



Schlussbericht des Büros für Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Flugzeuges Cessna CE 560 Citation V, HB-VLV

betrieben durch Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi

vom 20. Dezember 2001

auf dem Flughafen Zürich-Kloten

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.

Inhaltsverzeichnis

Kurzdarstellung	7
Untersuchung	8
1 Festgestellte Tatsachen	9
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf	9
1.1.1 Vorgeschichte	9
1.1.1.1 Flugzeug	9
1.1.1.2 Flugbesatzung	9
1.1.1.2.1 Kommandant	9
1.1.1.2.2 Copilot	9
1.1.2 Flugverlauf	10
1.1.2.1 Flug von East Midlands nach Zürich	10
1.1.2.2 Flug von Zürich nach Bern-Belp	10
1.2 Personenschäden	12
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	12
1.4 Sachschaden Dritter	12
1.5 Beteiligte Personen	13
1.5.1 Kommandant	13
1.5.1.1 Berufsausbildung und sozialer Hintergrund	14
1.5.1.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit	14
1.5.1.3 Umschulung auf Cessna Citation Serie 500/550/560	14
1.5.1.4 Persönlichkeitsaspekte	14
1.5.2 Copilot	15
1.5.2.1 Berufsausbildung und sozialer Hintergrund	16
1.5.2.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit	16
1.5.2.3 Umschulung auf Cessna Citation Serie 500/550/560	16
1.5.2.4 Persönlichkeitsaspekte	17
1.5.3 Flugverkehrsleiter A	17
1.5.4 Flugverkehrsleiter B	17
1.5.5 Flugverkehrsleiter C	17
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	17
1.6.1 Flugzeug HB-VLV	17
1.6.1.1 Allgemeines	17
1.6.1.2 Triebwerk Nummer 1 (links)	19
1.6.1.3 Triebwerk Nummer 2 (rechts)	19
1.6.1.4 Navigationsausrüstung und Instrumente	19
1.6.1.5 Kommunikationsausrüstung	19
1.6.2 Masse und Schwerpunkt	20
1.6.2.1 Masse und Schwerpunkt des Fluges EAB 220 von East Midlands nach Zürich	20
1.6.2.2 Masse und Schwerpunkt des Unfallfluges	20
1.6.3 Flugzeugsteuerung	21
1.6.3.1 Primäre Flugzeugsteuerung	21
1.6.3.1.1 Höhen- und Seitenruder	21
1.6.3.1.2 Querruder	21
1.6.3.2 Sekundäre Flugzeugsteuerung	21
1.6.3.2.1 Landeklappen Position (<i>flap position</i>)	21
1.6.3.2.2 Höhenruder-Trimmung	22
1.6.3.2.3 Seitenruder-Trimmung	22
1.6.3.2.4 Querruder-Trimmung	22
1.6.4 Fahrwerk	22
1.6.5 Speed Brake	23
1.6.6 Triebwerke	23

1.6.6.1	Sichtkontrolle	23
1.6.6.2	Triebwerkbeschleunigung	23
1.6.7	Instrumente	24
1.6.7.1	Allgemeines	24
1.6.7.2	Künstliche Horizonte	24
1.6.7.3	Standby Horizon	24
1.6.7.4	Horizontal Situation Indicator	25
1.6.7.5	VHF-Navigation System	25
1.6.7.6	Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment	26
1.6.7.7	Navigation Management System	26
1.6.8	Ground Proximity Warning System	27
1.6.9	Unterhalt des Luftfahrzeuges	27
1.6.10	Modifikationen des Luftfahrzeuges	28
1.6.10.1	Angle of Attack System	28
1.6.10.2	Avionik	28
1.6.10.3	Engine Nacelle Inlet	28
1.6.11	Befunde nach dem Unfall	29
1.6.11.1	Allgemeines	29
1.6.11.2	Display Controller	29
1.6.11.3	Horizontal Situation Indicator Copilot	29
1.6.11.4	VHF-Navigation – NAV Controller links (#1)	29
1.6.11.5	VHF-Navigation – NAV Controller rechts (#2)	29
1.6.11.6	DME Indicator	30
1.6.11.7	Radio Magnetic Indicator Copilot (#2)	30
1.6.11.8	Radio Magnetic Indicator Kommandant (#1)	30
1.6.11.9	Exterior Lights	30
1.6.11.10	Navigation Management System	30
1.7	Wetter	30
1.7.1	Zusammenfassung	30
1.7.2	Allgemeine Wetterlage	31
1.7.3	Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich	31
1.7.3.1	Tagesverlauf	31
1.7.3.2	Wetter um 19:50 UTC	31
1.7.3.3	Wetter um 20:20 UTC	32
1.7.3.4	Wetter um 20:50 UTC	32
1.7.3.5	Wetter im Zeitpunkt des Unfalls (21:07 UTC)	33
1.7.3.6	Eisansatz am Flugzeug vor dem Start in Zürich	33
1.7.3.6.1	Wassergehalt der Luft zum Zeitpunkt des Unfalls	33
1.7.3.6.2	Nebelbildung auf dem Flughafen	33
1.7.3.6.3	Aggregatzustand des Nebels	33
1.7.3.6.4	Auswirkungen auf das Flugzeug	34
1.7.3.6.5	Feststellungen von Piloten über Eisansatz am Flugzeug vor der Landung um 19:30 UTC	34
1.7.3.6.6	Aussagen von Piloten	34
1.7.3.7	Flugplatzwettermeldungen METAR	35
1.7.4	Ausgestrahlte Wetterinformationen	35
1.7.4.1	ATIS	35
1.7.5	Pistensichtweite und meteorologische Sicht	37
1.7.5.1	Pistensichtweite	37
1.7.5.2	Meteorologische Sicht	38
1.7.5.3	Beziehung zwischen meteorologischer Sicht und Pistensichtweite	38
1.7.5.4	Standorte der Transmissometer auf dem Flughafen Zürich	38
1.7.5.5	Zeitliche Entwicklung der Pistensichtwerte entlang der Piste 16/34 am Unfallabend	38
1.8	Navigationshilfen	39
1.8.1	Generelle Einschränkungen	39
1.8.2	Navigationshilfen für das Standard Instrument Departure „Willisau 3N“	40

1.8.3	Weitere Navigationshilfen	41
1.9	Kommunikation	41
1.9.1	Beteiligte Flugverkehrsleitstellen	41
1.9.1.1	Allgemeines	41
1.9.1.2	Personaleinsatz in der Platzverkehrsleitstelle	41
1.9.2	Gesprächsaufzeichnungen	41
1.9.3	Kommunikationsanlagen	42
1.10	Angaben zum Flughafen	42
1.10.1	Allgemeines	42
1.10.2	Pistenausrüstung	42
1.10.3	Betriebskonzept	43
1.10.4	Rettungs- und Feuerwehrdienste	44
1.11	Flugschreiber	44
1.11.1	Digital Flight Data Recorder DFDR	44
1.11.1.1	Technische Beschreibung	44
1.11.1.2	Unterhalt und Überwachung	45
1.11.1.3	Befunde	45
1.11.2	Cockpit Voice Recorder	45
1.11.2.1	Technische Beschreibung:	45
1.11.2.2	Unterhalt	46
1.11.2.3	Funktionskontrolle durch Flugbesatzung	46
1.11.2.4	Befunde	46
1.12	Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle	46
1.12.1	Aufprall	46
1.12.2	Trümmerfeld	47
1.13	Medizinische und pathologische Angaben	47
1.13.1	Kommandant	47
1.13.1.1	Vorgeschichte und medizinische Befunde	47
1.13.1.2	Rechtsmedizinische Befunde	47
1.13.2	Copilot	47
1.13.2.1	Vorgeschichte und medizinische Befunde	47
1.13.2.2	Rechtsmedizinische Befunde	48
1.14	Feuer	48
1.15	Überlebensmöglichkeiten	48
1.15.1	Überlebbarkeit des Unfalls	48
1.15.2	Alarmierung und Rettung	48
1.16	Weitere Forschungen	49
1.16.1	Spurenkundliche Untersuchungen	49
1.16.2	Strömungsabriss aufgrund von Vereisung	49
1.16.3	Untersuchung der GNS-XLS Control Display Unit	49
1.16.4	Untersuchung der VHF NAV und VHF COM Controller	49
1.17	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	49
1.17.1	Flugbetriebsunternehmen	49
1.17.1.1	Allgemeines	49
1.17.1.2	Betriebsbewilligung gestützt auf Flugbetriebshandbuch gemäss VBR I	50
1.17.1.3	Luftverkehrsbetreiberzeugnis (AOC) gemäss JAR-OPS 1	50
1.17.1.4	Unternehmensstruktur	50
1.17.1.5	Auswahlverfahren für Flugzeugführer	50
1.17.1.6	Arbeitsklima	50
1.17.1.7	Betriebsvorschriften – FOM	51
1.17.1.8	Firmeninterne Weisung bezüglich Enteisierung	52
1.17.1.9	Betriebsvorschriften Cessna CE 560 Citation V	53

1.17.1.9.1 Anti-Collision Lights	53
1.17.1.9.2 Engine RPM	53
1.17.1.9.3 Take-off procedure Cessna 560	53
1.17.1.9.4 Ground De-Ice/Anti-Ice Operations	54
1.17.2 Unterhaltsbetrieb	56
1.17.3 Aufsichtsbehörde	57
1.17.3.1 Allgemeines	57
1.17.3.2 Struktur	57
1.17.3.3 Einführung JAR-OPS 1 in der Schweiz	58
1.17.3.4 Einführung JAR-OPS 1 bei Eagle Air Ltd.	58
1.17.4 Flugsicherung	59
1.17.4.1 Platzverkehrsleitstelle	59
1.17.4.2 Personaleinsatz	59
1.17.4.3 All Weather Operations and Low Visibility Procedures	59
1.17.4.4 Übermittlung von RVR-Werten	60
1.17.5 Flughafen Zürich AG - Unique	60
1.17.5.1 Allgemeines	60
1.17.5.2 Vorfeldverkehrsleitung – Apron Control	60
1.17.6 Benützungsbegrenzungen Flughafen Bern-Belp	60
1.18 Zusätzliche Angaben	61
1.18.1 Starts unter Instrumentenwetterbedingungen	61
1.18.1.1 Allgemeines	61
1.18.1.2 Starts nach Instrumenten in der IFR Grundausbildung	61
1.18.1.2.1 Allgemeines	61
1.18.1.2.2 Kommandant	61
1.18.1.2.3 Copilot	62
1.18.2 Instrumentenflugverfahren in Zürich	62
1.18.2.1 Allgemeines	62
1.18.2.2 Mindestsichtweiten für Starts unter Instrumentenwetterbedingungen	62
1.18.2.3 Standard Instrument Departure „Willisau 3N“	62
1.18.2.4 Noise Abatement Procedure	63
1.19 Neue Untersuchungsmethoden	63
1.19.1 Einsatz einer numerischen Simulation	63
2 Analyse	65
2.1 Technische Aspekte	65
2.1.1 Flugzeugsteuerung - Landeklappen	65
2.1.2 Cockpit Voice Recorder	65
2.1.3 Lufttüchtigkeit	65
2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte	66
2.2.1 Ausgangslage	66
2.2.2 Das „SHEL“-Modell	66
2.2.3 Kommandant (L)	67
2.2.3.1 Verhalten während des Unfallfluges	67
2.2.3.2 Psychologische Aspekte	68
2.2.3.3 Physiologische Aspekte	68
2.2.4 Copilot (L)	68
2.2.4.1 Verhalten während des Unfallfluges	68
2.2.4.2 Psychologische Aspekte	69
2.2.4.3 Physiologische Aspekte	69
2.2.5 Zusammenwirken zwischen Kommandant und Copilot (L-L)	69
2.2.6 Zusammenwirken zwischen Flugbesatzung und Flugzeug (L-H)	70
2.2.6.1 Allgemeines	70
2.2.6.2 Einsatzmöglichkeiten der Fluginstrumente	70
2.2.6.3 Einsatz der Navigationsausrüstung	71

2.2.6.4	Einsatz des künstlichen Horizontes	71
2.2.6.5	Ground Proximity Warning System	72
2.2.7	Beziehung zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S)	72
2.2.7.1	Allgemeines	72
2.2.7.2	Betriebsvorschriften	72
2.2.7.3	Abflugverfahren	73
2.2.7.4	Start unter low visibility Bedingungen	73
2.2.8	Schnittstelle Flugbesatzung – Umgebung (L-E)	74
2.2.8.1	Allgemeines	74
2.2.8.2	Eisbildung am Flugzeug während der Bodenzeit	74
2.2.8.2.1	Wettereinfluss	74
2.2.8.2.2	Abflugvorbereitung	74
2.2.8.3	Flugphysiologische Aspekte in Zusammenhang mit Flügen unter IMC	75
2.2.8.4	Flugsicherung	75
2.2.8.4.1	An- und Abflugverfahren	75
2.2.8.4.2	Benützungsbeschränkung in Bern-Belp	76
2.2.8.4.3	Verkehrsabwicklung von Flug EAB 220	76
2.2.8.4.4	Low visibility procedures	77
2.2.8.5	Flugbetriebsunternehmen	78
	Ausrüsten des Flugzeuges mit einem System, welches bei einem Absinken nach dem Start einen Alarm auslöst (GPWS).	78
3	Schlussfolgerungen	79
3.1	Befunde	79
3.1.1	Technische Aspekte	79
3.1.2	Besatzung	79
3.1.3	Flugverlauf	80
3.1.4	Rahmenbedingungen	80
3.2	Ursachen	82
4	Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	83
4.1	Sicherheitsempfehlungen	83
4.1.1	Betriebszulassung der schweizerischen Luftfahrtunternehmen nach Joint Aviation Requirements (JAR)	83
4.1.1.1	Sicherheitsdefizit	83
4.1.1.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 327	83
4.1.2	Cockpitinstrumentierung für den Zweimannbetrieb im Instrumentenflug	83
4.1.2.1	Sicherheitsdefizit	83
4.1.2.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 328	83
5	Anhänge	89
5.1	Vergleich EADI und AI im Massstab 1:1	89
5.2	Cessna CE 560 Citation V - Takeoff Profile Normal	90
5.3	Application of Low Visibility Procedures in Zurich	91
5.4	Standard Instrument Departure „Willisau 3N“	92
5.5	Graphische Darstellung der Flugdatenaufzeichnungen	93
5.6	Fluglage beim Aufprall	94
5.7	Unfallstelle	95

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.

Schlussbericht

Halter:	Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi Belp, Flughafen Bern-Belp, CH-3123 Belp
Flugzeugmuster und Ausführung:	Cessna CE 560 Citation V
Nationalität:	Schweiz
Eintragungszeichen:	HB-VLV
Eigentümer:	Eagle Air Ltd. Aircharter + Taxi Belp, Flughafen Bern-Belp, CH-3123 Belp
Unfallort:	Flughafen Zürich-Kloten
	Koordinaten der ersten Bodenberührung:
	Schweizer Koordinaten: 683 150 / 258 650
	Geographische Breite: N 47° 28' 24"
	Geographische Länge: E 008° 32' 28"
	Höhe: 425 m/M 1395 ft AMSL
	Mittlere Koordinaten der Wrackendlage:
	Schweizer Koordinaten: 683 100 / 259 200
	Geographische Breite: N 47° 28' 41"
	Geographische Länge: E 008° 32' 27"
	Höhe: 425 m/M 1395 ft AMSL
Datum und Zeit:	20. Dezember 2001 um 21:07 UTC

Zusammenfassung

Kurzdarstellung

Am 20. Dezember 2001 startete das Flugzeug Cessna CE 560 Citation V HB-VLV der Eagle Air Ltd. unter der Flugnummer EAB 220 um 21:06 UTC auf der Piste 34 des Flughafens Zürich Kloten zu einem Leerflug (*ferry flight*) nach Bern-Belp. Auf dem Flughafen hatten sich Nebelbänke gebildet. Die Lufttemperatur betrug -9 °C. Kurz nach dem Abheben verlor die Maschine wieder an Höhe, prallte in Pistennähe auf, fing Feuer und schlitterte auf dem gefrorenen Boden bis auf die nahe gelegene Piste 14. Beide Piloten kamen beim Unfall ums Leben. Das Flugzeug wurde zerstört.

Untersuchung

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

Da der betroffene Copilot im Nebenamt für das BFU gearbeitet hat, wurde die Untersuchung der menschlichen und gewisser betrieblicher Aspekte der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung in Braunschweig/D (BFU-D) übertragen. Damit waren eine unbefangene Untersuchung und Analyse gewährleistet. Die Textstellen der BFU-D sind als Zitate mit Rahmen gekennzeichnet.

Gemäss Anhang 13 des Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO Annex 13) haben die Herstellerstaaten des Flugzeuges die Möglichkeit, bevollmächtigte Vertreter zur Untersuchung zu entsenden. Davon wurde kein Gebrauch gemacht.

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass die Besatzung der HB-VLV den Steigflug nach dem Start nicht fortsetzte. In der Folge geriet das Flugzeug in einen Sinkflug und kollidierte mit dem Boden.

Die Untersuchung hat folgende kausalen Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Mit hoher Wahrscheinlichkeit verlor die Besatzung nach dem Abheben die räumliche Orientierung, was zu einem ungewollten Sinkflug führte.

Folgende Faktoren haben zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- Der Copilot wurde anlässlich seiner Grundausbildung im Instrumentenflug nicht im Nachtstart nach Instrumenten ausgebildet.
- Die Arbeitsweise der Besatzung war durch hohen Zeitdruck beeinträchtigt.
- Die Durchführung des Starts als *rolling take-off* war den herrschenden meteorologischen Bedingungen nicht angepasst.
- Im Flugzeug war kein System vorhanden, welches bei einem Absinken nach dem Start einen Alarm auslöst (GPWS).
- Die Instrumentierung des Unfallflugzeuges war auf der Seite des Copiloten nicht optimal.

1 Festgestellte Tatsachen

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Vorgeschichte

1.1.1.1 Flugzeug

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

Datum	Flug- nummer	Flug von	Startzeit (UTC)	Flug nach	Landezeit (UTC)
18.12.01	EAB 218	Bern-Belp	18:05	Zürich	18:24
18.12.01	EAB 218	Zürich	19:53	East Midlands	21:28
19.12.01	EAB 219	East Midlands	12:05	Biggin Hill	12:34
20.12.01	EAB 220	Biggin Hill	13:05	East Midlands	13:41
20.12.01	EAB 220	East Midlands	17:56	Zürich	19:31

Da anlässlich der Untersuchung kein technisches Logbuch gefunden wurde, konnte über allfällige technische Beanstandungen während dieser Flüge keine Aussage gemacht werden.

1.1.1.2 Flugbesatzung

1.1.1.2.1 Kommandant

Der Kommandant startete mit einem anderen Copiloten am 18. Dezember 2001 gegen 15:00 UTC mit der Cessna Citation II HB-VKP der Firma Eagle Air Ltd. in Stockholm (S) und flog nach Biggin Hill (UK). Am 19. Dezember war für den Kommandanten kein Flugdienst vorgesehen.

Nach einer Ruhezeit von 35 Stunden und 50 Minuten trat der Kommandant am 20. Dezember 2001 um 11:50 UTC in Biggin Hill (UK) seinen Dienst an. Zusammen mit dem Copiloten übernahm er die HB-VLV für einen Leerflug nach East Midlands (UK). Dort erwartete er seine Passagiere für den Flug EAB 220 nach Zürich.

1.1.1.2.2 Copilot

Der Copilot flog am 18. Dezember 2001 mit der HB-VLV von Bern-Belp nach Zürich und von dort nach East Midlands (UK). Kommandant auf diesen Flügen war der Geschäftsführer der Eagle Air Ltd.

Am 19. Dezember flogen die beiden von East Midlands (UK) nach Biggin Hill (UK), wo der Copilot seinen Flugdienst nach einer Flugdienstzeit von 3 Stunden und 10 Minuten um 13:10 UTC beendete. Der Geschäftsführer wechselte in Biggin Hill (UK) das Flugzeug und flog mit einem anderen Copiloten mit der HB-VKP via Genf nach Bern-Belp zurück.

Nach einer Ruhezeit von 22 Stunden und 40 Minuten trat der Copilot am 20. Dezember 2001 um 11:50 UTC mit dem Kommandanten des Unfallfluges seinen Flugdienst in Biggin Hill (UK) für einen Leerflug nach East Midlands (UK) an.

1.1.2 Flugverlauf

1.1.2.1 Flug von East Midlands nach Zürich

Am 20. Dezember 2001, nach einem Leerflug von Biggin Hill (UK) nach East Midlands (UK), startete die HB-VLV der Eagle Air Ltd. um 17:56 UTC unter der Flugnummer EAB 220 zu einem gewerbsmässigen Flug mit acht Passagieren nach Zürich. Alle acht Passagiere arbeiteten für die Firma, welche diesen Flug charterte. Gemäss Flugplan wäre eine Treibstoffmenge von 3778 lbs nötig gewesen (*minimum block fuel*). Die Cessna CE 560 Citation V wurde mit 2280 Liter Treibstoff auf 5600 lbs betankt (*actual block fuel*). Der erhöhte Treibstoffvorrat sollte der Besatzung eine Zeitersparnis in Zürich bringen, da sich dadurch eine Betankung für den anschliessenden Leerflug nach Bern-Belp erübrigte (*through tankage*). Durch dieses Vorgehen (*economical tankage*) konnte der Einkauf von verzolltem Treibstoff in der Schweiz vermieden werden.

Laut Beladungsblatt (*load sheet*) wurde für den Start eine Treibstoffmenge von 5400 lbs berechnet. Da die Maschine nun die höchst zulässige Abflugmasse überschritt, wurde durch die Besatzung ein fiktiver *last minute change* (LMC) vorgenommen, indem die Passagierzahl auf dem Beladungsblatt von acht auf sieben reduziert wurde. Wie die Untersuchung zeigte, befanden sich für den Flug aber trotzdem alle acht Passagiere an Bord. Selbst eine tatsächliche Umsetzung dieser Reduktion hätte zu einer Überschreitung der höchst zulässigen Abflugmasse geführt.

Die Landung in Zürich erfolgte um 19:31 UTC auf der Piste 14. Die Maschine rollte zum Abstellplatz GAC Sektor 1, wo die Passagiere ausstiegen. Es lagen verschiedene Gründe vor, die HB-VLV noch am selben Abend nach Bern-Belp zu überführen.

Der Flugplan nach Bern-Belp sah ursprünglich eine Abflugzeit um 19:30 UTC vor. Der Treibstoffbedarf betrug 2002 lbs (*minimum block fuel*). An Bord des Flugzeuges befanden sich 3100 lbs Kerosin (*actual block fuel*).

Es gibt keine Hinweise darüber, in welchem Umfang die Aussenkontrolle am Flugzeug durchgeführt wurde. Unklar ist, ob die Besatzung die letzten Wetterinformationen eingeholt hatte.

Wegen der erschwerten Wetterbedingungen und der Pistenbenutzungsvorschriften verzögerte sich der Abflug.

1.1.2.2 Flug von Zürich nach Bern-Belp

Um 19:43:49 UTC meldete sich die Besatzung der EAB 220 erstmals bei *clearance delivery* (CLD) und erkundigte sich, ob ihr Flugplan nach Bern-Belp vorliege. Dies wurde bejaht und der Flugverkehrsleiter (FVL) der CLD wies die Besatzung darauf hin, dass sie für die Landung in Bern-Belp eine Bewilligung benötigen würde.

Nachdem geklärt war, dass diese Bewilligung vorlag, meldete sich die EAB 220 kurze Zeit später erneut. CLD informierte die Piloten, dass ihr Abflug auf der Piste 34 geplant sei. Zurzeit müssten sie jedoch mit einer Verspätung rechnen, da An- und Abflüge gruppenweise abgewickelt wurden. Die EAB 220 sei in der nächsten Gruppe für den Start vorgesehen. CLD stellte der Besatzung eine ungefähre Abflugzeit von 20:30 UTC in Aussicht.

Als sich die Besatzung um 20:13:49 UTC erneut meldete um sich nach allfälligen Neuigkeiten zu erkundigen, informierte sie CLD, dass der Abflug nun in ungefähr 45 Minuten erfolgen würde.

Da sich die Sichtverhältnisse wegen des dichter werdenden Nebels zunehmend verschlechterten, musste die Flugsicherung die Staffelungswerte zwischen den anfliegenden Maschinen erhöhen. Dadurch verzögerte sich die geschätzte Abflugzeit der EAB 220 bis gegen 21:00 UTC.

Um 20:24:38 UTC übermittelte CLD der Besatzung die Abflugfreigabe. Flug EAB 220 wurde das *standard instrument departure* (SID) „WILLISAU 3N“ und der Transpondercode 1403 zugewiesen. Ferner wurde ihr eine Abflugzeit von 21:07 UTC in Aussicht gestellt.

Der Geschäftsführer der Eagle Air Ltd. hatte in Bern-Belp um eine Sonderbewilligung für eine verspätete Landung nach 21:00 UTC nachgesucht und ein Zeitfenster bis spätestens 21:30 UTC erhalten. Weil sich der Abflug der HB-VLV in Zürich immer weiter verzögerte, entstand für die Besatzung ein zunehmender Zeitdruck. Die Besatzung stand mehrmals in telefonischem Kontakt mit dem Geschäftsführer, welcher zu diesem Zeitpunkt die Funktion des Dispatchers ausübte. Um die Ankunft der HB-VLV in Bern-Belp bis spätestens 21:30 UTC sicherzustellen, telefonierte dieser zusätzlich auch mit dem Dienstleiter im Kontrollturm Zürich und verlangte wiederholt mit Nachdruck eine frühere Startzeit.

Nach erfolgtem Frequenzwechsel zu *apron control* erteilte der Vorfeldverkehrsleiter (VVL) der EAB 220 um 20:43:50 UTC die Freigabe zum Starten der Triebwerke. Ungefähr zum selben Zeitpunkt darauf beobachtete ein Airport-Manager, dass bei der HB-VLV das rechte Triebwerk lief, im Cockpit jedoch nur ein Pilot anwesend war. Dieser sass auf dem rechten Sitz. Das andere Besatzungsmitglied, wahrscheinlich der Kommandant, entfernte mit einem Schaber gut sichtbar Eisablagerungen vom linken Flügel. Der Augenzeuge beobachtete später wie dieses Besatzungsmitglied kurz vor dem Wegrollen links im Cockpit Platz nahm.

Da die Piloten darauf drängten, ihren Standplatz im *General Aviation Center* (GAC) Sektor 1 möglichst schnell zu verlassen, wurde ihnen knapp 2 Minuten später die Rollbewilligung bis zum Rollhalteort der Piste 28 erteilt.

Dort musste die Passage einer entgegenrollenden Saab 2000 abgewartet werden. Anschliessend wurde die EAB 220 vom Vorfeldverkehrsleiter (VVL) angewiesen, weiter via die Rollwege ALPHA, INNER und ECHO zum Wartepunkt der Piste 34 zu rollen.

Eine Minute nach erteilter Rollbewilligung erkundigte sich die Besatzung der EAB 220 erneut nach dem Wortlaut dieser Bewilligung: *“Swiss Eagle 220, sorry for that, can you say the clearance again?”*. Ob die HB-VLV die Abzweigung in Richtung Rollweg INNER verpasst hat, muss offen bleiben. Erwiesen ist, dass der VVL kurze Zeit später korrigierend intervenieren musste: *“220, continue on taxiway INNER, INNER, and then ECHO to Holding Point 34, Echo 9”*.

Um 20:56:50 UTC nahm Flug EAB 220 mit *Aerodrome Control* (ADC) Kontakt auf und meldete, dass sich die Maschine auf dem Rollweg Echo 9 kurz vor Beginn der Piste 34 befinde. Der Flugverkehrsleiter (FVL) forderte die Besatzung auf, vor der Piste 34 zu warten, da noch in Gegenrichtung auf die Piste 16 angefliegen werde. ADC erteilte der Maschine um 21:04:51 UTC die Freigabe, auf die Piste 34 in Startposition zu rollen.

Die Besatzung¹ rollte auf die Piste 34 und leitete – nachdem sie um 21:05:54 UTC die Startfreigabe erhalten hatte – in einem fließenden Übergang mit dem Setzen der

¹ Diverse Hinweise führten zur Schlussfolgerung, dass mit grösster Wahrscheinlichkeit ab diesem Zeitpunkt der Kommandant *pilot non flying* und der Copilot *pilot flying* war (vgl. Kap. 1.11.2.3 und 2.2.1). Auf Grund eines Defektes im *cockpit voice recorder* (CVR) wurden keine Gespräche der Piloten aufgezeichnet.

Startleistung den Start ein (*rolling take-off*). Zu diesem Zeitpunkt betrug die meteorologische Sicht 100 m bei ausgedehnten Nebelbänken (*partial fog*).

Da das linke Triebwerk innerhalb von sechs Sekunden auf 102 Prozent und das rechte auf 58 Prozent Startleistung hochgefahren wurde, schlingerte das Flugzeug während der Beschleunigungsphase für einige Sekunden auf der Startbahn so ausgeprägt, dass sich sein Kurs um 10 Grad nach rechts veränderte. Es konnte von der Besatzung nur durch eine starke Steuerkorrektur des Bugfahrwerks und eine deutliche Schubreduktion des linken Triebwerkes wieder in Pistenrichtung gebracht werden. Danach wurden beide Triebwerke synchron auf Startleistung gebracht und der Start fortgesetzt.

Um 21:06:40 UTC hob Flug EAB 220 von der Piste 34 ab. Kurz nach dem Start quittierte der Kommandant der EAB 220 die Aufforderung zum Frequenzwechsel zur Abflugleitstelle. Etwa zur gleichen Zeit nahmen verschiedene Personen der Flughafenfeuerwehr, welche sich im und vor dem Feuerwehrsatteliten „Nord“ zwischen den Pisten 34 und 32 aufhielten, Geräusche und optische Eindrücke eines tief fliegenden Flugzeuges wahr. Unmittelbar darauf folgten ein Aufprallgeräusch und ein Feuerschein.

Die Maschine schlug um 21:07 UTC 400 m südöstlich vom Pistenende 34 auf dem gefrorenen Boden auf und schlitterte, eine Trümmerspür hinterlassend, in nördliche Richtung. Das Hauptwrack blieb schliesslich 500 m nach dem ersten Aufprall auf der Piste 14/32 liegen. Die Rettungskräfte erreichten das brennende Wrack nach wenigen Minuten.

Während des ganzen Fluges wurde gemäss DFDR der Autopilot nie eingeschaltet.

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
tödlich	2	---	---
schwer	---	---	---
leicht/nicht	---	---	---

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Als Folge der hohen Kräfte des ersten Aufpralls, der nachfolgenden taumelnden Aufschläge sowie des nach der ersten Bodenberührung ausgebrochenen intensiven Feuers wurden Cockpit, Rumpfvorderteil, Rumpfmittelteil und grosse Teile der beiden Flügel stark zerstört. Einzig das beim ersten Aufprall abgerissene Rumpfhinterteil mit Höhen- und Seitenleitwerk sowie die beiden Triebwerke blieben vom Feuer verschont.

1.4 Sachschaden Dritter

Es entstand geringer Sach- und Flurschaden auf dem Flugplatzgelände. Die Absturzstelle ist in der Zwischenzeit wieder renaturiert worden.

1.5 Beteiligte Personen

1.5.1 Kommandant

Person	†Schweizerbürger, männlich, Jahrgang 1966
Besatzungszeiten	Flugdienstzeit am 19.12.01: 0:00 h Ruhezeit: 35:50 h Dienstbeginn bei der Eagle Air Ltd. am Unfalltag: 11:50 UTC Flugdienstzeit im Unfallzeitpunkt: 9:17 h
Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten ATPL (A), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt, gültig bis 30.06.2006
Berechtigungen	Radiotelefonie International RTI (VFR/IFR) Nachtflug NIT (A)
Zu verlängernde Berechtigungen	Einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotorantrieb SE <i>piston</i> Musterberechtigung C500/550/560 PIC Musterberechtigung SAAB 2000 PIC Fluglehreranwärter FI/T (A)
Instrumentenflugberechtigungen	SE piston, CAT I, gültig bis 29.06.2002 C500/550/560 PIC, CAT I, gültig bis 25.06.2002 SAAB 2000 PIC, CAT I, gültig bis 04.03.2002
Nationale Berechtigungen/Lizenzen	Kunstflugerweiterung ACR (A) Segelflug GLI
Letzter <i>check</i>	<i>Skill test</i> am 26.06.2001
Letzter <i>line check</i>	Entsprechend <i>upgrading report</i> (BAZL Form 31.36) bei Eagle Air Ltd. am 10.07.2001
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 30.06.2001 Beginn der Gültigkeit 30.06.2001
Flugerfahrung	4761:18 h insgesamt
auf Motorflugzeugen	4738:18 h
auf Segelflugzeugen	23:00 h
als Kommandant	2432:23 h
auf dem Unfallmuster	250:42 h
während der letzten 90 Tage	118:04 h
am Vortag	0:00 h
am Unfalltag	3:16 h
Beginn der fliegerischen Ausbildung	1988

1.5.1.1 Berufsausbildung und sozialer Hintergrund

Nach einer Ausbildung zum Mechaniker übte der Kommandant zunächst eine selbständige Tätigkeit aus, bevor er in die Fliegerei wechselte.

Der Kommandant war verheiratet und Vater eines kleinen Kindes. Aufgrund der Berufstätigkeit beider Elternteile kam es zu familiären Belastungen, da er sehr häufig nicht zuhause war und die Kinderbetreuung einseitig zu Lasten seiner Ehefrau ging.

1.5.1.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit

Der Kommandant finanzierte seine Pilotenausbildung bis zu Erlangung der CPL und der Fluglehrerberechtigung für Motorflugzeuge selbst.

Nach erfolgreicher Aufnahme und dem Erwerb der ATPL beim Crossair Trainingscenter (April bis Juni 1995) flog er als Linienspilot auf der Saab 2000 bei der Firma Crossair AG. Nach drei Jahren wurde er zum Kommandanten befördert.

Er verliess das Unternehmen nach einem von ihm verursachten fliegerischen Zwischenfall: Bei einem Anflug auf Nizza hielt er sich nicht an die Verfahrensrichtlinien des Unternehmens, was zu einer unnötigen Gefährdung des Flugzeugs und der Passagiere führte. Als disziplinarische Massnahme wurde er in den Rang eines Copiloten zurückgestuft.

Am 31.08.2000 verliess er das Unternehmen nach insgesamt fünf Jahren Zugehörigkeit. Der Kommandant arbeitete für einige Monate auf Saab 2000 bei der Firma Europe Air Charter in Luxembourg. Bald darauf wurde er bei dem Flugbetriebsunternehmen Eagle Air Ltd. als Kommandant eingestellt.

1.5.1.3 Umschulung auf Cessna Citation Serie 500/550/560

Die Umschulung des Kommandanten auf die Cessna Citation erfolgte bei Flight Safety International in den USA. Während der Umschulung zeigte er keine praktisch-fliegerischen Schwächen, wurde aber für seine ungenügende Umsetzung des *crew resource management* (CRM)² kritisiert.

1.5.1.4 Persönlichkeitsaspekte

Der Kommandant wurde als eine lebensbejahende Persönlichkeit beschrieben, der wahrzunehmende Aufgaben vorsichtig-gewissenhaft mit Ruhe und Disziplin ausführte. Er besass eine überdurchschnittliche Intelligenz und ein sehr ausgeprägtes Denkvermögen. Unter erhöhtem Anforderungsdruck zeigte er im Leistungsvermögen deutliche Schwankungen. Im Auftreten gab er sich sehr selbstsicher mit einer Tendenz zur Arroganz, er konnte aber auch sehr einfühlsam und natürlich auftreten.

² Beim CRM handelt es sich um eine von einem Kommandanten auszugehen Führungphilosophie, nach der alle Besatzungsmitglieder zur Mitarbeit an einer gemeinsamen Problemlösung und optimierten Entscheidungsfindung angehalten werden sollen. Ein im Widerspruch zu dieser Führungsphilosophie stehendes Verhalten wäre z.B., wenn der Kommandant in einer Situation, in der die Annahme von Unterstützung angebracht wäre, als „Einzelkämpfer“ agiert und andere Besatzungsmitglieder nicht in Entscheidungsfindungsprozesse mit einbezieht.

Seine bei Crossair gewonnene Erfahrung im Linienflugbetrieb ermöglichte ihm einen professionellen Arbeitsstil, der ihn, zusammen mit seiner angenehm sympathischen Art, bei den Copiloten des Flugbetriebsunternehmens beliebt machte. Er war für sie jederzeit ansprechbar und zeigte sich offen gegenüber Vorschlägen und Kritik. Seine ausgesprochene Gutmütigkeit führte dazu, dass er seinen Copiloten gelegentlich Freiheiten einräumte, die nicht immer den schriftlich festgehaltenen Verfahrensvorgaben des Flugbetriebs entsprachen. Obwohl seine Einstellung als teamorientiert beschrieben wird, zeigte er sporadische Schwächen im praktischen Führungsverhalten; unter bestimmten Bedingungen konnte er sehr selbstzentriert auftreten - er versuchte dann, alle anfallenden Aufgaben eigenständig auszuführen.

1.5.2 Copilot

Person	†Schweizerbürger, männlich, Jahrgang 1964
Besatzungszeiten	Dienstbeginn am 19.12.01: 10:00 UTC Dienstende am 19.12.01: 13:10 UTC Flugdienstzeit am 19.12.01: 3:10 h Ruhezeit: 22:40 h Dienstbeginn bei der Eagle Air Ltd. am Unfalltag: 11:50 UTC Flugdienstzeit im Unfallzeitpunkt: 9:17 h
Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten CPL (A), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt, gültig bis 05.05.2005
Berechtigungen	Radiotelefonie International RTI (VFR/IFR) Nachtflug NIT (A)
Zu verlängernde Berechtigungen	Einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotorantrieb SE <i>piston</i> Mehrmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotorantrieb ME <i>piston</i> Musterberechtigung C500/550/560 COPI Fluglehreranwärter FI/T (A)
Instrumentenflugberechtigungen	SE Piston, CAT I, gültig bis 07.10.2002 ME Piston, CAT I, gültig bis 07.10.2002 C500/550/560 COPI, CAT I, gültig bis 07.10.2002
Nationale Berechtigungen/Lizenzen	Landungen im Gebirge MOU (A)
Letzter <i>proficiency check</i>	TR (A) <i>proficiency check</i> am 06.09.2001 CR/TR (A) <i>proficiency check</i> IFR/VFR SPA/MEP am 29.09.2001
Letzter <i>line check</i>	Keine Angaben, <i>line checks</i> wurden nicht schriftlich festgehalten
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Letzte periodische Untersuchung am 31.10.2001 Beginn der Gültigkeit 18.11.2001

Flugerfahrung	1110:20	h insgesamt
auf Motorflugzeugen	1110:20	h
als Kommandant	580:36	h
auf dem Unfallmuster	401:50	h
während der letzten 90 Tage	39:40	h
am Vortag	00:40	h
am Unfalltag	3:16	h
Beginn der fliegerischen Ausbildung	1994	

1.5.2.1 Berufsausbildung und sozialer Hintergrund

Der Copilot fühlte sich schon als Jugendlicher von der Fliegerei angezogen und bewarb sich gegen Ende seiner Schulzeit für die Fliegerische Vorschulung, für die er abgelehnt wurde. Nach einer Lehre zum Automechaniker und nach bestandener Matura absolvierte er ein Jurastudium, welches er erfolgreich abschloss.

Der Copilot war verheiratet, seine Ehefrau unterstützte seine fliegerischen Ambitionen.

1.5.2.2 Fliegerische Ausbildung und Tätigkeit

Der Copilot begann seine fliegerische Ausbildung ab Herbst 1994 auf einem Flugfeld in der Nähe des Wohnortes. Der Führerausweis für Privatpiloten wurde ihm am 16. August 1995 erteilt. In einer intensiven Weiterbildung erlangte er 1998 den Berufspilotenausweis (CPL) und die Instrumentenflugberechtigung (IR) auf mehrmotorigen Flugzeugen.

Der Copilot erlangte in der Folge weitere Berechtigungen und bestand auch die theoretische Prüfung für Linienpiloten (ATPL). Im Frühjahr 1999 wurde ihm eine fliegerische Teilzeitbeschäftigung bei der Firma Eagle Air Ltd. angeboten, für welche der Copilot ab dem 25. Mai 1999 die Umschulung auf Cessna Citation begann.

Für den Copiloten war die Fliegerei nicht die hauptberufliche Tätigkeit. Er nutzte alle Gelegenheiten zum Fliegen, die sich ihm boten, aber hauptberuflich leitete er als Anwalt eine eigene Kanzlei und war nebenberuflich auch für das BFU und das Bundesamt für Zivilluftfahrt als Sachverständiger tätig. Aufgrund der nebenberuflich ausgeübten Pilotentätigkeit entsprach sein fliegerischer Trainingsstand nicht dem eines hauptberuflich tätigen Piloten.

1.5.2.3 Umschulung auf Cessna Citation Serie 500/550/560

Die Umschulung auf die Cessna Citation erfolgte bei Flight Safety International in Frankreich. Während der Umschulung zeigte der überwiegend in der Fliegerei nach Sichtflugregeln (VFR) gross gewordene Copilot Schwächen in den praktisch-fliegerischen Fertigkeiten bei alleiniger Referenz auf die Instrumente (IFR). Bedingt durch die Komplexität des Flugzeuges Citation bestand er die abschliessende Flugprüfung im Simulator nicht.

In der Schweiz wurde nochmals eine Ausbildung begonnen, die zu angemessenen Lernfortschritten führte. Sie wurde mit einem erfolgreichen und als „durchschnittlich“ beurteilten Prüfungsflug abgeschlossen. Einzelne Schwachstellen des Prüflings wurden im Instrumentenüberblick (*scanning*) und in der Führung des Flugzeugs um die Querachse (*pitch*) gesehen.

1.5.2.4 Persönlichkeitsaspekte

Der Copilot wurde als „starke Persönlichkeit“ beschrieben, der sich Herausforderungen stellte und diese selbstbewusst und dynamisch anpackte. Er wollte vieles gerne selbst machen. Seine ausgeprägte Intelligenz und sein schnelles Auffassungsvermögen verhalfen ihm zu vielen positiven beruflichen Erfahrungen. Er arbeitete konzentriert und zuverlässig, war aber auch ablenkbar. In einem Team war er es gewöhnt zu führen. Sein Auftreten war ohne Überheblichkeit. Kritik an seiner Person konnte er nur schwer annehmen.

1.5.3 **Flugverkehrsleiter A**

Funktion	Dienstleiter (DL) und Bodenverkehrsleiter (GRO)
Person	Schweizerbürger, Jahrgang 1947
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 20. September 1971, letzte Erneuerung am 19. September 2001, gültig bis 19. September 2002.

1.5.4 **Flugverkehrsleiter B**

Funktion	Clearance Delivery (CLD)
Person	Dänischer Staatsbürger, Jahrgang 1963
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 15. Oktober 2000, letzte Erneuerung am 10. August 2001, gültig bis 10. August 2002.

1.5.5 **Flugverkehrsleiter C**

Funktionen	Platzverkehrsleiter (ADC)
Person	Schweizerbürger, Jahrgang 1970
Lizenz	für Flugverkehrsleiter, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 15. November 1996, letzte Erneuerung am 12. März 2001, gültig bis 12. März 2002.

1.6 **Angaben zum Luftfahrzeug**1.6.1 **Flugzeug HB-VLV**

1.6.1.1

Allgemeines	
Luftfahrzeugmuster	Cessna CE 560 Citation V
Hersteller	Cessna Aircraft Company, Wichita, Kansas, USA
Eintragungszeichen	HB-VLV

Werknummer	560-0077
Baujahr	1990
Höchstzulässige Abflugmasse	16300 lbs (7393 kg)
Eigentümer	Eagle Air Ltd. Belp, Flughafen Bern-Belp CH-3123 Belp
Halter	Eagle Air Ltd. Belp, Flughafen Bern-Belp CH-3123 Belp
Eintragungszeugnis	Vom 9. April 1997, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt
Lufttüchtigkeitszeugnis	Nr. 1 vom 29. April 1997, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt
Zulassungsbereich des Luftfahrzeugzeugnisses im nichtgewerbsmässigen Einsatz	Vom 29. Oktober 1998 / Nr. 2, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt: VFR bei Tag VFR bei Nacht IFR CAT I B-RNAV (RNP 5) NAT MNPS Special Routes
Zulassungsbereich des Luftfahrzeugzeugnisses im gewerbsmässigen Einsatz	Vom 08. August 2000 / Nr. 2, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt: VFR bei Tag VFR bei Nacht IFR CAT I B-RNAV (RNP 5)
Mindestbesatzung	Zwei Piloten
Flugstunden der Zelle	3559 h
Anzahl Zyklen (Landungen) der Zelle	3528
Triebwerke	2 Triebwerke Pratt & Whitney Canada Inc. Model JT15D-5A
Datum der letzten Phase B Kontrolle (150 h Intervall)	12. September 2001
Flugstunden bei letzter Phase B Kontrolle	3448 h
Flugstunden seit letzter Phase B Kontrolle	111 h
Spannweite	15.91 m
Länge	14.39 m
Höhe	4.57 m
Schub pro Triebwerk	2900 lbs

1.6.1.2 Triebwerk Nummer 1 (links)

Werknummer	PCE 108160
Betriebszeit seit Herstellung	3559 h
Flugzyklen seit Herstellung	3528
Betriebszeit seit Einbau in HB-VLV	3559 h
Flugzyklen seit Einbau in HB-VLV	3528

1.6.1.3 Triebwerk Nummer 2 (rechts)

Werknummer	PCE 108157
Betriebszeit seit Herstellung	3315 h
Flugzyklen seit Herstellung	3339
Betriebszeit seit letzter Überholung	1516 h
Flugzyklen seit letzter Überholung	1465

1.6.1.4 Navigationsausrüstung und Instrumente

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

- Single FMS (B-RNAV) Honeywell GNS-X C129/GNS-XLS CDU
- Dual VOR/ILS Collins VIR-32
- Dual DME Collins DME-42
- Dual ADF Collins ADF-462
- Dual Transponder Collins TDR-90
- Single ADS (Air Data System) Honeywell AZ-241
- Single Stormscope System
- Single Radio Altimeter Collins ALT-55B
- Single Weather Radar System Honeywell WU-650
- Single Flight Director Computer Honeywell FZ-500
- Dual Compass System Honeywell C-14D
- Single Autopilot Honeywell PC-500

Einzelne Instrumente und Geräte, welche während des Starts das Unfallgeschehen hätten beeinflussen können, wurden untersucht (siehe Punkt 1.6.11).

1.6.1.5 Kommunikationsausrüstung

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

- Flight Interphone System
- Passenger Address System
- Dual Collins VHF COM System
- Single HF COM System

Im Weiteren stand der Besatzung ein Mobiltelefon zur Verfügung, welches für die Kommunikation mit der Firma benutzt wurde. Dieses Telefon war nicht fest im Flugzeug eingebaut.

1.6.2 Masse und Schwerpunkt

1.6.2.1 Masse und Schwerpunkt des Fluges EAB 220 von East Midlands nach Zürich

Auf dem Beladungsblatt für den Flug EAB 220 von East Midlands (UK) nach Zürich wurde ein sog. *last minute change* (LMC) festgestellt. Dieser enthielt die Korrektur der Passagierzahl von acht auf sieben. Gemäss Aussage des Verantwortlichen der Firma, welche diesen Flug charterte, befanden sich aber alle acht Passagiere an Bord.

Gemäss der untenstehenden, tatsächlichen Beladungsberechnung mit acht Passagieren war die HB-VLV wie folgt beladen:

<i>Basic operating mass</i>	9895 lbs	
<i>Basic operating mass arm</i>	302.44 in	
<i>Basic operating mass moment</i>	2990704 in•lbs	
<i>Pax mass</i>	1464 lbs	
<i>Pax mass arm</i>	240.25 in	
<i>Pax moment</i>	351726 in•lbs	
<i>Baggage mass</i>	167 lbs	
<i>Baggage arm</i>	348 in	
<i>Baggage moment</i>	58116 in•lbs	
<i>Dry operating mass</i>	11526 lbs	max. 12200 lbs
<i>T/O fuel mass</i>	5400 lbs	
<i>T/O mass</i>	16926 lbs	max. 16300 lbs
<i>T/O MAC</i>	19.83 %	
<i>T/O arm</i>	297.61 in	

Die Masse lag vor dem LMC um 626 lbs über der höchst zulässigen Abflugmasse.

Nach dem LMC lag die Masse immer noch 443 lbs über der höchst zulässigen Abflugmasse.

Der Schwerpunkt lag in beiden Fällen ausserhalb der im Flughandbuch publizierten *envelope*.

1.6.2.2 Masse und Schwerpunkt des Unfallfluges

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 Zürich – Bern-Belp erstellt wurde. Diese Daten wurden durch die an der Unfallstelle vorgefundenen Dokumente bestätigt.

<i>Basic operating mass</i>	9895 lbs
<i>Basic operating mass arm</i>	302.44 in
<i>Basic operating mass moment</i>	2990704 in•lbs
<i>Pax mass</i>	0 lbs
<i>Pax mass arm</i>	0 in

<i>Pax moment</i>	0 in•lbs	
<i>Baggage mass</i>	26 lbs	
<i>Baggage arm</i>	348 in	
<i>Baggage moment</i>	9048 in•lbs	
<i>Dry operating mass</i>	9921 lbs	max. 12200 lbs
<i>T/O fuel mass</i>	3100 lbs	
<i>T/O mass</i>	13021 lbs	max. 16300 lbs
<i>T/O MAC</i>	25.19 %	
<i>T/O arm</i>	301.96 in	

Masse und Schwerpunkt lagen innerhalb der im Flughandbuch publizierten *envelope*. Im Unfallzeitpunkt befanden sich ca. 3000 lbs Treibstoff an Bord.

1.6.3 Flugzeugsteuerung

1.6.3.1 Primäre Flugzeugsteuerung

1.6.3.1.1 Höhen- und Seitenruder

Eine umfangreiche Untersuchung der Trümmerteile der Höhen- und Seitenruder-Systeme sowie die Beurteilung der DFDR Daten des Unfallfluges ergaben keine Anhaltspunkte, dass an diesen Systemen unmittelbar vor dem Absturz Mängel vorhanden waren.

1.6.3.1.2 Querruder

Die unmittelbar an der ersten Aufprallstelle aufgefundenen Bruchstücke der Querruderbeplankung aus Carbon-Composit Material, sowie die Art der Bruchflächen an Querruder Anschlussbeschlägen, Aufhängungsteilen und Nieten gaben Anlass, vertiefte Abklärungen durchzuführen.

Die Untersuchung dieser Bruchstücke liess keine Anzeichen von Materialermüdung oder werkstoffbedingter Anomalien erkennen. Alle Materialbrüche wurden als Gewaltbrüche bewertet.

Die entsprechende Beurteilung der DFDR Daten ergab ebenfalls keine Anhaltspunkte, dass vor dem Absturz ein Defekt an diesem Flugzeugsteuerungssystem vorlag.

1.6.3.2 Sekundäre Flugzeugsteuerung

Die DFDR Daten der sekundären Flugzeugsteuerung liessen keine Rückschlüsse auf Fehlfunktionen zu.

1.6.3.2.1 Landeklappen Position (*flap position*)

Die im *digital flight data recorder* zwischen Start und Aufprall aufgezeichneten Positionen der Landeklappen waren:

- Start 15° ausgefahren
- 14 Sekunden nach Abheben Beginn des Einfahrens
- 24 Sekunden nach Abheben eingefahren

Diese Aufzeichnungen der Landeklappenposition während des Unfallfluges entsprachen bezüglich Stellungen und Bewegungsverlauf denen der vorangegangenen Flüge.

Die Stellung der beiden hydraulischen *flap actuator* zum Zeitpunkt des Aufpralls konnten in der Position „*flaps up*“ ermittelt werden. Die mechanische Anzeige der *flap position* im Cockpit entsprach der Klappenstellung 0°.

Der *flap lever* war in der Position 15°. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wurde er durch den Aufprall in diese Position bewegt.

1.6.3.2.2 Höhenruder-Trimmmung

Die Trimmmung um die Querachse (*pitch*) wurde durch eine Trimmklappe an jedem Höhenruder bewerkstelligt. Die Verstellung der Höhenrudertrimmklappen konnte manuell oder elektrisch erfolgen. Manuell wurde über ein Trimmrad auf der linken Seite der Mittelkonsole getrimmt. Elektrisch erfolgte die Trimmmung durch Betätigung der beiden Trimmshalter an den Steuerhörnern, wobei die Halter des Kommandanten Priorität hatten.

Die *nose up* und *nose down* Trimmeinstellung konnte durch einen mechanisch bewegten Trimmanzeiger neben dem Trimmrad abgelesen werden. Der Bereich der Trimmeinstellung für den Start war mit einer weissen Marke mit Aufschrift TO (*take-off*) und je einer Markierung für Leerflüge resp. Vollastflüge auf der Mittelkonsole speziell gekennzeichnet.

Das Trimmrad (*cockpit elevator trim control wheel*) und die Positionsanzeige der Trimmmung (*trim position indicator*) wurden beim Aufprall zerstört.

Die Positionen der *elevator trim tabs* an den Höhenstauern links und rechts waren in Stellung 2° *tab up*. Wegen des starken Zerstörungsgrades konnten keine Rückschlüsse auf die Stellung dieser *trim tabs* zum Zeitpunkt des Unfalls gezogen werden.

1.6.3.2.3 Seitenruder-Trimmmung

Die Seitenruder-Trimmmung (*cockpit rudder trim control wheel*) und die Position der Trimmanzeige (*trim position indicator*) wurden beim Aufprall zerstört.

Die Position des *rudder trim tab* am Seitensteuer war in Stellung 0°. Wegen des starken Zerstörungsgrades konnten keine Rückschlüsse auf die Stellung dieses *trim tab* zum Zeitpunkt des Unfalls gezogen werden.

1.6.3.2.4 Querruder-Trimmmung

Die Querruder-Trimmmung (*cockpit aileron trim control wheel*) und die Position der Trimmanzeige (*trim position indicator*) waren zerstört.

Die Position des *aileron trim tabs* am rechten Querruder war in Stellung 5° *up*. Wegen des starken Zerstörungsgrades konnten keine Rückschlüsse auf die Stellung dieses *trim tabs* zum Zeitpunkt des Unfalls gezogen werden.

1.6.4 Fahrwerk

Der Fahrwerkhebel im Cockpit befand sich in Stellung *gear down*. Die beiden Hauptfahrwerkzylinder sowie der Bugfahrwerkzylinder befanden sich in Position *gear up*.

Eine Untersuchung des Bruches sowie die Verformung der mechanischen Bugfahrwerkverriegelung ergaben, dass das Bugfahrwerk zum Zeitpunkt der ersten Bodenberührung eingefahren war.

1.6.5 Speed Brake

Der *actuator* der linken *speed brake* befand sich in Stellung eingefahren. Die Position des rechten *actuator* konnte infolge der grossen Zerstörung nicht ermittelt werden.

Es kann mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass die *speed brake* zum Zeitpunkt des ersten Aufpralls eingefahren war.

1.6.6 Triebwerke

1.6.6.1 Sichtkontrolle

Die Triebwerke wurden einer Kontrolle unterzogen und es wurden keine vorbestehenden Mängel festgestellt.

Erwähnenswert ist:

- Die *actuators* an beiden *thrust reverser* wurden in *locked/stowed* Position vorgefunden.
- Der *fan* des rechten Triebwerks war stark beschädigt. Dies deutet auf eine hohe Drehzahl beim Aufprall.
- Auch die Beschädigungen des linken Triebwerkes weisen darauf hin, dass es im Unfallzeitpunkt mit hoher Leistung lief.

Diese Befunde entsprechen den Aufzeichnungen des DFDR.

1.6.6.2 Triebwerkbeschleunigung

Die DFDR Auswertung der Startphase des Unfallfluges zeigte, dass das Flugzeug während der Beschleunigung der beiden Triebwerke auf Startleistung ungefähr 10° nach rechts ausbrach. Durch sofortige Gegenkorrektur konnte die Maschine wieder in Pistenrichtung gebracht werden. Weitere Untersuchungen zeigten, dass auch bei früher durchgeführten Starts ähnliche Korrekturen notwendig waren, um die Startrichtung korrekt beizubehalten. Dieses nicht übliche Startverhalten resultierte aus der unterschiedlichen Beschleunigungszeit der beiden Triebwerke bei der Leistungshebelverschiebung auf Position Startleistung.

Eine Auswertung aller im DFDR aufgezeichneten Flüge ergab, dass die Leerlauf-Drehzahl (*ground idle*) der Hochdruckrotoren (N2) beider Triebwerke um 7–8% unterschiedlich war. Beim Unfallflug lag die Drehzahl des linken Triebwerks in *ground idle* auf 49% N2 und die des rechten Triebwerks auf 41% N2. Es muss beachtet werden, dass jenes Triebwerk mit der höheren Leerlaufdrehzahl, bei gleichzeitigem Anschieben der Leistungshebel, während der Triebwerkbeschleunigungsphase früher einen höheren Schubwert erreicht. Erfolgt die Leistungshebelverschiebung zügig nach vorn, kann die Schubdifferenz während der Triebwerkbeschleunigung beträchtlich sein.

Folgende Richtwerte wurden in den Herstellerunterlagen gefunden:

Quelle	Drehzahl (N2)	Toleranz
<i>maintenance manual</i> Triebwerkhersteller	<i>gnd idle</i> NORM: min 46.0 %	nicht erwähnt
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52.0 %	nicht erwähnt
<i>maintenance manual</i> Flugzeughersteller	<i>gnd idle</i> NORM: min 46.0 %	+0.5 %/-0 %
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52.0 %	±0.5 %
<i>airplane flight manual</i>	<i>gnd idle</i> NORM: min 46.0 %	+1.0 %/-0 %
	<i>gnd idle</i> HIGH: min 52.0 %	±0.5 %

1.6.7 Instrumente

1.6.7.1 Allgemeines

Die ersten Flugzeuge vom Typ Citation wurden in den Siebziger Jahren gebaut. Eine Weiterentwicklung, das Modell 550 Citation II wurde ab 1977 gebaut. Die abgeleitete Version des Modells 550, die so genannte S550 oder auch SII bildete die Basis des Modells 560 Citation V.

Bei dieser Flugzeugfamilie war die Standardinstrumentierung des Cockpits primär für den Piloten auf der linken Seite ausgelegt. Eine gleichwertige Ausrüstung für beide Piloten war als Option für die Modelle S550 und 560 erhältlich. Bei dem Unfallflugzeug war diese Option nicht realisiert.

Gemäss Herstellerangaben wurde eine *single-pilot* Version der Modelle S550 und 560 aufgrund des höheren Abfluggewichts nie angeboten.

1.6.7.2 Künstliche Horizonte

Der grösste Unterschied in der Instrumentierung der beiden Cockpitseiten findet sich bei einem der wichtigsten Instrumente für den IFR Betrieb. Die künstlichen Horizonte des Kommandanten und des Copiloten waren von unterschiedlichem Baumuster und von unterschiedlichen Herstellern.

Der Kommandant hatte in der HB-VLV auf seiner Seite zur Darstellung der Fluglage eine elektronische Bildschirmanzeige (*electronic attitude director indicator* - EADI) vom Typ *Honeywell ED-600* zur Verfügung.

Auf der Seite des Copiloten war ein elektro-mechanischer künstlicher Horizont (*attitude indicator*) von AIM eingebaut.

Der EADI des Kommandanten mass 103x93 mm, während der künstliche Horizont des Copiloten 79x63 mm mass. Im Anhang 5.1 ist der Grössenunterschied der beiden Horizonte ersichtlich.

Der EADI des Kommandanten konnte nebst der Fluglage noch andere Fluginformationen wie zum Beispiel den *flight director* anzeigen. Diese Möglichkeit gab es auf dem künstlichen Horizont des Copiloten nicht. Zudem ist die Ablesegenauigkeit der Längsneigung bei diesem Horizont deutlich geringer.

Bei Stromausfall erscheint auf dem künstlichen Horizont des Copiloten eine Warnflagge.

Der künstliche Horizont des Copiloten wurde auf Funktionstüchtigkeit zum Zeitpunkt des Aufpralls untersucht. Es wurden Aufprallspuren an der Anzeigeskala festgestellt. Die Untersuchung ergab, dass der Kreisel dieses Instrumentes funktioniert hatte.

1.6.7.3 Standby Horizon

Der elektromechanische *standby horizon* P/N 5040041902 war in unmittelbarer Nähe des künstlichen Horizontes des Copiloten eingebaut. Dieses autonome Gerät diente als Referenzanzeige der Fluglage, sollte eine unterschiedliche Anzeige der künstlichen Horizonte der beiden Piloten auftreten.

Bei Stromausfall erscheint auf dem *standby horizon* eine Warnflagge.

Der *standby horizon* wurde auf Funktionstüchtigkeit zum Zeitpunkt des Aufpralls untersucht. Die Untersuchung ergab, dass der Kreisel dieses Instrumentes funktioniert hatte. Über die Anzeige der Fluglage während des Unfallvorganges konnte keine Aussage gemacht werden.

1.6.7.4 Horizontal Situation Indicator

Der *horizontal situation indicator* (HSI) des Copiloten war vom Typ *Honeywell RD-450*. Dieses Anzeigegerät war im Unterschied zum *electronic horizontal situation indicator* (EHSI) des Kommandanten ebenfalls ein elektro-mechanisches Instrument.

Der Copilot konnte über einen *course select knob* eine Standlinie zum Navigieren vorwählen. Eine Kursabweichung (*course deviation*) wurde mit einer Nadel über einer Skala angezeigt.

Das Anzeigegerät bot auch die Möglichkeit, einen Steuerkurs als Referenz für den Piloten einzustellen.

Stellt man die VHF-Navigation auf eine ILS Frequenz ein, wird auf der rechten Seite des Anzeigegerätes die Gleitwegdarstellung aktiviert.

Bei einer Fehlfunktion des entsprechenden Parameters erscheinen gemäss Auslegung des Instrumentes Warnflaggen (HDG, NAV und VERT).

1.6.7.5 VHF-Navigation System

Das VHF-Navigationssystem empfängt Signale von UKW-Drehfunkfeuern (VHF *omni-directional radio-range* – VOR), Landekurssendern (*localizer*) und Gleitwegsendern (*glide slope*) von Instrumentenlandesystemen (ILS) sowie Sendern von Einflugzeichen (*marker*).

Die in den entsprechenden Empfängern generierten *bearing* und *deviation* Signale wurden auf dem EADI (*electronic attitude director indicator*) und dem EHSI (*electronic horizontal situation indicators*) des Kommandanten und auf dessen *radio magnetic indicator* (RMI) angezeigt. Auf der Seite des Copiloten wurden die Signale auf dem HSI und dem RMI angezeigt. Für den Empfang der VOR- und der ILS-Signale waren separate Empfangsgeräte vorhanden. Die nachfolgende Beschreibung beschränkt sich auf die VOR-Funktion.

Die HB-VLV war mit einem zweifachen (*dual*) VOR-System ausgerüstet. Jedes der beiden Systeme bestand aus einem VOR-Empfänger, einem VHF NAV *controller* und einer VOR/LOC-Antenne.

Zweck eines VOR-Systems ist es, automatisch das *bearing* vom Flugzeug zu einer Bodenstation mit bekannten geographischen Koordinaten zu ermitteln. Stellt man nun einen VOR *course* ein, so ist das System in der Lage, die Kursabweichung (*course deviation*) zu berechnen und anzuzeigen.

Die VOR-Frequenz wurde auf dem entsprechenden VHF NAV *controller* (#1 oder #2) gewählt. Eine zweite VOR-Frequenz konnte 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. Die Frequenzen konnten ebenfalls über die *control display unit* (CDU) des *navigation management system* eingestellt werden.

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

1.6.7.6 Entfernungsmessgerät – Distance Measuring Equipment

Die HB-VLV war mit zwei Entfernungsmessgeräten (*distance measuring equipment* – DME) vom Typ Collins DME-42 ausgerüstet. Diese DME-Systeme bestehen aus einer DME *interrogator unit*, einem VHF NAV *controller* und einer Antenne im L-Band (962 - 1213 MHz).

Zweck eines DME-Systems ist es, die Distanz vom Flugzeug zu einer Bodenstation zu ermitteln. DME-Bodenstationen sind meist örtlich zusammen mit VOR-Bodenstationen angeordnet (*co-located*). Die Frequenz wird über einen gemeinsamen VHF NAV *controller* gewählt.

Diese DME waren mit den jeweiligen VHF NAV *controller* verbunden. Die entsprechende DME-Distanz konnte auf den DME *indicators* im Cockpit abgelesen werden.

1.6.7.7 Navigation Management System

Das Unfallflugzeug war mit einem *Navigation Management System* vom Typ Honeywell GNS-X ausgerüstet. Ende 1998 wurde dieses System auf ein GNS-X C129 mit einer GNS-XLS CDU umgebaut. Dieses System unterstützte unter anderem folgende Funktionen:

- Bestimmen der Position mittels verschiedener Sensoren (GPS, 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*
- Abrufen einer vorprogrammierten *company route*, einer *standard instrument departure route* (SID) oder einer *standard arrival route* (STAR)
- Unterstützen der Treibstoffplanung
- Ausgeben von Navigationsdaten an die EADI und EHSI des Kommandanten

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

Die den *navigation fix designators* zugeordneten Daten (*lat/long, variation* etc.) findet die *navigation management unit* (NMU) in der *navigation data base*, welche alle 28 Tage einen *update* erfährt.

Wird während der Flugvorbereitung ein Flugplan erstellt, kann nach erfolgter ATC *clearance* eine *standard instrument departure route* (SID) eingefügt 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.

Im Reiseflug navigiert das *navigation management system* entlang eines definierten Flugplans 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.

Die durch das *navigation management system* generierten Daten werden mittels entsprechender Einstellung am *display controller* auf dem EHSI des Kommandanten angezeigt.

Das System erlaubt den Piloten unter anderem auch das Einstellen der Frequenzen der VHF und VOR/DME Systeme mit Hilfe der CDU.

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

1.6.8 Ground Proximity Warning System

Ein *ground proximity warning system* (GPWS) war im Flugzeug nicht eingebaut.

Ein 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.

1.6.9 Unterhalt des Luftfahrzeuges

Der Flugzeugunterhalt der Eagle Air Ltd. Flotte wurde seit 1986 durch die Firma Airbase Ltd. auf dem Flughafen Bern-Belp durchgeführt. Airbase Ltd. besass eine Lizenz nach JAR 145 und war für diese Arbeiten zugelassen. Zwischen den beiden Unternehmen bestand kein schriftlicher Unterhaltsvertrag.

Die technischen Akten des Flugzeuges wurden von der Firma Airbase Ltd. nachgeführt. Die Standzeitenplanung für die periodischen Unterhaltsarbeiten wurde von Eagle Air Ltd. vorgenommen. Die Dokumentation der auszuführenden Arbeiten wurde durch die Firma Airbase Ltd. gemäss dem Cessna 560 *maintenance manual, interval and phase cross-reference for inspection time limits*, erstellt.

Die durch die Airbase Ltd. durchgeführten Arbeiten wurden mittels Ausführungsbestätigungen an den Flugzeughersteller zur Aufdatierung des CESCO (*Cessna computerized maintenance*) gemeldet. Mit diesem *maintenance management system* wurden unter anderem die Laufzeitenkontrolle der Systemkomponenten, sowie die Terminüberwachung respektive Rückmeldung von *service bulletins* (SB) und *service letters* (SL) festgehalten.

Arbeitskarten (*job cards*) über Triebwerkwechsel, Einstellungsarbeiten, Testflüge, Durchführung von Lufttüchtigkeitsanweisungen waren nicht vorhanden. Ebenso wurden *findings* anlässlich von Kontrollen und deren Behebung nicht protokolliert.

Ein *technical log book* wurde weder im Wrack noch in den technischen Unterlagen gefunden.

Nach Angaben von Eagle Air Ltd. erfolgten Störungsmeldungen im Flugbetrieb zur Behebung entweder schriftlich oder mündlich an die Airbase Ltd. Eagle Air Ltd. gab zu Protokoll, dass für kleine Mängel eine *hold item list* geführt wurde.

Nach Angaben der Firma Airbase Ltd. waren weder das Vorhandensein einer *hold item list* noch der Eingang schriftlicher Störungsmeldungen bekannt. Zu behebende Defekte oder Mängel wurden jeweils nur mündlich übermittelt.

Airbase Ltd. konnte nicht dokumentieren, welche Reparaturen sie für Eagle Air Ltd. während der Zeit ihrer Unterhaltsverantwortung durchgeführt hatte.

Ferner konnte nicht festgestellt werden, wann die *navigation data base* letztmals aufdatiert wurde resp. ob diese im Unfallzeitpunkt gültig war.

1.6.10 Modifikationen des Luftfahrzeuges

1.6.10.1 Angle of Attack System

Per 1. Februar 1999 war das vom FAA und vom BAZL als *mandatory AD* deklarierte *service bulletin* (SB) 560-34-70 (*Teledyne A-O-A Computer Mod.*) zur Ausführung fällig.

Gemäss einem *maintenance transaction report* wurde das SB anlässlich der grossen Kontrolle vom Dezember 1999, das heisst 10 Monate nach der Fälligkeit, ausgeführt. Eine Zustimmung für eine Terminverschiebung durch das BAZL lag nicht vor.

Im „Nachweis der Lufttüchtigkeitsanweisungen“ (Form BAZL 52.081) des Flugzeuges fehlte dieses AD.

Ausser den Zertifikaten FAA 8130-3 für die zwei neu eingebauten Computer P/N SLZ8066 fehlten jegliche Unterlagen. Die Ausführung des SB umfasste unter anderem auch die Änderung der Flugzeugverkabelung.

Es ist nicht bekannt, ob und wie der im SB geforderte *flight calibration check* dieser Modifikation durchgeführt wurde.

1.6.10.2 Avionik

Es wurden folgende zwei Modifikationen der Avionik ausgeführt:

- Modifikation des Navigationssystems GNS-X auf ein GNS-X C129/GNS-XLS CDU
- Modifikation des VHF-COM von 25 kHz auf 8.33 kHz Kanalabstand

Diese Modifikationen sind dokumentiert.

Als Basis des *airplane flight manual (AFM) supplement* für die Modifikation des Navigationssystems benutzte der Unterhaltsbetrieb das von der *Federal Aviation Administration* FAA am 10. Oktober 1997 bewilligte *AFM supplement for Beech model E90*. Dieses modifizierte der Unterhaltsbetrieb zu einem *AFM supplement for Cessna Citation C560*, welches am 30. Oktober 1998 durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt genehmigt wurde.

1.6.10.3 Engine Nacelle Inlet

Die beiden *engine inlets* wurden durch einen Unterhaltsbetrieb in Deutschland aufgrund des SB 560-54-01 mit *new design nacelle inlets* ersetzt.

Diese Modifikation ist dokumentiert.

1.6.11 Befunde nach dem Unfall

1.6.11.1 Allgemeines

Die folgenden Bedieneinheiten und Anzeigen waren für die Untersuchung von Bedeutung. Weitere Teile der Cockpitausrüstung wurden ebenfalls untersucht, sie erwiesen sich im Nachhinein für die Untersuchung als nicht relevant.

1.6.11.2 Display Controller

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Pilot panel RH</i>	BRG ○	FMS1
	ADI DIM	Nicht feststellbar
	DH TST	Nicht feststellbar
	HSI DIM	Nicht feststellbar
	WX DIM	Nicht feststellbar
	BRG ◇	ADF2

1.6.11.3 Horizontal Situation Indicator Copilot

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Copilot panel LH</i>	Kompassanzeige	ca. 350°
	<i>Course selector</i>	335°
	<i>Course deviation indicator</i>	zentriert
	<i>Heading selector</i>	ca. 334°
	<i>Glideslope pointer</i>	1 ¼ dot unter Referenzlinie, und mit dem VERT flag verkeilt

1.6.11.4 VHF-Navigation – NAV Controller links (#1)

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Center panel</i>	Geräteschalter	zwischen <i>ON</i> und <i>HOLD</i>
	Frequenzwählschalter	Nicht feststellbar
	Frequenzwechsler	Schalter abgebrochen

1.6.11.5 VHF-Navigation – NAV Controller rechts (#2)

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Center panel</i>	Geräteschalter	<i>HOLD</i>
	Frequenzwählschalter	Nicht feststellbar
	Frequenzwechsler	Schalter abgebrochen

1.6.11.6 DME Indicator

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Center panel</i>	Taste PWR	Gedrückt und eingerastet
	Distanzanzeige	Nicht feststellbar

1.6.11.7 Radio Magnetic Indicator Copilot (#2)

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Copilot panel LH</i>	Kompassanzeige	350° (fixiert)
	<i>Single pointer</i>	Frei drehend
	<i>Double pointer</i>	Frei drehend
	<i>VOR/ADF selector</i>	Nicht feststellbar

1.6.11.8 Radio Magnetic Indicator Kommandant (#1)

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Pilot panel RH</i>	Kompassanzeige	349° (fixiert)
	<i>Single pointer</i>	148° (fixiert)
	<i>Double pointer</i>	148° (fixiert)
	<i>VOR/ADF selector</i>	Nicht feststellbar

1.6.11.9 Exterior Lights

Ort	Bedieneinheit/Anzeige	Stellung
<i>Pilot panel LH</i>	<i>Recognition lights</i>	RECOG - ON
	<i>Anti-collision lights</i>	ANTI COLL - ON
	<i>Navigation lights</i>	NAV - ON

1.6.11.10 Navigation Management System

Die Frontplatte der *control display unit* (CDU) wies leichte Brandspuren auf. Das Gehäuse war gestaucht. Das Steckergehäuse auf der Rückseite war stark korrodiert, die Steckerstifte waren in gutem Zustand. Das Antennenkabel war abgerissen. Der Antennenstecker war in gutem Zustand. Der Spannungswandler auf der Rückseite war stark korrodiert.

1.7 Wetter

1.7.1 Zusammenfassung

Hinter einer Kaltfront, die von Nordwesten her über die Schweiz hinweg zog, nahm die Bewölkung auf dem Flughafen Zürich am frühen Abend rasch ab. Die Lufttemperatur sank bis um 20:50 UTC auf -9 °C, ab 19:20 UTC bildeten sich Nebelbänke im Flughafengebiet, die sich bis zum Unfallzeitpunkt aber nicht zu einer homogenen Nebelschicht zusammenschlossen.

1.7.2 Allgemeine Wetterlage

Das Zentrum eines ausgedehnten Hochdruckgebietes lag knapp westlich von Irland. Eine Tiefdruckzone bedeckte weite Teile Skandinaviens. Zwischen diesen beiden Drucksystemen floss kühle Luft von Nordwesten her gegen die Alpen. Eine in dieser Nordwest-Strömung eingelagerte abgeschwächte Kaltfront überquerte im Laufe des Tages die Schweiz und lag am Abend über den Alpen.

1.7.3 Wetterbedingungen auf dem Flughafen Zürich

1.7.3.1 Tagesverlauf

Am frühen Morgen erreichte die Niederschlagszone der abgeschwächten Kaltfront von Nordwesten her kommend das Flughafengebiet. Ab 04:50 UTC wurde schwacher Schneefall beobachtet. Der Schneefall hielt, abgesehen von einer kurzen Unterbrechung, bis um 12:20 UTC an. Die Bodensicht schwankte in dieser Niederschlagsperiode zwischen 1800 m und 4000 m.

Am Nachmittag blieb der Himmel stark bewölkt, es traten aber keine Niederschläge mehr auf. Zwischen 18:00 UTC und 19:00 UTC nahm die Bewölkung rasch ab, um 18:50 UTC wurden nur noch 1-2 Achtel Stratus beobachtet.

Bei nur schwacher Bewölkung sank die Lufttemperatur von 18:50 UTC bis 20:50 UTC von -5 °C auf -9 °C. Ab 19:20 UTC wurden Nebelbänke gemeldet. Die Bodensicht (meteorologische Sicht) betrug um 18:50 UTC 1800 m, um 19:50 UTC 250 m, um 20:50 UTC 150 m. Eine kompakte Nebelschicht bildete sich aber bis zum Unfallzeitpunkt nicht (*fog patches, partial fog*).

1.7.3.2 Wetter um 19:50 UTC

Wind Messpunkt Piste 14/16	VRB, 2 kt
Wind Messpunkt Piste 34	350°, 2 kt
Meteorologische Sicht	250 m
Wetterphänomene	Nebelbänke (<i>fog patches</i>)
Pistensicht Piste 14A	über 1500 m
Pistensicht Piste 16A	schwankend zwischen 800 m und 300 m
Pistensicht Piste 28A	schwankend zwischen 1500 m und 400 m, Tendenz sinkend
Niederschlag	kein Niederschlag
Wolken	1 Achtel, Basis 250 ft AAL
Lufttemperatur Messpunkt Piste 14/16	-8 °C
Taupunkt Messpunkt Piste 14/16	-8 °C
Luftdruck, QNH	1025 hPa
Luftdruck, QFE Piste 28	974 hPa
Pistenzustand	über 50% der Pistenflächen nass, Dicke operationell nicht von Bedeutung oder nicht messbar. Bremswirkung: keine zuverlässige Angabe möglich

1.7.3.3	Wetter um 20:20 UTC	
	Wind Messpunkt Piste 14/16	290°, 2 kt
	Wind Messpunkt Piste 34	340°, 2 kt
	Meteorologische Sicht	200 m
	Wetterphänomene	ausgedehnte Nebelbänke (<i>partial fog</i>)
	Pistensicht Piste 14A	schwankend zwischen über 1500 m und 325 m, Tendenz sinkend
	Pistensicht Piste 16A	schwankend zwischen 600 m und 250 m, Tendenz steigend
	Pistensicht Piste 28A	550 m
	Niederschlag	kein Niederschlag
	Wolken	2 Achtel, Basis 150 ft AAL
	Lufttemperatur Messpunkt Piste 14/16	-8 °C
	Taupunkt Messpunkt Piste 14/16	-8 °C
	Luftdruck, QNH	1025 hPa
	Luftdruck, QFE Piste 28	974 hPa
	Pistenzustand	über 50% der Pistenflächen nass, Dicke operationell nicht von Bedeutung oder nicht messbar. Bremswirkung: keine zuverlässige Angabe möglich
1.7.3.4	Wetter um 20:50 UTC	
	Wind Messpunkt Piste 14/16	300°, 2 kt
	Wind Messpunkt Piste 34	260°, 1 kt
	Meteorologische Sicht	150 m
	Wetterphänomene	ausgedehnte Nebelbänke (<i>partial fog</i>)
	Pistensicht Piste 14A	schwankend zwischen 400 m und 250 m, Tendenz sinkend
	Pistensicht Piste 16A	schwankend zwischen 900 m und 400 m
	Pistensicht Piste 28A	über 1500 m, Tendenz sinkend
	Niederschlag	kein Niederschlag
	Wolken	Vertikalsicht 80 ft
	Lufttemperatur Messpunkt Piste 14/16	-9 °C
	Taupunkt Messpunkt Piste 14/16	-9 °C
	Luftdruck, QNH	1025 hPa
	Luftdruck, QFE Piste 28	974 hPa

Pistenzustand	über 50% der Pistenflächen nass, Dicke operationell nicht von Bedeutung oder nicht messbar. Bremswirkung: keine zuverlässige Angabe möglich
---------------	--

1.7.3.5 Wetter im Zeitpunkt des Unfalls (21:07 UTC)

Wind Messpunkt Piste 14/16	320°, 1 kt
Wind Messpunkt Piste 34	330°, 3 kt
Meteorologische Sicht	100 m
Wetterphänomene	ausgedehnte Nebelbänke (<i>partial fog</i>)
Lufttemperatur Messpunkt Piste 14/16	-9 °C
Relative Feuchtigkeit	95 %
Bodentemperatur	-7.3 °C
Betontemperatur	-7.3 °C
Luftdruck, QNH	1025.4 hPa
Luftdruck, QFE Piste 28	974 hPa
Bodenzustand bei der Beobachtungsstation	Pulverschnee, den ganzen Boden bedeckend, Schneehöhe 1 cm

1.7.3.6 Eisansatz am Flugzeug vor dem Start in Zürich

1.7.3.6.1 Wassergehalt der Luft zum Zeitpunkt des Unfalls

Die Luft enthielt ca. 2 g Wasser pro kg Luft
(Luftdruck: 974 hPa, Taupunkt -9 °C)

1.7.3.6.2 Nebelbildung auf dem Flughafen

- Um 19:20 UTC wurden erstmals „Nebelbänke“ (*fog patches*) gemeldet
- Um 20:20 UTC und um 20:50 UTC wurde *partial fog* gemeldet
- Die Nebelbänke waren im Norden des Flughafens dichter als im Bereich des GAC (*General Aviation Center*)
- Bis zum Unfallzeitpunkt war die Nebeldecke über dem Flughafengelände nicht geschlossen

1.7.3.6.3 Aggregatzustand des Nebels

Zwischen 18:50 UTC und 20:50 UTC sank die Lufttemperatur bei praktisch klarem Himmel rasch von -5 °C auf -9 °C. Der Taupunkt sank in diesem Zeitraum von -6 °C auf -9 °C, dabei kondensierten oder sublimierten pro kg Luft ca. 0.5 g Wasserdampf.

Bei den entstandenen Nebelbänken handelte es sich um sogenannte junge Wolken. Bei Temperaturen zwischen -6 °C und -9 °C sind in jungen Wolken noch vorwiegend unterkühlte Wassertröpfchen vorhanden. Zum Unfallzeitpunkt dürfte der Nebel daher noch vorwiegend aus unterkühlten Wassertröpfchen bestanden haben.

Pilotenaussagen wie „Halo um RWY-*lights*“ (SR 460, Start um 23:15 UTC) lassen jedoch darauf schliessen, dass zu diesem Zeitpunkt (23:15 UTC) doch schon eine beträchtliche Anzahl von Eiskristallen vorhanden war.

1.7.3.6.4 Auswirkungen auf das Flugzeug

Neben dem Aufprall von unterkühlten Nebeltröpfchen, die auf der Flugzeugoberfläche relativ rasch gefrieren, ist bei diesen Bedingungen (annähernd klarer Himmel, rasch sinkende Temperatur) zusätzlich noch Reifbildung durch Sublimation möglich, vor allem bei Flugzeugen, deren Oberflächentemperatur bereits deutlich unter Null Grad C liegt.

Im Bereich des GAC (*General Aviation Center*) war der Nebel weniger dicht, die Abstrahlung der Flugzeugzelle war daher weniger behindert als in den Nebelbänken.

Der GAC Sector 1 ist praktisch auf allen Seiten von Gebäuden umgeben, von denen eine gewisse Wärmeabstrahlung ausgeht. In diesem Bereich dürfte die Abkühlung daher etwas vermindert sein.

1.7.3.6.5 Feststellungen von Piloten über Eisansatz am Flugzeug vor der Landung um 19:30 UTC

Zwei anfliegende Flugzeuge meldeten im Anflug (*approach*) „wenig Eis“ (LX 497, Landung Piste 16 um 20:51 UTC) und „etwas Frost“ (LX 3629, Landung Piste 16 um 21:01 UTC).

1.7.3.6.6 Aussagen von Piloten

Die Aussagen der Piloten sind unterschiedlich, abhängig von der Oberflächentemperatur der Flugzeuge, dem Standort und der Verweilzeit im Flughafengebiet.

ARRIVAL:

- SR 809 (Landung Piste 16, 21:06 UTC): „*no ice on ground*“, trotz langer Rollzeit.
- LX 3549 (Landung Piste 16, 20:41 UTC): „*leichter Frost during ground time*“

DEPARTURE:

- LX 914 (Abflug Piste 28, 20:28 UTC): „Frost auf Flügeln, *de-icing* nicht notwendig“
- LX 3038 (Abflug Piste 28, 20:50 UTC): „*no ice* am Flügel, wegen warmem *fuel* geschmolzen“
- LX 3878 (Abflug 21:02 UTC): „*no de-icing on ground*“

Spätere Starts:

- SR 606 (Abflug Piste 34, 23:09 UTC): „war lange draussen, Flügel voll mit Frost, 2 mal *de-iced*“
- SR 436 (Abflug Piste 34, 23:11 UTC): „etwas Frost auf Flügel, 2 mal *de-iced*“ (seit ca. 19:15 UTC am Boden)
- SR 810 (Abflug Piste 34, 23:13 UTC): „Frost, 2 mal *de-iced*“
- SR 460 (Abflug Piste 34, 23:15 UTC): „leichter Frost auf Flügel, *de-iced*“
- SR 710 (Abflug Piste 34, 23:17 UTC): „Frost bis Eis, 2 mal *de-iced*, Eis an *fan blades*“

1.7.3.7 Flugplatzwettermeldungen METAR

Zum Unfallzeitpunkt war das folgende METAR gültig:

202050Z 30002KT 0150 R14/0250V0400D R16/0400V0900N R28/P1500N PRFG VV000
M09/M09 Q1025 8829//99 NOSIG=

1.7.4 Ausgestrahlte Wetterinformationen

1.7.4.1 ATIS

Die Flugbesatzung von HB-VLV verfügte über ATIS Information X-RAY

INFO X-RAY

LANDING RUNWAY 14 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 1950 UTC 20.12.2001

350 DEG 2 KT

VIS 250 M

R14/P1500 R16/0300 R28/0400

FOG PATCHES

FEW 250 FT

-08/-08

QNH 1025 TWO FIVE

TREND BECOMING VIS 200 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 Nr.091 1825

ALL RUNWAYS,

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

Dann folgten folgende ATIS-Meldungen:

INFO YANKEE

LANDING RUNWAY 14 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001

340 DEG 2 KT

VIS 200 M

R14/0325 R16/0250 R28/0550

PARTIAL FOG

SCT 150 FT

-08/-08

QNH 1025 TWO FIVE

TREND BECOMING BKN 200 FT

TRANSITION LEVEL 50

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

RUNWAY REPORT NR.091 1825

ALL RUNWAYS

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

INFO ZULU

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001

340 DEG 2 KT

VIS 200 M

R14/0325 R16/0250 R28/0550

PARTIAL FOG

SCT 150 FT

-08/-08

QNH 1025 TWO FIVE

TREND BECOMING BKN 200 FT

TRANSITION LEVEL 50

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

RUNWAY REPORT NR.091 1825

ALL RUNWAYS

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

INFO ALPHA

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2020 UTC 20.12.2001

340 DEG 2 KT

VIS 200 M

R14/0325 R16/0250 R28/0550

PARTIAL FOG

SCT 150 FT

-08/-08

QNH 1025 TWO FIVE

TREND BECOMING BKN 200 FT

TRANSITION LEVEL 50

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

RUNWAY REPORT NR.091 1825

ALL RUNWAYS

FULL LENGTH 30 M WET, DEICED

APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

Zum Unfallzeitpunkt wurde die folgende ATIS-Information ausgestrahlt:

INFO BRAVO

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34

QAM LSZH 2050 UTC 20.12.2001

260 DEG 1 KT

VIS 150 M

R14/0250 R16/0400 R28/P1500

PARTIAL FOG

VER VIS 80 FT

-09/-09

QNH 1025 TWO FIVE

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 NR.091 1825
ALL RUNWAYS
FULL LENGTH 30 M WET, DEICED
APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

Dann folgte die ATIS-Meldung:

INFO CHARLIE

LANDING RUNWAY 16 ILS APPROACH, DEPARTURE RUNWAY 34
QAM LSZH 2120 UTC 20.12.2001
330 DEG 3 KT
VIS 100 M
R14/P1500 R16/0300 R28/0275
PARTIAL FOG
VER VIS 70 FT
-09/-09
QNH 1025 TWO FIVE
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 NR.091 1825
ALL RUNWAYS
FULL LENGTH 30 M WET, DEICED
APRON AND TAXIWAYS PATCHES OF WET SNOW, TAXI WITH CAUTION

1.7.5 Pistensichtweite und meteorologische Sicht

1.7.5.1 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.

1.7.5.2 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.

1.7.5.3 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.

1.7.5.4 Standorte der Transmissometer auf dem Flughafen Zürich

Entlang der Piste 16/34 sind drei Transmissometer-Anlagen im Abstand von 110 m von der Pistenmittellinie in folgenden Positionen installiert:

- TMM 16A: ca. 420 m vom Pistenanfang 16
- TMM 16B: ca. 1480 m vom Pistenanfang 16
- TMM 34C: ca. 550 m vom Pistenanfang 34

Die gemessenen RVR-Werte werden alle zehn Sekunden an das InfoNet der skyguide weitergeleitet und innerhalb von Sekundenbruchteilen auf den *displays* der Arbeitsplätze entsprechend dargestellt.

1.7.5.5 Zeitliche Entwicklung der Pistensichtwerte entlang der Piste 16/34 am Unfallabend

In der nachfolgenden Tabelle sind die 1-Minuten-Mittel der Pistensichtwerte für ausgewählte Zeiten dargestellt:

TIME (UTC)	TMM 16A	TMM 16B	TMM 34C
19:30:08	2000	1600	2000
19:35:08	0900	0800	2000
19:40:06	0300	0750	2000
19:45:06	0500	0600	2000
19:50:06	0750	0800	2000
19:55:07	0375	0600	2000
20:00:07	0400	0250	1800
20:05:07	0400	0250	1900
20:10:08	0275	0350	2000
20:15:08	1600	1900	1300
20:20:07	2000	2000	0900
20:25:08	2000	2000	0900
20:30:08	0750	1400	0750
20:35:08	0900	2000	1000
20:40:08	0700	2000	0400
20:45:08	0400	2000	0375

TIME (UTC)	TMM 16A	TMM 16B	TMM 34C
20:50:07	0550	2000	0400
20:55:07	0325	1700	0500
20:56:07	0400	0650	0750
20:57:07	0450	0350	1500
20:58:07	0400	0300	0400
20:59:07	0350	0275	0325
21:00:06	0375	0300	0300
21:01:06	0400	0800	0325
21:02:06	0325	0700	0350
21:03:06	0275	1200	0375
21:04:06	0275	1100	0350
21:04:47	0300	1300	0325
21:04:57	0300	1300	0325
21:05:07	0300	1600	0325
21:05:17	0300	1600	0350
21:05:27	0350	1600	0350
21:05:37	0350	1700	0350
21:05:47	0350	1700	0400
21:05:57	0400	1700	0400
21:06:07	0400	1800	0400
21:06:17	0400	1800	0450
21:06:27	0400	1800	0450
21:06:37	0400	1900	0450
21:06:47	0400	1900	0450
21:06:57	0400	1900	0450
21:07:07	0400	1900	0450
21:07:17	0400	1900	0400
21:07:27	0375	1900	0400
21:07:37	0375	1900	0400
21:07:47	0375	1900	0400
21:07:57	0400	1900	0400
21:08:07	0400	2000	0400

(2000 = 2000m oder über 2000m)

1.8 Navigationshilfen

1.8.1 Generelle Einschränkungen

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, was vom BAZL akzeptiert wurde. Ein detaillierter Bericht wurde seinerzeit von skyguide erstellt.

1.8.2 Navigationshilfen für das Standard Instrument Departure „Willisau 3N“

Als Navigationshilfen werden der *localizer* des Instrumentenlandesystems der Piste 16, die DVOR/DME Kloten (KLO), DVOR/DME Trasadingen (TRA) und DVOR/DME Willisau (WIL) verwendet. Alle sind mit einer Entfernungsmessanlage (DME) ausgerüstet.

Navigationshilfe	LLZ 16 ZRH
Geographische Lage	47° 26' 36.52" N, 008° 33' 29.27" E
Höhe über Meer	1400 ft AMSL
Frequenzen	LLZ 110.50 MHz, DME Kanal 42 X
Betriebsdauer	24 Stunden

Navigationshilfe	DVOR/DME KLO
Geographische Lage	47° 27' 25.73" N, 008° 32' 44.14" E
Höhe über Meer	1410 ft AMSL
Überdeckungsbereich (DOC)	50 NM/25 000 ft
Frequenzen	DVOR 114.85 MHz, DME Kanal 95 Y
Betriebsdauer	24 Stunden

Navigationshilfe	DVOR/DME TRA
Geographische Lage	47° 41' 22.16" N, 008° 26' 13.15" E
Höhe über Meer	1850 ft AMSL
Überdeckungsbereich (DOC)	100 NM/50 000 ft
Frequenzen	DVOR 114.30 MHz, DME Kanal 90 X
Betriebsdauer	24 Stunden

Navigationshilfe	DVOR/DME WIL
Geographische Lage	47° 10' 41.88" N, 007° 54' 21.30" E
Höhe über Meer	2417 ft AMSL
Überdeckungsbereich (DOC)	50 NM/25 000 ft
Frequenzen	DVOR 116.90 MHz, DME Kanal 116 X
Betriebsdauer	24 Stunden

Die Sendeanlagen der Stationen LLZ 16 ZRH, DVOR/DME KLO, DVOR/DME TRA und DVOR/DME WIL befanden sich am 20. Dezember 2001 von 20:45 bis 21:15 UTC im Normalbetrieb und standen den Betriebsdiensten uneingeschränkt zur Verfügung.

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

1.9 Kommunikation

1.9.1 Beteiligte Flugverkehrsleitstellen

1.9.1.1 Allgemeines

Flugverkehrsleitstelle	Abkürzung	Frequenz
Clearance Delivery	CLD	121.800 MHz
Ground control	GRO	121.900 MHz
Aerodrome control (tower)	ADC	118.100 MHz
Approach control west	APW	118.000 MHz
Aerodrome vehicle (Wagenfunk)		164.475 MHz

1.9.1.2 Personaleinsatz in der Platzverkehrsleitstelle

Der Sektorbelegungsplan der skyguide sah zum Zeitpunkt des Unfalles in der Platzverkehrsleitstelle vier Arbeitspositionen vor. Tatsächlich waren drei Arbeitspositionen besetzt.

Der Dienstleiter (DL) hatte aufgrund eines krankheitsbedingten Ausfalles zusätzlich die Funktion Ground control (GRO) übernommen.

1.9.2 Gesprächsaufzeichnungen

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

- Sämtliche benutzten VHF-Funkkanäle; beim ADC Arbeitsplatz ist zusätzlich ein Aufzeichnungsgerät für Kurzaufnahmen installiert
- Sämtliche Drahtverbindungen zwischen den Arbeitsplätzen
- Sämtliche Telefongespräche an den Arbeitsplätzen
- Sprechfunkverbindungen zur Kommunikation mit Polizei und Rettungskräften

Die Verständigungsqualität war gut und die Aufzeichnung lückenlos.

Die Gespräche im Kontrollturm werden nicht durch ein Ruummikrofon aufgenommen.

1.9.3 Kommunikationsanlagen

Das *log book* des *system management* (SYMA) wies zum Unfallzeitpunkt keine Ausfälle oder Mängel an den Kommunikationsanlagen im Kontrollturm 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* war.

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 Anflug-schneisen zweier weiterer Pisten (16 und 14) schneiden sich ungefähr 850 Meter nordwestlich der Pistenschwelle 14. Die Pisten 16 und 14 sind mit einem Instrumenten-landesystem (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 Piste 34 ist mit einem Beleuchtungssystem nach den Normen der ICAO für den Dauerbetrieb bei jeder Witterung ausgestattet. Es wird zwischen Beleuchtungen mit hoher (LIH – *light intensity high*) und niedriger Intensität (LIL – *light intensity low*) unterschieden.

Für Starts bei schlechter Sicht ist die Hochintensiv-Pistenmittellinien-Befuerung und die Hochintensiv-Pistenrand-Befuerung von Bedeutung. Die Intensität dieser Befuerung lässt sich auf 1%, 3%, 10%, 30% und 100% einstellen.

Die Pistenmittellinienbefuerung ist erdverlegt und beheizt. Die Lampen sind in Abständen von 15 m verlegt. Bis 900 m vor dem Pistenende leuchten sie weiss. Zwischen 900 m und 300 m vor dem Pistenende leuchten sie abwechselnd weiss und rot, auf den letzten 300 m leuchten sie nur noch rot. Der Abstrahlwinkel ist vertikal auf 3° eingestellt.

Die Pistenrandfeuer sind in Abständen von 30 m beidseits entlang der Piste angeordnet und befinden sich ungefähr 1 m ausserhalb der benützbaren Pistenfläche. Die Lampen leuchten weiss und auf den letzten 600 m vor dem Pistenende bernsteinfarben (*amber*).

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+1h. 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 Strahl- flugzeuge Piste 28 für Propeller- flugzeuge	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 Flug- zeuge	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 Flug- zeuge gestattet	Möglichkeit zur Kapazitätssteigerung
Nach 21:00 Uhr	Start: Piste 34 für Strahl- flugzeuge Start: Piste 28 nur für Pro- pellerflugzeuge	

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 ist mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 9 ausgerüstet. Das Konzept gewährleistet einen Einsatz innerhalb von zwei bis maximal drei Minuten an jedem Ort innerhalb des Flughafengeländes. Zu diesem Zweck unterhält die Feuerwehr zwei Hauptstützpunkte – Wache „Basis“ und Satellit „Nord“ – die beide über Löschmittelmengen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der ICAO verfügen. Daneben existiert der Standort Satellit „A“ (am westlichen Ende des Fingerdocks A), welcher über ein Universal-Tanklöschfahrzeug verfügt.

Die Berufsfeuerwehr des Flughafens leistet während des Flugbetriebes permanent Bereitschaftsdienst. Im Ereignisfall stehen die Einsatzkräfte über entsprechende Kommunikationsmittel in ständigem Kontakt mit dem Kontrollturm und der Polizei.

1.11 Flugschreiber

1.11.1 Digital Flight Data Recorder DFDR

1.11.1.1 Technische Beschreibung

Das Fairchild *flight data recorder system* Model F1000 bestand aus einem *digital flight data recorder* (DFDR) und einem *triaxial accelerometer*.

Die Daten von verschiedenen Flugzeugsystemen und Sensoren werden nach einem vorgegebenen Programm abgefragt und dann sequenziell an den *digital flight data recorder* weitergeleitet. Alle Daten, seien sie analog oder digital, werden im DFDR in ein einheitliches Format umgewandelt und in einer bestimmten Reihenfolge digital gespeichert. Für eine spätere Auswertung müssen die Daten durch einen externen Rechner in so genannte *engineering units* (*heading in degrees, altitude in feet* usw.) zurückverwandelt werden.

Der DFDR war im Heck des Flugzeuges installiert. Er speicherte die Daten in einer Speichereinheit (*memory unit*), welche sich in einer schlag- und feuersicheren Kapsel befand, um auch die Wirkung eines Flugzeugabsturzes überstehen zu können. 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 *triaxial accelerometer* befand sich in der Mitte des Flugzeugrumpfes. Es registrierte die Beschleunigungen entlang den drei Flugzeugachsen.

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

Der *digital flight data recorder* begann zu arbeiten, wenn eines der Triebwerke lief und die Parkbremse gelöst wurde.

1.11.1.2 Unterhalt und Überwachung

Der DFDR wurde gemäss dem *Maintenance Manual* Arbeitsblatt letztmals anlässlich der letzten Phase B Kontrolle vom 12. September 2001 kontrolliert.

1.11.1.3 Befunde

Der DFDR Fairchild Modell F1000, P/N S703-1000-00, S/N 00548 wurde noch in der Unfallnacht aus dem Flugzeugwrack ausgebaut. Das Gerät wies äusserlich leichte Beschädigungen auf.

1.11.2 Cockpit Voice Recorder

1.11.2.1 Technische Beschreibung:

Das Sundstrand *cockpit voice recorder (CVR) system* bestand aus einem *cockpit voice recorder* Modell AV557C, einem *microphone monitor* und einem *cockpit area mike* (CAM). Der CVR war im Heck des Flugzeuges installiert. Der *microphone monitor* war im Cockpit im *right meter panel* eingebaut. Das CAM war im *overhead panel* installiert.

Beim eingebauten Aufzeichnungsgerät handelte es sich um einen analogen CVR. Dieses Gerät enthält ein endloses Magnetband mit einer Aufnahmedauer von 30 Minuten. Das Band ist in vier Spuren (Kanäle) aufgeteilt: P1, P2, PA und CAM. Es sind drei Magnetköpfe hintereinander angeordnet: Löschkopf, Aufnahmekopf und Wiedergabekopf. Vor der Aufnahme wird das Band durch einen konventionellen Löschkopf gelöscht. Der Wiedergabekopf hinter dem Aufnahmekopf dient zu Testzwecken (Hinterbandkontrolle). Das Magnetband ist in einer schock- und feuersicheren Kassette untergebracht.

Die Kanäle P1 und P2 zeichnen Gespräche des Piloten respektive des Copiloten via *boom microphone* (oder *handmike*) auf. Der CAM-Kanal zeichnet Gespräche und Geräusche im Cockpit auf. Der PA-Kanal dient zur Aufzeichnung der Ansagen über das *public address* System.

Wenn das Flugzeug nach dem Flug parkiert ist, hat der Pilot die Möglichkeit, das CVR Band ganzheitlich (*bulk erase*) zu löschen. Diese Löschung wird dadurch bewirkt, dass mittels einer Magnetspule, welche das gesamte Band überdeckt, ein 400 Hz Signal überlagert wird. Damit wird die Aufzeichnung unbrauchbar gemacht. Die Löschung erfolgt, wenn auf dem CVR *microphone monitor* der *erase button* mindestens 2 Sekunden lang gedrückt wird. Das 400 Hz Signal wird zusammen mit den alten Aufzeichnungen wieder gelöscht, bevor eine Neuaufnahme erfolgt.

Wird auf dem CVR *microphone monitor* der *test button* gedrückt, so wird sequenziell ein 600 Hz Signal auf jede der vier Spuren aufgezeichnet. Über die Hinterbandkontrolle wird ein Anzeigeelement angesteuert, welches nun viermal ausschlägt. Das 600 Hz Signal kann ebenfalls über den Kopfhöreranschluss auf dem *microphone monitor* abgehört werden.

1.11.2.2 Unterhalt

Der *cockpit voice recorder* wurde im Februar 2000 durch einen externen Unterhaltsbetrieb repariert und am 24. Februar 2000 wieder in die HB-VLV eingebaut. Gemäss den vorliegenden Arbeitspapieren wurde der *cockpit voice recorder* nach dem Einbau mehrmals durch die Firma Airbase Ltd. einer Funktionskontrolle unterzogen, letztmals am 12. September 2001. Auf den Arbeitspapieren wurden die jeweils vorgeschriebenen Kontrollen mit Unterschrift als durchgeführt bestätigt. Es sind keine Beanstandungen vermerkt worden.

1.11.2.3 Funktionskontrolle durch Flugbesatzung

Gemäss *company check list* C560 HB-VLV der Eagle Air Ltd. vom Juli 1997 musste der CVR vor jedem Flug geprüft werden.

Seit der letzten CVR-Aufzeichnung des Fluges vom 12. April 2000 wurde das CVR-System während rund 20 Monaten durch keinen Piloten der Eagle Air Ltd. beanstandet.

1.11.2.4 Befunde

Der CVR Sundstrand Modell AV557C, P/N 980-6005-077, S/N 11747 wurde noch in der Unfallnacht aus dem Flugzeugwrack ausgebaut. Das Gerät wies äusserlich leichte Beschädigungen auf.

Vom Unfallflug waren auf dem CVR keine Aufzeichnungen vorhanden. Die auf dem Magnetband aufgezeichneten Cockpit-Gespräche gehören zu einem Flug, welcher am 12. April 2000 stattgefunden hat. Demzufolge erfolgte an diesem Tag die letzte Aufzeichnung, d.h. rund 20 Monate vor dem Unfallflug.

Beim Öffnen des Gerätes wurde festgestellt:

- Das Magnetband war in drei Teile zerrissen. Die Untersuchung ergab, dass dieser Schaden durch den Unfallvorgang verursacht wurde.
- Der Antriebsriemen vom Motor zur Tonbandtransportrolle war von der Antriebsrolle gesprungen. Somit waren keine neuen Aufnahmen möglich. Dieser Schaden wurde nicht durch den Unfall verursacht.

1.12 Angaben über den Aufprall, das Wrack und die Unfallstelle

1.12.1 Aufprall

Unmittelbar vor der ersten Bodenberührung flog die Maschine mit einem Steuerkurs von 350° und ihre Geschwindigkeit über Grund betrug ca. 200 Kts. Anhand spurenkundlicher Untersuchungen an Trümmerteilen der hinteren Rumpfstruktur, die den Boden zuerst berührten, wird geschlossen, dass sich das Flugzeug in einer Auffangbewegung befunden hat. Die letzten DFDR Datenaufzeichnungen bestätigen die Einleitung dieser Auffangbewegung. Die spurenkundlichen Untersuchungen zeigten weiter, dass der erste Aufprall mit 1-5° *attitude nose up* (ANU) und mit ungefähr 5° *right wing down* erfolgt ist.

Nach der ersten Bodenberührung begann das Flugzeug um die Hoch- und Querachse zu taumeln. Dabei schlug es mehrmals auf dem gefrorenen Boden auf. Bei diesen Aufschlägen wurden das Heckteil mit den Triebwerken und die Flügel vom Rumpf getrennt.

Die Länge des Trümmerfeldes vom Aufprall bis zur Lage des Flugzeugrumpfes auf der Piste 14 betrug ungefähr 500 m. Die Trümmerteile waren auf einer Breite von 80 m verstreut.

Gemäss der Untersuchung der Trümmerteile waren das Fahrwerk und die Landeklappen des Flugzeuges beim Aufprall eingefahren. Diese Erkenntnisse wurden durch die DFDR Daten bestätigt.

1.12.2 Trümmerfeld

Die erste Bodenberührung fand nördlich des Feuerwehr Satelliten „Nord“ auf einem Naturweg statt. Wegen des hart gefrorenen Bodens entstand kein Aufprallkrater.

Das ebene Trümmerfeld erstreckte sich von der ersten Bodenberührungsstelle bis zur Pistenmitte 14/32. Die Trümmerteile waren über eine lang gezogene Fläche von ungefähr 40 000 m² verteilt.

Das Trümmerfeld wurde zur Dokumentation in Sektoren eingeteilt. Die Positionen der grösseren Trümmerteile wurden protokolliert und einzelne Trümmerteile fotografiert.

1.13 Medizinische und pathologische Angaben

1.13.1 Kommandant

1.13.1.1 Vorgeschichte und medizinische Befunde

Gemäss Angaben des zuständigen Vertrauensarztes lagen keine für den Unfall relevante Erkrankungen vor.

1.13.1.2 Rechtsmedizinische Befunde

Das Gutachten des zuständigen Instituts für Rechtsmedizin kommt zu folgendem Schluss:

Die Verletzungen waren mit Zertrümmerung sämtlicher innerer Organe, multiplen Knochenbrüchen und teilweisen oberflächlichen Verbrennungen so schwer, dass der sofortige Tod durch den Unfall eintrat. Es konnten keine Hinweise auf vorbestehende Erkrankungen gefunden werden.

Ebenfalls waren sämtliche toxikologischen Untersuchungen auf gängige Stoffe (Alkohol, verschiedene Drogen, Kohlenmonoxyd und Beruhigungsmittel) sowohl im Blut als auch im Urin negativ. Im Weiteren liess sich kein Rauchgas in den Lungen nachweisen.

Der Pilot (als Name Vorname mit DNA klar identifiziert) starb zum Unfallzeitpunkt unmittelbar an den Folgen der erlittenen Verletzungen.

1.13.2 Copilot

1.13.2.1 Vorgeschichte und medizinische Befunde

Gemäss Angaben des zuständigen Vertrauensarztes lagen keine für den Unfall relevante Erkrankungen vor.

Er trug gelegentlich eine Brille, erfüllte aber auch ohne Brille die für die Flugtauglichkeit notwendigen Anforderungen, so dass in der Lizenz kein Eintrag notwendig war.

1.13.2.2 Rechtsmedizinische Befunde

Das Gutachten des zuständigen Instituts für Rechtsmedizin kommt zu folgendem Schluss:

Die Verletzungen waren mit Zertrümmerung sämtlicher innerer Organe, multiplen Knochenbrüchen und teilweisen oberflächlichen Verbrennungen so schwer, dass der sofortige Tod durch den Unfall eintrat. Es konnten keine Hinweise auf vorbestehende Erkrankungen gefunden werden.

Ebenfalls waren sämtliche toxikologischen Untersuchungen auf gängige Stoffe (Alkohol, verschiedene Drogen, Kohlenmonoxyd und Beruhigungsmittel) sowohl im Blut als auch im Urin negativ. Im Weiteren liess sich kein Rauchgas in den Lungen nachweisen.

Der Copilot (als Name Vorname mit DNA klar identifiziert) starb zum Unfallzeitpunkt unmittelbar an den Folgen der erlittenen Verletzungen.

1.14 Feuer

Etwa 15 m nach dem ersten Aufprall fing das berstende Flugzeug Feuer. Der Rumpfvorderteil kam auf der Piste 14/32 brennend zum Stillstand.

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

Zum Unfallzeitpunkt befanden sich ungefähr 3000 lbs, entsprechend etwa 1700 Liter, Treibstoff an Bord.

1.15 Überlebenschancen

1.15.1 Überlebbarkeit des Unfalls

Der Aufprall erfolgte mit hoher Geschwindigkeit auf den gefrorenen Boden. Die dabei auf die Besatzung einwirkenden Kräfte waren nicht überlebbar.

1.15.2 Alarmierung und Rettung

Flug EAB 220 startete um 21:06 UTC von der Piste 34 und wurde vom Platzverkehrsleiter (ADC) wenig später aufgefordert, auf die Frequenz von *approach control west* (APW) 118.000 MHz zu wechseln.

Kurz darauf bemerkte der Platzverkehrsleiter, wie das Radarecho der EAB 220 auf dem Bildschirm (*bright display*) erlosch. Nach dreimaligem Aufruf der Maschine und einer ergebnislosen Rückfrage bei APW über den Verbleib von Flug EAB 220 löste der Platzverkehrsleiter um 21:08 UTC Grossalarm aus.

Kurz nach dem Start der EAB 220 hatten Mitglieder der Besatzung der Feuerwehr Satelliten „Nord“ ungewöhnliche Geräusche eines tief fliegenden Flugzeuges, gefolgt von einem Aufprallgeräusch und einem Feuerschein, wahrgenommen. Nachdem Grossalarm ausgelöst worden war rückte die Flughafenfeuerwehr aus. Zusätzlich wurden die Ortsfeuerwehren von Opfikon und Kloten aufgeboden.

Der erste Löscheinsatz erfolgte durch den Löschzug „Nord“, welcher anschliessend vom Löschzug „Basis“ und dem Rettungszug unterstützt wurde. Es mussten Oelsperren errichtet werden. Nach erfolgreicher Bekämpfung des Feuers konnte der Tod der beiden Insassen festgestellt werden.

Der Einsatz der Feuerwehr dauerte bis 03:00 UTC des folgenden Tages. Die Bergungsarbeiten wurden mit Beginn des Tageslichtes fortgesetzt.

1.16 Weitere Forschungen

1.16.1 Spurenkundliche Untersuchungen

An 72 Teilen der Bereiche Mechanik, Elektromechanik und Avionik wurden spurenkundliche Untersuchungen durchgeführt.

1.16.2 Strömungsabriss aufgrund von Vereisung

Eine Analyse der Aufzeichnungen vergleichbarer Flüge und des Unfallfluges zeigte keine wesentlichen Unterschiede bezüglich Steuerausschläge, Geschwindigkeitszunahme, vertikaler Beschleunigung und Fluglage während des Anfangssteigfluges. Anhand der DFDR-Aufzeichnungen konnte ein Strömungsabriss während des Unfallfluges ausgeschlossen werden.

Weiter wurde untersucht, inwiefern Vereisung das aerodynamische Verhalten des Flugzeugs so verändern kann, dass gleichartige Steuerausschläge zu unterschiedlichen Flugbahnen führen (siehe Kap. 1.19).

1.16.3 Untersuchung der GNS-XLS Control Display Unit

Eine Anfrage bei der Herstellerfirma der GNS-XLS *control display unit* ergab, dass dieses Gerät zwar Daten über gewählte Frequenzen oder den eingegebenen Flugplan abspeichern kann, diese Daten jedoch bei Stromausfall verloren gehen.

Dagegen werden gewählte Frequenzen im *NAV controller* respektive im *COM controller* abgespeichert. Dies geschieht unabhängig davon, ob diese auf der *control display unit* (CDU) des *navigation management system* eingegeben oder am entsprechenden *controller* gewählt werden.

1.16.4 Untersuchung der VHF NAV und VHF COM Controller

Die Untersuchung der *non volatile memories* der *VHF COM controller* ergab folgende Resultate:

- VHF COM #1: Die letzte gewählte Frequenz 128.525 MHz (ATIS in Zürich)
- VHF COM #2: Die letzte gewählte Frequenz 118.000 MHz (*approach control* Zürich).

Die Untersuchung der *VHF NAV controller* #1 und #2 führte zu keinem schlüssigen Ergebnis, so dass die zuletzt eingestellten NAV Frequenzen nicht bestimmt werden konnten.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.17.1 Flugbetriebsunternehmen

1.17.1.1 Allgemeines

Die Firma Eagle Air Ltd. Air Charter + Taxi war ein kleines Flugbetriebsunternehmen, das von seinem Gründer geleitet wurde. Neben seiner Position als Geschäftsführer stand er auch den Bereichen Technik, Administration und Flugbetrieb vor und flog ebenfalls als Kommandant im Unternehmen. Die Position des Chefpiloten hatte er einer anderen Person zugewiesen.

Der große Kostendruck in der gesamten Branche der Bedarfsluftfahrtunternehmen galt auch für die Eagle Air Ltd., die einem starken Konkurrenzdruck ausgesetzt war.

1.17.1.2 Betriebsbewilligung gestützt auf Flugbetriebshandbuch gemäss VBR I

Die Firma Eagle Air Ltd. erhielt 1987 erstmals eine Betriebsbewilligung für gewerbmässigen Transport von Personen und Gütern. Die erste Erneuerung dieser Bewilligung erfolgte im Jahre 1992.

Eine weitere Erneuerung der Allgemeinen Betriebsbewilligung, ausgestellt am 22. Dezember 1997, basierte nach Art. 27 LFG und Art. 103 LFV auf einer Betriebsinspektion vom 9. Dezember 1997.

1.17.1.3 Luftverkehrsbetreiberzeugnis (AOC) gemäss JAR-OPS 1

Die Firma Eagle Air Ltd. war nicht nach JAR OPS 1 zertifiziert.

Die Firma Eagle Air Ltd. ging im Jahre 2002 in die Firma Swiss Eagle AG über und operierte aufgrund einer Betriebsbewilligung vom 23. Oktober 2002 weiterhin nach VBR I.

Am 7. Mai 2004 wurde die Betriebsbewilligung nach JAR-OPS 1 erteilt.

1.17.1.4 Unternehmensstruktur

Die Strahlflugzeugflotte der Firma Eagle Air Ltd. bestand aus einer Cessna CE 550 Citation II und einer Cessna CE 560 Citation V.

Das Flugbetriebsunternehmen beschäftigte drei fest angestellte Flugzeugführer sowie zwei Piloten auf halben Stellen. Die anderen für das Unternehmen arbeitenden Flugzeugführer waren freiberufliche Mitarbeiter.

Eagle Air Ltd. war zum Zeitpunkt des Unfalls nicht nach JAR-OPS 1 zertifiziert.

1.17.1.5 Auswahlverfahren für Flugzeugführer

Bei der Rekrutierung neuer Flugzeugführer wurde auf standardisierte Auswahlverfahren zur Überprüfung der fachlichen und persönlichen Eignung verzichtet. Der Entscheid zur Übernahme eines Bewerbers in die Position eines Flugzeugführers wurde vom Geschäftsführer auf der Grundlage eines Gesprächs zwischen ihm und dem Piloten gefällt.

1.17.1.6 Arbeitsklima

Das Arbeitsklima war laut Aussagen von Flugzeugführern des Unternehmens durch den autoritären Führungsstil des Geschäftsführers geprägt, der engen telefonischen Kontakt zu seinen Flugzeugführern während deren Einsätze hielt. Es war nicht ungewöhnlich, dass er ihnen auch während der Flugeinsätze konkrete Handlungsanweisungen vorgab.

Unregelmässige Flugeinsätze und hohe Arbeitsbelastungsspitzen gehören in diesem Geschäft zum Alltag und zehren an den Kräften der beanspruchten Piloten. Dieses galt auch für die Piloten der Eagle Air Ltd. und insbesondere den hier betroffenen Kommandanten.

Die Copiloten flogen nicht gerne mit dem Geschäftsführer, der selbst als Kommandant auf seinen Flugzeugen agierte, da er von ihnen aufgrund seiner dominanten und nicht teamorientierten Verhaltensweise als anstrengend erlebt wurde. Sein Führungsverhalten stand im Kontrast zur CRM-Philosophie. Mit den Leistungen der für sein Unternehmen fliegenden Copiloten war er häufig nicht zufrieden, was er ihnen auch vermittelte.

<i>Horizontal visibility</i>			
<i>Runway lighting</i>	<i>Aircraft category</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>NIL (day only)</i>	<i>500 m</i>	<i>600 m</i>	<i>600 m</i>
<i>RWY Edge lights</i>	<i>400 m</i>	<i>400 m</i>	<i>400 m</i>
<i>RWY Edge lights or centerline lights</i>	<i>250 m</i>	<i>300 m</i>	<i>300 m</i>
<i>RWY Edge and centerline lights</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>

FOM 15.01.02. – 220 Removal of snow and ice on the ground from the aircraft

Removal of snow and ice on the ground has to be made in accordance with PIC's instructions. Whenever necessary, ground staff shall be advised on aircraft de-icing procedures and a close supervision shall be maintained.

If the aircraft has been sprayed with de-icing to remove snow and ice, the PIC delegated crew member shall instruct the ground crew to arrange that no water enters or is left in static ports or other air intakes where it can easily freeze.

Before embarking, the PIC shall make a general inspection of the aircraft and coordinate with the supervisor that the aircraft is not released for taxiing before all frost, snow or ice on any part of the aircraft, which may adversely affect its performance or operation, has been removed.

As a guiding rule, take-off with even the smallest amount of ice or frost on any part of the aircraft must not be attempted.

Dry snow shall not be left to blow off during the take-off run.

After snow removal, the tail section and the wings of the aircraft must remain completely clean while the forward section of the fuselage may not get more than 0,5 cm of fresh snow before take-off.

If these conditions cannot be met, snow/ice removal and anti-icing spraying has to be done in the hangar.

After completion of de-icing it is important that take-off is made as soon as possible, therefore, the PIC shall arrange with the control tower, crew and ground personnel that everything is prepared beforehand to reduce the time from starting engines to actual take-off."

1.17.1.8 Firmeninterne Weisung bezüglich Enteisierung

Der Geschäftsführer äusserte sich diesbezüglich wie folgt:

„Jedes Flugzeug verfügt über entsprechendes Enteisierungsmittel, einer Fünfliter-Bombe, zudem über einen Schaber, mit Verlängerung bis ca. 2.50 m und 60 cm breit. Das Eis am Flügel, Schwanz wird mit dem Mittel eingesprüht. Man erreicht mit dem Schaber alle Stellen. Alle Flugzeuge führen auch einen Fusstritt mit. Viele Plätze haben keine facilities. Wenn das Flugzeug vorher geflogen ist, reicht diese Ausrüstung längstens. Nur wenn das Eis dick ist, wenn es z.B. regnet über Nacht, wird in Bern der Enteisierungswagen der [Name der Handlingfirma] beigezogen oder wo immer das Flugzeug steht wird es hangariert zum Auftauen.“

1.17.1.9 Betriebsvorschriften Cessna CE 560 Citation V

1.17.1.9.1 Anti-Collision Lights

Die *company check list* C560 HB-VLV der Eagle Air Ltd. basiert auf dem gültigen *airplane flight manual* (AFM).

In den Unterlagen des Flugbetriebes finden sich keine SOP (*standard operating procedures*) für die Cessna CE 560 in welchen die einzelnen Punkte der Arbeitscheckliste genauer umschrieben sind.

Ein für den Unfall relevanter Punkt findet sich in der *Line up* Checkliste:

Der Checklisten Punkt *Anticollision and landing lights* enthält den Vermerk *On/as required*.

Das AFM präzisiert im Kapitel *Section III – Operating Procedures, Normal Procedures* im *Before Takeoff* Check den Punkt *Anti-Collision Lights and Recognition Lights – ON* mit der folgenden Anmerkung:

NOTE

Do not operate the anti-collision lights in conditions of fog, clouds or haze as the reflection of the light beam can cause disorientation or vertigo.

1.17.1.9.2 Engine RPM

Die Leerlaufdrehzahlen des Hochdruckkompressors (N2) mit den entsprechenden Toleranzen finden sich im AFM im Kapitel *Section III – Operating Procedures, Normal Procedures*.

Drehzahl (N2)	Toleranz
<i>gnd idle</i> NORM: min 46.0 %	+1.0 %/-0 %
<i>gnd idle</i> HIGH: min 52.0 %	±0.5 %

In der *company checklist* C560 HB-VLV der Eagle Air Ltd. weichen diese Drehzahlwerte wie folgt ab:

Drehzahl (N2)	Toleranz
<i>gnd idle</i> NORM: min 49 % - 50 %	keine Angaben
<i>gnd idle</i> HIGH: min 52 % - 53 %	keine Angaben

Im Weiteren kann festgestellt werden, dass die Triebwerkstartvorgänge bezüglich der Überprüfung der Leerlaufdrehzahlen vom AFM abweichen.

1.17.1.9.3 Take-off procedure Cessna 560

Im AFM wird der Ablauf des Starts nicht näher beschrieben. Im *pilot training manual* der Trainings-Organisation Flight Safety International wird der Startvorgang folgendermassen beschrieben:

Sample Pretakeoff Briefing:

Figures GEN-1 (Anhang 5.2) and GEN-2 show accepted Citation V takeoff profiles

Accomplish the following briefing prior to requesting takeoff clearance:

1. *"This will be a (static or rolling) takeoff with flaps set at (state flap position)."*
(mention anti-ice if required.)

2. *"I will advance the throttles, and you set takeoff power."*
3. *"Call Airspeed alive, '70 kts', 'V₁', 'rotate', 'V₂' and 'positive rate'."*
4. *"Monitor all engine instruments and the annunciator panel during takeoff. At the '70 kts' call, cross-check both airspeed indicators."*
5. *"In the event of a serious malfunction prior to V₁, call 'abort'." (Captain may reserve authority to call abort)*
6. *"If a malfunction occurs at or after V₁, we will continue the takeoff. Advise me of the malfunction, and we will handle it as an in-flight emergency. Plan to fly (state intentions)"*
7. *"Departure instructions are (state intentions). The nav aids are set to..."*
8. *"Any questions?"*

Normal Takeoff:

At V_R, the pilot will rotate the aircraft to a 10° noseup attitude on the ADI and, when a positive rate of climb is indicated, retract the gear. As the airspeed increases through a minimum of V₂ + 10 kts (V_{FS}), retract the flaps. Continue to accelerate to normal climb speed, and complete the After Takeoff-Climb checklist.

1.17.1.9.4 Ground De-Ice/Anti-Ice Operations

Im AFM *Section IV – Advisory Information*, wird die Enteisung des Flugzeuges wie folgt empfohlen:

"During cold weather operations, flight crews are responsible for ensuring the airplane is free of ice contaminants.

Ground icing may occur whenever there is high humidity with temperatures of +10 °C or colder. Type I deice, and Type II or Type IV anti-ice fluids may be used sequentially to ensure compliance with FAA regulations (clean wing concept) requiring critical component airframe deicing and anti-icing.

NOTE

It is recommended that flight crews refamiliarize themselves seasonally with the following publications for expanded deice and anti-ice procedures:

- *Cessna Maintenance Manual Chapter 12.*
- *FAA Advisory Circular AC 120-58 (large aircraft), dated September 30, 1992 or later.*
- *FAA Advisory Circular AC 135-17 (small aircraft), dated December 14, 1994 or later.*
- *Cessna Citation Service Letter SL560-30-08, dated May 29, 1998, or later.*

DEICING/ANTI-ICING PROCEDURES (TYPE I, TYPE II, AND TYPE IV FLUIDS)

ONE STEP DEICING – Type I fluid is used to remove ice, slush and snow from the airplane prior to departure, and to provide minimal anti-icing protection, as provided in the Type I holdover timetable (refer to applicable service letter).

TWO STEP DEICE/ANTI-ICE – May be used to ensure the airplane remains clean after deicing. Type II or Type IV fluid is used to provide longer term anti-icing protection, as

provided in the Type II or Type IV holdover timetable (refer to applicable service letter).

CAUTION

TYPE I, TYPE II, AND TYPE IV FLUIDS ARE NOT COMPATIBLE AND MAY NOT BE MIXED. ADDITIONALLY, MOST MANUFACTURERS PROHIBIT MIXING OF BRANDS WITHIN A TYPE.

Line personnel should be supervised by the PIC or SIC to ensure proper application of deice or anti-ice, fluids. Refer to figures 7-5 and 7-6.

NOTE

The first area to be deiced/anti-iced should be easily visible from the cabin/cockpit and should be used to provide a conservative estimate for unseen areas of the airplane before initiating takeoff roll.

Holdover timetables (refer to applicable service letter) are only estimates and vary depending on many factors which include temperature, precipitation type, wind and airplane skin temperature. Holdover times are based on mixture ratio. Times start when the last application begins.

Guidelines for holdover times anticipated by SAE Type I, Type II, or Type IV, and ISO Type I, Type II, or Type IV fluid mixtures are a function of weather conditions and outside air temperature (OAT).

CAUTION

- *AIRPLANE OPERATORS ARE SOLELY RESPONSIBLE FOR ENSURING HOLDOVER TIMETABLES CONTAIN CURRENT DATA.*
- *TABLES ARE FOR USE IN DEPARTURE PLANNING ONLY AND THEY SHOULD BE USED IN CONJUNCTION WITH PRETAKEOFF CONTAMINATION CHECK PROCEDURES.*

NOTE

- *Tables do not apply to other than SAE or ISO Type I, Type II or Type IV FPD fluids.*
- *The responsibility for the application of this data remains with the user.*
- *The freezing point of Type I, Type II, and Type IV fluid mixture must be at least 10 °C (18 °F) below the current OAT.*

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE I FLUID

Type I fluid should be sprayed on the airplane (with engines off) in a manner which minimizes heat loss to the air. If possible, fluid should be sprayed in a solid cone pattern of large coarse droplets at a temperature of 160 ° to 180 °F. The fluid should be sprayed as close as possible to the airplane surfaces, but not closer than 10 feet if a high pressure nozzle is used. Refer to Figures 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced and anti-iced.

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE II FLUID

Application techniques for Type II fluid are the same as for Type I, except that since the airplane is already clean, the application should last only long enough to properly coat the airplane surfaces. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced.

Type II, fluid should be applied cold to a "clean" airplane. It is, however, sometimes heated and sprayed as a deicing fluid. For this case, it should be considered a Type I fluid, as the heat may change the characteristics of the thickening agents in the fluid. Type II fluid, therefore, applied in this manner, will not be as effective as if it were applied cold.

SPRAYING TECHNIQUE – TYPE IV FLUID

Application techniques for Type IV fluid are the same as for Type I, except that since the airplane is already clean, the application should last only long enough to properly coat the airplane surfaces. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced.

Type IV, fluid should be applied cold to a "clean" airplane. It is, however, sometimes heated and sprayed as a deicing fluid. For this case, it should be considered a Type I fluid, as the heat may change the characteristics of the thickening agents in the fluid. Type IV fluid, therefore, applied in this manner, will not be as effective as if it were applied cold.

NOTE

- *Holdover time starts when last application has begun.*
- *Some Type IV fluids could form a thick or high-strength gell during "dry-out" and when rehydrated form a slippery film.*
- *Some Type IV fluids exhibit poor aerodynamic elimination (flow-off) qualities at colder temperatures.*
- *Heated areas of aircraft (i.e.; heated leading edge) should be avoided due to the fact that fluid may "dry-out" into hard globular nodules.*
- *Type IV fluid should not be used undiluted below -24 °C (-11 °F).*

PRETAKEOFF CONTAMINATION CHECK – GROUND ICING CONDITIONS

When ground icing conditions are present, a pretakeoff contamination check should be conducted by the PIC/SIC within 5 minutes prior to takeoff, preferably just prior to taxiing onto the active runway. Critical areas of the airplane such as empennage, wing, windshield and control surfaces should be checked to ensure they are free of ice, slush and snow or that the deice/anti-ice fluids are still protecting the airplane. Refer to Figure 7-5 and 7-6 for essential areas to be deiced/anti-iced."

1.17.2 Unterhaltsbetrieb

Der erste Ausweis für Luftfahrzeug – Unterhaltsbetriebe wurde vom BAZL für die Firma Airbase Ltd. am 11. Januar 1990 ausgestellt.

Das Gesuch für die JAR-145 Zertifizierung wurde durch einen neuen Direktor als *accountable manager* am 9. Juli 1992 eingereicht.

Am 17. November 1994 übernahm dieser Direktor die Firma Airbase Ltd., Belp.

Eine erste Empfehlung zur Erteilung eines Unterhaltsbetriebsausweises gemäss VLU/JAR-145 (*JAA Form six Part four*) wurde durch das BAZL am 2. Dezember 1994 ausgestellt.

Ab 1995 wurde der Unterhaltsbetrieb mehrmals vom BAZL auf die Erfüllung von VLU/JAR-145 hin auditiert. Die Empfehlungen zur Erneuerung des Unterhaltsbetriebsausweises gemäss JAR-145 (*JAA Form six Part four*) wurden jeweils am 6. Januar 1998 mit 9 Beanstandungen und am 10. Februar 2000 mit 23 Beanstandungen ausgestellt.

Für die Arbeiten an den elektrischen und elektronischen Anlagen war kein lizenzierter Fachspezialist bei der Firma Airbase Ltd. Belp angestellt. Für die Durchführung dieser Arbeiten wurde jeweils lizenziertes Personal einer Drittfirma beigezogen.

Folgende Unterlagen für an der HB-VLV ausgeführte Arbeiten konnten vom Flugbetriebsunternehmen und von der Firma Airbase Ltd. Belp bis zum Abschluss der Untersuchung nicht zur Verfügung gestellt werden:

- Arbeitspapiere, Kalibrierungs- und Prüfflugprotokolle der *angle of attack* Modifikation gemäss *service bulletin* (SB) 560-34-70 (siehe auch Kap. 1.6.10.1).
- Lufttüchtigkeitsbescheinigung (*Form one*) für den installierten *remote vertical gyro*. Wurde als Kopie mit der Stellungnahme von der Firma Airbase Ltd. vom 13. Dezember 2004 zum Entwurf des Untersuchungsberichtes dem BFU nachgeliefert.
- Arbeitspapiere und die dazu notwendigen *ground run* Protokolle für die Ausführung eines Triebwerkwechsels. Wurde als Kopie mit der Stellungnahme von der Firma Airbase Ltd. vom 13. Dezember 2004 zum Entwurf des Untersuchungsberichtes dem BFU nachgeliefert.
- Arbeitspapiere und Unterlagen aller ausgeführten Reparaturen.

1.17.3 Aufsichtsbehörde

1.17.3.1 Allgemeines

Die Gesetze und Verordnungen der Luftfahrt in der Schweiz beruhen auf den Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organisation* – ICAO). Für gewerbsmässige Flugbetriebsunternehmen 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.

1.17.3.2 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 durchgeführt. 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 Planungsgrundla-

gen 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 Luftverkehrsbetriebe (LV) – Dieser Prozess war für die Zulassung und die betriebliche Aufsicht von Flugbetrieben verantwortlich. Dazu gehörten ebenfalls die technische Überwachung des Flugmaterials und die „SAFA ramp checks“, in deren Rahmen auf schweizerischen Flugplätzen ausländische Luftfahrzeuge und Besatzungen stichprobenartig überprüft wurde. Eine entsprechende Organisation für schweizerische Luftfahrzeuge war zum Unfallzeitpunkt geplant, aber noch nicht eingeführt.
- Prozess Flugtechnische Betriebe (FT) – Der Prozess FT ist verantwortlich für die Zulassung und die kontinuierliche Aufsicht (inkl. periodische Audits) von rund 100 Luftfahrzeug-Unterhaltsbetrieben, von über 20 Herstellerbetrieben sowie von Ausbildungsbetrieben für Luftfahrzeug-Unterhaltungspersonal. Der Prozess FT bewirtschaftet auch die Lizenzen im Unterhaltsbereich. Die Vorschriften und Verfahren richten sich nach den europäischen Normen der *Joint Aviation Authorities* (JAR 145, JAR 21, JAR 147, JAR 66) und nach nationalen Verordnungen (VUP).

1.17.3.3 Einführung JAR-OPS 1 in der Schweiz

Anlässlich einer Konferenz am 29. April 1997 erklärte das BAZL gegenüber den Vertretern der schweizerischen Flugbetriebsunternehmen die Einführung der JAR-OPS 1, welche spätestens am 1. April 1998 umgesetzt sein sollte.

Während dieser Einführung zeigten sich beim BAZL Kapazitätsengpässe. Als Folge davon konzentrierte sich die Einführung von JAR-OPS 1 primär auf die grösseren Flugbetriebsunternehmen. Gesuche von Kleinunternehmen wurden teilweise zurückgestellt.

Die Übergangsbestimmungen waren in Art. 9 der VJAR-OPS1 definiert und lauteten wie folgt (Zitat):

1. Für die Besatzungszeiten gelten bis zur Inkraftsetzung der entsprechenden Bestimmungen von JAR-OPS 1 (Subpart Q) durch das Bundesamt die Vorschriften der Verordnung vom 23. November 1973 über die Betriebsregeln im gewerbsmässigen Luftverkehr (Ziff. 4.7).
2. Das Bundesamt setzt jedem Flugbetriebsunternehmen eine Frist, in der es den Betrieb und das Betriebsreglement den Bestimmungen dieser Verordnung und JAR-OPS 1 anzupassen hat.
3. Bis zur Genehmigung des angepassten Betriebsreglementes bleibt das bestehende Recht anwendbar.

Diese Verordnung tritt am 1. November 1997 in Kraft.

Ende Zitat

Das BAZL übte die Betriebsaufsicht über die Firma Eagle Air Ltd. gemäss Verordnung über die Betriebsregeln in gewerbsmässigem Luftverkehr (VBR I) aus.

1.17.3.4 Einführung JAR-OPS 1 bei Eagle Air Ltd.

Siehe Kapitel 1.17.1.3

1.17.4 Flugsicherung

1.17.4.1 Platzverkehrsleitstelle

Von der Platzverkehrsleitstelle, welche sich im Kontrollturm befindet, werden von skyguide jene Luftfahrzeuge geführt, die starten, landen oder Pisten kreuzen. 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 im Kontrollturm und in der An- und Abflugleitstelle verantwortlich.

1.17.4.2 Personaleinsatz

Der Sektorbelegungsplan der skyguide sah zum Zeitpunkt des Unfalles im Kontrollturm 4 Arbeitspositionen vor. Tatsächlich waren 3 Arbeitspositionen besetzt.

Ein Flugverkehrsleiter war krankheitshalber nicht zum Dienst erschienen. Der Dienstleiter (DL) musste daher die Einsatzplanung mit einem FVL weniger durchführen. Das führte dazu, dass er zum Zeitpunkt des Unfalls zusätzlich noch die Funktion *ground control* (GRO) besetzen musste.

1.17.4.3 All Weather Operations and Low Visibility Procedures

Gemäss Weisungen der skyguide wurden bei bestimmten Wetterbedingungen im Rahmen der *all weather operations* verschiedene Verfahren wirksam.

Es galten unter anderem die folgenden Definitionen:

All Weather Operations (AWO)

Any taxi, take-off, or landing operation in conditions where visual reference is limited by weather conditions.

Low Visibility Procedures (LVP)

Specific procedures applied at an aerodrome for the purpose of ensuring safe operations during Category II and III approaches and landings, and Low Visibility Take-Offs.

Low Visibility Take-Offs (LVTO)

A take-off on a runway where the RVR is 375 m or less at any position of the departure runway.

Low Visibility Operations (LVO)

Flight operations, which take place during take-offs conducted on a runway where the RVR is 375 m or less, as well as approaches and landings in Category II and III weather conditions."

Die Umstellung auf den Flugbetrieb unter schlechten Sichtbedingungen (LVO) erfolgte in mehreren Phasen.

In der Vorbereitungsphase (*preparation phase*), welche bei Pistensichtweiten (RVR) im Bereich der *touch down zone* (TDZ) von 750 m oder weniger begann, mussten diverse Voraussetzungen geschaffen werden. Über diese Phase wurden Piloten nicht informiert.

Der Beginn der Anwendungsphase (*application phase*) war für Starts oder Landungen unterschiedlich:

- Landung: Ein RVR-Wert von 550 m oder weniger im Bereich der TDZ
- Start: Ein RVR-Wert von 375 m oder weniger entlang der Piste

In obigen Fällen müssen Besatzungen via ATIS oder Funk informiert werden: „*Low visibility procedures in operation*“. Zusätzlich müssen die RVR-Werte von *touch down zone* und *stop-end* übermittelt werden.

Im Weiteren wurden in der Anwendungsphase verschiedene Massnahmen getroffen, welche aus dem Anhang 5.3 ersichtlich sind.

1.17.4.4 Übermittlung von RVR-Werten

Der ADC-Flugverkehrsleiter übermittelte im Rahmen der Startbewilligung keine RVR-Werte an Flug EAB 220.

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: Vorfeldverkehrsleitung (*apron control*), Vorfeldaufsicht (*apron service*), Flugplatzleitung (*duty office*), Sicherheitszonenschutz und kantonale Meldestelle für Hindernisbegrenzungen, Sicherheit (*security*) sowie Feuerwehr und Sanität (*safety*), Unterhaltungsdienste einschliesslich Winterdienst, Umweltschutz und Fluglärmmanagement.

Gegenüber der skyguide war der *duty officer* der Unique Ansprechpartner bezüglich Abweichungen vom Pistenbenutzungskonzept.

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 E* und im Bereich der Rollwege „Romeo“ und „Romeo 8“ sowie der „Whiskey“-Standplätze ist die Flughafen Zürich AG (Unique) zuständig.

1.17.6 Benützungsbegrenzungen Flughafen Bern-Belp

Der Flughafen Bern-Belp war von Montag bis Freitag für Nicht-Linienflüge wie folgt geöffnet:

Montag bis Freitag: 07:00 – 22:00 LT, ab 20:00 LT nur noch für Landungen.

Der 20. Dezember 2001 war ein Donnerstag. Auf Grund einer Sonderbewilligung, die der Geschäftsführer der Eagle Air Ltd. am Unfallabend von der Flughafenleitung erhalten hatte, konnte die HB-VLV bis spätestens 22:30 LT (21:30 UTC) in Bern-Belp landen.

1.18 Zusätzliche Angaben

1.18.1 Starts unter Instrumentenwetterbedingungen

1.18.1.1 Allgemeines

Das *manual of all-weather operations* der ICAO empfiehlt seit dem Jahre 1982 technische und operationelle Richtlinien, welche beim Betrieb unter Instrumentenwetterbedingungen von Bedeutung sind. Die Grundlagen für *low visibility procedures* (LVP) tangierten in Zusammenhang mit *low visibility take-off* (LVTO) auch Flugbetriebsunternehmen wie die Eagle Air Ltd.

Im Kapitel 4 *Basic Requirements for the Aeroplane and Flight Crew* des Manuals sollten zusammengefasst folgende Punkte im Flugbetrieb, speziell bei LVTO, erfüllt werden:

- Theoretische und praktische Ausbildung entsprechend der Funktion der Besatzungsmitglieder.
- Normale und aussergewöhnliche Situationen während dem Start bei reduzierter Sicht.
- Regelmässiges Training der Verfahren durch die Besatzung in Zusammenhang mit den periodischen Überprüfungen.

Unter anderem sind folgende Tatsachen für diesen Unfall relevant:

- Sobald die Pistensichtweite (*runway visual range – RVR*) unter 400 m fiel, wurden gemäss AIP in Zürich im Flugbetrieb auch für den Start die LVP angewendet.
- In den Betriebsvorschriften der Firma Eagle Air Ltd. fanden sich keine Verfahren für LVP.
- Der Kommandant des Unfallfluges absolvierte eine Ausbildung für LVP bei seinem früheren Arbeitgeber. Er verfügte über praktische Erfahrung im Flugbetrieb nach LVP.
- Der Copilot absolvierte keine Ausbildung für LVP.

1.18.1.2 Starts nach Instrumenten in der IFR Grundausbildung

1.18.1.2.1 Allgemeines

Die Untersuchung hat ergeben, dass bis zum Unfallzeitpunkt in der IFR Grundausbildung nicht ausdrücklich auf die Eigenheiten eines Starts nach Instrumenten eingegangen wurde. Eine solche Ausbildung hat zum Ziel, auf die Durchführung eines *low visibility take-off* vorzubereiten.

Den einzigen Hinweis in Bezug auf die Ausbildung für Starts nach Instrumenten gibt der vom BAZL vorgegebene Trainingsnachweis im Kapitel 4 des *IFR-Flight Instruction Programme*.

1.18.1.2.2 Kommandant

Wie die Unterlagen vom BAZL belegen, beendete der Kommandant seine IFR Grundausbildung gemäss dem Trainingsnachweis (*IFR-Flight Instruction Programme*) am 4. August 1994.

Im Trainingsnachweis des Kommandanten sind fünf Starts bei Nacht nach Instrumenten ausgewiesen.

1.18.1.2.3 Copilot

Wie die Unterlagen vom BAZL belegen, beendete der Copilot seine IFR Grundausbildung gemäss dem Trainingsnachweis (*IFR-Flight Instruction Programme*) am 21. April 1998.

Der Copilot absolvierte während seiner IFR Grundausbildung keine Nachtstarts nach Instrumenten.

1.18.2 Instrumentenflugverfahren in Zürich

1.18.2.1 Allgemeines

Die zum Zeitpunkt des Unfalls gültigen Instrumentenflugverfahren waren in Anlehnung an das Schweizer Luftfahrthandbuch AIP im Jeppesen *route manual* publiziert.

1.18.2.2 Mindestsichtweiten für Starts unter Instrumentenwetterbedingungen

Im Jeppesen *route manual*, welches durch die Besatzung benutzt wurde, waren die erforderlichen Mindestsichtweiten für Starts von der Piste 34 unter Instrumentenwetterbedingungen wie folgt publiziert:

<i>Runway lighting</i>	<i>Aircraft category</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>NIL (day only)</i>	<i>500 m</i>	<i>600 m</i>	<i>600 m</i>
<i>Runway lights (RL) or centreline lights (CL)</i>	<i>250 m</i>	<i>300 m</i>	<i>300 m</i>
<i>Runway lights (RL) and centreline lights (CL)</i>	<i>200 m</i>	<i>200 m</i>	<i>200 m</i>
<i>Runway lights (RL), centreline lights (CL) and multiple RVR values required</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>	<i>150 m</i>
<i>Approved operators</i>	<i>125 m</i>	<i>125 m</i>	<i>125 m</i>

Das Unfallflugzeug war in der Kategorie B eingeordnet.

1.18.2.3 Standard Instrument Departure „Willisau 3N“

Im Jeppesen *route manual*, welches durch die Besatzung benutzt wurde, war das *standard instrument departure* „Willisau 3N“ für die Piste 34 wie folgt beschrieben (Anhang 5.4):

WIL 3N 

On 335° track (use ILS 16 for track guidance) to KLO 4 DME or 3500', whichever is later, turn left (max IAS 210 kts), 245° track, intercept TRA R-192 to BREGO Intersection, intercept WIL R-055 inbound to WIL VOR-DME. Initial climb clearance 5000'

Cross BREGO Intersection at or above 6000', ZH551 Intersection and WIL VOR-DME at or above 7000'

 *Between 22:00 and 07:00 LT, if 3500' is not reached at KLO 4 DME advise ATC, 336° track (Rwy 32) or 335° track (Rwy 34) to KLO 9 DME, turn left, intercept TRA R-192.*

1.18.2.4 Noise Abatement Procedure

Im Jeppesen *route manual*, welches durch die Besatzung benutzt wurde, war das *noise abatement procedure* (NAP) generell wie folgt beschrieben:

DEPARTURES

(...)

Deviation from SIDs as depicted on Zurich SID charts is only possible at altitudes above 5000' (above FL80 between 2201-0600LT for departures in direction of Albix Int or Gersa Int) with ATC approval. As far as possible a rolling take-off is executed. Engine power shall be increased only after entering take-off runway. After lift-off climb with maximum climb gradient considering flight safety.

FAN-JET ENGINED AIRCRAFT

Take-off to 2900'

Take-off power.

Take-off flaps

Climb at V2+10 Kt (or as limited by body angle)

At 2900'

Reduce thrust to not less than climb power

2900' – 4900'

Climb at V2+10 (or as limited by body angle)

At 4500'

Normal speed and en-route climb configuration

(...)

1.19 Neue Untersuchungsmethoden

1.19.1 Einsatz einer numerischen Simulation

Auf Grund folgender Fakten wurde eine Beeinflussung der Flugbahn durch Vereisung an Tragflächen und Steuerruder der Cessna CE 560 Citation V als mögliche Absturzursache in Erwägung gezogen:

- Meteorologische Verhältnisse im Unfallzeitpunkt
- Aussagen von anderen Piloten bezüglich Vereisungsbedingungen am Unfallabend
- Zeugenaussage eines Airport Managers, welcher ein Besatzungsmitglied der HB-VLV unmittelbar vor dem Wegrollen beim Entfernen von Eis beobachtet hat
- Es ist mindestens ein Unfall desselben Baumusters bekannt, bei dem Vereisung ursächlich war.

Aus den Auswertungen der DFDR-Aufzeichnungen konnten keine Schlüsse gezogen werden, ob allfällig aufgetretene Vereisungen an den Tragflächen oder am Höhenleitwerk die aerodynamischen Eigenschaften am Flugzeug beeinflussten.

Der Flugzeughersteller konnte für die Cessna CE 560 kein Simulationsprogramm zur Verfügung stellen, welches es erlaubt hätte, Berechnungen der Flugbahn bei Vereisung der Tragflächen oder der Steuerruder vorzunehmen.

Eine Untersuchung, inwiefern Vereisung die aerodynamischen Eigenschaften des Flugzeugs Cessna CE 560 so veränderte, dass gleichartige Steuerausschläge zu unterschiedlichen Flugbahnen führten, wurde mittels eines aerodynamisch-technischen Modells durchgeführt. Das Modell ermöglichte eine numerische Simulation der Startphase unter Einfluss verschiedener Faktoren.

Der Hersteller des Unfallflugzeuges stellte aerodynamische Daten und Parameter zur Verfügung. Diese wurden in ein bestehendes Simulationsmodell eingegeben. Die Flugdaten von anderen Flügen mit der HB-VLV wurden verwendet, um die Plausibilität der Simulationsergebnisse des Unfallfluges unter Beweis zu stellen.

Die Untersuchung zeigt, dass der Verlauf der Flugbahn der Cessna CE 560 nach dem Start konsistent zu den Steuerausschlägen ist. Somit kann eine Beeinflussung der aerodynamischen Eigenschaften des Flugzeugs durch Vereisung an den Tragflächen und am Höhenleitwerk mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Flugzeugsteuerung - Landeklappen

Aus den DFDR Aufzeichnungen konnte entnommen werden, dass die Flaps 14 Sekunden nach dem Abheben auf 524 ft über Grund (*above ground level* – AGL) eingefahren wurden.

Zum gleichen Zeitpunkt begannen sich die Trimmklappen des Höhensteuers Richtung *nose down* zu bewegen. Die Dauer der Trimmklappenbewegung betrug 8.5 Sekunden. Die durchschnittliche Dauer der Betätigung der Trimmung durch die Besatzung beim Einfahren der Flaps von 15° auf 0° in 42 vorangegangenen Starts betrug 2.55 Sekunden.

Im Bereich der Landeklappenbewegung zwischen 15° und 25° wird die elektrische Höhenrudertrimmung automatisch betätigt um entstehende Steuerkräfte auszugleichen. Diese Trimmklappenverstellung beträgt ungefähr 1° bis 1.5°.

Es wurde untersucht, ob beim Unfallflug während des Einfahrens der Landeklappen von 15° auf 0° die automatische Höhenrudertrimmung durch eine Fehlfunktion betätigt wurde. Die Ergebnisse der Untersuchung waren wie folgt:

- Die Landeklappen wurden nach der Landung in Zürich von 40° auf 0° eingefahren und anschliessend wieder auf 15° ausgefahren. Diese Stellung wurde bis zum Start nicht mehr verändert.
- Bei der Analyse der DFDR Aufzeichnungen der fünf vorangegangenen Flüge wurde festgestellt, dass die automatische Höhenrudertrimmung beim Aus- und Einfahren der Landeklappen zwischen 15° und 25° normal arbeitete.
- Der Mechanismus mit den Mikroschaltern zur Betätigung der automatischen Höhenrudertrimmung konnte in relativ gutem Zustand geborgen werden. Die Untersuchung ergab, dass die Positionen der Mikroschalter korrekt eingestellt waren.

Es konnten keine Hinweise gefunden werden, dass die relativ lange Trimmzeit während des Steigfluges auf eine Störung zurückzuführen ist (siehe auch Kapitel 2.2.3.1).

2.1.2 Cockpit Voice Recorder

Es konnte nicht ermittelt werden, weshalb der Defekt des CVR während ca. 20 Monaten weder von den Piloten noch vom Unterhaltsbetrieb festgestellt und das Flugzeug beanstandet wurde.

2.1.3 Lufttüchtigkeit

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

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Ausgangslage

Da der *cockpit voice recorder* die Gespräche des Unfallfluges nicht aufzeichnete, fehlen eindeutige Beweise für die Arbeitsverteilung zwischen Kommandant und Copilot resp. *pilot flying* (PF) und *pilot non flying* (PNF). Aufgrund detaillierter Untersuchungen und Vergleiche der Start-Charakteristik vorangegangener Flüge, geflogen durch den Kommandanten und den Copiloten, kann mit grösster Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass auf dem Unfallflug der Kommandant PNF war und der Copilot PF.

Dieser Annahme liegen folgende Tatsachen zugrunde:

- Gemäss Aussagen von Mitarbeitern des Flugbetriebsunternehmens war es üblich, dass der Copilot anlässlich von Leerflügen das Flugzeug als PF steuern durfte.
- Der Flug von Biggin Hill (UK) nach East Midlands (UK) war ein Leerflug und wurde gemäss den Aufzeichnungen im persönlichen Flugbuch durch den Copiloten als PF durchgeführt.
- Der Flug von East Midlands (UK) nach Zürich war ein Flug mit Passagieren und wurde durch den Kommandanten als PF durchgeführt.
- Der Unfallflug ab Zürich war ein Leerflug.
- Gemäss Aussagen von Mitarbeitern des Flugbetriebsunternehmens war der Kommandant dafür bekannt, dass er die Copiloten öfters starten liess.
- Der Kommandant führte auf dem Unfallflug den Funkverkehr mit der ATC durch, was typischerweise eine Aufgabe des PNF ist.
- Die Art, wie die Triebwerkleistung beim Start gesetzt wurde, entsprach der Leistungssetzung beim Start in Biggin Hill (UK), anlässlich dessen der Copilot PF war. Sie unterschied sich deutlich von der Leistungssetzung des Fluges von East Midlands (UK) nach Zürich, anlässlich dessen der PIC PF war.
- Die Art der Steuerführung am Höhensteuer beim Start des Unfallfluges entsprach derjenigen beim Start in Biggin Hill (UK), anlässlich dessen der Copilot PF war. Sie unterschied sich erkennbar von der Steuerführung des Fluges von East Midlands (UK) nach Zürich, anlässlich dessen der PIC PF war.

2.2.2 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 Arbeitsumfeld. 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 (L-L). 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 zählten neben dem Wetter und der Flugsicherung auch das Flugbetriebsunternehmen und die Aufsichtsbehörde.

2.2.3 Kommandant (L)

2.2.3.1 Verhalten während des Unfallfluges

Der Kommandant dürfte sehr motiviert gewesen sein, den Rückflug nach Bern-Belp noch an diesem Abend durchzuführen. Ein Motiv lag vermutlich in dem vom Geschäftsführer über das Mobiltelefon übermittelte „Wunsch“ zur Rückverbringung des Flugzeugs zum Heimatflughafen, was als eine Vorgabe zu verstehen war. Des Weiteren war es ihm auch ein Bedürfnis möglichst bald wieder bei seiner Familie zu sein, um mit ihr den bevorstehenden arbeitsfreien Tag verbringen zu können. Nicht zuletzt war ihm dieses Bedürfnis wichtig, weil er durch seine fliegerische Tätigkeit allzu oft von seiner Familie getrennt war.

Wie aus der Sprechfunkaufzeichnung, dem charakteristischen Setzen der Leistungshebel und dem Steuerungsverhalten um die Querachse zu erkennen ist, überliess der Kommandant die Steuerung des Flugzeuges seinem Copiloten.

Der Kommandant war ein gutmütiger Mensch, der zuvor gezeigt hatte, dass er Copiloten Optionen ermöglichte, die nicht immer den Verfahrensvorschriften entsprachen. Da er über eine entsprechende fliegerische Erfahrung verfügte, dürfte er davon ausgegangen sein, Derartiges verantworten zu können.

Diese Vorgehensweise war in dem Luftfahrtunternehmen üblich, da Copiloten vorzugsweise bei Leerflügen als *pilot flying* (PF) agieren sollten. Daher ist es wahrscheinlich, dass auch das Setzen der Triebwerksleistung für den Start durch den Copiloten als PF erfolgte. Ob der Kommandant eingriff, als die Triebwerke ungleichmässig beschleunigten und das Flugzeug nach rechts auszubrechen drohte, muss offen bleiben.

In einer Höhe von 300 bis 400 Fuss über Grund begann der das Flugzeug steuernde Copilot den Neigungswinkel (*pitch*) des Flugzeugs zu reduzieren. Rund drei Sekunden später wurden die Landeklappen eingefahren. Aufgrund der vom Kommandanten praktizierten *crew co-ordination* kann davon ausgegangen werden, dass er dieses als PNF ausführte. Das sich danach deutlich verstärkende Absinken des *pitch* wurde von ihm während der darauf folgenden 13 Sekunden nicht registriert, da er nunmehr vermutlich mit der Ausführung einer anderen Tätigkeit beschäftigt war. Wahrscheinlich galt seine Aufmerksamkeit dem Einstellen der Frequenz am Funkgerät, da er Funkkontakt mit einer anderen Flugsicherungsstelle aufnehmen sollte.

Ermüdungserscheinungen als Folge der vorausgegangenen Flüge könnten ihn bei dieser Tätigkeit beeinträchtigt haben, so dass er der Überwachung der Tätigkeiten des Copiloten und dem Mitverfolgen der Fluglage auf seinem künstlichen Horizont (*monitoring*), dem in dieser Flugphase wichtigstem Fluginstrument, nicht genügend Aufmerksamkeit widmete.

Eventuell könnte er auch durch ein anderes Ereignis wie ein im Cockpit auftretendes Signal – zum Beispiel dem Klingeln eines Mobiltelefons - abgelenkt worden sein.

2.2.3.2 Psychologische Aspekte

Aus den vorliegenden Informationen ergibt sich kein Hinweis darauf, dass sich der Kommandant zum Zeitpunkt des Unfalls in einer außergewöhnlichen psychischen Belastungssituation befand, die ihn in kognitiver und/oder emotionaler Weise so stark beeinträchtigte, dass er nicht zum Führen eines Flugzeugs in der Lage gewesen wäre.

2.2.3.3 Physiologische Aspekte

Nach allen verfügbaren Informationen war der Kommandant zum Zeitpunkt des Unfalls gesundheitlich nicht beeinträchtigt. Es gab keinen Hinweis auf das schleichende oder akute Auftreten einer die Flugtauglichkeit massiv beeinträchtigenden physiologischen Störung (*incapacitation*).

2.2.4 Copilot (L)

2.2.4.1 Verhalten während des Unfallfluges

Der Copilot dürfte motiviert gewesen sein, den Rückflug nach Bern-Belp noch an diesem Abend durchzuführen. Gründe dafür dürften neben dem vom Geschäftsführer geäußerte „Wunsch“ zur Rückkehr des Flugzeugs nach Bern-Belp insbesondere die eigenen Terminverpflichtungen am nächsten Tag gewesen sein.

Diese Ausgangsmotivation, verbunden mit der Möglichkeit, das Flugzeug selbst steuern zu können sowie die vorhandene Bereitschaft zur Rückkehr nach Bern-Belp seitens des Kommandanten dürften zur Durchführung dieses Fluges geführt haben.

Kurz nach dem Abheben von der Startbahn und dem Einfliegen in die unerwartete Nebelwand (IMC) sowie dem Einfahren des Fahrwerks und der Landeklappen musste das manuell gesteuerte Flugzeug vom PF in einer stabilen Fluglage gehalten werden.

Die vom DFDR kurz nach dem Einfahren der Landeklappen aufgezeichnete und für diese Flugphase ungewöhnliche Flugzeugbewegung (kontinuierlicher Übergang von maximal +10 Grad vor der maximal erreichten Flughöhe zwischen 500 und 600 Fuss über Grund in einen Neigungswinkel von -12 Grad), dürfte von dem PF nicht bewusst herbeigeführt worden sein. Dieser aussergewöhnliche Regelungsvorgang um die Querach-

se muss auf die Steuereingabe durch den PF zurückgeführt werden. Der Copilot hatte die Konsequenzen dieser Systemeingabe nicht sofort erkannt, da er keine rechtzeitige Gegenkorrektur ausführte. Seine Aufmerksamkeit konnte dabei durch langsam wirksam werdende Ermüdungserscheinungen als Folge der vorausgegangenen Flüge kurzzeitig reduziert gewesen sein, so dass er den künstlichen Horizont als sein primäres Fluginstrument nicht genügend beachtete. Wahrscheinlicher dürfte aber eine kurzzeitige Ablenkung seiner Aufmerksamkeit durch einen äusseren Reiz gewesen sein, wie zum Beispiel ein im Cockpit auftretendes Signal oder eine Handlung des Kommandanten. Dabei konnte es sich auch um das Greifen nach einem Gegenstand gehandelt haben.

Durch das Anheben der Flugzeugnase bei Dunkelheit und Nebel gingen die Sichtreferenzen zur Pistenbefehrerung verloren. Dadurch liess sich die Fluglage des Flugzeugs nicht mehr mittels Orientierung am natürlichen Horizont erkennen. Der auf der Seite des Copiloten eingebaute künstliche Horizont mochte aufgrund seiner Baugrösse und der geringen Ablesegenauigkeit für den mit diesen Flugbedingungen vergleichsweise unerfahrenen Copiloten keine ausreichend schnelle Orientierung über die aktuelle Fluglage ermöglicht haben. Im Folgenden könnte der Copilot durch eine schnelle Drehung des Kopfes den Blick auf den ergonomisch besser ablesbaren linken künstlichen Horizont des Kommandanten gerichtet haben, um eine korrekte und präzise Lageorientierung zu finden, was ihm aber nicht mehr rechtzeitig gelang.

Einen Start unter vergleichbaren Wetterbedingungen, wie denen am Unfallabend, dürfte er mit hoher Wahrscheinlichkeit zuvor selbst niemals durchgeführt haben.

2.2.4.2 Psychologische Aspekte

Aus den vorliegenden Informationen ergibt sich kein Hinweis darauf, dass sich der Copilot zum Zeitpunkt des Unfalls in einer aussergewöhnlichen psychischen Belastungssituation befand, die ihn in kognitiver und/oder emotionaler Weise derartig beeinträchtigte, dass er nicht zum Führen eines Flugzeuges in der Lage gewesen wäre.

2.2.4.3 Physiologische Aspekte

Nach den zur Verfügung stehenden Unterlagen war der Copilot zum Zeitpunkt des Unfalls gesundheitlich nicht beeinträchtigt. Neben den in Kapitel 2.2.8.3 angeführten Beeinträchtigungen gab es keinen Hinweis auf die Flugfähigkeit beeinträchtigende innere Auslöser im Sinne einer schleichenden oder akuten *incapacitation*.

2.2.5 Zusammenwirken zwischen Kommandant und Copilot (L-L)

Beide Flugzeugführer kamen gut miteinander aus, obwohl sie sich vom Typ her deutlich unterschieden. Der Kommandant war ein schlanker, eher feinfühligere Mensch und der Copilot ein kräftig-athletischer, eher dynamischer Mensch. Beide waren hochmotiviert, auch unter erschwerten Bedingungen diesen letzten Flug des Tages durchzuführen.

Beide Flugzeugführer hatten sich für die Durchführung des Fluges entschieden, obwohl sie zusammen in der Lage gewesen wären, dem beharrlichen Drängen des Geschäftsführers zu widerstehen. Sie befanden sich nun unter dem enormen Zeitdruck, den Ziel-flughafen noch vor dessen nicht mehr fernen Schliessungszeit erreichen zu müssen. Die Verzögerungen vor dem Start infolge ungünstiger meteorologischer Bedingungen am Boden sowie des Zusammenstellens von Abfluggruppen aufgrund der nächtlichen Einschränkungen in der Nutzung des Pistensystems erhöhten den auf ihnen lastenden Zeitdruck weiter. Als sie endlich die Startfreigabe erhielten, führten sie einen eiligen Start durch, um noch rechtzeitig in Bern-Belp landen zu können.

Nach dem Einflug in IMC begann der Copilot als PF bereits in sehr geringer Höhe zu beschleunigen. Während der Kommandant als PNF vermutlich mit einer anderen Tätigkeit, wie dem Wechsel der Funkfrequenz oder einer anderen Sache im Cockpit beschäftigt war, galt seine Aufmerksamkeit nicht der Überwachung des Copiloten. Der Copilot wurde von der notwendigen Beachtung seines in dieser Flugphase wichtigsten Fluginstruments, dem künstlichen Horizont, abgelenkt. Die Ursache hierfür mochte in einem externen Reiz und/oder einer internen räumlichen Desorientierung zu finden sein. Da der Copilot nicht über die hinreichende fliegerische Erfahrung verfügte, sich unter dieser anspruchsvollen Flugbedingung auf das Wichtigste, den künstlichen Horizont, zu konzentrieren und die Steuerung des Flugzeuges nicht vom Kommandanten mitverfolgt wurde, veränderte sich dessen Neigungs- und Querlagewinkel. Die nunmehr entstandene Fluglage wurde weder vom Kommandanten noch vom Copiloten so rechtzeitig am künstlichen Horizont erkannt, dass das kurz vor dem Aufprall eingeleitete Korrekturmaßnahmen noch hätte wirksam werden können.

2.2.6 Zusammenwirken zwischen Flugbesatzung und Flugzeug (L-H)

2.2.6.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung des Zusammenwirkens zwischen Besatzung und Flugzeug (L-H) standen Mensch und Maschine im Vordergrund. Dabei wurde nicht nur das Flugzeug an sich, sondern auch dessen Ausrüstung, insbesondere der Einsatz der während des Fluges verwendeten Navigationsausrüstung und der Instrumente, berücksichtigt.

Zunächst muss als wichtige Voraussetzung festgehalten werden, dass das Flugzeug HB-VLV bis zum ersten Aufprall lufttüchtig war. Sämtliche Flugführungs- und Navigationsgeräte funktionierten einwandfrei.

2.2.6.2 Einsatzmöglichkeiten der Fluginstrumente

Das Flugbetriebsunternehmen kaufte die HB-VLV in den USA. Die Instrumentierung dieses Cockpits entsprach der Grundausrüstung für einen Betrieb des Luftfahrzeuges nach Instrumentenflugregeln. Es fiel aber auf, dass diese hauptsächlich für den vom linken Sitz fliegenden Piloten ausgelegt war:

- EFIS Ausrüstung nur auf der Seite des Kommandanten
- Parameter des *navigation management system* (NMS) wurden mehrheitlich auf den Fluginstrumenten des Kommandanten angezeigt
- Der CDI auf der Seite des Copiloten zeigte lediglich die Kursabweichung von der aktiven Wegstrecke (*active leg*) an

Grundsätzlich ist es eine Voraussetzung für eine optimale Zusammenarbeit im Cockpit, dass die Instrumentierung für beide Piloten gleichwertig ist. Geringe Unterschiede der Ausrüstung können mit strukturierten *standard operating procedures* kompensiert werden.

Mit der Ausrüstung des Unfallflugzeuges war ein optimaler Zweimann-Betrieb nur bedingt möglich. In gewissen Situationen ist die Arbeitsbelastung des Copiloten als PF so hoch, dass das zusätzliche Einholen von Fluginformationen von den Instrumenten des Kommandanten eher zu einer Ablenkung führen kann.

Da die Flugparameter des NMS nur auf den Instrumenten des Kommandanten angezeigt wurden, kann angenommen werden, dass der Copilot zumindest auf dem ersten Teil der SID mittels VOR/DME navigieren wollte.

2.2.6.3 Einsatz der Navigationsausrüstung

Es wurde untersucht, welche Navigationssysteme durch den *pilot flying* (PF), im vorliegenden Fall war dies der Copilot, für die Führung des Flugzeuges entlang des *standard instrument departure* (SID) „Willisau 3N“ verwendet wurden.

Es gab im wesentlichen zwei Faktoren welche dafür sprachen, dass das VOR/DME eingesetzt wurde. Erstens war auf dem HSI des PF ein Kurs von 335° eingestellt. Dies entspricht dem *outbound course* der Piste 16. Zweitens zeigten beide *bearing pointers* auf dem *radio magnetic indicator* RMI #1 in Richtung 148°. Dieser Wert liegt im Bereich des *bearing* von der Unfallstelle zum KLO VOR.

Somit kann angenommen werden, dass folgende Konfiguration der Navigationssysteme im Unfallflug verwendet wurde:

System	Einstellung	Anzeige	Zweck
VHF NAV #1 DME #1	KLO VOR	<i>bearing/distance</i>	<i>turning Point</i> D4 KLO
VHF NAV #2 DME #2	KLO VOR CRS 335°	<i>bearing/distance</i>	<i>track guidance to turning point</i> D4 KLO
RMI #2	<i>single pointer</i> VOR <i>double pointer</i> VOR	<i>bearing</i> zu KLO <i>bearing</i> zu KLO	<i>backup track guidance</i> <i>backup track guidance</i>

Mit obiger Konfiguration ging die Besatzung zwar einen Kompromiss in Zusammenhang mit der im SID vorgeschriebenen *track guidance* ein, da das KLO VOR westlich der Piste 34 lag. Die resultierende Abweichung vom nominellen *track* hätte jedoch immer noch innerhalb der Toleranzen gelegen.

Folgende Konfiguration der VHF Navigations Systeme wäre zweckmässig gewesen:

System	Einstellung	Anzeige	Zweck
VHF NAV #1 DME #1	KLO VOR <i>standby</i> WIL VOR	<i>bearing/distance</i>	<i>turning Point</i> D4 KLO
VHF NAV #2 DME #2	ILS 16 IZH CRS 155° <i>standby</i> TRA VOR KLO VOR DME <i>hold</i>	<i>localizer</i>	<i>track guidance to turning point</i> D4 KLO
RMI #2	<i>single pointer</i> VOR <i>double pointer</i> VOR	<i>bearing</i> zu KLO <i>bearing</i> PARK	<i>backup track guidance</i>

2.2.6.4 Einsatz des künstlichen Horizontes

Spätestens nach dem Triebwerkstart hatte der Copilot seinen künstlichen Horizont überprüft.

Beim Abheben rotierte der Copilot das Flugzeug in eine Fluglage von 7-10 Grad ANU und behielt diese für ungefähr 13 Sekunden bei. Diese Fluglage muss er mit Hilfe des künstlichen Horizontes eingenommen haben. Danach begann sich die Flugzeugnase zu senken und das Flugzeug nahm kurz vor dem Aufprall eine Fluglage von etwa 12 Grad AND ein. Aufgrund der DFDR Daten fand die Lageveränderung im gleichen Zeitpunkt wie der Ausschlag des Höhenruders statt. Sekunden vor dem Aufprall wurde das Höhensteuer nach hinten gezogen und damit ein Abfangmanöver eingeleitet.

Direkt nach dem Abheben hielt der Copilot für ungefähr 10 Sekunden einen konstanten Steuerkurs von 334-335 Grad ein. Es kann davon ausgegangen werden, dass er während dieser Phase das Flugzeug unter Verwendung des künstlichen Horizonts in einer neutralen Querlage hielt. Danach begann das Flugzeug seinen Kurs nach rechts zu ändern. Aufgrund der aufgezeichneten Querruderausschläge wurde diese Drehung durch den Copiloten nicht eingeleitet, aber auch nicht korrigiert.

Die Flugzeugnase begann sich zu senken und gleichzeitig begann das Flugzeug nach rechts zu kurven.

Vor dem Aufprall wies das Flugzeug eine Winkelgeschwindigkeit *turn rate* nach rechts von ungefähr einem Grad pro Sekunde auf. Diese Drehung war das Resultat einer Querlage des Flugzeuges nach rechts. Sie entsprach der an der Aufprallstelle spurenkundlich ermittelten Querlage.

Es steht fest, dass der Kreisel des Horizontes mit Nenndrehzahl rotierte. Demzufolge ist es nicht wahrscheinlich, dass dieses Kreiselinstrument eine falsche Fluglage anzeigte.

2.2.6.5 Ground Proximity Warning System

Flugzeuge des Typs Cessna CE 560 Citation, welche unter JAR-OPS 1 betrieben werden, müssen mit einem *ground proximity warning system* (GPWS) ausgerüstet sein. Die HB-VLV wurde nach VBR I betrieben. VBR I schrieb die Ausrüstung des Flugzeuges mit einem GPWS nicht zwingend vor.

Der GPWS *mode 3* „*altitude loss after take-off*“ hätte die Besatzung des Unfallfluges über den Höhenverlust nach dem Start gewarnt. Nach dem Scheitelpunkt der Flugbahn, d.h. 500 bis 600 Fuss über Grund, als das Flugzeug den Sinkflug begonnen hatte, wäre die Besatzung durch die synthetische Stimme des GPWS „*don't sink, don't sink ...*“ gewarnt worden, bis ein entsprechender Eingriff der Besatzung erfolgt wäre. Bei dieser Höhe hätten bereits rund 50 Fuss Druckhöhenverlust ausgereicht, um den GPWS *mode 3* auszulösen. Somit wäre in dieser Phase des Sinkfluges eine erfolgreiche Korrektur der Flugbahn möglich gewesen.

2.2.7 Beziehung zwischen Flugbesatzung und Verfahren (L-S)

2.2.7.1 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.

2.2.7.2 Betriebsvorschriften

Schriftlich definierte und offiziell nach VBR I genehmigte betriebliche Verfahrensanweisungen (FOM) existierten bei Eagle Air Ltd. seit 1990. Darin wurde unter anderem eine Standardterminologie verwendet sowie die Anwendung von Checklisten angesprochen. Deren Nutzung wurde zwar vorgeschrieben, inhaltlich jedoch nicht weiter ausgeführt. Ein umfassendes und klar vorgegebenes Konzept für die Zusammenarbeit und Verfahrensdurchführung im Cockpit (*standard operating procedures* - SOP) war darin nicht zu finden und wurde den Piloten auch nicht anderweitig zur Verfügung gestellt.

So wurde zum Beispiel die Durchführung eines *take-off briefing* darin angesprochen. Einheitlich zu erfolgende *call-outs* oder Hinweise wurden für die Startphase nicht erwähnt und blieben der individuellen Entscheidung der Piloten überlassen. Für die Anflugphase wurden konkrete Verfahrensvorgaben aufgeführt.

Da den Piloten von der Unternehmensleitung keine Schulungsprogramme zu den Themenkomplexen SOP, *crew co-ordination* (CC) oder *crew resource management* (CRM) angeboten wurden - letzteres war nur für die nach JAR-OPS 1 zertifizierten Flugbetriebe vorgeschrieben - gab es keine standardisierte Arbeitsweise im Cockpit.

2.2.7.3 Abflugverfahren

Die Besatzung hatte Erfahrung mit den Instrumentenflugverfahren in Zürich. Wie die DFDR-Daten zeigten, begann die Besatzung bereits auf ungefähr 500 ft über Grund mit dem Einfahren der Klappen. Die Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 172 KIAS.

Das *noise abatement procedure* (NAP) für Jet-Flugzeuge derjenigen Kategorie, zu welcher auch das Unfallflugzeug gehörte, hätte ein Einfahren der Klappen frühestens auf 4500 ft AMSL vorgesehen. Aufgrund der günstigen Lärmcharakteristik dieses Flugzeugmusters ist es gängige Praxis, dass Besatzungen früher als im NAP vorgesehen mit der Beschleunigung des Flugzeuges beginnen.

Nachdem die Besatzung der HB-VLV vom NAP abwich, hätte sie nach dem Einfahren der Klappen bis auf 4500 ft AMSL korrekterweise eine Geschwindigkeit von 167 KIAS einhalten müssen. Dies entspricht der Geschwindigkeit für den Beginn des Steigfluges (V_{enr}), versehen mit einem Zuschlag von 5 kt für bekannte Vereisungsbedingungen bei einer Flugmasse von 13000 lbs. Erst danach hätte sie auf 250 KIAS beschleunigen dürfen.

Wie aus den DFDR-Daten hervorging, wurde das Flugzeug nicht auf 167 KIAS stabilisiert. Der Neigungswinkel (*pitch*) nahm ab, was eine weitere Zunahme der Geschwindigkeit bewirkte.

In diesem Zusammenhang besteht eine weitere Möglichkeit, den unbemerkten Übergang in den Sinkflug nach dem Start zu erklären: Die Besatzung stand wie erwähnt unter Zeitdruck und wollte beim Einfahren der Landeklappen die Geschwindigkeit sofort auf 250 KIAS erhöhen. Dabei könnte der PF sein Augenmerk nahezu ausschliesslich auf den Fahrtmesser gerichtet haben. Ein Hinweis darauf könnte die vergleichsweise lange Trimmzeit sein. Zusätzlich ist die Möglichkeit einer Sinnestäuschung in Betracht zu ziehen (siehe auch Kap. 2.2.8.3).

2.2.7.4 Start unter low visibility Bedingungen

Der nach dem Aufrollen auf die Startbahn und einem fließenden Übergang in die Startbeschleunigung erfolgende Start (*rolling take-off*) entsprach nicht den internationalen Vorgaben für einen Start bei geringen Sichtverhältnissen. Die meisten Luftfahrtunternehmen schreiben ihren Piloten vor, bei solchen Wetterbedingungen vor dem Anrollen auf der Piste und vor dem Setzen der Startleistung die Triebwerke im Bereich von 60% des Startschubes stabilisieren zu lassen. Die Auswirkungen eines ungleichen Beschleunigens der Triebwerke auf Startleistung, wie es beim Unfallflug geschah, können damit vermieden werden.

Da das Flugbetriebsunternehmen noch nicht nach JAR-OPS 1 zugelassen war und auch nicht nach den neuen Richtlinien verfuhr, wurden die nach JAR-OPS 1.455 den Ablauf eines Starts unter geringen Sichtbedingungen (*low visibility take-off*) verfahrensmässig regelnden Vorgaben nicht angewandt. Somit blieb es weiterhin dem Unternehmen überlassen, wie es Starts unter den zum Zeitpunkt des Unfalls vorherrschenden Wetterbedingungen zu regeln gedachte. Es ist aber anzumerken, dass genau diese Problematik im ICAO Dokument „*Manual of All-Weather Operations*“ geregelt wird, unabhängig davon wie der Flugbetrieb zugelassen war (VBR I oder JAR-OPS 1).

Eine explizite Verfahrensvorgabe für eine Startdurchführung unter derartigen Bedingungen existierte im Unternehmen nicht. Die tatsächliche Gestaltung des Vorgehens im Cockpit blieb damit im Wesentlichen den persönlichen Bedürfnissen und dem Engagement der einzelnen Piloten überlassen.

Der für die verfahrensmässige Standardisierung der Piloten zuständige Chefpilot vermochte diese Umstände nicht effizient zu verändern.

2.2.8 Schnittstelle Flugbesatzung – Umgebung (L-E)

2.2.8.1 Allgemeines

Bei der Betrachtung der Schnittstelle „Flugbesatzung – Umgebung“ standen die Wetersituation, die flugphysiologischen Aspekte, die Flugsicherung sowie das Flugbetriebsunternehmen und die Aufsichtsbehörde im Vordergrund.

2.2.8.2 Eisbildung am Flugzeug während der Bodenzeit

2.2.8.2.1 Wettereinfluss

Nach dem Durchgang einer abgeschwächten Kaltfront nahm die Bewölkung über dem Flughafen Zürich zwischen 18:00 UTC und 19:00 UTC rasch ab. Bei praktisch wolkenlosem Himmel sank die Lufttemperatur zwischen 18:50 UTC und 20:50 UTC um 4 °C (von minus 5 °C auf minus 9 °C), dabei kondensierten oder sublimierten pro kg Luft ca. 0.5 g Wasserdampf.

Am abgestellten Unfallflugzeug hatte sich durch Sublimation Reif (*hoar frost*) gebildet, vor allem an den gegen oben exponierten Teilen der Flugzeugzelle.

Klart der Himmel nach einem Kaltfrontdurchgang auf, bildet sich am Abend der Nebel wegen der noch vorhandenen Unruhe in der Luft nur zögerlich und unregelmässig. Auf dem Abstellplatz GAC Sektor 1 war der Nebel daher, auch wegen der Nähe zu wärmeabstrahlenden Gebäuden, weniger dicht als im nördlichen Teil des Flughafens. Es dürfte sich daher vor allem durch Sublimation, und weniger durch aufprallende, unterkühlte Nebeltröpfchen, Eis an der Flugzelle gebildet haben.

Beim Rollen auf den Rollwegen A und E zum Startpunkt dürfte sich noch etwas Eis durch aufprallende, unterkühlte Nebeltröpfchen (*freezing fog*) gebildet haben.

Angaben über die Dicke dieser Eisschicht können nicht gemacht werden.

2.2.8.2.2 Abflugvorbereitung

Die Aktivitäten vor dem Abflug in Zürich waren von grossem Zeitdruck geprägt. Wie die Zeugenaussage eines Airport-Managers belegt, muss sich die Besatzung während der Bodenzeit in Zürich für eine Enteisung des Flugzeuges entschieden haben.

Dass die Besatzung sich für ein Enteisen mit Hilfe eines Schabers entschied und nicht eine Enteisung entsprechend der Betriebsempfehlung des Herstellers vornahm, entsprach der gängigen Praxis des Flugbetriebsunternehmens.

2.2.8.3 Flugphysiologische Aspekte in Zusammenhang mit Flügen unter IMC

Es besteht beim unerwarteten Übergang von Sichtwetterbedingungen (VMC) in Instrumentenwetterbedingungen (IMC) die Möglichkeit, dass die zum Führen eines Flugzeugs wichtige räumliche Orientierung (Raumlage-Orientierung) beim Piloten gestört sein kann. Diese Orientierung ist das Ergebnis des Zusammenspiels aller hierfür in Frage kommender Sinnesorgane. Dabei können eventuell auftretende widersprüchliche Reize eine Sinnestäuschung auslösen und zu einer räumlichen Desorientierung führen. Wird diese vom Piloten nicht rechtzeitig als solche erkannt und zu spät mit entsprechenden Gegenmassnahmen begonnen, kann sie gerade bei geringer Flughöhe zu fatalen Folgen führen.

Das Syndrom der räumlichen Desorientierung ist eine Kombination von Faktoren, die sich gegenseitig beeinflussen. Dabei sind sowohl internale Bedingungen (physische, psychische und ausbildungsbewirkte) als auch externale Bedingungen (organisatorische, umwelt- und einsatzbedingte sowie technische) von Bedeutung. Mentale und physische Belastungen wie Müdigkeit, Zeitdruck, fehlende Fertigkeiten aufgrund geringer Erfahrung in Verbindung mit weiteren Belastungen wie z.B. Beschleunigungen, Instrumentenfehler, Ablenkungen und ungewohnte Wettererscheinungen während des Fluges können den Piloten überfordern und sein Erregungsniveau stark erhöhen. All diese Faktoren können sich in ihrer zeitlichen Sequenz gegenseitig verstärken und den Verlust einer momentanen räumlichen Orientierung bewirken. Der Flugzeugführer erscheint bei Eintritt einer Desorientierung in seinem Denken und Handeln konfus, fixiert oder blockiert, die Steuerungsorgane werden rau und unkoordiniert bewegt.

Die Besatzung des Unfallfluges hatte die Zusammenstosswarnlichter (*anti-collision lights*) nicht ausgeschaltet. Die Reflexion der Lichter im Nebel kann eine Desorientierung oder ein Vertigo beim Piloten herbeigeführt oder zumindest begünstigt haben. Eine starke Bewegung mit dem Kopf oder dem gesamten Oberkörper kann beim Piloten kurz nach der Rotationsphase und der noch andauernden Beschleunigungsphase des Flugzeugs zu einer Beeinträchtigung der Orientierungsfähigkeit geführt haben.

Eine derartig induzierte somatogravische Illusion kann dazu führen, dass das Gleichgewichtsorgan dem Piloten ein Manöver des Flugzeugs vermittelt, welches dieses real nicht ausführt. Ohne eine visuelle Referenz zum natürlichen oder künstlichen Horizont – bei Nacht oder unter IMC - kann diese Täuschung zu einem Konflikt zwischen anhaltendem Sinneseindruck und der notwendigen Lagekorrektur des Flugzeugs führen. Eine starke Bewegung des Kopfes kann dabei das Gefühl eines sich Rückwärtsneigens bewirken, also den Eindruck des Anhebens der Flugzeugnase. Die natürliche Gegenreaktion des Piloten wäre ein Nachdrücken des Steuerhorns oder eine entsprechende Betätigung der Trimmung, um das Flugzeug wieder in die als korrekt empfundene Fluglage zu drücken.

2.2.8.4 Flugsicherung

2.2.8.4.1 An- und Abflugverfahren

Gemäss dem geltenden Pistenbenützungskonzept mussten Strahlflugzeuge ab 20:00 UTC für Starts die Piste 34 benutzen. Während dieser Zeit ist in der Regel noch ein grösseres Verkehrsaufkommen zu bewältigen, was auch am Unfallabend der Fall war. Diese Situation führte dazu, dass die Flugverkehrsleitung aus Gründen der Effizienz An- und Abflüge von Strahlflugzeugen gruppenweise plante.

Es erfolgte jeweils eine Serie von Anflügen und danach eine solche von Abflügen. Bei der Zusammenstellung der An- und Abfluggruppen berücksichtigte die Flugverkehrslei-

tung einerseits die Reihenfolge, in welcher sich abfliegende Flugzeuge zum Anlassen der Triebwerke bereit meldeten. Andererseits musste auf die vorgegebenen Zeitfenster (*take-off slot*) Rücksicht genommen werden.

Zudem hatte die Flugverkehrsleitung die Verspätungsauswirkungen sowohl auf die in den Warteräumen auf den Anflug wartenden als auch auf die am Boden für den Abflug bereit stehenden Flugzeuge zu beurteilen. Im vorliegenden Fall musste auch noch die Benützungsbeschränkung am Zielflughafen berücksichtigt werden.

Gesamthaft betrachtet wurde der Verkehr an diesem Abend entsprechend dem üblichen Konzept abgewickelt.

2.2.8.4.2 Benützungsbeschränkung in Bern-Belp

Um 20:34:40 UTC hatte der Geschäftsführer des Flugbetriebunternehmens telefonisch beim Dienstleiter im Kontrollturm Zürich interveniert. Dabei erklärte er diesem, dass der Flughafen Bern-Belp während der Winterzeit um 21:00 UTC geschlossen werde, das Flugbetriebsunternehmen mit *home base* Bern-Belp aber für diesen Flug angesichts der Umstände eine Ausnahmegewilligung bis 21:30 UTC erhalten habe. Diese Zeit müsse aber unbedingt eingehalten werden. Nachdem er sich noch über das Pistenbenützungskonzept in Zürich beschwert hatte, drängte er darauf, dass von Seiten der Flugverkehrsleitung alles unternommen werden müsse, damit die Maschine noch rechtzeitig nach Bern-Belp überflogen werden könne.

Der Dienstleiter erklärte dem Geschäftsführer, dass er sich an das Pistenbenützungskonzept zu halten habe und ein Start zum Beispiel auf Piste 28, auch für einen kleinen Jet, um diese Zeit nicht mehr erlaubt sei. Ferner sei die Flugverkehrsleitung aufgrund des Pistenbenützungskonzeptes gezwungen, Jets nur noch auf der Piste 34 starten und auf der Piste 16 landen zu lassen. Um aber trotzdem eine effiziente Verkehrsabwicklung zu gewährleisten, würde man die Flugzeuge gruppenweise an- und abfliegen lassen. Im Moment sei gerade eine Gruppe Anflüge an der Reihe. Erschwerend wirke sich zudem der Umstand aus, dass die Abstände zwischen den anfliegenden Maschinen aufgrund der schlechten Wetterverhältnisse noch erhöht werden müssten.

Nach längerer Diskussion machte der Dienstleiter dem Geschäftsführer schliesslich das Angebot, die EAB 220 in der nächsten Gruppe als erste Maschine, statt wie geplant an dritter Position, starten zu lassen. Dies entspreche einer Zeitersparnis von ungefähr 3-4 Minuten. Ferner werde er sich mit den andern Flugverkehrsleitstellen absprechen, so dass die Maschine möglichst auf direktem Weg nach Bern-Belp fliegen könne. Mit diesen Massnahmen sollte eine Landung bis 21:30 UTC in Bern-Belp möglich sein.

Der Geschäftsführer des Flugbetriebsunternehmens zeigte sich mit diesem Vorgehen einverstanden und bedankte sich.

2.2.8.4.3 Verkehrsabwicklung von Flug EAB 220

Als die Besatzung um 20:43:50 UTC vom Vorfeldverkehrsleiter (VVL) die Bewilligung zum Starten der Triebwerke erhielt, konnte aufgrund der nachfolgenden Funkgespräche festgestellt werden, dass die Flugbesatzung allmählich unter Zeitdruck geriet, da ihre geplante Abflugzeit immer weiter hinausgeschoben worden war. Gründe dafür waren einerseits wetterbedingte Verzögerungen bei der Verkehrsabwicklung, und andererseits die Tatsache, dass jetzt sogar eine Landung in Bern-Belp vor 21:30 UTC in Frage gestellt war.

Die Besatzung drängte daher beim Vorfeldverkehrsleiter, für diesen in auffälliger Eile, auf ein rasches Verlassen des Standplatzes. Ein Zeichen für den Druck, der auf den Piloten gelastet haben mag, war die Tatsache, dass die Besatzung der EAB 220 eine Mi-

nute nach erteilter Rollbewilligung erneut nach dem genauen Wortlaut dieser Bewilligung nachfragen musste: *"Swiss Eagle 220, sorry for that, can you say the clearance again?"*

Um 20:56:50 UTC nahm Flug EAB 220 mit *Aerodrome Control (ADC)* Kontakt auf und meldete, dass sich die Maschine auf dem Rollweg Echo 9 kurz vor Beginn der Piste 34 befinde. Der FVL forderte die Besatzung auf, vor der Piste 34 zu warten, da noch angefliegen werde. ADC erteilte der Maschine um 21:04:51 UTC die Freigabe, auf die Piste 34 in Startposition zu rollen.

Bei dieser Gelegenheit fragte ADC die Besatzung, ob sie mit der herrschenden Beleuchtung zufrieden wären oder ob diese zu hell eingestellt sei. Die Antwort des Piloten war nicht eindeutig zu verstehen. Zu diesem Zeitpunkt betrug die meteorologische Sicht 100 m bei ausgedehnten Nebelbänken (*partial fog*).

Die EAB 220 startete um 21:06 UTC auf der Piste 34 und wurde vom FVL wenig später auf die Frequenz von *zurich arrival* 118.000 MHz geschickt. Der Kommandant quittierte diese Anweisung. Zu der Zeit konnte der ADC-FVL die Maschine noch auf seinem *bright display* beobachten und stellte gemäss seinen Angaben fest, dass sie sich auf 1900 ft im Steigflug befand.

Kurz darauf bemerkte der FVL, dass das Radarsymbol der EAB 220 auf seinem *bright display* erlosch. Da gemäss Aussagen des FVL eine solche Situation ab und zu vorkommt, wartete er einen kurzen Moment. Als das Radarsymbol auf seinem *bright display* jedoch nicht mehr sichtbar wurde, erkundigte er sich bei seinem Kollegen bei *zurich arrival*, ob der Pilot der EAB 220 schon auf seiner Frequenz aufgerufen habe. Dies wurde verneint. Der ADC-FVL rief die Maschine noch einige Male auf und nahm während dieser Aufrufe auf der Frequenz des Wagenfunks wahr, dass dort von einem Flugzeugabsturz gesprochen wurde.

Daraufhin löste ADC, 90 Sekunden nach dem letzten Funkkontakt, um 21:08:25 UTC Grossalarm aus.

2.2.8.4.4 Low visibility procedures

Der Dienstleiter im Kontrollturm hat mit einem Eintrag ins TWR Logbuch um 20:20 UTC den Beginn der Anwendung der *low visibility procedures (LVP)* dokumentiert. Inwieweit die Vorbereitungsphase (*preparation phase*) abgeschlossen wurde muss offen bleiben. Die Aktivierung (*activation*) der LVP erfolgte nicht.

Bei einem Aufruf auf der Frequenz von *clearance delivery (CLD)* um 19:56:43 UTC meldete Flug EAB 220, dass er über die ATIS-Information X (*x-ray*) verfüge. Bis zum Moment, als die HB-VLV um 21:04:51 UTC angewiesen wurde, auf die Startpiste aufzurollen, wurde der Besatzung vom zuständigen Flugverkehrsleiter zu keinem Zeitpunkt ein aktueller Pistensichtwert (RVR - *runway visual range*) übermittelt.

Um 21:05:54 UTC erhielt Flug EAB 220 die Startbewilligung auf Piste 34. Auch bei dieser Gelegenheit wurde der Besatzung kein aktueller RVR Wert übermittelt. Um 21:05:47 UTC wurden für die Piste 34 folgende RVR Werte im Kontrollturm angezeigt: *touch-down-zone* 400 m, *mid-point* 1700 m, *stop-end* 350 m. Bei diesen Werten hätte, entsprechend der Vorgaben im ATMM, der Flugbesatzung der HB-VLV nebst dem aktuellen Wert der *touch-down-zone (TDZ)* auch der Wert des *stop-end* übermittelt werden müssen.

2.2.8.5 Flugbetriebsunternehmen

Das Flugbetriebsunternehmen war als klassischer Kleinbetrieb geprägt durch seinen Gründer und Geschäftsführer, der sein Unternehmen in autoritärer Weise leitete. Die Entscheidungsgewalt lag grundsätzlich bei dieser Person. Von seinen Flugzeugführern verlangte der Geschäftsführer die Einhaltung der von ihm gemachten Vorgaben ohne Wenn und Aber. Dieser Führungsstil führte zu einer wenig vertrauensvollen Arbeitsatmosphäre zwischen Flugzeugführern und Geschäftsführer. Eine betriebsinterne Kritik- und Konfliktkultur entwickelte sich nicht.

Der große Kostendruck in der gesamten Branche galt auch für die Flugbetriebsunternehmen und hatte seine Auswirkungen auf die Durchführung des Flugbetriebs: Operative Entscheidungen mussten unter Kosten minimierenden Gesichtspunkten getroffen werden. So wurde zum Beispiel das Enteisen des Flugzeuges per Hand mittels Sprühflasche und Eiskratzer durch die Besatzung durchgeführt, um die nicht unbedeutlichen Kosten für eine Enteisung durch Dritte zu vermeiden.

Die Position eines Flugsicherheitsbeauftragten, der firmenintern die Funktion eines von der Flugbetriebsleitung unabhängigen Qualitätskontrolleurs wahrnimmt und für die Einhaltung der sicherheitsrelevanten Vorschriften und Verfahren zu sorgen hat, war unter den für das Unternehmen geltenden Bestimmungen nicht vorgeschrieben und gab es auch nicht.

Das Flugbetriebsunternehmen Eagle Air Ltd. war nicht nach JAR-OPS 1 zugelassen. Dies hat dazu geführt, dass das Unternehmen unter anderem folgende Massnahmen nicht ergreifen musste:

- Genehmigen lassen eines Verfahrens für den Flugbetrieb bei geringer Sicht (*low visibility procedures*) durch die Aufsichtsbehörde und Publizieren desselben im *operations manual part A* (OM A).
- Ausrüsten des Flugzeuges mit einem System, welches bei einem Absinken nach dem Start einen Alarm auslöst (GPWS).

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Es gibt keinen Hinweis darauf, dass sich das Flugzeug HB-VLV zum Zeitpunkt des Unfalls nicht in lufttüchtigem Zustand befand.
- Ein *technical log book* wurde weder im Wrack noch in den technischen Unterlagen gefunden.
- Die Dokumentation über den technischen Stand des Flugzeuges war lückenhaft.
- Ein *ground proximity warning system* (GPWS) war im Unfallflugzeug nicht eingebaut. Der GPWS *mode 3* „*altitude loss after take-off*“ hätte die Besatzung des Unfallfluges rechtzeitig über den Höhenverlust nach dem Start warnen können.
- Der *cockpit voice recorder* (CVR) hatte aufgrund eines Defektes die Gespräche während des Unfallfluges nicht aufgezeichnet.
- Ein Einfluss von Vereisung auf das Unfallgeschehen kann ausgeschlossen werden.

3.1.2 Besatzung

- Nach den vorliegenden Unterlagen besass die Besatzung gültige Flugausweise.
- Die Untersuchung ergab keine Hinweise auf eine krankheitsbedingte Ursache des Unfalls.
- Am Tag vor dem Unfall leistete der Kommandant keine Flugdienstzeit.
- Die Ruhezeit des Kommandanten vor dem Unfalltag betrug 35 Stunden und 50 Minuten.
- Im Unfallzeitpunkt betrug die Flugdienstzeit des Kommandanten 9 Stunden und 17 Minuten.
- Der Kommandant war beim Flugbetriebsunternehmen hauptamtlich angestellt.
- Am Tag vor dem Unfall leistete der Copilot eine Flugdienstzeit von 3 Stunden und 10 Minuten.
- Die Ruhezeit des Copiloten vor dem Unfalltag betrug 22 Stunden und 40 Minuten.
- Im Unfallzeitpunkt betrug die Flugdienstzeit des Copiloten 9 Stunden und 17 Minuten.
- Der Copilot war beim Flugbetriebsunternehmen im Nebenamt angestellt.
- Der Copilot hatte noch keine grosse Erfahrung im Fliegen unter IMC.
- Die Analyse der Flugzeugführung während des Startvorgangs sowie die Kommunikation zwischen der Besatzung und den Flugverkehrsleitstellen lassen den Schluss zu, dass während des Unfallfluges der Copilot *pilot flying* und der Kommandant *pilot non flying* war.

3.1.3 Flugverlauf

- Die Durchführung des Fluges erfolgte unter hohem Zeitdruck.
- Um 21:06 UTC führte die Besatzung einen Start auf der Piste 34 bei geringer Sicht durch.
- Die Besatzung rollte auf die Piste und leitete in einem fließenden Übergang mit dem Setzen der Startleistung den Start ein (*rolling take-off*).
- Die *anti-collision lights* waren eingeschaltet.
- Kurz nach dem Abheben verlor die Besatzung jegliche Sichtreferenzen.
- Vom Abheben bis zum Aufprall nahm die Geschwindigkeit des Flugzeuges kontinuierlich zu.
- Zum Zeitpunkt des Einfahrens der Landeklappen begannen sich die Trimmklappen des Höhensteuers in Richtung *nose down* zu bewegen. Dieser Vorgang dauerte mit 8,5 Sekunden länger als auf den Flügen zuvor.
- Nach Erreichen einer Höhe von 500 bis 600 ft über Grund ging das Flugzeug in den Sinkflug über.
- Es fand ein Abfangmanöver statt, das den Aufprall mit dem Boden nicht verhindern konnte.
- Der *pilot non flying* (PNF) hat den *pilot flying* (PF) nicht genügend überwacht.
- Der Unfall war nicht überlebbar.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Nach der Landung in Zürich kam es infolge von schlechten meteorologischen Bedingungen am Flughafen und Einschränkungen in der Pistenbenützung zu einer Startverschiebung.
- Die Landung in Bern-Belp hätte spätestens bis 21:30 UTC erfolgen müssen.
- Der Geschäftsführer des Flugbetriebsunternehmens verlangte beim Dienstleiter des Kontrollturms Zürich mit Nachdruck eine frühere Startzeit und betonte, dass der Überführungsflug unbedingt stattfinden müsse.
- Der Geschäftsführer des Flugbetriebsunternehmens hatte mehrfach telefonischen Kontakt mit der Besatzung.
- Das Flugbetriebsunternehmen war zum Unfallzeitpunkt nicht für den Betrieb nach JAR-OPS 1 zugelassen.
- In den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens waren nicht alle Abläufe für die Zusammenarbeit der Besatzung im Cockpit beschrieben.
- Im Flugbetriebsunternehmen gab es für die Flugbesatzung keine Verfahrensvorgaben für einen Start bei geringer Sicht (*low visibility take-off*).
- In den Verfahrensvorgaben des Flugbetriebsunternehmens war unter anderem bei unvorteilhaften Bedingungen ein Start durch den Kommandanten vorgesehen.
- Das Unfallflugzeug hatte auf der Seite des Copiloten die für den Instrumentenflug vorgeschriebene Minimalausrüstung.

- Das Unfallflugzeug hatte auf der Seite des Kommandanten eine moderne EFIS Instrumentierung.
- Im TWR Logbuch ist der Beginn der Anwendung der *low visibility procedures* (LVP) um 20:20 UTC dokumentiert.
- Die Aktivierung durch die Flugverkehrsleitung, d.h. die Verbreitung der Information auf ATIS oder über Funk, dass LVP in Kraft waren, erfolgte nicht.
- Um 21:05:47 UTC wurden für die Piste 34 folgende RVR Werte im Kontrollturm angezeigt: *touch-down-zone* 400 m, *mid-point* 1700 m, *stop-end* 350 m.
- Der ADC-Flugverkehrsleiter übermittelte der Flugbesatzung keine RVR-Werte.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass die Besatzung der HB-VLV den Steigflug nach dem Start nicht fortsetzte. In der Folge geriet das Flugzeug in einen Sinkflug und kollidierte mit dem Boden.

Die Untersuchung hat folgende kausalen Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Mit hoher Wahrscheinlichkeit verlor die Besatzung nach dem Abheben die räumliche Orientierung, was zu einem ungewollten Sinkflug führte.

Folgende Faktoren haben zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- Der Copilot wurde anlässlich seiner Grundausbildung im Instrumentenflug nicht im Nachtstart nach Instrumenten ausgebildet.
- Die Arbeitsweise der Besatzung war durch hohen Zeitdruck beeinträchtigt.
- Die Durchführung des Starts als *rolling take-off* war den herrschenden meteorologischen Bedingungen nicht angepasst.
- Im Flugzeug war kein System vorhanden, welches bei einem Absinken nach dem Start einen Alarm auslöst (GPWS).
- Die Instrumentierung des Unfallflugzeuges war auf der Seite des Copiloten nicht optimal.

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).

4 Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Betriebszulassung der schweizerischen Luftfahrtunternehmen nach Joint Aviation Requirements (JAR)

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Anlässlich eines Leerfluges von Zürich nach Bern-Belp startete eine Cessna CE 560 Citation V auf der Piste 34 nachts und bei schlechter Sicht. Kurz nach erfolgtem Start stieg die Maschine auf 500-600 ft über Grund, verlor wieder an Höhe und schlug auf dem Boden auf.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit verlor die Besatzung nach dem Abheben die räumliche Orientierung, was zu einem ungewollten Sinkflug führte.

Das Flugbetriebsunternehmen war zum Zeitpunkt des Unfalls nach der Verordnung über die Betriebsregeln im gewerbsmässigen Luftverkehr (VBR I) zugelassen. Bei einer Zertifizierung nach JAR-OPS 1 wären folgende Bedingungen erfüllt gewesen:

- Das Flugbetriebsunternehmen wäre unter anderem verpflichtet gewesen, ein Verfahren für einen Flugbetrieb bei geringer Sicht (*low visibility procedures*) durch die Aufsichtsbehörde BAZL genehmigen zu lassen und im *operations manual part A* (OM A) zu publizieren.
- Das Flugzeug hätte mit einem System, welches bei einem Absinken nach dem Start einen Alarm auslöst (GPWS), ausgerüstet sein müssen.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 327

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass alle Schweizer Luftfahrtunternehmen, welche noch gemäss der Verordnung über die Betriebsregeln im gewerbsmässigen Luftverkehr (VBR I) zugelassen sind, unverzüglich nach den Richtlinien der JAR zertifiziert werden.

4.1.2 Cockpitinstrumentierung für den Zweimannbetrieb im Instrumentenflug

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Anlässlich eines Leerfluges von Zürich nach Bern-Belp startete eine Cessna CE 560 Citation V auf der Piste 34 nachts und bei schlechter Sicht. Kurz nach erfolgtem Start verlor die Maschine wieder an Höhe und schlug auf dem Boden auf.

Wie die Untersuchung zeigte, war das Unfallflugzeug für den Zweimannbetrieb nicht optimal instrumentiert. Die Primärinstrumentierung auf der rechten Seite war für die Führung des Flugzeuges weniger geeignet als die Instrumente auf der linken Seite.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 328

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die Instrumentierung von Flugzeugen, welche im Zweimannbetrieb nach Instrumenten geflogen werden, so ausgelegt wird, dass von beiden Arbeitsplätzen aus in allen Flugphasen qualitativ gleichwertig gesteuert werden kann.

Glossar

AAL	<i>Above Aerodrome Level</i>	über Flugplatzhöhe
AD	<i>Airworthiness Directive</i>	Lufttüchtigkeitsanweisung
ADC	<i>Aerodrome Control (Tower)</i>	Platzverkehrsleitstelle
ADC	<i>Air Data Computer</i>	
ADF	<i>Automatic Direction Finding Equipment</i>	automatisches Peilgerät
ADI	<i>Attitude Director Indicator</i>	Fluglageanzeige
ADS	<i>Air Data System</i>	
AFS	<i>Automatic Flight System</i>	automatische Flugregelungsanlage
AGL	<i>Above Ground Level</i>	über Grund
AIP	<i>Aeronautical Information Publication</i>	Luftfahrthandbuch
AMSL	<i>Above Mean Sea Level</i>	über der mittleren Meereshöhe
AND	<i>Attitude Nose Down</i>	Längsneigung nach unten
ANU	<i>Attitude Nose Up</i>	Längsneigung nach oben
AOC	<i>Air Operators Certificate</i>	Betriebsbewilligung
AP	<i>Autopilot</i>	Autopilot
APP	<i>Approach Control Office</i>	Anflugleitstelle
APRON	<i>Apron</i>	Vorfeld
APW	<i>Approach Control West</i>	Anflugsektor West
ATC	<i>Air Traffic Control</i>	Flugverkehrsleitung
ATCO	<i>Air Traffic Control Officer</i>	Flugverkehrsleiter
ATIS	<i>Automatic Terminal Information Service</i>	
ATMM	<i>Air Traffic Management Manual</i>	Flugverkehrshandbuch
ATPL	<i>Air Transport Pilot Licence</i>	Führerausweis für Verkehrspiloten
ATT	<i>Attitude</i>	Fluglage
AWO	<i>All Weather Operations</i>	All-Wetter-Betrieb
BFU		Büro für Flugunfalluntersuchungen
BFU-D		Bundesstelle für Flugunfallunter- suchung Deutschland
BAZL		Bundesamt für Zivilluftfahrt
BKN	<i>Broken</i>	5-7 Achtel Bewölkung
BRG	<i>Bearing</i>	Peilung (Richtung)
B-RNAV	<i>Basic Area Navigation</i>	Flächennavigation
CAM	<i>Cockpit Area Microphone</i>	Raummikrophon
CAT I	<i>Category One</i>	Kategorie I
CB	<i>Circuit Breaker</i>	Sicherungsautomat
CDI	<i>Course Deviation Indicator</i>	Kursabweichungsanzeiger
CDU	<i>Control Display Unit</i>	Bedieneinheit
CDR	<i>Commander</i>	Kommandant
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>	Geschäftsführer
CESCOM	<i>Cessna Computerized Maintenance</i>	Computerprogramm für die Wartung
CLB	<i>Climb</i>	Steigflug
CLD	<i>Clearance Delivery</i>	Abflugfreigabe-Leitstelle
COM	<i>Communication</i>	Kommunikation
COPI	<i>Copilot</i>	Copilot
CPL	<i>Commercial Pilot Licence</i>	Führerausweis für Berufspiloten
CR	<i>Class Rating</i>	Klassenberechtigung
CRM	<i>Crew Resource Management</i>	

CRS	<i>Course</i>	Kurs
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i>	Sprach- und Geräuschaufzeichnungs- gerät
DA	<i>Decision Altitude</i>	Entscheidungshöhe (über Meer)
DDS	<i>Digital Data Storage</i>	digitale Datenspeicherung
DEP	<i>Departure Control</i>	Abflugleitstelle
DFDR	<i>Digital Flight Data Recorder</i>	digitaler Flugdatenschreiber
DH	<i>Decision Height</i>	Entscheidungshöhe (über Grund)
DL		Dienstleiter
DME	<i>Distance Measuring Equipment</i>	Entfernungsmessgerät
DOC	<i>Designated Operational Coverage</i>	Gebiet, in dem ein bestimmter Dienst verfügbar ist und in welchem die zu diesem Dienst gehörenden Frequenzen geschützt sind
DTO	<i>Direct To ...</i>	direkt nach ...
DVOR	<i>Doppler VOR</i>	Doppler-VOR
EADI	<i>Electronic Attitude Director Indicator</i>	elektronische Fluglageanzeige
ECP	<i>EFIS Control Panel</i>	EFIS Bedieneinheit
EFIS	<i>Electronic Flight Instrument System</i>	elektronisches Fluginstrumentensystem
EHSI	<i>Electronic Horizontal Situation Indicator</i>	elektronische Kursanzeige
ELEV	<i>Elevation</i>	Ortshöhe über Meer
ELT	<i>Emergency Locator Transmitter</i>	Notsender
FAA	<i>Federal Aviation Administration (USA)</i>	Zivilluftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika
FAF	<i>Final Approach Fix</i>	Endanflug-Punkt
FD	<i>Flight Director</i>	Flugleitanlage
FDR	<i>Flight Data Recorder</i>	Flugdatenschreiber
FEW		1-2 Achtel Bewölkung
FI	<i>Flight Instructor</i>	Fluglehrer
FIR	<i>Flight Information Region</i>	Fluginformationsgebiet
FL	<i>Flight Level</i>	Flugfläche
F/O	<i>First Officer</i>	Erster Offizier (Copilot)
FOM	<i>Flight Operations Manual</i>	Flugbetriebs Handbuch
ft	<i>Feet</i>	Fuss (1 ft = 0.3048 m)
FVL		Flugverkehrsleiter
G/A	<i>Go Around</i>	Durchstart
GAC	<i>General Aviation Centre</i>	
GLI	<i>Gliders</i>	Segelflugzeuge
GNS	<i>Global Navigation System</i>	globales Navigationssystem
GPS	<i>Global Positioning System</i>	satellitengestütztes Positionierungssys- tem
GPWC	<i>Ground Proximity Warning Computer</i>	Bodennähe-Warncomputer
GPWS	<i>Ground Proximity Warning System</i>	Bodennähe-Warnsystem
GRO	<i>Ground Control</i>	Bodenleitstelle
G/S	<i>Glide Slope</i>	Gleitweg
HDG	<i>Heading</i>	Steuerkurs
hPa	<i>Hecto Pascal</i>	Hecto Pascal

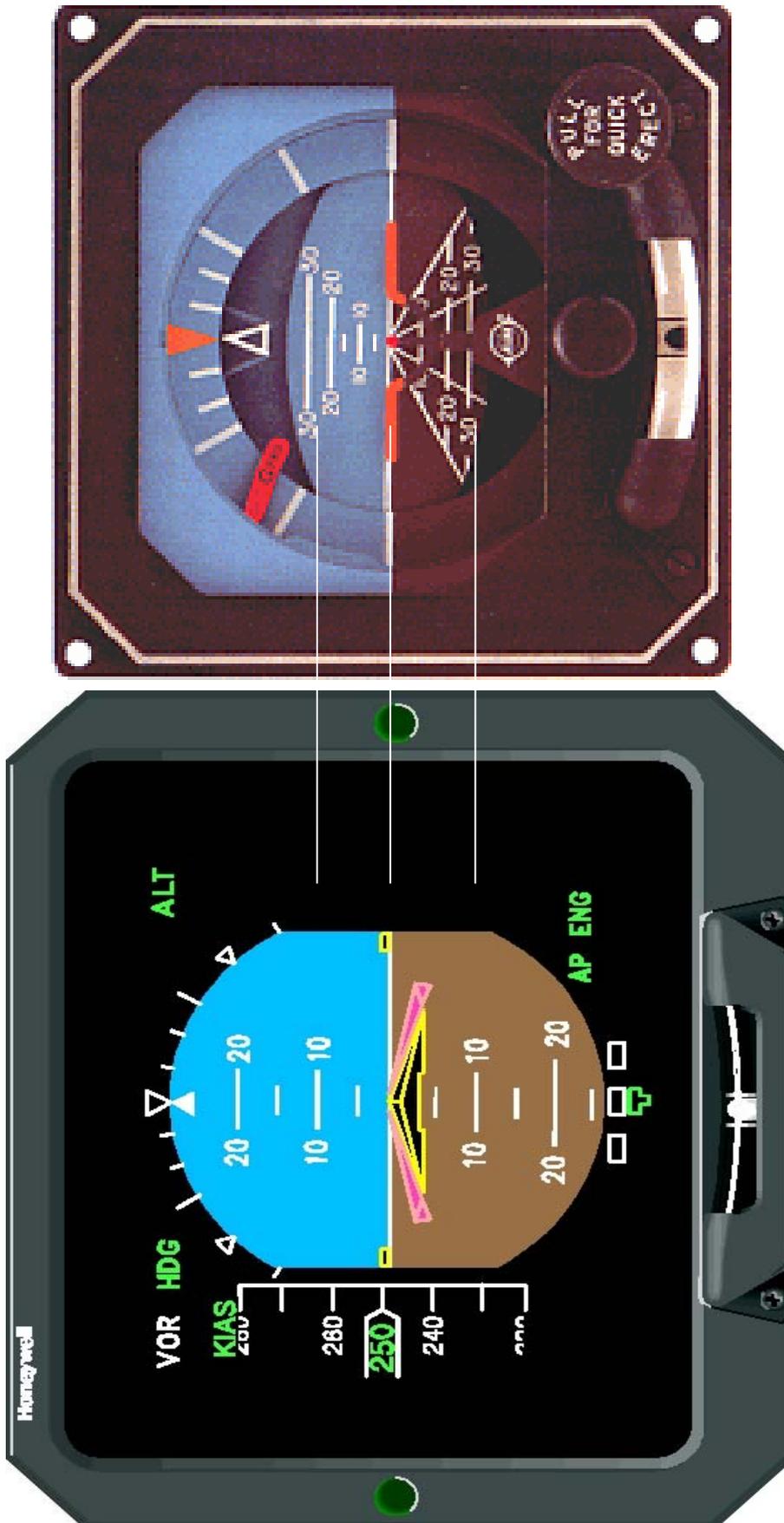
HSI	<i>Horizontal Situation Indicator</i>	Kursanzeigegerät
IAS	<i>Indicated Airspeed</i>	angezeigte Fluggeschwindigkeit
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	internationale Zivilluftfahrtorganisation
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i>	Instrumentenflugregeln
ILS	<i>Instrument Landing System</i>	Instrumentenlandesystem
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions</i>	Instrumentenwetterbedingungen
IR	<i>Instrument Rating</i>	Instrumentenflugberechtigung
ISO	<i>International Standard Orders</i>	internationale Standards
JAA	<i>Joint Aviation Authorities</i>	
JAR	<i>Joint Aviation Requirements</i>	
KLAS	<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
LIH	<i>Light Intensity High</i>	Lichtintensität hoch
LIL	<i>Light Intensity Low</i>	Lichtintensität niedrig
LLZ ZRH	<i>Localizer Zurich</i>	Landekurs Zürich
LMC	<i>Last Minute Change</i>	Änderung in letzter Minute
LOC	<i>Localizer</i>	Landekurs
LONG	<i>Longitude</i>	geographische Länge
LT	<i>Local Time</i>	Lokalzeit
LVP	<i>Low Visibility Procedure</i>	Verfahren bei schlechter Sicht
LVO	<i>Low Visibility Operation</i>	Flugbetrieb bei schlechter Sicht
LVTO	<i>Low Visibility Take-Off</i>	Start bei schlechter Sicht
MAC	<i>Mean Aerodynamic Chord</i>	
MAG	<i>Magnetic</i>	magnetisch
MAP	<i>Missed Approach Point</i>	Durchstartpunkt
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
ME	<i>Multi Engine</i>	mehrmotorig
MEP	<i>Multi Engine Piston</i>	mehrmotorig, Kolbenmotor
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i>	Flugplatzwettermeldung
MHz	<i>Megahertz</i>	Megahertz
MNPS	<i>Minimum Navigation Performance System</i>	
MOC	<i>Minimum Obstacle Clearance</i>	minimale Hindernisfreiheit
NAP	<i>Navigation Performance</i>	Navigationsgenauigkeit
NAT	<i>North Atlantic</i>	Nordatlantik
NAV	<i>Navigation</i>	Navigation
NDB	<i>Non Directional Beacon</i>	ungerichtetes Funkfeuer
NDB	<i>Navigation Data Base</i>	Navigationsdatenbank
NM	<i>Nautical Mile</i>	Nautische Meile (1 NM = 1.852 km)
NMS	<i>Navigation Management System</i>	Navigationsführungssystem
NMU	<i>Navigation Management Unit</i>	Navigationsführungsgerät
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>	

NVM	<i>Non-Volatile Memory</i>	nichtflüchtiger Speicher
OAT	<i>Outside Air Temperature</i>	Aussentemperatur
OCH	<i>Obstacle Clearance Height</i>	Hindernisfreiheit
OM	<i>Operations Manual</i>	Betriebshandbuch
OVC	<i>Overcast</i>	8 Achtel Bewölkung
PANS- OPS	<i>Procedure for Air Navigation Services – Operations</i>	
PA	<i>Public Address</i>	Passagieransage
PF	<i>Pilot Flying</i>	fliegender Pilot
PIC	<i>Pilot In Command</i>	Kommandant
PNF	<i>Pilot Non Flying</i>	assistierender Pilot
PWR	<i>Power</i>	Leistung
QAM	<i>Local Weather Report</i>	Flugplatzwettermeldung
QFE	<i>Airfield related Static Pressure</i>	Stationsdruck
QNH	<i>Mean Sea Level related Static Pressure</i>	auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
RA	<i>Radio Altimeter</i>	Radarhöhenmesser
RA	<i>Radar Altitude</i>	Radarhöhe
RMI	<i>Radio Magnetic Indicator</i>	Radiokompass Anzeige
RNAV	<i>Area Navigation</i>	Flächennavigation
RNP	<i>Required Navigation Performance</i>	
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
SB	<i>Service Bulletin</i>	Herstellermitteilung
SE	<i>Single Engine</i>	einmotorig
SIC	<i>Second In Command</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
SSR	<i>Secondary Surveillance Radar System</i>	Sekundärradar-System
SSCVR	<i>Solid State Cockpit Voice Recorder</i>	Halbleiter Sprachaufzeichnungsgerät
STAR	<i>Standard Instrument Arrival Route</i>	Instrumentenanflugroute
SWC	<i>Significant Weather Chart</i>	Wetterkarte
SYMA	<i>System Manager</i>	Systemverantwortlicher
TAF	<i>Aerodrome Forecast</i>	Flugplatzwettervorhersage
TAS	<i>True Airspeed</i>	wahre Fluggeschwindigkeit
TCAS	<i>Traffic Alert And Collision Avoidance System</i>	System zur Kollisionsverhütung
TDZ	<i>Touch Down Zone</i>	Aufsetz-Zone

TMM	<i>Transmissometer</i>	Pistensichtmessgerät
T/O	<i>Take-Off</i>	Start
TR	<i>Type Rating</i>	Musterberechtigung
TRK	<i>Track</i>	Kurs über Grund
TST	<i>Test</i>	Test
TWR	<i>Tower</i>	Kontrollturm
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i>	koordinierte Weltzeit
VERT	<i>Vertical</i>	vertikal, senkrecht
VERT SPD	<i>Vertical Speed</i>	Vertikalgeschwindigkeit
VFR	<i>Visual Flight Rules</i>	Sichtflugregeln
VHF	<i>Very High Frequency</i>	Ultrakurzwellenbereich (UKW)
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i>	Sichtwetterbedingungen
VOR	<i>VHF Omnidirectional Radio Range</i>	UKW-Drehfunkfeuer
VVL		Vorfeldverkehrsleiter
WO	<i>Work order</i>	Arbeitsauftrag
WX	<i>Weather</i>	Wetter
XPDR	<i>Transponder</i>	Transponder
ZUE VOR	<i>Zurich East VOR</i>	Drehfunkfeuer Zürich Ost

5 Anhänge

5.1 Vergleich EADI und AI im Massstab 1:1



AI – AIM Horizon

EADI – Honeywell ED600

5.2 Cessna CE 560 Citation V - Takeoff Profile Normal

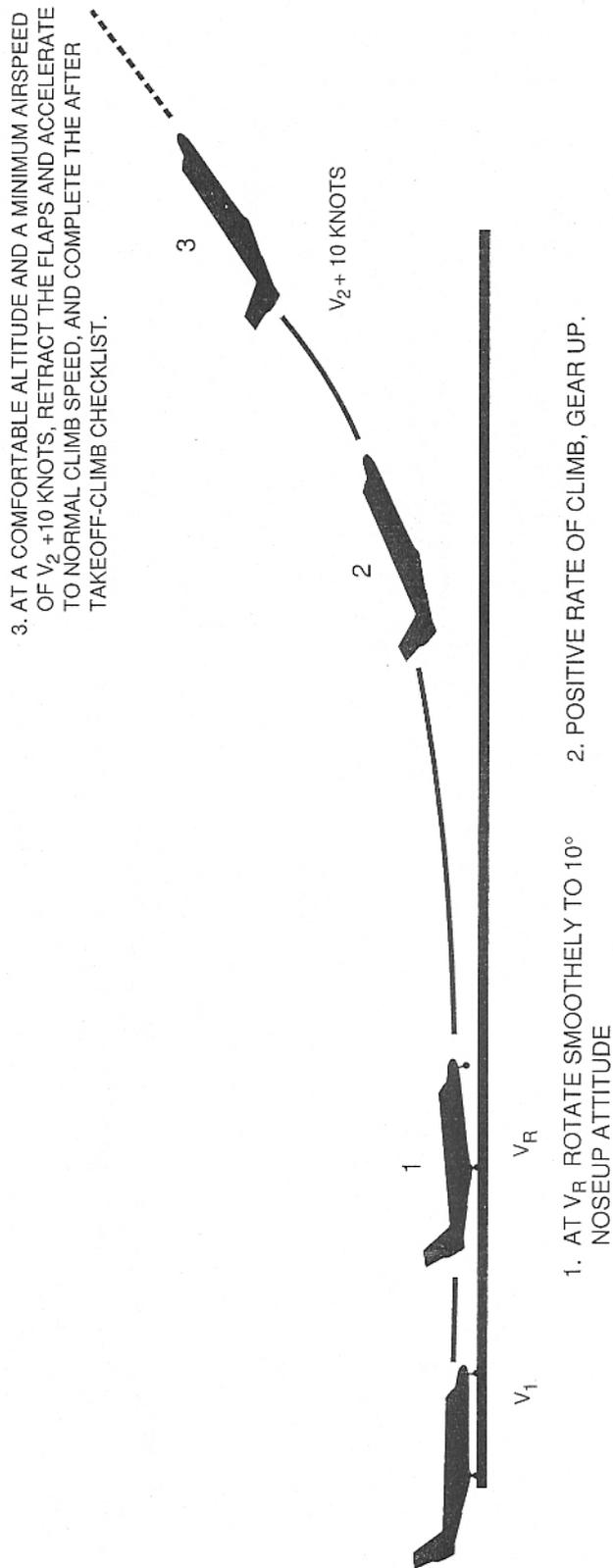


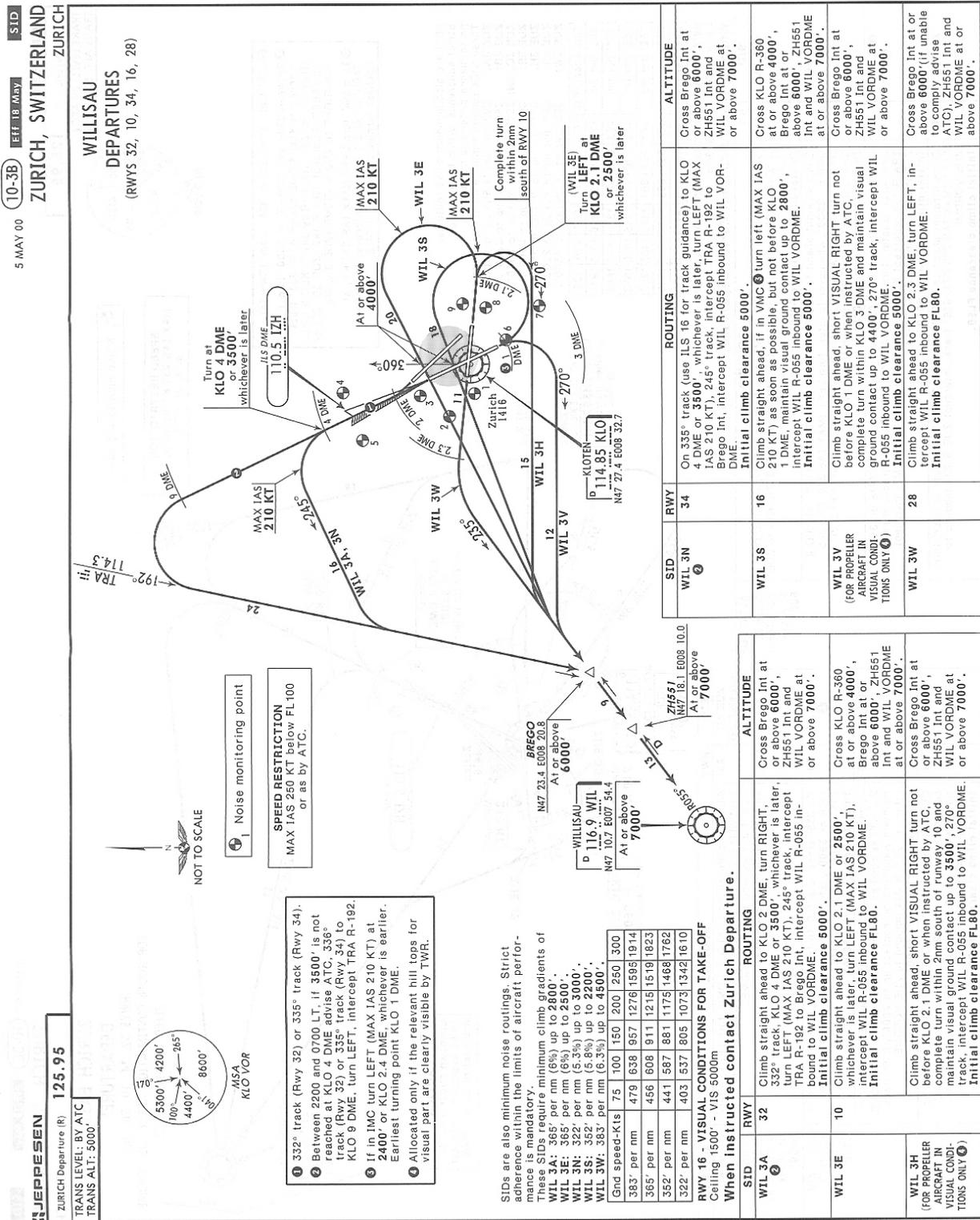
Figure GEN-1. Takeoff—Normal

5.3 Application of Low Visibility Procedures in Zurich

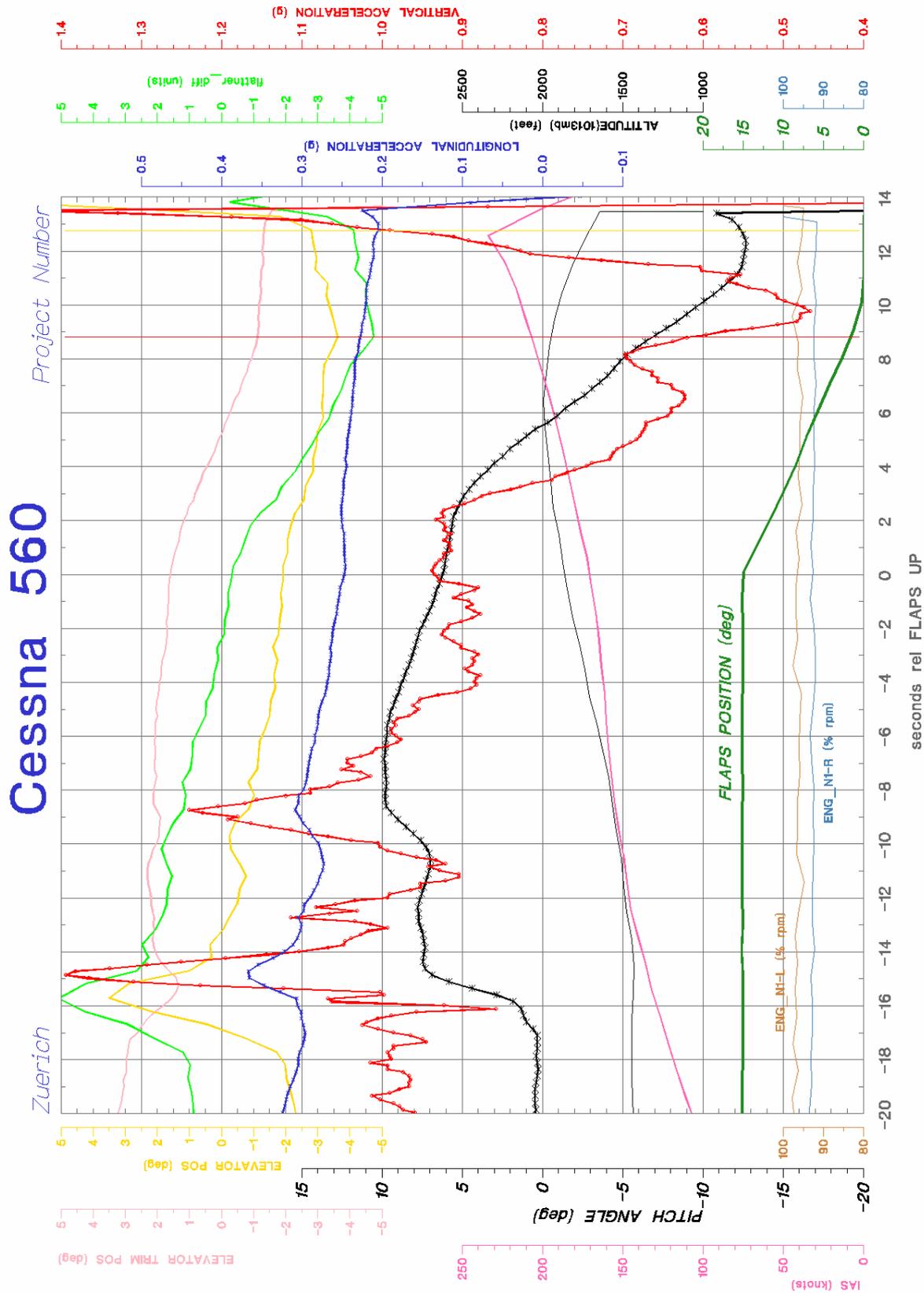
LVP	RVR	CAT	
LVP Prep Phase	750m	CAT I	
	600m		
LVP Application Phase	550m	CAT II	
	500m		
	375m	LVTO	
	350m		
	325m		CAT III
	0m		

Activation	Via ATIS or RTF: “ Low Visibility Procedures In Operation ”.
Application	Arrivals: RVR for TDZ 550 m or less. Low visibility take-offs: RVR 375 m or less at any RVR position on the departure runway.
Protection of ILS sensitive areas	Ensured by ATC as per Section 4.
Radar vectoring	Arriving aircraft are vectored so as to ensure LLZ intercept according to local procedures.
Clearance for approach	ATC issues clearance for an ILS approach regardless of the ILS category applied or the prevailing weather conditions.
Meteorological information	Prior to commencing final approach, the RVR value will be transmitted. Additionally, the latest RVR values will be transmitted by TWR.
Clearance to land	Normally given before an arriving aircraft reaches 2 NM from touchdown; exceptionally a clearance should not be delayed to less than 1 NM from touchdown, provided that the flight crew are warned to expect a late landing clearance.
Deactivation of LVPs	If weather conditions indicate sustained improvement to RVR 600 m or greater, LVP application will be cancelled. Pilots will be advised by RTF - “ Low visibility procedures cancelled at time....” The ATIS will be updated, removing any reference to LVPs. The preparation phase will remain in force until the RVR improves to 800 m or greater.

5.4 Standard Instrument Departure „Willisau 3N“



5.5 Graphische Darstellung der Flugdatenaufzeichnungen



BFU Flight Recorders

file : BS_acc_hf3
Created: June 07, 2004

5.6 Fluglage beim Aufprall



5.7 Unfallstelle

