



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST
Service d'enquête suisse sur les accidents SESA
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Bereich Aviatik

Schlussbericht Nr. 2146 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Flugzeuges
Cirrus SR22, eingetragen als N467BD

vom 22. Oktober 2008

auf dem Flughafen Zürich

Cause

L'accident est dû au fait que, durant un virage serré effectué à basse hauteur, le pilote a perdu le contrôle de l'avion et que celui-ci a par conséquent percuté le sol.

Les facteurs suivants ont favorisé l'accident ou son origine:

- La procédure employée par le pilote pour la gestion de la défaillance d'un système partiellement redondant qui n'a pas réduit les répercussions de la panne, mais qui les a aggravées.
- Une prise de conscience inappropriée de la situation réelle, ce qui a incité le pilote à une indication trop optimiste de sa situation aux contrôleurs de la circulation aérienne et qui l'a empêché de déclarer une situation d'urgence.
- Une utilisation inadéquate des moyens existants d'aide à la navigation.
- Le pilote n'avait pas emporté de carte d'approche pour l'aéroport de dégagement de Zurich.
- Une compréhension insuffisante au sein des contrôleurs de la circulation aérienne de l'importance des pannes et des situations d'urgence lorsqu'un avion monomoteur léger est piloté que par un seul pilote et qu'il se trouve dans des conditions météorologiques exigeantes.
- La durée relativement longue entre l'apparition de la panne et le début de l'approche.
- La décision du pilote de proposer aux contrôleurs de la circulation aérienne une vitesse d'approche élevée.
- La décision du pilote d'effectuer une manœuvre exigeante à l'aide de références visuelles pour l'atterrissage en présence de conditions météorologiques relevant du vol aux instruments alors que l'avion se trouvait dans une situation initiale défavorable.
- Une masse de vol élevée.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle (SUST) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 10. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluffahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalles die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Die deutsche Fassung dieses Berichts entspricht dem Original und ist massgebend.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt im Unfallzeitpunkt die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:
LT = MESZ = UTC + 2 h.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Untersuchung	6
Kurzdarstellung	6
Ursachen	6
1 Sachverhalt	8
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf	8
1.1.1 Allgemeines	8
1.1.2 Kurzbeschrieb Luftfahrzeug	8
1.1.3 Kurzbeschrieb Flugsicherung	9
1.1.4 Vorgeschichte	10
1.1.5 Flugverlauf	10
1.2 Personenschäden	19
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	19
1.4 Drittschaden	19
1.5 Angaben zu Personen	19
1.5.1 Pilot	19
1.5.1.1 Allgemeines	19
1.5.1.2 Ausbildung	20
1.5.2 Passagiere	21
1.5.3 Mitarbeiter der Flugsicherung	22
1.5.3.1 Flugverkehrsleiterin ADC <i>trainee</i>	22
1.5.3.2 Flugverkehrsleiter ADC <i>coach</i>	22
1.5.3.3 Flugverkehrsleiter DEP	22
1.5.3.4 Flugverkehrsleiterin CAP	22
1.5.3.5 Flugverkehrsleiter FIN	23
1.5.3.6 Flugverkehrsleiter APE	23
1.5.3.7 Flugverkehrsleiterin DOM	23
1.5.3.8 Flugverkehrsleiter GRO	23
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	24
1.7 Meteorologische Angaben	26
1.7.1 Allgemeines	26
1.7.2 Allgemeine Wetterlage	26
1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort	26
1.7.4 Astronomische Angaben	26
1.7.5 Flugplatzwettermeldung	26
1.7.6 Vorhersage	27
1.7.7 Flugwetterwarnung	27
1.7.8 Wetter gemäss Augenzeugenbericht	28
1.8 Navigationshilfen	28
1.8.1 Bodenseitig	28
1.8.2 Flugzeugseitig	28
1.9 Kommunikation	29
1.10 Angaben zum Flughafen	29
1.10.1 Allgemeines	29
1.10.2 Pistenausrüstung	29
1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste	30
1.11 Flugschreiber	30
1.11.1 Allgemeines	30
1.11.2 Aufzeichnungen PFD	30
1.11.3 Aufzeichnungen MFD	30

1.11.4	Kenngrossen PFD	31
1.11.5	Kenngrossen MFD	31
1.12	Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle.....	31
1.12.1	Wrack	31
1.12.2	Aufprall	31
1.12.3	Unfallstelle	32
1.13	Medizinische und pathologische Feststellungen	32
1.14	Feuer	32
1.15	Überlebensaspekte.....	33
1.15.1	Allgemeines.....	33
1.15.2	Cirrus Airframe Parachute System	33
1.15.3	Notsender	33
1.16	Versuche und Forschungsergebnisse	33
1.16.1	Elektrisches System der N467BD	33
1.16.1.1	Allgemeines	33
1.16.1.2	Verfahren bei Ausfall des Alternators 1	34
1.16.1.3	Versuche der SUST-AV	35
1.16.1.4	Alternatoren	36
1.16.2	CMax Approach Charts function	36
1.16.3	Abrissverhalten und Abrissgeschwindigkeiten	36
1.16.4	Ballistisches Rettungssystem	37
1.16.4.1	Allgemeines	37
1.16.4.2	Zusätzliche Abklärungen	37
1.17	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	38
1.18	Zusätzliche Angaben.....	38
1.19	Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken	38
2	Analyse	39
2.1	Technische Aspekte.....	39
2.2	Menschliche und betriebliche Aspekte	39
2.2.1	Elektrisches System und Pilotenverhalten.....	39
2.2.2	Navigation und Pilotenverhalten.....	41
2.2.3	Ausbildung des Piloten	45
2.2.4	Flugsicherung und Pilotenverhalten	45
2.2.5	Grundsätzliche Überlegungen zu einer technischen Ausweichlandung	46
3	Schlussfolgerungen	48
3.1	Befunde	48
3.1.1	Technische Aspekte	48
3.1.2	Besatzung.....	48
3.1.3	Flugsicherung.....	48
3.1.4	Flugverlauf.....	48
3.1.5	Rahmenbedingungen.....	50
3.2	Ursachen	51
Anlagen	52

Schlussbericht

Zusammenfassung

Eigentümer	Aircraft Guaranty Management LLC Trustee, 515 N Sam Houston PKWY E STE 305, Houston, TX 77060-4023, Texas (USA)
Halter	Privat
Hersteller	Cirrus Design Corporation, 4515 Taylor Circle, Du- luth, MN 55811, Minnesota (USA)
Luftfahrzeugmuster	Cirrus SR22
Eintragsstaat	Vereinigte Staaten von Amerika
Eintragszeichen	N467BD
Ort	Zürich Flughafen, Nähe Schwelle Piste 14
Datum und Zeit	22. Oktober 2008, 13:58 UTC

Untersuchung

Der Unfall ereignete sich um 13:58 UTC. Die Untersuchung wurde am 22. Oktober 2008 um ca. 16:00 UTC in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Zürich eröffnet.

Der vorliegende Schlussbericht wird durch die Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle (SUST) veröffentlicht.

Kurzdarstellung

Aufgrund eines technischen Problems in der Bordelektrikanlage beschloss der Pilot südlich von Zürich, den Flug mit drei Passagieren an Bord von Genf nach Berlin-Schönhagen abzubrechen und auf dem Flughafen Zürich zu landen. Nach einem mit Navigationsproblemen verbundenen Instrumentenanflug auf die Piste 14 versuchte der Pilot mittels Sichtflugnavigation die N467BD in eine Position zu bringen, aus welcher eine Landung auf der Piste 14 möglich gewesen wäre. Im Verlaufe dieses Manövers prallte die N467BD aus einer Rechtskurve heraus kurz vor dem Anfang der Piste 14 auf dem Boden auf. Der Pilot sowie der Passagier auf dem vorderen rechten Sitz wurden beim Aufprall tödlich verletzt. Die Passagierin auf dem hinteren rechten Sitz starb wenige Tage nach dem Unfall an den erlittenen Verletzungen. Der Passagier auf dem hinteren linken Sitz wurde schwer verletzt. Das Flugzeug wurde beim Unfall zerstört. Es brach kein Feuer aus.

Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass der Pilot während einer eng und in geringer Höhe über Grund geflogenen Kurve die Kontrolle über das Flugzeug verlor und dieses in der Folge auf dem Boden aufprallte.

Die folgenden Faktoren haben Voraussetzungen für den Unfall geschaffen oder dessen Entstehung begünstigt:

- Der Umgang des Piloten mit dem Ausfall eines teilredundanten Systems, der die Auswirkungen der Panne nicht verminderte, sondern verschärfte.
- Ein unzutreffendes Bewusstsein über die tatsächliche Situation, welches den Piloten zu einer zu optimistischen Angabe über seine Lage an die Flugverkehrsleitung veranlasste und ihn davon abhielt, eine Notlage zu erklären.
- Eine unzweckmässige Nutzung der vorhandenen Navigationshilfsmittel.

- Der Pilot führte für den Ausweichflugplatz Zürich keine Anflugkarten mit sich.
- Ein unzureichendes Verständnis innerhalb der Flugverkehrsleitung über die Bedeutung von Störungen und Notlagen bei durch einen einzelnen Piloten geflogenen einmotorigen Kleinflugzeugen in anspruchsvollen Wetterbedingungen.
- Die verhältnismässig lange Dauer zwischen dem Auftreten der Störung und dem Beginn des Anfluges.
- Der Entscheid des Piloten, der Flugverkehrsleitung eine hohe Anfluggeschwindigkeit anzubieten.
- Der Entscheid des Piloten, mit dem Flugzeug aus einer für eine Landung ungünstigen Ausgangslage in Instrumentenwetterbedingungen nach Sicht ein anspruchsvolles Manöver durchzuführen.
- Eine hohe Flugmasse.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde keine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen. Dieser Unfall hat zusammen mit anderen Unfällen zu einer vertieften Abklärung der Gefahren geführt, welche von während des Unfallgeschehens nicht ausgelösten ballistischen Rettungssystemen ausgehen. Die Resultate dieser Untersuchungen, verbunden mit entsprechenden Sicherheitsempfehlungen, wurden in einem zusätzlichen Bericht veröffentlicht.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aufzeichnungen des Sprechfunk- und Telefonverkehrs, der Radardaten, die Aufzeichnungen des *primary flight display* (PFD) und des *multifunction flight display* (MFD) sowie die Aussagen des überlebenden Passagiers, der involvierten Flugverkehrsleiter und von Augenzeugen verwendet.

Der Flug wurde nach Instrumentenflugregeln (*instrument flight rules* – IFR) durchgeführt. Die Alpennordseite verblieb ganztags unter weitgehend geschlossener Bewölkung. Der Flug erfolgte fast vollumfänglich in Wolken.

Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge bei der Schilderung des Flugverlaufs erfolgt vorgängig ein Kurzbeschrieb des Luftfahrzeuges und der Flugsicherung.

1.1.2 Kurzbeschrieb Luftfahrzeug

Die Cirrus SR22 ist ein einmotoriges, mit einem 310 PS starken Teledyne-Continental Motor ausgerüstetes, in Kunststoff-Schalenbauweise hergestelltes Flugzeug in Tiefdecker-Auslegung mit Festfahrwerk. Für die Anzeige der relevanten Flug- und Motorenparameter waren in der N467BD zwei Bildschirme des Herstellers Avidyne eingebaut. Sie war damit mit einem Glascockpit ausgerüstet.

Das *primary flight display* (PFD, vgl. Anlage 3) direkt vor dem Piloten dient der Anzeige der primären Flug- und Navigationsinstrumente, unter anderem:

- Künstlicher Horizont (*electronic attitude direction indicator* – EADI)
- Geschwindigkeitsmesser (*airspeed indicator* – ASI)
- Höhenmesser (*altitude indicator* – AI)
- Variometer (*vertical speed indicator* – VSI)
- Kursanzeige mit horizontaler Navigationsdarstellung (*electronic horizontal situation indicator* – EHSI)
- Horizontale Abweichung vom Landekursender eines Instrumentenlandesystems (*horizontal deviation indicator* – HDI)
- Vertikale Abweichung vom Gleitwegsignal eines Instrumentenlandesystems (*vertical deviation indicator* – VDI)

Das *multifunction flight display* (MFD, vgl. Anlagen 4 u. 5) direkt rechts neben dem PFD dient der Anzeige zusätzlicher Flug-, Navigations- oder Motorenparameter und umfasst u.a. die folgenden Anzeigemöglichkeiten:

- *MAP page* (Anzeige einer vereinfachten Karte mit Relief und Gewässern, Luftraumstrukturen und Navigationshilfen, Informationen über statische Entladungen und die Position und Höhe anderer Luftfahrzeuge)
- *ENGINE page* (Anzeige einiger Motorenparameter sowie Kenngrößen des elektrischen Systems)
- *CHECKLIST pages* (Anzeige von Prüflisten, insbesondere der *emergency procedures*)
- *CMax Chart page* (Anzeige von Bodenkarten sowie An- und Abflugkarten für Instrumentenflüge, basierend auf einer Jeppesen-Datenbank)

Neben diesen digitalen Anzeigen sind als *back up* für die wichtigsten Fluginstrumente konventionelle Instrumente eingebaut. Rechts neben dem MFD befinden sich zudem konventionelle, elektromechanische Motoreninstrumente.

In der Mittelkonsole waren für die Navigation und die Kommunikation zwei Garmin GNS 430 (COM/NAV/GPS #1 und #2) sowie das Bordverständigungssystem, der Autopilot und der Transponder eingebaut. Durch Koppelung des PFD an ein GNS 430 und den Autopiloten war es möglich, vollautomatische Instrumentenflüge entlang eines Instrumentenlandesystems (*instrument landing system – ILS*) durchzuführen.

Das Flugzeug verfügte über zwei weitgehend getrennte elektrische Systeme (vgl. Anlage 7). Den *main distribution bus*, gespeisen vom Alternator 1 bzw. der Batterie 1, und den *essential distribution bus*, gespeisen vom Alternator 2 bzw. der Batterie 2. Eine Diode, welche die beiden *buses* verbindet, erlaubt die Versorgung des *essential distribution bus* durch den *main distribution bus*, nicht aber umgekehrt.

1.1.3 Kurzbeschrieb Flugsicherung

Ein Teil der in den Flug der N467BD involvierten Flugsicherungsstellen war im *terminal control center Zurich* auf dem Flughafen Zürich stationiert:

- *Departure* (DEP) – zuständig für die Abflüge
- *Coordinator Approach* (CAP) – zuständig für die Koordination der Anflüge
- *Approach East* (APE) – zuständig für die Anflüge aus Norden und Osten
- *Final* (FIN) – zuständig für die Endanflüge

Ein anderer Teil befand sich im Kontrollturm (*tower*):

- *Daily Operation Manager* (DOM) – leitet den Dienstbetrieb der Bereiche *tower (aerodrome control, ground, clearance delivery)* und *approach*.
- *Aerodrome Control* (ADC) – Platzverkehrsleitstelle, zuständig für Start und Landungen
- *Ground* (GRO) – zuständig für die Bewegungen am Boden

Bei der Flugsicherung waren in der Anflugleitung die Arbeitsplätze *Coordinator Approach* (CAP), *Departure* (DEP), *Approach West* (APW), *Approach East* (APE) und *Final* (FIN) besetzt. Im Kontrollturm waren die Arbeitsplätze *Daily Operation Manager* (DOM), *Aerodrome Control* (ADC), *Ground* (GRO) und *Clearance Delivery* (CLD) besetzt.

Im Gegensatz zum *tower* haben die Arbeitsplätze im *terminal control center* keine direkte Sichtverbindung nach aussen und die entsprechenden Flugverkehrsleiter sind für Wetterinformationen auf Bildschirme und Fernsehmonitore angewiesen.

Das Verkehrsaufkommen war wegen der Anflugspitze hoch mit normaler Komplexität.

1.1.4 Vorgeschichte

Der Pilot war Direktor und Miteigentümer einer Firma, welche in Polen mehrere hundert Angestellte beschäftigte und deren Hauptsitz in Genf lag. Er verwendete das Flugzeug N467BD vom Typ Cirrus SR22 vorwiegend für geschäftliche Reisen.

Der Pilot hatte vor der Beschaffung des Unfallflugzeuges bereits eine andere Cirrus SR22 betrieben und diese im März 2008 durch die N467BD ersetzt. Das erste Flugzeug war noch mit konventionellen Fluginstrumenten ausgerüstet.

Am Montag, 20. Oktober 2008, flog der Pilot von einem Flugfeld in der Nähe der im Westen Polens gelegenen Stadt Zielona Gora mit zwei Mitarbeitern seiner Firma nach Genf, um dort den Hauptsitz der Firma zu besuchen. Auf diesem Flug arbeitete die Bordelektrikanlage gemäss Aufzeichnungen des MFD normal.

Für den Mittwoch, 22. Oktober 2008, war der Rückflug via Berlin-Schönhausen geplant. Auf diesem Flug war ein weiterer Mitarbeiter der Firma mit an Bord, welcher am Tag zuvor mit einem Linienflug nach Genf gelangt war. Dieser Passagier war der einzige Insasse, welcher den Unfall überleben sollte. Er war anfänglich auf der ersten SR22, welche der Pilot betrieb, und später auf dem Unfallflugzeug mehrere hundert Stunden mit dem Piloten mitgeflogen. Er belegte auf dem Unfallflug den Sitz hinten links. Er konnte später aufgrund seiner Flugerfahrung als interessierter Mitflieger fundierte Angaben zum Verlauf des Unfallfluges machen. Er besass keine Pilotenlizenz.

Die im Flugzeug aufgefundenen Papiere lassen keinen Rückschluss auf die Flugvorbereitung zu.

Der Pilot gab per Fax einen ATC-Flugplan für einen Y-Flug (erster Teil des Fluges nach Instrumentenflugregeln, zweiter Teil nach Sichtflugregeln) nach Berlin-Schönhausen auf, wo Zoll- und Einreiseformalitäten erledigt werden sollten. Der ATC-Flugplan enthielt unter anderem folgende Angaben:

- Voraussichtliche Abflugzeit (*estimated off-block time*): 12:00 UTC
- Reisefluggeschwindigkeit: 160 kt
- Reiseflughöhe: Flugfläche (*flight level* – FL) 140
- Route: Instrumentenflug bis zum Wegpunkt MILGU, dann Sichtflug bis Berlin-Schönhausen
- Flugdauer: 3:00 h
- Ausweichflughafen: Berlin-Schönefeld
- Höchstflugdauer (*endurance*): 5:30 h
- Anzahl Personen an Bord: 4

Der Pilot bereitete das Flugzeug alleine vor. Er liess es mit 184 Litern AVGAS betanken und rollte daraufhin vom Gras-Parkplatz, auf welchem das Flugzeug für zwei Nächte abgestellt war, zum *General Aviation Terminal*. Dort bestiegen die drei Passagiere das Flugzeug.

1.1.5 Flugverlauf

Um 12:34:47 UTC erhielt der Pilot von Genf GND die Bewilligung zum Triebwerkstart sowie die Streckenfreigabe für jenen Teil des Fluges, welcher nach Instrumentenflugregeln geplant war. Die Freigabe umfasste das *standard instrument departure* KONIL 4C und den geplanten Flugweg. Der weitere Flugweg nach KONIL sollte gemäss Flugplan entlang der Flugstrassen N871 und N851

über Bern und südlich des Flughafens Zürich nach Nordosten führen (vgl. Anlage 1). Die Freigabe wurde bis zum Wegpunkt MILGU erteilt, welcher ca. 40 NM südlich des geplanten Zielflugplatzes Berlin-Schönhagen liegt.

Um 12:44:40 UTC erhielt die N467BD von Genf TWR die Freigabe für den Start auf Piste 23. Im Verlauf des Steigfluges wurde dem Piloten mitgeteilt, dass ein vorausfliegendes Linienflugzeug leichte Vereisung auf 7000 ft gemeldet hatte. Daraufhin verlangte und erhielt der Pilot der N467BD als Reiseflughöhe FL 80 zugeteilt.

Der Passagier auf dem linken hinteren Sitz schlief kurz nach dem Start ein, erwachte aber während des Fluges immer wieder kurz. Er nahm wahr, dass die Flughöhe FL 80 und die Aussentemperatur 6 Grad Celsius betrogen und sie somit nicht in Vereisungsbedingungen flogen.

Gemäss den Aufzeichnungen des MFD (vgl. Anlage 6) erlitt die N467BD um 13:01:24 UTC einen ersten Ausfall des Alternators 1. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die N467BD nördlich von Lausanne; seit dem Start in Genf waren etwas mehr als 16 Minuten vergangen. Die elektrische Spannung am *main distribution bus* fiel von 28.2 Volt abrupt auf einen Wert von 24.9 Volt und sank während den folgenden ca. 40 Sekunden regelmässig weiter auf 24.2 Volt, stieg dann aber wieder abrupt auf 28 Volt. Während der nächsten rund 15 Minuten blieb die Spannung auf diesem normalen Wert, um dann um 13:16:54 UTC für einen Messpunkt¹ auf 24.5 Volt abzufallen. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die N467BD südlich von Burgdorf. Unmittelbar auf diesen Abfall hin erhöhte sich innerhalb der Zeitspanne von 13:17:00 UTC bis 13:17:06 UTC die Spannung wieder auf 28.8 Volt, um dann um 13:17:12 UTC wieder abrupt auf ca. 24 Volt abzufallen. In der Folge fiel die Spannung am *main distribution bus* während rund 4 Minuten auf 23.6 Volt ab. Während dieser Zeit wie auch während des gesamten weiteren Fluges bis zum Ende der Aufzeichnungen durch das MFD lag am *essential distribution bus* die bei intaktem Alternator 2 normale Spannung von rund 28.7 Volt an (vgl. Anlage 6).

In der Zwischenzeit wurde die N467BD via die UKW-Drehfunkfeuer (VHF *omnidirectional radio beacon* – VOR) Fribourg (FRI) und Willisau (WIL) geführt und navigierte auf dieser Strecke mit dem GNS430 Nr. 1 den GPS Wegpunkten FRI und WIL entlang. Der Autopilot war eingeschaltet und arbeitete in den Betriebsarten GPS Querlage Steuerung (GPS *roll steering* – GPSS) und Höhenhaltung (ALT *hold*). Um 13:20:31 UTC meldete sich der Pilot auf der Frequenz von *Zurich Departure*. Der Flugverkehrsleiter DEP instruierte den Piloten, das Funkfeuer WIL auf einem Steuerkurs von 075 Grad zu verlassen und die Höhe von FL 80 weiter beizubehalten.

Um 13:21:18 UTC stieg die Spannung am *main distribution bus* der N467BD wieder auf rund 28 Volt, um dann um 13:23:24 UTC wieder abzufallen. Um 13:25:00 UTC betrug die Spannung 24.4 Volt und fiel dann während der nächsten rund 20 Minuten regelmässig um ca. 0.1 Volt pro Minute ab (vgl. Anlage 6).

Um 13:33:03 UTC meldete der Pilot seine Absicht, eine Ausweichlandung (*diversion*) in Zürich durchzuführen. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt ungefähr 10 NM südöstlich des Flughafens Zürich. Auf die Frage des Flugverkehrsleiters DEP nach den Gründen für diese Änderung des Flugplanes, informierte ihn der Pilot, der Alternator 1 sei ausgefallen. Auf Rückfrage des Flugverkehrsleiters DEP bestätigte der Pilot seine erste Information und fügte hinzu, er könne nicht länger als 45 Minuten weiterfliegen: "Ah we've got a failure of alter-

¹ Die Aufzeichnung erfolgt in Intervallen von 6 Sekunden.

nator one ah we can't fly for longer than ah forty five minutes Bravo Delta." Der Flugverkehrsleiter DEP bestätigte, dies verstanden zu haben, und ergänzte: *"But confirm normal operation for the approach in Zurich?"*, was der Pilot mit *"affirmative, Bravo Delta"* bestätigte.

Der Flugverkehrsleiter DEP verstand als Angabe für den Grund der Ausweichlandung *"altimeter one failure"* (Ausfall des Höhenmessers 1) anstelle von *"alternator one failure"* (Ausfall des Alternators 1). Da er selber über keine fliegerische Erfahrung verfügte, war ihm nicht klar, ob diese Fehlfunktion den weiteren Flugverlauf beeinflussen würde. Aufgrund der Bestätigung *"normal operation"* durch den Piloten ging er von einem normalen Anflug aus, bei welchem der Pilot keine spezielle Unterstützung benötigte. Die Zeitspanne von 45 Minuten hielt er für keinen limitierenden Faktor, weil er annahm, dass der Anflug der N467BD ohnehin in kürzerer Zeit abzuwickeln wäre.

In der Folge informierte der Flugverkehrsleiter DEP die Flugverkehrsleiterin *Coordinator Approach* (CAP) über die Ausweichlandung der N467BD in Zürich aufgrund eines *"altimeter one failure"*, und erwähnte auch die maximal mögliche Flugdauer von 45 Minuten sowie *"normal operation"*. Anschliessend koordinierte er mit dem Flugverkehrsleiter *Approach east* (APE) von *Zurich Arrival* die Modalitäten für die Übergabe der N467BD auf dessen Frequenz. In diesem Zusammenhang teilte er ihm ebenfalls mit, dass das Flugzeug aufgrund eines *"altimeter one failure"* nach Zürich ausweiche und *"normal operation"* gemeldet habe. Ob die Zeitdauer von 45 Minuten erwähnt wurde, liess sich nicht mehr eruieren.

Um 13:35:03 UTC wies die Flugverkehrsleiterin CAP die Stelle *FDO/TS (flight data operator and trouble shooter)* per Telefon an, den Flugplan der N467BD für die Ausweichlandung nach Zürich abzuändern. Der elektronische Kontrollstreifen (*electronic flight strip*) im Koordinationssystem *TACO (tower and approach coordination)* wurde darauf in der Anflugleitung und im Kontrollturm auf allen Bildschirmen neu als *inbound flight* dargestellt.

Um 13:35:19 UTC informierte die Flugverkehrsleiterin CAP die Flugverkehrsleiterin *Daily Operation Manager* (DOM) telefonisch über den Transitflug N467BD, der wegen *"failure altimeter one"* nach Zürich ausweiche und nicht mehr länger als 45 Minuten fliegen könne.

Gemäss Aussage der Flugverkehrsleiterin DOM verstand sie die Information betreffend N467BD so, dass das Flugzeug wegen des Ausfalles eines Alternators nach Zürich ausweiche und dafür eine Flugzeit von maximal 45 Minuten zur Verfügung stünde. Daraufhin fragte die Flugverkehrsleiterin DOM bei den im Kontrollturm anwesenden Flugverkehrsleitern nach, ob es Flugzeuge mit mehreren Alternatoren gebe, was bejaht wurde. Sowohl der Flugverkehrsleiter DEP, die Flugverkehrsleiterin CAP als auch die Flugverkehrsleiterin DOM gingen zu diesem Zeitpunkt davon aus, dass die vom Piloten erwähnten 45 Minuten ohne betriebliche Einschränkungen planbar waren und als späteste Landezeit zur Verfügung standen. Im Anschluss konsultierte die Flugverkehrsleiterin DOM nach eigenen Angaben das Kapitel *electrical failure* im bereitliegenden *emergency manual*. Weitere Vorkehrungen wurden nicht getroffen, da der Pilot *"normal operation"* gemeldet hatte.

Um 13:35:19 UTC gab der Flugverkehrsleiter DEP dem Piloten die Anweisung, auf einen Steuerkurs von 330 Grad zu drehen und FL 80 beizubehalten. Anschliessend wurden ihm die aktuellen Wetterdaten der *Automatic Terminal Information Service* (ATIS) Information *Golf* mitgeteilt: *"Golf is current, visibility five kilometers with clouds few three hundred feet, scattered seven hundred feet, broken one thousand four hundred feet, QNH one zero two one."* Der Pilot bestätigte den Erhalt dieser Informationen.

Um 13:36:49 UTC wies der Flugverkehrsleiter DEP den Piloten an, den Steuerkurs beizubehalten und mit *Zurich Arrival* Kontakt aufzunehmen. Um 13:37:09 UTC erfolgte die Kontaktaufnahme mit dem Flugverkehrsleiter *approach east* (APE), welcher für die Planung der Anflugsequenz und Führung der Flugzeuge bis zur Übergabe an den Flugverkehrsleiter *final* (FIN) zuständig war. Der Flugverkehrsleiter APE wies den Piloten an, weiterhin auf Steuerkurs 330 Grad zu fliegen und teilte ihm mit, er könne mit einer Radarführung mittels Kursanweisung (*vectors*) zum Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*) der Piste 14 rechnen.

Aufgrund der Bestätigung von *"normal operation"* durch den Piloten hatte die N467BD für den Flugverkehrsleiter APE keine erhöhte Priorität. Er plante, das Flugzeug auf einem verlängerten Flugweg fliegen zu lassen, um die Anflugsequenz der Strahlflugzeuge nicht mit diesem vergleichsweise langsamen Flugzeug zu unterbrechen.

Um 13:38:48 UTC kontaktierte die Flugverkehrsleiterin CAP den Flugverkehrsleiter *Ground* (GRO), um die Anflugreihenfolge zu koordinieren. Um den geplanten Start einer Maschine ab der Piste 16 zu ermöglichen, war es erforderlich, in der Anflugsequenz eine Lücke von 10 NM einzuplanen. Die Flugverkehrsleiterin CAP fragte den Flugverkehrsleiter GRO an, ob er in dieser Lücke den Anflug der N467BD akzeptieren würde, was dieser aufgrund des schlechten Wetters aber ablehnte. Die Flugverkehrsleiterin CAP erwiderte darauf, dass die Lücke also nach einer Maschine der *Turkish Airlines* eingeplant werde. Die N467BD sollte dann im Anschluss folgen.

Unmittelbar nach dieser Koordination bat die Flugverkehrsleiterin DOM die Flugverkehrsleiterin CAP, den Anflug der N467BD nicht übermässig zu verzögern und sie gleich anfliegen zu lassen. Die Flugverkehrsleiterin CAP erwiderte, die N467BD habe *"normal operation"* gemeldet und nur *"einen altimeter ..."*. An dieser Stelle unterbrach die Flugverkehrsleiterin DOM die Flugverkehrsleiterin CAP und meinte: *"Jo, isch gliich, denn tuet er glich nüme gliich lade."* [Ja, egal, dann lädt er trotzdem nicht mehr in gleichem Masse]. Die Flugverkehrsleiterin DOM ging von Anfang an davon aus, dass es sich beim Problem der N467BD um einen *"alternator one failure"* handelte und insistierte auf einem Anflug der Maschine ohne weitere Verzögerung. Laut ihrer Aussage haben für sie Flüge mit einer Abnormalität immer eine Form von Priorität. Die Flugverkehrsleiterin CAP bestätigte darauf, dass der Anflug der N467BD hinter der Maschine der *Turkish Airlines* geplant sei. Die Flugverkehrsleiterin DOM brachte im weiteren Verlauf dieses telefonisch geführten Koordinationsgesprächs noch zweimal zum Ausdruck, dass die N467BD nicht verzögert werden solle.

In der Zwischenzeit ordnete der Flugverkehrsleiter APE um 13:39:22 UTC den Sinkflug der N467BD auf 6000 ft QNH bei einem QNH von 1021 an. In den folgenden knapp 10 Minuten führte er die N467BD mit verschiedenen Steuerkursanweisungen in Richtung der Anflugachse der Piste 14 (vgl. Anlagen 2 u. 11). Um 13:40:16 UTC teilte er dem Piloten mit, dass er Nummer sieben für den Anflug sei. Rund eine Minute später erkundigte sich der Flugverkehrsleiter APE beim Piloten nach der maximal möglichen Geschwindigkeit, die dieser auf dem ILS würde fliegen können. Der Pilot antwortete wie folgt: *"a hundred and sixty we can keep on final Bravo Delta."*

In der gleichen Zeitspanne trat die Flugverkehrsleiterin CAP aufgrund des Gesprächs mit der Flugverkehrsleiterin DOM mit dem Anliegen an den Flugverkehrsleiter APE heran, die N467BD nach Möglichkeit in der Anflugsequenz vorzuziehen. Der Flugverkehrsleiter APE fühlte sich nach eigener Angabe etwas bedrängt, weil er nicht verstand, warum dieses relativ langsame Flugzeug bevor-

zugt in den Verkehrsfluss eingefügt werden sollte. Die Flugverkehrsleiterin CAP gab dafür keine Begründung an und nahm in der Folge keinen weiteren Einfluss, da sie davon ausging, dass der Flugverkehrsleiter APE sicher bereits ein Konzept hatte, wie er die anstehenden Anflüge inklusive N467BD abwickeln würde.

Ebenfalls in dieser Zeitspanne erwachte der links hinten sitzende Passagier, weil er die Veränderung des Luftdruckes im Sinkflug wahrnahm. Weil der Pilot die Betriebsart des Intercom² so gewählt hatte, dass zumindest die Passagiere auf den hinteren Sitzen nicht zugeschaltet waren, fehlte dem Passagier die Möglichkeit, den Piloten zu fragen, was denn derzeit geschehe. Anfänglich war er der Meinung, auf dem MFD seien die Anflugkarten von Berlin dargestellt, realisierte dann aber, dass es die Karten von Zürich waren. Er folgerte daraus, dass etwas nicht nach den ursprünglichen Plänen verlief.

Zu einem nicht mehr genau rekonstruierbaren Zeitpunkt in dieser Phase wechselte der Flugverkehrsleiter APE die Anflugsequenz und verlegte die geplante Lücke von 10 NM um zwei Positionen in der Sequenz nach hinten. Die N467BD sollte weiterhin im Anschluss an diese Lücke folgen.

Um 13:46:00 UTC war die Spannung am *main distribution bus* auf 22.3 Volt abgefallen. Wenige Sekunden später zeigt die Aufzeichnung des MFD einen Ausschlag der Spannung nach oben auf ca. 26 Volt, fällt dann aber sofort wieder auf den Ausgangswert zurück. Ab diesem Zeitpunkt fiel die Spannung markant schneller ab (vgl. Anlage 6).

Gemäss den aufgezeichneten Daten aus dem Speicher des PFD flog der Pilot seit der vom Flugverkehrsleiter DEP erteilten Anweisung *"proceed Willisau and then on a heading 075"* mit Hilfe der Kurssteuerungsfunktion (*heading mode*) des Autopiloten. Seit dem Überflug des Funkfeuers WIL war im Garmin 430 #1 der Wegpunkt GIPOL aktiv. Um 13:46:18 UTC schaltete der Pilot die Quelle der Navigationsdaten, welche auf dem EHSI angezeigt wurden, von GPS auf VLOC um, wobei die Frequenz von 108.3 MHz gewählt war, welche derjenigen des Instrumentenlandesystems der Piste 14 entsprach. Den seit dem Überflug des VOR Willisau durch das Garmin 430 automatisch eingestellten *desired course* von 015, welcher dem Kurs von Willisau VOR zum Wegpunkt GIPOL entspricht, veränderte er aber nicht. Der *course selector* des EHSI, welcher für die Navigation auf dem Instrumentenlandesystem den Landekurs darstellt, war auf 015° eingestellt. Der Kurs der Anfluggrundlinie (*inbound course*) des ILS 14 betrug 137°.

Als die Flugverkehrsleiterin DOM bemerkte, dass die abgesprochene Anflugsequenz abgeändert worden war, erkundigte sie sich um 13:46:46 UTC bei der Flugverkehrsleiterin CAP telefonisch, wann die für den geplanten Abflug von Piste 16 notwendige Lücke von 10 NM vorgesehen sei. Nach dieser Lücke sollte die N467BD anfliegen. Die Flugverkehrsleiterin CAP, welche zunächst den Wechsel der Sequenz nicht bemerkt hatte, bestätigte die Änderung und entschuldigte sich mit den Worten: *"Sorry, das isch e chli untergange."* [Sorry, das ist etwas untergegangen]. Darauf äusserte die Flugverkehrsleiterin DOM erneut ihre Besorgnis darüber, dass die N467BD nicht früher in den Anflug geführt werde. Die Flugverkehrsleiterin CAP erwiderte, dass sie dies weitergeleitet habe. Nach dem Unfall gab die Flugverkehrsleiterin CAP zu Protokoll, dass sie der Meinung sei, dass sie nicht die Möglichkeit habe, bei APE eine Priorität für einen Anflug durchzusetzen.

Um 13:48:18 UTC wurde der Pilot der N467BD vom Flugverkehrsleiter APE aufgefordert, mit dem Flugverkehrsleiter *Final* (FIN) Kontakt aufzunehmen. Gemäss

² Bordverständigungssystem, das der Kommunikation zwischen Pilot und Passagieren sowie unter den Passagieren dient.

Aussage des Flugverkehrsleiters FIN hatte er zu diesem Zeitpunkt keine genauen Kenntnisse über die Gründe, warum dieser Flug nach Zürich ausweiche. Da er bei APE mitgehört hatte, wusste er, dass es technische Probleme gab, nicht aber welcher Art diese technischen Probleme waren. Ihm war mitgeteilt worden, dass der Pilot "*normal operation*" gemeldet hatte.

Um 13:49:19 UTC wies der Flugverkehrsleiter FIN der N467BD einen Steuerkurs von 320 Grad zu, welcher das Flugzeug in den Gegenanflug brachte (vgl. Anlage 11). Diese Kursänderung nahm er vor, um eine genügende Distanz zu einem vorausfliegenden Flugzeug der Gewichtskategorie *Medium* gewährleisten zu können. Um 13:49:27 UTC erhielt die N467BD die Freigabe nach 5000 ft QNH, und um 13:50:00 UTC die Freigabe nach 4000 ft QNH zu sinken.

Während des Sinkfluges erhielt die N467BD zunächst um 13:51:10 UTC die Anweisung, auf Kurs 230 Grad in den Queranflug einzudrehen, um dann um 13:52:13 UTC angewiesen zu werden, nach links auf einen Steuerkurs von 170 Grad zu drehen. Der Pilot erhielt die Freigabe für einen Instrumentenanflug auf Piste 14 und wurde aufgefordert zu melden, wenn das Flugzeug auf der Anfluggrundlinie und dem Gleitweg ausgerichtet sei (*established*).

Ungefähr zu diesem Zeitpunkt erreichte die Spannung am *main distribution bus* 16 Volt. Bei dieser Spannung fiel im Versuch durch die SUST-AV (ehemals Büro für Flugunfalluntersuchungen – BFU) der Bildschirm des MFD aus (vgl. Kapitel 1.16.1.3). Der Passagier auf dem hinteren linken Sitz beobachtete, wie die Darstellung auf dem MFD zu flackern begann und dann ausfiel.

Um 13:52:48 UTC wurden die letzten Daten im Speicher des MFD aufgezeichnet (vgl. Anlage 6). Die letzte aufgezeichnete Spannung am *main distribution bus* betrug 12.1 Volt.

Der Passagier auf dem hinteren linken Sitz realisierte in dieser Flugphase, dass das *display* des unteren der beiden Garmin GNS 430 Geräte (COM/NAV/GPS #2) dunkel wurde. Das Obere funktionierte normal und er konnte auf dem *display* die Angabe "*ILS 14*" erkennen. Im Weiteren nahm er wahr, wie gewisse Motorenanzeigen fluktuierten, hatte aber den Eindruck, dass der Motor normal lief. Der Transponder fiel seiner Meinung nach ebenfalls aus.

Etwa um 13:53 UTC durchflog die N467BD die Ebene des Landekurssenders (*localizer* – LOC) der Piste 14, in einer Distanz von ungefähr 11 NM zur Pistenchwelle und in einer Höhe von rund 4300 ft QNH, immer noch im Sinkflug (vgl. Anlage 11). Die N467BD befand sich somit unterhalb des Gleitweges (*glide slope* – GS) des ILS 14, welches einen Anflugwinkel von drei Grad aufwies.

Die N467BD drehte in der Folge nicht auf die Anflugachse des ILS 14 ein, sondern setzte den Sinkflug mit einem unveränderten Steuerkurs von ungefähr 170 Grad fort. Um 13:53:30 UTC informierte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten darüber und wies ihn an, auf Steuerkurs 110 Grad zu drehen, um sich, jetzt von Westen her, auf dem ILS auszurichten. Der Pilot bestätigte dies mit den Worten: "*Turn left one one zero Bravo Delta established runway one four.*"

Unmittelbar darauf fragte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten, ob er das Signal des Landekurssenders empfangen könne. Darauf antwortete der Pilot: "*I pick up the localizer signal but can't see the glide slope yet.*" Der Flugverkehrsleiter FIN informierte den Piloten, dass er sich unterhalb des Gleitweges und rechts vom Landekurs befinde. Zu diesem Zeitpunkt flog das Flugzeug in einer Distanz von ungefähr 10 NM zur Schwelle der Piste 14 auf einer Höhe von rund 4000 ft QNH.

Gemäss den Aufzeichnungen des PFD flog der Pilot die N467BD bis um 13:53:51 UTC mit eingeschaltetem Autopiloten und aktivem ALT³ mode sowie HDG mode. Um 13:53:52 UTC wurde der Autopilot ausgeschaltet. Die N467BD befand sich zu diesem Zeitpunkt auf einem Steuerkurs von 112°.

Um 13:54:27 UTC meldete der Pilot der N467BD: *"Sorry Final Bravo Delta can we make the heading for the runway we're getting some difficulties with the power now."* Auf diese Information antwortete der Flugverkehrsleiter FIN: *"Understand you're unable to pick up the localizer."* Der Pilot erwiderte: *"Ah we get the localizer but I don't think we can trust that indication."* Auf Nachfrage des Flugverkehrsleiters FIN wiederholte der Pilot diese Information.

Nach Anweisungen an zwei nachfolgende Flugzeuge fragte der Flugverkehrsleiter FIN um 13:55:05 UTC: *"And N7BD confirm you are established on the ILS?"* Dies wurde vom Piloten verneint. Anschliessend erkundigte sich der Flugverkehrsleiter FIN nach der aktuellen Flughöhe und erhielt vom Piloten die Antwort: *"3300 ft, heading one four four."* Der Flugverkehrsleiter FIN informierte den Piloten nochmals, er befinde sich etwas rechts des Landekursenders und fragte, ob er in der Lage sei, den Anflug weiterzuführen. Der Pilot bestätigte: *"Ok we can continue on the current heading for the time being Bravo Delta."* In dieser Phase wurde auf dem Radarschirm zunächst keine Höhenangabe mehr dargestellt und um 13:55:27 UTC ging der Sekundärradarkontakt vollständig verloren (vgl. Anlage 8).

Um 13:55:33 UTC erkundigte sich der Flugverkehrsleiter FIN erneut nach der Flughöhe und ob der Pilot das Gleitwegsignal empfangen habe. Der Pilot meldete eine Flughöhe von 3300 ft und dass er keinen Empfang des Gleitwegsignals habe. In der Folge ordnete der Flugverkehrsleiter FIN um 13:55:44 UTC wegen des Verlustes des Radarkontaktes und der Tatsache, dass das Flugzeug nicht auf dem ILS ausgerichtet war, den Abbruch des Anfluges an: *"N7BD roger continue present heading climb to 6000 feet."* Der Pilot bestätigte um 13:55:49 UTC: *"continue present heading and climb to 6000 feet."* Gemäss den Funkaufzeichnungen leitete er kurz darauf einen Steigflug ein. Dies lässt sich den Höhenmeldungen des Piloten entnehmen, der um 13:55:13 UTC eine Höhe von 3300 ft und um 13:56:17 UTC eine Höhe von 3500 ft meldete. Diese Werte stimmen mit den aufgezeichneten Daten des PFD überein.

Die Flugverkehrsleiter im Kontrollturm hatten in der Zwischenzeit zusätzlich zur Frequenz der Platzverkehrsleitstelle jene von FIN zugeschaltet, um den Funkverkehr mit der N467BD mitzuhören und beobachteten den Anflug auf dem Radarschirm. Aufgrund des unklaren Flugverlaufes entschieden sie sich, keine Starts mehr zuzulassen, da sie die Möglichkeit in Betracht zogen, die N467BD könnte auf einer anderen als der Piste 14 landen.

Um 13:56:17 UTC meldete der Pilot der N467BD auf die Frage des Flugverkehrsleiters FIN nach der Flughöhe: *"3500 we're experiencing some power failure request to change to VFR. We got a visual on the ground, we can proceed this way."* Auf die Frage des Flugverkehrsleiters FIN, ob er die Piste sehen würde, antwortete der Pilot: *"Ah negative no runway in sight we just have a visual to the ground."* Zu diesem Zeitpunkt erschien auf dem Radar ein Primärecho, welches vom Flugverkehrsleiter FIN der N467BD zugeordnet wurde. Das Echo zeigte die N467BD in einer Distanz von gut 3 NM zur Pistenschwelle der Piste 14, deutlich westlich der Anfluggrundlinie (vgl. Anlage 8). Der Flugverkehrsleiter FIN forderte

³ Bei eingeschaltetem *altitude* (ALT) mode des Autopiloten führt dieser das Luftfahrzeug konstant auf einer Druckfläche.

den Piloten auf, Sichtkontakt zum Boden beizubehalten und einen Steuerkurs von ungefähr 140 Grad zu fliegen, um zum Flughafen zu gelangen. Der Pilot bestätigte dies.

Um 13:56:48 UTC informierte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten, dass sich der Flughafen jetzt in Richtung zwischen der 11 und 12 Uhr Position befinde und 2 NM entfernt sei. Der Pilot bestätigte den Empfang dieser Meldung und gab an, auf 2500 ft abzusinken. Der Flugverkehrsleiter FIN bestätigte dies und forderte den Piloten nochmals auf, Sichtkontakt zum Boden beizubehalten.

Um 13:57:21 UTC informierte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten: *"N7BD the airport just on your nose around half a mile confirm in sight?"* Der Pilot verneinte die Frage und gab an, er habe Sichtkontakt zum Boden und befinde sich auf einem Steuerkurs von 140 Grad. Das Primärradar zeigte die N467BD zu diesem Zeitpunkt in einer Position ungefähr 1 NM westlich der Schwelle der Piste 14 (vgl. Anlage 8).

Etwa zur gleichen Zeit rief die Flugverkehrsleiterin CAP, welche inzwischen an den Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters FIN getreten war, um ihn zu unterstützen, den Flugverkehrsleiter GRO an, und erkundigte sich, ob sie die N467BD sehen würden. Den Anruf nahm die Flugverkehrsleiterin DOM entgegen, welche in der Zwischenzeit ebenfalls ihren Arbeitsplatz verlassen hatte und gemeinsam mit den anderen Flugverkehrsleitern im Kontrollturm den Anflug auf dem Radar verfolgte. Auch versuchten sie, die N467BD visuell ausfindig zu machen, was jedoch nicht gelang. Die Flugverkehrsleiterin DOM informierte die Flugverkehrsleiterin CAP, dass sie nur ein Primärradarecho sehen würden und keinen visuellen Kontakt hätten. Weiter informierte die Flugverkehrsleiterin DOM, dass die Wetterbedingungen sehr schlecht seien und die Hochintensitätsbefeuerung aller Pisten eingeschaltet worden sei, zudem würden alle Starts zurückgehalten. Nachdem die Flugverkehrsleiterin CAP mitgeteilt hatte, die N467BD sei auf 2500 ft gesunken, forderte die Flugverkehrsleiterin DOM, das Flugzeug nicht weiter sinken zu lassen. Dies sei wegen der eingeschränkten Sicht zu gefährlich. Im weiteren Verlauf dieses Gesprächs schlug die Flugverkehrsleiterin DOM der Flugverkehrsleiterin CAP vor, die N467BD auf der Frequenz von FIN zu belassen und die Landefreigabe durch ihn erteilen zu lassen, um einen weiteren Frequenzwechsel zu vermeiden.

Während dieses Gespräch noch in Gang war, erteilte der Flugverkehrsleiter FIN der N467BD um 13:57:35 UTC die Anweisung: *"Turn a bit to the left to around heading 110 that brings you just over the runway 16. You're approaching now the intersection between runway 16 and runway 28."* Darauf antwortete der Pilot: *"Ah negative we can do the hundred and eighty and then approach runway two ... one four."* Auf die Frage, ob er immer noch Sichtkontakt zum Boden habe, antwortete der Pilot: *"We're visual we have runway in sight Bravo Delta."* Gemäss den Aufzeichnungen des Primärradars flog das Flugzeug zu diesem Zeitpunkt in einer Distanz von ungefähr 0.8 NM parallel zur Piste 14 und befand sich ungefähr 0.5 NM vom VOR Kloten (KLO) entfernt (vgl. Anlage 8).

Die Aufzeichnungen des PFD stimmen mit diesen Werten überein und lassen zusätzlich auf eine Höhe von rund 1700 ft QNH oder ungefähr 300 ft über Grund schliessen. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges betrug in dieser Phase ungefähr 140 Knoten. Aus dieser Ausgangslage begann der Pilot noch vor dem Überflug der Pistenachse 28 eine Linkskurve mit einer Querlage von 45 bis 50 Grad.

Daraufhin wies der Flugverkehrsleiter FIN die N467BD um 13:57:55 UTC an, für weitere Instruktionen mit der Platzverkehrsleitstelle Kontakt aufzunehmen. Diese Anweisung wurde vom Piloten nicht zurückgelesen. Gemäss Aussage des Flugverkehrsleiters FIN war es für ihn nicht klar, auf welcher Piste die N467BD landen

würde und somit hätte er den Piloten nicht mehr unterstützen können. Deshalb habe er die N467BD angewiesen, mit der Platzverkehrsleitstelle Kontakt aufzunehmen.

Die Aufforderung des Flugverkehrsleiters FIN an die N467BD, auf die Frequenz der Platzverkehrsleitstelle zu wechseln, fiel zeitlich in etwa mit dem Ende des Koordinationsgespräches zwischen der Flugverkehrsleiterin CAP und der Flugverkehrsleiterin DOM zusammen. Daher konnte die Vereinbarung, die N467BD auf der FIN-Frequenz zu belassen, nicht mehr umgesetzt werden.

Ungefähr um 13:58 UTC, auf einem Steuerkurs von 327 Grad, einer Höhe von knapp 1500 ft QNH, bzw. ungefähr 100 ft über Grund und einer Geschwindigkeit von gegen 100 Knoten, beendete der Pilot die Linkskurve und liess die N467BD weiter um die Längsachse rollen, um fliegend in eine Rechtskurve überzugehen.

Um 13:58:06 UTC meldete sich der Pilot auf der Frequenz der Platzverkehrsleitstelle: *"N7BD we're just at the xxxx (nicht verständlich) of threshold for runway one four."* Zusammen mit der Windangabe wurde darauf der N467BD eine Freigabe für die Landung auf Piste 14 erteilt. Diese Freigabe wurde vom Piloten um 13:58:18 UTC bestätigt. Zu diesem Zeitpunkt zeichnete das PFD eine Flugeschwindigkeit von 95.6 KIAS, eine Druckhöhe von 1355 ft, was einer Höhe von 1579 ft QNH bzw. rund 150 ft über Grund entspricht, einen Kurs von 030° und eine Querlage von 52° nach rechts auf. In der Folge überquerte das Flugzeug in dieser Rechtskurve die Anfluggrundlinie der Piste 14 gegen Osten und drehte weiter wieder auf diese zurück. Bei diesem Manöver vergrösserte sich die Querlage innerhalb von drei Sekunden auf gegen 85 Grad nach rechts, das Flugzeug begann steil abzusinken und schlug schliesslich mit einem Kurs von ungefähr 170 Grad vor der Piste 14 auf (vgl. Anlage 9).

Ab 13:58:24 UTC wurde die von der Platzverkehrsleitstelle dreimal gestellte Frage an den Piloten, ob er die Piste sehen könne, nicht mehr beantwortet. Daraufhin löste der Flugverkehrsleiter ADC Alarm aus.

Eine Meteo-Beobachterin, welche in der Beobachtungsstation westlich der Pistenschwelle 16 arbeitete und den Absturz verfolgt hatte, informierte die Platzverkehrsleitstelle über ihre Beobachtungen. Aufgrund dieser Mitteilung wurde klar, wo genau sich der Absturzort befand. So konnte die Feuerwehr zielgerichtet zum Unfallort geleitet werden und traf sehr rasch dort ein.

Um 13:59:45 UTC, rund 27 Minuten nach Ankündigung der Ausweichlandung durch den Piloten, informierte die Flugverkehrsleiterin DOM die Flugverkehrsleiterin CAP, die N467BD sei verunfallt.

Die Feuerwehr fand ein stark beschädigtes, aber nicht brennendes Flugzeug vor. Der Pilot und der vorne rechts sitzende Passagier wurden beim Aufprall tödlich verletzt. Die beiden Passagiere auf den hinteren Sitzen wurden schwer verletzt geborgen und in Spitalpflege verbracht. Dort verstarb die Passagierin, welche auf dem hinteren rechten Sitz gesessen hatte, drei Tage später.

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	1	2	3	0
Erheblich	0	1	1	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	0	0	0	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	3	4	0

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde beim Aufprall zerstört.

1.4 Drittschaden

Es entstand Flurschaden. Das durch den ausgelaufenen Treibstoff kontaminierte Erdreich musste abgetragen und fachgerecht entsorgt werden.

1.5 Angaben zu Personen

1.5.1 Pilot

1.5.1.1 Allgemeines

Person	Polnischer Staatsbürger, Jahrgang 1970
Lizenz	Ausweis für Berufspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>commercial pilot licence aeroplane</i> – CPL(A)), ausgestellt durch die <i>Federal Aviation Administration (FAA)</i> am 8. März 2008.
Berechtigungen	Klassenberechtigung für einmotorige Kolbenmotorflugzeuge (<i>single engine land</i> – SEL), eingetragen auf der FAA Lizenz. Instrumentenflugberechtigung Flugzeug (<i>instrument rating aeroplane</i> – IR(A)), eingetragen auf der FAA Lizenz.
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1 gemäss FAA, mit der Einschränkung <i>Holder should wear corrective lenses</i> , ausgestellt am 8. März 2007. Gültigkeit: 6 Monate (Klasse 1) 12 Monate (Klasse 2) 36 Monate (Klasse 3)
Letzte fliegerärztliche Untersuchung	8. März 2007
Beginn der fliegerischen Ausbildung	vor 1998 (gemäss Flugbuch)
Flugerfahrung	Gesamthaft: > 800 h davon auf dem Unfallmuster: > 600 h während der letzten 90 Tage: unbekannt davon auf dem Unfallmuster: unbekannt

1.5.1.2 Ausbildung

Sowohl Flugerfahrung als auch Ausbildungsverlauf des Piloten konnten nicht vollständig rekonstruiert werden, weil nicht alle Flugbücher vorhanden respektive nachgeführt waren. Gemäss den vorliegenden Dokumenten hatte der Pilot seine fliegerische Ausbildung in seinem Heimatland Polen vor 1998 begonnen. Das erste verwertbare Flugbuch beginnt mit einem Übertrag von 54 Stunden 29 Minuten Flugerfahrung, bezeichnet als "*basic training*". Im Verlaufe der Jahre 2000 bis 2004 flog er in unregelmässigen Abständen auf den Flugzeugmustern Antonov 2, Cessna 150, Cessna 152, Cessna 172, KO-5 Pelikan, Socata Morane und PZL 110⁴. Diese Flüge sind teilweise als Ausbildungsflüge dokumentiert, wenige Flüge hatte der Pilot in seinen Flugbüchern aber auch als *pilot-in-command* aufgeführt.

Ab dem 22. August 2005 sind in den Flugbüchern des Piloten nur noch Aufzeichnungen über Flüge auf in den Vereinigten Staaten von Amerika registrierten Flugzeugen eingetragen.

Am 22. August 2005 übernahm der Pilot auf dem Flugplatz Portland Troutdale in Amerika seine erste Cirrus SR22, registriert als N789RK. In den darauf folgenden vier Tagen bis zum 26. August 2005 überflog er die N789RK zusammen mit einem Piloten, welcher für diesen Überflug nach Europa angestellt wurde, von Portland Troutdale mit total neun Zwischenlandungen, unter anderem in Goose Bay, Narsarsuaq und Poznan, nach Zielona Gora in Polen. Die gesamte Flugzeit dieses Überfluges betrug 35 Stunden 45 Minuten, welche der Pilot in seinem Flugbuch in der Spalte "*dual or co-pilot*", Sub-Spalte "*dual*" eintrug. Am Tag nach der Ankunft in Zielona Gora absolvierte der Pilot zusammen mit dem Überflugspiloten einen Lokalflug ab Zielona Gora von 2 Stunden 50 Minuten Dauer mit 8 Landungen. Der Überflugpilot unterschrieb diese Flüge im Flugbuch des Piloten in der Spalte "*remarks and endorsements*", fügte seiner Unterschrift aber weder seinen Namen noch seine Lizenznummer bei, wie dies bei Einträgen durch von der Zivillufffahrtbehörde der Vereinigten Staaten FAA lizenzierten Fluglehrern üblich und vorgeschrieben ist. Es konnte nicht festgestellt werden, ob dieser Überflugpilot über eine Berechtigung zur Erteilung von Flugausbildung verfügte.

Am 28. August 2005, d.h. am Tag nach diesem Lokalflug mit dem Überflugpiloten, absolvierte der Pilot den ersten Flug ohne Begleitung, welchen er in der Spalte "*pilot in command time*" in seinem Flugbuch aufführte.

Aus den Flugbüchern des Piloten konnte keine eigentliche Ausbildung auf Cirrus SR22 rekonstruiert werden. Das für Flüge mit Flugzeugen, welche über ein Triebwerk von mehr als 200 PS verfügen, erforderliche *high performance airplane endorsement* konnte in den Flugbüchern des Piloten für den Zeitpunkt des ersten als *pilot-in-command* eingetragenen Fluges auf seiner ersten Maschine des Typs SR22, eingetragen als N789RK, nicht gefunden werden. Nach dem Überflug aus Amerika absolvierte der Pilot im Verlauf des Jahres 2005 noch 22 Stunden 55 Minuten Flugzeit auf der N789RK, alles während Sichtflügen innerhalb Polens. Per Ende des Jahres 2005 beendete der Pilot seine Eintragungen ins polnische Flugbuch. Zu diesem Zeitpunkt verfügte er über eine Gesamtflugerfahrung von 169 Stunden 10 Minuten, davon 131 Stunden 33 Minuten *dual* und 37 Stunden 37 Minuten als *pilot-in-command*. Hiervon waren 22 Stunden und 55 Minuten als *pilot-in-command* Zeit auf der N789RK im Flugbuch eingetragen.

Am 28. Dezember 2005 eröffnete der Pilot ein neues Flugbuch nach den Vorgaben der FAA und begann gleichzeitig die Instrumentenflugausbildung vom North

⁴ PZL 110: polnischer Lizenzbau des Socata Morane

Las Vegas Airport (USA) aus. Bis zum 27. März 2006 absolvierte der Pilot auf zwei verschiedenen SR22-Flugzeugen die Instrumentenflugausbildung gemäss den Anforderungen der FAA. Am 27. März 2006 bestand der Pilot nach einer Ausbildungsflugzeit von 57 Stunden 30 Minuten die Flugprüfung zur Erlangung einer FAA-Instrumentenflugberechtigung.

Vom 12. April 2006 an führte der Pilot auf der N789RK ab Zielona Gora diverse Instrumentenflüge zu Destinationen in ganz Europa durch. Am 27. April 2006 flog er zum ersten Mal von Zielona Gora nach Genf. Im weiteren Verlauf des Jahres 2006 absolvierte der Pilot 188 Stunden und 18 Minuten Flugzeit auf der N789RK und flog gesamthaft 11 Mal nach Genf. Mit Datum vom 24. August 2006 unterschrieb ihm ein Fluglehrer das *high performance endorsement*. Wie der Eintrag dieses *endorsement* zustande kam und ob das gut lesbare Datum dieses *endorsement* möglicherweise irrtümlich falsch eingetragen wurde und anstatt "24.8.2006" richtigerweise "24.3.2006" hätte sein sollen, konnte nicht eruiert werden. Am 24. März 2006 weilte der Pilot zum Zweck der Instrumentenflugausbildung auf dem Flugplatz Calipatria in Kalifornien. Am 24. August 2006 hingegen stand der Pilot nicht in einer Ausbildung, sondern flog regelmässig mit seinem Flugzeug ab Zielona Gora in Polen. Am 24. März 2006 wies der Pilot eine Flugeraufahrt von 109 Stunden auf SR22 Flugzeugen auf, am 24. August 2006 verfügte er über eine solche von 230.8 Flugstunden auf SR22.

Im Jahr 2007 absolvierte der Pilot 177 Stunden und 42 Minuten auf der N789RK und flog dabei 2 Mal den Flughafen Genf an.

Im Jahr 2008 flog der Pilot noch 5 Stunden 18 Minuten auf der N789RK, der letzte Eintrag in seinem Flugbuch datiert vom 27. Februar 2008. Ab dem 2. März 2008 absolvierte er die Berufspilotenausbildung nach den Anforderungen der FAA. Diese Ausbildung fand auf der späteren Unfallmaschine, der N467BD, ab dem *North Las Vegas Airport* statt und wurde am 8. März 2008 mit der Prüfung abgeschlossen. Ab dem 8. März 2008 bis zum Unfallflug am 22. Oktober 2008 wurden im Flugbuch des Piloten keine Einträge mehr gemacht.

Es wurde versucht, mittels der Einträge der Fluglehrer, welche gewisse Flugbucheinträge des Piloten unterzeichnet und mit der Lizenz-Nummer versehen hatten, Ausbildungsinhalte zu rekonstruieren. Verschiedene Fragen wie z.B. ob der Pilot eine vollumfängliche Ausbildung zum technisch komplexen elektrischen System der SR22 erhalten hatte und ob er im Rahmen seiner Ausbildung Flüge mit kritisch geringer Fluggeschwindigkeit (*stall exercises*) durchgeführt hatte, konnten nicht beantwortet werden.

1.5.2

Passagiere

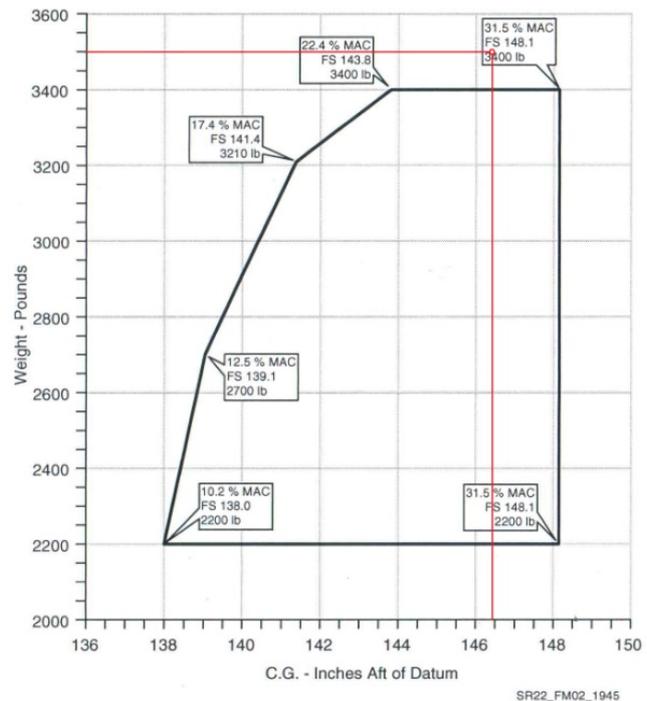
Sitz vorne rechts	Polnischer Staatsbürger, Jahrgang 1969, keine fliegerische Erfahrung.
Sitz hinten rechts	Polnische Staatsbürgerin, Jahrgang 1975, keine fliegerische Erfahrung.
Sitz hinten links	Polnischer Staatsbürger, Jahrgang 1966, mehrere hundert Stunden Erfahrung als mitfliegender Passagier auf den beiden Cirrus SR22 des Piloten.

- 1.5.3 Mitarbeiter der Flugsicherung
- 1.5.3.1 Flugverkehrsleiterin ADC *trainee*
- Funktion *aerodrome control (ADC)*
- Person Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1982
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 5. Oktober 2006
- Relevante Berechtigungen ADI, gültig bis 19. Oktober 2009
- 1.5.3.2 Flugverkehrsleiter ADC *coach*
- Funktion *aerodrome control (ADC)*
- Person Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1973
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 11. Oktober 1996
- Relevante Berechtigungen ADI, gültig bis 1. Mai 2009
OJTI, gültig bis 1. Mai 2009
- 1.5.3.3 Flugverkehrsleiter DEP
- Funktion *departure control (DEP)*
- Person Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1979
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 27. September 2005
- Relevante Berechtigungen APS, gültig bis 29. Mai 2009
- 1.5.3.4 Flugverkehrsleiterin CAP
- Funktion *coordinator approach (CAP)*
- Person Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1969
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 14. November 1997
- Relevante Berechtigungen APS, gültig bis 13. März 2009

- 1.5.3.5 Flugverkehrsleiter FIN
- Funktion *final approach* (FIN)
- Person Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1974
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 27. September 2005
- Relevante Berechtigungen APS, gültig bis 23. September 2009
- 1.5.3.6 Flugverkehrsleiter APE
- Funktion *approach east* (APE)
- Person Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1969
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 2. November 1995
- Relevante Berechtigungen APS, gültig bis 28. Februar 2009
- 1.5.3.7 Flugverkehrsleiterin DOM
- Funktion *daily operation manager* (DOM)
- Person Schweizer Staatsbürgerin, Jahrgang 1962
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 21. Oktober 1985
- Relevante Berechtigungen ADI, gültig bis 21. Oktober 2009
SPVR, gültig bis 21. Oktober 2009
- 1.5.3.8 Flugverkehrsleiter GRO
- Funktion *ground control* (GRO)
- Person Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1974
- Lizenz Ausweis für Flugverkehrsleiter (*air traffic controller licence*) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 14. November 1997
- Relevante Berechtigungen ADI, gültig bis 21. Oktober 2009
- Sämtliche Mitarbeiter der Flugsicherung waren im Besitz eines gültigen medizinischen Tauglichkeitsausweises.

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

Eintragungszeichen	N467BD	
Luftfahrzeugmuster	Cirrus SR22	
Charakteristik	Einmotoriges Kolbenmotorflugzeug, ausgeführt als freitragender Tiefdecker in Kunststoffbauweise mit Festfahrwerk in Bugradanordnung.	
Hersteller	Cirrus Design Corporation, 4515 Taylor Circle, Duluth, MN 55811, Minnesota (USA)	
Baujahr	2004	
Werknummer	1161	
Eigentümer	Aircraft Guaranty Management LLC Trustee, 515 N SAM Houston PKWS E STE 305, Houston, TX 77060-4023, Texas (USA)	
Halter	Privat	
Triebwerk	Teledyne Continental IO-550N, <i>horizontally opposed, direct drive</i> , 6 Zylinder, Leistung 310 PS	
	S/N 917328	
Propeller	Hartzell PHC-J3YF-1RF/F7693DFB, Dreiblatt Verstellpropeller	
	S/N FP3232B	
Avionik	Avidyne FlightMax Entegra <i>Primary Flight Display</i> (PFD)	
	Avidyne EX5000C <i>Multifunction Flight Display</i> (MFD)	
	2 Garmin GNS 430 (COM/NAV/GPS)	
	S-Tec System 55 X Autopilot	
	Garmin GTX 327 Transponder	
Betriebsstunden Zelle	Totalstunden	386.1 h
	seit der letzten 100-h Kontrolle	78.4 h
Betriebsstunden Triebwerk	Totalstunden	386.1 h
	seit der letzten 100-h Kontrolle	78.4 h
Betriebsstunden Propeller	Totalstunden	386.1 h
	seit der letzten 100-h Kontrolle	78.4 h
Höchstzulässige Abflugmasse	3400 lb / 1542 kg	
Masse und Schwerpunkt	Eine Abschätzung zeigt, dass die Masse des Flugzeuges im Unfallzeitpunkt rund 3500 lb / 1587 kg betrug und der Schwerpunkt bei ungefähr 146.46 <i>inches aft of datum</i> lag.	



Für diese Abschätzung wurde davon ausgegangen, dass das Flugzeug vor dem Start in Genf vollgetankt wurde. Weiter wurde ein Treibstoffverbrauch von 20 USG bis zum Unfallzeitpunkt angenommen, sowie die Masse des Gepäcks mit 20 kg und diejenige des überlebenden Passagiers mit 70 kg geschätzt.

Unterhalt

Die letzte 100-h Kontrolle fand am 11. Juli 2008 bei 307.7 Stunden statt.

Technische Einschränkungen

Gemäss den Aussagen des überlebenden Passagiers hatte das Flugzeug schon früher Probleme mit einem Alternator gehabt.

Treibstoffqualität

AVGAS 100LL

Treibstoffvorrat

Gemäss Flugplan betrug die *endurance* für den Unfallflug 5:30 h. Dazu musste das Flugzeug vor dem Start vollgetankt sein, entsprechend 81 USG.

Bis zum Unfall dauerte der Flug rund 1:13 h.

Eintragungszeugnis

Ausgestellt durch die FAA am 17. März 2008.

Lufttüchtigkeitszeugnis

Ausgestellt durch die FAA am 4. November 2004.

Zulassungsbereich

VFR/IFR bei Tag/Nacht

1.7 Meteorologische Angaben

1.7.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.7.2 bis 1.7.7 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

1.7.2 Allgemeine Wetterlage

Die Schweiz lag im Einflussbereich eines Troges, dessen Achse sich vom Baltikum über Frankreich bis nach Portugal erstreckte. Die dazugehörige Kaltfront hatte bereits am Vormittag das Flachland der Alpennordseite überquert. Dahinter war in den unteren Schichten mit nördlichen Winden deutlich kühlere Luft eingeflossen.

1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

Die folgenden Angaben zum Wetter zum Unfallzeitpunkt am Unfallort basieren auf einer räumlichen und zeitlichen Interpolation der Beobachtungen verschiedener Wetterstationen.

Wolken 1-2/8 auf 1700 ft AMSL, 3-4/8 auf 2100 ft AMSL,
5-7/8 auf 2800 ft AMSL

Wetter Schwacher Nieselregen

Sicht 3000 m

Temperatur/Taupunkt 8 °C / 7 °C

Luftdruck QNH LSZH 1021 hPa, LSGG 1021 hPa

Gefahren Auf Höhe der Hauptwolkenuntergrenze mässige Winde aus Nordwesten

Es herrschten somit Instrumentenwetterbedingungen (*instrument meteorological conditions – IMC*).

1.7.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand Azimut: 224° Höhe: 20°

Beleuchtungsverhältnisse Tag

1.7.5 Flugplatzwettermeldung

In der Zeit von 13:50 UTC bis zum Unfall um ca. 13:58 UTC war die folgende Flugplatzwettermeldung (*meteorological aviation routine weather report – METAR*) gültig:

LSZH 221350Z 31008KT 3000 –DZ FEW003 SCT007 BKN014 08/07 Q1021 NOSIG

Im Klartext bedeutet dies:

Am 22. Oktober wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 13:50 UTC auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind Aus 310° mit 8 kt

Meteorologische Sicht 3000 m

Niederschläge Schwacher Nieselregen

Bewölkung	1-2/8 auf 300 ft AAL 3-4/8 auf 700 ft AAL 5-7/8 mit Wolkenuntergrenze auf 1400 ft AAL
Temperatur	8 °C
Taupunkt	7 °C
Luftdruck	1021 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, sind keine wesentlichen Änderungen zu erwarten.

1.7.6 Vorhersage

In der Zeit des Unfalls war die folgende Flugplatzwettervorhersage (*terminal aerodrome forecast* – TAF) gültig:

LSZH 220900Z 221019 32007KT 6000 RA FEW005 SCT010 BKN013 TEMPO 1019 2500 BKN008 T09/12Z T08/15Z=

Im Klartext bedeutet dies:

Am 22. Oktober waren für den Flughafen Zürich zwischen 10:00 UTC und 19:00 UTC folgende Wetterbedingungen vorhergesagt:

Wind	Aus 320° mit 7 kt
Meteorologische Sicht	6000 m
Niederschläge	Regen
Bewölkung	1-2/8 auf 500 ft AAL 3-4/8 auf 1000 ft AAL 5-7/8 mit Wolkenuntergrenze auf 1300 ft AAL
Bedingte Vorhersage	Zwischen 10:00 UTC und 19:00 UTC ist zeitweise zu erwarten, dass die Sicht 2500 m und die Bewölkung 5-7/8 mit Wolkenuntergrenze auf 800 ft AAL beträgt. Die Dauer dieser Änderung wird voraussichtlich am Stück weniger als eine Stunde und insgesamt weniger als 4:30 Stunden betragen.

1.7.7 Flugwetterwarnung

In der Zeit von 11:20 UTC bis 14:00 UTC war folgende Flugwetterwarnung (*airman's meteorological information* – AIRMET) gültig:

LSAS AIRMET 6 VALID 221120 / 221400 LSZH-

LSAS SWITZERLAND FIR MOD ICE W AND N PART OF SWITZERLAND ABV FL065 STNR NC=

Im Klartext bedeutet dies:

Gültigkeitsgebiet	Fluginformationsgebiet (<i>flight information region</i> – FIR und <i>upper flight information region</i> – UIR) der Schweiz
Wettererscheinungen	Mittlere Vereisung

Gebietsangabe	Westlicher und nördlicher Teil der Schweiz auf Höhen über FL065, stationär
Intensitätsverlauf	Keine Änderung

1.7.8 Wetter gemäss Augenzeugenbericht

Die Meteo-Beobachterin, welche am Unfalltag in der Beobachtungsstation westlich der Pistenschwelle 16 arbeitete und den Unfall beobachtete, schilderte die Wetterlage wie folgt: "Das Wetter war schon den ganzen Tag über schlecht, d.h. tiefe Sichtwerte (2,5 – 3 km Sicht), tiefe Wolkenbasis, Nordwest Wind (ca. 8-9 Knoten) und Nieselregen."

1.8 Navigationshilfen

1.8.1 Bodenseitig

Die Piste 14 des Flughafens Zürich verfügte über ein Instrumentenlandesystem der Kategorie IIIB. Der Landekursender lieferte eine Anfluggrundlinie mit einem Kurs von 137 Grad und der Gleitweg wies einen Winkel von drei Grad auf. Das Instrumentenlandesystem wurde auf einer Frequenz von 108.3 MHz benutzt.

Auf dem Flughafen Zürich befand sich weiter südwestlich der Kreuzung der Pisten 10/28 und 16/34 das VOR Kloten (KLO).

Sämtliche Komponenten waren zum Zeitpunkt des Unfalls uneingeschränkt funktionstüchtig.

1.8.2 Flugzeugseitig

Das in der N467BD eingebaute *primary flight display* (PFD) stellt auf einem direkt vor dem Piloten im Instrumentenpanel eingebauten Bildschirm alle Informationen dar, welche für die unmittelbare Führung des Flugzeuges erforderlich sind. Die Darstellung der lateralen Navigation erfolgt mittels einer Kompassrose mit überlagerter Navigationsanzeige, genannt EHSI (*electronic horizontal situation indicator*).

Durch Koppelung an das Garmin GNS 430 können auf dem EHSI die benötigten Informationen für die Navigation mittels GPS, auf einem ILS oder bezüglich eines VOR dargestellt werden. Dazu ist es erforderlich, das PFD unter der Funktion "Nav" mittels der Wahl "VLOC1" bzw. "VLOC2" resp. "GPS1" bzw. "GPS2" an die NAV-Funktion des oberen bzw. unteren Garmin GNS 430 zu koppeln und im Falle von VLOC-Navigation im gewählten Gerät unter "VLOC" die gewünschte Frequenz zu wählen. Das PFD erkennt selbständig, ob das empfangene Signal einem ILS oder einem VOR entspricht und stellt die benötigten Informationen für die Navigation entsprechend dar. Im Falle eines ILS erscheinen auf dem Bildschirm des PFD automatisch der *horizontal deviation indicator* (HDI) sowie der *vertical deviation indicator* (VDI), welche die Relativposition des Flugzeuges in Bezug auf den Landekursender bzw. den Gleitweg anzeigen.

Durch Koppelung an den Autopiloten ist es zudem möglich, vollautomatische ILS-Anflüge durchzuführen.

Gemäss den Aufzeichnungen des PFD war nach 13:46:18 UTC die Quelle der Information, welche auf dem *horizontal situation indicator* (HSI) dargestellt wurde, "ILS" mit der Frequenz 108.3 MHz. Als *desired course* wurde 14.63° aufgezeichnet. Der *inbound course* des ILS 14 betrug zum Unfallzeitpunkt 137°. Mit einem gewählten *inbound course* von 14.63° zeigte die Darstellung des HSI ein verwirrendes Bild, und der Autopilot war nicht imstande, im *approach mode* dem Signal des Landekursenders zu folgen.

Wenn im Garmin 430 der *destination airport* richtig gewählt ist, dann kann über die Funktion *procedure* (PROC) ein Menu mit allen für den Zielflugplatz zur Verfügung stehenden Anflügen angewählt werden. Die Auswahl z.B. eines Instrumentenanfluges hat dann zur Folge, dass die Frequenz des Instrumentenlandesystems automatisch im "stand-by"-Fenster der Frequenzwahl eingestellt wird. Wenn der Pilot im Verlaufe des Anfluges von der Flugsicherung mit Radarführung auf das Instrumentenlandesystem geleitet wird, dann wählt er unter "PROC" die Funktion "*activate-vectors-to-final*", was zur Folge hat, dass die ILS-Frequenz ins "use"-Fenster des NAV-Empfängers gewählt wird und der "*desired course*" auf den in der GNS430-Datenbank vorhandenen *ILS inbound course* gesetzt wird. Dies ist im Verlaufe des Anfluges der N467BD nicht geschehen. Der Pilot hatte die Frequenz des ILS 14 gewählt, nicht aber den *inbound course* von 137° eingestellt resp. diesen nicht durch die Funktion "*activate-vectors-to-final*" des GNS430 automatisch einstellen lassen.

1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen dem Piloten und den während des Fluges kontaktierten Flugsicherungsstellen wickelte sich bis zum Unfallzeitpunkt ohne technische Schwierigkeiten ab.

Alle befragten Flugverkehrsleiter sagten aus, dass der Pilot jederzeit einen ruhigen und professionellen Eindruck hinterlassen habe. Die Aufzeichnungen des Funkverkehrs bestätigen diesen Eindruck.

1.10 Angaben zum Flughafen

1.10.1 Allgemeines

Der Flughafen Zürich liegt im Nordosten der Schweiz. Im Jahre 2008 wurde auf ihm ein Verkehrsvolumen von rund 275 000 An- und Abflügen abgewickelt.

Die Pisten weisen folgende Abmessungen auf:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Pistenschwellen
16/34	3700 x 60 m	1390/1388 ft AMSL
14/32	3300 x 60 m	1402/1402 ft AMSL
10/28	2500 x 60 m	1391/1416 ft AMSL

Im Zeitpunkt des Unfalles standen 3300 m Pistenlänge für eine Landung auf Piste 14 zur Verfügung.

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

1.10.2 Pistenausrüstung

Der Flughafen Zürich zeichnet sich durch ein System von drei Pisten aus, wobei sich zwei dieser Pisten (16/34 und 10/28) im Bezugspunkt des Flughafens (*airport reference point*) kreuzen. Die Pisten 16 und 14 sind je mit einem Instrumentenlandesystem (ILS) der Kategorie IIIB ausgerüstet. Die Piste 34 verfügt über ein ILS der Kategorie I und die Piste 28 über ein ILS ohne Klassifizierung (*uncategorized*), welches gegenüber Kategorie I erhöhte Wetterminima aufweist. Diese Pisten eignen sich somit allesamt für *precision approaches*.

Im Zeitpunkt des Unfalles waren die Anflugsektoren der Pisten 14, 16, 28 und 34 mit einem *minimum safe altitude warning system* (MSAW) ausgestattet. Dieses System löst in der Flugverkehrsleitung einen optischen und akustischen Alarm

aus, wenn Luftfahrzeuge im entsprechenden Anflugsektor definierte Mindesthöhen unterschreiten. Im vorliegenden Fall wurden die für eine Alarmauslösung notwendigen Parameter nie erreicht.

Zum Zeitpunkt des Unfalles waren die Hochintensitätsbefeuerungen der Pisten 10, 14 und 16 eingeschaltet.

1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste

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

Nach Auslösung des Alarms durch den Flugverkehrsleiter ADC wurde die Feuerwehr in Richtung des Anfangs der Piste 14 losgeschickt, da der genaue Absturzort zunächst unklar war. Nach Eingang der Meldung der Meteorbeobachterin konnte die Feuerwehr zielgerichtet zum Unfallort geleitet werden. Das erste Rettungsfahrzeug traf weniger als drei Minuten nach der Alarmauslösung an der Unfallstelle ein.

1.11 Flugschreiber

1.11.1 Allgemeines

Ein Flugschreiber war weder vorgeschrieben noch eingebaut.

Das *primary flight display* (PFD) und das *multifunction flight display* (MFD) hatten je ein *non-volatile memory*, welche nach dem Unfall trotz des hohen Zerstörungsgrades der Geräte ausgelesen werden konnten.

1.11.2 Aufzeichnungen PFD

Im Speicher des PFD waren über 100 Parameter zum Flugzustand und zur Einstellung der Navigationsanlage gespeichert und auslesbar.

1.11.3 Aufzeichnungen MFD

Im Speicher des MFD waren die folgenden 15 Parameter gespeichert und auslesbar:

- Abgastemperatur (*exhaust gas temperature* – EGT) aller 6 Zylinder
- Zylinderkopftemperatur (*cylinder head temperature* – CHT) aller 6 Zylinder
- Ladedruck (*manifold pressure* – MP)
- Drehzahl (*revolutions per minute* – RPM)
- Treibstofffluss (*fuel flow* – FF)
- Treibstoffstatus (*fuel status*), d.h. Verbrauch seit Motorenstart
- Leistung (*power*), gemessen in %
- Öltemperatur (*oil temperature*)
- Öldruck (*oil pressure*)
- Geschwindigkeit gegenüber dem Boden (*ground speed*)
- Position gemäss GPS
- Aussentemperatur (*outside air temperature* – OAT)
- Stromfluss für Batterie 1, Alternator 1 und Alternator 2
- Spannung am *main distribution bus*
- Spannung am *essential distribution bus*

Einige dieser Werte wurden nicht korrekt abgespeichert und konnten für die Untersuchung nicht verwendet werden, so z.B. die Werte für den Stromfluss für Batterie 1, Alternator 1 und Alternator 2. Die für die Rekonstruktion des Status der Bordelektrik wichtigen elektrischen Spannungen am *main* und am *essential distribution bus* waren für den Verlauf des Unfallfluges bis zum Ausfall des MFD lückenlos aufgezeichnet (vgl. Anlage 6).

1.11.4 Kenngrößen PFD

Muster	Avidyne FlightMax Entegra
Hersteller	Avidyne Corporation, 55 Old Bedford Road, Lincoln, MA 01773, Massachusetts (USA)
Teilenummer	700-00008-000
Werknummer	21317414
Aufzeichnungsmedium	<i>Non volatile memory</i> EPROM
Aufzeichnungsdauer	ca. 100 Flugstunden

1.11.5 Kenngrößen MFD

Muster	Avidyne EX5000C
Hersteller	Avidyne Corporation, 55 Old Bedford Road, Lincoln, MA 01773, Massachusetts (USA)
Teilenummer	700-00004-008
Werknummer	23596394
Aufzeichnungsmedium	<i>Non volatile memory</i> EPROM
Aufzeichnungsdauer	ca. 100 Flugstunden

1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

1.12.1 Wrack

Das Flugzeug wurde beim Aufprall weitgehend zerstört. Der Motor lag einige Meter vom Hauptwrack entfernt. Der Dreiblatt Propeller samt Spinner lag separat einige Meter neben dem Motor. Die Deformation der Propellerblätter lässt den Schluss zu, dass der Motor im Zeitpunkt des Unfalles Leistung abgab.

Die visuelle Prüfung der Steuerelemente ergab keine Anhaltspunkte für vorbestandene Mängel.

Die Landeklappen waren eingefahren.

Die Bauch- und Schultergurten wurden getragen und hielten der Beanspruchung stand. Der vordere rechte Sitz wurde mit dem darauf sitzenden Passagier aus seiner Befestigung gerissen und lag neben dem Wrack. Die Sitzflächen unter den Sitzkissen der hinteren Sitze waren stark gestaucht.

1.12.2 Aufprall

Der Aufprall geschah mit ca. 80° Querlage rechts und hoher Sinkrate. Die Distanz von der ersten Aufprallspur bis zur Wrackendlage betrug ca. 15 Meter.

1.12.3 Unfallstelle

Auf der Unfallstelle wurden Notizen des Piloten gefunden, welche den Flug vom 20. Oktober sowie den Unfallflug betrafen. Es handelte sich bei diesen Notizen um die Aufzeichnungen des Piloten betreffend ATC-Freigaben und freigegebenen Flughöhen.

Ein nachgeführter Jeppesen Band 1, in welchem das Kapitel *Emergency* fehlte, wurde ebenfalls an der Unfallstelle vorgefunden. Darin eingeordnet befand sich u.a. auch eine Übersichtskarte von Zürich.

Die *Jeppesen Europe low altitude enroute chart* E(LO) 3/4 wurde separat vorgefunden. Es wurden keine Anflugkarten für den Flughafen Zürich gefunden.

Weiter wurde eine *Quick Reference Checklist* für die Cirrus SR22 gefunden, welche verkürzte Prüflisten enthielt. Im Teil *Emergency Checklists* fand sich u.a. das unter Kapitel 1.16.1.2 angegebene Verfahren für das Vorgehen nach einem Ausfall des Alternators 1. Auf der letzten Seite war eine schematische Darstellung des elektrischen Systems enthalten.

Unfallort	Geissbühl, Gemeinde Oberglatt/ZH
Schweizer Koordinaten	682 526 / 259 816
Geographische Breite	N 47° 29' 01"
Geographische Länge	E 008° 32' 02"
Höhe	429 m/M 1407 ft AMSL
Lage	ca. 110 m vor Beginn der Piste 14 des Flughafens Zürich, auf der Pistenachse
Landeskarte der Schweiz	Blatt Nr. 1071, Blattname Bülach, Massstab 1:25 000

1.13 Medizinische und pathologische Feststellungen

Die Leichen des Piloten sowie des Passagiers, welcher auf dem vorderen rechten Sitz sass, wurden einer Autopsie unterzogen. Es wurden keine Hinweise gefunden, welche auf eine Einschränkung der Flugtauglichkeit des Piloten deuten.

Es wurden keine Hinweise für eine Alkoholisierung oder sonstige Beeinflussung des zentralen Nervensystems durch andere Wirksubstanzen gefunden.

Der Pilot sowie der vorne rechts sitzende Passagier starben an den beim Aufprall erlittenen schweren Verletzungen. Die Passagierin, welche auf dem hinteren rechten Sitz sass, starb drei Tage nach dem Unfall an einem Multiorganversagen aufgrund des beim Aufprall erlittenen Polytraumas. Der Passagier, welcher auf dem hinteren linken Sitz sass, erlitt hauptsächlich Verletzungen des Bewegungsapparates und konnte bereits einen Tag nach dem Unfall verwertbare Angaben über den Verlauf des Unfallfluges machen.

1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

1.15 Überlebensaspekte

1.15.1 Allgemeines

Die beim Aufprall aufgetretenen hohen Verzögerungskräfte waren nur zufällig überlebbar.

Die beiden Insassen auf den vorderen Sitzen wurden beim Aufprall tödlich verletzt. Der Pilot wurde durch die starke Stauchung der Flugzeugzelle im vorderen Bereich auf seinem Sitz eingeklemmt. Der Sitz des vorderen rechten Passagiers wurde durch den Aufprall von der Flugzeugzelle getrennt und lag mit dem noch auf dem Sitz angegurten Passagier direkt neben dem Hauptwrack.

Für die Passagiere auf den hinteren Sitzen traten beim Aufprall durch den Energieabbau während der Deformation des vorderen Teils der Flugzeugzelle etwas geringere Verzögerungen auf, weshalb beide den unmittelbaren Unfall überlebten. Die stark gestauchten Böden der Sitzflächen der hinteren Sitze zeigen, dass die Sitze durch Verformung einen Teil der vertikalen Verzögerungskräfte aufnahmen.

1.15.2 Cirrus Airframe Parachute System

Das Flugzeug war mit einem ballistischen Rettungssystem (*ballistic rescue system* – BRS, vgl. Kapitel 1.16.4) ausgerüstet, dem sog. *Cirrus Airframe Parachute System* (CAPS). Das CAPS wurde auf dem Unfallflug nicht ausgelöst.

1.15.3 Notsender

Das Flugzeug war mit einem Notsender (*emergency location beacon aircraft* – ELBA) ausgerüstet. Das Gerät wurde durch den Unfall aktiviert.

1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

1.16.1 Elektrisches System der N467BD

1.16.1.1 Allgemeines

Das Flugzeug Cirrus SR22 verfügt über ein aus zwei Alternatoren und zwei Batterien bestehendes elektrisches System (vgl. Anlage 7).

Das Hauptsystem besteht aus der Batterie 1, einer aus 12 Zellen aufgebauten 24-Volt Bleibatterie mit einer Kapazität von 10 Ampèrestunden, und dem Alternator 1, welcher bis zu 60 Ampère Stromstärke liefern kann. Die Ausgangsspannung des Alternators 1 wird auf 28 Volt geregelt. Die Batterie 1 speist den *main distribution bus* resp. wird bei laufendem Motor durch den Alternator 1 geladen. Über den *main distribution bus* werden *main bus 1*, *main bus 2* sowie zwei *non-essential buses* gespiesen, welche ihrerseits die elektrische Versorgung folgender Verbraucher sicherstellen (Liste nicht abschliessend):

- MFD
- Garmin GNS 430 #2 (COM 2/NAV 2/GPS 2)
- Transponder
- Audiopanel Garmin 340, beinhaltend das Intercom
- Landeklappen
- elektrische Trimmung
- Aussenlichter
- Pitot Heizung
- Motoreninstrumente

Das zweite System besteht aus der Batterie 2, aufgebaut aus zwei in Serie geschalteten 12-Volt Bleibatterien mit einer Kapazität von je 7 Ampèrestunden, sowie dem Alternator 2, welcher maximal 20 Ampère liefern kann. Die Ausgangsspannung des Alternators 2 wird auf 28.75 Volt geregelt. Die Batterie 2 speist den *essential distribution bus* resp. wird bei laufendem Motor ab einer Drehzahl von ca. 1700 RPM durch den Alternator 2 über diesen aufgeladen. Vom *essential distribution bus* werden die beiden *essential buses* gespeisen, welche ihrerseits die elektrische Versorgung folgender Verbraucher sicherstellen:

- PFD
- Garmin GNS 430 #1 (COM 1/NAV 1/GPS 1)
- Autopilot
- Warnleuchten (*annunciator lights*)
- *Stall Warning*

Main distribution bus und *essential distribution bus* sind über eine Diode miteinander verbunden. Die Diode erlaubt die Speisung des *essential distribution bus* durch den *main distribution bus*, aber nicht umgekehrt.

Im Normalbetrieb mit zwei funktionierenden Alternatoren speist Alternator 1 den *main distribution bus* und Alternator 2 den *essential distribution bus*, da aufgrund der Regelung der Ausgangsspannung der Alternatoren am *essential distribution bus* eine geringfügig höhere Spannung anliegt als am *main distribution bus* und somit eine Speisung des *essential distribution bus* durch den *main distribution bus* via Diode nicht stattfindet.

Fällt der Alternator 2 aus, wird der *essential distribution bus* via Diode vom *main distribution bus* und somit vom Alternator 1 versorgt.

Fällt der Alternator 1 aus, wird der *main distribution bus* nur noch von der Batterie 1 versorgt, da die Diode eine Speisung über den *essential distribution bus* verhindert. Der *essential distribution bus* wird weiterhin vom Alternator 2 versorgt. Somit stehen die elektrischen Verbraucher, welche am *essential distribution bus* angeschlossen sind, auch bei einem Ausfall des Alternators 1 und möglicherweise entladener Batterie 1 zeitlich uneingeschränkt zur Verfügung.

1.16.1.2 Verfahren bei Ausfall des Alternators 1

Gemäss Luftfahrzeug-Flughandbuch (*airplane flight manual – AFM*), *Section 3 – Emergency Procedures*, ist bei einem Ausfall des Alternators 1 wie folgt zu verfahren:

"ALT 1 Light Steady

Steady illumination indicates a failure of ALT 1. Attempt to bring alternator back on line. If alternator cannot be brought back, reduce loads and use Main Bus or Non-Essential loads only as necessary for flight conditions.

1. *ALT 1 Master Switch* OFF
2. *Alternator 1 Circuit Breaker*CHECK and RESET
3. *ALT 1 Master Switch* ON

If alternator does not reset:

4. *Reduce loads on Main Bus 1, Main Bus 2, and the Non-Essential Buses.*
Monitor voltage.
5. *ALT 1 Master Switch*OFF
6. *Land as soon as practical"*

Das AFM enthält keine explizite Zeitangabe für die Dauer, während welcher die Versorgung des *main distribution bus* über die Batterie 1 bei ausgefallenem Alternator 1 sichergestellt ist.

Das AFM erwähnt "*land as soon as practical*", was gemäss *title 14* der *Code of Federal Regulations* (CFR) im Klartext das Folgende bedeutet: "*The landing site and duration of flight are at the discretion of the pilot. Extended flight beyond the nearest approved landing area is not recommended.*"

1.16.1.3 Versuche der SUST-AV

Versuche der SUST-AV (ehemals BFU) mit einem baugleichen Flugzeug haben ergeben, dass der Entladestrom der Batterie 1 nach Ausfall des Alternators 1 mit den normalerweise während eines Instrumentenfluges eingeschalteten Verbrauchern ca. 19 Ampère beträgt. Durch Ausschalten für den Flug unwesentlicher Verbraucher wie Pitot Heizung, externe Lichter, Garmin GNS 430 #2, liess sich der Entladestrom auf ca. 7 Ampère reduzieren.

Wenn nach Ausfall des Alternators 1 innert nützlicher Frist die nicht dringend benötigten Verbraucher ausgeschaltet werden, so ist eine vollständig aufgeladene Batterie 1 mit einer Kapazität von 10 Ampèrestunden nach rund einer Stunde entladen. Sind weitere Verbraucher wie z.B. Flügelenteisung oder Pitot Heizung eingeschaltet, ist die Zeit bis zum Erreichen der kritischen Batteriespannung, bei welcher die für den Betrieb der verschiedenen vom *main distribution bus* gespeisten Geräte erforderliche Mindestspannung unterschritten wird, deutlich kürzer.

Die Versuche haben gezeigt, dass die zwischen dem Ausfall des Alternators 1 und der Reduktion der elektrischen Verbraucher durch den Piloten verstreichende Zeit einen wesentlichen Einfluss auf die Dauer hat, während welcher die Batterie 1 den *main distribution bus* versorgen kann.

Gemäss Aufzeichnung des MFD fiel die Spannung anlässlich des endgültigen Ausfalles von Alternator 1 um 13:24 UTC innert einer Minute auf einen Wert von 24.7 Volt. 28 Minuten später, die N467BD war unterdessen unter Radarführung im linken Queranflug auf das Instrumentenlandesystem der Piste 14, erreichte die Spannung am *main distribution bus* 16 Volt.

Mittels Versuchen mit einem baugleichen Flugzeug sowie auf einem Prüfstand rekonstruierte die SUST-AV die Reihenfolge der ausfallenden Geräte mit am *main distribution bus* abfallender Spannung. Der Versuch ergab folgenden Ablauf:

Spannung am <i>main distribution bus</i>	Funktion der vom <i>main distribution bus</i> gespeisten relevanten Geräte MFD, GNS 430 #2, Transponder
24 Volt	alle Geräte funktionieren normal
16.1 Volt	MFD <i>display</i> flackert
16.0 Volt	MFD <i>display</i> fällt aus
12.1 Volt	MFD Datenaufzeichnung endet
10 Volt	COM2 (Bestandteil von GNS 430 #2) sendet noch normal, <i>display</i> normal Transponder: Sendeleistung 200 Watt (normal)
9.1 Volt	Transponder fällt aus
8 Volt	COM2 sendet noch normal, <i>display</i> schwarz

5.9 Volt in der *master control unit* öffnet das Relais, welches den Kontakt zwischen der Batterie 1 und dem *main distribution bus* herstellt.

1.16.1.4 Alternatoren

Der Alternator 1 der N467BD wurde nach dem Unfall demontiert und auf seine Funktionstüchtigkeit hin getestet. Der Alternator war defekt. Bei der Untersuchung wurde ein Unterbruch der Ankerwicklung festgestellt.

Der Alternator 2 wurde ebenfalls auf seine Funktionstüchtigkeit hin getestet. Trotz des beim Unfall erlittenen hohen Zerstörungsgrades war der Alternator noch funktionstüchtig.

1.16.2 CMax Approach Charts function

Das MFD erlaubt bei entsprechender Ausrüstung neben vielen anderen Optionen die Darstellung von An- und Abflugkarten für Instrumentenflüge (vgl. Anlage 5). Diese optionale *CMax Approach Charts function* basiert auf einer Jeppesen-Datenbank, welche periodisch aktualisiert werden muss. Die N467BD war mit dieser Funktion ausgerüstet.

Für Anflugkarten, welche massstäblich (*to scale*) gezeichnet sind, wird der Kartendarstellung das Flugzeugsymbol gemäss GPS-Position überlagert, was für die *situational awareness* hilfreich ist.

Auszug aus dem AFM betreffend *CMax Approach Charts function*:

"Section 2 – Limitations

Do not use the CMax Approach Charts function for navigation of the aircraft. The CMax Approach Charts function is intended to serve as a situational awareness tool only. The electronic approach charts must not be used as the primary set of on-board approach charts.

Section 7 – Systems description

The optional CMax Approach Charts function allows the pilot to view terminal procedure chart data on the EX5000C MFD. If the chart is geo-referenced, an ownship symbol and flight plan legs can be overlaid on the chart to further enhance the pilot's situational awareness. Most approach charts and airport diagrams are georeferenced; most arrival, departure, and miscellaneous charts are not. The CMax installation is entirely software dependant. No additional hardware is required."

1.16.3 Abrissverhalten und Abrissgeschwindigkeiten

Das AFM beschreibt in *Section 4 – Normal Procedures* das Abrissverhalten des Flugzeuges wie folgt:

"SR22 stall characteristics are conventional. Power-off stalls may be accompanied by a slight nose bobbing if full aft stick is held. Power-on stalls are marked by a high sink rate at full aft stick."

Weiter enthält das AFM die Warnung:

"Extreme care must be taken to avoid uncoordinated, accelerated or abused control inputs when close to the stall, especially when close to the ground."

In *Section 5 – Performance Data* listet das AFM die Abrissgeschwindigkeiten bei *power-off* und höchstzulässiger Abflugmasse in Abhängigkeit der Lage des

Schwerpunktes, der Stellung der Landeklappen und der Querlage auf (vgl. Anlage 10). Für *power-on* enthält das AFM keine entsprechende Tabelle.

1.16.4 Ballistisches Rettungssystem

1.16.4.1 Allgemeines

Das Flugzeug war mit einem sog. CAPS (*Cirrus Airframe Parachute System*) ausgerüstet. Der Pilot kann dieses System mittels eines Hebels, welcher am Kabinendach angebracht ist, auslösen. Daraufhin stösst eine Feststoffrakete einen Fallschirm durch einen dafür ausgelegten Teil der Oberfläche auf der Rumpfoberseite hinter der Passagierkabine. Dieser Fallschirm ist mit drei Gurten an der Struktur des Flugzeuges befestigt und beginnt ca. zwei Sekunden nach dem Ausstoss mit der Öffnung. Der Rundkappenfallschirm hat eine Fläche von 223 m² respektive einen Durchmesser von 17 Metern. Die vom Hersteller angegebene maximale Fluggeschwindigkeit zum Auslösen des CAPS beträgt 133 KIAS. Die Sinkrate des Flugzeuges unter einem voll entfaltetem CAPS-Schirm beträgt ca. 1700 ft/min. Es sind über ein Dutzend Fälle bekannt, in welchen das CAPS ausgelöst wurde und alle Insassen die Landung leicht oder unverletzt überlebten.

Gemäss Herstellerangaben können folgende Szenarien eine Auslösung erfordern:

- *Mid-air collision* (Zusammenstoss im Flug)
- *Structural failure* (Strukturversagen)
- *Loss of control* (Verlust der Kontrolle über das Flugzeug)
- *Landing in inhospitable terrain* (Landung in ungeeignetem Gelände)
- *Pilot incapacitation* (Ausfall des Piloten)

Auf dem Unfallflug wurde das CAPS nicht ausgelöst.

1.16.4.2 Zusätzliche Abklärungen

Kurz nach der Meldung des Unfalls erkannte der diensthabende Mitarbeiter der SUST-AV, dass das verunfallte Flugzeug mit einem ballistischen Rettungssystem (*ballistic rescue system* – BRS) ausgerüstet war. Eine Rücksprache mit den Rettungskräften ergab, dass dieses Rettungssystem mit grosser Wahrscheinlichkeit weder während des Fluges noch durch den Aufprall ausgelöst worden war. Die Rettungskräfte waren sich zu diesem Zeitpunkt der Gefahren, die von einem scharfen Rettungssystem ausgehen können, nicht bewusst und wurden angehalten, keine Entschärfung des Systems zu versuchen und das Wrack nicht zu verschieben. Da in Europa kein Spezialist zur Verfügung stand, der das System fachmännisch hätte entschärfen können, entsandte der Flugzeughersteller unverzüglich einen Experten, der am folgenden Tag in Zürich eintraf. In der Zwischenzeit hatte die Flughafenfeuerwehr das Wrack mit dem noch scharfen System auf eigene Initiative geborgen. Der Abtransport des Wracks, das im Bereich des Endanfluges auf die Piste 14 lag, erfolgte auf eigenes Risiko des Flughafens und mit dem Ziel, die Benutzung der Piste 14 baldmöglichst wieder freigeben zu können. In der Folge entschärfte und demontierte der Fachmann des Flugzeugherstellers am geborgenen Wrack die pyrotechnischen Teile des BRS.



Abbildung 1: Hauptwrack an der Unfallstelle

Bei dieser Art von Rettungssystem handelt es sich um eine neuere Entwicklung. Aufgrund der produzierten Stückzahl ist zu erwarten, dass solche Ausrüstungen in modernen Flugzeugen zunehmend Verwendung finden werden. Die Erfahrungen beim Umgang mit diesem System nach dem Unfall zeigten, dass auch Rettungskräfte und Polizeiorgane die damit verbundenen Gefahren nicht genügend kennen. Im Bemühen, diese Gefahren zu erkennen und Empfehlungen für einen sicheren Umgang mit einem solchen System geben zu können, entschloss sich die Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle zu weiterführenden Abklärungen. Da der Hersteller nur Anweisungen für die Behandlung des Systems nach einem Unfall herausgegeben hat, ohne die Aspekte einer möglichen Brandentwicklung zu behandeln, wurden in Zusammenarbeit mit einem staatlichen Sprengstofflabor umfangreiche Abklärungen vorgenommen, die zusammen mit weiteren Angaben und Empfehlungen in einem gesonderten Bericht veröffentlicht werden.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

Keine.

1.18 Zusätzliche Angaben

Keine.

1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Keine.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Abgesehen vom Ausfall des Alternators 1 liegen keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Elektrisches System und Pilotenverhalten

Die Aufzeichnungen des MFD (vgl. Anlage 6) belegen, dass der Alternator 1 um 13:01:24 UTC, um 13:16:54 UTC und um 13:17:12 UTC ausfiel, jeweils aber nach relativ kurzer Zeit wieder *on line* kam. Ob dies selbständig oder durch ein *reset* wie in der *emergency checklist* beschrieben geschah, konnte nicht festgestellt werden. Um 13:23:24 UTC fiel der Alternator 1 erneut aus und konnte in der Folge offenbar nicht mehr *on line* gebracht werden. Darauf entschloss sich der Pilot zu einer Ausweichlandung in Zürich und teilte dies um 13:33:03 UTC der Flugsicherung mit. Dieser Entscheid war der Situation angepasst.

Betreffend der Folgen des Ausfalls des Alternators 1 sagte der Pilot am Funk folgendes:

"Ah we've got a failure of alternator one ah we can't fly for longer than ah forty five minutes Bravo Delta."

Die relativ lange Dauer von knapp zehn Minuten zwischen dem erneuten Ausfall des Alternators 1 und der Ankündigung des Piloten, eine Ausweichlandung in Zürich durchzuführen, lässt sich möglicherweise damit erklären, dass der Pilot versuchte, den Alternator 1 durch ein *reset* wieder *on line* zu bringen und er beim vorangehenden Ausfall die Erfahrung gemacht hatte, dass dies durchaus mehrere Minuten dauern konnte.

Zu diesem Zeitpunkt gab es für den weiteren Verlauf des Fluges zwei Szenarien:

1. Die in der Batterie 1 vorhandene elektrische Energie reicht aus, um den *main distribution bus* und somit alle Verbraucher bis zur Landung mit einer genügenden Spannung zu versorgen. Mit dem Ausschalten nicht dringend benötigter elektrischer Verbraucher des *main distribution bus* kann die Dauer der Verfügbarkeit des Systems verlängert werden.
2. Die in der Batterie 1 vorhandene elektrische Energie reicht nicht aus, um den *main distribution bus* und somit alle Verbraucher bis zur Landung mit einer genügenden Spannung zu versorgen. Nach dem definitiven Ausfall des Alternators 1 hätte der Pilot mit diesem Szenario rechnen müssen.

Die Tatsachen, dass der Pilot eine maximale Flugdauer von 45 Minuten angab und für den Anflug *"normal operation"* bestätigte, lassen den Schluss zu, dass er von Szenario 1 ausging und Szenario 2 durch eine Begrenzung der Flugdauer vermeiden wollte. Die Aussage *"we can't fly for longer than forty five minutes"* war insofern falsch, als dass die N467BD nach der vollständigen Entladung der Batterie 1 noch für eine vom elektrischen System her unlimitierte Zeitdauer mit der vom *essential distribution bus* resp. dem Alternator 2 versorgten Ausrüstung hätte geflogen werden können.

Das AFM enthielt keine explizite Zeitangabe bezüglich der Dauer, während welcher die Batterie 1 nach Ausfall des Alternators 1 den *main distribution bus* versorgen kann, und empfahl lediglich *"land as soon as practical"*. Dies war sinnvoll, da die entsprechende Zeitdauer von verschiedenen Faktoren abhängt, beispielsweise dem Ladungszustand und der Temperatur der Batterie 1 zum Zeit-

punkt des Ausfalls, der Zeitspanne bis zur Reduktion der elektrischen Verbraucher am *main distribution bus* und dem Ausmass dieser Reduktion.

Aufgrund der Tatsache, dass der hinten links sitzende Passagier beobachtete, wie der Bildschirm des MFD und später der Bildschirm des Garmin GNS 430 #2 ausfielen, muss davon ausgegangen werden, dass keine wesentliche Reduktion der elektrischen Verbraucher am *main distribution bus* stattgefunden hatte. Dies wird durch die in Kapitel 1.16.1.3 beschriebenen Versuche der SUST-AV und die tatsächliche Zeitspanne von knapp 30 Minuten zwischen dem definitiven Ausfall des Alternators 1 und dem Erreichen einer Spannung von 16 Volt am *main distribution bus* und des damit beginnenden Ausfalles von Systemkomponenten bestätigt.

Der Grund, weshalb keine wesentliche Reduktion der elektrischen Verbraucher am *main distribution bus* vorgenommen wurde, könnte in der Ausbildung des Piloten liegen. Dem Piloten standen sowohl auf der entsprechenden Seite des MFD wie auch in der *Quick Reference Checklist* die Informationen über das anzuwendende Verfahren zur Verfügung. Auch enthielt die *Quick Reference Checklist* eine schematische Darstellung des elektrischen Systems, welche den Piloten vollumfänglich auf die Konsequenzen bei Eintreten von Szenario 2 vorbereiten konnte. Ob der Pilot über diese detaillierten Systemkenntnisse verfügte, ist aufgrund der Sachlage sowie seiner Aussage "*we can't fly for longer than forty five minutes*" fraglich.

Jedenfalls stellte sich die Angabe einer maximalen Flugdauer von 45 Minuten als zu optimistisch heraus. Um 13:51:54 UTC, rund 28 Minuten nach dem definitiven Ausfall des Alternators 1, erreichte die Spannung am *main distribution bus* einen Wert von 16.1 Volt, bei welchem im Versuch der SUST-AV das *display* des MFD ausfiel. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die N467BD im linken Queranflug (*base*) zum Instrumentenlandesystem der Piste 14, kurz vor dem Eindrehen auf die Achse des Endanfluges. Ab diesem Zeitpunkt verfügte der Pilot aufgrund des Ausfalls des MFD und somit des CMax nicht mehr über eine Dokumentation des Anfluges, d.h. wichtige Daten wie z.B. die Anflugminima sowie die Beschreibung des Durchstartverfahrens fehlten ihm.

Vom Piloten unbemerkt und für den Flugablauf nicht relevant erreichte die Spannung am *main distribution bus* um 13:52:48 UTC den letzten aufgezeichneten Wert von 12.1 Volt, bei welchem nun auch die Aufzeichnungsfunktion des MFD ausfiel. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die N467BD auf dem *final intercept heading* von 170 Grad und sollte dem Landekursender des Instrumentenlandesystems der Piste 14 folgen. In dieser Flugphase dürfte die Spannung am *main distribution bus* aufgrund des Stromverbrauchs der noch funktionierenden Geräte GNS 430 #2, Transponder und Audiopanel Garmin 340 und die möglicherweise noch eingeschaltete Pitot Heizung in einen Bereich unter 10 Volt gefallen sein, worauf auch diese Geräte ausfielen. In der Testanordnung öffnete das Relais, welches die Batterie 1 mit dem *main distribution bus* verbindet, bei einer Spannung von 5.9 Volt. Dieser Wert ist aber nicht relevant, weil alle vom *main distribution bus* gespeisenen Verbraucher ihre Funktionen bereits bei höheren Spannungen nicht mehr erfüllten. Der Pilot sah sich damit folgender Situation gegenüber:

Folgende vom *main distribution bus* gespeisene Systeme fielen aus oder waren bereits kurz zuvor ausgefallen (vgl. Anlage 7, nicht abschliessende Liste):

- MFD
- Garmin GNS 430 #2 (COM 2/NAV 2/GPS 2)
- Transponder

- Audiopanel Garmin 340 mit Intercom
- Landeklappen
- Elektrische Trimmung, wobei anzumerken ist, dass in Flugzeugen des Musters SR22 keine manuelle Trimmung verfügbar ist.
- Pitot Heizung

Weiterhin funktionstüchtig waren (vgl. Anlage 7):

- PFD
- Garmin GNS 430 #1 (COM 1/NAV 1/GPS 1)
- Autopilot (kann die Trimmotoren noch ansteuern)
- Warnleuchten
- *Stall warning*

Um 13:54:27 UTC meldete der Pilot: "*Sorry Final Bravo Delta can we make the heading for the runway we're getting some difficulties with the power now.*" Mit einer fundierten Ausbildung, welche die Aspekte der elektrischen Redundanz der SR22 beinhaltet hätte, wäre der Pilot in dieser Flugphase wohl auf die Ausfallkaskade der diversen, vom *main distribution bus* gespeisten Geräte und Funktionen vorbereitet gewesen. Seine Angaben gegenüber der Flugsicherung im Zusammenhang mit der erwarteten Entwicklung der Folgen des ursächlichen technischen Problems, des Ausfalles des Alternators 1, lassen auf einen unzureichenden Ausbildungs- und Trainingsstand schliessen.

Nach dem vollständigen Ausfall aller vom *main distribution bus* gespeisten Geräte und Funktionen wäre für einen im Instrumentenflug trainierten und in der Anwendung der Flugzeugausrüstung geübten Piloten ein Anflug der Kategorie I nahezu ohne Einschränkungen möglich gewesen, durch Koppelung an den Autopiloten sogar vollautomatisch.

2.2.2 Navigation und Pilotenverhalten

Aus der Auswertung der im PFD aufgezeichneten Daten geht hervor, dass der Pilot von der ersten durch den Flugverkehrsleiter DEP erteilten Steuerkursanweisung in der Gegend des VOR Willisau um 13:20:38 UTC an das Flugzeug mit dem Autopiloten im *heading mode* steuerte, aber in dieser Zeit keine im Hinblick auf den Anflug des Ausweichflughafens vorbereitenden Eingaben im Garmin GNS 430 #1 vornahm. Als *active waypoint* beliess er den Wegpunkt GIPOL im GNS 430 #1. Nachdem er den Entscheid zur Ausweichlandung in Zürich getroffen und um 13:33:03 UTC der Flugsicherung mitgeteilt hatte, wäre die Programmierung des GNS 430 #1 im Hinblick auf einen Instrumentenanflug auf die Piste 14 naheliegend gewesen. Die Eingabe des *4-Letter Code* "LSZH" des Ausweichflughafens, die Auswahl des Instrumentenanfluges der Piste 14 und eine Aktivierung der Funktion "*activate-vectors-to-final*" hätten dazu geführt, dass das Gerät die ILS Frequenz und den *inbound course* automatisch gewählt hätte. Je nach Einstellung des GNS 430 hätte das Gerät dann auch die Quelle der ans EHSI gelieferten Navigationsdaten von "GPS" selbständig auf "VLOC" umgeschaltet. Dass der Pilot trotz seiner grossen Erfahrung mit diesen Geräten diese Möglichkeiten nicht nutzte, kann darin begründet sein, dass er die Umstellung auf den neuen Zielflughafen LSZH nicht durchführen konnte und somit über die Funktion "PROC" keinen Zugang zum Menu mit der Auswahl der Anflüge auf den Flughafen Zürich hatte.

Bis zum Kreuzen der Ebene des Landekurssenders um ca. 13:53 UTC – also kurz nachdem das MFD ausgefallen sein dürfte – zeigten sich keine Navigations-

schwierigkeiten, wobei der Pilot die N467BD bis zum VOR Willisau im Autopilot – GPS NAV *mode* und vom VOR Willisau an im Autopilot – HDG *mode* geflogen hatte.

Danach überquerte die N467BD die Anfluggrundlinie des ILS 14, ohne auf diese einzudrehen und wurde um 13:53:30 UTC vom Flugverkehrsleiter FIN darauf hingewiesen. In der Folge korrigierte der Pilot den Steuerkurs und flog von 13:53:50 bis 13:54:02 UTC ein *heading* von 110 Grad, um dann graduell auf einen Steuerkurs zurückzudrehen, welcher die N467BD in einer Distanz zwischen 0.5 und 1 NM westlich der Anflugachse und ungefähr parallel zu dieser (vgl. Anlage 11) auf den Flughafen zuführte. Der Pilot gab zunächst an, zwar den Landekursender, nicht aber das Gleitwegsignal zu empfangen. Kurz darauf gab er dann an, der Anzeige in Bezug auf den Landekursender nicht trauen zu können und bat um den Steuerkurs zur Piste 14. Diese Aussage des Piloten ist verständlich, weil die Aufzeichnungen des PFD zeigen, dass er während des gesamten Anfluges im EHSI immer den *course 015* eingestellt hatte, was zu einer verwirrenden Darstellung führte.

Zu keiner Zeit bestätigte der Pilot den Empfang des Gleitwegsignals.

Weil alle bodenseitigen Installationen normal funktionierten, müssen die Gründe für diese Probleme auf Seiten des Flugzeuges respektive bei der Bedienung der Ausrüstung gesucht werden.

Trotz dem Abfall der Spannung am *main distribution bus* unter 10 Volt und des damit einhergehenden Ausfalls von verschiedenen Systemen, stand durch die Architektur des elektrischen Systems der SR22 mit dem PFD, dem Garmin GNS 430 # 1 und dem Autopiloten ein voll funktionstüchtiges System für die Navigation auf einem ILS zur Verfügung.

Die Aufzeichnungen des PFD zeigen denn auch, dass der Pilot mit eingeschaltetem Autopiloten im ALT – HDG *mode* die Anfluggrundlinie des Landekursenders überquerte. Gemäss der Aufzeichnung des PFD wählte der Pilot zu keiner Zeit die Anflug-Betriebsart (*arm approach mode*). Dieser Fehler ist gelegentlich zu beobachten, wenn Piloten in dieser Flugphase unter hoher Arbeitslast stehen. Dies traf auf den Piloten der N467BD zu, weil einige Geräte ausgefallen waren.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Pilot die Flugroute vom Startflugplatz Genf bis zum geplanten Zielflugplatz Berlin-Schönhagen im Navigationsgerät Garmin GNS 430 eingegeben hatte. Da die *Jeppesen Europe low altitude enroute chart E(LO) 3/4* nach dem Unfall separat vorgefunden wurde, kann angenommen werden, dass er den Flugweg auf dieser verfolgte. Nach dem Entscheid, nach Zürich auszuweichen, musste er sich auf einen ILS 14 Anflug vorbereiten. Auf dem MFD hatte er Zugang zu sämtlichen Anflugkarten für den Flughafen Zürich, was eine genaue Vorbereitung zuliess. Der Pilot verfügte nur über die Karten im MFD, er führte keine Anflugkarten auf Papier oder einem weiteren Gerät mit sich. Im an der Unfallstelle aufgefundenen Jeppesen Band 1 wäre eine Übersichtskarte von Zürich vorhanden gewesen. Diese wurde jedoch ungeordnet im Ringordner vorgefunden, womit davon ausgegangen werden kann, dass der Pilot diese Karte nicht verwendet hatte. Im Garmin 430 musste er, um Zugang zum Menu mit den Anflügen auf den Flughafen Zürich zu haben, den Zielflughafen auf LSZH ändern. Nur mit Destination LSZH im Garmin 430 vorgewählt, hatte er über die Funktion PROC (*procedures*) Zugang zum Menu mit den Anflügen des Flughafens Zürich.

Weil Ausweichlandungen für Piloten in der Regel seltene Vorkommnisse sind, treten in Zusammenhang mit der Bedienung des Garmin GNS 430 gelegentlich Probleme auf, wenn die Destination geändert werden muss. Intuitiv setzen die meisten Piloten den Ausweichflugplatz entweder nach einem *enroute-waypoint*

oder am Ende des aktuellen Flugplans ein. Dies führt aber nicht dazu, dass mittels der Funktion "PROC" Zugang zum Menu mit den gespeicherten Anflugverfahren gegeben ist. Es gibt verschiedene Verfahren, welche gewählt werden können, damit der Pilot mittels der PROC-Taste oder der Funktion "MENU" – "Select approach?" Zugang zu den Anflügen des Ausweichflugplatzes erhält. Das vom Hersteller GARMIN im *Pilot's Guide & Reference* für das GNS 430 beschriebene Verfahren ist folgendes: Aktivieren der *direct-to* Funktion, dann den *4-letter code* der neuen Destination eingeben und mit „ENT“ bestätigen. Ein anderes Verfahren ist, den *4-letter code* der neuen Destination als letzten Wegpunkt des Flugplanes einzugeben und dann via "PROC", "Select Approach?" und zweimaliges Drücken der MENU-Taste zur Funktion "Select Destination Apt?" zu gelangen. Ob der Pilot eines dieser Verfahren kannte, ist nicht bekannt, erscheint aber angesichts seiner Ausbildung als fraglich.

Die Aufzeichnungen des PFD zeigen, dass der Pilot im GNS 430 #1 um 13:46:18 UTC und somit rund 6 Minuten vor Erhalt der Kursanweisung zum Anschneiden der Anfluggrundlinie die Frequenz des Instrumentenlandesystems der Piste 14 eingegeben hatte. Wie die Aufzeichnungen des PFD zeigen, war im GNS 430 #1 bis zu diesem Zeitpunkt der *active waypoint* GIPOL und das *active leg* lautete "WIL – GIPOL". Zu keinem Zeitpunkt stellte der Pilot den *inbound course* des ILS14 von 137° ein, dafür war der noch von der letzten automatischen Wegpunktumschaltung (*waypoint switching*) beim Überflug des VOR Willisau vom GNS 430 automatisch gewählte *course 015*, welcher dem *course* vom Funkfeuer WIL zum Wegpunkt GIPOL entspricht, eingestellt. Dies führte dazu, dass die Darstellung auf dem EHSI für den Piloten verwirrend war. Der Grund, weshalb er diese um 122° falsche Einstellung nicht realisierte, dürfte in der Anspannung gelegen haben, in welcher sich der Pilot zu diesem Zeitpunkt befand.

Damit die Anzeigen des Instrumentenlandesystems auf dem PFD dargestellt wurden, musste der Pilot die Quelle für die Navigationsdaten von GPS auf VLOC umschalten. Ohne diese Umschaltung erscheint keine Gleitweganzeige im PFD. Gemäss Aufzeichnungen des PFD hatte der Pilot um 13:46:18 UTC, d.h. rund sechs Minuten vor der Kursanweisung zum Anschneiden der Anfluggrundlinie, als *navigation source* für das EHSI die Quelle "VLOC" gewählt und somit diese Umschaltung vorgenommen. Dies ist vom Flugablauf her gesehen sehr spät, befand sich die N467BD doch bereits seit dem VOR Willisau unter Radarführung und die für den Anflug erforderlichen Einstellungen hätten weit im Voraus getätigt werden können. Im Hinblick auf den Anflug aber wurde diese Umschaltung trotzdem noch früh genug vorgenommen.

Dass der Pilot im Verlaufe des Anfluges ständig 0.5 - 1 NM westlich der Leitebene des Landekursenders anflug und auf die entsprechende Frage des Flugverkehrsleiters FIN antwortete "Ah we get the localizer but I don't think we can trust that indication" könnte darauf hindeuten, dass er durch das sich ihm bietende Bild auf dem EHSI durch den gewählten *inbound course* 015 verwirrt wurde.

Ab dem Zeitpunkt des Ausfalls des MFD und somit des CMax, verfügte der Pilot nicht mehr über eine Dokumentation des Anfluges in Textform mit der Beschreibung des lateralen Flugweges und vertikalen Profils sowie der vertikalen Begrenzungen. Wichtige Daten wie z. B. die Anflugminima sowie die Beschreibung des Durchstartverfahrens fehlten ihm damit. Über das GNS430 Nr. 1 hätte er aber Zugang zu einer beweglichen Karte (*moving map*, NAV page 1) mit dem lateralen Flugweg haben können, dies aber ohne die vertikalen Einschränkungen des Durchstart-Flugweges. Die nicht durchgeführte Einstellung des ILS *inbound course* hätte ab diesem Zeitpunkt nur noch vorgenommen werden können, wenn der Pilot diesen Wert von der Anflugvorbereitung her noch memorisiert gehabt oder die Flugsicherung danach gefragt hätte. Dies weil ihm weder ausgedruckte

Anflugkarten noch die im ausgefallenen MFD dargestellten Anflugkarten noch sonst eine Möglichkeit zur Darstellung dieser Informationen, z.B. auf einem *personal digital assistant* (PDA) zur Verfügung standen.

Dem relativ routinierten Instrumentenflugpiloten war die häufig benutzte Funktion "*activate-vectors-to-final*" mit grosser Wahrscheinlichkeit bekannt. Diese Funktion hatte er jedoch mit Sicherheit nicht benutzt, obwohl die N467BD für längere Zeit unter Radarführung war und so ans Instrumentenlandesystem geführt wurde. Hätte er diese Funktion angewendet, dann hätte das GNS 430 den ILS *inbound course* von 137 Grad automatisch gewählt. Dass er diese Funktion nicht angewendet hatte, kann nur darin begründet sein, dass er den Anflug ILS 14 nicht ins GNS 430 eingegeben hatte. Letzteres wiederum dürfte eine Folge der selten stattfindenden Eingabe eines Ausweichflugplatzes gewesen sein. Diese Defizite des Piloten bezüglich der Bedienung des Geräts sind mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine unvollständige Ausbildung zurückzuführen.

Der Verlust sämtlicher Karteninformationen könnte mit ein Grund gewesen sein, weshalb der Pilot der Anweisung des Flugverkehrsleiters FIN zum Durchstart nicht folgte und versuchte, trotz Instrumentenwetterbedingungen mit Aufrechterhaltung des Sichtkontaktes zum Boden im Sichtflug bis zur Piste zu gelangen.

Dass der Pilot keine Anflugkarten auf Papier mitführte und sich ausschliesslich auf die *CMax Approach Charts function* des MFD verliess, dürfte sich nach dem Ausfall des MFD auf alle weiteren Entscheidungen des Piloten ausgewirkt haben.

Als zusätzlich erschwerend dürfte sich in dieser Phase des Anfluges die den Verhältnissen nicht angepasste Geschwindigkeit von rund 160 kt ausgewirkt haben. Die vom Hersteller vorgegebene Anfluggeschwindigkeit liegt üblicherweise zwischen 90 und 110 KIAS. Die vom Piloten auf Anfrage der Flugverkehrsleitung angebotene Anfluggeschwindigkeit von 160 kt hätte schon unter normalen Umständen hohe Anforderungen an den Piloten gestellt. Unter den vorherrschenden meteorologischen Verhältnissen und angesichts der ausgefallenen Geräte war diese hohe Anfluggeschwindigkeit ein markanter zusätzlicher Stressfaktor.

Gemäss Primär-Radaraufzeichnungen befand sich die N467BD in der Endphase des Anfluges leicht nördlich der Piste 10 und westlich der Piste 16. Die Flugsicherung hatte auf allen drei Pisten die Hochintensitätsbefeuerung auf voller Leuchtstärke eingeschaltet. Um 13:57:53 UTC meldete der Pilot "*we have runway in sight*", wobei daraus nicht hervorgeht, welche der drei Pisten er meinte. Obwohl er vermutlich zu sämtlichen drei Pisten Sichtkontakt hatte, entschied er sich für eine Umkehrkurve, um wieder in den Endanflug der Piste 14 zu gelangen.

Im nach Sicht durchgeführten letzten Teil des Anfluges standen dem Piloten keine Landeklappen zur Verfügung, da deren elektrisch betriebener Stellmotor über den *main distribution bus* versorgt wird (vgl. Anlage 7). Die Abrissgeschwindigkeit lag somit deutlich über derjenigen einer für den Endanflug üblichen Konfiguration mit vollständig ausgefahrenen Landeklappen (vgl. Anlage 10). Die Überschreitung der höchstzulässigen Abflugmasse verschärfte diese Problematik zusätzlich.

Die Aufzeichnungen des PFD zeigen, dass die letzte Rechtskurve mit ca. 40-60° Querlage und einer Geschwindigkeit von ca. 100 kt geflogen wurde. Somit dürfte die Abrissgeschwindigkeit unterschritten worden sein. In den letzten drei Sekunden vor dem Aufprall am Boden erreichte die Querlage Werte von mehr als 80°, dies dürfte aber eine Folge des bereits eingetretenen Strömungsabrisses und des damit einhergehenden Kontrollverlusts gewesen sein.

2.2.3 Ausbildung des Piloten

Die Rekonstruktion des Ausbildungsverlaufes des Piloten lässt darauf schliessen, dass dieser nie eine umfassende Umschulung auf das Flugzeugmuster SR22 durchlaufen hatte. Die Komplexität des redundant aufgebauten elektrischen Systems verlangt aber nach einer gründlichen Ausbildung sowie regelmässiger Repetition des einmal Gelernten. Der Schluss liegt nahe, dass der Pilot nicht mit allen technischen Möglichkeiten vertraut war, die ihm auf seinem Flugzeug zur Verfügung standen.

2.2.4 Flugsicherung und Pilotenverhalten

Aufgrund des zu erwartenden hohen Anflugverkehrs entschied sich der Flugverkehrsleiter DEP, wie in solchen Fällen üblich, von der Standardroute WIL VOR – GIPOL – TRA VOR abzuweichen und diesen Transitflug auf FL 80 südlich der Anflugsektoren durch die TMA Zürich fliegen zu lassen. Dieser Entscheid war angebracht und entsprach der gängigen Praxis.

Südlich von KLO VOR meldete der Pilot den Ausfall des *"alternator one"* und entschied sich für eine technische Ausweichlandung in Zürich. Der Flugverkehrsleiter DEP verstand jedoch Ausfall des *"altimeter one"* und meldete dies so an die Flugverkehrsleiterin CAP weiter. Im Weiteren informierte der Pilot, dass er noch 45 Minuten weiterfliegen könne. Auf die Anfrage des Flugverkehrsleiters, ob er den Anflug unter *"normal operation"* durchführen könne, antwortete der Pilot zustimmend mit *"affirmative"*. Die Verwechslung von *"altimeter"* und *"alternator"* hatte auf die Einschätzung des Flugverkehrsleiters DEP, dass es sich hier nicht um eine Notlage handelte, keinen Einfluss. Durch die Bestätigung von *"normal operation"* durch den Piloten ging die ATC von einer normalen technischen Ausweichlandung aus.

Unerklärbar bleibt, weshalb die Flugverkehrsleiterin DOM immer von einem *"alternator one"* Ausfall ausging, während die Flugverkehrsleiterin CAP einen Ausfall des *"altimeter one"* gemeldet hatte. In den Aufzeichnungen fanden sich keine entsprechenden Koordinationsgespräche. Für die Flugverkehrsleiterin DOM handelte es sich um einen Anflug mit technischen Problemen, dem auch besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden sollte. Ein entsprechender Wunsch der Flugverkehrsleiterin DOM wurde von der Flugverkehrsleiterin CAP an den Flugverkehrsleiter APE weitergeleitet.

Der Flugverkehrsleiter APE entschied aufgrund der Verkehrslage und der ihm bekannten Fakten über die aktuelle Situation der N467BD, diese weder zu priorisieren noch zu verzögern. Dies war zu diesem Zeitpunkt aufgrund der Bestätigung des Piloten von *"normal operation"* ein nachvollziehbarer Entscheid.

In der Folge wechselte der Pilot auf die Frequenz des Flugverkehrsleiters FIN, der zu diesem Zeitpunkt keine genauen Kenntnisse über die Gründe hatte, warum die N467BD nach Zürich auswich. Nach Erteilen der Anflugfreigabe durchflog der Pilot der N467BD die Anflugachse der Piste 14 und blieb trotz einer Kurskorrektur durch den Flugverkehrsleiter FIN auf einem Parallelkurs westlich des ILS 14. Für den Flugverkehrsleiter FIN waren dies erste Anzeichen von allfälligen Navigationsproblemen. Kurz danach, bei einer Distanz von ungefähr 8 NM vom Aufsetzpunkt, meldete der Pilot erstmals *"difficulties with the power now"*, worauf sich der Flugverkehrsleiter FIN mehrmals beim Piloten erkundigte, ob er die ILS-Signale empfangen könne und auf welcher Höhe er sich befinde.

Da der Pilot meldete, keine verlässlichen ILS-Anzeigen zu empfangen, und zudem kein Radarkontakt mehr bestand, entschloss sich der Flugverkehrsleiter FIN, den Anflug der N467BD abubrechen und gab ihm folgende Anweisung: *"November seven Bravo Delta, roger, continue present heading, climb to six"*

thousand feet." Unter diesen Umständen war es zur Sicherstellung der Bodenfreiheit (*terrain clearance*) angebracht, den Anflug abubrechen und ein Durchstartmanöver anzuordnen. Nachdem der Pilot diese Anweisung zuerst bestätigte, meldete er kurz darauf: "(...) *we're experiencing some power failure, request to change to VFR. We got a visual on the ground, we can proceed this way.*"

Diese Aussage des Piloten widersprach dem kurz zuvor bestätigten Fehlanflug und stellte die beteiligten Flugverkehrsleiter im *approach* und *tower* vor eine neue Ausgangslage.

Aufgrund der von den Flugverkehrsleitern ADC und GRO beobachteten ungewissen Situation im Anflug wurde entschieden, die in nächster Zeit zum Start vorgesehenen Luftfahrzeuge am Boden zu belassen. Die Hochintensitätsbefeuerung der Pisten 14, 16 und 10 wurde mit der Absicht eingeschaltet, dem Piloten eine Landung auf der ersten in Sicht kommenden Piste zu ermöglichen. Obwohl dies dem Piloten nicht ausdrücklich kommuniziert wurde, waren diese Massnahmen sicherheitsbewusst.

Der Vorschlag der Flugverkehrsleiterin DOM an die Flugverkehrsleiterin CAP, die N467BD bis zur Landung auf der Frequenz von FIN zu belassen, war unter den gegebenen Umständen sinnvoll, erfolgte aber gleichzeitig mit der Anweisung des Flugverkehrsleiters FIN an die N467BD, auf die Frequenz der Platzverkehrsleitstelle zu wechseln. Dies war aus seiner Sicht situationsgerecht, weil aufgrund der Position des Flugzeuges nicht klar war, auf welcher Piste die N467BD landen würde. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass diese Koordination auf keiner Aufzeichnung von *skyguide* zu finden ist. Dass sie aber durchgeführt wurde, wird durch die unabhängigen Aussagen der Flugverkehrsleiter DOM, ADC, GRO und CAP bestätigt.

Die Kommunikation innerhalb der Anflugleitstelle wie auch zwischen der Flugverkehrsleiterin CAP und der Flugverkehrsleiterin DOM verlief nicht optimal und war durch einige Missverständnisse geprägt. Unverständlich ist, warum nicht alle Koordinationsgespräche bei *skyguide* aufgezeichnet wurden.

2.2.5 Grundsätzliche Überlegungen zu einer technischen Ausweichlandung

Die Flugverkehrsleiter in der Anflugleitstelle entschieden sich aufgrund der ihnen zur Verfügung stehenden Informationen, dem Anflug der N467BD keine erhöhte Priorität einzuräumen. Grund dafür war, dass der Pilot "*normal operation*" bestätigt hatte und zudem am Funk ruhig und professionell wirkte, der dichte Anflugverkehr von Linienflugzeugen auf die Piste 14 sowie die vom Piloten angegebenen 45 Minuten, die ihm für den Anflug noch zur Verfügung standen. Diese Überlegungen waren aus damaliger Sicht folgerichtig.

Weder der Pilot noch die Flugverkehrsleiter der Anflugleitung waren sich bei der Planung des Anfluges der Bedeutung des relativ schlechten Wetters genügend bewusst. Insbesondere bei solchen Wetterbedingungen ist es gefährlich, zeitliche Begrenzungen oder Rahmenbedingungen ausschöpfen zu wollen. Eine sicherheitsbewusste Planung sollte vielmehr Zeitreserve für unvorhergesehene Ereignisse wie einen möglicherweise notwendig werdenden Durchstart und ein erneutes Anflugverfahren umfassen.

Eine ungeplante technische Ausweichlandung bei tiefliegender Wolkenuntergrenze ist für den Piloten eines einmotorigen Flugzeuges meist eine grosse Herausforderung.

Im Sinne der Verhütung künftiger Unfälle wäre es sinnvoll, wenn die Kenntnisse der Flugverkehrsleiterinnen und Flugverkehrsleiter über die Bedeutung von technischen Pannen in einem durch einen einzelnen Piloten geflogenen einmotorigen

Kleinflugzeug bei anspruchsvollen Wetterbedingungen und einem Anflug auf einen fremden Flugplatz vertieft würden. Auch wenn keine generelle Regel aufgestellt werden kann, so sollte in solchen Fällen unabhängig von den Forderungen des Piloten ein möglichst einfacher Anflug auf kürzestem Weg und mit hoher Priorität in Betracht gezogen werden.

Im vorliegenden Fall fällt auf, dass eine Mitarbeiterin der Flugsicherung intuitiv die Gefährlichkeit der Situation erfasst hatte und deshalb bei ihren Kollegen auf einen möglichst raschen Anflug drängte. Gestützt auf die tatsächlich vorliegenden Informationen entschieden ihre Kollegen aber, das Flugzeug nach der Prioritätenfolge des Betriebsreglements zu behandeln und schnellere Flugzeuge vorzuziehen. Aus der Erfahrung zahlreicher Unfälle, bei denen eine mangelhafte Zusammenarbeit der einzelnen Besatzungsmitglieder ein kausaler Faktor war, wurde zu Beginn der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts das sog. *crew resource management* (CRM) als Schulung für Flugbesatzungen entwickelt und in der Folge als Bestandteil in die Aus- bzw. Weiterbildung von Verkehrspiloten aufgenommen. CRM soll das Bewusstsein dafür schärfen, dass neben den fachlichen Fähigkeiten der zwischenmenschliche Bereich ein entscheidender Faktor für eine sichere Flugdurchführung ist. Ein allgemein anerkanntes Grundprinzip des CRM lautet, dass sich in Zweifelsfällen stets dasjenige Besatzungsmitglied mit der sicherheitsbewussteren Haltung durchsetzt. Die Flugsicherung – zumindest in der Schweiz – ist traditionell weniger auf die Zusammenarbeit in einer Gruppe ausgelegt. Der einzelne Flugverkehrsleiter genießt bei seinen Handlungen und Entscheidungen eine weitergehende Autonomie als das Mitglied der Flugbesatzung eines Verkehrsflugzeuges. Auch wenn dieses Prinzip hier nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden soll, so zeigt der vorliegende Unfall doch eindrücklich, dass auch bei der Flugsicherung weitere Anstrengungen notwendig sind, um die Zusammenarbeit und eine sicherheitsbewusste Entscheidungsfindung zu verbessern.

Andererseits muss in der Ausbildung der Piloten von Luftfahrzeugen, welche durch einen einzelnen Piloten betrieben werden, darauf Wert gelegt werden, dass technische Problemen nicht heruntergespielt werden. Ein Pilot eines solchen Luftfahrzeuges sollte das Bewusstsein entwickeln, dass er sich mit einem technischen Problem je nach Wetterlage in einer äusserst anspruchsvollen Situation befindet und es sicherheitsbewusst sein kann, frühzeitig eine Dringlichkeits- oder Notmeldung abzusetzen. Dies hätte im vorliegenden Fall sicher zu einer Verkürzung der Zeit bis zum Anflug geführt und die Situation möglicherweise entschärft.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr VFR/IFR zugelassen.
- Die Untersuchung ergab ausser dem ausgefallenen Alternator 1 keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel, die den Unfall hätten beeinflussen können.
- Die letzte 100-h Kontrolle wurde am 11. Juli 2008 bei 307.7 Betriebsstunden durchgeführt.
- Die letzte Zustandsprüfung durch die FAA erfolgte am 21. Juni 2008.
- Es gibt keine Hinweise für technische Einschränkungen an den bodenseitigen Navigationsanlagen.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Eine vollständige Ausbildung des Piloten für den Betrieb des Flugzeugmusters SR22 konnte nicht nachgewiesen werden.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen des Piloten während des Unfallfluges vor.

3.1.3 Flugsicherung

- Die involvierten Flugverkehrsleiter besaßen die notwendigen Ausweise.

3.1.4 Flugverlauf

- Die N467BD startete um 12:45 UTC mit vier Personen an Bord und Ziel Berlin-Schönhausen auf der Piste 23 in Genf.
- Das Flugzeug stieg auf FL 80 und wurde via die VOR FRI und WIL geführt.
- Nach drei kurzen Ausfällen fiel der Alternator 1 um ca. 13:25 UTC definitiv aus.
- Um 13:33:03 UTC meldete der Pilot beim Flugverkehrsleiter DEP den Ausfall des Alternators 1 und die Ausweichlandung in Zürich sowie eine maximale Flugdauer von 45 Minuten.
- Auf Anfrage des Flugverkehrsleiters DEP bestätigte der Pilot *"normal operation"*.
- In der Folge wurde die N467BD an den Flugverkehrsleiter APE übergeben und unter Angabe von verschiedenen Steuerkurswechseln in die Nähe des ILS 14 geführt.
- Um ca. 13:48:30 UTC wurde die N467BD an den Flugverkehrsleiter FIN übergeben.
- Um 13:51:30 UTC meldete der Pilot auf Anfrage der Flugverkehrsleitung, dass er während des Anfluges eine Fluggeschwindigkeit von 160 Knoten beibehalten könne.
- Um 13:51:54 UTC unterschritt die Spannung am *main distribution bus* 16 Volt, bei welcher der Bildschirm des MFD ausgefallen sein dürfte und ab

welchem Zeitpunkt der Pilot nicht mehr über Anflugkarten für den Flughafen Zürich verfügte.

- Um 13:52:48 UTC zeichnete das MFD eine Spannung von 12.1 Volt am *main distribution bus* auf und machte anschliessend keine weiteren Aufzeichnungen mehr.
- Um ca. 13:53 UTC kreuzte die N467BD die Anflugachse der Piste 14 und setzte im Anschluss den Flug auf einem unveränderten Steuerkurs von ungefähr 170 Grad fort.
- Um 13:53:43 meldete der Pilot: *"I pick up the localizer signal but can't see the glide slope yet."*
- Um 13:54:27 meldete der Pilot: *"Sorry Final Bravo Delta can we make the heading for the runway we're getting some difficulties with the power now."*
- In der Folge fragte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten mehrfach, ob er das Signal des Landekursenders bzw. des Gleitweges empfangen könne. Dies wurde vom Piloten verneint.
- In der Zwischenzeit flog die N467BD auf einem Steuerkurs ungefähr parallel zur Pistenachse 14.
- Um 13:55:27 UTC verschwand das Echo des Sekundärradars der N467BD vom Radarschirm.
- Um 13:55:44 UTC verlangte der Flugverkehrsleiter FIN: *"Continue present heading and climb to six thousand feet Bravo Delta."* Dies wurde vom Piloten bestätigt.
- Um 13:56:17 UTC meldete der Pilot auf die Frage des Flugverkehrsleiters FIN nach der Flughöhe: *"3500 we're experiencing some power failure request to change to VFR. We got a visual on the ground, we can proceed this way."*
- Auf Rückfrage des Flugverkehrsleiters FIN, ob er die Piste sehe, antwortete der Pilot: *"Ah negative no runway in sight we just have a visual to the ground."*
- Um 13:56:27 UTC erschien ein Primärradarecho der N467BD auf dem Radarschirm.
- Um 13:56:31 UTC forderte der Flugverkehrsleiter FIN den Piloten auf, Sichtkontakt zum Boden zu behalten und einen Steuerkurs von ungefähr 140 Grad zu fliegen.
- In der Folge gab der Flugverkehrsleiter FIN dem Piloten verschiedene Hinweise zur relativen Position des Flughafens gegenüber dem Flugzeug.
- Um 13:56:58 UTC meldete der Pilot, dass er auf 2500 ft absinke.
- Um 13:57:35 UTC erteilte der Flugverkehrsleiter FIN die Anweisung: *"Turn a bit to the left to around heading 110 that brings you just over the runway 16. You're approaching now the intersection between runway 16 and runway 28."* Darauf antwortete der Pilot: *"Ah negative we can do the hundred and eighty and then approach runway two ... one four."*
- Auf die Frage, ob er immer noch Sichtkontakt zum Boden habe, antwortete der Pilot: *"We're visual we have runway in sight Bravo Delta."*
- Darauf übergab der Flugverkehrsleiter FIN die N467BD an die Platzverkehrsleitstelle.

- Um 13:58:06 UTC meldete sich der Pilot auf der Frequenz der Platzverkehrsleitstelle "*N7BD we're just at the xxxx (nicht verständlich) of threshold for runway 14.*"
- Darauf erteilte die Flugverkehrsleiterin ADC die Freigabe für Piste 14, welche vom Piloten zurückgelesen wurde.
- Wenige Sekunden später prallte das Flugzeug aus einer engen Rechtskurve heraus auf dem Boden auf.
- Gemäss Aufzeichnungen des PFD wurde diese letzte Kurve mit 40 bis 80° Querlage und einer Geschwindigkeit von ungefähr 100 Knoten geflogen.

3.1.5 Rahmenbedingungen

- Der Flug fand im Rahmen der Geschäftstätigkeit des Piloten statt und wurde nach Instrumentenflugregeln durchgeführt.
- Das AFM gab keine explizite Zeitangabe für die Dauer, während welcher die Batterie 1 nach einem Ausfall des Alternators 1 die Versorgung des *main distribution bus* sicherstellen kann.
- Das AFM gab bei Ausfall des Alternators 1 vor, nicht zwingend benötigte elektrische Verbraucher des *main distribution bus* abzuschalten.
- Es gibt keine Hinweise dafür, dass eine Reduktion der elektrischen Verbraucher am *main distribution bus* stattgefunden hatte.
- Das AFM untersagte den Gebrauch der *CMax Approach Charts function* als primäres Navigationsmittel.
- Es konnten keine Karten für den Anflug in Zürich gefunden werden.
- Der Flugverkehrsleiter DEP verstand als Grund für die Ausweichlandung "*altimeter one failure*" und gab dies so an die Flugverkehrsleiterin CAP und den Flugverkehrsleiter APE weiter.
- Die Flugverkehrsleiterin DOM verstand als Grund für die Ausweichlandung "*alternator one failure*", obwohl sie durch die Flugverkehrsleiterin CAP mit "*altimeter one failure*" informiert wurde.
- Alle Flugverkehrsleiter im Kontrollturm (DOM, GRO, ADC) gingen immer von einem "*alternator one failure*" und "*normal operation*" aus.
- Von den Flugverkehrsleitern in der Anflugleitstelle gingen DEP, APE und CAP immer von einem "*altimeter one failure*" aus, während FIN bezüglich der Art der technischen Schwierigkeiten der N467BD keine Informationen hatte. Alle gingen von "*normal operation*" aus.
- Die Flugverkehrsleiterin DOM insistierte mehrfach bei der Flugverkehrsleiterin CAP, den Anflug der N467BD nicht zu verzögern.
- Die Flugverkehrsleiterin CAP leitete dies an den Flugverkehrsleiter APE weiter.
- Der N467BD wurde keine hohe Priorität eingeräumt.
- Gemäss Aufzeichnungen des PFD war auf dem EHSI während des gesamten Anfluges ein ILS *inbound course* von 015° anstatt 137° eingestellt.
- Eine Abschätzung zeigt, dass die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt rund 45 kg oder knapp 3 % über der gemäss AFM zulässigen Grenze lag.

- Das Flugzeug war mit einem CAPS ausgerüstet, welches nicht ausgelöst wurde.
- Die Alpennordseite verblieb ganztags unter weitgehend geschlossener Bewölkung. Der Flug erfolgte fast vollumfänglich in Wolken.
- Auf dem Flughafen Zürich herrschten Instrumentenwetterbedingungen.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass der Pilot während einer eng und in geringer Höhe über Grund geflogenen Kurve die Kontrolle über das Flugzeug verlor und dieses in der Folge auf dem Boden aufprallte.

Die folgenden Faktoren haben Voraussetzungen für den Unfall geschaffen oder dessen Entstehung begünstigt:

- Der Umgang des Piloten mit dem Ausfall eines teilredundanten Systems, der die Auswirkungen der Panne nicht verminderte, sondern verschärfte.
- Ein unzutreffendes Bewusstsein über die tatsächliche Situation, welches den Piloten zu einer zu optimistischen Angabe über seine Lage an die Flugverkehrsleitung veranlasste und ihn davon abhielt, eine Notlage zu erklären.
- Eine unzureichende Nutzung der vorhandenen Navigationshilfsmittel.
- Der Pilot führte für den Ausweichflugplatz Zürich keine Anflugkarten mit sich.
- Ein unzureichendes Verständnis innerhalb der Flugverkehrsleitung über die Bedeutung von Störungen und Notlagen bei durch einen einzelnen Piloten geflogenen einmotorigen Kleinflugzeugen in anspruchsvollen Wetterbedingungen.
- Die verhältnismässig lange Dauer zwischen dem Auftreten der Störung und dem Beginn des Anfluges.
- Der Entscheid des Piloten, der Flugverkehrsleitung eine hohe Anfluggeschwindigkeit anzubieten.
- Der Entscheid des Piloten, mit dem Flugzeug aus einer für eine Landung ungünstigen Ausgangslage in Instrumentenwetterbedingungen nach Sicht ein anspruchsvolles Manöver durchzuführen.
- Eine hohe Flugmasse.

Payerne, 2. Juli 2012

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle

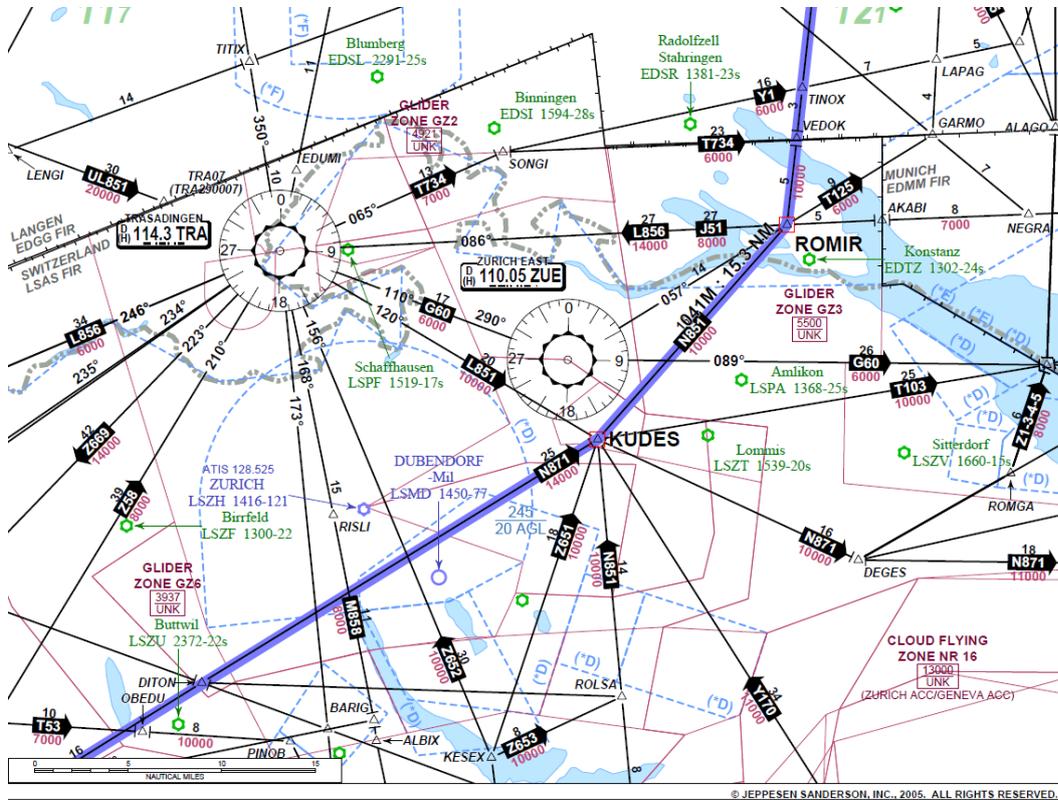
Dieser Schlussbericht wurde von der Geschäftsleitung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 3 Abs. 4g der Verordnung über die Organisation der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle vom 23. März 2011).

Bern, 9. August 2012

Anlagen

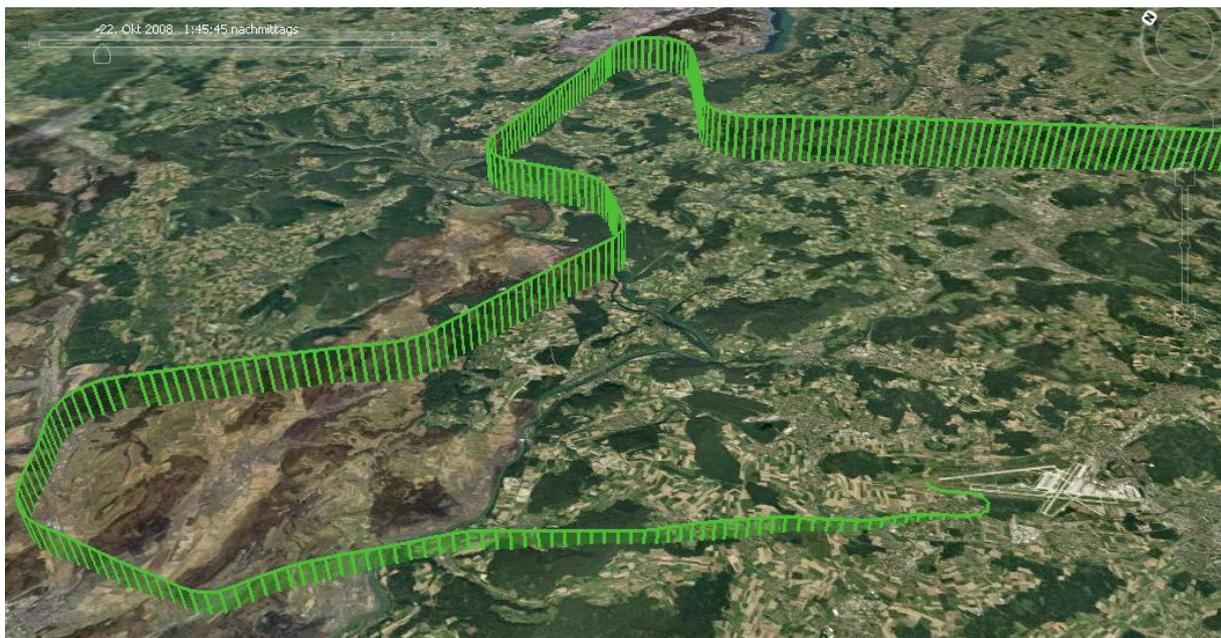
Anlage 1

Geplanter Flugweg südlich des Flughafens Zürich gemäss Flugplan



Anlage 2

Flugweg gemäss Aufzeichnung durch das PFD



Anlage 3

Primary Flight Display (PFD) Avidyne FlightMax Entegra (Musterbild aus Verkaufsbroschüre)

**Anlage 4**

Multifunction Flight Display (MFD) Avidyne EX5000C (Musterbild aus Verkaufsbroschüre)



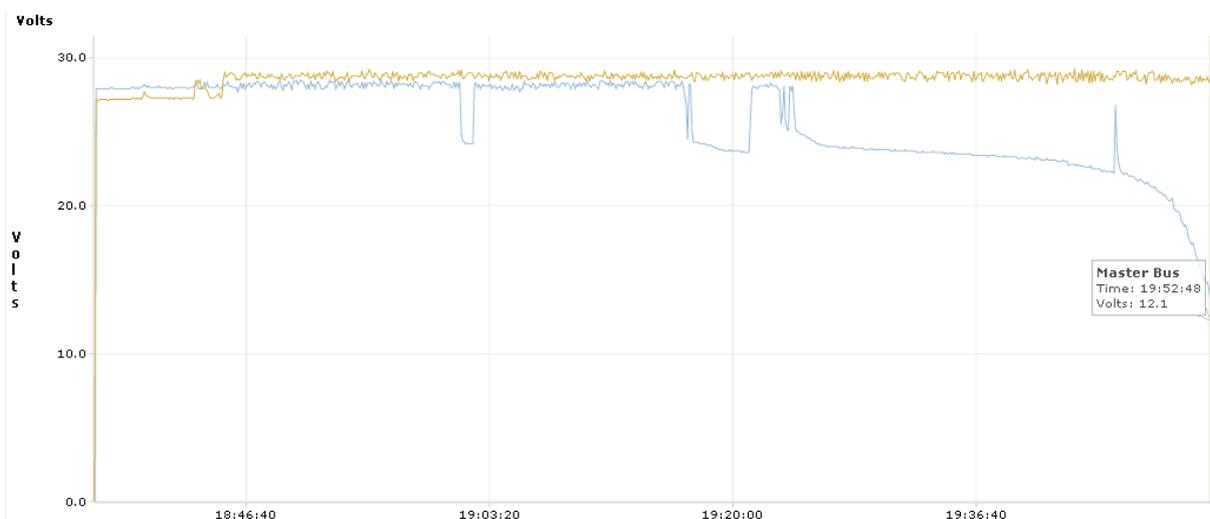
Anlage 5

MFD im CMax Approach Charts Mode (Musterbild aus Verkaufsbroschüre)



Anlage 6

Aufzeichnung der Spannung am *essential distribution bus* (braun, oben) und *main distribution bus* (blau, unten, bezeichnet als "Master Bus") durch das MFD. Die Zeiten am unteren Rand der Grafik entsprechen UTC + 6 h. Im Kästchen die letzte Aufzeichnung um 13:52:48 UTC, Spannung 12.1 Volt.

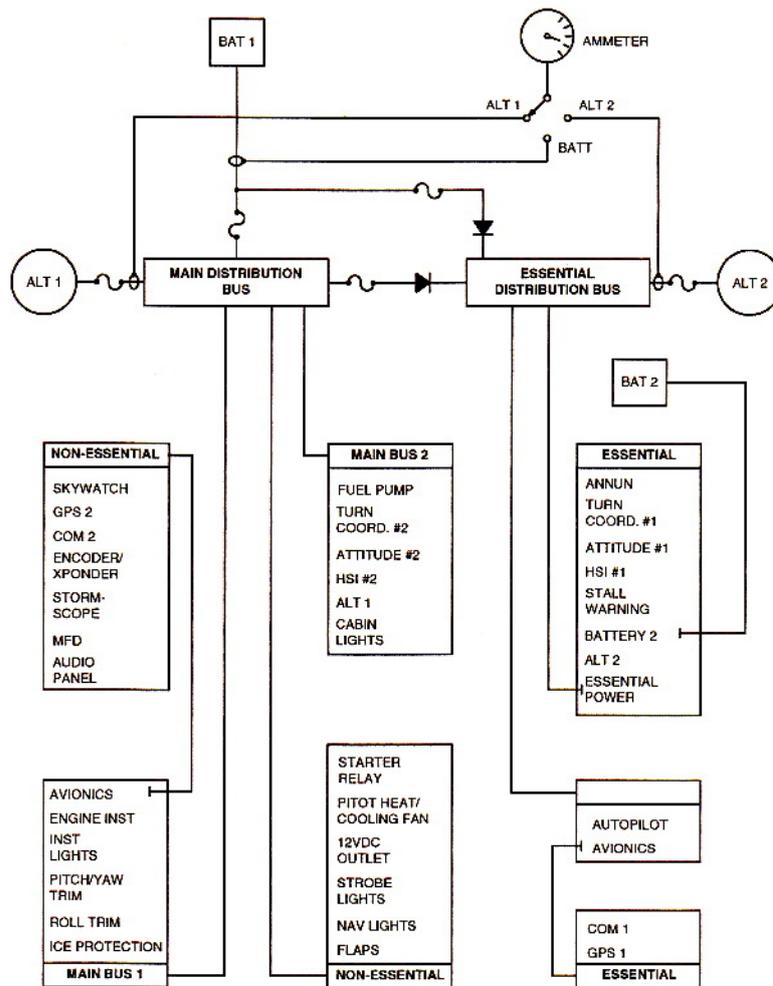


Anlage 7

Schematische Darstellung des elektrischen Systems gemäss AFM

Section 3
Emergency Procedures

Cirrus Design
SR22



SR22_FM03_1453A

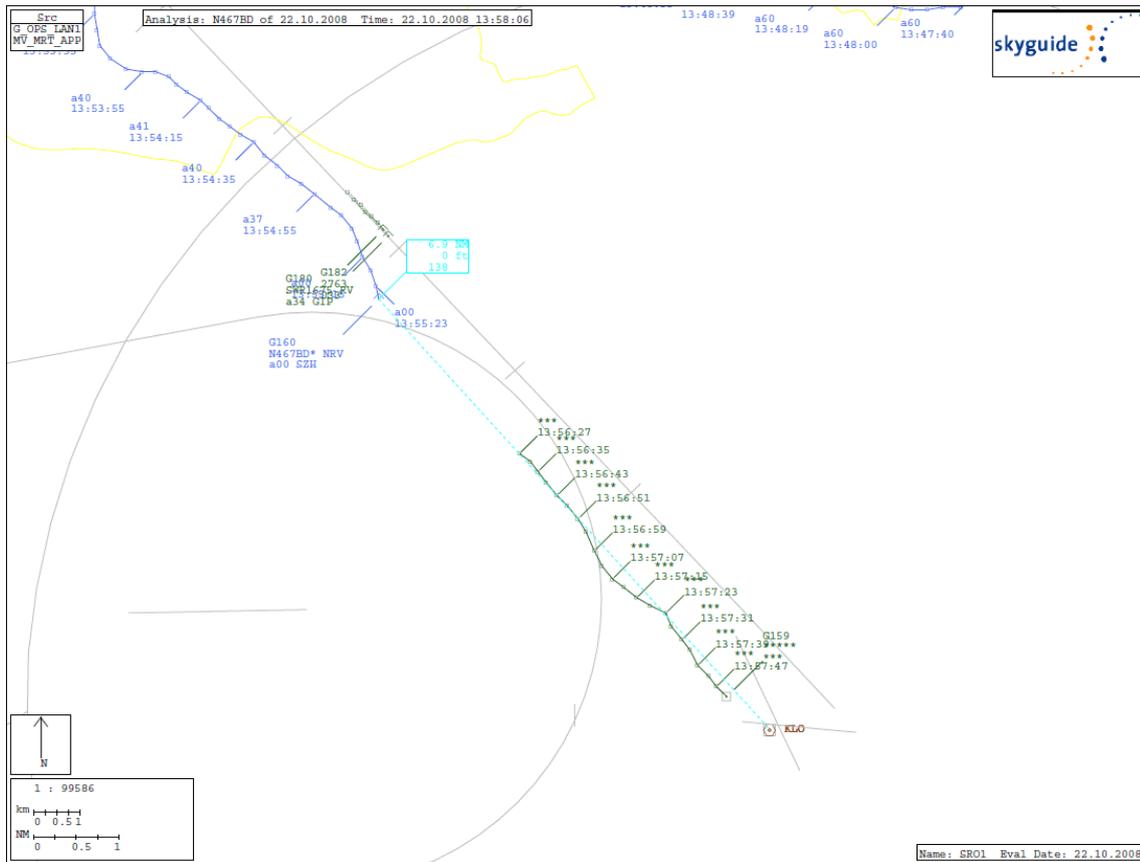
Figure 3-2
Electrical Power Distribution (Simplified)

3-26

P/N 13772-001
Revision A1

Anlage 8

Flugweg vor und nach Ausfall des Transponders gemäss Aufzeichnung durch skyguide



Anlage 9

Flugweg in der Endphase des Fluges gemäss PFD



Anlage 10

Übersicht Abrissgeschwindigkeiten gemäss AFM

Section 5
Performance Data

Cirrus Design
SR22

Stall Speeds

Conditions:

- Weight 3400 LB
- C.G. Noted
- Power..... Idle
- Bank Angle Noted

Example:

- Flaps Up (0%)
 - Bank Angle..... 15°
 - C.G..... Forward
-
- Stall Speed..... 71 KIAS | 70 KCAS

• Note •

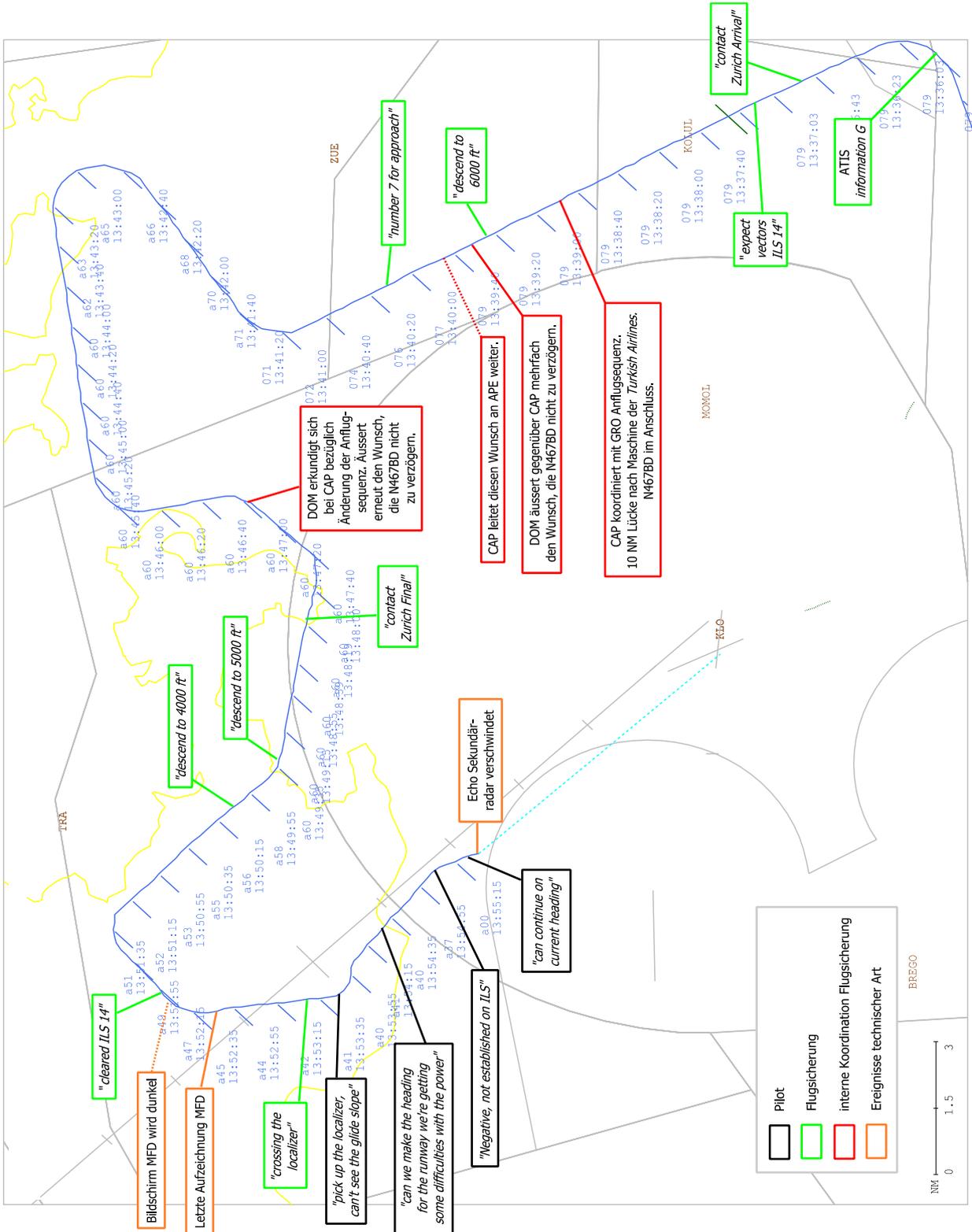
- Altitude loss during wings level stall may be 250 feet or more.
- KIAS values may not be accurate at stall.

Weight	Bank Angle	STALL SPEEDS					
		Flaps 0%Full Up		Flaps 50%		Flaps 100%Full Down	
		KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS
LB	Deg						
3400 Most FWD C.G.	0	70	69	67	64	59	59
	15	71	70	68	65	62	60
	30	75	74	72	69	66	64
	45	84	82	80	76	73	70
	60	99	97	95	90	87	84
3400 Most AFT C.G.	0	68	67	66	62	61	59
	15	69	68	67	63	62	60
	30	73	72	71	67	65	63
	45	81	79	78	74	72	70
	60	96	94	93	88	86	83

Figure 5-7

Anlage 11

Übersicht zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse I



Anlage 12

Übersicht zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse II

