG (Unique) zuständig.

1.17.5.3 Rolle von Unique bei der Umsetzung des Staatsvertrages Schweiz-Deutschland

Im Hinblick auf den angestrebten Abschluss eines Staatsvertrages zwischen der Schweiz und Deutschland zur Regelung der Benützung des süddeutschen Luftraumes für An- und Abflüge zum und vom Flughafen Zürich-Kloten wurden zu Beginn des Jahres 2001 unter der Leitung der Flughafen Zürich AG (Unique) zwei Kommissionen – eine Arbeitsgruppe und eine Steuergruppe – ins Leben gerufen. Diese beiden Gremien befassten sich in den folgenden Monaten mit den Konsequenzen auf den Flugbetrieb.

Der Vorsitz in beiden Gremien lag jeweils bei Mitarbeitern der Unique. Ausserdem war in beiden Gremien die Geschäftsleitung von Swissair, skyguide und BAZL, zum Teil mit zusätzlichen Beratern, vertreten.

Ein wichtiger Teil der in Kraft gesetzten vorgezogenen Massnahmen zum erwähnten Staatsvertrag bildete die Auflage, dass sofort nach Abschluss dieses Vertrages Anflüge jeweils ab 22:00 LT bis 06:00 LT auf die Piste 28 zu erfolgen hätten. Dies unter der Voraussetzung, dass die aktuellen Wetterbedingungen einen Anflug gemäss den Minima des Schweizer Luftfahrthandbuches AIP zulassen. Die vorgezogenen Massnahmen traten am 19. Oktober 2001 in Kraft.

Anlässlich der erwähnten Sitzungen zur Erarbeitung des Pistenbenützungskonzeptes, insbesondere bezüglich der Anflüge auf die Piste 28, war die Zweckmässigkeit resp. Qualität des zur Anwendung vorgesehenen *standard VOR/DME approach* 28 kein Thema. Die einzigen dokumentierten Feststellungen betrafen die Tatsache, dass es sich dabei um einen *non precision approach* handle, der für grössere Flugzeugtypen kritisch sein könnte. Insbesondere wurde die Frage einer eventuellen Erhöhung der Anflugminima nicht diskutiert.

1.17.5.4 Einfluss der Unique auf die Verkehrsabwicklung

Nach dem Luftfahrtgesetz hat der Flugplatzhalter dem BAZL das Betriebsreglement zur Genehmigung zu unterbreiten. Die von Unique im Hinblick auf den abzuschliessenden Staatsvertrag mit Deutschland beantragte Änderung dieses Reglementes wurde vom Bundesamt bezüglich der erwähnten Anflüge auf die Piste 28 am 18. Oktober 2001 genehmigt.

Somit oblag es grundsätzlich der *airport authority* der Unique, die Einhaltung des Pistenbenützungskonzeptes (PBK) zu überwachen. Für die Umsetzung des PBK dagegen war die skyguide, als für die Durchführung der Flugsicherung verantwortliches Unternehmen, zuständig. Die skyguide war verpflichtet, bei einer gewünschten Abweichung vom PBK bei der *airport authority (duty officer)* der Unique eine Einwilligung einzuholen.

Diese Struktur führte dazu, dass die tatsächlichen Möglichkeiten der skyguide, Start- und Landepisten nach rein betrieblichen Kriterien festzulegen, erschwert waren.

Der *standard VOR/DME approach 28* wurde bis zum Inkrafttreten der Übergangsbestimmungen zum Staatsvertrag am 19. Oktober 2001 nur sporadisch, bei ausgeprägten Westwindlagen, von der Flugsicherung in Betrieb genommen.

1.17.6 MeteoSchweiz

1.17.6.1 Allgemeines

MeteoSchweiz ist ein Bundesamt, das dem Vorsteher des Eidgenössischen Departementes des Innern (EDI) direkt unterstellt ist. Gemäss dem Gesetz über Klimatologie und Meteorologie vom 18.6.1999 sind MeteoSchweiz verschiedene hoheitliche Aufgaben zugewiesen. Unter anderem ist MeteoSchweiz verpflichtet, meteorologische Informationen für den Flugbetrieb und die Flugsicherheit auf schweizerischem Gebiet bereitzustellen.

Gemäss der Verordnung des Bundesrats über den Flugsicherungsdienst (VFSD) erbringt MeteoSchweiz den zivilen Flugwetterdienst und ist die *meteorological authority* im Sinne von ICAO, Annex 3. Das Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) regelt im Einvernehmen mit dem EDI die Einzelheiten.

Die genauere Umschreibung der Aufgaben von MeteoSchweiz für die Luftfahrt ist in der Verordnung des UVEK über den zivilen Flugwetterdienst enthalten.

Die Aufsicht nimmt das BAZL wahr.

1.17.6.2 Prozess Flugwetter

Seit der Reorganisation von 1998 hat MeteoSchweiz prozessorientierte Strukturen. Den drei Bereichen Wetter, Klima und Unterstützung sind ergänzend verschiedene Kompetenzzentren und Koordinationsorgane überlagert. Der Prozess Flugwetter ist im Bereich Wetter angesiedelt.

Der Prozess Flugwetter erbringt den Flugwetterdienst für das ganze Gebiet der Schweiz gemäss den Normen und Empfehlungen der WMO (*World Meteorological Organization*) und der ICAO.

1.17.6.3 Flugwetterdienst auf dem Flughafen Zürich

Die Wetterdienstaufgaben auf dem Flughafen Zürich werden durch einen Beratungs- und einen Beobachtungsdienst wahrgenommen. Die Beratungszentrale im Operationszentrum ist von 04:45 LT bis 22:15 LT besetzt, die Beobachtungsstation ist während 24 Stunden besetzt.

Die wichtigsten Aufgaben des Beratungsdienstes sind:

- Bereitstellung der meteorologischen Unterlagen für die Flugplanung
- Persönliche Beratungen
- Ausgabe von Vorhersagen für die Luftfahrt für die ganze Schweiz (GAMET)
- Ausgabe von Warnungen für die ganze Schweiz (SIGMET, AIRMET)
- Ausgabe von lokalen Warnungen für den Flughafen (Sturm, Blitz, Inversionen, Windscherungen)

Aufgabe des Beobachtungsdienstes ist die permanente Überwachung des Wettergeschehens auf dem Flughafen Zürich. Alle 30 Minuten werden routinemässig Wettermeldungen im METAR- und im QAM-Code herausgegeben. Bei signifikanten Änderungen zwischen zwei Beobachtungsterminen wird eine flughafeninterne Spezialmeldung erstellt und weitergeleitet.

Die Beobachtungsstation befindet sich im Nordteil des Flughafens im Bereich der Pistenschwellen RWY 14 und RWY 16. Die Erfassung der Wetterparameter erfolgt durch visuelle Beobachtung und durch Messinstrumente, die auf dem Flughafengebiet und in der näheren Umgebung installiert sind. Neben konventionellen Messinstrumenten (Thermometer, Hygrometer, Barometer und Windmesser) werden zusätzlich folgende Messgeräte eingesetzt:

- Transmissometer für die Bestimmung der Pistensicht (je drei Geräte entlang der Hauptlandepisten 14 und 16, zwei Geräte entlang der Piste 28)
- Ceilometer für die Bestimmung der Wolkenbasis (je ein Gerät im Bereich der Pisten 14 und 16, *middle marker* 16, *outer marker* 16 und bei Bassersdorf, ca. 1 km südlich der Pistenachse 28)
- Blitzdetektionsanlage
- Inversionsmesskette AMETIS1 zur Detektion von Inversionen und damit verbundenen langsam ändernden Windscherungen (Sensoren auf umliegenden Hügelkuppen)
- Wolkenscheinwerfer und TV-Kameras

1.18 Zusätzliche Angaben

1.18.1 Trainingsgeräte

Die Crossair besass keinen eigenen Flugsimulator für den Typ AVRO 146-RJ100. Trainiert wurde auf RJ 100-Simulatoren von Dritten. Folgende Simulatoren wurden bei der Crossair zur Pilotenschulung eingesetzt:

- RJ 100-Simulator in Berlin, zertifiziert gemäss JAR-STD 1A Level DG, konnte bei Bedarf mit dem *navigation management system* GNS-X ausgerüstet werden.
- RJ 100-Simulator in Istanbul, zertifiziert gemäss JAR-STD 1A Level D (DGCA) bzw. Level C (BAZL). Das GNS-X war fest installiert.
- RJ 85/100-Simulator in Brüssel, zertifiziert gemäss JAR-STD 1A Level DG. Dieser Simulator besass ein GNS-X.
- RJ 100-Simulator von BAe in Woodford. Dieser Simulator wurde nach den USA verkauft.

Ein *computer based training* (CBT), welches die Funktionen der Flugzeugsysteme und die Leistungsdaten (*performance*) abhandelte, war bei der Crosscat vorhanden.

Weiter besass die Crossair ein CBT ohne interaktive Funktion für das FMS GNLU 910, welches in den AVRO RJ 100 Mk II installiert war.

In den 16 Flugzeugen RJ 85/100 (HB-IX*) fand das GNS-X Navigationssystem Verwendung, in den vier Flugzeugen RJ 100 Mk II (HB-IY*) das modernere Collins GNLU 910.

Der Kommandant und der Copilot der HB-IXM wurden hauptsächlich auf dem Simulator des *Turkish Airlines flight training center* in Istanbul ausgebildet. In diesem Trainingsgerät war das GNS-X installiert, welches der Konfiguration des Unfallflugzeuges entsprach.

1.18.2 Eintragung von Flughindernissen in Anflugkarten

In der Anflugkarte 13-2 vom 10. November 2000 des Jeppesen *route manual*, welche die Flugbesatzung verwendete, waren keine Flughindernisse im Anflugsektor der Piste 28 eingetragen.

In der Anflugkarte LSZH AD 2.24.10.7-1 des Schweizer Luftfahrthandbuches AIP, die den *standard VOR/DME approach* 28 beschreibt, sind zwei befeuerte Flughindernisse mit den üblichen Symbolen im Anflugsektor verzeichnet (vgl. Anhänge 7 und 8).

1.18.3 Relevante Sicherheitsempfehlungen aus früheren Untersuchungen

1.18.3.1 Einleitung

Die folgenden Sicherheitsempfehlungen aus früheren Untersuchungen des Büros für Flugunfalluntersuchungen sprechen Problembereiche an, die in vergleichbarer Form auch im vorliegenden Unfall von Crossair Flugnummer CRX 3597 aufgetreten sind.

1.18.3.2 Unfall Alitalia Flugnummer AZA 404 am Stadlerberg, Zürich

Am 14. November 1990 stürzte eine McDonnell Douglas DC 9 der Fluggesellschaft Alitalia im Anflug auf die Piste 14 des Flughafens Zürich ab. Bei diesem Unfall kamen 46 Menschen ums Leben. Während des Anfluges verliess das Flugzeug wegen eines technischen Defekts am Navigationssystem die zugewiesene Höhe von 4000 ft QNH vorzeitig und kollidierte rund drei Minuten später mit dem Stadlerberg.

Im Schlussbericht sprach das Büro für Flugunfalluntersuchungen unter anderem die folgenden Sicherheitsempfehlungen aus:

Sicherheitsempfehlung Nr. 9

„Die Aufgaben der Flugsicherung sind mit dem Auftrag zur Warnung bei Unterschreiten der Mindestsicherheitshöhe zu ergänzen. Zu diesem Zweck ist bei den Flugsicherungsstellen ein Warnsystem einzurichten (analog dem in den USA verwendeten „minimum safe altitude warning system“), das optisch und akustisch auf Höhenunterschreitungen der Flugzeuge automatisch aufmerksam macht.“

Sicherheitsempfehlung Nr. 13

„Die Einrichtung von Arbeitsplatzmikrofonen mit Tonbandaufnahme an den Arbeitsplätzen der Flugverkehrsleiter ist zu prüfen (analog Area mike des CVR im Cockpit der Flugzeuge).“

1.18.3.3 Unfall Crossair Flugnummer CRX 498 bei Nassenwil, Zürich

Am 10. Januar 2000 startete ein Flugzeug SAAB 340B der Fluggesellschaft Crossair zum Linienflug nach Dresden. Zwei Minuten und 17 Sekunden später schlug die Maschine nach dem Verlust der Kontrolle über die Fluglage auf einem Feld bei Nassenwil/ZH auf.

Der Unfall betraf zwei Besatzungsmitglieder, die vor ihrer Tätigkeit in der Schweiz bei ausländischen Flugbetriebsunternehmen geflogen waren. Bezüglich der Validierung von Lizenzen aus Ländern mit unbekanntem Ausbildungslehrgang empfahl das Büro für Flugunfalluntersuchungen:

„Der JAR-FCL proficiency check ist in jedem Fall durch einen Inspektor der Aufsichtsbehörde abzunehmen. Dabei sind spezifisch die oben genannten Schwerpunkte zu überprüfen. Dieser check soll unter keinen Umständen an ein Flugbetriebsunternehmen (operator) delegiert werden, er kann aber Teil des operator proficiency checks sein.“

Der Unfall zeigte, dass sich die Besatzungsmitglieder nicht ideal ergänzt hatten. Das BFU empfahl deshalb:

„Defizite im sprachlichen und operationellen Bereich sollen durch geeignetes und individuelles Training behoben werden. Durch sorgfältiges crew pairing ist zu verhindern, dass sich noch bestehende Defizite in einer Besatzung kumulieren.“

Während der proficiency trainings sind die individuellen Schwierigkeiten der Kandidaten durch geeignete Methoden zu adressieren (z. B. unusual attitude training, communication training). Während der proficiency checks ist das Ergebnis dieses individuellen Trainings zu überprüfen.“

1.19 Neue Untersuchungsmethoden

1.19.1 Analyse von Non Volatile Memories

1.19.1.1 Einleitung

Honeywell ist ein wesentlicher Lieferant für Avionik-Systeme des Avro 146 RJ 85/100. Eine Anfrage bei dieser Firma ergab, dass der EFIS *symbol generator*, der *digital air data computer* (DADC) und der *digital flight guidance computer* (DFGC) *non volatile memories* enthält. Um zusätzliche Informationen zu erhalten, wurde angestrebt, die folgenden *circuit card assemblies* (CCA) im Beisein eines Vertreters des BFU auszulesen.

1.19.1.2 Digital Air Data Computer

Das *circuit card assembly* A7 umfasst die CPU und das *non volatile memory*, in welchem Fehlermeldungen abgespeichert werden.

Die Auslesung ergab, dass weder während dem Unfallflug noch während einem der neun vorangegangenen Flüge ein Fehler (*failure*) im DADC abgespeichert worden war.

1.19.1.3 EFIS Symbol Generator Unit

Das *circuit card assembly* A2 beinhaltet die *symbol generator* CPU und das *non volatile memory*, in welchem Fehlermeldungen abgespeichert werden.

Es waren mehrere Fehler aufgezeichnet, welche offenbar während des Unfallgeschehens im *non volatile memory* abgelegt worden sind. Für die Zeit vor dem Unfall wurde von Honeywell die folgende Aussage gemacht:

“Thus, no Symbol Generator faults were recorded during the flight indicating a failure that would contribute to displaying incorrect flight information to the crew at the time of the crash”.

1.19.1.4 Digital Flight Guidance Computer

Die *circuit card assemblies* A3 und A18 umfassen je eine CPU und ein *non volatile memory*, in denen Fehlermeldungen abgespeichert werden.

Gemäss den Aufzeichnungen des DFDR war der *digital flight guidance computer* (DFGC) Nummer 2 während dem Unfallflug aktiv. Dieser Befund konnte mit den ausgelesenen *memory* Daten bestätigt werden.

Während des Unfallfluges wurden zwischen dem Start in Berlin und dem ersten Kontakt mit den Bäumen keine Fehler registriert.

Nach dem Kontakt mit den Bäumen wurden Ereignisse registriert, welche durch die Verzögerung des Flugzeuges und später durch den einsetzenden Stromausfall verursacht wurden. Die DFGC werden von der Bordbatterie unterstützt. Daher war es möglich, dass im DFGC Ereignisse, welche den Stromausfall betrafen, registriert wurden.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Flight Guidance System

2.1.1.1 Electronic Flight Instrument System

2.1.1.1.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *electronic flight instrument system* (EFIS) nichts Auffälliges ergeben.

2.1.1.1.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Aufgrund der CVR-Aufzeichnungen kann davon ausgegangen werden, dass ursprünglich beide Piloten den CRS *selector* auf dem EFIS *control panel* in der Stellung 'LNAV' hatten. Der CRS *selector* des Copiloten war bei der Bergung der Trümmer noch immer in dieser Stellung. Derjenige des Kommandanten war in der OFF-Stellung. Wahrscheinlich hat der Kommandant seinen CRS *selector* in die OFF-Stellung gebracht, nachdem das Flugzeug auf dem VOR *inbound course* 275° KLO ausgerichtet war. Dies, um die Menge der Daten auf seinem *navigation display* zu reduzieren (*declutter*).

Auf dem *instrument panel* des Kommandanten stand der EFIS Umschalter nach der Bergung in der Stellung 'NORM', die Schutzkappe war intakt. Dies ist ein Hinweis, dass beide EFIS *symbol generator units* funktioniert hatten.

Aus den CVR-Aufzeichnungen ergeben sich keine verbalen Hinweise über Probleme mit dem *electronic flight instrument system*.

Die *non volatile memories* der beiden EFIS *symbol generator units* wurden durch den Gerätehersteller ausgewertet. Man kam zum Schluss, dass keine Störungen registriert waren, welche in der kritischen Phase des Unfallfluges zur Darstellung von inkorrekten Fluginformationen hätten führen können.

2.1.1.2 Auto Flight System

2.1.1.2.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *auto flight system* (AFS) nichts Auffälliges ergeben.

2.1.1.2.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Während den letzten 30 Minuten des Unfallfluges wurde das *auto flight system* zur Führung des Flugzeuges ununterbrochen eingesetzt.

Für die laterale Führung arbeitete der Autopilot abwechselungsweise im LNAV1 *mode*, im HDG SEL *mode* und im VORNAV1 *mode*. In der letzten Phase des Unfallfluges war der VORNAV1 *mode* aktiv. Der letztgewählte VOR *course* betrug 275°. Die Auswertung der DFDR-Daten ergab, dass die Steuerung mit dem Autopiloten in den genannten Betriebsarten normal verlief.

Für die vertikale Führung arbeitete der Autopilot abwechselungsweise im *vertical speed mode* und im *altitude hold mode*. In der letzten Phase des Unfallfluges war der *vertical speed mode* aktiv. Die letztgewählte Sinkgeschwindigkeit betrug 1200 ft/min. Die Auswertung der DFDR-Daten ergab, dass die Steuerung mit dem Autopiloten in den genannten Betriebsarten normal verlief.

Über FL235 war das *autothrottle system* im *Mach mode*, darunter immer im *IAS mode*. Die letztgewählte Geschwindigkeit betrug 116 KIAS. Die Auswertung der DFDR-Daten ergab, dass die Steuerung mit dem *autothrottle system* in den genannten Betriebsarten normal verlief.

Um 21:06:34 UTC bekundete der Kommandant die Absicht, einen Durchstart einzuleiten. Gleichzeitig wurde der Autopilot ausgeschaltet und auf dem CVR war das entsprechende akustische Warnsignal (*cavalery charge*) zu hören. Zwei Sekunden später kam es zum ersten Baumkontakt.

Das *autothrottle system* blieb bis zum Schluss der DFDR-Aufzeichnungen eingeschaltet und im *IAS mode*. Dies ist ein Hinweis darauf, dass der TOGA *pushbutton* an den Leistungshebeln nicht betätigt wurde.

Die Untersuchung des *thrust rating panels* (TRP) ergab, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit beim Aufprall mindestens eine Glühbirne im MCT *pushbutton* gebrannt hatte. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, dass der TOGA *pushbutton* an den Leistungshebeln nicht betätigt wurde.

Die Auswertung der *non volatile memories* der beiden *digital flight guidance computer* ergab, dass während des Unfallfluges bis zum ersten Baumkontakt keine Fehler registriert wurden. Nach dem Kontakt mit den Bäumen wurden Ereignisse registriert, welche durch die Verzögerung des Flugzeuges und später durch den einsetzenden Stromausfall verursacht wurden.

2.1.1.3 Navigation Management System

2.1.1.3.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *navigation management system* (NMS) nichts Auffälliges ergeben.

2.1.1.3.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Während den letzten 30 Minuten des Unfallfluges wurde das *navigation management system* (NMS) zweimal zur Führung des Flugzeuges mit dem Autopiloten eingesetzt (FDR: LNAV1 *mode*). Das erste Mal wurde es auf einem *track* von ungefähr 220° nach RILAX, das zweite Mal nach dem ZUE VOR verwendet.

Um 20:59:25 UTC informierte der Kommandant: "LNAV isch dine, das düemer dän schnell mit em LNAV flüüge, detä...". Es ist wahrscheinlich, dass er zu diesem Zeitpunkt die Route ZUE, D178F, KLO*, KLO**, RW28 eingegeben hatte. KLO* und KLO** sind durch den Piloten generierte Wegpunkte.

Um 21:00:06 UTC meldete der Kommandant: "LNAV isch *engaged*, da simer praktisch druffe". Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug auf der VOR-Standlinie mit dem *inbound course* 125° ZUE. Es ist wahrscheinlich, dass der Kommandant in dieser Situation mit dem Einschalten (*engage*) des LNAV *mode* auch die Funktion *direct to* ZUE aktivierte.

Der Anflug wurde bis um 21:04:15 UTC im LNAV *mode* fortgeführt, dem Zeitpunkt in welchem der Autopilot das Flugzeug auf den *inbound course* 275° KLO steuerte (VOR *capture*).

Die Auswertung der DFDR Daten ergab, dass die Steuerung mit dem Autopiloten im LNAV1 *mode* normal verlief. Kurz vor dem Unfall arbeitete der Autopilot im VORNAV1 *mode*.

Der CRS *selector* auf dem EFIS *control panel* des Kommandanten befand sich bei der Bergung der Trümmer in der Stellung 'OFF'. Es ist wahrscheinlich, dass der Kommandant als 2nd *course* das VOR 2 oder 1 gewählt hatte. Dies ermöglichte ihm, die Führung des Flugzeuges durch den Autopiloten entlang der VOR-Standlinie zu überwachen.

Bei der Bergung wurde der LNAV *switch* in der Position LNAV 1 vorgefunden. Es gibt keine Hinweise, dass diese Stellung als Folge einer technischen Störung gewählt wurde. Wahrscheinlicher ist, dass der Kommandant aus Gewohnheit den Schalter auf LNAV1 gestellt hat, weil er *pilot flying* war.

2.1.2 Flugzeugsteuerung

Die DFDR Aufzeichnungen der *primary flight controls*, *aileron*, *elevator* und *rudder* waren nicht auswertbar. Die DFDR Daten der *secondary flight controls* waren demgegenüber gut auswertbar und bewegten sich aus betrieblicher Sicht im normalen Rahmen.

Die auf den Flugweg bezogenen Daten (wie zum Beispiel: *altitude*, *airspeed*, *heading*, *latitude*, *longitude*, *ground speed*, *wind*, *roll* und *pitch*) wurden bis zum ersten Baumkontakt korrekt aufgezeichnet und konnten analysiert werden. Der Flugwegverlauf lässt auf ein korrektes Funktionieren der *primary flight controls* schliessen.

2.1.3 Navigationsausrüstung

2.1.3.1 Inertial Reference System

2.1.3.1.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *inertial reference system* (IRS) nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.1.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Bis wenige Sekunden vor dem ersten Baumkontakt wurde das Flugzeug mit dem Autopiloten geflogen. Das Steuerverhalten wies darauf hin, dass die vom IRS gelieferten Daten vom Autopiloten korrekt verarbeitet wurden.

Aus den CVR-Aufzeichnungen ergaben sich keine Hinweise auf irgendwelche Probleme mit den vom IRS generierten und auf dem EFIS dargestellten Flugparametern.

2.1.3.2 VHF-Navigationssystem

2.1.3.2.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des VOR-Systems nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.2.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Während den letzten 30 Minuten des Unfallfluges wurde das VOR-System zweimal zur Führung des Flugzeuges mit dem Autopiloten eingesetzt (FDR: VORNAV1 *mode*). Das erste Mal auf einem *inbound course* von 125° zum VOR/DME ZUE, das zweite Mal auf einem *inbound course* von 275° zum VOR/DME KLO. Sowohl die FDR-Aufzeichnung wie auch der *radarplot* wiesen auf ein typisches Steuerverhalten des Autopiloten im VOR *mode* hin, mit relativ starkem Abweichen von der VOR-Standlinie nach dem VOR *capture*.

Nach dem Unfall standen die Umschalter VOR/ADF auf beiden *distance bearing indicators* (DBI) in Stellung ADF. Die Anzeigen der VOR *bearing* auf diesen Instrumenten standen daher nicht zur Verfügung.

Auf dem CVR gab es mehrere Hinweise darauf, dass das VOR auf dem EFIS *navigation display* aufgeschaltet war (vermutlich auf beiden Seiten als 2nd *course*). Weder der Kommandant noch der Copilot erwähnten irgendwelche Probleme mit dem VOR-System.

2.1.3.3 Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment

2.1.3.3.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *distance measuring equipment* (DME) nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.3.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Während des Anfluges gab es zwei Hinweise von Seiten der Piloten, welche auf ein korrektes Funktionieren der beiden DME-Systeme schliessen lassen:

Um 21:04:23 UTC meldete der Copilot: "Jetzt simer acht Meile" (D8KLO). Zu diesem Zeitpunkt waren beide VOR/DME-Systeme auf der Frequenz von KLO VOR/DME (114.85).

Ein Vergleich mit dem *radarplot* ergab bei dieser Zeit eine Übereinstimmung der beiden Distanzen. Geht man davon aus, dass der Copilot den *course selector* (CRS) auf seinem EFIS *control panel* in der Stellung LNAV hatte (Ergebnis der Trümmeruntersuchung), so musste er die DME-Distanz auf seinem *distance bearing indicator* (DBI) abgelesen haben. Da die beiden Distanzanzeigen für DME 1 und DME 2 direkt nebeneinander liegen, wäre ihm eine Differenz sicherlich aufgefallen.

Um 21:05:27 UTC erwähnte der Kommandant: "Sechs Meile drüü drüü isch checked" (D6KLO /3360 ft). Ein Vergleich mit dem *radarplot* ergab, dass CRX3597 den Punkt D6KLO aktuell um 21:05:21 UTC auf einer Höhe von 3240 ft QNH passierte. Der Grund für die leicht verzögerte Aussage seitens des Kommandanten liegt wahrscheinlich darin, dass der Copilot um 21:05:21 UTC begann, eine Meldung an die ATC abzusetzen, welche anschliessend quittiert wurde.

Es gab vom CVR keine Hinweise darauf, dass das DME-System im weiteren Verlaufe des Fluges beanstandet worden wäre.

2.1.3.4 Air Data System

2.1.3.4.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *air data system* nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.4.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Die Auslesung des *non-volatile memory* ergab, dass weder während des Unfallfluges noch während einem der neun vorangegangenen Flüge im *digital air data computer* (DADC) 1 eine Störung (*failure*) abgespeichert worden war. Der DADC 2 wurde durch Aufprall und Feuer zerstört und konnte nicht ausgewertet werden.

Die FDR-Aufzeichnungen zeigten während des gesamten Anfluges plausible Höhen- und Geschwindigkeitswerte.

Der ATC Transponder (*mode C*) übermittelte bis zur letzten Radarabfrage die korrekte Höhe.

Die im CVR aufgezeichneten mehrmaligen Hinweise beider Piloten bezüglich angezeigter Flughöhen wurden mit den im DFDR aufgezeichneten Daten verglichen. Sie stimmten überein.

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass den Piloten während des Anfluges korrekte *air data parameter* zur Verfügung standen.

2.1.3.5 Radarhöhenmesser

2.1.3.5.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *radio altimeter system* nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.5.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Aus der CVR-Aufzeichnung ergab sich kein Hinweis auf eine Störung der *radio altimeter* Anzeige während des Unfallfluges.

Die Radarhöhe beider *radio altimeter transceiver* wurde vom FDR aufgezeichnet. Die aufgezeichneten Werte erschienen, unter Berücksichtigung der Topographie, als plausibel.

Die beiden akustischen Warnungen '*five hundred*' und '*minimums*' haben normal angesprochen, was beweist, dass das *radio altimeter system* 1 bis zum Unfall funktioniert hatte. Die Warnung '*minimums*' sprach 300 ft über Grund an. Diese Entscheidungshöhe (*decision height*) wurde zuvor durch die Besatzung standardmässig eingestellt. Ein Vergleich mit der barometrischen Höhe, unter Berücksichtigung des Geländes, zeigte eine Übereinstimmung.

2.1.3.6 ATC Transponder System

2.1.3.6.1 Zuverlässigkeit

Eine Überprüfung der Unterhaltsdokumente hat bezüglich des Betriebsverhaltens des *air traffic control (ATC) transponder system* nichts Auffälliges ergeben.

2.1.3.6.2 Verfügbarkeit während des Unfallfluges

Der *radarplot* zeigt während des gesamten Anfluges plausible Daten. Die vom FDR aufgezeichnete Höhe (*pressure altitude*) stimmt mit derjenigen auf dem *radarplot* überein.

Das Radar auf dem Holberg registrierte die letzte Antwort (*radar return*) von Flug CRX 3597 um 21:06:32 UTC. Der um 21:06:36 UTC fällige *radar return* blieb aus.

2.1.4 Unterhalt

Die Auswertung der Unterhaltsaufzeichnungen ausgehend vom C2 *check* im Mai 2000 lieferte folgende Ergebnisse:

- Es liegen keine Hinweise vor, dass die von Flugzeughersteller und Behörden vorgegebenen periodischen Kontrollen nicht innerhalb der festgelegten Intervalle ausgeführt wurden.

- Die laufzeitgesteuerten Komponenten lagen zum Zeitpunkt des Unfalls innerhalb der vorgeschriebenen Betriebszeiten.
- Die HB-IXM wies im Vergleich zur gesamten Flotte Avro 146 RJ 85/100 eine durchschnittliche Fehlerhäufigkeit auf.
- Die hohe Störungsanfälligkeit der *auxiliary power unit* (APU) war seit der Einführung des Flugzeugmusters auf der ganzen Flotte Avro 146 RJ 85/100 bekannt.
- Die vorgeschriebene Kalibrierung des *standby* Höhenmessers und der zwei *air data computer* wurde nicht nach den Vorgaben des BAZL durchgeführt.
- Verschiedene Parameter der *flight control position* auf dem DFDR waren nicht auswertbar. Dieses Problem wurde bereits anlässlich einer Kontrolle der Parameter am 27. März 2001 festgestellt und nicht behoben.

2.1.5 Lufttüchtigkeit

Es gibt keinen Hinweis, dass sich das Flugzeug HB-IXM im Zeitpunkt des Unfalls nicht in lufttüchtigem Zustand befand.

2.1.6 Überlebensmöglichkeiten

Durch die Topografie, die Richtung des Flugweges und den Baumbewuchs wurde die Heftigkeit des Aufpralls gedämpft.

Bei den Baumberührungen wurde der Radom separiert, die rechte Rumpfsseite aufgerissen und vermutlich die Verkabelung zwischen den Bord-Batterien und dem elektrischen Verteilsystem beschädigt. Das könnte ein Grund für den Funkenwurf sein, der von dem auf Sitz 14 B reisenden Passagier beobachtet wurde.

Mit dem Aufschlag entwickelte sich das kurz nach dem ersten Baumkontakt ausgebrochene Feuer innerhalb von Sekunden zu einem Brand mit hohen Temperaturen. Aufgrund dieses starken Feuers war der Unfall nur zufällig überlebbar.

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die überlebenden Mitglieder der Kabinenbesatzung die Überlebensmöglichkeiten hätten verbessern können.

Der Einsatz der Polizei- und Rettungskräfte war schnell und effizient.

2.2 Menschliche, betriebliche und organisatorische Aspekte

2.2.1 Das „SHEL“-Modell

Die Entstehung von Flugunfällen ist oft durch das komplexe Zusammenwirken menschlicher, technischer, betrieblicher und umweltbedingter Faktoren zu erklären. Bei der Beurteilung wurde deshalb ein systemischer Ansatz gewählt, der nicht nur die offensichtlichen Fehler benennt, sondern auch die zu Grunde liegende Situation analysiert und die tiefer liegenden Ursachen für primäre Fehler feststellt.

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge und Klärung der Handlungs- und Entscheidungsweise der Flugbesatzung wurde das von der internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO im „*Human Factor Digest No. 7*“ empfohlene „SHEL“-Modell eingesetzt. Dieses Werkzeug ist ein Modell zur Betrachtung des Zusammenwirkens von Menschen mit anderen Menschen und technischen Einrichtungen in einem bestimmten Ar-

beitsumfeld. Die vier Buchstaben „S-H-E-L“ bedeuten dabei eine Abkürzung für die vier Komponenten des Modells:

S – <i>software</i>	Nichtmaterieller Teil des Systems, welcher hauptsächlich Verfahren, Checklisten, Vorschriften und Regeln umfasst.
H – <i>hardware</i>	Technische Systeme wie Flugzeug, Ausrüstung etc.
E – <i>environment</i>	Die Umgebung schliesst alle äusseren Faktoren wie Wetter, andere Flugzeuge, Flugsicherung, Flugbetriebsunternehmen und Aufsichtsbehörde mit ein.
L – <i>liveware</i>	Der Mensch mit seinen Variationen und Grenzen ist im Zentrum des Modells angeordnet. Es können mehrere L-Elemente zusammenwirken (Kommandant, Copilot etc.)

Für die Untersuchung des vorliegenden Flugunfalls wurden der Kommandant und der Copilot als zentrale Ausgangspunkte für den Bereich *liveware* – L genommen. Die Art des Zusammenwirkens der beiden Flugbesatzungsmitglieder stellte einen weiteren wichtigen Untersuchungsgegenstand dar. Weiter wurden die Beziehungen zwischen der Flugbesatzung und dem Flugzeug (L-H), bzw. die Schnittstelle zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S) betrachtet. Als letzter Punkt wurde der Einfluss der Umgebung auf das Verhalten der Flugbesatzung untersucht (L-E). Zu dieser Umgebung zählte neben dem Wetter und der Flugsicherung auch das Flugbetriebsunternehmen und die Aufsichtsbehörde. Als Grundlage für die zeitlichen Abläufe wurde die als Beilage angefügte Zusammenfassung des Flugverlaufs (vgl. Anhang 1) verwendet.

2.2.2 Kommandant (L)

2.2.2.1 Vorgeschichte

Erste Hinweise auf die Grenzen der Fähigkeiten des Kommandanten und auf seine Schwierigkeiten, diese zu akzeptieren, finden sich in der Tatsache der nicht abgeschlossenen Volksschulbildung sowie der Ablehnung seiner Kandidatur für die Fliegerische Vorschulung auch nach dreimaligem Wiedererwägungsantrag. Diese wiederholten Versuche einer Wiedererwägung zeigen erstmals die grosse Hartnäckigkeit des Kommandanten im Erreichen seiner fliegerischen Ziele.

Schon als der Kommandant im Jahr 1979 im Flugbetriebsunternehmen Crossair seine Arbeit aufnahm, galt er mit über 4000 Flugstunden als erfahren. Vorher hatte er bereits mehrere Jahre auf kleineren Flugzeugen Bedarfsflüge durchgeführt und die Berechtigung erhalten, Flugschüler im Sicht- und Instrumentenflug auszubilden. Wie sich aus den Unterlagen entnehmen lässt, lag die Begabung des Kommandanten eindeutig im Sichtflugbereich. Er bestand die Umschulungen auf die entsprechenden Flugzeugmuster problemlos. Hingegen bestand er zweimal die Prüfung zur Erlangung der Instrumentenflugberechtigung nicht, bevor er diese nach dem dritten Versuch erhielt. Die Schwierigkeiten im Instrumentenflug, die von verschiedenen Experten des Eidgenössi-

schen Luftamtes anlässlich von periodischen Checkflügen festgestellt wurden, waren auch noch vorhanden, als er bereits selber Flugschüler im Instrumentenflug ausbildete, regelmässig flog und somit einen guten Trainingsstand aufwies. Die erste Umschulung auf ein Verkehrsflugzeug absolvierte er beim Flugbetriebsunternehmen Crossair kurz nach seinem Eintritt. Der Kurs wurde bei einem international tätigen Ausbildungszentrum durchgeführt. Die Prüfung zur Erlangung der Musterberechtigung legte der Kommandant vor einem Experten des Eidgenössischen Luftamtes ab und bestand diese trotz seiner Flugerfahrung mit der Note „*below average – average*“. Noch immer wurden grundsätzliche Schwächen im Instrumentenflug und eine mangelnde Übersicht festgestellt.

Kurze Zeit später übertrug das Eidgenössische Luftamt die Abnahme von Leistungsüberprüfungen wie *line*, *simulator* und *route checks* sowie von Fähigkeitsnachweisen nach Umschulungen an Experten, die im Flugbetriebsunternehmen angestellt waren. Dies entspricht bis heute der gängigen Praxis. Die Leistungen des Kommandanten wurden nun zunehmend besser bewertet und 1982 bezeichnete Crossair seine fliegerischen Leistungen als überdurchschnittlich. Abgesehen von Einzelfällen waren auf den Checkblättern bis zu Beginn des Jahres 1996 nur wenig aussagekräftige Feststellungen vorhanden und die Leistungen des Kommandanten wurden weitgehend als gut bewertet (vgl. Anhang 9).

In den beiden Umschulungskursen auf das Flugzeugmuster MD 80 zeigten sich Schwierigkeiten, die schon zu Beginn der Laufbahn festgestellt worden waren. Der Kommandant erhielt mehrere Zusatzlektionen im Simulator, ohne dass sich ein genügender Fortschritt einstellte. Die Beurteilung, welche eine mangelnde Gesamtübersicht und grundsätzliche Probleme beim Führen des Flugzeuges feststellte, war zutreffend und entsprach den früher schon festgestellten Leistungen des Kommandanten. Die Untersuchung ergab, dass die Umschulungskurse auf MD 80 ein hohes Anspruchsniveau aufwiesen und gegenüber den Teilnehmern fair durchgeführt wurden.

Während der Zeit, als der Kommandant das Flugzeugmuster Saab 340 geflogen hatte, waren neben der weitgehend positiven Bewertung auch einige Leistungsprobleme sichtbar geworden. Die Entscheidungsträger des Flugbetriebsunternehmens hatten diese aber entweder nicht wahrgenommen oder nicht zweckmässig auf die Probleme reagiert. Unter diesem Gesichtspunkt muss auch die Entscheidung gewertet werden, den Kommandanten erneut auf dem Saab 340 einzusetzen, ohne die Gründe für das Versagen während des Umschulungskurses auf das Flugzeugmuster MD 80 weiter zu analysieren. In der Folge wurden die Leistungen auf der Saab 340 wieder allgemein als gut beurteilt. Mit der Ausserbetriebnahme der Saab 340 bemühte sich Crossair, für den Einsatz des Kommandanten ein neues Flugzeugmuster zu finden, da er weiter zu fliegen wünschte. Ohne weitere Abklärungen wurde die Avro RJ 85/100 als das am besten für ihn geeignete Flugzeug ausgewählt. Somit wurde der Kommandant für einen Umschulungskurs auf das Unfallmuster eingeteilt. Da es sich bei den Instruktoren und Experten dieses Lehrgangs um Personen gehandelt hat, welche die gleichen Massstäbe und Grundsätze hatten wie in der Flotte Saab 340, fielen die Qualifikationen ähnlich positiv aus. Der Umstand, dass der Kommandant gemäss den vorliegenden Unterlagen annähernd fehlerfrei gearbeitet haben soll, steht im Widerspruch zu früheren Bewertungen von Experten, die nicht aus dem Flugbetriebsunternehmen stammten.

Wie ein roter Faden zieht sich ferner eine gewisse Abneigung gegenüber komplexeren technischen Systemen durch die Laufbahn des Kommandanten. Der unzulässige Einsatz von Navigationshilfen wurde vor allem zu Beginn der fliegerischen Laufbahn vermerkt und fand eine Entsprechung bei den Problemen im Umgang mit dem *digital flight guidance system* des Flugzeugmusters MD 80. Das vorgefundene *instrument set-*

ting des Kommandanten lässt den Schluss zu, dass die Navigationsinstrumente auch während des Unfallfluges nicht optimal eingesetzt wurden. Dieser Umstand wird allerdings als nicht unfallrelevant beurteilt.

2.2.2.2 Verhalten während des Unfallfluges

Übereinstimmend wurde das Verhalten des Kommandanten von sämtlichen Zeugen als sehr ruhig und selbstbeherrscht beschrieben. Copiloten nahmen ihn vor allem aufgrund seiner grossen Flugerfahrung und wegen dieser fast unerschütterlichen Ruhe als Autorität wahr. Auch die Aufzeichnungen des *cockpit voice recorder* zeigen annähernd während des gesamten Unfallfluges dieses Bild. Nur in zwei Situationen schien der Kommandant etwas irritiert: Um 20:48:39 UTC äusserte er spontan einen Kraftausdruck, als er erfuhr, dass – entgegen seiner Annahme – ein Anflug auf Piste 28 durchgeführt werden müsse: „Ou, Sch*****, das äno, ja guet ok“. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass ihm dieser kurzfristige Wechsel des Anfluges nicht behagte. Auch beim zweiten Mal, um 21:06:25 UTC, ungefähr 10 Sekunden bevor die Maschine die ersten Hindernisse berührte, dürfte ein sich anbahnendes Unbehagen der Grund für die spontane Äusserung gewesen sein: „Sch*****, zwei Meile hät er gseit, gseht er d'Pischte“.

Bis ungefähr 90 Sekunden bevor das Flugzeug mit dem bewaldeten Höhenzug kollidierte verlief der Flug mehr oder weniger normal. Gewisse Entscheide und Handlungen, die vorher stattfanden, beeinflussten zwar das Unfallgeschehen, hätten aber an sich noch nicht zwangsläufig zu einem fatalen Ausgang führen müssen. Auf diese vorbereitenden Handlungen und Entscheide soll weiter unten eingegangen werden.

Der erste Hinweis, dass der Anflug nicht auf dem vorgesehenen Gleitweg verlief, bot sich dem Kommandanten um 21:05:21 UTC, als sich das Flugzeug in einer Schrägdistanz von 6 NM vom VOR/DME Kloten befand. Gemäss Anflugprofil war für diese Position eine Minimalhöhe von 3360 ft QNH vorgesehen. Tatsächlich betrug die Höhe der HB-IXM zu diesem Zeitpunkt lediglich 3240 ft QNH. Wie die Aufzeichnungen des CVR belegen, überprüfte der Kommandant zwar bei einem Abstand von 6 NM vom VOR/DME Kloten die Höhe, erkannte die Abweichung von 120 ft nicht oder beurteilte sie als tolerierbar. Um 20:05:27 UTC stellte er fest: „Sächs Meile drü drü isch checked“. Zu diesem Zeitpunkt muss sich der Kommandant über die Distanz zum Flugplatz noch bewusst gewesen sein. Die Sinkrate wurde aber weder verändert noch angesprochen.

Anschliessend wies der Kommandant mehrfach auf die Mindesthöhe für den Anflug hin, noch bevor diese erreicht war. Ungefähr 15 Sekunden bevor die Maschine bei der *minimum descent altitude* (MDA) von 2390 ft QNH angelangt war, erwähnte der Kommandant, dass er Sicht auf den Boden habe: „*Ground contact* hämmer, hä“. Dies zeigt, dass er in dieser Phase zeitweilig nach draussen schaute. Die folgende Bemerkung weist darauf hin, dass er die Wettermeldung zumindest teilweise verstanden hatte, die Crossair Flugnummer CRX 3891 um 21:04:34 UTC übermittelt hatte: „Mä hät gseit, Pischte hät er spaat gseeh da...“ Zu diesem Zeitpunkt befand sich die HB-IXM bei ungefähr 4.8 NM Schrägdistanz vom VOR/DME Kloten. Der Kommandant stellte – im Gegensatz zu 21:05:27 UTC – keine Kontrolle der Distanz mehr an. Dies dürfte der Beginn eines zumindest teilweisen Verlustes des Situationsbewusstseins darstellen.

Kurze Zeit später, um 21:06:10 UTC erreichte die Maschine die MDA von 2390 ft QNH. Der Kommandant stellte gleichzeitig fest: „...zwo vier, s'Minimum...*ground contact* han ich...mer gönd wiiter im Moment...es chunnt füre...*ground contact* hämmer...mer gönd wiiter“. Der Kommandant war sich somit bewusst, dass er die Mindesthöhe für den Anflug erreicht hatte. Ein Bezug auf die Distanz zum VOR/DME Kloten wurde nicht gemacht. Obwohl die definierten Sichtbedingungen für ein Verlassen der MDA nicht ge-

geben waren, entschied sich der Kommandant weiter abzusinken. Für diesen Entscheid dürften unter anderem die folgenden Gründe ausschlaggebend gewesen sein:

- Es war zeitweise Sicht auf den Boden vorhanden.
- Der Kommandant hegte gemäss seiner Aussage die Erwartung, dass die Piste bald sichtbar würde.
- Der Kommandant war es von seinem langjährigen Einsatz auf dem Saab 340 gewohnt, - nachweisbar in Lugano - unter die Mindesthöhe für den Anflug abzusinken, auch wenn nur Sichtkontakt zum Boden und nicht zur Piste bestand. Wie die Beschreibung des Vorfalls vom Dezember 1995 zeigt, traute sich der Kommandant offenbar zu, ein solches Verfahren auch bei Nacht und unter Instrumentenbedingungen durchzuführen.

Aufgrund der meteorologischen Bedingungen war ein Sichtkontakt zur Piste höchst unwahrscheinlich, da sich die Maschine beim Durchfliegen der MDA noch bei ungefähr 4.4 NM (8.1 km) Schrägdistanz zum VOR/DME Kloten bzw. 3.5 NM (6.5 km) zur Pistenschwelle befand.

Um 21:06:22 UTC war eine Radarhöhe von 500 ft RA erreicht und das *ground proximity warning system* lieferte die Meldung: „*Five hundred*“. Dieser *call out* löste möglicherweise ein Unbehagen aus, denn der Kommandant sagte unmittelbar darauf: „Sch*****, Zwei Meile hät er gseit, gseht er d’Pische“. Ein weiteres Mal erinnerte sich der Kommandant an die Meldung der unmittelbar vorher gelandeten Maschine. Der Kommandant hatte sinngemäss richtig eine Distanz von 2 NM zum VOR/DME Kloten verstanden, bei der CRX 3891 die Piste gesehen hatte. Da sich die HB-IXM zu diesem Zeitpunkt noch im Abstand von 3.1 NM zur Pistenschwelle befand, war ein Sichtkontakt zur Piste immer noch nicht möglich. Aber auch in den folgenden Sekunden sprach der Kommandant nur über die Höhe, die das Flugzeug gerade durchflog. Um 21:06:31 UTC las der Kommandant den Höhenmesser ab: „Zwöi Tuusig“. Da er während des gesamten Fluges seine Wahrnehmungen immer auch ausgesprochen hatte, kann davon ausgegangen werden, dass er in dieser Phase nur noch die Angaben des Höhenmessers beachtete. Die DME-Distanz kontrollierte er offenbar nicht mehr. Damit war das Bewusstsein über einen wesentlichen Parameter zur Anflugüberwachung verloren gegangen. Mit grosser Wahrscheinlichkeit versuchte der Kommandant in dieser Phase weiterhin Sicht auf den Boden zu gewinnen. Da er keine Sichtreferenzen mehr erwähnte, ist davon auszugehen, dass er keine mehr hatte.

Eine Sekunde später, um 21:06:32 UTC gab das GPWS die Meldung „*minimums*“ aus, da 300 ft RA erreicht waren. Nochmals eine Sekunde später fragte der Kommandant zögernd: „...*go around* mache?“ Wäre zu diesem Zeitpunkt anstelle der Frage ein *go around* eingeleitet worden, so hätte, wie die Versuche im Simulator gezeigt haben, die Kollision mit den Bäumen eventuell noch knapp vermieden werden können.

Um 21:06:34 UTC entschied der Kommandant schliesslich, den Durchstart einzuleiten, möglicherweise weil die Hindernisse im Licht der Landescheinwerfer sichtbar wurden.

2.2.2.3 Medizinische Aspekte

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für eine ganz oder teilweise für den Unfall verantwortliche medizinische Ursache. Insbesondere fehlen Hinweise auf eine plötzliche Flugunfähigkeit des Kommandanten aus medizinischen Gründen (*obvious sudden incapacitation*).

Der Kommandant hatte an den zwei Tagen vor dem Unfall die erlaubten maximalen Einsatzzeiten deutlich überschritten und die vorgeschriebene Ruhezeit in der Nacht vor

dem Unfall leicht unterschritten. Es ist somit davon auszugehen, dass er am Unfalltag tendenziell übermüdet war. Der Unfall passierte am Ende eines Tages an dem der Kommandant rund 15 Stunden wach gewesen ist. Durch seine nebenberufliche Tätigkeit als IFR-Fluglehrer vor dem Linienflugdienst stand er zum Unfallzeitpunkt mehr als dreizehneinhalb Stunden im Einsatz. Ein längerer Arbeitsunterbruch, der beispielsweise eine Erholung durch Schlaf ermöglicht hätte, fehlte. Das schlechte Wetter dürfte die Anstrengung während des ganzen Tages noch verstärkt und die Ermüdung begünstigt haben.

Eine derartige Ermüdung beeinträchtigt die Konzentrations- und Entscheidungsfähigkeit sowie die Fähigkeit zur Analyse komplexer Vorgänge und die Fehlerhäufigkeit nimmt zu. Dies entspricht den Beobachtungen während des Unfallfluges:

- Um 20:43:44 UTC, während der Kommandant das *approach briefing* für den Anflug auf Piste 14 durchführte, machte der Copilot ihn auf eine zu hohe Geschwindigkeit aufmerksam: „Mer chömed glaub mit de speed ächli in rote Bereich ine.“ Der Kommandant hatte offenbar während der Anflugbesprechung diesem Parameter zu wenig Beachtung geschenkt.
- Während des zweiten *approach briefings* für den Anflug auf Piste 28 beschrieb der Kommandant seinen Plan kurz nach 20:52 UTC unter anderem wie folgt: „Wämer dä turn macht bi Ko...Komma Sächs Meile, Sächs Komma Föif Meile left turn und dänn dä Aaflug da gemäss Profil...“ Dabei beschrieb er einen *left turn*. Tatsächlich führt die Annäherung auf die Anfluggrundlinie aber über eine Rechtskurve. Der Kommandant beschrieb – ohne sich den Flugweg bildlich vorzustellen – was er auf der Anflugkarte sah: Die Anfluggrundlinie mit Kurs 275° führt auf einer Anflugkarte, deren Nordrichtung nach oben zeigt, nach links.
- Möglicherweise bewertete der Kommandant auch die Abweichung vom Sollgleitweg bei 6 NM Schrägdistanz vom VOR/DME Kloten nicht als genügend gross um eine Korrektur einleiten zu müssen, weil er übermüdet war.
- Auch der Umstand, dass der Kommandant die Sinkgeschwindigkeit mit abnehmen der Horizontalgeschwindigkeit nicht entsprechend verringerte und somit der Gleitweg zunehmend steiler wurde, könnte auf die Übermüdung zurückzuführen sein.

Aus dem oben genannten ist zu schliessen, dass die Ermüdung die Kriterien für eine Beeinträchtigung der Flugtauglichkeit (*subtle incapacitation*) erfüllt.

2.2.3 Copilot (L)

2.2.3.1 Allgemeines

Der Copilot wies eine geradlinige Ausbildung zum Berufspiloten mit Instrumentenberechtigung auf und besass ein *frozen* ATPL, da er bereits einen Theoriekurs für Verkehrspiloten besucht und die entsprechenden Prüfungen bestanden hatte. Seine Gesamtflugerfahrung war mit knapp 500 Stunden gering. Auf dem Unfallmuster wies er jedoch eine leicht höhere Flugerfahrung als der Kommandant auf, da er rund zwei Monate früher seinen Einsatz auf der Avro RJ 85/100 begonnen hatte.

Der Copilot wurde von Zeugen übereinstimmend als empfindsam und freundlich beschrieben. Während des Auswahlverfahrens für Copiloten der Crossair, stellte man fest, dass der Copilot die Tendenz hatte, sich unterzuordnen. Er wurde als vital, aber nicht kämpferisch sondern nach Harmonie strebend beschrieben.

Diese Eigenschaften sind an sich noch kein Hindernis für eine erfolgreiche Pilotenlaufbahn, wenn im Flugbetrieb und bei der Ausbildung der Persönlichkeitsentwicklung Rechnung getragen wird.

2.2.3.2 Medizinische Aspekte

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für eine ganz oder teilweise für den Unfall verantwortliche medizinische Ursache. Insbesondere fehlen Hinweise auf eine plötzliche gänzliche oder teilweise Flugunfähigkeit des Copiloten aus medizinischen Gründen (*obvious bzw. subtle sudden incapacitation*).

2.2.4 Zusammenwirken zwischen Kommandant und Copilot (L-L)

2.2.4.1 Allgemeines

Der Kommandant vereinte auf sich eine rund vierzigmal grössere Gesamtflugerfahrung als der Copilot und war wesentlich älter als er. In diesem Fall führte dies zu einem deutlichen Autoritätsgefälle zwischen den Flugbesatzungsmitgliedern. Der Umstand, dass der Copilot während seiner Instrumentenflugausbildung bei der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy den Kommandanten bereits als Fluglehrer erlebt hat, dürfte in diesem Zusammenhang wohl nur eine untergeordnete Rolle spielen, da lediglich zwei gemeinsame Schulungsflüge durchgeführt worden sind. Hingegen wurde das Autoritätsgefälle noch dadurch verstärkt, dass der Kommandant den Copiloten von 20:37:25 UTC an während rund zwei Minuten ausführlich über die Interpretation eines Pistenzustandsberichtes belehrte und ihn so in eine Schülerrolle versetzte. Da der Copilot unmittelbar vorher den *runway report* von Zürich-Kloten annähernd vollständig und korrekt entschlüsselt hatte, war die Erklärung eigentlich nicht nötig. Der Copilot machte denn auch während der Ausführungen des Kommandanten einen eher uninteressierten Eindruck.

2.2.4.2 Fortsetzung des Fluges unter die Mindesthöhe für den Anflug

Der Kommandant entschied sich, beim Erreichen der *minimum descent altitude* weiter zu sinken, obwohl kein Sichtkontakt zur Anflugbefeuerung bzw. zur Piste vorhanden war. Aus Sicht der Fehleranalyse war dies ein Fehler, bei dem Verfahrensvorgaben nicht eingehalten wurden. Die Aufgabe des Copiloten war es unter anderem, die Arbeit des Kommandanten zu überwachen und Fehler wenn möglich schon im Ansatz zu erkennen und zu verhindern. Wie das Unfallgeschehen zeigt, ist dies im vorliegenden Fall aus folgenden Gründen nicht gelungen:

- Beim *approach briefing* für den *standard VOR/DME approach* 28 zwischen 20:51:56 UTC und 20:53:05 UTC fand zwar eine Besprechung der Angaben auf der Anflugkarte statt. Ein eigentliches Konzept für die Anfluggestaltung wurde hingegen nicht entwickelt, bzw. nicht kommuniziert. Es wurde insbesondere nicht festgelegt, in welcher Hinsicht beim Konfigurieren des Flugzeuges von den Standardverfahren abgewichen werden sollte, wie der Geschwindigkeitsabbau zu erfolgen habe und in welchem Abstand zur Piste der Instrumentenanflug beendet werden sollte. Das Fehlen eines solchen Handlungsplans hat es dem Copiloten erschwert, das tatsächliche Geschehen zeitgerecht beurteilen zu können.
- Der Entscheid, das Flugzeug erst nach dem *final approach fix* für die Landung zu konfigurieren und diese Konfiguration während des gesamten Endanfluges laufend zu ändern, machte es für beide Besatzungsmitglieder schwieriger, den Gleitweg des Flugzeuges zu überwachen bzw. dessen Entwicklung zeitlich vorherzusehen. Diese Überwachung erfolgte nicht oder nur ungenügend, was dadurch belegt wird, dass

der Kommandant um 21:04:36 UTC eine Sinkrate von rund 1000 ft/min wählte, die zur aktuellen Geschwindigkeit des Flugzeuges von 160 kt passte. Diese Sinkrate wurde anschliessend nicht mehr der abnehmenden Horizontalgeschwindigkeit angepasst. Die Folge daraus war, dass der Gleitweg der HB-IXM im Vergleich zum nominalen Gleitpfad zunehmend steiler wurde und die Maschine unter diesen geriet (vgl. Anhang 10).

- Auch für den Copiloten bot sich der erste Hinweis, dass der Anflug nicht auf dem vorgesehenen Gleitweg verlief, um 21:05:21 UTC, als sich das Flugzeug in einer Schrägdistanz von 6 NM vom VOR/DME Kloten befand. Der Kommandant erwähnte diesen Punkt, reagierte aber auf die vorhandene Höhenabweichung nicht. Der Copilot war zu diesem Zeitpunkt noch mit den letzten Punkten des *check for approach* beschäftigt und somit in einer ungünstigen Ausgangslage für eine Überwachung des Kommandanten. Auch in den folgenden Sekunden war der Copilot wieder mit Manipulationen beschäftigt und nahm Kontakt mit der Platzverkehrsleitstelle Zürich *tower* auf.
- Kurze Zeit später, um 21:05:36 UTC begann wieder eine Abfolge von Tätigkeiten, die beide Besatzungsmitglieder beschäftigte und eine Kontrolle des Anflugwinkels erschwerte. Kommandant: „*Flaps 33*“ – Copilot: „*Speed checked, flaps 33 selected*“, Kommandant: „*Final check*“ – Copilot: „*Final check, confirm three greens*“ – Kommandant: „*Is checked*“. Kommandant, in Bezug auf die Anfluggeschwindigkeit ($V_{ref}+5$ kt): „Hundert sächzäh (116)“ – Copilot: „*Full flaps...set*“ – Kommandant: „*Checked*“ – Copilot: „*Cabin report received*“ – Kommandant: „*Received*“ – Copilot: „*Landing clearance to go*“ – Kommandant: „*Isch to go*“ – Copilot: „Jawohl“.
- Als die beschriebenen Tätigkeiten abgeschlossen waren, befand sich die HB-IXM bei ungefähr 3.9 NM zur Pistenschwelle und noch etwa 200 ft über der MDA. Die verbleibenden 15 Sekunden bis zum Erreichen der Mindesthöhe für den Anflug waren für den Copiloten wahrscheinlich zu kurz, um sich wieder ein vollständiges Bild von der aktuellen Situation machen zu können.
- Die Aufzeichnungen des *cockpit voice recorder* belegen, dass die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen dem Kommandanten und dem Copiloten ruhig und sachlich geschahen. Die ausgesprochene Ruhe, die der Kommandant fast durchgehend an den Tag legte, hat beim Copiloten mit grosser Wahrscheinlichkeit den Eindruck eines erfahrenen Vorgesetzten erweckt, der überlegt und bewusst handelte. Dies dürfte einer der Hauptgründe sein, warum der Copilot nicht intervenierte, als der Kommandant um 21:06:10 UTC den Sinkflug unter die Mindesthöhe für den Anflug fortsetzte. Die Tatsache, dass er leise „Zwei, Vier“ sagte, als das Flugzeug die Mindesthöhe durchflog, zeigt, dass auch er sich über die aktuelle Höhe der Maschine bewusst war. Ob er diese Höhe auch in einen Bezug zur Entfernung von der Piste brachte, muss offen bleiben.
- Während den nächsten 24 Sekunden, die nach dem Durchfliegen der MDA bis zum Einleiten des Durchstartversuchs verstrichen, sind keine Äusserungen oder Handlungen des Copiloten dokumentiert. Aufgrund seiner Ausbildung und seiner Fähigkeiten darf angenommen werden, dass er in der Lage war, das Absinken unter die MDA ohne genügende Sichtreferenzen als Fehler zu erkennen. Er unternahm jedoch keinen Versuch, die Weiterführung des Fluges unter die *minimum descent altitude* zu verhindern.

2.2.4.3 Crew Resource Management

Der Kommandant wurde in seiner Laufbahn erst in den letzten Jahren mit Ausbildung in *crew resource management* (CRM) konfrontiert. Eine solche Aus- und Weiterbildung

hat unter anderem zum Ziel, Verhaltensmuster und Einstellungen von Besatzungsmitgliedern so zu verbessern, dass die Zusammenarbeit optimiert wird. Erfahrungsgemäss dauert dieser Prozess mehrere Jahre. Das Unfallgeschehen zeigt, dass eine effiziente Zusammenarbeit, welche eine optimale Ausnützung der Besatzung insbesondere für die gegenseitige Überwachung beinhaltet, nur ungenügend vorhanden war. Auch der Copilot hatte eine entsprechende Ausbildung genossen. Das Unfallgeschehen belegt, dass ein Transfer der Kursinhalte in den Alltag nicht in ausreichendem Masse stattgefunden hat.

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass sich die unzweckmässigen Entscheide und Handlungen erst durch die Kombination der Besatzungsmitglieder zu einem fatalen Ereignis entwickeln konnten (vgl. Sicherheitsempfehlung 2002-1).

2.2.5 Zusammenwirken zwischen Flugbesatzung und Flugzeug (L-H)

2.2.5.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung des Zusammenwirkens zwischen Besatzung und Flugzeug (L-H) stand die Betrachtung Mensch – Maschine im Vordergrund. Dabei wurde nicht nur das Flugzeug an sich, sondern auch dessen Ausrüstung, insbesondere die während des Fluges verwendete Dokumentation des Anflugverfahrens berücksichtigt.

Zunächst muss als wichtige Voraussetzung festgehalten werden, dass das Flugzeug HB-IXM bis zur Kollision mit den ersten Hindernissen lufttüchtig war. Insbesondere funktionierten alle Flugführungs- und Navigationsgeräte einwandfrei. Die Startschwierigkeiten der APU während des Anfluges, die zu einem zweiten Anlassvorgang führten, hatten keinen Einfluss auf das Unfallgeschehen. Das Hilfsaggregat lief um 21:00:04 UTC an, bevor der Sinkflug für den Endanflug begonnen wurde.

Durch die korrekte Einstellung des Referenzdruckes an den Höhenmessern um 20:58:13 UTC und einen entsprechenden Quervergleich schuf die Besatzung die Ausgangslage um einen wichtigen Parameter für die Durchführung eines *non precision approach*, die Höhe über Meer, korrekt messen zu können.

2.2.5.2 Einsatz der Flugführungs- und Navigationsausrüstung

Um 20:59:25 UTC erwähnte der Kommandant: „LNAV isch dine, das tüemer den schnäll mit em LNAV flüüge detä... uf hundertachtensiebzig (178)“ – LNAV ist drin, das fliegen wir rasch mit dem LNAV dort... auf hundert achtundsiebzig. Zu diesem Zeitpunkt hatte er mit grosser Wahrscheinlichkeit die folgende Route eingegeben: ZUE - D178F - KLO* - KLO** - RW28. Der Autopilot arbeitete im *mode* VORNAV1 und es war ein *inbound course* von 125° zum VOR ZUE eingegeben worden.

Um 21:00:06 UTC meldete der Kommandant: „LNAV isch *engaged*, da simmer praktisch druffe... dän hämer hundert achtensiebzig (178) dä Kurs“ – LNAV ist *engaged*, da sind wir praktisch drauf... dann haben wir hundertachtundsiebzig als Kurs. In diesem Moment wurde der Autopilot in den *mode* LNAV1 geschaltet und mit grosser Wahrscheinlichkeit gleichzeitig ein DTO nach ZUE eingegeben. Ebenfalls gleichzeitig drehte der Kommandant seinen VOR *course selector* auf 178°.

Um 21:00:17 UTC wählte der Kommandant die VOR/DME Frequenz von 114.85 MHz (KLO) im *preselect window* seines VOR/ILS/DME *control panels*. Aktiv gewählt war zu diesem Zeitpunkt noch immer ZUE. Es ist wahrscheinlich, dass der Kommandant auf seinem EFIS *control panel* LNAV als *primary course* (CRS) und VOR1 als 2nd *course* gewählt hatte. Der Copilot hatte auf seinem EFIS *control panel* wahrscheinlich LNAV als *primary course* (CRS) und VOR2 als 2nd *course* selektiert. Da der LNAV *selector* in der

Stellung LNAV1 stand, erschien auf beiden *navigation displays* (ND) „LNAV1“ in gelber Farbe.

Um 21:01:14 UTC erwähnte der Kommandant folgendes: „Guet, das stimmt überii s'LNAV und de *radial*, den gan ich mit dem füre uf Chlote, mit em *inbound track 275*“ – Gut, das stimm überein, das LNAV und der *radial*, dann gehe ich mit diesem vorwärts nach Kloten, mit *inbound track 275*. Der Copilot hatte auf seiner Seite einige Sekunden zuvor einen VOR *course* von 275° gewählt. Um den VOR *radial* mit dem LNAV *track* vergleichen zu können, hatte der Kommandant möglicherweise seinen 2nd *course* auf VOR2 umgeschaltet. Er bekundete nun auch seine Absicht im LNAV *mode* weiter bis nach Kloten zu fliegen. Kurze Zeit später hatte auch der Kommandant den VOR *course* auf seiner Seite auf 275° umgestellt.

Um 21:02:32 UTC erreichte das Flugzeug den Fixpunkt D178F und begann, noch immer im LNAV *mode*, nach rechts, in Richtung auf den FAF zu drehen. Mittlerweile hatten beide Piloten ihre VHF NAV-Geräte auf die Frequenz von VOR/DME KLO eingestellt und überprüft.

Um 21:03:38 UTC schlug der Copilot vor, das VOR vorzuwählen, wie es den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens entspricht (PIH AVRO RJ85/100 *procedure* 15.1, *standard* GNS-X *procedures*). Der Kommandant war immer noch überzeugt, dass es besser wäre, den Anflug im LNAV *mode* fortzuführen. Er ging dann aber auf den Vorschlag des Copiloten ein und wählte den VOR *mode* um 21:03:52 vor.

Um 21:04:15 UTC erreichte das Flugzeug die gewählte VOR-Standlinie und behielt diese bei (VOR *capture*). Der Autopilot blieb bis zum Unfallzeitpunkt im VOR *mode*.

Während des *step down descent* wurde der Autopilot abwechselungsweise im ALT *mode* und im VertSpd *mode* betrieben. Um 21:04:23 UTC hatte CRX3597 den Fixpunkt D8KLO (KLO*) auf einer Höhe von 4000 ft QNH erreicht und begann darauf hin mit einer Sinkgeschwindigkeit von vorerst 1000 ft/min abzusinken.

Um 21:06:34 UTC wurde der Autopilot ausgeschaltet und ein manueller *go around* eingeleitet.

Nach dem Unfall wurden folgende Schalterstellungen gefunden:

Ort	Bedieneinheit	Stellung
<i>instrument panel</i> links	EFIS Umschalter	NORM
		Schutzkappe intakt
	EFIS 1 MSTR (<i>lever lock switch</i>)	ON
<i>display dimming panel</i>	Drehknopf für das Wetterradar	im Gegenuhrzeigersinn am Anschlag
<i>instrument panel</i> rechts	EFIS 2 MSTR (<i>lever lock switch</i>)	ON
EFIS <i>control panel</i> links	<i>bearing selector</i> (BRG)	VOR
	<i>range selector</i> (RNG)	10
	<i>course selector</i> (CRS)	OFF
	<i>format</i>	MAP
EFIS <i>control panel</i> rechts	<i>bearing selector</i> (BRG)	OFF

<i>range selector</i> (RNG)	10
<i>course selector</i> (CRS)	LNAV
<i>format</i>	MAP

Es ist anzunehmen, dass der Kommandant den CRS *selector* auf seinem EFIS *control panel* während des Endanfluges in die Stellung OFF gebracht hatte um den *navigation display* (ND) zu entlasten (*declutter*). In dieser Situation hatte er als 2nd *course* mit hoher Wahrscheinlichkeit VOR 2 gewählt. Da auf dem VOR/ILS/DME *control panel* der DME *selector* auf HOLD stand, wurde auf dem ND des Kommandanten, zusätzlich zum VOR *bearing* und dem VOR *course* auch die VOR *deviation* angezeigt.

Es ist anzunehmen, dass der Copilot die gefundenen Einstellungen für den gesamten Anflug gewählt hatte und dass er als 2nd *course* das VOR 2 gewählt hatte. Auch auf seinem VOR/ILS/DME *control panel* stand der DME *selector* auf HOLD, sodass er auf dem ND nebst der LNAV-Präsentation den VOR *course* und die VOR *deviation* zur Verfügung hatte. Das VOR *bearing* stand ihm jedoch auch auf dem DBI nicht zur Verfügung.

Zusammenfassend kann bezüglich des Einsatzes der Flugführungs- und Navigationsausrüstung festgehalten werden:

Die Anzeige auf dem Navigationsbildschirm des Piloten kann sehr vielfältig ausgewählt werden. Durch die Wahl des CRS *selector* und des 2nd CRS *push buttons* sind sehr viele Kombinationen möglich. Eine genaue Aussage bezüglich der gewählten Anzeige kann deshalb nicht gemacht werden, weil diese Manipulationen nirgends aufgezeichnet werden.

Nichtsdestotrotz lässt sich aus den gefundenen Stellungen der Schalter am Flugzeugwrack mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen, wie die Anzeigen für den Endanflug gewählt wurden. Nicht erklärbar ist, warum der Schalter am control panel in der Stellung LNAV 1 war und nicht, wie es den normalen Crossair Flugverfahren entspricht, in der Stellung SPLIT.

Die gewählte Darstellung scheint nicht optimal gewesen zu sein. Dies war aber mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht unfallrelevant.

2.2.5.3 Warnungen

Das Flugzeug behielt rund eine Minute vor dem Einleiten des Durchstarts eine konstante Sinkrate von 1200 ft/min bei. Die Untersuchung ergab, dass sich die Bewegungsparameter der Maschine während des gesamten Endanfluges knapp ausserhalb der Hüllkurven des *mode 1 – excessive sinkrate* und *mode 2B – excessive terrain closure rate* befanden. Aus diesem Grund wurde keine Warnung des GPWS ausgelöst.

Ein *terrain awareness and warning system* (TAWS) hätte gegenüber dem im Unfallmuster verwendeten *ground proximity warning system* (GPWS) mehrere Vorteile gehabt. Nähert sich das Flugzeug in Landekonfiguration zu weit weg von der Piste dem Boden, wird eine optische und akustische Warnung generiert. Dies ist möglich, weil das TAWS Zugriff auf eine topografische Datenbank des Geländes rund um den Flughafen hat. Ein solches System hätte die gefährliche Annäherung der HB-IXM an das Gelände nördlich von Bassersdorf frühzeitig erkennen und die Besatzung entsprechend warnen können.

Es ist zu erwähnen, dass zum Zeitpunkt des Unfalls für das Baumuster AVRO 146-RJ100, Mark I (HB-IXM) noch keine genehmigten Einbaudokumente (*service bulletin* oder ähnliche) für eine Umrüstung vom GPWS auf ein TAWS, welches die Anforderun-

gen von TSO C151, Class A erfüllt, vorlagen. Aufgrund der Vorgaben der JAA muss diese Umrüstung bis 1. Januar 2005 vollzogen sein. Diese Umrüstung betrifft auch die AVRO 146-RJ85 Flotte. Die AVRO 146-RJ100 Mark II Flugzeuge waren bereits bei der Ablieferung mit einem TAWS ausgerüstet. Es handelte sich dabei um das von Honeywell hergestellte *enhanced ground proximity warning system* (EGPWS), welches die Anforderungen von TSO C151, Class A erfüllt.

Um den Prozess zu beschleunigen, hatte das BFU bereits früh in der Untersuchung die Sicherheitsempfehlung 2002-5 herausgegeben.

2.2.5.4 Call Outs

Die durch die synthetische Stimme des GPWS ausgegebenen Hinweise zur Höhe bei 500 ft RA („*five hundred*“) bzw. 300 ft RA („*minimums*“) sprachen normal an und lösten bei der Flugbesatzung gewisse Reaktionen aus:

Bei 500 ft RA setzte Unbehagen ein und kurz nach dem *call out* „*minimums*“ wurde erwogen, einen Durchstart einzuleiten.

2.2.5.5 Fehlende Hindernisse auf den Anflugkarten

In der Anflugkarte 13-2 vom 13. November 2000 des Jeppesen *route manual*, die von der Besatzung benutzt wurde, waren im Endanflugsektor der Piste 28 keine Flughindernisse eingetragen. In der Anflugkarte LSZH AD 2.24.10.7-1 des Schweizer Luftfahrtthandbuches AIP, die im Unfallzeitpunkt gültig war, waren zwei Flughindernisse verzeichnet. Die HB-IXM kollidierte mit dem nördlichen dieser beiden Hindernisse, ein Hügel mit einer Hindernisbefeuerung auf 1880 ft AMSL. Es ist nicht auszuschliessen, dass der Kommandant seinen Entscheid, ohne genügende Sichtreferenzen unter die MDA abzusinken nochmals überdacht hätte, wenn diese Hindernisse auf der Anflugkarte ersichtlich gewesen wären (vgl. Sicherheitsempfehlung bezüglich Darstellung des Geländeprofiles auf Anflugkarten).

2.2.6 Beziehung zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S)

2.2.6.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung der Beziehung zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S) standen Anwendung und Umsetzung von allgemeinen Flugregeln bzw. den durch das Flugbetriebsunternehmen festgelegten Verfahren im Vordergrund.

2.2.6.2 Übergang vom Instrumentenflug zum Sichtflug

Um 21:03:36 UTC, als sich die Maschine in der Rechtskurve auf die Anfluggrundlinie des *standard* VOR/DME *approach* 28 befand, erwähnte der Kommandant erstmals, dass er über eine gewisse Sicht auf den Boden verfügte: „*Ground contact* hämmer...“ - *ground contact* haben wir. Aufgrund der Position des Flugzeuges könnte er zu diesem Zeitpunkt die Lichter von Kollbrunn links unten gesehen haben.

Zwischen 21:05:55 UTC und 21:06:21 UTC sprach der Kommandant nochmals von *ground contact* und nahm diesen Umstand als Begründung für ein Absinken unter die Mindesthöhe für den Anflug. Während dieses Zeitraumes überflog das Flugzeug Nürensdorf, und es ist nahe liegend, dass der Kommandant die Lichter dieser Ortschaft gesehen hat.

Die Besatzung des kurz vorher auf Piste 28 gelandeten Fluges CRX 3891 meldete, dass sie erst bei einer Distanz von ungefähr 2.2 NM zum VOR/DME Kloten die Piste sehen

konnte. Aufgrund dieser Meldung und auch mit Blick auf die allgemeinen Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich zu diesem Zeitpunkt, kann mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden, dass die Besatzung von Crossair Flug CRX 3597 während ihres Anfluges Sichtkontakt mit der Anflug- oder Pistenbeleuchtung hatte. Damit waren die durch JAR-OPS 1 bzw. die im *operations manual part A* (OM A) des Flugbetriebsunternehmens festgelegten Kriterien für eine Fortsetzung des Sinkfluges unter die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) nicht gegeben. Der Erfahrungshintergrund des Kommandanten und die Ausbildungsunterlagen des Copiloten belegen, dass diese Kriterien beiden Besatzungsmitgliedern bekannt waren, zumal diese Kriterien schon in den früheren Verfahrensvorgaben definiert wurden und nicht erst bei Einführung von JAR-OPS 1 im Jahre 1998.

Die Bemerkungen des Kommandanten bezüglich der Bodensicht zeigen, dass er zumindest zeitweise nach draussen schaute. Aufgrund der Aufgabenverteilung war er fliegender Pilot und demnach für die Führung des Flugzeuges nach Instrumenten zuständig. Vor allem die Aussagen des Kommandanten zwischen 21:05:55 UTC und 21:06:21 UTC lassen den Schluss zu, dass er sich zunehmend nach den nur ungenügenden Sichtreferenzen orientierte. Dieser unbewusste Wechsel zwischen Instrumentenflug und Sichtflug hat es ihm möglicherweise erschwert, die tatsächliche Position des Flugzeuges zur Piste in Bezug auf dessen Flughöhe zu erkennen. Die Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens (vgl. Kap. 1.17.1.8, OM A 8.4.7.4.15.2 *Co-operation on changeover to visual flying*) sehen eine klare Aufgabenverteilung zwischen *pilot flying* und *pilot not flying* für diese Flugphase vor. Die Flugbesatzung hat sich nicht an diese Vorgaben gehalten.

Wie die Untersuchung zeigte, hat der Kommandant in vergleichbaren Situationen schon ähnliche Entscheidungen gefällt und Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens auf eigene Weise interpretiert. Möglicherweise hat auch der Copilot schon ähnliche Abweichungen von Verfahrensvorgaben erlebt, was ein weiterer Grund dafür wäre, dass er nicht intervenierte.

2.2.6.3 Konfiguration während eines non precision approach

Die Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens sowie die PANS-OPS sahen vor, dass das Flugzeug vor dem Erreichen des *final approach fix* (FAF) für die Landung konfiguriert sein sollte. Die dadurch praktisch unveränderte Fluglage vereinfacht die Einteilung und Überwachung des Gleitweges während des Endanfluges. Ohne dies bei der Anflugbesprechung zu erwähnen, entschied sich der Kommandant, den Anflug schneller als vorgesehen zu beginnen und die Konfiguration des Flugzeuges während des Endanfluges laufend zu ändern. Dieses Vorgehen hätte eine laufende Anpassung der Sinkrate an die Geschwindigkeit erfordert, die aber unterblieb (vgl. Anhänge 4 und 10).

2.2.6.4 Altitude setting während eines non precision approach

Das Flugbetriebsunternehmen schrieb im *pilots information handbook* und in den AVRO RJ *training guidelines* vor, dass kurz vor dem Erreichen des *final approach fix* auf dem *mode control panel* (MCP) die *go around altitude* vorzuwählen sei. Die *step altitudes* musste die Besatzung gemäss dieser Vorschrift mit dem *altitude hold mode* des Autopiloten gewährleisten. Das Verlassen der jeweiligen Höhe wurde über den *vertical speed mode* eingeleitet.

Früher wurde gemäss den Vorschriften des *pilots information handbook* während des Endanfluges die *minimum descent altitude* (MDA) auf dem MCP eingestellt. Dieses Verfahren schuf ein Sicherheitsnetz, weil damit, ohne Eingriff durch den Piloten, ein auto-

matischer *level off* auf der MDA durchgeführt wurde, sofern der Autopilot zugeschaltet war.

Der Hersteller des Unfallmusters überliess die Einstellung der Höhe auf dem *mode control panel* den Betreibern.

Die Besatzung des Unfallflugzeuges hielt sich in Bezug auf das Setzen der *go around altitude* an die gültigen Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens. Diese haben gegenüber dem früheren Verfahren der Crossair den Nachteil, dass ein zusätzliches Sicherheitsnetz eliminiert wurde. Ob der Kommandant beim Erreichen der MDA den Übergang des Flugzeuges in den Horizontalflug unterbunden hätte, falls das frühere Verfahren zur Anwendung gekommen wäre, muss offen bleiben.

2.2.7 Schnittstelle Flugbesatzung – Umgebung (L-E)

2.2.7.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung der Schnittstelle „Flugbesatzung – Umgebung“ standen das Verhalten voraus fliegender Flugzeuge, die Wettersituation, die Flugsicherung, die Auslegung des Anfluges sowie das Flugbetriebsunternehmen und die Aufsichtsbehörde im Vordergrund.

2.2.7.2 Voraus fliegende Flugzeuge

Wenige Minuten vor dem Unfallflugzeug landeten zwei Flugzeuge des gleichen Flugbetriebsunternehmens mit den Flugnummern CRX 3891 und CRX 3797 nach dem gleichen Anflug auf der Piste 28. Der Kommandant realisierte zumindest, dass Flugnummer CRX 3891 vor ihm landen konnte. Es ist nicht auszuschliessen, dass diese Feststellung einen gewissen Erfolgsdruck schuf oder zumindest die Hoffnung weckte, dass eine Landung bei den herrschenden Wetterbedingungen möglich sei.

2.2.7.3 Wettersituation und Wetterminima

Die Wettersituation im Unfallzeitpunkt erlaubte nach den damals gültigen Wetterminima einen Anflug auf die Piste 28.

Die vorhandene meteorologische Sicht und die Wolken im Anflugsektor der Piste 28 liessen aber gemäss der Wettermeldung von CRX 3891 einen Anflug nur zu, wenn auf der MDA horizontal bis zu einer Distanz von ca. 2.2 NM zum VOR/DME Kloten geflogen wurde. Der Endanflug nach Sicht von dieser Position aus entspricht einem Gleitweg von rund 6° (vgl. Anhang 11).

Dies ist als steil zu bezeichnen, für grössere Flugzeuge unzweckmässig und birgt ein generelles Risiko im Hinblick auf einen unstabilisierten Endanflug in geringer Höhe.

Für den *standard VOR/DME approach* 28 war im Unfallzeitpunkt für Flugzeuge der Kategorien C und D eine minimale Pistensichtweite von 2000 m publiziert. Sind solche Sichtbedingungen vorhanden, können die ersten *approach lights* frühestens bei einer Distanz von 2.3 NM zum VOR/DME Kloten erkannt werden (vgl. Anhang 11, Punkt P-3). Diese Position entspricht einem Abstand von 2 km zum Beginn der Anflugbefeuerung.

Die Minimalsichtweite bei *non precision approaches* steht grundsätzlich in Relation zur MDA. Wendet man die Empfehlungen der ICAO (Doc. 9365-AN910, *manual of all weather operations*) beim VOR/DME Anflug Piste 28 an, so ergibt sich eine Minimalsicht von 4000 m für Kategorie C Flugzeuge.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Beziehung des visual descent point (VDP) zur minimalen Horizontalsicht. Im Falle des *standard* VOR/DME *approach* 28 wäre dieser VDP gemäss Definition der Schnittpunkt des PAPI-Gleitpfades (3.7°) mit der MDA. Dieser Schnittpunkt liegt bei einer Schrägdistanz von 3.3 NM vom VOR/DME Kloten, bzw. 2.4 NM (4.4 km) vor der Pistenschwelle (vgl. Anhang 11, Punkt VDP). Um die Anflugbefeuerung, die 650 m lang ist, von diesem Punkt aus sehen zu können, braucht es demnach eine rechnerische Minimalsicht von 4200 m. Die Simulatorversuche haben gezeigt, dass bei einer minimalen Horizontalsicht von 5000 m die Anflugbefeuerung erst 0.2 NM nach Überfliegen des VDP sichtbar wird.

2.2.7.4 Flugsicherung

2.2.7.4.1 Personaleinsatz

Gemäss Sektorbelegungsplan der skyguide hätten zum Zeitpunkt des Unfalles in der Anflugleitstelle sowie in der Platzverkehrsleitstelle je vier Arbeitspositionen besetzt sein müssen. Tatsächlich war die Anflugleitstelle nur mit einer Arbeitsposition und die Platzverkehrsleitstelle mit zwei Arbeitspositionen besetzt.

Nach der Landung des ersten von drei Flugzeugen, die sich auf dem *standard* VOR/DME *approach* 28 befanden, entschied sich der Dienstleiter (DL), die Besatzung der Platzverkehrsleitstelle auf zwei FVL zu reduzieren. Er selber übergab seine Funktion dem GRO, verliess kurz nach 21:03 UTC die Turmkanzel und begab sich nach einem kurzen Aufenthalt im Büro auf den Heimweg.

Die Dienstleiterposition, die gemäss Sektorbelegungsplan bis 22:00 UTC ausgewiesen ist, war somit nicht mehr durch einen ausgebildeten Dienstleiter besetzt. Der GRO-FVL, welcher die Aufgabe übernommen hatte, war nicht zum Dienstleiter ausgebildet und verfügte für diese Tätigkeit über eine geringe Erfahrung.

Es herrschten erschwerte Wetterbedingungen, die Entscheide wie beispielsweise Pistenwechsel oder Veranlassung der Weiterleitung einer Pilotenmeldung nötig gemacht hätten. Aus diesem Grund wäre die Anwesenheit eines ausgebildeten Dienstleiters angezeigt gewesen.

Ob die markante Reduktion der Anzahl besetzter Arbeitsplätze sowohl in der Turmkanzel als auch in der Anflugleitstelle noch weitere nachteilige Auswirkungen, zum Beispiel auf die letzte Phase der Betreuung des Fluges CRX 3597 durch die Anflugleitstelle gehabt hat, muss offen bleiben.

2.2.7.4.2 Auswahl des Anflugverfahrens

Nach den Bestimmungen des Luftfahrtgesetzes hat der Flugplatzhalter dem BAZL das Betriebesreglement zur Genehmigung zu unterbreiten. Die von Unique im Hinblick auf den abzuschliessenden Staatsvertrag mit Deutschland beantragte Änderung dieses Reglementes wurde vom Bundesamt bezüglich der erwähnten Anflüge auf die Piste 28 am 18. Oktober 2001 genehmigt und trat am 19. Oktober 2001 in Kraft.

Diese Übergangsvereinbarungen verunmöglichten es, zwischen 21:00 UTC und 05:00 UTC Flugzeugen über deutschem Staatsgebiet Freigaben für Flughöhen unter FL 100 zu erteilen und zwar unabhängig davon, ob diese Flugzeuge in Eigennavigation flogen oder mit Radar geführt wurden.

Somit war es zwischen den erwähnten Zeiten aufgrund des herrschenden Wetters und den publizierten Minima für die Piste 28 nicht erlaubt, ILS-Anflüge auf die Pisten 14 oder 16 durchzuführen. Dementsprechend mussten Anflüge nach Zürich auf einen *standard* VOR/DME *approach* 28 freigegeben werden.

Der *standard VOR/DME approach* 28 wurde bis zum Inkrafttreten der Übergangsbestimmungen zum Staatsvertrag am 19. Oktober 2001 nur sporadisch, bei ausgeprägten Westwindlagen, von der Flugsicherung in Betrieb genommen. Typische Westwindlagen sind im allgemeinen ausserhalb von Niederschlägen durch gute Sicht und relativ hohe Hauptwolkenuntergrenzen gekennzeichnet.

2.2.7.4.3 Durchführung des Standard VOR/DME Approach 28

Der *standard VOR/DME approach* 28 wird nicht mittels Radarführung sondern in Eigennavigation geflogen.

Der APP-FVL (A) übergab um 21:03:01 UTC die Maschine an *Zurich Aerodrome Control 1 (Zurich tower)* bei Beginn der Rechtskurve zur Anfluggrundlinie von 275° Richtung VOR/DME KLO, ca. 11 NM östlich des Flughafens, ohne sich zu vergewissern, dass sich Flug CRX 3597 im Endanflug (*final approach track*) befand. Um 21:05:21 UTC meldete sich CRX 3597 erstmals auf der Frequenz von ADC 1: „*Tower guten Abig, CRX 3597, established VOR/DME runway 28*“.

Der APP-FVL (B), der vom APP-FVL (A) die Aufgabe zur Überwachung der CRX 3597 übernahm, hatte gleichzeitig noch einige Abflüge zu betreuen. Er gab an (vgl. Kapitel 1.8.4), dass er die Maschine auf seinem Radarbildschirm sah. Die Höhe derselben habe er lediglich bei ca. 6 NM bewusst wahrgenommen, als er auf dem Radarbildschirm eine Höhe von ungefähr 3600 ft feststellte. Er habe keine weiteren Kontrollen der Höhe gemacht, da sich das Flugzeug in Eigennavigation befand.

2.2.7.4.4 Radarüberwachung

Skyguide hat bezüglich Radarüberwachung (*radar monitoring*) des *standard VOR/DME approach* 28 die Anweisung erlassen, dass der Flugweg zu überwachen sei und nötigenfalls Korrekturheadings zu erteilen seien. Die Untersuchung hat festgestellt, dass das Verständnis der befragten Flugverkehrsleiter bezüglich Umfang und praktischer Durchführung des *radar monitoring* beim *standard VOR/DME approach* 28 unterschiedlich war. Trotz dieser Tatsache steht fest, dass die Anforderungen des *radar monitoring* für den Anflug der CRX 3597 erfüllt waren.

2.2.7.4.5 Minimum Safe Altitude Warning System

Nachdem am 14. November 1990 ein Verkehrsflugzeug der Alitalia mit dem Stadlerberg kollidiert war, wurde durch das BFU eine Sicherheitsempfehlung erlassen, mittels Einführung eines Warnsystems das Unterschreiten der Mindestsicherheitshöhe zu überwachen. Obwohl *non precision approaches* aufgrund ihrer diskreten Höhenstufen für ein solches Warnsystem geradezu prädestiniert sind, wurde eine solche Ausrüstung im Anflugsektor 28 nicht installiert. Damit fehlte ein weiteres Sicherheitsnetz, das möglicherweise den Unfall hätte verhindern können.

Das BFU überwies am 11. April 2002 einen Zwischenbericht an das Bundesamt für Zivilluftfahrt, der unter anderem die Sicherheitsempfehlung 2002-7 zur Installation eines MSAW im Anflugsektor der Piste 28 vorschlug (vgl. Kap. 4.1.4).

Die Aufsichtsbehörde (BAZL) hat mit ihrem Schreiben vom 31. Oktober 2002 von skyguide das Installieren eines MSAW für den Anflug auf die Piste 28 verlangt.

2.2.7.5 Auslegung des Anfluges

Wie die entsprechenden Ausführungen (vgl. Kapitel 1.16.2) zeigen, weicht der *standard VOR/DME approach* 28 in gewissen Belangen von den Normen der PANS-OPS ab. Diese Abweichungen sind bezüglich des Unfallgeschehens nicht direkt ursächlich.

Entspricht die tatsächliche Sicht dem zum Unfallzeitpunkt gültigen Minimum von 2000 m, kann die Anflugbefeuerung frühestens ab einer Distanz von 2.3 NM DVOR KLO erkannt werden (vgl. Anhang 11, Punkt P-3). Da ein Endanflug nach Sicht von diesem Punkt aus einem Anflugwinkel von rund 6° zur Pistenschwelle hin entspricht, besteht die Gefahr eines unstabilierten Endanfluges in Bodennähe.

2.2.7.6 Flugbetriebsunternehmen

Über eine Eignungsabklärung beim Eintritt des Kommandanten in das Flugbetriebsunternehmen im Jahre 1979 liegen keine Unterlagen vor. Die Eignung eines Piloten ergab sich damals aus dem Besitz einer entsprechenden Lizenz und einer Berufserfahrung, die ausschliesslich aufgrund seiner Flugerfahrung in Flugstunden beurteilt wurde. Zusätzlich wurde ein persönliches Gespräch geführt. Eine Eignungsprüfung war auch nicht vorgeschrieben.

Mit einer Gesamtflugerfahrung von über 4000 Stunden war der Kommandant damals schon erfahren. Bei der Prüfung für die Musterzulassung SA 226 TC Metroliner II stellte der vollamtliche Experte des Eidgenössischen Luftamtes gewisse Mängel bezüglich der Leistungen des Kommandanten fest. Kurze Zeit später übertrug die Aufsichtsbehörde die periodischen *checks* von Besatzungen an Experten, die im Flugbetriebsunternehmen als Piloten beschäftigt waren. Bis zum Eintritt in den ersten Umschulungskurs auf das Flugzeugmuster MD 80 wurden auf den Checkblättern des Kommandanten selten negative Kritikpunkte eingetragen (vgl. Anhang 9). Die Checkblätter entsprachen den Vorgaben des Eidgenössischen Luftamtes bzw. des Bundesamtes für Zivilluftfahrt, waren aber inhaltlich wenig aussagekräftig. Im Rahmen beider Umschulungskurse auf das Flugzeugmuster MD 80 stellten die Fluglehrer und Experten, die teilweise einem anderen fliegerischen Umfeld entstammten, Mängel bezüglich der Leistungen des Kommandanten fest. Die erwähnten Schwierigkeiten bezogen sich auf grundlegende Elemente der fliegerischen Fähigkeiten und waren nicht in erster Linie mit dem Flugzeugmuster MD 80 verbunden. Als der Kommandant schliesslich auf das Flugzeugmuster Avro 146 RJ 85/100 umschulte, wurde er teilweise von Fluglehrern ausgebildet und überprüft, welche die gleichen Massstäbe und Grundsätze hatten wie in der Flotte Saab 340. Diese vertraute Umgebung wurde von Verantwortlichen des Flugbetriebsunternehmens auch als Grund dafür genannt, dass der Kommandant die Umschulung auf dieses Strahlflugzeug problemlos durchlief.

Diese unterschiedliche Bewertung der Leistungen des Kommandanten lässt den Schluss zu, dass gewisse Experten und Fluglehrer des Flugbetriebsunternehmens andere Massstäbe anwandten und die vorliegenden Defizite nicht erkannten. Ebenso wenig gelang es dem Flugbetriebsunternehmen, die verschiedenen Vorkommnisse während der Berufslaufbahn des Kommandanten in einem grösseren Zusammenhang zu sehen, Gemeinsamkeiten und Grundmuster zu erkennen und entsprechende Massnahmen zu treffen.

Vergleicht man das von Crossair für die Auswahl des Copiloten verwendete Verfahren mit den entsprechenden Richtlinien von JAR-FCL 3 (vgl. Kap. 1.17.1.5.1), so stellt man unter anderem folgendes fest:

- Der gesamte Bereich der erfolgskritischen Verhaltensweisen und möglichen psychischen Defizite wurde nicht erhoben.
- Die flugbetrieblichen Leistungen (*operational aptitudes*) wurden nicht standardisiert erhoben, wobei der Einsatz von verlässlichen und genormten Leistungstests fehlte. Die Beurteilung dieser Faktoren wurde im Rahmen einer Simulatorübung vorgenommen. Flugsimulatoren eignen sich hierzu nur bedingt und die so erhobenen Daten sind wenig verlässlich.

- Die für eine Pilotenpersönlichkeit wichtigen Aspekte der Fähigkeit zur Entschlussfassung (*decision making*) und zum Umgang mit Drucksituationen (*stress coping*) wurden nicht systematisch erfasst.
- Das externe psychodiagnostische Gutachten konzentrierte sich auf die Aspekte Sozialverhalten und Unternehmertum. Die gemäss JAR-FCL 3 typischen Eigenschaften und Fähigkeiten eines Piloten werden nur am Rande thematisiert, die Dimensionen der beiden Hauptmerkmale sind jedoch weder klar definiert noch sauber getrennt. So kommt beispielsweise die Beschreibung des Verhaltens „bleibt sich selber“ und „bleibt sich selbst“ identisch sowohl bei der Dimension „Emotionale Verträglichkeit“ als auch bei „Individualist“ vor. Die Dimensionen werden dadurch schwer verständlich und nicht abgrenzbar.
- Die verwendeten Instrumente waren eher einem Auswahlssystem für das Management entlehnt und entsprechen nur teilweise einem Anforderungsprofil von Piloten. Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass die einzelnen Persönlichkeits- und Leistungsaspekte der Bewerber unabhängig erfasst werden konnten. Weiter fehlen Belege dafür, dass das Verfahren bezüglich Objektivität geprüft und optimiert wurde. Dies ist insofern von Bedeutung, da jedes Auswahlverfahren ein bestimmtes Mass an subjektiven Einflüssen enthält, die erkannt und kontrolliert werden müssen, wenn Verzerrungen vermieden werden sollen. Es liegen weder Normen zu den Verfahren, noch Untersuchungen zur Zuverlässigkeit bzw. Messgenauigkeit vor. Das Ausmass an Standardisierung, Wiederholbarkeit und Überprüfbarkeit der Messungen muss deshalb als gering bezeichnet werden. Da Objektivität eine Bedingung der Zuverlässigkeit und diese wiederum eine Voraussetzung von Validitätsstudien ist, erfüllt das Auswahlverfahren keine der von JAR-FCL 3 geforderten Qualitätskriterien.
- Das Auswahlverfahren von Crossair weicht von den methodischen Vorgaben von JAR-FCL 3 auch darin ab, dass keine formalisierten Entscheidungskriterien festgelegt wurden, um zu entscheiden, ob ein Bewerber angenommen oder abgewiesen wird.

Bei der Eignungsabklärung stellte die Fachstelle für die Pilotenauswahl unter anderem fest, dass der Copilot über ein noch wenig ausgeprägtes Selbstbewusstsein verfügte und im Umgang mit Autorität ein tendenziell submissives Verhalten zeigte. Diese Persönlichkeitsmerkmale wiesen auf einen Bedarf an Schulung bzw. Förderung im Bereich Selbstsicherheit und Interventionsbereitschaft hin. Der Umstand, dass der Copilot gegen das Unterschreiten der Mindesthöhe für den Anflug nicht intervenierte, lässt die Vermutung zu, dass trotz der absolvierten Schulung in *crew resource management* die entsprechenden Defizite nach wie vor bestanden.

Wie die Untersuchung zeigte war der Unfallflug kein Einzelfall, bei dem Verfahrensvorgaben nicht befolgt wurden. Die Gründe für diese Beobachtung liegen unter anderem im raschen Wachstum des Unternehmens, das einen fortlaufenden Wechsel von Verantwortungsträgern und Strukturen mit sich brachte. Im Bestreben, kostenbewusst zu operieren, wurden gelegentlich gewisse Vorgaben tendenziell grosszügig ausgelegt. Es gelang dem Flugbetriebsunternehmen nicht, bei allen Flugbesatzungen das erforderliche Sicherheitsbewusstsein zu erzeugen.

Die Flugsicherheitsabteilung der Crossair war von ihren personellen Mitteln her für ein Unternehmen mit über 80 Flugzeugen bescheiden ausgerüstet. Ihre Einreihung im Bereich *flight operations support* war zudem nicht optimal, da der *flight safety officer* damit nur noch über mehrere Vorgesetzte Zugang zu den Flotten hatte. Die Flugsicherheitsabteilung wurde bei Ausbildungs- oder Leistungsproblemen bzw. Verletzung von Verfahrensvorgaben durch Besatzungen nicht beigezogen. Erst kurz vor dem Unfall wurde ein vertrauliches Meldesystem eingeführt. Dies alles hatte zur Folge, dass die

Flugsicherheitsabteilung wenig hilfreich war, um eine Verbesserung der genannten Umstände herbeizuführen.

2.2.7.7 Aufsichtsbehörde

Die konsequente Überwachung des Flugbetriebs durch die Aufsichtsbehörde (Eidgenössisches Luftamt bzw. das spätere Bundesamt für Zivilluftfahrt) hätte unter Umständen die Möglichkeit geboten zu erkennen, dass Defizite in Bezug auf die Leistungen des Kommandanten bestanden. So hat beispielsweise nach der Umschulung auf die SA 226 TC Metroliner ein Inspektor des Eidgenössischen Luftamtes Mängel festgestellt, die in der Folge bis zum Umschulungskurs auf MD 80 von Experten des Flugbetriebsunternehmens nur in Einzelfällen bemerkt wurden.

Auch hätte erkannt werden können, dass Besatzungen des Flugbetriebsunternehmens nicht selten von Verfahrensvorgaben abweichen.

Bis zum Unfallzeitpunkt wurde die Crossair nie einem flugbetrieblichen Audit durch das BAZL unterzogen. Ebenso wurde die Tätigkeit der im Auftrag des BAZL wirkenden Experten des Unternehmens nicht überwacht. Dieser Umstand wurde mit knappen Personalressourcen begründet. Erst am 28. August 2002 wurde die neu in Swiss International Air Lines Ltd. umbenannte Crossair einem luftverkehrsbetrieblichen Audit unterzogen.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Es gibt keinen Hinweis darauf, dass sich das Flugzeug HB-IXM zum Zeitpunkt des Unfalls nicht in lufttüchtigem Zustand befand.
- Das *ground proximity warning system* (GPWS) gab keine Warnungen aus, weil sich das Flugzeug während seines gesamten Flugweges ausserhalb der Hüllkurven des *mode 1 – excessive descent rate* und des *mode 2B – excessive terrain closure rate* befand.
- Die für den Anflug verwendeten Navigationshilfen am Boden funktionierten normal.
- Im Anflugsektor der Piste 28 war kein Warnsystem bezüglich der Unterschreitung von Sicherheitsmindesthöhen (*minimum safe altitude warning – MSAW*) vorhanden.

3.1.2 Besatzung

- Nach den vorliegenden Unterlagen besass die Besatzung gültige Flugausweise.
- Die Untersuchung ergab keine Hinweise auf eine medizinische Ursache des Unfalls.
- Das Flugbetriebsunternehmen führte bezüglich des Kommandanten keine umfassende Eignungsabklärung durch.
- Der Kommandant bestand zwei Umschulungskurse auf das Flugzeugmuster MD 80 wegen ungenügenden Leistungen nicht.
- Der Werdegang des Kommandanten zeigt, dass dieser sich nicht immer an Verfahrensvorgaben gehalten hat.

- Die Eignungsabklärung des Flugbetriebsunternehmens beschreibt den Copiloten als tendenziell submissiv, nach Harmonie strebend und vital, aber nicht kämpferisch.
- Am Tag vor dem Unfall leistete der Kommandant eine Flugdienstzeit von 15 Stunden und 31 Minuten.
- Die Ruhezeit des Kommandanten vor dem Unfalltag betrug 10 Stunden und 59 Minuten.
- Im Unfallzeitpunkt betrug die Flugdienstzeit des Kommandanten 13 Stunden und 37 Minuten.
- Eine unternehmensübergreifende Überwachung der Besatzungszeiten zwischen dem Flugbetriebsunternehmen Crossair und der Flugschule Horizon Swiss Flight Academy fand nicht statt.
- Am Tag vor dem Unfall leistete der Copilot eine Flugdienstzeit von 10 Stunden und 15 Minuten.
- Die Ruhezeit des Copiloten vor dem Unfalltag betrug 18 Stunden und 49 Minuten.
- Im Unfallzeitpunkt betrug die Flugdienstzeit des Copiloten 4 Stunden und 47 Minuten.

3.1.3 Flugverlauf

- Die Flugbesatzung stellte gemäss den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens nach dem Verlassen der Ausgangshöhe für den Anflug von 4000 ft QNH die *go around altitude* von 6000 ft QNH auf dem *mode control panel* des Autopiloten ein.
- Die Verfahrensvorgaben des *pilot information handbook* sehen vor, dass die Besatzung vor dem *final approach fix* (FAF) das Flugzeug für die Landung konfiguriert.
- Die Besatzung konfigurierte das Flugzeug nach dem *final approach fix* für die Landung, ohne sich vorgängig darüber abzusprechen.
- Die Änderungen der ATIS-Meldungen bezüglich meteorologischer Sicht und Hauptwolkenuntergrenze wurden vom Anflugverkehrsleiter (APP-FVL A) nicht an die Flugbesatzung von CRX 3597 weitergeleitet.
- Der Dienstleiter entschied sich auf Grund des Betriebskonzeptes und der Wetterverhältnisse, ab 21:00 UTC den *standard VOR/DME approach 28* in Betrieb zu nehmen.
- Der Anflugverkehrsleiter (APP-FVL B) hatte neben der anfliegenden CRX 3597 einige abfliegende Flugzeuge zu betreuen.
- In der Anflugleitstelle und in der Platzverkehrsleitstelle waren die Arbeitsplätze nicht gemäss Dienstplan besetzt.
- Die Aufzeichnungen des CVR und die Funkumschriften belegen, dass der Copilot unmittelbar vor dem Erreichen der Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) mit Manipulationen beschäftigt war.
- Die Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens sahen eine klare Aufgabenverteilung zwischen *pilot flying* und *pilot not flying* für diese Flugphase vor. Die Flugbesatzung hat sich nicht an diese Vorgaben gehalten.
- Der Kommandant unterschritt bewusst die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) des *standard VOR/DME approach 28*.

- Der Copilot unternahm keinen Versuch, die Weiterführung des Fluges unter die *minimum descent altitude* zu verhindern.
- Keines der Besatzungsmitglieder verfügte über Sichtkontakt zur Piste bzw. zur Anflugbefeuerung. Damit waren die Bedingungen nicht gegeben, die *minimum descent altitude* (MDA) zu verlassen und den Endanflug nach Sicht durchzuführen.
- Das Flugzeug berührte um 21:06:36 UTC, während des Übergangs vom kontrollierten Sinkflug in einen Durchstart, die Bäume eines Höhenzugs und stürzte anschliessend in den Wald.
- Der Platzverkehrsleiter löste um 21:10:32 UTC, vier Minuten nach Erteilen der Landfreigabe, die höchste Alarmstufe aus.
- Der Dienstleiter hatte seinen Arbeitsplatz rund drei Minuten vor dem Unfall verlassen und die Dienstleitung dem Bodenverkehrsleiter (FVL-GRO) übertragen.
- Der Bodenverkehrsleiter (FVL-GRO) hatte keine Dienstleiterausbildung. Er verfügte über drei Jahre Berufserfahrung als Flugverkehrsleiter.
- Die Rettungs- und Löschmassnahmen waren zeitgerecht und zweckmässig.
- Der Unfall war nur zufällig überlebbar.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Die von der Crossair im Zeitpunkt des Unfalls verwendeten Betriebsverfahren für *non precision approaches* entsprachen den Vorgaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt bzw. der *Joint Aviation Requirements* JAR-OPS 1.
- Das *intermediate approach segment* des *standard VOR/DME approach 28* betrug im Unfallzeitpunkt 3.5 NM.
- Für einen Anflug mit der Geometrie des *standard VOR/DME approach 28* sehen die Standards der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) PANS-OPS für ein *intermediate approach segment* eine Länge von 7 NM vor.
- Die Normen der ICAO sehen vor, dass in einem *non precision approach*, bei dem das *intermediate approach segment* ein Gefälle aufweist, vor dem *final approach fix* (FAF) ein horizontaler Abschnitt mit einer Länge von mindestens 1.5 NM einzuplanen ist. Das Gefälle des *intermediate approach segment* darf maximal 5 % betragen.
- Wenn mit dem maximal vorgesehenen Gefälle von 5 % abgesunken wird, ist im *standard VOR/DME approach 28* vor dem *final approach fix* (FAF) ein horizontaler Abschnitt von 0.2 NM möglich.
- Ein Teil der Abweichungen des *standard VOR/DME approach 28* von den Vorgaben der ICAO wurden anlässlich einer periodischen Überprüfung im Jahre 2000 festgestellt, aber nicht veröffentlicht.
- Das *final approach segment* des *standard VOR/DME approach 28* weist vom *final approach fix* (FAF) bis zum Punkt mit einer Schrägdistanz von 6 NM vom VOR/DME KLO ein Gefälle von 5.3 % auf. Das *final approach segment* von diesem Punkt bis zu einer Position 50 ft über der Pistenschwelle weist ein Gefälle von 6.3 % auf. Im Schweizer Luftfahrthandbuch AIP war für das gesamte *final approach segment* ein Gefälle von 5.3 % angegeben.

- Das zum Unfallzeitpunkt gültige Sichtminimum für einen *standard* VOR/DME *approach* 28 für Flugzeuge der Kategorie C und D betrug gemäss Schweizer Luftfahrthandbuch AIP 2000 m Pistensichtweite.
- Im Unfallzeitpunkt wurde auf dem Flughafen Zürich eine meteorologische Sicht von 3500 m beobachtet.
- In der Wettermeldung ATIS-Information NOVEMBER von 20:50 UTC wurde die Hauptwolkenuntergrenze auf einer Höhe von 1500 ft AAL angegeben.
- Die Wolkenangaben in METAR-Meldungen beziehen sich auf das Flughafengebiet und die unmittelbare Umgebung, die Wolkenangaben in QAM-Meldungen (ATIS) beziehen sich auf die ehemalige *middle marker position* der Piste 16.
- Zum Unfallzeitpunkt betrug die Hauptwolkenuntergrenze gemäss Aussagen von Piloten im Unfallgebiet um 1000 ft AAL.
- Der Schnittpunkt des PAPI-Gleitpfades (3.7°) mit der *minimum descent altitude* lag bei einer Schrägdistanz von 3.3 NM vom VOR/DME KLO, bzw. 2.4 NM (4.4 km) vor der Pistenschwelle. Um die Anflugbefeuerung von diesem Punkt aus sehen zu können, ist rechnerisch eine Minimalsicht von 3700 m notwendig.
- Rund drei Minuten vor dem Unfall landete Crossair Flug CRX 3891 auf der Piste 28 und die Besatzung meldete, dass sie die Piste bei einer Distanz von ungefähr 2.2 NM zum VOR/DME KLO gesehen habe. Zu diesem Zeitpunkt befand sich dieses Flugzeug bei einer Distanz von rund 1700 m zur Anflugbefeuerung der Piste 28.
- Der Höhenzug, den das Flugzeug berührte, war im Schweizer Luftfahrthandbuch AIP eingetragen. Auf der Anflugkarte 13-2 des Jeppesen *route manual*, welche die Flugbesatzung verwendet hatte, fehlte dieses Hindernis hingegen.
- Das von Crossair für die Auswahl von Copiloten verwendete Verfahren entsprach nur teilweise den Richtlinien der *Joint Aviation Requirements flight crew licencing* JAR-FCL 3.
- Das Konzept für die Ausbildung von Flugbesatzungen in *crew resource management* (CRM) des Flugbetriebsunternehmens Crossair entsprach den Vorgaben von JAR-OPS und JAR-FCL.
- Die Flugsicherheitsabteilung hatte 80 Stellenprozente zur Verfügung.
- Die Flugsicherheitsabteilung wurde bei Leistungsproblemen von Flugbesatzungsmitgliedern nicht informiert.
- Zwischen 1995 und dem Unfallzeitpunkt sind mehr als 40 Vorfälle bekannt, bei denen Besatzungen eigene Verfahren entwickelt oder Verfahrensvorgaben nicht eingehalten haben.
- Unterlagen über Inspektionen der Crossair durch den dafür zuständigen Prozess Luftverkehrsbetriebe (LV) des Bundesamtes für Zivilluftfahrt liegen nicht vor.
- Die Tätigkeit der bei der Crossair angestellten Experten, welche im Auftrag des BAZL Musterberechtigungen und Leistungsüberprüfungen wie *line checks* und *route checks* vorzunehmen hatten, wurde vom BAZL nicht überprüft.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass die Maschine im Endanflug des *standard* VOR/DME *approach* 28 in Eigennavigation gegen einen bewaldeten Höhenzug flog

(*controlled flight into terrain* – CFIT), weil die Flugbesatzung unter Instrumentenflugbedingungen den Sinkflug unter die Mindesthöhe für den Anflug fortsetzte, ohne über die dazu notwendigen Voraussetzungen zu verfügen. Die Flugbesatzung leitete das Durchstartmanöver zu spät ein.

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Der Kommandant unterschritt die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) des *standard* VOR/DME *approach* 28, ohne über Sichtkontakt zur Anflugbefeuerung bzw. zur Piste zu verfügen.
- Der Copilot unternahm keinen Versuch, die Weiterführung des Fluges unter die *minimum descent altitude* zu verhindern.

Folgende Faktoren haben zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- Im Anflugsektor der Piste 28 des Flughafens Zürich war kein System vorhanden, welches bei Unterschreitung einer Sicherheitsmindesthöhe einen Alarm auslöst (*minimum safe altitude warning* – MSAW).
- Die Verantwortlichen des Flugbetriebsunternehmens haben über lange Zeit die fliegerische Leistung des Kommandanten nicht zutreffend bewertet. Dort wo Schwächen erkennbar waren, ergriffen sie keine zweckmässigen Massnahmen.
- Das Konzentrations- und Entscheidungsvermögen des Kommandanten sowie seine Fähigkeit zur Analyse komplexer Vorgänge waren aufgrund von Übermüdung beeinträchtigt.
- Die Aufgabenverteilung der Flugbesatzung während des Anfluges war nicht zweckmässig und entsprach nicht den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens.
- Der Höhenzug, den das Flugzeug berührte, war auf der Anflugkarte, welche die Flugbesatzung verwendet hatte, nicht eingetragen.
- Die auf dem Flughafen ermittelte meteorologische Sicht war für den Anflug auf Piste 28 nicht repräsentativ, weil sie nicht der tatsächlichen Flugsicht im Anflugsektor entsprach.
- Die zum Unfallzeitpunkt gültigen Sichtminima, um den *standard* VOR/DME *approach* 28 in Betrieb zu nehmen, waren unzulänglich.

4 Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.1 Sicherheitsempfehlungen vom 11. April 2002

4.1.1 Crewpairing – Zusammenstellung von Flugbesatzungen

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Der Kommandant verfügte über eine hohe Gesamtflugerfahrung, wies aber lediglich eine geringe Erfahrung auf Flugzeugen mit modernen Flugführungssystemen und wenig Flugerfahrung auf Flugzeugen mit Strahltriebwerken bzw. auf dem Unfallmuster auf. Er wurde mit einem jungen Copiloten eingesetzt, der über eine geringe Gesamtflugerfahrung und ebenfalls über wenige Flugstunden auf Flugzeugen mit Strahltriebwerken bzw. auf dem Unfallmuster verfügte. Das Unfallgeschehen lässt den Schluss zu, dass die Besatzungsmitglieder sich nicht zweckmässig ergänzt haben.

Die von der Schweiz übernommenen Vorschriften der JAR-OPS 1 sehen vor, dass beide Piloten eine bestimmte Mindestflugzeit auf dem entsprechenden Baumuster aufweisen müssen, bevor sie gemeinsam eingesetzt werden dürfen. Diese Mindesterfahrung war im vorliegenden Fall vorhanden. Das BFU ist deshalb der Ansicht, dass die rein quantitativen Kriterien für „*inexperienced crews*“ nicht ausreichen. Deshalb sollten zusätzliche qualitative Kriterien erwogen werden, die sicherstellen, dass Besatzungen – unabhängig von der Flugerfahrung – eine bestimmte Operation oder neue, komplexe Systeme eines Flugzeuges sicher beherrschen. Erst wenn dieser Fähigkeitsnachweis nach dem Aufbau einer gewissen Erfahrung (z.B. anlässlich eines *line checks* oder *simulator checks*) erbracht worden ist, gilt der betreffende Pilot als „erfahren“ und kann fortan mit „unerfahrenen“ Besatzungsmitgliedern eingesetzt werden.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung 2002-1 (Nr. 33)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, ob Kriterien festgelegt werden können, nach denen bei der Zusammenstellung einer Flugbesatzung nicht nur der Flugerfahrung der einzelnen Besatzungsmitglieder Rechnung getragen wird. Insbesondere ist zu überprüfen, inwiefern Richtlinien bezüglich qualitativer Kriterien festgelegt und geeignete Kontrollvorgänge für deren Anwendung entworfen werden müssen. Dies um sicherzustellen, dass bis zum Nachweis der notwendigen Fähigkeiten neu auf einem bestimmten Flugzeugtyp bzw. in einer bestimmten Operation eingesetzte Besatzungsmitglieder von einem erfahreneren Besatzungsmitglied geführt bzw. unterstützt werden.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gegebenenfalls bei der *Joint Aviation Authority* (JAA) eine Änderung der diesbezüglichen Vorschriften der JAR OPS 1 vorschlagen.

4.1.1.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002

“Die angesprochenen Kriterien beim Zusammenstellen einer Flugbesatzung betreffen sogenannte human factors, also Selbsteinschätzung, Urteilsvermögen, Kennen der eigenen Limiten, und viele mehr. Diese Faktoren sind 'weich' und ausserdem persönlichen Schwankungen unterworfen. Sie können nicht absolut quantifiziert oder qualifiziert werden. Dementsprechend glauben wir nicht, dass diesbezüglich behördlich konkretisierte Vorgaben und Kontrollen zweckdienlich sind, welche über die heute von der JAR-OPS festgelegten Auflagen hinausgehen. In erster Linie muss der Operator über ein Netz verfügen welches feinmaschig genug sein muss um allenfalls kritische Zusammenstellungen zu erkennen und soweit möglich zu vermeiden. Dabei darf zum Bei-

spiel nicht allein auf Erfahrung im Sinn von Flugstundenzahl abgestützt werden; ein "Top-Gun-Pilot" kann einen schlechten Tag haben oder kann, in einer gegebenen Zusammensetzung der Besatzung, überhaupt das Risiko von Konflikten erhöhen. Ausserdem müssen auch kurzfristige Wechsel in der Zusammenstellung einer Besatzung erfasst, beziehungsweise gesteuert werden können.

Nach unserer Auffassung führt der Weg über den Dialog mit den Verantwortlichen, etwa indem an Beispielen das Sicherheitsdenken sichtbar gemacht und gefestigt wird, und dass das Netz (Verfahren, auch CRM Training) inspiziert und wenn nötig dessen Anpassung veranlasst wird. Die systematische Entwicklung der Persönlichkeitskompetenzen (non-technical skills) und deren Einbezug in das System ist der Hauptfaktor zur weiteren Verbesserung der Flugsicherheit.

Die JAR-OPS 1 Vorschriften in diesem Bereich genügen und brauchen unseres Erachtens nicht angepasst zu werden.“

4.1.2 Überprüfung der Leistungen von Piloten

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Der Kommandant der Unfallmaschine war während über 20 Jahren auf Kolbenmotor- und Turbopropflugzeugen eingesetzt. Von 1987 bis 2001 flog er Saab 340 bei der gleichen Fluggesellschaft. Während dieser Zeit versuchte er mehrfach auf schnellere und grössere Maschinen umzuschulen. Aufgrund ungenügender Leistungen musste er zwei Umschulungskurse auf das Flugzeugmuster MD 80 abbrechen und wurde weiter auf der Saab 340 eingesetzt. Mit dem Ausscheiden der Saab 340 aus der Flotte der Crossair musste für den Kommandanten ein neues Flugzeug gefunden werden und er wurde in der Folge im Frühjahr 2001 auf das Flugzeugmuster Avro RJ 85/100 umgeschult.

Das Unfallgeschehen lässt den Schluss zu, dass die Besatzung das Anflugverfahren durchgeführt hat, ohne sich über die Gesamtsituation und den räumlichen bzw. zeitlichen Ablauf des Vorgangs genügend bewusst zu sein (*lack of situational awareness*). Es liegen verschiedene Hinweise vor, dass die Handlungen der Besatzung von übertriebenem Selbstvertrauen (*overconfidence*) und Selbstzufriedenheit (*complacency*) beeinflusst waren. Insbesondere wurde der Anflug bewusst unter die *minimum descent altitude* fortgesetzt.

Die Untersuchung lässt den Schluss zu, dass bei Crossair möglicherweise noch weitere Piloten beschäftigt sind, die in ihrer fliegerischen Laufbahn Auffälligkeiten, Einbrüche ihrer Leistungsfähigkeit oder mangelnde Fähigkeiten aufweisen, die eine Überprüfung der Leistungen, Kenntnisse und Arbeitsweisen notwendig machen.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung 2002-2 (Nr. 34)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte die Kriterien, Richtlinien und Verfahren überprüfen, welche die Auswahl und die Umschulung von Piloten von Flugzeugen mit Kolbenmotor- bzw. Propellerturbinenantrieb auf Flugzeuge mit Strahltriebwerken bzw. auf Flugzeuge mit moderner Ausrüstung (z.B. Saab 2000, Embraer, Airbus) regeln.

4.1.2.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002

„Im Grundsatz gehen wir davon aus, dass Antriebsart und Ausrüstung eines Flugzeugs nicht ein ausschlaggebendes Kriterium für die Auswahl eines umzuschulenden Piloten sein soll. Hingegen muss die Umschulung sicherstellen, dass die spezifischen Eigenschaften einer Antriebsart bekannt und verstanden sind. Die Umschulung auf moderne,

integrierte elektronische Ausrüstungen muss darüber hinaus noch den Anspruch erfüllen, dass die zugrundeliegende Philosophie, die grundsätzliche Funktionsweise der Systeme und deren Grenzen, verständlich und eindringlich vermittelt wird.

Die Anforderungen an das Ergebnis einer Umschulung (bezogen auf Flugzeugtyp, Ausrüstung etc.) sind unseres Erachtens genügend beschrieben und definiert. Wie weit ein Ausbilder Kriterien für die Auswahl der umzuschulenden Piloten festlegen will, soll in seinem Ermessen bleiben.

Wichtiger als die genannten technischen Eigenschaften scheint uns aber der Umstand zu sein, dass mit den angesprochenen Umschulungen in der Regel auch ein Umstieg in ein anderes betriebliches Umfeld stattfindet. Die Aus- oder Weiterbildung muss in diesem Fall deutlich über die reine Umschulung hinausgehen. JAR-OPS hält fest, dass bei einer Umschulung folgende menschen- oder interaktionsbezogenen Elemente (CRM, cockpit/crew resource management) von Bedeutung sind: "human error and reliability, error prevention and detection, philosophy of the use of automation (if relevant to the type), case based studies". Die Rollenverteilung zwischen Ausbilder (Operator) und Behörde ist dabei sinngemäss gleich wie in der Stellungnahme zur Empfehlung 2002-1 erläutert.

4.1.2.4 Sicherheitsempfehlung 2002-3 (Nr. 35)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte diejenigen Piloten von Crossair und gegebenenfalls weiterer Flugbetriebsunternehmen, welche in ihrer Laufbahn Leistungseinbrüche, Auffälligkeiten oder besondere Vorfälle aufweisen, bezüglich ihrer Leistungen und Kenntnisse überprüfen. Diese Überprüfung sollte sich nicht nur auf eine Durchsicht der Pilotendossiers beschränken, sondern eine Langzeitbeobachtung und zumindest stichprobenweise Kontrollen der Leistungen im Linieneinsatz umfassen. Für Piloten mit ungenügendem Leistungsausweis sollten in Zusammenarbeit mit der Führung des Flugbetriebsunternehmens bzw. psychomedizinischer Fachkräfte geeignete Massnahmen getroffen werden.

4.1.2.5 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 6. Mai 2002

„Hier kommt noch deutlicher als bei den beiden vorherigen Empfehlungen zum Tragen, dass die Verantwortlichkeiten zwischen Behörde und Flugunternehmen klar geregelt bleiben müssen. Die Kenntnis der Leistungsentwicklung ihrer Piloten ist eindeutig eine Voraussetzung zum Durchsetzen der Sicherheitsphilosophie eines Unternehmens. Die Flottenverantwortlichen müssen ihre "Pappenheimer" kennen, um allenfalls Massnahmen anordnen zu können. Das notwendige Instrumentarium (Qualifikationen, Auswertung von betrieblichen Rückmeldungen, Trainingsergebnisse etc.) einzusetzen ist Sache des Operators. Dazu gehört ausserdem, dass Erkenntnisse gegebenenfalls in die Aus- und Weiterbildung zurückfliessen müssen.

Die Rolle der Behörde besteht auch hier im Sicherstellen, dass ein solches Instrumentarium besteht und dass es angewendet wird. Nur in besonderen Fällen soll die Behörde, zum Beispiel durch Inspektionen, direkt aktiv werden.“

4.1.3 Altitude Setting während eines Non Precision Approach

4.1.3.1 Sicherheitsdefizit

Um 21:04:23 UTC befahl der Kommandant dem Copiloten eine *go around altitude* von 6000 Fuss auf dem *mode control panel* zu setzen. Der Copilot bestätigte diese Anweisung.

Das Flugbetriebsunternehmen Crossair schrieb im *pilots information handbook* (PIH) im Rahmen der *standard flight procedures* und in den *AVRO RJ training guidelines* für die Phase kurz vor Erreichen des *final approach fix*, der in Zürich eine Höhe von 4000 ft AMSL aufweist, folgendes vor:

Auf dem *mode control panel* (MCP) ist die *go around altitude* vorzuwählen. (In Zürich beträgt diese 6000 ft AMSL.) Das Einhalten der *step altitudes* muss der Pilot mit dem ALT HOLD *mode* gewährleisten. Das jeweilige Verlassen dieser Höhen wird durch Wählen des *vertical speed mode* eingeleitet. Der *target rate of descent* (ROD) muss angesprochen werden.

Das Einhalten der *minimum descent altitude* (MDA) wird wie bei den Zwischensteps mit dem ALT HOLD *mode* gewährleistet. Ferner publizierte die Crossair auf dieser Seite zusätzlich eine Faustregel zur Festlegung des *visual descent points* (VDP).

4.1.3.2 Sicherheitsempfehlung 2002-4 (Nr. 36)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, inwiefern die Crossair Standard-Flugverfahren (*standard flight procedure*) anzupassen sind. Insbesondere sollte geprüft werden, ob während eines *non precision approach* im *mode control panel* anstelle der *go around altitude* (gegenwärtiges Verfahren bei Crossair) die *minimum descent altitude* (MDA) eingestellt werden sollte.

4.1.3.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 6. Mai 2002

„Wir sind mit der Empfehlung einverstanden.“

4.1.4 Terrain Awareness and Warning System

4.1.4.1 Sicherheitsdefizit

Ein *terrain awareness and warning system* (TAWS) hat gegenüber dem auf dem Unfallmuster verwendeten einfachen *ground proximity warning system* (GPWS) mehrere Vorteile. Die Besatzung wird zum Beispiel gewarnt, falls das Flugzeug in *landing configuration* in zu grosser Entfernung von der Piste dem Boden zu nahe kommt. Dies ist möglich, weil das TAWS Zugriff auf eine topographische *database* des Geländes hat, das den Flughafen umgibt.

Dieses System hätte die gefährliche Annäherung der Maschine ans Gelände um Basersdorf frühzeitig erkennen und die Besatzung entsprechend warnen können.

Der Gesetzgeber schreibt für Grossflugzeuge, die ab 1. Januar 2001 in Dienst gestellt wurden, den Einbau eines TAWS zwingend vor. Alle übrigen Grossflugzeuge ohne TAWS, die bereits vor diesem Datum in Betrieb waren, müssen bis zum 1. Januar 2005 entsprechend umgerüstet werden.

4.1.4.2 Sicherheitsempfehlung 2002-5 (Nr. 37)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte Massnahmen prüfen, die sicherstellen, dass Grossflugzeuge ohne *terrain awareness and warning system* (TAWS) raschmöglichst mit einem solchen System nachgerüstet werden.

4.1.4.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 6. Mai 2002

„Wir sind mit der Empfehlung einverstanden.“

4.1.5 System der Wetterbeobachtung

4.1.5.1 Sicherheitsdefizit

Wenige Minuten vor dem Absturz der CRX 3597 flogen zwei andere Flugzeuge des gleichen Flugbetriebsunternehmens einen *standard VOR/DME approach* 28. Das erste dieser zwei vorausfliegenden Flugzeuge mit Flugnummer CRX 3891 setzte nach der Landung auf der Frequenz des Platzverkehrsleiters folgende Wettermeldung ab: *„Just for information, the weather for runway 28 is pretty minimum, so we had runway in sight about 2.2 DME distance away“*. Zu diesem Zeitpunkt befand sich dieses Flugzeug auf einer Distanz von rund 1700 m zur Anflugbefeuerung der Piste 28 und rund 2400 m vor der Pistenschwelle.

Dagegen strahlte das ATIS ab 20:50:00 UTC im Rahmen der Information NOVEMBER folgende Wettermeldung aus:

METAR 242050Z 16002KT 3500 –SN FEW006, BKN015, OVC022, 00/M00 Q1024 8829//99 TEMPO 5000.

Somit lagen wesentliche Unterschiede zwischen den auf dem Flughafen Zürich beobachteten Wetterbedingungen und den tatsächlichen Verhältnissen im Anflugsektor der Piste 28 vor.

4.1.5.2 Sicherheitsempfehlung 2002-6 (Nr. 38)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, ob das aktuelle System der Wetterbeobachtung ab Piste 16 und die Konfiguration der Messinstrumente geeignet ist, vor allem bei kritischen Wetterbedingungen eine Wettermeldung zu liefern, die auch für die Piste 28 gleichwertige Aussagen wie für die Pisten 14/16 ergeben. Insbesondere wenn das Wetter für den Anflugsektor der Piste 28 schlechter oder wechselhafter ist als für den ganzen Flughafen, sollte den Besatzungen ein spezifischer Wetterbericht geliefert werden.

Bis zur Einführung einer verbesserten Wetterbeobachtung sollten die nach dem Unfall von Flug CRX 3597 erhöhten Minima für den Anflug auf Piste 28 beibehalten werden.

4.1.5.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003

„Der Ceilometer-Wert Bassersdorf zur Beurteilung der Wolkenuntergrenze soll durch einen local report für die jeweilige Anflugachse ersetzt werden.“

4.1.6 Installation eines Minimum Safe Altitude Warning System (MSAW) für den Anflugsektor der Piste 28 in Zürich-Kloten

4.1.6.1 Sicherheitsdefizit

Gemäss *standard VOR/DME approach* 28 in Zürich-Kloten, wie er auf der *instrument approach chart* ICAO AIP LSZH AD 2.24.10.7 – 1 beschrieben ist, lag die Mindesthöhe für den Anflug (*minimum descent altitude* – MDA) bei 2390 ft QNH. Es ist vorgesehen, dass eine anfliegende Maschine die MDA bzw. die *obstacle clearance altitude* (OCA) nur unterschreitet, wenn Sichtkontakt mit definierten Elementen der Piste 28 besteht.

Bei etwa 3.5 NM Distanz zur Pistenschwelle, d.h. 4.4 NM VOR/DME Kloten, hat Flug CRX 3597 die OCA/MDA von 2390 ft AMSL unterschritten und ist daraufhin weiter kontinuierlich abgesunken. Schliesslich kollidierte das Flugzeug bei etwa 2.7 NM Distanz zur Pistenschwelle mit einer bewaldeten Anhöhe.

Nach dem Unfall von Alitalia Flugnummer AZA 404 vom 14. November 1990 wurden die Anflüge der Pisten 14 und 16 mit einem *minimum safe altitude warning* (MSAW) *system* ausgerüstet. Durch eine optische Warnung auf dem Radarschirm und einer akustischen Warnung macht das MSAW *system* den Flugverkehrsleiter darauf aufmerksam, wenn ein Flugzeug im Anflug eine Sicherheitshöhe unterschreitet. Der Flugverkehrsleiter kann so die Besatzung des betreffenden Flugzeuges warnen.

Der Anflug der Piste 28 war nicht mit einem MSAW *system* ausgerüstet.

Wäre ein MSAW *system* vorhanden gewesen, so hätte dieses mit hoher Wahrscheinlichkeit den Alarm zu einem Zeitpunkt ausgelöst, der es der Flugverkehrsleitung erlaubt hätte, die Besatzung noch rechtzeitig zu warnen. Diese Alarmauslösung hätte im vorliegenden Fall nach Unterschreiten des empfohlenen Gleitwegs durch CRX 3597, spätestens jedoch beim vorzeitigen Verlassen der OCA/MDA erfolgen müssen. Dabei wären auch im ungünstigsten Fall noch etwa 20 Sekunden verblieben, um die Besatzung über die gefährlich tiefe Flughöhe zu warnen.

4.1.6.2 Sicherheitsempfehlung 2002-7 (Nr. 39)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass der Anflugsektor der Piste 28 mit einem *minimum safe altitude warning system* ausgerüstet wird, das automatisch optisch und akustisch auf kritische Höhenunterschreitungen aufmerksam macht. Die Betriebsvorschriften der Flugverkehrsleitung sind anschliessend mit Vorschriften zur Warnung von Besatzungen bei derartigen kritischen Höhenunterschreitungen zu ergänzen (analog zu dem bereits für die Anflugsektoren der Pisten 14 und 16 installierten MSAW-System).

4.1.6.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003

(Am 31. Oktober 2002 bzw. am 23. Dezember 2002 hatte das BAZL skyguide schriftlich beauftragt, ein MSAW im Anflugsektor der Piste 28 zu installieren.)

„Das MSAW 28 ist operationell in Betrieb.“

4.1.7 Eintragung von Flughindernissen im Jeppesen Route Manual

4.1.7.1 Sicherheitsdefizit

In der Anflugkarte (13-2, 10 NOV 00) des Jeppesen *route manual*, das von der Besatzung benützt wurde, sind die Flughindernisse im Anflugsektor der Piste 28 nicht eingetragen. In der publizierten Anflugkarte des Schweizer Luftfahrthandbuches AIP (LSZH AD 2.24.10.7-1) sind diese Flughindernisse verzeichnet.

4.1.7.2 Sicherheitsempfehlung 2002-8 (Nr. 40)

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte darauf hinwirken, dass in weit verbreiteten Publikationen wie z. B. dem Jeppesen *route manual* die Flughindernisse unter Anflügen eingetragen werden.

4.1.7.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) vom 5. Dezember 2003

„Lido und auch Jeppesen sind vom BAZL aufgefordert worden, dieser Empfehlung Folge zu leisten.“

4.2 Sicherheitsempfehlungen vom 2. Oktober 2003

4.2.1 Definition und Publikation eines Visual Descent Points

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Der *visual descent point* (VDP) ist derjenige Punkt auf der *minimum descent altitude* (MDA) eines *non approach*, von dem aus ein normaler Sichtanflug auf die Piste möglich ist. Ist eine visuelle Gleitweganzeige, z. B. ein *precision approach path indicator* (PAPI) vorhanden, so ist der VDP der Schnittpunkt dieses Gleitweges mit der MDA. Bei einem *non precision approach* ist nur der *missed approach point* (MAP) definiert.

4.2.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 94

Das BAZL sollte überprüfen in welchem Umfang die Anflugkarten für *non precision approaches* mit einem *visual descent point* (VDP) zu ergänzen sind.

4.2.1.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.2.2 Publierte Mindestsichtweiten bei Non Precision Approaches

4.2.2.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die im Unfallzeitpunkt gültigen Mindestsichtweiten für den *standard VOR/DME approach* 28 nicht zweckmässig sind. Zudem wurden deutliche Unterschiede zwischen den Empfehlungen der JAR und der ICAO festgestellt.

Eine Mindestsichtweite kann nur dann als sinnvoll bezeichnet werden, wenn sie erlaubt, vom *visual descent point* (VDP) aus den Endanflug mit den notwendigen Sichtreferenzen durchführen zu können.

4.2.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 95

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, in wie fern die gültigen Mindestsichtweiten für *non precision approaches* anzupassen sind, damit vom *visual descent point* aus ein Endanflug mit den notwendigen Sichtreferenzen möglich ist.

4.2.2.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.2.3 Darstellung des Geländeprofiles auf Anflugkarten

4.2.3.1 Sicherheitsdefizit

Viele Flugplätze in der Schweiz haben in ihrer unmittelbaren Umgebung Geländeerhebungen welche deutlich über der Bezugshöhe des Flugplatzes liegen.

Durch eine Darstellung des Geländeverlaufs in einer Seitenansicht, entlang des Anflugweges, können Hindernisse im Anflug bewusster gemacht werden.

4.2.3.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 96

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, ob das Geländeprofil entlang des Anflugweges in die Anflugkarten von Instrumentenanflügen aller Kategorien eingetragen werden müsste.

4.2.3.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.2.4 Besatzungszeiten

4.2.4.1 Sicherheitsdefizit

Am Vortag des Unfalls war der Kommandant 15 Stunden und 31 Minuten im Einsatz, weil er vor den vier Sektoren, die er im Rahmen des Flugbetriebsunternehmens durchführte, bereits zwei IFR-Schulflüge absolviert hatte. Die vorgeschriebene Ruhezeit wurde nicht eingehalten. Im Zeitpunkt des Unfalls war der Kommandant bereits 13 Stunden und 37 Minuten im Einsatz weil er vor dem Unfallflug bereits drei IFR-Schulflüge durchgeführt hatte. Die Aufzeichnungen der Flugdienstzeiten zeigen, dass diese Kombination von Schulungstätigkeit und Einsatz als Verkehrspilot am selben Tag keine Seltenheit war. Eine unternehmensübergreifende Kontrolle der Besatzungszeiten wurde nicht durchgeführt.

Wie das Unfallgeschehen belegt, zeigte der Kommandant des Unfallflugzeuges in seinem Verhalten Anzeichen von Übermüdung.

4.2.4.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 97

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte zusammen mit den Flugbetriebsunternehmen überprüfen, wie eine lückenlose Kontrolle der gesamten Flugdienst- und Ruhezeiten gewährleistet werden kann.

4.2.4.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.2.5 Verbesserung des Qualitätssystems von Flugbetriebsunternehmen

4.2.5.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung zeigte, dass es schon vor dem Unfall Besatzungen gab, die Vorgaben und Verfahren nicht befolgt haben. Die Anstrengungen des Flugbetriebsunternehmens auf dem Gebiet der Flugsicherheit sowie die Überwachungsmaßnahmen des Bundesamtes für Zivilluftfahrt reichten nicht aus, um diese Vorfälle zu erkennen und zu verhindern.

4.2.5.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 98

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte im Rahmen des nach den Bestimmungen der *Joint Aviation Authorities* (JAA) über die gewerbsmässige Beförderung von Personen und Sachen in Flugzeugen JAR-OPS 1.035 geforderten Qualitätssystems von den Flugbetriebsunternehmen Verfahren verlangen und überwachen, die durch unternehmensinterne Massnahmen Mängel in der Verhaltens- und Arbeitsweise der Flugbesatzungen aufzeigen und beheben.

4.2.5.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.2.6 Abnahme von Fähigkeitsnachweisen und Befähigungsüberprüfungen

4.2.6.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung zeigte, dass es dem Flugbetriebsunternehmen über einen grossen Zeitraum nicht gelang, die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Besatzungsmitglieds zu ermitteln. Die für die Abnahme von *skill tests*, *proficiency* und *line checks* eingesetzten Experten, welche beim Flugbetriebsunternehmen angestellt waren und diese Prüfungen im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vornahmen, waren mehrheitlich nicht in der Lage, Mängel und Schwächen zu erkennen, so dass sich diese im Unfallgeschehen auswirken konnten.

4.2.6.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 99

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass Fähigkeitsnachweise und Befähigungsüberprüfungen zumindest stichprobenweise von Inspektoren oder unabhängigen Experten des Bundesamtes abgenommen werden.

4.2.6.3 Stellungnahme des BAZL

Die Stellungnahme des BAZL ist noch ausstehend.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.3.1 Stellungnahme von Swiss vom 14. Februar 2003

Das Flugbetriebsunternehmen Crossair, dessen Firmenname in der Zwischenzeit auf Swiss International Air Lines Ltd. gewechselt hatte, gab am 14. Februar 2003 an, im Nachgang zum Unfall von CRX 3597 die folgenden Massnahmen getroffen zu haben:

Zitat:

1. „Approach and Landing Accident Reduction“ (ALAR)

Eine Analyse zur Beurteilung von Potentialen zur Reduktion der Anflug- und Lande-risiken, die unmittelbar nach dem Unfall vom 24. November 2001 durch den damals zuständigen „Emergency Director“ in Auftrag gegeben wurde. Die dabei angewendeten Kriterien wurden von der unabhängigen „Flight Safety Foundation“ definiert.

2. „Operational Risk Analysis and Control“ (ORAAC)

Aus der unter Pt. 1 erwähnten „ALAR“ Analyse wurden Erkenntnisse gewonnen, die insgesamt 81 Aktionspunkte umfasst und zur Zusammenstellung eines Aktionsplans mit dem Arbeitstitel „Operational Risk Analysis and Control“ (ORAAC) führte. Dieser Aktionsplan hatte zum Ziel, mögliche Schwachstellen in der Operation offen zu legen um dadurch gute Voraussetzungen zu schaffen, die dabei entdeckten Lücken schliessen zu können.

Im Rahmen des ORAAC Aktionsplans wurden unter anderem folgende Massnahmen umgesetzt:

- Klarifizierung und/oder Ergänzungen in den Pilotenhandbüchern „Operation Manuals“
- Verbesserung der technischen Ausrüstungen in den Regionalflugzeugen
- Anpassungen bei der Aus- und Weiterbildung der Besatzungen
- Gezielte Prüfung der Leistungsfähigkeit bestimmter Besatzungsmglieder „Screening-1“ mit Umsetzung geeigneter Massnahmen zur Behebung festgestellter Defizite bzw. (wo angezeigt) Auflösung der Arbeitsverhältnisse.
- Institutionalisierung eines jährlichen Qualifikationsprozesses, der flottenübergreifend geführt wird und wo nötig unmittelbar wirksame Massnahmen auslöst.

Bis Ende 2002 konnten 95 % aller unter ORAAC festgelegten Massnahmen umgesetzt werden.

3. Flight Safety und Flight Crew Training als Brückenfunktion

Im Zusammenhang mit dem Aufbau der SWISS wurden die Zuständigkeiten der Funktionen „Flight Safety“ und „Flight Crew Training“ im Sinne sogenannter Brückenfunktionen über beide Pilotenkorps, OC-1 (ex Crossair) und OC-2 (ex Swissair), ausgedehnt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass die diesbezüglichen Kompetenzen beider ehemaligen Fluggesellschaften nach Massstäben des „best-practice“ zur Wirkung gebracht und nachhaltig erhalten werden können.

4. "SWISS Safety Advisory Board" (SSAB)

Im Verlauf der ersten Jahreshälfte 2002 beauftragte die Geschäftsleitung ein externes, international anerkanntes Team von Experten im Bereich Flugsicherheit mit der Überprüfung des Flugsicherheitsstandards in der SWISS.

Dieses Team verfasste einen Zwischenbericht mit Datum vom 5./6. September 2002 und rapportierte ihre Erkenntnisse mit entsprechenden Empfehlungen direkt dem Verwaltungsrat. Die Umsetzung der SSAB Empfehlungen wurden vom Bereich „Flight Operations“ umgehend an die Hand genommen (siehe Pt. 6).

5. IST-SOLL Analyse des "Flight Safety Officers"

Im Auftrag des Flugbetriebsleiters hat die verantwortliche Fachstelle für Flugsicherheit eine IST-SOLL Analyse betreffend aktuellem Potential im Hinblick auf die weitere Erhöhung des Sicherheitsstandards durchgeführt. Die Resultate wurden im entsprechenden Bericht vom 12. September 2002 festgehalten und dem Flugbetriebsleiter zur Behandlung übergeben. Die Umsetzung der darin enthaltenen Empfehlungen wurden zusammen mit jenen des SSAB umgehend an die Hand genommen (siehe Pt. 6).

6. "Flight Safety Program" (FSB)

Die Erkenntnisse bzw. Empfehlungen aus dem unter Pt. 4 erwähnten SSAB, der unter Pt. 5 erwähnten IST-SOLL Analyse des „Flight Safety Officers“ sowie den internen Berichten betreffend dem Unfall Werneuchen vom 10. Juli 2002 und dem OC-1 Führungseminar vom 3./4. September 2002 wurden im Rahmen des sogenannten „Flight Safety Program“ (FSB) zu einem umfassenden und ganzheitlichen Massnahmenprogramm zusammen gefasst.

Die Umsetzung der darin enthaltenen Massnahmen wird in monatlichem Rhythmus kontrolliert und dem Verwaltungsrat in Form eines Statusberichts jeweils direkt rapportiert.

Nachstehend eine Zusammenfassung des Aktionsplans mit aktuellem Status:

Aktion	Beschreibung	Status Februar 2003
Screening-2	Prüfung der Leistungsnachweise sämtlicher Piloten der SWISS und ggf. Einleitung entsprechender Korrekturmassnahmen mit Controlling	Abschluss April/03
Kultur-CRM	2-Tageskurse zur Zusammenführung der beiden Kulturen	Management abgeschl. Instruktoren abgeschl. Basiskurs bis 12/05
Organisation	„Flight Safety“ und „Security“ werden direkt dem COO unterstellt.	Abgeschlossen
Rapportwesen	Monatlicher Rapport durch den „Flight Safety Officer“ betreffend Status der Flugsicherheit an COO und CEO	Eingeführt

	„Operations-„ und „Air Sa- fety Report“ neu definiert und eingeführt. IT-Lösung zur EDV- Erfassung Einführung und Förderung eines „non-punitive“ Rap- portwesens	Erledigt Abschluss März/03 Abgeschlossen
Flugüberwachung	Einbau von „Flight Data Monitoring“ Ausrüstung in Regionalflotten	EMB-145 ab 03/03 Abschluss 12/05
Sicherheitsbewusstsein	Kurse in „Safety- Awareness“ z. Hd. Verwaltungsrat GL und „Vice Presidents“	Abgeschlossen Abschluss April/03
Sicherheitsprozesse	Harmonisierung der Pro- zesse zwischen Piloten und Kabinenbesatzungen zur Sicherstellung eines hohen Sicherheitsstandards	Abschluss März/03
Kapitänsanstellungen	Keine Neuzulassung als Ka- pitän ohne mind. 5 Jahre Erfahrung bei SWISS und min. 25 Altersjahren	Umgesetzt
OCC-Unterstützung	Optimierung der Unter- stützung z. G. von Besat- zungen bei schwierigen Wetter-bedingungen	Umsetzung läuft Abschluss Okt./03
Flugplanung	Erhöhung der Systematisie- rung bei der Flugplanung	Umgesetzt
Dokumentation	Information über Notflug- plätze in Unterlagen integ- rieren	Abschluss Juli/03
Disziplin	Spezielles Programm zur Förderung der Disziplin	Umsetzung läuft
Qualifikationen	Institutionalisierung eines jährlichen Qualifikations- prozesses zur Gewährleis- tung nachhaltiger Piloten- qualität	Abgeschlossen

Ende Zitat.

4.3.2 Stellungnahme von Swiss vom 8. Dezember 2003

Mit Stellungnahme vom 8. Dezember 2003 übermittelte Swiss International Air Lines Ltd. folgenden aktualisierten Aktionsplan:

Zitat:

Aktion	Beschreibung	Status Dezember 2003
Screening-1 & 2	Prüfung der Leistungsnachweise sämtlicher Piloten der SWISS und ggf. Einleitung entsprechender Korrekturmassnahmen mit Controlling	Abgeschlossen
Umschulungsassessment	UK-Assessment mit Leistungsbeurteilung vor Umschulungen	Eingeführt
Basisselektion	Überarbeitung der Basisselektion bei SWISS im Hinblick auf JAR-FCL 3 Empfehlungen	Erledigt
Kultur-CRM	2-Tageskurse zur Zusammenführung der beiden Kulturen	Management und Instruktoren abgeschl.
Organisation	Flight Safety und Security werden direkt dem COO unterstellt.	Abgeschlossen
Flugverfahren / SOP / Wording	Harmonisierung der Flotten	Abgeschlossen
Rapportwesen	Monatlicher Rapport durch den Flight Safety Officer betreffend Status der Flugsicherheit an COO und CEO.	Eingeführt
	Operations- und Airsafety Report neu definiert und eingeführt.	Erledigt
	IT-Lösung zur EDV Erfassung.	Eingeführt
	Einführung und Förderung eines „non-punitive“ Rapportwesens.	Erledigt
Flugüberwachung	Einbau von „Flight Data Monitoring“ Ausrüstung in Regionalflotte	Auswertung der DFDR-Daten läuft, Umrüstung abgeschlossen 12/05

Sicherheitsbewusstsein	Kurse in „Safety-Awareness“ zHd VR, GL und VPs	Abgeschlossen
Sicherheitsprozesse	Harmonisierung der Prozesse zwischen Piloten und Kabinenbesatzungen zur Sicherstellung eines hohen Sicherheitsstandards	Abgeschlossen
Kapitänsanstellungen	Keine Neuzulassungen als Kapitän ohne min. 5 Jahre Erfahrung bei SWISS und min. 25 Altersjahre	Umgesetzt
OCC-Unterstützung	Optimierung der Unterstützung z.G. von Besatzungen bei schwierigen Wetterbedingungen	Umgesetzt
Flugplanung	Erhöhung der Systematisierung bei der Flugplanung	Umgesetzt
Dokumentation	Information über Notflugplätze in Unterlagen integrieren	Umgesetzt
Disziplin	Spezielles Programm zur Förderung der Disziplin	Umsetzung läuft
Qualifikationswesen	Institutionalisierung eines jährlichen Qualifikationsprozesses zur Gewährleistung nachhaltiger Pilotenqualität	Eingeführt
	Qualifikations Datenbank	Eingeführt
	Weiterausbildung und Überwachung der Instruktoren	Umgesetzt

Ende Zitat.

Glossar

AAL	<i>above aerodrome level</i>	über Flugplatzhöhe
AC	<i>alternate current</i>	Wechselstrom
ADC	<i>aerodrome control (tower)</i>	Platzverkehrsleitstelle
ADC	<i>air data computer</i>	
ADF	<i>automatic direction finding equipment</i>	automatisches Peilgerät
ADS	<i>air data system</i>	
AFS	<i>automatic flight system</i>	automatische Flugregelungsanlage
AGL	<i>above ground level</i>	über Grund
ALN	<i>align</i>	
ALT HLD	<i>altitude hold</i>	
AMOS	<i>airline maintenance organisation system</i>	
AMSL	<i>above mean sea level</i>	über der mittleren Meereshöhe
AND	<i>attitude nose down</i>	
ANU	<i>attitude nose up</i>	
AP	<i>autopilot</i>	Autopilot
APA	<i>altitude preselector alerter</i>	
APE	<i>approach control east</i>	
APP	<i>approach control office</i>	Anflugleitstelle
APU	<i>auxiliary power unit</i>	Hilfsaggregat
APRON	<i>apron</i>	Vorfeld
APW	<i>approach control west</i>	
ATA	<i>American Transport Association</i>	
ATC	<i>air traffic control</i>	Flugverkehrsleitung
ATCO	<i>air traffic control officer</i>	Flugverkehrsleiter
ATIS	<i>automatic terminal information service</i>	
ATPL	<i>air transport pilot licence</i>	Führerausweis für Verkehrspiloten
ATT	<i>attitude</i>	
BATT	<i>battery</i>	Batterie
BAZL		Bundesamt für Zivilluftfahrt
BEA	<i>Bureau Enquêtes Accidents</i>	Französische Behörde für die Untersuchung von Flugunfällen
BFU		Büro für Flugunfalluntersuchungen
BKN	<i>broken</i>	5-7 Achtel Bewölkung
BRG	<i>bearing</i>	
B-RNAV	<i>basic area navigation</i>	Flächennavigation
CA	<i>cabin attendant</i>	Flugbegleiter/in
CAD	<i>computer aided design</i>	
CAM	<i>cockpit area microphone</i>	Raummikrofon
CB	<i>circuit breaker</i>	Sicherungsautomat
CCA	<i>circuit card assembly</i>	
CDU	<i>control display unit</i>	Bedieneinheit
CDR	<i>commander</i>	
CEO	<i>chief executive officer</i>	
CFIT	<i>controlled flight into terrain</i>	Kollision mit dem Gelände aus einem kontrollierten Flugzustand
CLB	<i>climb</i>	Steigflug
CLD	<i>clearance delivery</i>	

COPI	<i>copilot</i>	
CPL	<i>commercial pilot licence</i>	Führerausweis für Berufspiloten
CPM	<i>cockpit procedure mockup</i>	
CPU	<i>central processor unit</i>	
CRM	<i>crew resource management</i>	
CRS	<i>course</i>	
CRT	<i>cathode ray tube</i>	Bildröhre, Bildschirm
CVR	<i>cockpit voice recorder</i>	Sprach- und Geräuschaufzeichnungs- gerät
DA	<i>decision altitude</i>	
DADC	<i>digital air data computer</i>	
DBI	<i>distance bearing indicator</i>	
DC	<i>direct current</i>	Gleichstrom
DDL	<i>deferred defect list</i>	
DEP	<i>departure control</i>	Abflugleitstelle
DFDR	<i>digital flight data recorder</i>	digitaler Flugdatenschreiber
DFGC	<i>digital flight guidance computer</i>	
DFGS	<i>digital flight guidance system</i>	
DGAC	<i>direction générale de l'aviation civile</i>	
DH	<i>decision height</i>	
DL		Dienstleiter
DME	<i>distance measuring equipment</i>	Entfernungsmessgerät, mit dem eine Schrägdistanz vom Luftfahrzeug zur Bodenstation gemessen wird
DOC	<i>designated operational coverage</i>	Gebiet, in dem ein bestimmter Dienst verfügbar ist und welchem die zu die- sem Dienst gehörenden Frequenzen geschützt sind
DTO	<i>direct to</i>	
DU	<i>display unit</i>	Anzeigegerät
DVOR	<i>doppler VOR</i>	Doppler-VOR
ECP	<i>EFIS control panel</i>	
EFIS	<i>electronic flight instrument system</i>	elektronisches Fluginstrumentensystem
EGPWS	<i>enhanced ground proximity warning system (Honeywell brand name)</i>	
ELC	<i>engine life computer</i>	
ELEV	<i>elevation</i>	Ortshöhe über Meer
ELT	<i>emergency locator transmitter</i>	Notsender
EMI	<i>electromagnetic interference</i>	Elektromagnetische Verträglichkeit
ESS	<i>essential</i>	
FAA	<i>Federal Aviation Authority</i>	Zivilluftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika
FADEC	<i>full authority digital engine control</i>	Triebwerksteuerung
FAF	<i>final approach fix</i>	Endanflug-Punkt
FD	<i>flight director</i>	Flugleitanlage
FDR	<i>flight data recorder</i>	Flugdatenschreiber
FDAU	<i>flight data acquisition unit</i>	Flugdatenerfassungsmodul
FDEP	<i>flight data entry panel</i>	
FEW		1-2 Achtel Bewölkung
FGC	<i>flight guidance computer</i>	
FGS	<i>flight guidance system</i>	
FIR	<i>flight information region</i>	Fluginformationsgebiet

FL	<i>flight level</i>	Flugfläche
FMS	<i>flight management system</i>	
F/O	<i>first officer</i>	
FOCA	<i>Federal Office for Civil Aviation</i>	
FOM	<i>flight operations manual</i>	
ft	<i>feet</i>	Fuss (1 ft = 0.3048 m)
FVL		Flugverkehrsleiter
G/A	<i>go around</i>	Durchstart
GAC	<i>general aviation center</i>	
GNLU	<i>global navigation landing unit</i>	
GPS	<i>global positioning system</i>	
GPU	<i>ground power unit</i>	Bodenstromversorgung
GPU	<i>global position unit</i>	
GPWC	<i>ground proximity warning computer</i>	
GPWS	<i>ground proximity warning system</i>	Bodennähe-Warnsystem
GRO	<i>ground control</i>	
G/S	<i>glide slope</i>	
HDG	<i>heading</i>	Steuerkurs
hPa	<i>hecto pascal</i>	
IAS	<i>indicated airspeed</i>	angezeigte Fluggeschwindigkeit
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	Internationale Zivilluftfahrtorganisation
IFR	<i>instrument flight rules</i>	Instrumentenflugregeln
IGS	<i>instrument guidance system</i>	Instrumentenführungssystem
ILS	<i>instrument landing system</i>	Instrumentenlandesystem
IMC	<i>instrument meteorological conditions</i>	Instrumentenwetterbedingungen
IPG	<i>IFR procedure group</i>	
IR	<i>instrument rating</i>	Instrumentenflugberechtigung
IRS	<i>inertial reference system</i>	
IRU	<i>inertial reference unit</i>	
JAA	<i>Joint Aviation Authorities</i>	
JAR	<i>Joint Aviation Requirements</i>	
KIAS	<i>knots indicated airspeed</i>	angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten
kt	<i>knots</i>	Knoten (1 kt = 1 NM/h)
LAT	<i>latitude</i>	geographische Breite
LNAV	<i>lateral navigation</i>	
LONG	<i>longitude</i>	geographische Länge
LT	<i>local time</i>	Lokalzeit
MAG	<i>magnetic</i>	
MAP	<i>missed approach point</i>	
MCP	<i>mode control panel</i>	
MCT	<i>maximum continuous thrust</i>	
MDA	<i>minimum descent altitude</i>	Mindesthöhe für den Anflug über Meer
MDH	<i>minimum descent height</i>	Mindesthöhe für den Anflug über einer Bezugshöhe
METAR	<i>aviation routine weather report</i>	Flugplatzwettermeldung
MHz	<i>megahertz</i>	
MOC	<i>minimum obstacle clearance</i>	
MRT	<i>multi radar tracking</i>	Mehrfachradarerfassung

MSAW	<i>minimum safe altitude warning system</i>	
MSTR	<i>master</i>	
MSU	<i>mode select unit</i>	
ND	<i>navigation display</i>	
NDB	<i>non directional beacon</i>	ungerichtetes Funkfeuer
NDB	<i>navigation data base</i>	
NM	<i>nautical mile</i>	Nautische Meile (1 NM = 1.852 km)
NMS	<i>navigation management system</i>	
NOAA	<i>national oceanic and atmospheric administration</i>	
NVM	<i>nonvolatile memory</i>	Dauerspeicher
OAT	<i>outside air temperature</i>	Aussentemperatur
OCH	<i>obstacle clearance height</i>	
OM	<i>operations manual</i>	
OVC	<i>overcast</i>	8 Achtel Bewölkung
PANS-OPS	<i>procedure for air navigation services - operations</i>	
PAPI	<i>precision approach path indicator</i>	
PF	<i>pilot flying</i>	fliegender Pilot
PFD	<i>primary flight display</i>	
PIC	<i>pilot in command</i>	Kommandant
PLA	<i>power lever angle</i>	Leistungshebel Winkel
PNF	<i>pilot not flying</i>	assistierender Pilot
QAM	<i>local weather report</i>	Flugplatzwettermeldung
QFE		Stationsdruck
QNH		auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
RA	<i>radio altimeter</i>	Radarhöhenmesser
RA	<i>radar altitude</i>	Radarhöhe
RNAV	<i>area navigation</i>	Flächennavigation
ROC	<i>rate of climb</i>	Steigrate
ROD	<i>rate of descent</i>	Sinkrate
RVR	<i>runway visual range</i>	Pistensichtweite
RWY	<i>runway</i>	Piste
Rx	<i>receiver</i>	Empfänger
SCT	<i>scattered</i>	3-4 Achtel Bewölkung
SG	<i>symbol generator</i>	
SID	<i>standard instrument departure</i>	Instrumentenabflugroute
SIGMET	<i>information concerning en-route weather phenomena which may affect the safety of aircraft operations</i>	Informationen bezüglich Wettererscheinungen auf der Flugstrecke, welche die Sicherheit des Flugbetriebs beeinträchtigen können
S/N	<i>serial number</i>	Werknummer
SOP	<i>standard operating procedures</i>	Standardbetriebsverfahren
SR	<i>slant range</i>	Schrägdistanz - Distanz zwischen dem Luftfahrzeug und der Bodenstation im dreidimensionalen Raum
SSR	<i>secondary surveillance radar system</i>	
SSCVR	<i>solid state cockpit voice recorder</i>	
STAR	<i>standard instrument arrival route</i>	Instrumentenanflugroute

SWC	<i>significant weather chart</i>	
TAF	<i>aerodrome forecast</i>	Flugplatzwettervorhersage
TAS	<i>true airspeed</i>	Wahre Fluggeschwindigkeit
TCAS	<i>traffic alert and collision avoidance system</i>	
TAWS	<i>terrain awareness and warning system</i>	
TMM	<i>transmissometer</i>	Pistensichtmessgerät
TOGA	<i>takeoff go around</i>	
TR	<i>type rating</i>	Musterberechtigung
TRK	<i>track</i>	Kurs über Grund
TRP	<i>thrust rating panel</i>	
T/S	<i>trouble shooting</i>	Fehlerbehebung
TWR	<i>tower</i>	Kontrollturm
ULB	<i>underwater locator beacon</i>	
UTC	<i>universal time coordinated</i>	Koordinierte Weltzeit
VAC	<i>voltage - alternate current</i>	Wechselspannung
VDC	<i>voltage - direct current</i>	Gleichspannung
VDP	<i>visual descent point</i>	
VERT SPD	<i>vertical speed</i>	
VFR	<i>visual flight rules</i>	Sichtflugregeln
VHF	<i>very high frequency</i>	
VMC	<i>visual meteorological conditions</i>	Sichtwetterbedingungen
VOR	<i>VHF omnidirectional radio range</i>	UKW-Drehfunkfeuer
VPU	<i>vortac position unit</i>	
WO	<i>workorder</i>	Arbeitsauftrag
XPDR	<i>transponder</i>	
ZUE VOR	<i>Zurich East VOR</i>	Drehfunkfeuer Zürich Ost

Anhang 1: Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse

UTC	Ereignis	Bemerkung
20:36:48 – 20:37:23	Copilot entschlüsselt Pistenzustandsbericht	
20:37:25 – 20:39:17	Kommandant erklärt dem Copiloten einen Teilaspekt, Copilot antwortet 12 Mal „Ja“ oder „Ja-wohl“, am Schluss, „Jetzt han i grad wider öppis glärnt.“	
20:40:10	ATIS LIMA tritt in Kraft: „ <i>Landing runway 28, VOR/DME standard approach</i> “	Der Besatzung zu diesem Zeitpunkt unbekannt
20:42:58 – 20:44:05	<i>Approach briefing</i> RWY 14, ev. 16	Erwartung der Besatzung: Landung auf Piste 14
20:43:44	Copilot macht den Kommandanten auf Geschwindigkeitsüberschreitung aufmerksam – der Kommandant entschuldigt sich mehrfach	Kleiner Arbeitsfehler als möglicher Effekt von Müdigkeit: Nicht mehr alle Parameter können gleichzeitig überwacht werden.
20:44:56	ATIS MIKE tritt in Kraft, <i>runway report</i> aufdatiert, aber keine wesentliche Änderung	Der Besatzung zu diesem Zeitpunkt unbekannt
20:46:20	Der Copilot fragt den Kommandanten, ob er nachfragen solle, dass immer noch Piste 14 benutzt werden kann: „Söli ämal fragä öbs Vierzähni oder sägemer...s'wird grad eso knapp“	Die Aussage zeigt, dass der Copilot aufgrund der fortgeschrittenen Zeit annehmen konnte, dass mit einem Wechsel auf eine andere Piste zu rechnen war
20:46:23	Der Kommandant antwortet: „Ja, s'isch scho s'Vierzähni“ Der Copilot darauf: „S'Vierzähni“	Der Kommandant reagiert nur kurz auf die Anfrage des Copiloten. Der Kommandant ist zwischen 20:46:04 und 20:46:27 mit der Geschwindigkeitsüberwachung beschäftigt: Es besteht offenbar die Gefahr, dass diese wieder überschritten wird.
20:48:22	Copilot ruft Zürich <i>arrival</i> auf und bestätigt ATIS KILO	Copilot bestätigt eine seit 20:40:10 ungültige Meldung.
20:48:30	ATC: „Crossair 3597, <i>you're identified, it will be a standard VOR/DME approach runway 28 for you</i> “	Der Wechsel auf die Piste 28 wird der Besatzung zum ersten Mal mitgeteilt.

UTC	Ereignis	Bemerkung
20:48:39	Kommandant: "Ou, Sch***** ¹ , das äno, ja, guet ok.	
20:50	ATIS OSKAR tritt in Kraft	
20:51:56 – 20:53:05	<i>Rebriefing</i> im <i>holding</i> RILAX 20:52:ff bespricht der Kommandant das Verfahren und beschreibt, dass ein <i>left turn</i> vorgeschrieben sei: „Wämer de <i>turn</i> macht bi Ko...Komma sächs Meile, sächs Komma föif Meile <i>left turn</i> ...“ 20:53:ff: „S'NAV <i>setting</i> bitte zweimal Chlote für de <i>approach</i> , bis deet ane isch's <i>up to you</i> .“	Räumliche Vorstellung des Flugweges unterbleibt, der Flugweg enthält eine Rechtskurve. Keine Beschreibung des eigentlichen Absinkens: Konfiguration, VDP etc. fehlen
20:53:37	Kommandant: „Also schön Ziit, mer werded...also würllich <i>well on time</i> sii, hä?“	Hinweis auf die Absicht des Kommandanten, pünktlich landen zu können
20:53:42	Flugzeug verlässt <i>holding</i> RILAX	
20:55:03	Flugzeug hat Geschwindigkeit von 210 kt, Kommandant lässt Copilot nachfragen, welche Geschwindigkeitslimiten gelten. Copilot fragt nach, ATC: „Ah, <i>no restriction on speed for the time being</i> “ Kommandant: „I dem Fall 250, hä?“	Nochmals ein Hinweis, dass Zeit aufgeholt werden soll. Die Geschwindigkeit wird ab 20:55:16 bis 20:55:46 sukzessive auf 250 kt erhöht.
20:56:14	ATC: „... <i>follow</i> ZUE VOR <i>radial</i> 125 <i>inbound</i> “ Copilot: „... <i>radial</i> 152, Crossair 3597“ ATC: „Aah, <i>radial</i> 125“ Copilot: „125, Crossair 3597“	Angabe der ATC ist 180° falsch, Missverständnis bezüglich der falschen Angabe wird korrigiert
20:56:38 – 20:57:10	Kommandant überlegt die Angabe, realisiert, dass es sich um „ <i>track</i> 125“ handelt	Nachfrage an ATC unterbleibt, Anwendung von <i>common sense</i>
20:58:13	Einstellung QNH 1024 und <i>altimeter check</i>	Quervergleich zeigt keine Abweichung
20:58:40	Copilot fragt nach APU, Kommandant bittet, diese zu starten, erster Versuch	APU läuft nicht an.
20:58:50	ATC gibt Freigabe für VOR/DME <i>standard approach</i> runway 28	
20:59:25	Kommandant: „LNAV isch dine...“	
20:59:55	Copilot versucht nochmals die APU zu starten, 21:00:04: „Jawohl, jetzt chunnt's guet“	APU läuft an.

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

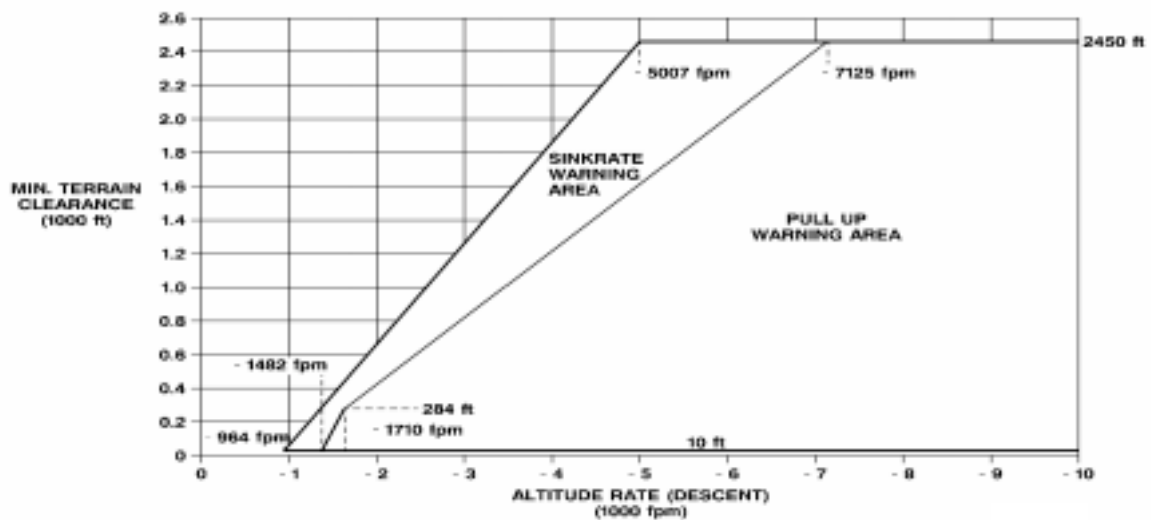
UTC	Ereignis	Bemerkung
21:00:56	ATC: „Crossair 3597 <i>reduce speed to one eight zero (180 kt) or less</i> “.	Beginn der Verzögerung, teilweise mit <i>air brake</i>
21:01:39	Kommandant: „ <i>Speed is checked, flaps eighteen (18°)</i> “	
21:02:00	Kommandant erwähnt, dass Geschwindigkeit ca. 160 KIAS beträgt	
21:03:01	ATC: „Crossair 3597, <i>tower one one eight one (118.1 MHz) continue your speed reduction to final approach speed</i> “ – Kommandant bestätigt, dass er daran sei, abzubremsen	Übergabe an Platzverkehrsleitstelle (ADC)
21:03:29	CRX 3891, EMB 145 landet auf Piste 28	
21:03:36	Kommandant: „ <i>Ground contact hämmer...</i> “	Flugzeug überfliegt Kollbrunn, Kommandant beginnt, nach draussen zu sehen.
21:03:56	Kommandant bestätigt immer noch eine Geschwindigkeit von 160 KIAS	
21:04:23	Besatzung stellt Schrägdistanz von 8 NM zum VOR/DME KLO fest und leitet Sinkflug ein	
21:04:31	CRX 3981 übermittelt an ATC: „ <i>Just for your information: the weather for runway 28 is pretty minimum. So we had the runway in sight about 2.2 DME</i> “	Diese Meldung wird zumindest vom Kommandanten aufgenommen, wie seine Reaktionen um 21:05:59 und um 21:06:25 belegen.
21:04:34	Kommandant befiehlt: „ <i>Gear down</i> “	Gemäss Verfahren von Crossair für einen NPA sollte das Flugzeug vor Beginn des Endanfluges (hier 8 NM) schon mit ausgefahrenem Fahrwerk und Flaps 24° konfiguriert sein.
21:04:37	HB-IXM verlässt 4000 ft QNH, 160 kt, Sinkrate von 1000 ft/min anfänglich, später 1200 ft/min	
21:04:47	Kommandant befiehlt: „ <i>Flaps two four (24°)</i> “	Änderung der Konfiguration und der Geschwindigkeit während des Anfluges erschwert das Einhalten eines gleich bleibenden Anflugwinkels
21:04:51	Beginn <i>check for approach</i> , endet ca. um 21:05:00 mit der Sequenz: Copilot: „ <i>airchange over</i> “ – Kommandant: „Mache!“	Copilot ist am Schluss des <i>check for approach</i> , als der Kommandant die Feststellung um 21:05:02 macht, vermutlich noch mit <i>airchange over</i> beschäftigt

UTC	Ereignis	Bemerkung
21:05:02	Kommandant stellt fest: „...sechs Meile, drüü, drüü (33) das chunnt guet“	
21:05:15	Kommandant: „Speed 140 chömmmer nä, hä?“ Copilot: „Jawohl, me händ de <i>pack recirc valve</i> ...“	Flugzeug befindet sich auf 3340 ft QNH
21:05:21	Copilot: „ <i>Tower gueten Abig</i> , Crossair 3597, <i>established VOR/DME runway two eight</i> “. ATC: „Crossair 3597, gueten Abe“.	Flugzeug ist bei 6 NM und hat tatsächlich 3240 ft QNH statt 3360 ft QNH, Abweichung wird nicht beachtet
21:05:27	Kommandant: „Sechs Meile drüü drüü isch <i>checked</i> ...“ Copilot: „Jawohl“ Kommandant: „S'Minimum isch 2400 grundet“	Letzter Hinweis auf eine Distanz vom VOR KLO durch die Besatzung Erster Hinweis auf MDA
21:05:36	Kommandant: „ <i>Flaps three three (33°)</i> “ – Copilot: „ <i>Speed checked, flaps three three selected</i> “ Kommandant: „ <i>Final check</i> “ – Copilot: „ <i>Final check, confirm three greens</i> “ – Kommandant: „ <i>Is checked</i> “	Nun beginnt eine Sequenz, die beide nochmals beschäftigt.
21:05:44	Kommandant: „Hundert sächzäh (116 kt)“ – Copilot: „ <i>Full flaps...set</i> “ – Kommandant: „ <i>Checked</i> “ – Copilot: „ <i>Cabin report received</i> “ – Kommandant: „ <i>Received</i> “ – Copilot: „ <i>Landing clearance to go</i> “ – Kommandant: „Isch <i>to go</i> “ – Copilot: „Jawohl“	Nochmals wird Konfiguration geändert, beide beschäftigt
21:05:55	Kommandant: „ <i>Ground contact</i> hämmer, hä?“ – Copilot: „Jawohl“	HB-IXM befindet sich auf ca. 2680 ft QNH, näherte sich der MDA, Kommandant erkennt dies, schaut wieder nach draussen. Gemäss Aufgabenteilung sollte er als PF ausschliesslich auf die Instrumente sehen.
21:05:59	Kommandant: „Mä hät gseit, Pischte hät er spaat gseeh da... <i>approaching minimum descent altitude</i> ...da hämmer echli <i>ground contact</i> “	Kommandant erinnert sich an die Meldung der CRX 3891, schaut wieder nach draussen. Es wird kein Quervergleich mit der Distanz erwähnt
21:06:10	Kommandant: „...zwo vier, s'Minimum... <i>ground contact</i> han ich...mer gönd wiiter im Moment...es chunnt füre... <i>ground contact</i> hämmer...mer gönd wiiter“ Copilot dazwischen leise: „Zwei, vier“	HB-IXM erreicht MDA Copilot tönt MDA an
21:06:22	RA <i>callout</i> : „ <i>Five hundred</i> “	Flugzeug befindet sich auf 2150 ft QNH

UTC	Ereignis	Bemerkung
21:06:25	Kommandant: „Sch*****“, 2 Meile hät er gseit, gseht er d’Pischte“ HB-IXM ist zu diesem Zeitpunkt bei 4 NM DME KLO	RA <i>callout</i> löst vermutlich ein erstes Unbehagen aus. Kommandant erinnert sich nochmals an Aussage von CRX 3891. HB-IXM ist aber noch zu weit von der Piste entfernt, um Sichtkontakt mit der Anflugbefeuerung erzielen zu können. Ein Quervergleich mit DME-Distanz findet nicht mehr statt.
21:06:31	Kommandant: „Zwöi tuusig (2000)“	
21:06:32	RA <i>callout</i> : „ <i>Minimums</i> “	300 ft RA
21:06:33	Kommandant: „... <i>go around</i> mache?“ – Parallel dazu ATC mit Landeerlaubnis, <i>cavalery charge</i>	
21:06:34	Kommandant: „ <i>Go around!</i> “ – Copilot: „ <i>Go around!</i> “	
21:06:36	Beginn Aufprallgeräusch, parallel dazu RA <i>callout</i> : „ <i>One hundred</i> “	100 ft RA
21:10:32	ATC löst Alarm aus	

Anhang 2: Eingebauter *Oil Indicator*

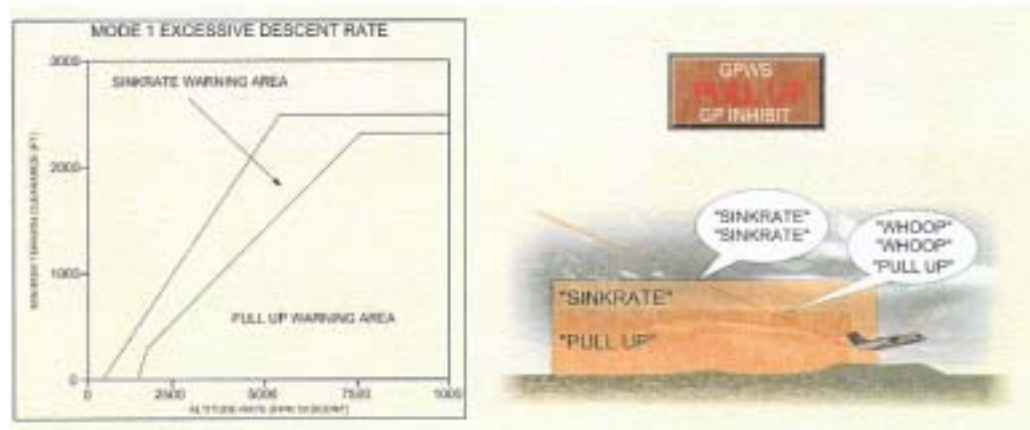
Anhang 3: Warning envelope of the *ground proximity warning system (GPWS)*



Mode 1. Excessive sink rate

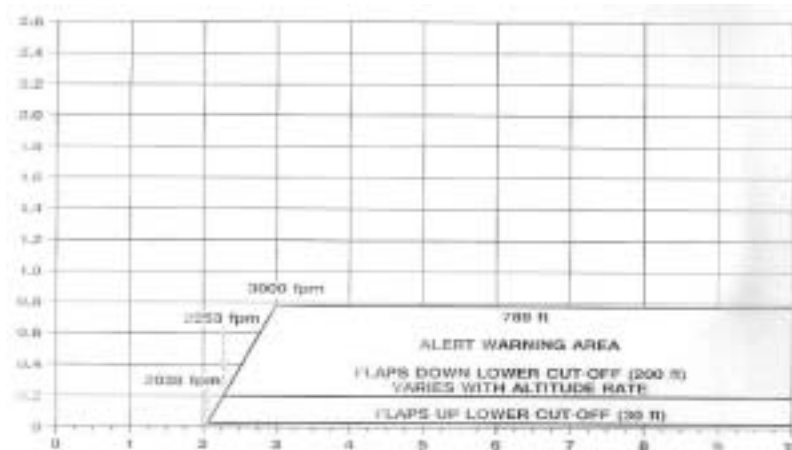
This mode is effective in all aircraft configurations and provides for flight over level ground when the aircraft is losing height at an excessive rate. The GPWC compares the IRS vertical speed (or ADC barometric altitude sink rate if IRS is not available) with the available terrain clearance to determine if a hazard exists. The warning is given to allow time for a gentle recovery manoeuvre. Thus, the smaller the terrain clearance the smaller the sink rate that triggers a warning. Below certain heights, it is assumed that the aircraft is making a deliberate descent and a greater sink rate is tolerated. When using IRS data, the lower limit for this mode is 10 ft. When using ADC data below 30 ft., the GPWS is inhibited to avoid nuisance warnings resulting from ground effect on the static pressure system. This mode has two unique boundaries. The outer boundary advises the pilot that the rate of descent for a given altitude is excessive and the condition should be adjusted.

The warnings are the PULL UP annunciators illuminating and a SINK RATE SINK RATE audible warning. If the second boundary is penetrated, a WHOOP WHOOP PULL UP audible warning sounds.



If the envelope is penetrated, the aural warning "SINK RATE" is given and PULL UP warning light on the glareshield illuminates until the envelope is left. If descent continues and the inner envelope is penetrated, the aural warning "WHOOP WHOOP PULL UP" is given. It can be seen that the PULL UP warning occurs at a higher radio altitude for higher descent rates. This is designed to provide sufficient response time for the pilot to recover.

MIN TERRAIN
CLEARANCE
(1000ft)



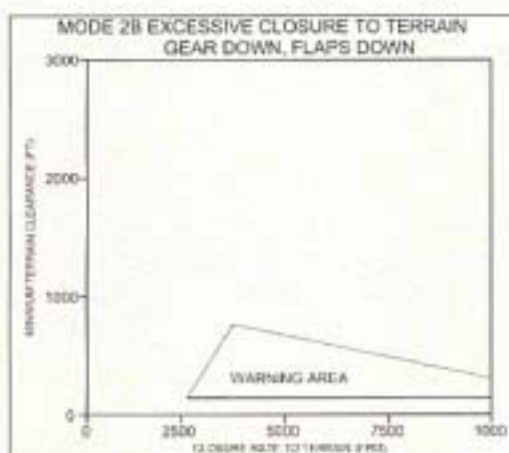
CLOSURE RATE
(1000ft)

Mode 2. Excessive terrain closure rate

This mode provides for level flight in which the terrain is rising. Terrain closure rate is derived from radio altitude and is compared against terrain clearance. Two sub-modes (mode 2a and mode 2b) are provided to afford adequate protection in cruise while keeping nuisance warnings to a minimum during approach.

Mode 2b. With the flaps selected to land, this mode operates between 789 ft and 200ft. The slope of the flight path reflects a ground closure rate appropriate to landing. The mode is also active when making an ILS approach with a glide slope deviation less than 1.3 dot. It can be selected by pressing the FLAP WARN OVRD switch.

Mode 2b warnings are red PULL UP annunciators and an audible warning. The warning is cancelled when the aircraft has gained 300ft altitude and is on a safe flight path.



Mode 2b. During an approach with either the flaps in the landing configuration or with the aircraft established on an ILS, the envelope is modified to allow passage over hilly terrain without triggering a warning. The warnings are the same as mode 2a

Radar Plot CRX3597 (RJ-100), CRX3891 (EMB-145) & CRX3797 (SA-2000)

(Radar Source: Holberg 1)

The radar plot displays the flight paths of three aircraft: CRX3597 (red line), CRX3891 (green line), and CRX3797 (blue line). The paths start at THR 28 and proceed towards D8 KLO FAF. A scale bar at the top indicates distances in NM (0 to 5) and KM (0 to 8). A legend indicates that 'A' represents the first impact (tree) and 'B' represents wreckage. The plot also shows the Nominal Track and various waypoints including D3 KLO MAP, D4 KLO SDF, D5 KLO SDF, D6 KLO SDF, D7 KLO SDF, and D8 KLO FAF. A detailed view of the final descent shows the aircraft's altitude (ALT) and speed (SPEED) as they approach the runway. The aircraft CRX3597 is shown at an altitude of 3,030' (5,500') and a speed of 3.03° (5,500%). The aircraft CRX3891 is shown at an altitude of 3,030' (5,500') and a speed of 3.03° (5,500%). The aircraft CRX3797 is shown at an altitude of 3,030' (5,500') and a speed of 3.03° (5,500%).

Anhang 5: Rekonstruktion des Anfluges auf Piste 28 im Simulator

Piste 28 vom *Visual Descent Point* (VDP) auf 2390 ft AMSL bei Tag mit über 10 km Sicht



Gleiche Aufnahme, jedoch mit 5000 m Sicht



Anflugbefeuerung

Auf dieser Aufnahme ist ersichtlich, dass bei einer weiteren Sichtreduktion auf 3500 m ungenügende Sicht auf die Anflugbefeuerung und/oder Pistenschwelle herrschte. Bei 2000 m sieht man weder die Anflugbefeuerung noch die Pistenschwelle.

Die folgende Aufnahme wurde ebenfalls auf knapp 1000 ft (ca. MDA) über der Flughafenhöhe gemacht. Das Flugzeug befindet sich auf einem 3° Anflugwinkel. Die meteorologischen Bedingungen waren wie folgt: broken 2000 ft bei 5000 m Sicht.

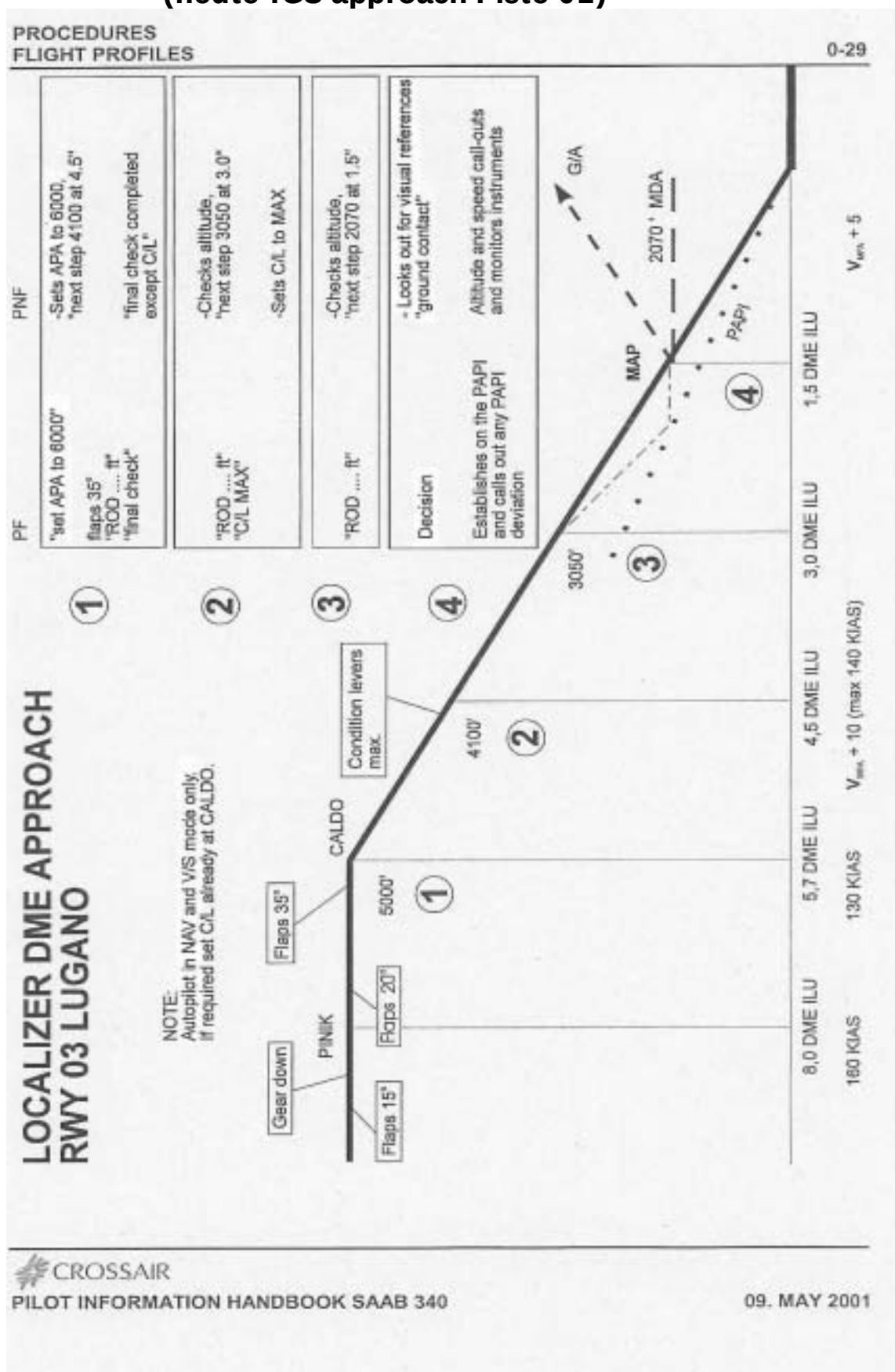


Anflugbefeuerung

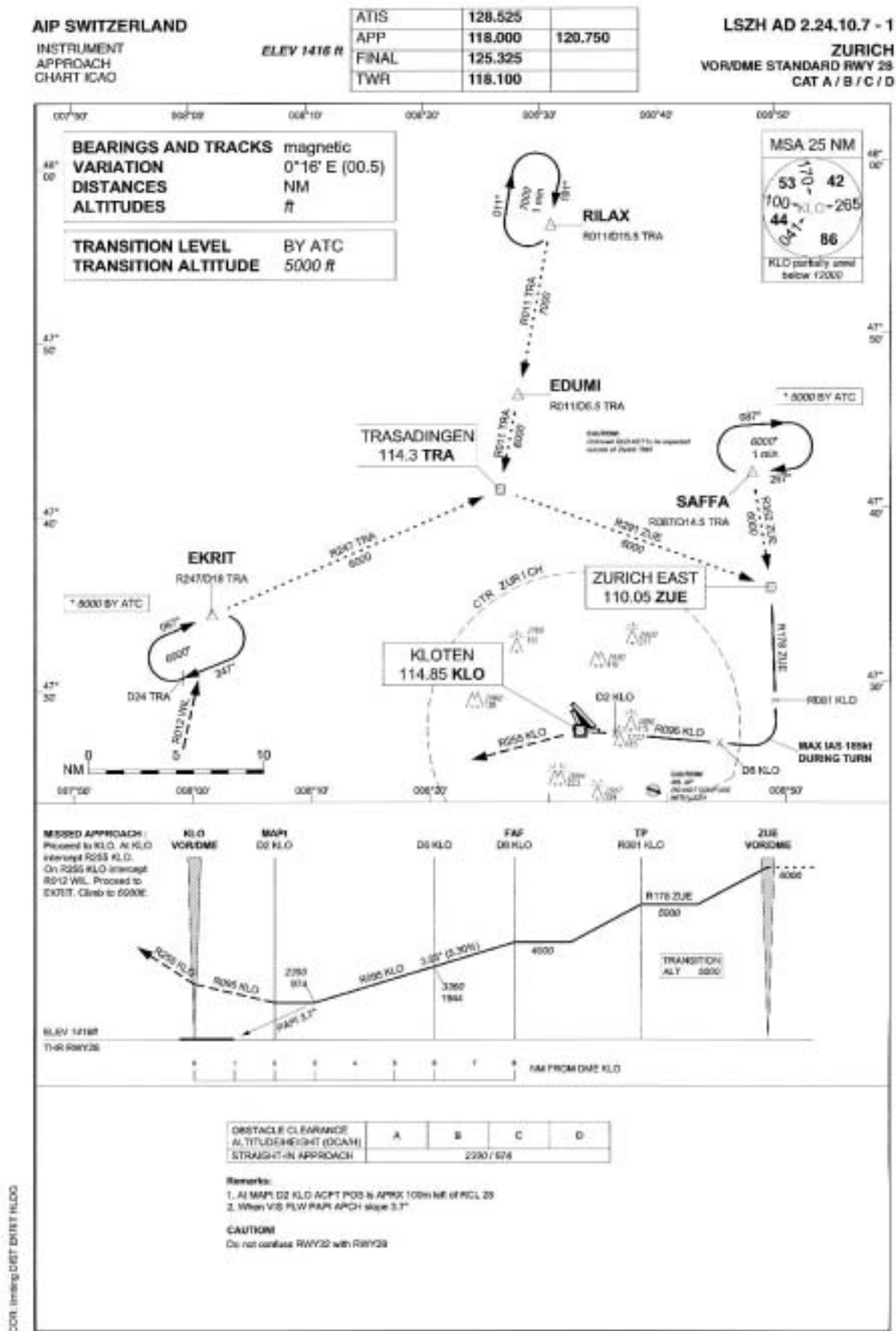
Die folgende Aufnahme zeigt die visuelle Präsentation auf der *Minimum Descent Altitude* beim Erreichen des *Missed Approach Point* bei einer Sicht von 10 km. Aus dieser Position begannen kurz vor dem Unfallflug die beiden Flüge CRX3891 (D2.2 KLO) und CRX3797 (D2.4 KLO) ihre Endanflüge.



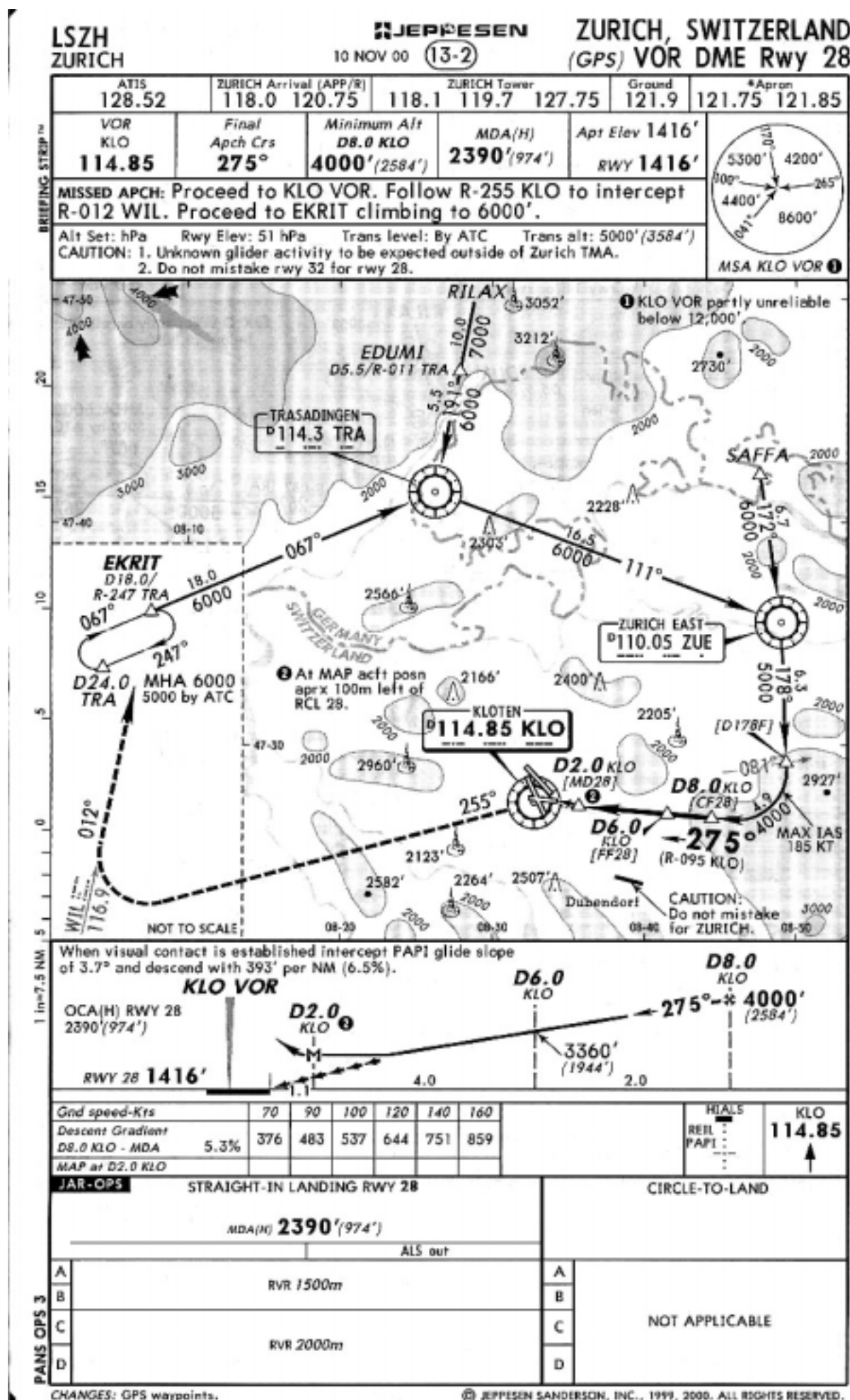
Anhang 6: Localizer DME Piste 03 in Lugano (heute IGS approach Piste 01)



Anhang 7: Anflugkarte AIP Schweiz, LSZH AD 2.24.10.7-1

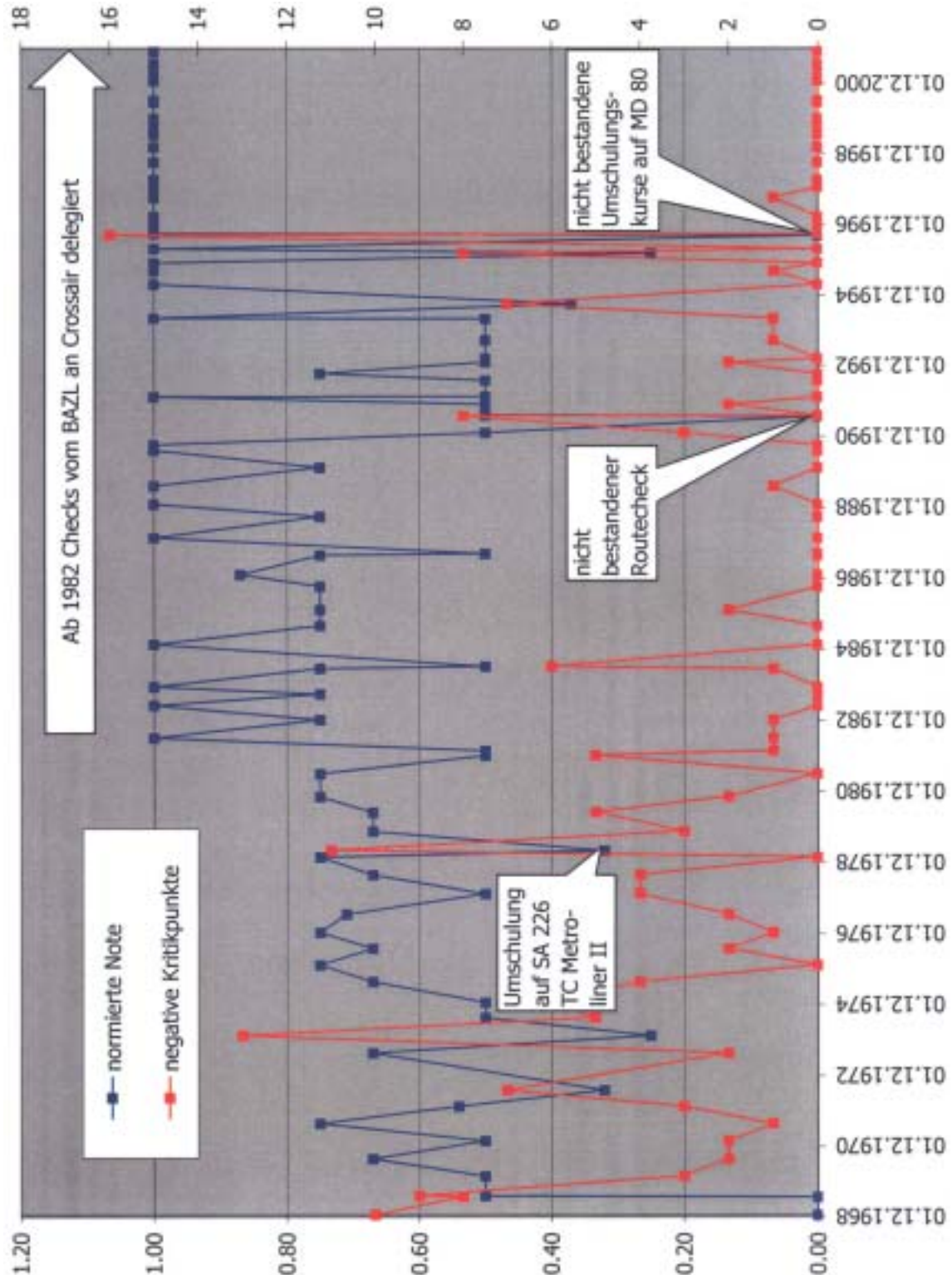


Anhang 8: Anflugkarte 13-2 Zürich, Schweiz, Jeppesen Inc.

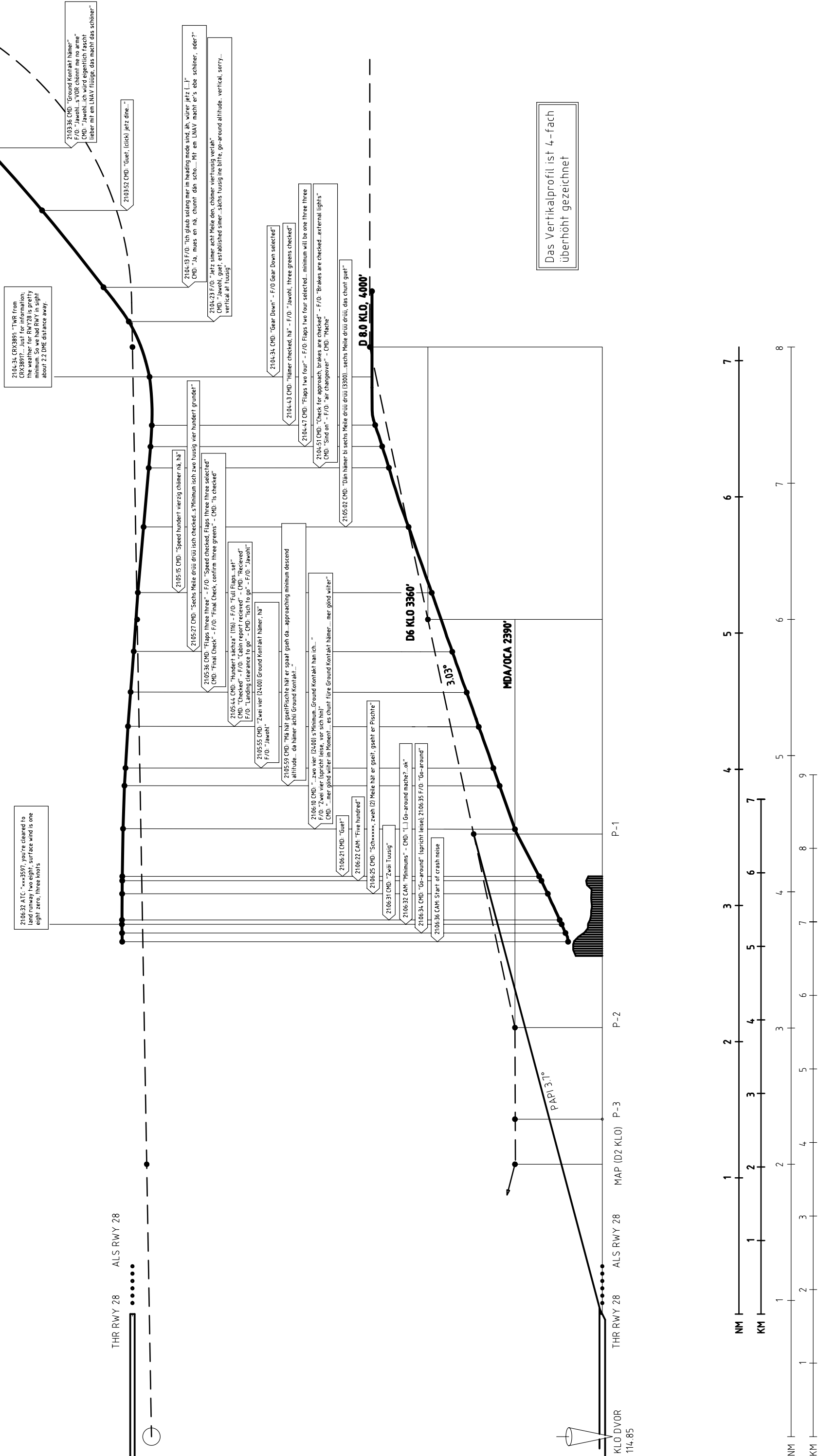


Anhang 9

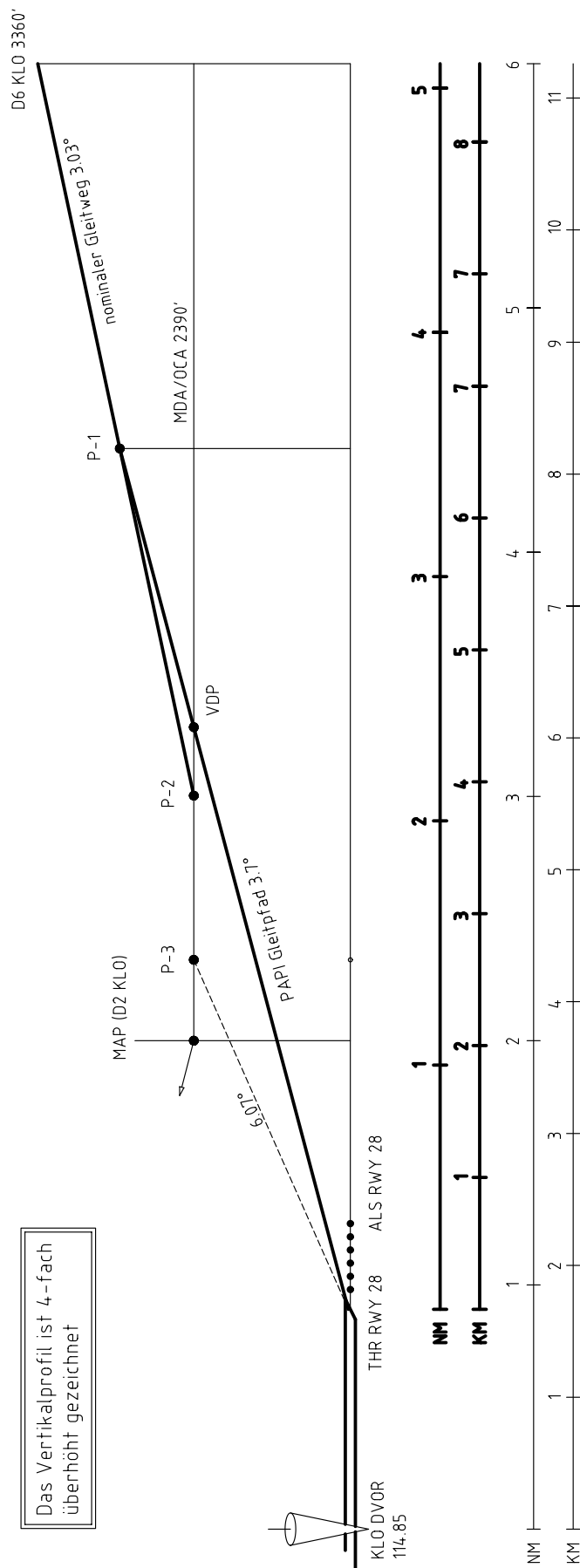
Graphische Zusammenstellung der Resultate von *line*, *route* und *simulator checks* des Kommandanten. Da die Notenskala im Laufe der Zeit variierte, wurden die Noten normiert, um diese vergleichen zu können (blaue Datenreihe). Der Wert 0.5 entspricht einer durchschnittlichen Leistung. Die Anzahl der auf den Checkblättern erwähnten negativen Kritikpunkte wurde ebenfalls aufgetragen (rote Datenreihe).



Anhang 10: Detailliertes Anflugprofil des Fluges CRX3597



Anhang 11: Graphische Darstellung des final segments des standard VOR/DME approach 28



Punkt	über MDA	über PAPI	Dist. THR	Dist. ALS	Definition
P-1	140m/459ft	0m/0ft	6527m/3.5NM	5877m/3.2NM	Schnittpunkt des nominalen Gleitweges (3.03°) mit dem PAPI Gleitpfad (3.7°)
VDP	0m/0ft	0m/0ft	4.359m/2.4NM	3709m/2.1NM	Schnittpunkt des PAPI Gleitpfades (3.7°) und der MDA/OCA (2390 ft)
P-2	0m/0ft	31m/102ft	3878m/2.1NM	3228m/1.8NM	Schnittpunkt des nominalen Gleitweges (3.03°) und der MDA/OCA (2390 ft)
P-3	0m/0ft	110m/360ft	2650m/1.4NM	2000m/1.1NM	Punkt auf MDA/OCA (2390 ft) in Pistenachse 2000m vor dem ersten Approachlight
MAP	0m/0ft	150m/492ft	2037m/1.1NM	1387m/0.8NM	Missed approach point