



Schlussbericht des Büros für Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Flugzeuges Piper PA31-350 Navajo Chieftain Panther II, HB-LTC

vom 26. Mai 2000

Flughafen Zürich, Gemeinde Rümlang ZH

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

Die gültigen Formulierungen dieses Berichtes liegen in deutscher Sprache vor.

Causes

L'accident est imputable à une collision avec des obstacles après la panne des deux moteurs. Ces moteurs à pistons ont calé parce que l'appareil avait été par erreur avitaillé en kérosène JET A-1 et non en essence d'aviation AVGAS 100LL.

L'enquête a révélé les facteurs ci-après ayant causé l'accident:

- Un malentendu s'est produit lors de la commande de carburant.
- Le pompiste n'a pas reconnu les plaquettes distinctives dont était muni l'appareil.
- Le pompiste n'a pas remarqué que l'appareil était équipé de moteurs à pistons.
- Le pilote n'a pas reconnu l'inscription figurant sur le camion-citerne.
- Le pilote n'a pas remarqué l'erreur d'avitaillement en signant la quittance pour le carburant fourni.

Les facteurs ci-après ont rendu possible l'accident ou l'ont favorisé:

- L'embout du pistolet d'avitaillement avait un diamètre extérieur permettant d'avitailier l'appareil.
- La formation du personnel concerné d'avitaillement et son niveau de connaissance étaient insuffisants.
- L'Office fédéral de l'aviation civile n'avait jamais inspecté l'entreprise d'avitaillement avant l'accident.
- Avant l'accident, l'Office fédéral de l'aviation civile n'avait émis aucune prescription concernant la formation du personnel d'avitaillement, la dimension des tubes d'injection et des orifices d'avitaillement des avions ainsi que le marquage des pistolets d'avitaillement et des orifices de réservoirs.

Les éléments ci-après ont peut-être aggravé l'issue de l'accident:

- Le pilote a choisi de faire un virage qui l'a fait entrer en collision avec des obstacles.
- Le mécanisme de retenue des ceintures d'épaules n'a pas fonctionné.

Allgemeines	5
Kurzdarstellung	5
Untersuchung	5
1 Festgestellte Tatsachen	7
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf	7
1.1.1 Vorgeschichte	7
1.1.2 Flugverlauf	8
1.2 Personenschäden	10
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	10
1.4 Sachschaden Dritter	10
1.5 Beteiligte Personen	10
1.5.1 Pilot	10
1.5.1.1 Flugerfahrung	11
1.5.1.2 Fliegerische und persönliche Eigenschaften	11
1.5.2 Flugzeugtankwart B	11
1.5.3 Flugzeugtankwart C	12
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	12
1.7 Wetter	14
1.7.1 Allgemeine Wetterlage	14
1.7.2 Wetter am Unfallort und zur Unfallzeit	14
1.7.3 Flugplatzwettermeldung	14
1.7.4 Wetter gemäss Zeugenaussagen	15
1.8 Navigations-Bodenanlagen	15
1.9 Funkverkehr	15
1.10 Angaben zum Flughafen	15
1.10.1 Allgemeines	15
1.10.2 Pistenausrüstung	15
1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste	16
1.11 Flugschreiber	16
1.12 Informationen über das Wrack und die Unfallstelle	16
1.12.1 Unfallstelle	16
1.12.2 Wrack	16
1.13 Medizinische Feststellungen	17
1.14 Feuer	17
1.15 Überlebensmöglichkeiten	18
1.15.1 Rettungsmassnahmen	18
1.15.2 Verletzungsursachen	18
1.16 Besondere Untersuchungen	18
1.16.1 Flugweg	18
1.16.2 Treibstoffproben	19
1.16.2.1 Probe aus dem Hauptfilter des linken Treibstoffsystems	19
1.16.2.2 Proben aus den Treibstoffpumpen	19
1.16.3 Triebwerke	19
1.16.4 Instrumente	20
1.16.4.1 Drehzahlmesser	20
1.16.4.2 Mehrfachinstrument zur Triebwerksüberwachung	20

1.16.5	Sicherheitsgurtsystem	21
1.16.5.1	Untersuchung	21
1.16.5.2	Prüfung und Unterhalt	21
1.16.6	Bestimmung der Treibstoffqualität und Qualitätskennschilder	22
1.16.6.1	Allgemeines	22
1.16.6.2	Qualitätskennschilder am Flugzeug	23
1.16.7	Tanköffnungen	23
1.16.8	Betankungsausrüstung	24
1.16.8.1	Tankfahrzeug	24
1.16.8.2	Ausflussrohre	24
1.16.9	Betankungsvorgang	25
1.16.9.1	Allgemeines	25
1.16.9.2	Quittungen für den Treibstoffbezug der HB-LTC	25
1.16.10	Ausbildung des Betankungspersonals	26
1.17	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	26
1.17.1	Lemanair Executive SA	26
1.17.2	Jet Aviation Zürich AG	27
1.17.2.1	Betankungsdienst	27
1.17.2.2	Qualitätssicherung	27
1.17.3	Bundesamt für Zivilluftfahrt	27
1.17.3.1	Weisungen und Vorschriften	27
1.17.3.2	Inspektionen	28
1.17.3.3	Prüfung des Flugzeuges	28
1.18	Zusätzliche Informationen	28
1.18.1	Kapazität und Verwendung der Tankanlage der PA31-350	28
1.18.2	Äusserlich ähnliche Baumuster	29
2	Beurteilung	30
2.1	Technische Aspekte	30
2.1.1	Treibstoffgemisch und Ausfall der Triebwerke	30
2.1.2	Sicherheitsgurten	31
2.2	Risikofaktoren	31
2.2.1	Ausflussrohre	31
2.2.2	Ausbildung des Betankungspersonals	31
2.2.3	Qualitätssicherung und Inspektionen	32
2.3	Betriebliche Aspekte	32
2.3.1	Bestellung des Treibstoffes	32
2.3.2	Betankungsvorgang	32
2.3.3	Unfallflug	33
2.4	Zusammenfassung der Ereigniskette	35
3	Schlussfolgerungen	36
3.1	Befunde	36
3.2	Ursachen	39
4	Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	40
4.1	Sicherheitsempfehlungen	40
4.1.1	Vorschriften und Weisungen für die Betankung von Luftfahrzeugen	40
4.1.1.1	Sicherheitsdefizit	40
4.1.1.2	Sicherheitsempfehlung 2003-1	40
4.1.2	Harmonisierung von Betankungseinrichtungen und Bezeichnungssystemen	40
4.1.2.1	Sicherheitsdefizit	40
4.1.2.2	Sicherheitsempfehlung 2003-2	40

4.1.3	Verbesserung von Sicherheitsgurtsystemen	40
4.1.3.1	Sicherheitsdefizit	40
4.1.3.2	Sicherheitsempfehlung 2003-3	40
4.2	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	41
4.2.1	Jet Aviation Zürich AG	41
4.2.2	Bundesamt für Zivilluftfahrt	41

Anhänge 1-5

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Schlussbericht Nr. 1767

Eigentümer:	Debis Leasing AG, Wagistrasse 21, 8952 Schlieren ZH
Halter:	Lemanair Executive SA, route de l'Aéroport 5, 1215 Genève Aéroport
Luftfahrzeugmuster:	Piper PA31-350 Navajo Chieftain <i>modified to Panther II</i>
Nationalität:	Schweiz
Eintragungszeichen:	HB-LTC
Ort:	Flughafen Zürich, Gemeinde Rümlang ZH
Datum und Zeit:	26. Mai 2000, 20:23 Uhr ¹

Allgemeines

Kurzdarstellung

Das Flugzeug PA31-350 Navajo Chieftain Panther II, HB-LTC traf am Freitag, dem 26. Mai 2000 um 19:10 Uhr, mit sieben Passagieren an Bord, von Béziers (F) her kommend in Zürich ein. Anschliessend wurde die Maschine fälschlicherweise mit 100 l Flugpetrol (JET A-1) statt mit Flugbenzin (*aviation gasoline* – AVGAS) betankt. Der Pilot startete um 20:21 Uhr allein an Bord auf der Piste 28 des Flughafens Zürich, um nach Genf zurückzufliegen. Kurz nach dem Abheben versagten beide Triebwerke und die Maschine stürzte beim Versuch einer Umkehrkurve ab. Der Pilot erlitt tödliche Verletzungen und das Luftfahrzeug wurde zerstört.

Untersuchung

Der Unfall ereignete sich am 26. Mai 2000 um 20:23 Uhr. Die Schweizerische Rettungsflugwacht (REGA) alarmierte das Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU) um 20:30 Uhr. Die Untersuchung wurde am 26. Mai 2000 um ca. 22:00 Uhr an der Unfallstelle in Zusammenarbeit mit den Rettungskräften und der Kantonspolizei Zürich eröffnet.

¹ Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders angegeben, sind Lokalzeiten und entsprechen Mitteleuropäischer Sommerzeit MESZ (UTC + 2 h)

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Bei der Bestellung des Treibstoffes trat ein Missverständnis auf.
- Der betreffende Tankwart erkannte die am Flugzeug angebrachten Qualitätskennschilder nicht.
- Der betreffende Tankwart bemerkte nicht, dass das Flugzeug mit Kolbenmotoren ausgerüstet war.
- Der Pilot erkannte die Qualitätskennschilder des Tankfahrzeuges nicht.
- Der Pilot bemerkte die Fehlbetankung auf der Quittung für den Treibstoffbezug nicht.

Folgende Faktoren haben die Entstehung des Unfalls ermöglicht bzw. begünstigt:

- Das Ausflussrohr der Zapfpistole wies einen Aussendurchmesser auf, der eine Betankung des Unfallflugzeuges zuließ.
- Der Ausbildungs- bzw. der Kenntnisstand des betreffenden Betankungspersonals war ungenügend.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat den Betankungsbetrieb vor dem Unfall nie inspiziert.
- Bis zum Unfallzeitpunkt hatte das Bundesamt für Zivilluftfahrt keine Vorschriften bezüglich Ausbildung von Betankungspersonal, Dimension von Ausflussrohren bzw. Tanköffnungen von Luftfahrzeugen sowie über die Kennzeichnung von Zapfpistolen und Tanköffnungen erlassen.

Die folgenden Punkte haben den Ausgang des Unfalls möglicherweise verschärft:

- Der Pilot entschied sich zu einer Umkehrkurve, die ihn auf Kollisionskurs mit Hindernissen brachte.
- Der Rückhaltemechanismus des Schultergurtes funktionierte nicht.

Im Rahmen der Untersuchung wurden drei Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

1 Festgestellte Tatsachen

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Vorgeschichte

Das Flugzeug HB-LTC war am 25. und 26. Mai 2000 für einen gewerbsmässigen Flug von Zürich nach Béziers (F) und zurück eingesetzt. Zu diesem Zweck führte der Pilot am 24. Mai 2000 einen Leerflug von Genf nach Zürich durch. Die folgenden Ereignisse wurden anhand von Aufzeichnungen des Funkverkehrs sowie mit Hilfe von Zeugenaussagen rekonstruiert.

Am 25. Mai 2000 um ca. 07:20 Uhr bestellte der Pilot telefonisch den Betankungsdienst der Jet Aviation Zürich AG. Gemäss Aussagen des betreffenden Flugzeugtankwartes A verlangte der Pilot am Telefon, dass die Maschine mit Flugbenzin (*aviation gasoline* – AVGAS) für einen Flug nach Frankreich vollgetankt werde. Als Flugzeugtankwart A mit dem Tankfahrzeug beim Flugzeug eintraf, war der Pilot anwesend. Der Flugzeugtankwart sah die *winglets*² der HB-LTC und fragte den Piloten, ob die Maschine modifiziert sei und deshalb Flugpetrol benötige. Noch bevor der Pilot antworten konnte, erkannte der Flugzeugtankwart an den eckigen Motorverschalungen, dass die Maschine mit Kolbenmotoren ausgerüstet war. Der Pilot bestätigte, dass die HB-LTC modifiziert worden sei, wies aber darauf hin, dass diese Änderung nur die Zelle umfasst habe und die Maschine nicht auf Propellerturbinenantrieb umgerüstet worden sei.

Der Flugzeugtankwart A füllte daraufhin die vier Treibstoffbehälter der HB-LTC mit 372 l AVGAS 100LL (*low lead*). Das Flugzeug war damit vollgetankt und verfügte zu diesem Zeitpunkt über 726 l Treibstoff.

Flugzeugtankwart A gab später zu Protokoll, dass er weder auf dem Flügel noch auf den Tankverschlüssen Markierungen bemerkt habe, welche die für dieses Flugzeug zugelassenen Treibstoffsorten beschrieben.

Während des Betankungsvorganges, der um ca. 07:30 Uhr beendet war, befand sich der Pilot im Cockpit. Niemand beobachtete, dass er nach der Betankung eine Benzinprobe (*draining*) aus den Tanks entnahm.

Die sieben Passagiere für den Flug nach Béziers (F) trafen am 25. Mai 2000 ungefähr um acht Uhr morgens im *General Aviation Center* (GAC) auf dem Flughafen Zürich ein. Um 08:18:42 Uhr erhielt der Pilot von der Vorfeldkontrolle (*Zurich Apron* – ZRH APR) die Erlaubnis zum Anlassen der Triebwerke (*start-up clearance*) und um 08:26:25 Uhr meldete er sich zum Rollen bereit. Die Rollfreigabe wurde unverzüglich erteilt und die Maschine rollte zum Haltepunkt der Piste 28. Mehrere Passagiere erklärten später, dass der Pilot während der folgenden Wartezeit die Motoren abgebremst und geprüft habe. Um 08:32:01 Uhr bezeichnete sich die HB-LTC bei der Platzverkehrsleitstelle (*Zurich Tower* – ZRH TWR) als zum Abflug bereit. Die Maschine wurde in den Verkehr eingereiht und erhielt die Starterlaubnis um 08:45:27 Uhr. Rund zwei Stunden später landete das Flugzeug in Béziers (F).

² *winglets*: kleine Endscheiben an den Flügelspitzen, Flügelohren

Am 26. Mai 2000 zwischen 15:35 und 15:45 Uhr wurde die HB-LTC in Béziers mit 107 l AVGAS 100LL betankt. Anschliessend flog das Flugzeug mit den selben Passagieren von Béziers (F) zurück nach Zürich, wo es um 19:10 Uhr landete.

1.1.2 Flugverlauf

Vor dem Flug zurück nach Genf entschloss sich der Pilot offenbar, nochmals eine Betankung vorzunehmen. Gemäss den Aussagen von Flugzeugtankwart B bestellte der Pilot telefonisch um ca. 19:45 Uhr „Kraftstoff JET-A1“.

Die beim Betankungsdienst der Jet Aviation Zürich AG ankommenden und abgehenden telefonischen Verbindungen wurden im Gegensatz zu den Telefongesprächen der Flugverkehrsleitstellen auf dem Flughafen Zürich nicht aufgezeichnet. Deshalb konnte der genaue Wortlaut der Treibstoffbestellung des Piloten nicht mit Sicherheit ermittelt werden.

Flugzeugtankwart B gab den Auftrag anschliessend per Funk an seinen Kollegen, Flugzeugtankwart C, weiter. Ein dritter Flugzeugtankwart D hörte am Funk, wie Flugzeugtankwart B an Flugzeugtankwart C die Anweisung gab, das Flugzeug HB-LTC mit Treibstoff JET A-1 zu betanken. Daraufhin fuhr Flugzeugtankwart C mit dem Tankfahrzeug FL 7 zur HB-LTC, die im Sektor 1 des GAC parkiert war. Gemäss seinen Aussagen stellte er das Tankfahrzeug mit seiner rechten Seite so vor die Maschine, dass er mit dem auf dieser Seite angebrachten Schlauch die Einfüllstutzen beider Flügel erreichen konnte.

Dann begann Flugzeugtankwart C noch beim Tankfahrzeug den Lieferschein auszufüllen, während der Pilot zu ihm kam und ihm die gewünschte Treibstoffmenge auf Englisch angab. Der Pilot übergab ihm eine Kreditkarte und Flugzeugtankwart C erklärte ihm daraufhin, dass er nach dem Tanken die Abbuchung im Büro vornehmen müsse. Der Pilot bemerkte, dass er über einen *slot*³ verfüge. Flugzeugtankwart C gab später zu Protokoll, er habe dies so verstanden, dass der Pilot nicht viel Zeit habe. Der Flugzeugtankwart entgegnete dem Piloten, dass er nur zwei oder drei Minuten zusätzlich benötigen werde.

Weil es kurz vor der Betankung zu regnen begonnen hatte, zog sich der Pilot offenbar nach seinem Gespräch mit Flugzeugtankwart C ins Innere des Flugzeuges zurück. Gemäss seiner Lebenspartnerin hat der Pilot mit ihr während dieser Phase ein kurzes Gespräch von seinem Mobiltelefon aus geführt. Wie die Untersuchung ergab, hat diese Telefonverbindung zwischen 19:50:06 und 19:51:28 Uhr stattgefunden.

In der Zwischenzeit hatte Flugzeugtankwart C die HB-LTC mit dem Tankfahrzeug leitend verbunden und füllte dann in beide Haupttanks (*inboard main cells*) je 50 l Flugpetrol JET A-1. Der Flugzeugtankwart sagte später aus, dass er weder auf den Tankverschlüssen noch in der Umgebung der Tanköffnungen Markierungen oder Beschriftungen bemerkt habe, welche die für dieses Flugzeug zugelassenen Treibstoffsorten beschrieben.

³ *slot*: Zeitfenster einer Flugverkehrsleitstelle für den Abflug, Anflug oder das Befliegen einer Luftstrasse

Anschliessend fuhr er mit dem Tankfahrzeug zum Büro, buchte die Kreditkarte ab und brachte diese sowie die Quittung und den Lieferschein wieder zum Flugzeug zurück. Dort legte er dem Piloten die Abbuchungsquittung und den Lieferschein zur Unterschrift vor. Während dieses Vorgangs fragte der Flugzeugtankwart den Piloten, um welches Baumuster es sich bei der HB-LTC handle. Der Pilot antwortete, dass sein Flugzeug eine modifizierte PA31 sei. Der Flugzeugtankwart hat daraufhin „PA31“ auf dem Lieferschein eingetragen und dem Piloten anschliessend einen Durchschlag dieses Papiers abgegeben.

Um 20:08:44 Uhr nahm der Pilot mit der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Clearance Delivery* (ZRH CLD) Funkkontakt auf und erhielt die Abflugfreigabe mit der Anweisung, für die Anlassfreigabe auf die Frequenz von ZRH APR zu wechseln. Die Vorfeldkontrolle erteilte der HB-LTC um 20:10:00 Uhr die *start-up clearance*. Drei Minuten und 50 Sekunden später verlangte der Pilot die Rollfreigabe und wurde daraufhin angewiesen, zum Haltepunkt der Piste 28 zu rollen. Nach der Übergabe an ZRH TWR um 20:15:02 Uhr meldete sich der Pilot um 20:17:30 Uhr für den Start bereit. Kurze Zeit später konnte er auf die Piste 28 eindrehen und um 20:20:58 Uhr erteilte ihm ZRH TWR die Starterlaubnis.

Gemäss Zeugenaussagen hob die HB-LTC normal ab und ging in einen Steigflug über. In der Region des Pistenkreuzes 28/16 und einer Höhe von ca. 50 m AGL⁴ hörte das Flugzeug auf zu steigen, flog kurz horizontal und begann leicht abzusinken. Gleichzeitig leitete die HB-LTC eine leichte Rechtskurve ein und überflog den Wald nördlich der Piste 28. Der diensthabende *aerodrome controller*⁵ (ADC) fragte aufgrund dieses ungewöhnlichen Flugverlaufes den Piloten um 20:22:08 Uhr, ob alles normal verlaufe: „*Tango Charlie, normal operations?*“ Der Pilot verneinte dies: „*(Ne)gative, Hotel Tango Charlie!*“

In dieser Phase begann die Maschine eine Linkskurve mit grosser Querlage und Zeugen beobachteten, wie das Fahrwerk ausgefahren wurde. Um 20:22:21 Uhr erklärte der Pilot mit dem Funkspruch „*Mayday, Mayday, Mayday, Hotel Tango Charlie*“, dass er sich in einer Notlage befinde. Während der ersten 90° der Kurve sank die HB-LTC nur wenig ab. Nach dem Kreuzen der verlängerten Achse von Piste 28 verlor das Flugzeug in der engen Linkskurve zunehmend an Höhe. Als die Maschine die Umkehrkurve annähernd beendet hatte, verringerte sich ihre Querlage wieder. Auf einer Höhe von ungefähr 10 m AGL kollidierte die HB-LTC mit den Bäumen eines kleinen Wäldchens. Das Flugzeug durchquerte das Gehölz und kam auf dem Rücken im Fluss „Glatt“ zu liegen. Beim Absturz wurde der Pilot tödlich verletzt.

Koordinaten der Endlage des Wracks: 682 700/256 700, Höhe 420 m/M entsprechend 1378 ft AMSL⁶.

Landeskarte der Schweiz 1:25000, Blatt Nr. 1071, Bülach

⁴ m AGL – *meter above ground level*: Höhe in Meter über Grund

⁵ Flugverkehrsleiter der Platzverkehrsleitstelle TWR

⁶ ft AMSL – *feet above mean sea level*: Höhe in Fuss über dem mittleren Meeresspiegel

1.2 Personenschäden

	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
Tödlich verletzt	1	-	-
Erheblich verletzt	-	-	-
Leicht oder nicht verletzt	-	-	-

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde zerstört.

1.4 Sachschaden Dritter

Es entstand Land- und Flurschaden. Zum Schutz der „Glatt“ wurden unterhalb der Unfallstelle Ölsperren errichtet. Gemäss Angaben des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich kann die entstandene Gewässerverschmutzung als gering bezeichnet werden.

1.5 Beteiligte Personen

1.5.1 Pilot

Person:	+Schweizerischer Staatsbürger, Jahrgang 1957
Lizenzen:	Berufspilotenausweis, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt, gültig bis 22.10.2000 <i>Commercial Pilot Licence for multiengine airplane land and instrument airplane</i> , ausgestellt durch die Federal Aviation Administration (FAA) der Vereinigten Staaten von Amerika
Berechtigungen:	Einmotorige und mehrmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor(en), geflogen durch einen Piloten und einer höchstzulässigen Abflugmasse von 5700 kg, ausgerüstet mit Landeklappen, Verstellpropeller und Einziehfahrwerk. Musterberechtigung für Piper PA31/42, erworben anlässlich des IFR-Checks vom 24.5.00, gültig bis 24.5.01
Erweiterungen	Nachtflug, Internationaler Radiotelefonieausweis für Sichtflugregeln (VFR)
Letzter <i>IFR</i> ⁷ -check:	24.5.00, gültig bis 24.5.01

⁷ IFR – *instrument flight rules*: Instrumentenflugregeln

Letzte Fliegerärztliche Untersuchung: 12.4.2000, Befund: Tauglich ohne Einschränkungen

Sprachen Französisch: Muttersprache

Englisch: Mündlich und schriftlich gute Kenntnisse

Deutsch: Schulkenntnisse

1.5.1.1 Flugerfahrung

Gesamt: Ca. 1119 h

Auf dem Unfallmuster: Ca. 9 h

In den letzten 180 Tagen: Ca. 39 h, davon ca. 9 h auf dem Unfallmuster

Beginn der fliegerischen Ausbildung: 1985

1.5.1.2 Fliegerische und persönliche Eigenschaften

Der Pilot wurde von Bekannten und Passagieren als seriös, zuverlässig und korrekt beschrieben. Seine fliegerischen Leistungen anlässlich des *IFR-checks* vom 24.5.00 wurden vom entsprechenden Experten auf einer Skala von 1 – 4⁸ mit der Note 2+ als „*marginal plus*“ (Schwach Plus) bezeichnet.

1.5.2 Flugzeugtankwart B

Person: Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1955

Berufserfahrung: Seit 1990 bei Jet Aviation als Flugzeugtankwart angestellt.

Fliegerische Ausweise: keine

Sprachen: Deutsch: Muttersprache

Englisch: Schulkenntnisse

Französisch: keine Kenntnisse

⁸ Notensystem: 1 = *not qualified* – nicht bestanden, 2 = *marginal* - schwach, 3 = *standard* - durchschnittlich, 4 = *high standard* – überdurchschnittlich.

1.5.3 Flugzeugtankwart C

Person:	Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1957
Berufserfahrung:	Zwei Jahre Dienst als Zeitsoldat der Deutschen Bundeswehr, verantwortlich für die Betankung von Helikoptern einer Heeresfliegerstaffel. Seit 1990 bei Jet Aviation als Flugzeugtankwart angestellt.
Fliegerische Ausweise:	keine
Sprachen:	Deutsch: Muttersprache Englisch: Mündlich gute Kenntnisse Französisch: Mündlich gute Kenntnisse

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

Hersteller:	New Piper Aircraft Corporation
Luftfahrzeugmuster:	PA31-350 Navajo Chieftain <i>modified to Panther II</i>
Charakteristik:	Zweimotoriger, freitragender Tiefdecker in Ganzmetallbauweise, mit Einziehfahrwerk in Bugradanordnung. Das Cockpit verfügte über 2 Sitzplätze und die Passagierkabine wies sechs Sitzplätze auf.
Werknummer:	31-7952003
Baujahr	1979
Export-Lufttüchtigkeitszeugnis:	E361826, ausgestellt durch die Federal Aviation Administration (FAA)
Lufttüchtigkeitszeugnis:	Ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 24.5.2000, gültig bis auf Widerruf
Eintragungszeugnis:	Ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 28.3.2000
Zulassungsbereich:	Technische Einsatzarten: VFR bei Tag, VFR bei Nacht, IFR; B-RNAV ⁹

⁹ B-RNAV – *basic area navigation*: Flächennavigation – eine Methode der Navigation, welche die Führung eines Luftfahrzeuges auf jedem beliebigen Flugweg erlaubt, vorausgesetzt, dieser befindet sich innerhalb der Reichweite von bodengestützten Navigationshilfen bzw. die bordeigenen Systeme sind in der Lage, ständig eine hinreichend genaue Positionsbestimmung zu liefern.

Triebwerk links:	Textron Lycoming Division, luftgekühlter, aufgeladener Kolbenmotor mit sechs Zylindern in Boxeranordnung, Baumuster TIO-540-J2BD, Werknummer L-8550-61A
Triebwerk rechts:	Textron Lycoming Division, luftgekühlter, aufgeladener Kolbenmotor mit sechs Zylindern in Boxeranordnung, Baumuster LTIO-540-J2BD, Werknummer L-1726-68A
Propeller links:	Hartzell, Propeller mit konstanter Drehzahl, hydraulisch betätigt, Baumuster HC-C4YR-2/FC 7663DB-6Q, Werknummer FH 740, Baujahr 1995
Propeller rechts:	Hartzell, Propeller mit konstanter Drehzahl, hydraulisch betätigt, Baumuster HC-C4YR-2L/FJC 7663DB-6Q, Werknummer FH 718, Baujahr 1994
Betriebsstunden:	Ca. 8387:30 h
Unterhalt:	Am 10.5.00 wurde bei 8380:48 Betriebsstunden eine 100 h Kontrolle durchgeführt.
Prüfungen:	Da das Flugzeug aus den Vereinigten Staaten importiert und neu in der Schweiz in Verkehr gesetzt wurde, führte das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 8. März 2000 und am 15. Mai 2000 zwei technische Prüfungen der HB-LTC durch. Die dabei festgestellten Beanstandungen wurden gemäss Wartungsaufzeichnungen vor dem Unfall behoben. Das Sicherheitsgurtsystem wurde vom BAZL nicht bemängelt.
Flugzeitreserve:	Die Maschine wurde am 25. Mai 2000 in Zürich vollgetankt. Für den Flug nach Béziers verbrauchten die Triebwerke gemäss Luftfahrzeug-Flughandbuch (<i>aeroplane flight manual</i> – AFM) ca. 305 l Treibstoff. Am 26. Mai 2000 wurden in Béziers 107 l AVGAS 100LL getankt. Für den Rückflug nach Zürich kann der gleiche Verbrauch wie für den Hinflug angenommen werden. Somit befanden sich vor dem Abflug nach Genf noch ca. 220 l AVGAS 100LL in den Tanks, was einer Flugzeitreserve von ca. 1:40 h entspricht.
Masse und Schwerpunkt:	Die höchstzulässige Abflugmasse des Flugzeuges betrug 3342 kg. Mit einer Person und ca. 320 l Treibstoff an Bord befanden sich Masse und Schwerpunkt innerhalb der zulässigen Grenzen.

1.7 Wetter

1.7.1 Allgemeine Wetterlage

Zwischen einem schwachen Hoch mit Zentrum über Polen und einer Tiefdruckrinne, die sich von der Biskaya über die Britischen Inseln bis nach Skandinavien erstreckt, fließt zunehmend feuchtere Luft von Südwesten her gegen die Alpen. Das Zentrum des Sekundärtiefs liegt über dem Ärmelkanal. Die Schweiz liegt zur Unfallzeit im Warmsektor der mit diesem Tief verbundenen Polarfrontwelle.

1.7.2 Wetter am Unfallort und zur Unfallzeit

Wetter/Wolken: 1 – 2/8 Basis um 5500 ft AMSL, 3 – 4/8 Basis um 7500 ft AMSL, 5 – 7/8 Basis um 9500 ft AMSL, Schwache Regenschauer

Sicht: 10 km

Wind: Am Boden aus 230° mit 5 kt
Auf 1700 ft AMSL aus 230° mit 8 kt
Auf 2100 ft AMSL aus 200° mit 6 kt

Temperatur/Taupunkt: 21 °C/15 °C

Luftdruck: QNH 1013 hPa

Gefahren: keine

Sonnenstand: Azimut: 295° Höhe: 17°

1.7.3 Flugplatzwettermeldung

Zum Unfallzeitpunkt war die folgende METAR (Flugplatzwettermeldung) gültig:

261820Z 23005KT 9999 –SHRA FEW040 SCT060 BKN080 21/15 Q1013 TEMPO NSW

Im Klartext bedeutet dies: Am 26. Mai 2000 um 18:20 UTC = 20:20 Uhr Lokalzeit wurden auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind: Aus Richtung 230° mit 5 Knoten Geschwindigkeit

Meteorologische Sicht: über 10 km

Niederschläge: schwache Regenschauer

Bewölkung: 1-2/8 auf 4000 Fuss über Flugplatzhöhe

3-4/8 auf 6000 Fuss über Flugplatzhöhe

5-7/8 auf 8000 Fuss über Flugplatzhöhe

Temperatur: 21 °C

Taupunkt:	15 °C
Luftdruck:	1013 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Landewetterprognose:	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, ist zu erwarten, dass während einer gewissen Zeit keine bedeutsamen Wettererscheinungen auftreten. Die gesamte Zeit dieser Änderung wird voraussichtlich weniger als die Dauer einer Stunde betragen.

1.7.4 Wetter gemäss Zeugenaussagen

Während der Betankung der HB-LTC am 26. Mai 2000, die mit grosser Wahrscheinlichkeit zwischen 19:45 und 20:00 Uhr stattgefunden hat, regnete es gemäss mehrerer Zeugen schauerartig bis stark.

1.8 Navigations-Bodenanlagen

Nicht betroffen.

1.9 Funkverkehr

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

1.10 Angaben zum Flughafen

1.10.1 Allgemeines

Der Flughafen UNIQUE Zurich Airport verfügt über drei Pisten:

Piste 16/34	Abmessungen 3700 x 60 m Höhe der Pistenschwellen 1390 ft/1386 ft AMSL
Piste 14/32	Abmessungen 3300 x 60 m Höhe der Pistenschwellen 1402 ft/1402 ft AMSL
Piste 10/28	Abmessungen 2500 x 60 m Höhe der Pistenschwellen 1391 ft/1416 ft AMSL

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

1.10.2 Pistenausrüstung

Die Pisten 14 und 16 sind für Präzisionsanflüge CAT III B zugelassen.

Alle übrigen Pisten sind nicht für Präzisionsanflüge ausgerüstet.

1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste

Die Flughafenfeuerwehr erfüllt die Kategorie 9.

1.11 Flugschreiber

Nicht vorgeschrieben, nicht eingebaut.

1.12 Informationen über das Wrack und die Unfallstelle

1.12.1 Unfallstelle

Das Flugzeugwrack lag mit der Unterseite nach oben im Fluss „Glatt“. Aus der Trümmerlage zeigte sich, dass das Flugzeug als erstes auf der Nordwestseite des dortigen Waldstückes einige Meter über dem Boden mit den Bäumen kollidiert war. Dabei waren Teile der linken Tragfläche in einer Tanne und ein Teil der rechten Tragfläche in den Ästen eines Nussbaumes hängen geblieben. Abgeknickte Baumwipfel und gebrochenes Geäst konnten bis zum linken Uferweg beobachtet werden. Die meisten Trümmerteile lagen verstreut im Bereich der Einflugschneise auf dem Waldboden.

Das Verformungsbild der Propeller wies darauf hin, dass beide Triebwerke standen oder nur mit geringer Drehzahl liefen, als die Propellerblätter mit den Hindernissen der Absturzschneise in Berührung kamen.

Das Fahrwerk war ausgefahren.

1.12.2 Wrack

Das Wrack wurde nach der Bergung auf den Flughafen Zürich transportiert und eingehend untersucht. Dabei wurden u. a. die folgenden Feststellungen gemacht:

- Alle auftriebserzeugenden Flächen und Steuerorgane waren vorhanden.
- Eine visuelle Kontrolle der Steuersäulen, Seitensteuerpedale, Umlenkrollen, Steuerseile und Spannschlösser ergab keinen Hinweis auf eine Fehlfunktion der Steuerorgane.
- Ungefähr 20 cm von den Einfüllöffnungen der *inboard main cells* entfernt, fanden sich ockerfarbige Qualitätskennschilder, auf denen mit schwarzer Schrift „CAUTION USE 100/130 GRADE FUEL OR HIGHER ONLY“ stand (vgl. Bild im Anhang 2).
- Aus dem Hauptfilter des linken Treibstoffsystems sowie aus den elektrischen Pumpen des linken bzw. des rechten Systems konnte Treibstoff entnommen werden.
- Beide Tankwählventile standen auf der Position „INBD TANK ON“ – *inboard tank on*. Diese Ventilstellung verbindet die näher beim Rumpf liegenden Treibstoffbehälter im Flügel (*inboard main cells*) mit den jeweiligen Triebwerken.

- Das Kreuzschaltventil (*crossfeed valve*), welches die beiden Treibstoffsysteme verbindet, war geschlossen und das linke Treibstoffsystem somit vom rechten getrennt.
- Die Vorratsanzeigen der *inboard main cells* standen beide zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ voll.
- Die Leistungshebel beider Triebwerke befanden sich annähernd in der vordersten Lage, d.h. in der Position für maximalen Ladedruck.
- Beide Propellerverstellhebel standen vorne an derjenigen Position, welcher einer maximalen Drehzahl bzw. tendenziell einer geringen Propellerblattsteigung entspricht.
- Die Gemischverstellhebel beider Motoren wurden in der Stellung „voll reich“ vorgefunden.
- Die vier Zündmagnete der beiden Triebwerke waren eingeschaltet.
- Die elektrischen Pumpen beider Treibstoffsysteme waren eingeschaltet.
- Eine Zündkerze wies eine abgebrochene Elektrode auf. Mehrere Zündkerzen waren verrusst.
- Die Kühlluftklappen (*cowl flaps*) des linken Triebwerkes waren geschlossen. Die Position der *cowl flaps* des rechten Motors konnte nicht bestimmt werden.

1.13 Medizinische Feststellungen

Die Leiche des Piloten wurde im Institut für Rechtsmedizin der Universität Zürich einer Obduktion unterzogen, welche auch chemisch-toxikologische Untersuchungen umfassten. Die entsprechenden Gutachten halten fest:

„Die Befunde der Obduktion zeigen, dass der 43jährige Pilot (Name des Piloten) an den direkten Folgen des Flugunfalls gestorben ist. Todesursächlich liegt ein Herzversagen zufolge der traumatischen Dissektion des vorderen Zwischenkammerastes der linken Kranzarterie vor. Unfallrelevante vorbestehende Erkrankungen der inneren Organe waren nicht nachzuweisen.“

„Unsere bisher durchgeführten chemisch-toxikologischen Untersuchungen haben keine körperfremden Stoffe aufgedeckt, welche im Zeitpunkt des Ereignisses einen negativen Einfluss auf die geistigen und/oder körperlichen Funktionen von (Name des Piloten) ausgeübt hätten.“

1.14 Feuer

Beim Aufprall der Maschine wurde Treibstoff versprüht und entzündete sich. Das Feuer konzentrierte sich vor allem auf die aus der „Glatt“ ragenden Teile des Flugzeuges sowie auf die Treibstoff- und Öllachen, die auf der Wasseroberfläche trieben. Die Flughafenfeuerwehr löschte den Brand nach wenigen Minuten.

1.15 Überlebensmöglichkeiten

1.15.1 Rettungsmassnahmen

Die Alarmierung der Flughafenfeuerwehr durch den *aerodrome controller* (ADC) erfolgte ohne Verzug und die Rettungskräfte waren nach kurzer Zeit am Unfallort. Nach der Bekämpfung des Aufschlagbrandes wurde eine Öffnung in das Wrack geschnitten, weil der Zugang ins Innere des Flugzeuges über Türen, Notausstiege oder Fenster nicht möglich war.

Die Wassertiefe der „Glatt“ betrug an der Unfallstelle zwischen 70 und 100 cm. Deshalb war der Innenraum der Maschine nicht vollständig geflutet. Die Rettungskräfte fanden die Leiche des Piloten im hinteren Teil des Flugzeuges. Dies deutet darauf hin, dass sich der Pilot nach dem Aufprall noch aus dem Cockpit entfernen konnte.

Der Notsender (*emergency location transmitter* - ELT) wurde durch den Aufprall ausgelöst und hat funktioniert.

1.15.2 Verletzungsursachen

Da die Maschine über eine Strecke von ca. 50 m abgebremst wurde, lagen die resultierenden Verzögerungen in einem Bereich, der grundsätzlich überlebbar gewesen wäre. Das Sicherheitsgurtsystem, bestehend aus einem Becken- sowie einem Schultergurt wurde vom Piloten getragen (vgl. auch Kap. 1.16.5). Der Arretierungsmechanismus des Schultergurtes funktionierte aber nicht, so dass der Oberkörper des Piloten durch den Verzögerungsvorgang gegen das Steuerhorn geschleudert wurde. Die anlässlich der Obduktion festgestellte traumatische Dissektion (Abtrennung) des vorderen Zwischenkammerastes, welche zum todesursächlichen Herzversagen führte, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf diesen Aufprall zurückzuführen.

1.16 Besondere Untersuchungen

1.16.1 Flugweg

Da der Unfallflug nur ungefähr eineinhalb Minuten dauerte und die Flughöhe der HB-LTC nicht wesentlich mehr als 50 m AGL betrug, war keines der Radarsysteme, welche das Flughafengebiet überwachen in der Lage, Teile des Flugweges aufzuzeichnen. Die im Flugzeug aufgefundenen Satellitennavigationsgeräte GARMIN GNS 430 führen keine Flugwegaufzeichnungen durch. Sie speichern lediglich Flugpläne und gewisse Einstellungen in einem batteriegepufferten RAM¹⁰. Im vorliegenden Fall war es nach dem Unfall nicht möglich, Daten aus dem Gerät auszulesen, da die Speicherbatterie nicht mehr funktioniert hatte. Der Flugweg bis zum Einflug in das Waldstück westlich des Flusses „Glatt“ wurde mit Hilfe von Zeugenbeobachtungen rekonstruiert.

¹⁰ RAM – *random access memory*: flüchtiger Schreib-/Lesespeicher. Beim Abschalten der Versorgungsspannung geht der Speicherinhalt verloren.

Zur masstechnischen Ermittlung der Kollisionskonfiguration mit den Hindernissen der Absturzschneise setzte der Wissenschaftliche Dienst (WD) der Stadtpolizei Zürich die Mehrbildfotogrammetrie ein. Dieses Verfahren erlaubte es, die letzte Flugphase der Unfallmaschine zu rekonstruieren (vgl. Anhang 3). Insbesondere konnte festgestellt werden, dass sich die Maschine im Moment der ersten Kollision mit den Bäumen auf einer Höhe von ungefähr 10 m AGL befunden hat. Die Querlage des Flugzeuges betrug zu diesem Zeitpunkt $12^\circ - 13^\circ$ nach links. Anschliessend war die Bewegungsrichtung der HB-LTC um ca. 4° nach unten geneigt. Aufgrund der Flugzeugendlage ist davon auszugehen, dass sich die Maschine beim Durchfliegen des Wäldchens in Flugrichtung gesehen um ungefähr 180° nach links um ihre Längsachse drehte. Aus spurenkundlicher Sicht wird diese Folgerung unterstützt durch die Beobachtung, dass eine Tannengruppe in der Absturzschneise über einen längeren Bereich entgegen der Flugrichtung entastet und in Flugrichtung gebogen wurde. Nachdem das rechte Flügelende bei der ersten Kollision mit den Bäumen des Waldrandes abgetrennt worden war, glitt der verbliebene rechte Flügelstummel den nach vorne weichenden Baumstämmen entlang nach oben. Dieser einseitige Kontakt hatte zur Folge, dass die Maschine in eine Drehung im Gegenuhrzeigersinn um die Längsachse versetzt wurde.

1.16.2 Treibstoffproben

Die aus dem Hauptfilter des linken Treibstoffsystems sowie aus den elektrischen Pumpen der beiden Systeme gewonnenen Flüssigkeitsproben wurden dem WD zur Analyse übergeben. Mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektrometrie wurden die flüchtigen Komponenten der Proben hochspezifisch identifiziert. Das entsprechende Gutachten hält folgendes fest:

1.16.2.1 Probe aus dem Hauptfilter des linken Treibstoffsystems

„Aufgrund unserer Analysen handelt es sich bei der Restflüssigkeit aus dem Treibstofffilter links um ein Gemisch von AVGAS 100LL und Kerosin JET A-1. Die sehr leichtflüchtigen Anteile von AVGAS sind z. T. jedoch schon verdampft.“

Das Verhältnis AVGAS 100LL und Kerosin JET A-1 in der Flüssigkeit aus dem Treibstofffilter links liegt bei ca. 35 – 45 Volumenprozent AVGAS 100LL und 65 – 55 Volumenprozent Kerosin JET A-1.“

1.16.2.2 Proben aus den Treibstoffpumpen

„Bei den beiden Flüssigkeiten handelt es sich um ein Gemisch von AVGAS 100LL und Kerosin JET A-1. Die sehr leichtflüchtigen Anteile von AVGAS sind z. T. jedoch schon verdampft.“

Das Verhältnis AVGAS 100LL und Kerosin JET A-1 in den beiden Flüssigkeiten liegt bei ca. 60–80 Volumenprozent AVGAS 100LL und 40–20 Volumenprozent Kerosin JET A-1.“

1.16.3 Triebwerke

Die beiden Triebwerke Lycoming (L)TIO-540-J2BD der HB-LTC wurden demonstriert und zusammen mit einem Spezialisten des Laboratoriums für Verbrennungsmotoren und Verbrennungstechnik des Institutes für Energietechnik der

Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich untersucht. Dabei wurde u.a. Folgendes festgestellt:

- Die Pleuelstangen waren von der Propellerebene ausgehend gegen hinten zunehmend braun verfärbt. Diese Verfärbung ist nicht aussergewöhnlich und rührt daher, dass die hinteren Zylinder eines luftgekühlten Boxermotors weniger gekühlt werden als die vorderen Verbrennungsräume. Auf den Pleuelstangen lagert sich daher mit zunehmender Temperatur eine dicker werdende Schicht aus Öllack ab. Dieser Öllack ist für die Verfärbung verantwortlich.
- Die Oberseiten der untersuchten Kolben wiesen keine Verformungen oder Beschädigungen auf. Teilweise wurde eine dünne Russchicht festgestellt.
- Die untersuchten Zylinder weisen keine sichtbaren Beschädigungen auf. Auch der Bereich der Ein- und Auslassventile zeigte keine Besonderheiten.
- Es liegen keine Hinweise auf vorbestandene Mängel vor.
- Ausser einer Zündkerze mit abgebrochener Elektrode konnten keine mechanischen Schäden gefunden werden, die auf eine klopfende Verbrennung hinweisen würden. Der Grund dafür dürfte in der kurzen Betriebszeit der Triebwerke mit dem Brennstoffgemisch aus AVGAS und JET A-1 liegen. Es ist anzunehmen, dass die Motoren rasch an Leistung verloren, weil das ihnen zugeführte Treibstoffgemisch kaum mehr zündfähig war. Dies ist bei einem Kerosinanteil von mehr als 30% der Fall.

1.16.4 Instrumente

Von verschiedenen Instrumenten, die nach dem Unfall aus der Maschine ausgebaut wurden, konnte lediglich der Drehzahlmesser beider Triebwerke, sowie ein Mehrfachinstrument, welches Öldruck, Öltemperatur und Zylinderkopftemperatur anzeigt, vom WD ausgewertet werden. Die entsprechenden Gutachten halten fest:

1.16.4.1 Drehzahlmesser

„Das Instrument ist äusserlich intakt. Die Anordnung der Zeiger der beiden Motoren „Left und Right“ ist so ausgelegt, dass die Zeiger übereinander liegen, wobei der „linke“ Zeiger direkt über dem Zifferblatt dreht.

Aufgrund dieser Konstruktion waren mögliche Zeigerabdruckspuren nur vom „linken“ Zeiger zu erwarten. Der „rechte“ Zeiger liegt zum Setzen solcher Spuren abstandsmässig zu weit über dem Zifferblatt.

Eine bogenförmige Abklatschspur fanden wir im „11-Uhr“-Bereich des runden Zeigerendteils. Dies korrespondiert mit dem Ausgleichsgewicht des „linken“ Zeigers (Bild 1 oben und unten). Daraus resultiert eine Zeigerstellung von praktisch „Null“ RPM. Über den „rechten“ Zeigerstand zum Aufprallzeitpunkt können wir aus den erwähnten Gründen keine Angaben machen.“ (Bildhinweis im Original).

1.16.4.2 Mehrfachinstrument zur Triebwerksüberwachung

„Dieses 3-fach Instrument ist äusserlich ebenfalls in einem guten Zustand. Die Blende mit der Beschriftung haben wir für die Untersuchung abgeschraubt.

Bei der „Cylinder“-Temperaturanzeige konnten wir am Zifferblattrand weisse Farbablagerungen feststellen, die durch den weissen Zeiger gesetzt worden sind. Die Ablagerungen beginnen bei einer Zeigerstellung von ca. 260 °F und erstrecken sich bis in den Bereich von ca. 100 °F. Demnach stand der Zeiger zum Unfallzeitpunkt bei ca. 260 °F (Bild 2 oben und Mitte).

Die ersten weissen Zeigerabklatschspuren bei der „Oil“-Temperaturanzeige sind als horizontaler Strich im Bereich von ca. 150 °F vorhanden. Weitere punktuelle Farbspuren sind bis in den Bereich von ca. 50 °F feststellbar. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der Zeiger ursprünglich auf der Höhe von ca. 150 °F stand (Bild 2 oben und unten).

Der Zeiger der Öldruckanzeige „Oil PSI“ lässt sich frei drehen. Durch einen Defekt, vermutlich als Folge des Absturzes, ist er nicht mehr mit der Antriebseinheit unter dem Zifferblatt verbunden. Allfällige Zeigerabdruckspuren sind nicht feststellbar. Über den Zeigerstand zum Unfallzeitpunkt liegen somit keine spurenkundlich auswertbaren Anhaltspunkte vor.“ (Bildhinweise im Original).

1.16.5 Sicherheitsgurtsystem

1.16.5.1 Untersuchung

Die Verletzungen, die der Pilot erlitten hatte, weisen darauf hin, dass der Schutz des Sicherheitsgurtsystems unzureichend gewesen ist. Deshalb wurde der WD beauftragt, das Gurtsystem eingehend zu analysieren. Das entsprechende Gutachten kommt zu folgenden Schlussfolgerungen:

„Aufgrund des Gesamtpurenbildes sowohl am Becken- als auch am Schultergurt muss davon ausgegangen werden, dass das Gurtsystem zum Unfallzeitpunkt getragen wurde.

Die Dehns Spuren auf der ganzen Länge des Schultergurtes belegen, dass die Rolle beim Aufprall nicht blockierte, sondern sich bis zum Endanschlag abrollte und der Pilot erst bei ganz abgerolltem Gurt zurückgehalten wurde.

Das Nichtblockieren der Gurtrolle dürfte auf Abrasionen der metallenen Gurtkomponenten zurückzuführen sein.“

1.16.5.2 Prüfung und Unterhalt

Da das Flugzeug aus den Vereinigten Staaten importiert und neu in der Schweiz in Verkehr gesetzt wurde, führte das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 8. März 2000 und am 15. Mai 2000 zwei technische Prüfungen der HB-LTC durch. Anlässlich dieser Prüfungen beanstandete das BAZL diverse geringfügige Mängel. Das Sicherheitsgurtsystem hingegen wurde nicht beanstandet.

Bei der letzten 100 h Kontrolle am 10. Mai 2000 wurden gemäss dem Verantwortlichen des Unterhaltsbetriebs Airbase Ltd. der Zustand der Sicherheitsgurten und die Funktion des Aufrollmechanismus überprüft. Es wurden keine Teile des Gurtsystems gewechselt.

Die Unterhaltsvorschriften des Flugzeugherstellers (*Navajo Chieftain service manual*) enthalten bezüglich des Gurtsystems die folgende Anweisung für eine 100 h Kontrolle: *„Inspect seats, seat belts, security and condition of brackets and*

bolts“. Gemäss dem Verantwortlichen des Unterhaltsbetriebs existieren keine weiteren Vorschriften des Flugzeugherstellers bezüglich Unterhalt des Gurtsystems.

1.16.6 Bestimmung der Treibstoffqualität und Qualitätskennschilder

1.16.6.1 Allgemeines

Um die Qualität verschiedener Treibstoffe einfach erkennen und verschiedene Treibstoffsorten auseinanderhalten zu können, verwenden die Mineralölgesellschaften weltweit für die Luftfahrt das Bezeichnungs- und Farbsystem des American Petroleum Institute (API)¹¹.

Gemäss diesem System gab es zum Unfallzeitpunkt drei Arten von kommerziell verfügbarem Flugbenzin (AVGAS) mit den Bezeichnungen „AVGAS 80“, „AVGAS 100“ und „AVGAS 100LL“. Diese drei Qualitäten werden über die folgenden vier Merkmale unterschieden:

- a) Oktanzahl bei magerem Verbrennungsgemisch (*lean mixture rating*)
- b) Oktanzahl bei fettem Verbrennungsgemisch (*rich mixture rating*)
- c) Gehalt an Bleitetraäthyl
- d) Färbung

Die Sorte AVGAS 100LL beispielsweise besitzt ein *lean mixture rating* von 100, ein *rich mixture rating* von 130, ist mit maximal 2.0 ml Bleitetraäthyl pro amerikanischer Gallone versetzt und blau eingefärbt.

Die *lean mixture ratings* der drei Arten werden auf den jeweiligen Qualitätskennschildern in weissen Lettern auf rotem Grund angegeben. Jede AVGAS-Sorte ist mit einer anderen Farbe versehen: AVGAS 80 ist rot, AVGAS 100 grün und AVGAS 100LL – wie bereits erwähnt – blau eingefärbt.

Das Bezeichnungs- und Farbsystem des API umfasst auch drei Arten von Kerosin, die in der zivilen Aviatik für den Betrieb von Turbintriebwerken verwendet werden. Auf Qualitätskennschildern werden die Sorten JET A, JET A-1 und JET B in weissen Lettern auf schwarzem Grund angegeben. Die Lieferung sämtlicher Qualitäten erfolgt ohne Farbzusatz. Ihre natürliche Farbe schwankt zwischen farblos und einem leicht gelblichen Farbton.

Um Fehlbetankungen zu vermeiden, führte die General Aviation Manufacturers Association (GAMA) schon vor längerer Zeit Treibstoffbezeichnungen und Qualitätskennschilder ein, die sich am Bezeichnungs- und Farbsystem des API orientierten¹². Die entsprechenden Richtlinien sehen u.a. vor, dass Qualitätskennschil-

¹¹ vgl. API *Bulletin 1542: Airport Equipment Marking for Fuel Identification, sixth edition, 1996*

¹² vgl. GAMA *Specification No. 3, Specification for Decal to Minimize the Misfueling of General Aviation Aircraft, issued: July 1, 1982*

der für Flugbenzin rot umrandet sein müssen und den Text „AVGAS ONLY“ zu umfassen haben. Die Qualitätskennschilder für Flugpetrol hingegen sind mit schwarzem Rand auszuführen und müssen den Text „JET FUEL ONLY“ enthalten. Analog sind gemäss der Vorgaben der GAMA auch die Zapfpistolen entweder rot (AVGAS) oder schwarz (Kerosin) zu bemalen.

1.16.6.2 Qualitätskennschilder am Flugzeug

Die Anforderungen FAR¹³ 23.1557(c)1, die zum Zeitpunkt der Zertifizierung der PA31-350 gültig waren, schrieben vor, dass das Wort „FUEL“ auf oder nahe der Tanköffnung eines Luftfahrzeuges angebracht sein muss. Bei Luftfahrzeugen mit Kolbenmotorantrieb ist auch die minimale Oktanzahl des zu verwendenden Flugbenzins anzugeben. Eine farbliche Kennzeichnung wird nicht vorgeschrieben.

Seit dem 7. September 1993 sieht die Vorschrift FAR 23.1557(c) vor, dass bei Luftfahrzeugen mit Kolbenmotorantrieb das Wort „AVGAS“ und die minimale Oktanzahl des zu verwendeten Flugbenzin auf oder nahe der Tankdeckel anzugeben ist. Im Gegensatz dazu haben die Einfüllöffnungen von Luftfahrzeugen mit Turbinenantrieb mit dem Wort „Jet Fuel“ bezeichnet zu sein.

Ungefähr 20 cm in Flugrichtung von den Einfüllöffnungen der *inboard main cells* entfernt waren ockerfarbige Qualitätskennschilder angebracht, auf denen mit schwarzer Schrift „CAUTION USE 100/130 GRADE FUEL OR HIGHER ONLY“ stand (vgl. Bild im Anhang 2).

Die auf dem Flugzeug angebrachten Qualitätskennschilder entsprachen damit den im Zeitpunkt der Zertifizierung gültigen Richtlinien. Sie waren allerdings relativ unauffällig, da sie sich farblich nicht besonders von den weiss bemalten Tragflächen abhoben.

1.16.7 Tanköffnungen

Das Flugzeug HB-LTC verfügte über modifizierte Tanköffnungen. Diese waren durch Metallblenden so verändert worden, dass ihr maximaler Durchmesser nur noch 63.5 mm (2.5 inch) betrug. Das Ziel der Modifikation bestand darin, die ursprünglichen Tanköffnungen mit einem Durchmesser von 76 mm (3 inch) zu verkleinern und damit eine Fehlbetankung mit Kerosin unmöglich zu machen. Dieser Umbau basierte auf dem *service bulletin* (SB) 797A, welches vom Flugzeughersteller Piper Aircraft Corporation am 2. April 1985 veröffentlicht wurde. Am 1. September 1987 ersetzte der Flugzeughersteller das SB 797A durch das SB 797B, welches die Änderung nun als zwingend bezeichnete. Die FAA erliessen am 2. November 1987 die Lufttüchtigkeitsanweisung (*airworthiness directive* – AD) FAA AD 87-21-01, welche die Ausführung des SB 797B innert Jahresfrist vorschrieb. Als Folge davon setzte das BAZL am 16. Dezember 1987 die AD HB-231 in Kraft, welche die gleiche Änderung zum Inhalt hatte.

Die oben erwähnten SB bzw. AD waren Teil eines Programms, das durch die Luftfahrtindustrie damals durchgeführt wurde, um die Fehlbetankung von Luftfahrzeugen zu verhindern. Dieses Programm umfasste von Seiten der Mineralöl-

¹³ FAR – *Federal Aviation Regulations*: Anforderung der FAA an den Bau von Luftfahrzeugen

gesellschaften auch die Bestrebung, sämtliche Systeme, die für die offene Betankung mit Flugpetrol eingesetzt wurden, auf Ausflussrohre mit Aussendurchmessern von 67 bis 75 mm umzurüsten.

Die Aufzeichnungen über den Unterhalt der HB-LTC weisen keinen Eintrag über die Ausführung der erwähnten Modifikation auf. Die FAA AD 87-21-01 bzw. die SB 797A/SB 797B werden als „*non applicable*“ (nicht anwendbar) bezeichnet. Aufgrund der Werknummer des Flugzeuges waren die genannten Anweisungen jedoch anwendbar und wurden offenbar auch ausgeführt, ohne sie aber im Unterhaltsnachweis der Maschine zu verzeichnen.

1.16.8 Betankungsausrüstung

1.16.8.1 Tankfahrzeug

Die HB-LTC wurde am 26. Mai 2000 aus dem Tankfahrzeug FL 7 mit Kerosin betankt. Dieses Fahrzeug ist für die offene Betankung von Luftfahrzeugen mit JET A-1 ausgelegt. Es war mit dem Firmenlogo der Jet Aviation Zürich AG versehen und teilweise in den Farben des Treibstofflieferanten Shell bemalt. Seitlich und an der Hinterseite des Tankfahrzeuges waren Qualitätskennschilde nach dem Farbsystem des API angebracht, auf denen „JET A-1“ in weisser Schrift auf schwarzem Grund stand (vgl. Bild Anhang 4). Diese Aufkleber hatten eine Abmessung von 10 x 38 cm und kontrastierten gut mit dem weissen Untergrund.

Das Tankfahrzeug FL 7 verfügte auf der rechten Seite über eine Trommel, auf welcher der Treibstoffschlauch aufgewickelt wurde. Am Ende des Schlauches befand sich eine Zapfpistole mit einem einfachen Stutzen, der einen Aussendurchmesser von 44 ± 0.5 mm und eine Länge von 142 ± 2 mm aufwies (vgl. Bild Anhang 5). Die gesamte Zapfpistole war unbemalt und wies die natürliche Farbe der Herstellungsmaterialien (silbergrau/messingfarben) auf.

1.16.8.2 Ausflussrohre

Nach einer Serie von Unfällen, die sich vor einigen Jahren in England ereignete, weil wiederholt Kolbenmotorflugzeuge fälschlicherweise mit Flugpetrol betankt worden waren, modifizierte die Jet Aviation Zürich AG die Ausflussrohre der Zapfpistolen der Tankfahrzeuge, die für die offene Betankung mit JET A-1 verwendet wurden. Diese Ausflussrohre waren so geformt, dass sie einen Aussendurchmesser von 67 mm aufwiesen.

Da aber auf dem Flughafen Zürich auch Luftfahrzeuge mit JET A-1 betankt werden mussten, deren Tanköffnungen einen Durchmesser hatten, der kleiner als 67 mm war, wurden die Zapfpistolen nach etwa einem halben Jahr wieder mit Ausflussrohren ausgerüstet, die einen Aussendurchmesser von ungefähr 45 mm aufwiesen.

Bei der Jet Aviation Zürich AG konnte nach dem Unfall ein modifiziertes Ausflussrohr sichergestellt werden, das auf einem Metallrohr mit einem Aussendurchmesser von ungefähr 45 mm basierte. Zusätzlich waren an demjenigen Ende, welches in die Tanköffnung eingeführt wird, zwei ca. 50 mm lange Metallstege radial angeschweisst, welche dem Ausflussrohr einen maximalen Aussendurchmesser von 67.5 ± 0.5 mm verlieh (vgl. Bild Anhang 5). Dieses modifizierte Ausflussrohr hätte aufgrund seiner Abmessungen nicht in die Tanköffnungen der HB-LTC eingeführt werden können (vgl. Bild Anhang 5).

1.16.9 Betankungsvorgang

1.16.9.1 Allgemeines

Zum Zeitpunkt des Unfalls herrschten auf dem Flughafen Zürich für die Betankung von Luftfahrzeugen der allgemeinen Luftfahrt (*general aviation*) die folgenden Gepflogenheiten:

- Die Aufträge zur Betankung wurden von den jeweiligen Besatzungen mehrheitlich telefonisch oder über Funk an die Jet Aviation Zürich AG übermittelt. Lediglich die Bestellungen, welche per Fax eintrafen, lagen schriftlich vor.
- Für die Betankung von Luftfahrzeugen, deren Tanköffnungen keine Qualitätskennschilder aufwiesen, war ein Formular „FUEL ORDER FORM – BETANKUNGSAUFTRAG“ vorgesehen.
- Nach der Betankung wurde dem Bezüger des Treibstoffs ein Lieferschein bzw. eine Quittung abgegeben.

1.16.9.2 Quittungen für den Treibstoffbezug der HB-LTC

Die Jet Aviation Zürich AG verwendete hellbraune Quittungsformulare, die vom betreffenden Flugzeugtankwart ausgefüllt und vom Empfänger des Treibstoffs unterschrieben wurden. Dieses Formular umfasste neben weiteren Feldern zwei Abschnitte, die Angaben über den gelieferten Treibstoff enthielten. Im oberen Abschnitt wurden die physikalischen Eigenschaften des Treibstoffes (Dichte, Temperatur und Menge) vermerkt, während der untere Teil zur Aufstellung des Rechnungsbetrages diente. Die Treibstoffqualitäten JET A-1 und AVGAS 100LL waren dabei jeweils in zwei verschiedenen Feldern aufgeführt. Je nach bezogener Treibstoffsorte wurden entweder die Felder „JET A-1“ oder „AVGAS 100LL“ ausgefüllt.

Nachdem der Flugzeugtankwart A am 25. Mai 2000 die HB-LTC mit 372 l AVGAS 100LL betankt hatte, übergab er dem Piloten eine Quittung, auf der er u.a. die folgenden Angaben eingetragen hatte (*Handschriftlicher Eintrag* gekennzeichnet durch Schriftwechsel):

- Feld „AVGAS 100LL“: Density 705, 16 °C, Quantity in figures lt 372
- Rechnungsfeld auf der Zeile „AVGAS 100LL“: 372 Lt. à Fr. 1.06, Fr. 394.30

Auf der gleichen Quittung hat der Pilot was folgt ausgefüllt (*Handschriftlicher Eintrag* gekennzeichnet durch Schriftwechsel):

- Feld „Customer“: *LEMANAIR Executive*
- Feld „I acknowledge receipt of the above quantities Signature“: *Unterschrift*

Über die Betankung der HB-LTC mit 100 l Flugpetrol JET A-1 am 26. Mai 2000 liegt ein gleiches Quittungsformular vor, auf dem u.a. die folgenden Einträge des Flugzeugtankwartes C vorhanden sind (*Handschriftlicher Eintrag* gekennzeichnet durch Schriftwechsel):

- Feld „JET A-1“: Density 795, 24 °C, Quantity in figures lt 100
- Rechnungsfeld auf der Zeile „JET A-1“: 100 Lt. à Fr. 1.44, Fr. 144.-

Im Feld „JET A-1“ ist der schwarze Stempelaufdruck „VERZOLLT“ mit einer Schrifthöhe von 6 mm vorhanden.

Auf der gleichen Quittung sind folgende Einträge des Piloten vorhanden (*Handschriftlicher Eintrag* gekennzeichnet durch Schriftwechsel):

- Feld „Customer“: *LEMANAiR Executive, GENEVA Airport*
- Feld „I acknowledge receipt of the above quantities Signature“: *Unterschrift*

1.16.10 Ausbildung des Betankungspersonals

Wie die Untersuchung ergab, waren die Flugzeugtankwarte A und C der Jet Aviation AG, welche die HB-LTC in Zürich betankt haben, auf vergleichbare Weise ausgebildet worden:

Die Ausbildung umfasste u.a. die Bedienung der verschiedenen Tankfahrzeuge für offene Betankung und erstreckte sich auf den Betrieb der Druckbetankungsanlage, die hauptsächlich bei Verkehrsflugzeugen verwendet wird. Es fand eine Art Anlehre statt, bei der die Tätigkeit des neuen Flugzeugtankwarts während einiger Tage von einem erfahrenen Kollegen begleitet und überwacht wurde. Gemäss den Angaben der Jet Aviation Zürich AG hatten alle Mitarbeiter, die bei der Flugzeugbetankung eingesetzt wurden, an einem Kurs zum Transport gefährlicher Güter teilgenommen.

Bezüglich Problematik von Fehlbetankungen gaben beide Flugzeugtankwarte an, dass sie über die verschiedenen Treibstoffqualitäten und deren Kennzeichnung durch Farben instruiert worden seien. Um Flugzeuge mit Kolbenmotoren von solchen mit Propellerturbinenantrieb auseinanderhalten zu können, wurden den Flugzeugtankwarten folgende Unterscheidungshilfen genannt: Die Motorhauben von Kolbenmotoren sind meistens eckiger als die Verschaltungen von Propellerturbinen und die Propeller von Flugzeugen mit Propellerturbinen lassen sich im Gegensatz zu solchen mit Kolbenmotoren leicht von Hand durchdrehen, da kein Kompressionswiderstand spürbar ist.

Es fanden sich keine Hinweise darauf, dass das Fachwissen des betreffenden Betankungspersonals je durch eine Fähigkeitsprüfung eruiert wurde. Ebenso fand keine systematische Schulung über verschiedene Flugzeugtypen und deren Antriebsanlagen statt.

Weiter wurde festgestellt, dass die für die Betankung massgeblichen Vorschriften des Treibstofflieferanten nur in englischer Sprache vorlagen.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.17.1 Lemanair Executive SA

Bei der Lemanair Executive SA handelte es sich um ein Flugbetriebsunternehmen, das Geschäftsreiseflüge durchführte. Zum Zeitpunkt des Unfalls war die HB-LTC das einzige Flugzeug des Unternehmens.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sistierte am 9. November 1999 die Betriebsbewilligung für die gewerbsmässige Beförderung von Personen und Gütern, da zu diesem Zeitpunkt das einzige Flugzeug – eine Piper PA34 Seneca – verkauft worden war. Nachdem die Lemanair Executive SA das Flugzeug HB-LTC

erworben hatte, stellte das Unternehmen ein Gesuch um Erteilung des Luftverkehrsbesitzerzeugnisses (*air operator certificate – AOC*) als Voraussetzung zur Wiederinkraftsetzung bzw. Neuerteilung der Betriebsbewilligung. Das BAZL teilte dem Gesuchsteller am 20. April 2000 mit, dass die von ihm eingereichten Unterlagen nicht vor Ende Mai 2000 geprüft werden könnten. Weiter informierte das BAZL die Firma Lemanair Executive SA, dass man ihr vor Ende Mai 2000 einen Termin zur Festlegung des weiteren Vorgehens für die Wiederinkraftsetzung der Betriebsbewilligung vorschlagen werde. Zum Zeitpunkt des Unfalls war das Flugzeug HB-LTC demnach nur für private Beförderungen zugelassen.

Gemäss den im Flugzeug gefunden Unterlagen der Lemanair Executive SA handelte es sich beim Unfallflug um einen Leerflug (*positioning*).

1.17.2 Jet Aviation Zürich AG

1.17.2.1 Betankungsdienst

Zum Zeitpunkt des Unfalls betrieb die Jet Aviation Zürich AG auf dem Flughafen Zürich einen Unterhaltsbetrieb für Luftfahrzeuge, dem ein Betankungsdienst angegliedert war. Die Jet Aviation Zürich AG war dabei Lizenznehmerin des Treibstofflieferanten Shell.

Gemäss den Angaben der Jet Aviation Zürich AG richtete sich die Tätigkeit des Betankungsdienstes nach den Richtlinien der Firma Shell und nach den „*Guidelines for Aviation Quality Control and Operating Procedures for Joint into-plane fuelling services*“.

Dem Betankungsdienst stand ein *refuelling manager* vor, der den Einsatz der Flugzeugtankwarte leitete. Die einzelnen Mitarbeiter arbeiteten im Schichtbetrieb und wurden sowohl für die Betankung von Linienflugzeugen (Druckbetankung) als auch für die Betankung von Flugzeugen der *general aviation* (offene Betankung) eingesetzt.

1.17.2.2 Qualitätssicherung

Die Jet Aviation Zürich AG verfügte über eine interne Qualitätssicherung. Es liegen keine firmeninternen Audits des Betankungsdienstes durch diese Stelle vor.

Es konnten keine Belege dafür gefunden werden, dass der Treibstofflieferant Shell den Betankungsdienst der Jet Aviation Zürich AG überprüft oder auditiert hat.

1.17.3 Bundesamt für Zivilluftfahrt

1.17.3.1 Weisungen und Vorschriften

Gemäss den Angaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt existieren keine Weisungen oder Vorschriften, welche die Ausbildung von Flugzeugtankwarten betreffen. Insbesondere sind keine Anforderungen bezüglich Kenntnisse oder Ausbildungsinhalte festgelegt. Wie das BAZL ausführt, sind die Betankungsunternehmen für die Ausbildung verantwortlich.

Von Seiten des BAZL bestehen bezüglich der Beschriftung von Luftfahrzeugen mit Qualitätskennschildern von Treibstoffen keine Vorschriften. Einzige Grundlage diesbezüglich bilden die *Federal Aviation Regulations*.

Zum Zeitpunkt des Unfalls bestanden keine Weisungen oder Vorschriften des BAZL bezüglich der farblichen Kennzeichnung von Zapfpistolen. Nach dem Unfall wurde diesbezüglich eine Weisung angepasst (vgl. Kap. 4.2.2).

Die Abmessungen von Ausflussrohren an Zapfpistolen bzw. die Dimension der Tanköffnungen von Luftfahrzeugen werden durch die Weisungen des BAZL nicht geregelt.

1.17.3.2 Inspektionen

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt ist für die Inspektion der Betankungsunternehmen zuständig.

Vor dem Unfall der HB-LTC am 26. Mai 2000 wurde der Betankungsbetrieb der Jet Aviation Zürich AG durch das BAZL nie inspiziert. Erst nach dem Unfall, am 22. Januar 2001, fand eine Besichtigung der Treibstoffanlage durch einen Verantwortlichen des Prozesses Anlagen des BAZL statt.

1.17.3.3 Prüfung des Flugzeuges

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt ist für die Inverkehrsetzung und Prüfung der Luftfahrzeuge zuständig.

Da das Flugzeug aus den Vereinigten Staaten importiert und neu in der Schweiz in Verkehr gesetzt wurde, führte das Bundesamt für Zivilluftfahrt am 8. März 2000 und am 15. Mai 2000 zwei technische Prüfungen der HB-LTC durch. Anlässlich dieser Prüfungen beanstandete das BAZL diverse geringfügige Mängel. Das Sicherheitsgurtsystem hingegen wurde nicht beanstandet.

1.18 Zusätzliche Informationen

1.18.1 Kapazität und Verwendung der Tankanlage der PA31-350

Das Treibstoffsystem des Baumusters PA31-350 umfasst zwei unabhängige Einheiten, welche jedem Triebwerk eine eigene Treibstoffversorgung gewährleisten. Im Bedarfsfall können die beiden Systeme durch ein Kreuzschaltventil (*crossfeed valve*) verbunden werden, so dass beide Triebwerke von einem Tanksystem gespeist werden.

Jedes der beiden in die Tragflügel eingebauten Tanksysteme besteht aus einem näher beim Rumpf liegenden Haupttank (*inboard main cell*) und einem weiter aussen liegenden (Hilfs)tank (*outboard auxiliary cell*). Die *inboard main cells* besitzen eine Inhalt von je 212 l, wobei 200 l ausgeflogen werden können. Die *outboard auxiliary cells* haben ein Fassungsvermögen von je 151 l und ihr nutzbares Volumen beträgt 144 l. Somit beträgt die maximale Treibstoffkapazität der PA-31-350 in der beschriebenen Ausführung 726 l, wobei davon maximal 688 l verwendet werden können.

Die Checklisten der PA31-350 Chieftain *modified to Panther II* sehen vor, dass die Triebwerke vom Anlassen bis zum Übergang in den Reiseflug bzw. vom Beginn des Sinkfluges bis zum Abstellen von den Haupttanks (*inboard main cells*) gespiesen werden sollen. Im Reiseflug empfiehlt das Luftfahrzeug-Flughandbuch (AFM), zuerst die äusseren Tanks (*outboard auxiliary cells*) zu benutzen, wenn das Flugzeug einen eher hinten liegenden Schwerpunkt aufweist. Dies ist tendenziell dann der Fall, wenn die Maschine maximal beladen ist.

1.18.2 Äusserlich ähnliche Baumuster

Verschiedene Baureihen von Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt sind sowohl in einer Ausführung mit Kolbenmotor als auch in einer Version mit Propellerturbinen erhältlich. Da die verschiedenen Ausführungen bezüglich Zelle und Tragwerk meistens annähernd identisch sind, gleichen sich die unterschiedlich angetriebenen Baumuster. Die verunfallte PA31-350 Navajo Chieftain *modified to Panther II* ähnelt in ihrem Äusseren dem Baumuster PA31T Cheyenne des gleichen Flugzeugherstellers. Die Cheyenne-Baureihe wird im Gegensatz zur Navajo/Chieftain-Familie durch Propellerturbinen angetrieben, die Kerosin benötigen.

Im Vergleich zu anderen zweimotorigen Baumustern vergleichbarer Grösse war die PA31-350 Navajo Chieftain *modified to Panther II* in der Schweiz eher selten anzutreffen.

2 Beurteilung

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Treibstoffgemisch und Ausfall der Triebwerke

Das Flugzeug HB-LTC verliess am 25. Mai 2000 vollgetankt mit 726 l AVGAS 100LL Zürich und erreichte rund zwei Stunden später Béziers (F). Geht man davon aus, dass der Pilot die Maschine nach den Vorgaben des Herstellers betrieben hat, so wurden die Triebwerke vom Anlassen bis zum Übergang in den Reiseflug, sowie vom Beginn des Sinkfluges bis zum Abstellen nach der Landung mit Treibstoff aus den Haupttanks (*inboard main cells*) betrieben. Da das Flugzeug mit acht Personen und etwas Gepäck eher schwer beladen war und einen tendenziell hinten liegenden Schwerpunkt aufwies, kann weiter davon ausgegangen werden, dass der Pilot im Reiseflug die äusseren Tanks (*outboard auxiliary cells*) wählte.

Legt man die Flugprofile und Verbrauchswerte des AFM zu Grunde, so wurden für den gesamten Flug von Zürich nach Béziers ungefähr 305 l Treibstoff verbraucht. Dabei entfielen etwa 200 l auf die Reiseflugphase, während der die Triebwerke aus den *outboard auxiliary cells* gespeist wurden. Die übrigen rund 105 l wurden gemäss der obigen Überlegung aus den *inboard main cells* bezogen.

Sowohl die Vorgaben des AFM als auch der Umstand, dass die in Béziers getankte Treibstoffmenge von 107 l nicht einem runden Geldbetrag entsprach, legen nahe, dass der Pilot mit diesem Quantum die teilweise geleerten *inboard main cells* wieder auffüllen liess. Für den Rückflug standen ihm damit volle Haupttanks und *outboard auxiliary cells* mit je noch ungefähr 50 l Treibstoff zur Verfügung.

Für den Rückflug von Béziers nach Zürich kann angenommen werden, dass die erste Flugphase bis zum Übergang in den Reiseflug wieder unter Verwendung der *inboard main cells* erfolgte. Da die *outboard auxiliary cells* noch je rund 40 l verwendbaren Treibstoff enthielten, wurden diese mit grosser Wahrscheinlichkeit während eines Teils des Reisefluges gewählt. Falls der Pilot die äusseren Tanks annähernd leer geflogen und anschliessend wieder auf die *inboard main cells* umgeschaltet hat, so befanden sich nach der Landung in Zürich noch je ca. 100 l in den Haupttanks und je ungefähr 10 l in den *outboard auxiliary cells*.

Nach der Fehlbetankung in Zürich, bei der je 50 l Flugpetrol JET A-1 in die *inboard main cells* gefüllt wurden, war demnach ein Gemisch aus etwa zwei Teilen AVGAS und einem Teil JET A-1 in diesen Tanks vorhanden. Wie rasch sich die beiden Komponenten nach der Betankung gemischt haben, muss offen bleiben. Aufgrund des höheren spezifischen Gewichts von Kerosin gegenüber Flugbenzin kann aber angenommen werden, dass am tiefsten Punkt des Tanks, wo die Treibstoffentnahme stattfand, tendenziell ein Gemisch mit überdurchschnittlichem Kerosinanteil vorlag. Das in den Treibstoffleitungen, Filtern und Pumpen noch vorhandene Flugbenzin erlaubte offenbar das Anlassen der Motoren und das Rollen zum Start. Kurz nach dem Abheben war dieser Rest an verwendbarem AVGAS verbraucht und die Triebwerke erhielten nur noch Brennstoff, der aus mindestens 33 Volumenprozent Flugpetrol JET A-1 bestand. Dieser Wert ist konsistent mit den nach dem Unfall sichergestellten Treibstoffproben, die einen Anteil von 20 – 40 bzw. 55 – 65 Volumenprozent Flugpetrol aufwiesen.

Wie bereits in Kapitel 1.16.3 ausgeführt, war ein solches Gemisch in den vorliegenden Benzinmotoren nur noch bedingt zündfähig, was zu einem raschen und massiven Leistungsabfall bzw. zum vollständigen Versagen der Motoren führte. Aufgrund der Symmetrie der beiden Brennstoffsysteme erfolgte der Leistungsverlust bei beiden Triebwerken mit hoher Wahrscheinlichkeit annähernd gleichzeitig, was sich auch dadurch zeigt, dass beide Propeller nach dem Unfall auf kleiner Steigung vorgefunden wurden. Der Ausfall zuerst nur eines Motors hätte den Piloten mit grosser Wahrscheinlichkeit dazu gebracht, ein Notverfahren für den einmotorigen Steigflug einzuleiten. Dieses *engine inoperative procedure*, sieht zur Verminderung des Widerstandes vor, dass der Propeller des stillgelegten Triebwerkes in Segelstellung gebracht wird.

2.1.2 Sicherheitsgurten

Das Versagen des Rückhaltemechanismus der Schultergurten führte dazu, dass eine möglicherweise überlebende Kollision mit Hindernissen zu einem Unfall mit tödlichem Ausgang wurde.

Die Abrasionen der metallenen Gurtkomponenten, welche das korrekte Funktionieren der Schultergurten verhinderten, stellen eine Verschmutzung des Mechanismus durch den normalen Betrieb dar. Die vorliegenden Wartungsvorschriften sind möglicherweise zu wenig detailliert, bzw. der mit den Unterhaltsarbeiten betraute Mechaniker war sich nicht bewusst, dass die Anweisung des Herstellers *"inspect (...) seat belts, (...)"* auch eine Reinigung des Rückhaltemechanismus umfasste.

Anlässlich der technischen Prüfung des Luftfahrzeuges durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt wurde die Fehlfunktion der Sicherheitsgurten nicht festgestellt.

2.2 Risikofaktoren

2.2.1 Ausflussrohre

Der von der Jet Aviation Zürich AG vor einigen Jahren unternommene Versuch, mit technischen Massnahmen eine Fehlbetankung zu verhindern (vgl. Kap. 1.16.8.2), wurde schon nach wenigen Monaten wieder aufgegeben. Da mit den damals verwendete Ausflussrohren, die einen Aussendurchmesser von 67 mm aufwiesen, auch Luftfahrzeuge mit Kerosin betankt werden mussten, die über Tanköffnungen mit kleineren Innendurchmessern verfügten, wurden wieder Ausflussrohre mit einem Aussendurchmesser von ungefähr 45 mm eingesetzt. Diese relativ dünnen Ausflussrohre stellten einen Risikofaktor dar, denn sie ermöglichten technisch gesehen die Betankung der HB-LTC trotz der durch Metallblenden auf 63.5 mm (2.5 in) verringerten Innendurchmesser ihrer Tanköffnungen. Es ist augenfällig, wie ungünstig sich die fehlende Normierung von Einfüllöffnungen bzw. Ausflussrohren von Zapfpistolen auswirken konnte.

2.2.2 Ausbildung des Betankungspersonals

Das Fehlen von technischen Sicherungen bei der Betankungsausrüstung und die Vielzahl von Flugzeugtypen, die teilweise trotz ähnlicher Zelle unterschiedliche Triebwerksarten aufweisen, lassen eine systematische Schulung von Flugzeugtankwarten notwendig erscheinen. Im vorliegenden Fall fehlte diesbezüglich sowohl eine ausreichende Instruktion des betreffenden Personals als auch ein regelmässiges Überprüfen bzw. Auffrischen des Wissensstandes. Der Umstand,

dass der Flugzeugtankwart C trotz langjähriger Erfahrung die Antriebsanlage der HB-LTC nicht eruierte, bzw. die Modifikation des Flugzeuges mit einem Umbau auf Propellerturbinenantrieb in Verbindung brachte, deutet darauf hin, dass ein Mangel an zielführender Ausbildung herrschte und der betreffende Mitarbeiter zu wenig auf diese Problematik sensibilisiert war.

Der Umstand, dass die gültigen Richtlinien und Handbücher nur in englischer Sprache vorlagen, haben es dem Betankungspersonal möglicherweise erschwert, sich im Selbststudium das fehlende Wissen anzueignen.

Einschränkend muss festgehalten werden, dass bezüglich Ausbildung und Qualifikation von Flugzeugtankwarten zum Unfallzeitpunkt keine Weisungen oder Vorschriften des Bundesamtes für Zivilluftfahrt bestanden.

2.2.3 Qualitätssicherung und Inspektionen

Bezüglich der erwähnten Schwachpunkte bestehen keine verbindlichen Vorschriften. Ein Teil der dargelegten Risikofaktoren hätte durch Qualitätssicherungsmaßnahmen erkannt und eliminiert werden können. Weder die entsprechenden Stellen der Jet Aviation Zürich AG noch diejenige des Treibstofflieferanten Shell haben die bestehenden Defizite identifiziert. Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat vor dem Unfall auf Inspektionen des Betankungsbetriebes der Jet Aviation Zürich AG verzichtet.

2.3 Betriebliche Aspekte

2.3.1 Bestellung des Treibstoffes

Da die telefonischen Gespräche, die beim Betankungsdienst der Jet Aviation Zürich AG ein- bzw. abgehen nicht aufgezeichnet werden, konnte der genaue Wortlaut der Treibstoffbestellung nicht mit Sicherheit ermittelt werden.

Aufgrund der Tatsache, dass der Pilot ausschliesslich Berechtigungen für Luftfahrzeuge mit Kolbenmotorantrieb besass und französischer Muttersprache war, erscheint es unwahrscheinlich, dass er wörtlich „Flugpetrol“, „Kerosen“ oder „Jet Fuel“ bestellte. Eher denkbar wäre es, dass er sich auf englisch verständigte und dabei den neutralen Begriff „Fuel“ für Treibstoff benutzt hat. Ebenso denkbar ist, dass der die Bestellung entgegennehmende Flugzeugtankwart B diesen Begriff „Fuel“ als „Jet Fuel“ interpretiert und den Auftrag entsprechend an Flugzeugtankwart C übermittelt hat. Ein dritter Flugzeugtankwart hörte diesen Auftrag, die HB-LTC mit Treibstoff JET A-1 zu betanken, am Funk mit.

2.3.2 Betankungsvorgang

Während des Betankungsvorganges hätten sich sowohl für Flugzeugtankwart C als auch für den Piloten mehrere Möglichkeiten ergeben, das Missverständnis, das bei der Treibstoffbestellung entstanden war, zu entdecken.

Flugzeugtankwart C erkannte offenbar nicht, dass es sich bei der HB-LTC um ein Flugzeug handelte, das mit zwei Kolbenmotoren angetrieben wurde. Insbesondere die *winglets*, welche tatsächlich häufig bei modernen Flugzeugen der allgemeinen Luftfahrt mit Turbinenantrieb anzutreffen sind, haben ihn offenbar in der Annahme bestärkt, dass die PA31-350 auf Propellerturbinenantrieb umgerüstet worden war.

Da das Baumuster PA31-350 Navajo Chieftain *modified to Panther II* in der Schweiz nur selten anzutreffen ist und die HB-LTC – abgesehen von ihrem Aufenthalt am 24./25. Mai 2000 – noch nie auf dem Flughafen Zürich zwar, ist nachvollziehbar, wie es zu dieser Fehlüberlegung kommen konnte.

Ungefähr 20 cm in Flugrichtung vor den Tanköffnungen der *inboard main cells*, in die Flugzeugtankwart C je 50 l Flugpetrol JET A-1 einfüllte, waren die von den FAR geforderten Qualitätskennschilder angebracht. Diese hoben sich allerdings farblich wenig vom übrigen Flügel ab, was erklärt, warum sie auch Flugzeugtankwart A, der die Maschine am 25. Mai 2000 betankt hat, nicht aufgefallen sind.

Der Pilot seinerseits erkannte offenbar nicht, dass er eine andere als die benötigte Treibstoffqualität erhielt. Die Qualitätskennschilder am Tankfahrzeug waren für ihn allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht gut sichtbar, da er sich während des Betankungsvorganges bei der Eingangstür am Heck bzw. im Inneren des Flugzeuges aufhielt. Das Tankfahrzeug stand aber vor dem Bug der HB-LTC. Möglicherweise veranlassten ihn die in dieser Phase auftretenden Regenschauer bzw. das Telefongespräch mit seiner Lebenspartnerin, während der Betankung in der Maschine zu bleiben.

Als der Pilot die Quittung über die Lieferung von 100 l Flugpetrol JET A-1 erhielt, unterschrieb er diese und bemerkte den Irrtum nicht. Möglicherweise stand der Pilot in dieser Phase unter einem gewissen Zeitdruck.

2.3.3 Unfallflug

Vergleicht man den Abflug der HB-LTC am 25. Mai 2000 mit dem Abflug zum Unfallflug, so stellt man bezüglich des zeitlichen Ablaufs das Folgende fest:

Vorgang	Abflug am 25. Mai 2000		Abflug am 26. Mai 2000	
	Zeit	Zeitdifferenz	Zeit	Zeitdifferenz
	[h:min:s]	[min:s]	[h:min:s]	[min:s]
Anlassfreigabe	08:18:42		20:10:00	
Rollbereitschaft	08:26:25	7:43	20:13:50	3:50
Rollfreigabe	08:26:28	7:46	20:14:20	4:20
Abflugbereitschaft	08:32:01	13:19	20:17:30	7:30
Startfreigabe	08:45:27	26:45	20:20:58	10:58

Es fällt auf, dass die Zeitintervalle zwischen dem Erteilen der Anlassfreigabe und der Meldung der Roll- bzw. der Abflugbereitschaft beim Unfallflug deutlich kleiner waren als beim Flug nach Béziers (F) am 25. Mai 2000. Der Unterschied kann nicht allein mit dem Umstand zusammenhängen, dass beim ersten Flug Passagiere an Bord waren, denn der Vorgang des Anschnallens bzw. das Instruieren der Passagiere war mit Sicherheit vor der Anforderung der Anlassfreigabe abge-

schlossen. Möglicherweise zeigt sich hier ein gewisser Zeitdruck, unter dem der Pilot am 26. Mai 2000 stand.

Zwischen der Rollfreigabe und dem Melden der Abflugbereitschaft verstrichen am 25. Mai 2000 fünf Minuten und 33 Sekunden, währenddem der Pilot am 26. Mai 2000 lediglich drei Minuten und 10 Sekunden benötigte. In beiden Fällen mussten in dieser Zeit rund 250 m bis zum Haltepunkt der Piste 28 gerollt und die Vorbereitungen für den Start abgeschlossen werden. Wie die Passagiere des Fluges nach Béziers später erklärten, hatte der Pilot sowohl am 25. Mai 2000 als auch vor dem Rückflug am 26. Mai 2000 jeweils ein Abbremsen der Triebwerke durchgeführt. Da niemand eine solche Prüfung der Motoren vor dem Unfallflug beobachtet hat und die Zeit für einen solchen Vorgang eher knapp erscheint, muss angenommen werden, dass das Abbremsen unterblieb. Eine solche Prüfung der Triebwerke hätte wahrscheinlich die Möglichkeit geboten, noch am Boden die Fehlbetankung zu entdecken.

Die kürzere Zeitdifferenz zwischen dem Melden der Abflugbereitschaft und dem Erteilen der Startfreigabe während des Unfallfluges liegt hingegen ausserhalb des Einflussbereiches des Piloten. Entweder war das Verkehrsaufkommen am Abend des 26. Mai 2000 geringer als am Morgen des 25. Mai 2000 oder die Streckenfreigabe war beim Unfallflug früher verfügbar. Jedenfalls konnte die HB-LTC am 26. Mai 2000 umgehend in den Verkehr eingereiht werden. Es ist wahrscheinlich, dass bei einer längeren Wartezeit die Motoren noch am Boden ihren Dienst versagt hätten, nachdem das Flugbenzin in den Treibstoffleitungen aufgebraucht gewesen wäre.

Kurz nach dem Startlauf muss dies jedoch der Fall gewesen sein: Den Triebwerken wurde nun ein Gemisch aus JET A-1 und AVGAS 100LL zugeführt, das aufgrund der Mischungsverhältnisse nur noch bedingt zündfähig war. Aufgrund des von Zeugen beobachteten Flugverlaufs muss geschlossen werden, dass die Triebwerke noch während einigen Sekunden reduzierte Leistung abgaben. Dieser Umstand mag den Piloten dazu bewogen haben, nicht umgehend eine Notlandung auf dem verbleibenden Pistensegment oder in Pistenrichtung westlich der Flugplatzbegrenzung einzuleiten. Stattdessen holte er zuerst nach rechts aus und begann anschliessend eine Umkehrkurve nach links, höchstwahrscheinlich in der Absicht, eine Landung auf Piste 10 durchzuführen.

Während dieser Umkehrkurve fielen die beiden Motoren ganz aus, bzw. die von ihnen noch abgegebene Leistung reichte für die horizontale Fortsetzung des Kurvenfluges nicht mehr aus, worauf der Pilot die Kollision mit den Hindernissen auf seinem Flugweg nicht mehr verhindern konnte. Die Querlage des Flugzeuges betrug zu diesem Zeitpunkt 12° - 13° nach links. Diese geringe Querlage deutet darauf hin, dass es bis zum Einflug in die Bäume nicht zu einem Kontrollverlust (Abkippen) gekommen war.

2.4 Zusammenfassung der Ereigniskette

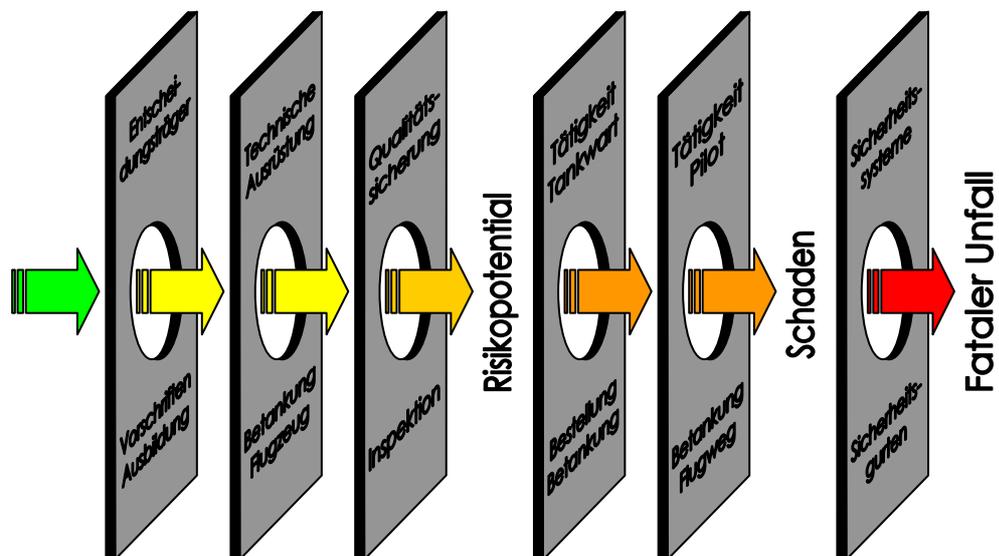
Wie die meisten Flugunfälle ist auch der Unfall der HB-LTC nicht die Folge einer einzigen Ursache. Drei Elemente können eruiert werden, die das Entstehen des Unfalls erst ermöglicht haben, weil sie zu verborgenen Versagensquellen und damit zu einem Risikopotential geführt haben:

- Fehlende oder unvollständige Vorschriften über die Ausbildung von Betankungspersonal bzw. die für das Betanken von Flugzeugen notwendige technische Ausrüstung, was diesbezügliche Defizite ermöglichte.
- Der Entscheid der Betankungsfirma, für Flugpetrol Ausflussrohre mit einem Aussendurchmesser kleiner als 67 mm zu verwenden, ermöglichte technisch die Betankung der HB-LTC.
- Die Qualitätssicherungsmaßnahmen der Betankungsfirma und des Bundesamtes für Zivilluftfahrt waren unzuweckmässig oder nicht vorhanden, zumindest aber unwirksam.

Das so geschaffene Risikopotential verband sich nun mit dem menschlichen Versagen des Betankungspersonals und des Piloten:

- Beim Bestellen des Treibstoffes entstand ein Missverständnis, das vom Flugzeugtankwart C durch ein Erkennen der in der HB-LTC verwendeten Triebwerke oder der Qualitätskennschilder am Flugzeug hätte bereinigt werden können.
- Der Pilot seinerseits erkannte die Qualitätskennschilder auf dem Tankfahrzeug FL 7 und die falsche Treibstoffsorte auf der Quittung, die er unterschrieb, nicht.

Das Versagen der Sicherheitsgurten hatte zur Folge, dass der Pilot tödliche Verletzungen erlitt.



3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

- Der Pilot besass einen gültigen Flugausweis.
- Es gibt keinen Hinweis darauf, dass der Gesundheitszustand des Piloten während des Unfallfluges in irgend einer Weise beeinträchtigt gewesen ist.
- Masse und Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.
- Das Flugzeug HB-LTC wurde am 25. Mai 2000 zwischen 07:20 und 07:30 Uhr auf dem Flughafen Zürich durch den Tankwart A der Jet Aviation Zürich AG mit 372 l AVGAS 100LL betankt.
- Nach dem Betankungsvorgang unterschrieb der Pilot eine Quittung, die auf 372 l Flugbenzin AVGAS 100LL lautete.
- Am 26. Mai 2000 zwischen 15:35 und 15:45 Uhr betankte man das Flugzeug in Béziers (F) mit 107 l AVGAS 100LL.
- Die Aussage von Tankwart B der Jet Aviation Zürich AG hält fest: „Er fragte mich, ob er Kraftstoff JET A-1 haben könne“.
- Die beim Betankungsdienst der Jet Aviation Zürich AG ankommenden und abgehenden telefonischen Verbindungen wurden nicht aufgezeichnet.
- Gemäss Aussage von Tankwart C gab Flugzeugtankwart B dem Flugzeugtankwart C über Funk die Anweisung, das Flugzeug HB-LTC mit Treibstoff JET A-1 zu betanken.
- Während des Betankungsvorgangs zwischen 19:45 und 20:00 Uhr regnete es schauerartig bis stark.
- Gemäss den Aussagen des Tankwartes C befand sich der Pilot während der Betankung im Flugzeug.
- Zwischen 19:50:06 und 19:51:28 Uhr führte der Pilot ein Gespräch von seinem Mobiltelefon aus.
- Am 26. Mai 2000 zwischen 19:45 und 20:00 Uhr füllte der Tankwart C der Jet Aviation Zürich AG in beide Haupttanks (*inboard main cells*) des Flugzeuges HB-LTC je 50 l Flugpetrol JET A-1.
- Nach dem Betankungsvorgang unterschrieb der Pilot eine Quittung, die auf 100 l Flugpetrol JET A-1 lautete.
- Um 20:10:00 Uhr erhielt der Pilot die Anlassfreigabe.
- Um 20:13:50 Uhr verlangte der Pilot die Rollfreigabe.
- Um 20:17:30 Uhr meldete sich der Pilot zum Start bereit.

- Um 20:20:58 Uhr erhielt der Pilot die Startfreigabe.
- Unmittelbar nach dem Start hörte die HB-LTC auf zu steigen und begann eine Umkehrkurve nach links.
- Die Spuren an den Propellern sowie die Auswertung der Drehzahlmesser zeigen, dass die Triebwerke wenig oder keine Leistung abgaben, als das Flugzeug mit den ersten Hindernissen auf seinem Flugweg in Berührung kam.
- Die HB-LTC kam auf dem Rücken im Fluss „Glatt“ zu liegen, dessen Wasserstand zu diesem Zeitpunkt zwischen 70 und 100 cm betrug.
- Im Zeitpunkt des Unfalls hat der Pilot sowohl Bauch- als auch Schultergurten getragen.
- Der Rückhaltemechanismus der Schultergurten funktionierte nicht, weil er durch Abrasionen der metallenen Gurtkomponenten verschmutzt war.
- Die Untersuchung der Flugzeugzelle ergab keine Hinweise auf vorbestandene Mängel, die zum Unfall hätten beitragen können.
- Das Flugzeug war für den nichtgewerbsmässigen Einsatz zugelassen.
- Ungefähr 20 cm von den Einfüllöffnungen der *inboard main cells* entfernt fanden sich ockerfarbige Qualitätskennschilder, auf denen mit schwarzer Schrift „CAUTION USE 100/130 GRADE FUEL OR HIGHER ONLY“ stand (vgl. Bild im Anhang 2).
- Das Tankfahrzeug FL 7, aus dem die HB-LTC mit Kerosin JET A-1 betankt wurde, war mit schwarzen Qualitätskennschildern versehen, auf denen in weisser Schrift „JET A-1“ stand.
- Das Flugzeug HB-LTC verfügte über modifizierte Tanköffnungen, deren maximaler Durchmesser 63.5 mm (2.5 in) betrug.
- Die Zapfpistole, die zur Betankung der HB-LTC mit Kerosin JET A-1 verwendet wurde, war nicht bemalt und wies ein Ausflussrohr auf, das einen Aussendurchmesser von 44 ± 0.5 mm aufwies.
- Die Jet Aviation Zürich AG verfügte zum Zeitpunkt des Unfalls über mindestens ein Ausflussrohr, das so modifiziert war, dass es aufgrund seines maximalen Aussendurchmessers von 67.5 ± 0.5 mm nicht in die Tanköffnungen der HB-LTC hätte eingeführt werden können.
- Nach dem Unfall wurden beide Tankwählventile auf der Position „INBD TANK ON“ – *inboard tank on* vorgefunden.
- Ausser einer Zündkerze mit abgebrochener Elektrode konnten an den Triebwerken keine mechanischen Schäden gefunden werden, die auf eine klopfende Verbrennung hinweisen würden.
- Die analysierten Flüssigkeitsproben aus dem Treibstoffsystem des Flugzeuges sowie Verbrauchsberechnungen lassen den Schluss zu, dass die *inboard main*

cells im Zeitpunkt des Unfalls je ca. 100 l AVGAS 100LL sowie je ungefähr 50 l Kerosin JET A-1 enthielten.

- Das betreffende Betankungspersonal war nicht systematisch mit verschiedenen Flugzeugtypen und deren Antriebsanlagen vertraut gemacht worden.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat den Betankungsbetrieb der Jet Aviation Zürich AG vor dem Unfall nie inspiziert.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hatte bis zum Unfallzeitpunkt keine Vorschriften zur Ausbildung bzw. zur Befähigung von Betankungspersonal erlassen.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hatte bis zum Unfallzeitpunkt keine Vorschriften zur Abmessung und Ausführung von Ausflussrohren, Zapfpistolen und Einfüllöffnungen an Luftfahrzeugen erlassen.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hatte bis zum Unfallzeitpunkt keine Vorschriften zur Bezeichnung von Zapfpistolen bzw. der Einfüllöffnungen für Treibstoff an Luftfahrzeugen erlassen.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf eine Kollision mit Hindernissen nach einem Versagen beider Triebwerke zurückzuführen. Die beiden Kolbenmotoren fielen aus, weil das Flugzeug irrtümlich mit Flugpetrol JET A-1 statt mit Flugbenzin AVGAS 100LL betankt wurde.

Die Untersuchung hat folgende kausale Faktoren für den Unfall ermittelt:

- Bei der Bestellung des Treibstoffes trat ein Missverständnis auf.
- Der betreffende Tankwart erkannte die am Flugzeug angebrachten Qualitätskennschilder nicht.
- Der betreffende Tankwart bemerkte nicht, dass das Flugzeug mit Kolbenmotoren ausgerüstet war.
- Der Pilot erkannte die Qualitätskennschilder des Tankfahrzeuges nicht.
- Der Pilot bemerkte die Fehlbetankung auf der Quittung für den Treibstoffbezug nicht.

Folgende Faktoren haben die Entstehung des Unfalls ermöglicht bzw. begünstigt:

- Das Ausflussrohr der Zapfpistole wies einen Aussendurchmesser auf, der eine Betankung des Unfallflugzeuges zuließ.
- Der Ausbildungs- bzw. der Kenntnisstand des betreffenden Betankungspersonals war ungenügend.
- Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat den Betankungsbetrieb vor dem Unfall nie inspiziert.
- Bis zum Unfallzeitpunkt hatte das Bundesamt für Zivilluftfahrt keine Vorschriften bezüglich Ausbildung von Betankungspersonal, Dimension von Ausflussrohren bzw. Tanköffnungen von Luftfahrzeugen sowie über die Kennzeichnung von Zapfpistolen und Tanköffnungen erlassen.

Die folgenden Punkte haben den Ausgang des Unfalls möglicherweise verschärft:

- Der Pilot entschied sich zu einer Umkehrkurve, die ihn auf Kollisionskurs mit Hindernissen brachte.
- Der Rückhaltemechanismus des Schultergurtes funktionierte nicht.

4 Sicherheitsempfehlungen und Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Vorschriften und Weisungen für die Betankung von Luftfahrzeugen

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung des Unfalls hat ergeben, dass bezüglich der folgenden Aspekte nur unvollständige oder keine Vorschriften vorhanden sind:

- Ausbildung und Befähigung von Betankungspersonal
- Abmessung und Ausführung von Ausflussrohren, Zapfpistolen und Einfüllöffnungen an Luftfahrzeugen in Abhängigkeit der Treibstoffqualität
- Bezeichnungs- und Farbsystem zur Kennzeichnung der Einfüllöffnungen an Luftfahrzeugen in Abhängigkeit der Treibstoffqualität

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung 2003-1

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte die bestehenden Vorschriften und Weisungen zum Betanken von Luftfahrzeugen prüfen und ergänzen.

4.1.2 Harmonisierung von Betankungseinrichtungen und Bezeichnungssystemen

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung des Unfalls hat gezeigt, dass die Abmessungen bzw. die Ausführung von Ausflussrohren sowie die Einfüllöffnungen für Treibstoff an Luftfahrzeugen nicht immer aufeinander abgestimmt sind. Im vorliegenden Unfall hat diese fehlende Harmonisierung eine Fehlbetankung technisch ermöglicht.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung 2003-2

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte Massnahmen ergreifen, die sicherstellen, dass Fehlbetankungen technisch nicht mehr möglich sind.

4.1.3 Verbesserung von Sicherheitsgurtsystemen

4.1.3.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung des Unfalls hat ergeben, dass eine wesentliche Komponente des Gurtsystems versagt hat.

4.1.3.2 Sicherheitsempfehlung 2003-3

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte Massnahmen erarbeiten, welche die Funktion von Sicherheitsgurtsystemen verbessern.

4.2 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.2.1 Jet Aviation Zürich AG

Die Jet Aviation Zürich AG hat nach dem Unfall verschiedene Massnahmen zur Verhinderung einer Falschbetankung getroffen:

- Die Zapfpistolen der Tankfahrzeuge für Kerosin JET A-1 wurden mit Ausflussrohren ausgerüstet, die einen Durchmesser von mindestens 67 mm aufweisen.
- Zur Betankung von Luftfahrzeugen, die Tanköffnungen mit einem Innendurchmesser von weniger als 67 mm aufweisen, kann ein kleineres Ausflussrohr an die Zapfpistole montiert werden. Der Aufbewahrungsort dieses kleineren Ausflussrohres ist über eine Wegfahrsperrung (*brake interlock system*) so gesichert, dass eine Weiterfahrt des Tankfahrzeuges nur möglich ist, wenn das grössere Ausflussrohr wieder montiert und das kleinere in seinem Fach verstaut ist.

4.2.2 Bundesamt für Zivilluftfahrt

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat nach dem Unfall die Weisung über den Bau und Unterhalt von Treibstoffanlagen auf Flugplätzen mit folgender Ziffer ergänzt:

- „5.3.3. Um die Gefahr einer Falschbetankung von Flugzeugen zu vermeiden, müssen die Zapfventile (Zapfpistolen) an Tankanlagen und Betankungsfahrzeugen – gemäss den internationalen Normen – farblich wie folgt gekennzeichnet werden:
- AVGAS = Rot
 - JET A-1 = Schwarz
 - MOGAS = Grün“

Bern, 16. Juni 2003

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Flugunfallverhütung erstellt. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen ist nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung (Art. 24 des Luftfahrtgesetzes vom 21.12.1948, LFG, SR 748.0).

Anhang 1

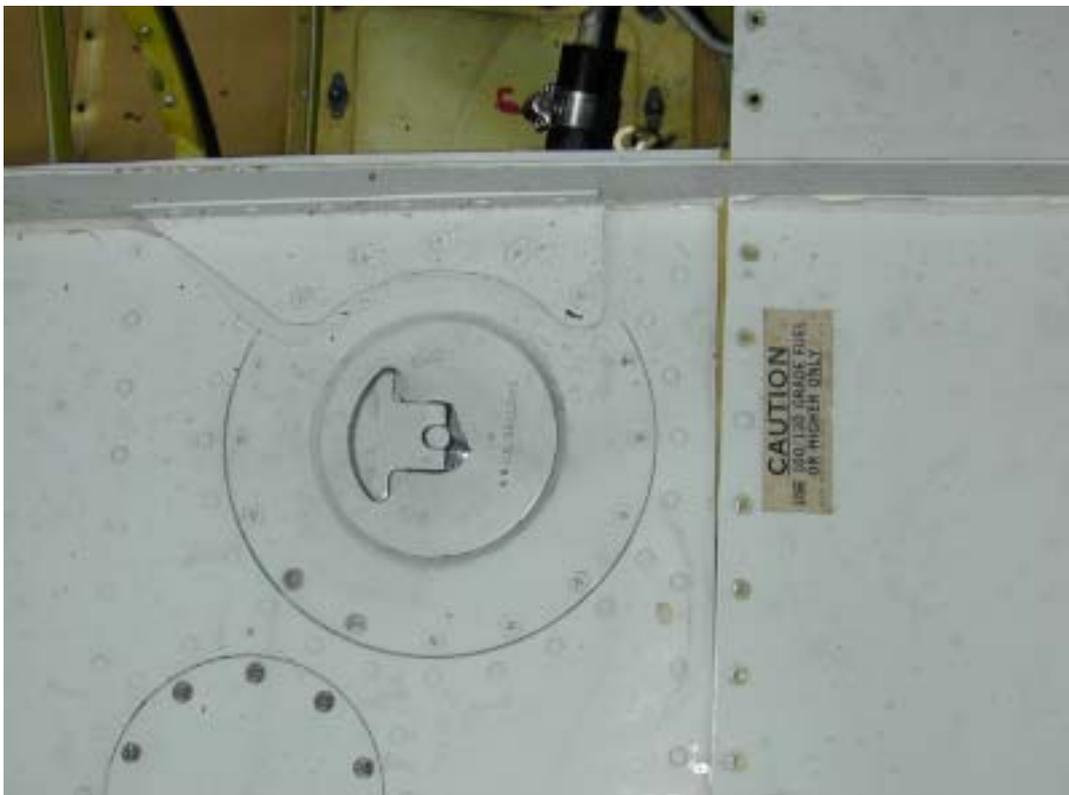
Transkript der Funkgespräche zwischen dem Piloten der HB-LTC und den Zürcher Flugverkehrsleitstellen *Clearance Delivery* (CLD), *Apron* (APR) und *Tower* (TWR) am 26. Mai 2000

From	To	Time (UTC)	Communication
LTC	CLD	18:08:44	Zurich Delivery, Hotel Bravo Lima Tango Charly good evening
CLD	LTC	18:08:48	Hotel Bravo Lima Tango Charly, Zurich Delivery, good evening, go ahead
LTC	CLD	18:08:52	Hotel Tango Charly, passing GAC one, information Quebec received, and request start up clearance
CLD	LTC	18:08:59	Hotel Tango Charly, runway 28 to Geneva, ROTOS three yankee departure, squawk 3071
LTC	CLD	18:09:08	Cleared to Geneva, ROTOS three departure, and 3071, confirm the squawk, Hotel Tango Charly
CLD	LTC	18:09:15	Hotel Tango Charly, 3071 is correct, and ROTOS three yankee departure
LTC	CLD	18:09:20	ROTOS three yankee departure, Hotel Tango Charly
CLD	LTC	18:09:24	Hotel Tango Charly, for start up stand by on APRON, 121 decimal 75, good bye
LTC	CLD	18:09:28	12175, Hotel Tango Charly
APR	LTC	18:10:00	Hotel Bravo Lima Tango Charly, Apron, start-up ist approved
LTC	APR	18:10:04	Hotel Tango Charly start-up approved, thank you very much
			-- other stations --
LTC	APR	18:13:50	Hotel Tango Charly request taxi
			-- other stations --
APR	LTC	18:14:10	And Hotel Tango Charly confirm ready to taxi
LTC	APR		Affirm, Hotel Tango Charly
APR	LTC		Hotel Tango Charly, taxi to the holding point runway two eight
LTC	APR	18:14:20	Holding point runway two eight, Hotel Tango Charly
			-- other stations --
APR	LTC	18:15:00	Hotel Tango Charly, when ready to Tower one one eight one

From	To	Time (UTC)	Communication
LTC	APR	18:15:02	One one eight one, Hotel Tango Charly, bye bye
LTC	TWR	18:17:30	Tower, Hotel Bravo Lima Tango Charly, ...runway 28, ready for departure
TWR	LTC	18:17:33	Hotel Tango Charly, Grüezi, hold position, I call you back
LTC	TWR	18:17:37	Hotel Tango Charly
TWR	LTC	18:19:51	Hotel Tango Charly, taxi forward, but hold short of runway 28
LTC	TWR	18:19:57	Hold short of runway 28, Hotel Tango Charly
TWR	LTC	18:20:22	Hotel Tango Charlie, line up runway two eight
LTC	TWR	18:20:26	Lining up two eight, Hotel Tango Charlie
			4 communications between TWR and other aircraft
TWR	LTC	18:20:58	Hotel Tango Charlie, wind two three zero degrees, three knots, cleared take off two eight
LTC	TWR	18:21:03	Cleared take off two eight, Hotel Tango Charlie
			14 communications between TWR and other aircraft
TWR	LTC	18:22:08	Tango Charlie, normal operations?
LTC	TWR	18:22:12	(Ne)gative, Hotel Tango Charlie
TWR	LTC	18:22:13	Say again
TWR	LTC	18:22:19	Hotel Tango Charlie?
LTC	TWR	18:22:21	Mayday, mayday, mayday, Hotel Tango Charlie

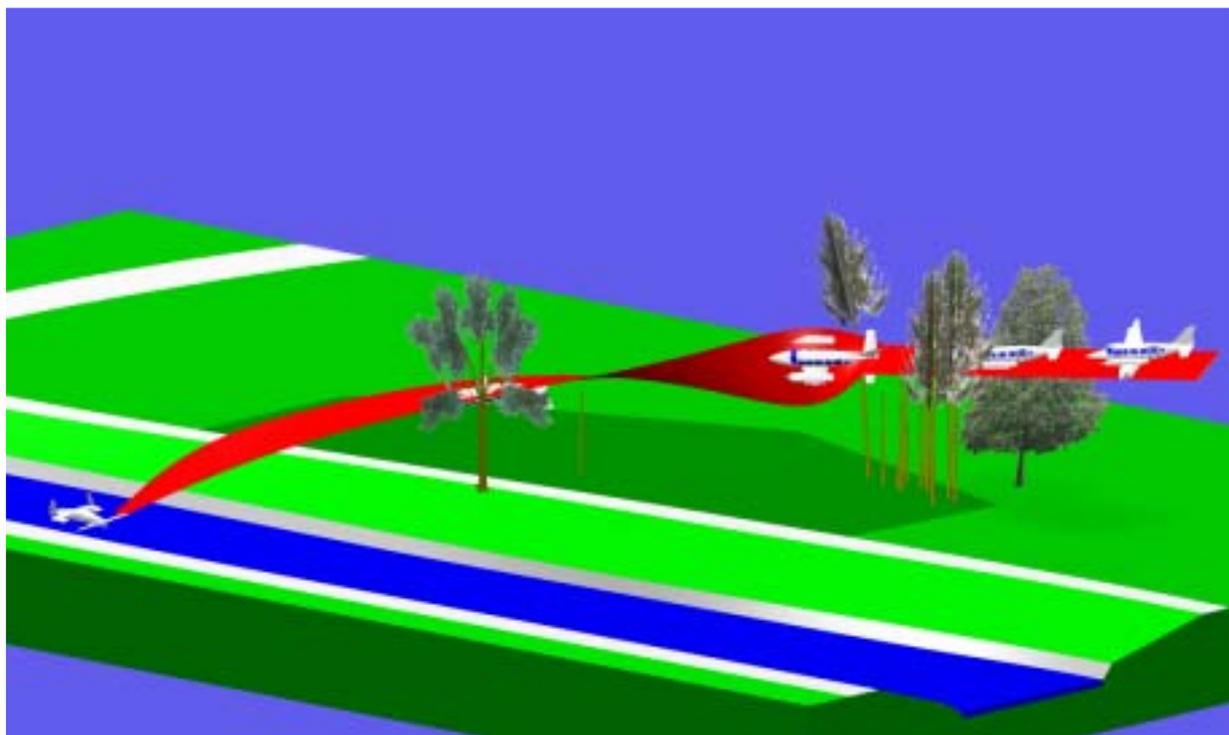
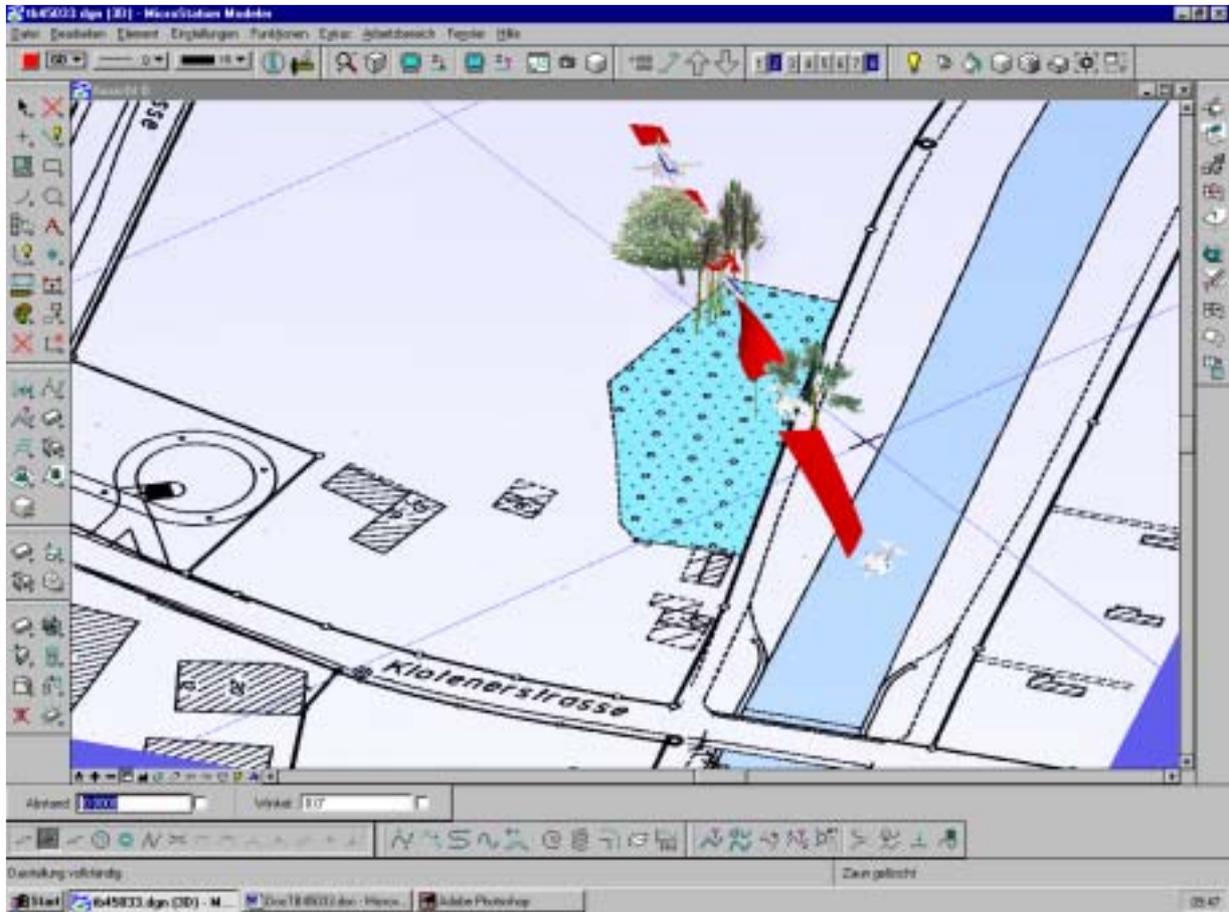
Anhang 2

Qualitätskennschilder vor den Einfüllöffnungen der *main inboard cells* der HB-LTC



Anhang 3

Rekonstruktion der letzten Flugphase der HB-LTC



Anhang 4

Tankfahrzeug FL 7 für Flugpetrol JET A-1



Anhang 5

Ausflussrohr des Tankfahrzeuges FL 7 (unten) im Vergleich zu dem bei der Betankungsfirma sichergestellten Ausflussrohr mit vergrössertem Aussendurchmesser (oben)



Das Ausflussrohr mit vergrössertem Aussendurchmesser lässt sich nicht in die durch Blenden verkleinerten Tanköffnungen der HB-LTC einführen.

