



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen BFU
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation BEAA
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici UIIA
Uffizi d'inquisiziun per accidents d'aviatica UIAA
Aircraft accident investigation bureau AAIB

Schlussbericht Nr. 2100

des Büros für

Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Flugzeuges Extra EA-300/L, HB-MSX

vom 31. August 2008

Flugplatz Schaffhausen (LSPF), Gemeinde Neunkirch/SH

Cause

L'accident est dû à une collision avec des obstacles juste après le décollage du fait que le départ a été poursuivi malgré une panne temporaire du moteur. L'arrêt du moteur a probablement été causé par une position du robinet de sélection réservoirs qui ne permettait pas l'approvisionnement en carburant.

Le fait qu'un contrôle du moteur n'a pas été effectué avant le départ a probablement contribué à l'accident.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des Büros für Flugunfalluntersuchungen (BFU) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 1. November 2001, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalles die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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

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

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in der für das Gebiet der Schweiz gültigen Normalzeit (*local time* – LT) angegeben, die im Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Schlussbericht

Luftfahrzeugmuster	Extra EA-300/L	HB-MSX
Halter	Kunstfluggruppe Birrfeld, Regionalflugplatz Birrfeld, 5242 Birr-Lupfig	
Eigentümer	Kunstfluggruppe Birrfeld, Regionalflugplatz Birrfeld, 5242 Birr-Lupfig	
Pilot	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1958	
Ausweis	Für Privatpiloten PPL(A), erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 3. Februar 1994	
Wesentliche Berechtigungen	Einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor SEP(land) gültig bis 28. September 2008 Kunstflug ACR(A) Sonderbewilligung A des BAZL zur Unterschreitung der Mindestflughöhe über Grund beim Kunstflug, Mindesthöhe 100 m	
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 2, ohne Einschränkungen, gültig vom 7. September 2006 bis 25. September 2008	
Flugstunden	insgesamt	1014:20 h
	auf dem Unfallmuster	117 h
	während der letzten 90 Tage	27:23 h
	während der letzten 90 Tage	26:28 h

Ort	Flugplatz Schaffhausen, in der Verlängerung der Pistenachse 25, ca. 220 m nach dem Pistenende		
Koordinaten	681 225 / 282 583	Höhe	461 m/M
Datum und Zeit	31. August 2008, 15:50 Uhr		

Betriebsart	VFR privat
Flugphase	Start
Unfallart	Kollision mit Hindernissen nach dem Abheben

Personenschaden

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

Schaden am Luftfahrzeug Schwer beschädigt

Drittschaden Landschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die vorgefundene Situation am Unfallort, die Aussagen des Piloten und von Augenzeugen sowie Photos und eine Filmaufnahme, welche von Augenzeugen gemacht wurden, verwendet.

1.1.2 Vorgeschichte

Am Wochenende des 30. und 31. August 2008 fand auf dem Flugplatz Schaffhausen ein Flugtag mit zahlreichen Flugvorführungen statt. Für Sonntag, 31. August war vorgesehen, dass der Pilot eine Kunstflugvorführung geben sollte.

Der Pilot hatte in der Woche zuvor mit dem Flugzeug Extra EA-300/L, eingetragen als HB-MSX, an der Deutschen Kunstflugmeisterschaft in Cochstedt bei Magdeburg (EDBC) teilgenommen. Nach dem letzten Wertungsflug hatte er am Samstagabend das Flugzeug vollgetankt.

Am Sonntag, den 31. August 2008, flog er um 08:00 Uhr von Magdeburg ab nach Birrfeld (LSZF), wo er um 09:57 Uhr landete.

Um 11:20 Uhr startete er in Birrfeld und flog nach Schaffhausen Schmerlat (LSPF), um dort später am Flugtag seine Kunstflugvorführung zu zeigen. Die Landung in Schaffhausen erfolgte um 11:35 Uhr.

Nach der Landung tankte er den Rumpftank wieder voll, die Flügeltanks blieben leer. Nach dem Tanken blieb das Flugzeug bis kurz vor dem Unfallflug parkiert.

1.1.3 Flugverlauf

Als die Zeit für seine Vorführung gekommen war, machte sich der Pilot im Flugzeug bereit, startete den Motor und rollte zum Anfang der Piste 25.

Bis er den Pistenanfang erreicht hatte, war die Öltemperatur bereits im grünen Bereich. Der Pilot verzichtete auf eine Funktionsprüfung des Motors (*run-up*), weil der Motor an diesem Tag bereits über zwei Stunden in Betrieb gewesen sei.

Nach einer kurzen Wartezeit von ungefähr 20 Sekunden konnte er auf die Piste rollen und zu seiner Vorführung starten.

Um 15:50 Uhr gab er Vollgas, wartete etwa fünf Sekunden, schaltete die Rauchanlage ein und löste die Fussbremsen. Das Flugzeug beschleunigte normal.

Nach einer kurzen Rollstrecke hob das Flugzeug ab, ging in einen flachen Steigflug über und gewann an Geschwindigkeit. Wenige Sekunden später, als es eine Höhe von ca. zwei Metern über der Piste erreicht hatte, setzte der Motor aus. Auf der Filmaufnahme ist klar zu hören, dass die Motorengeräusche unvermittelt vollständig aussetzen und danach sind nur noch vereinzelte Zündgeräusche zu vernehmen. In dieser Phase las der Pilot eine Geschwindigkeit von rund 75 KIAS am Geschwindigkeitsmesser ab.

In der Folge setzte die HB-MSX im letzten Viertel der Piste wieder auf. Ohne zu bremsen, überrollte das Flugzeug das Pistenende sowie einen kreuzenden Feldweg und rollte auf der anschliessenden Wiese weiter.

Der Pilot bremste nicht, weil er nach eigenen Angaben befürchtete, dass sich das Flugzeug überschlagen könnte und weil er wusste, dass unmittelbar nach dem Flugplatz keine Hindernisse vorhanden waren. Nach seiner Aussage stellte er sich zu diesem Zeitpunkt vor, dass der Motor möglicherweise wegen Wassers, Schlamms oder Drecks im Treibstoffeinspritzsystem aussetzte. Nach dem Flugplatz, 168 m vom Ende der Piste entfernt, befand sich ein Feld mit ca. zwei Meter hohem Mais. Bevor das Flugzeug das Maisfeld erreichte, setzte die Motorleistung wieder ein. Der Pilot glaubte, noch rechtzeitig abheben und das Maisfeld überfliegen zu können und setzte seinen Start fort.

Das Flugzeug hatte etwa 20 cm vom Boden abgehoben, als es mit erheblicher Geschwindigkeit mit dem Maisfeld in Kontakt kam. Es erfolgte eine rasche Verzögerung, bei der sich das Flugzeug um ungefähr 100° um die Hochachse nach rechts drehte und sich beinahe überschlug. Es kam schliesslich nach rund 50 m auf dem Hauptfahrwerk und dem Bug stehend zum Stillstand.

Der Pilot blieb unverletzt. Das Flugzeug wurde schwer beschädigt.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.2.2 bis 1.2.4 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

1.2.2 Allgemeine Wetterlage

Mit dem Verlagern eines Hochdruckgebiets nach Polen drehten die Höhenwinde über der Schweiz auf Südwesten. Damit floss vom westlichen Mittelmeer her zunehmend feuchtere und labilere Luft in Richtung Alpenraum. Eine Höhenkaltfront sorgte in der Nordostschweiz für ausgedehnte mittelhohe Bewölkung.

1.2.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

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

<i>Wolken</i>	<i>4-6/8 um 10 000 ft AMSL, darüber Cirren</i>
<i>Wetter</i>	<i>-</i>
<i>Sicht</i>	<i>Um 20 km</i>
<i>Wind</i>	<i>Südwestwind mit 3-5 kt, Windspitzen bis 10 kt</i>
<i>Temperatur/Taupunkt</i>	<i>25 °C / 17 °C</i>
<i>Luftdruck</i>	<i>QNH LSZH 1016 hPa, LSGG 1016 hPa, LSZR 1016 hPa, LSZA 1017 hPa</i>
<i>Gefahren</i>	<i>Keine erkennbar</i>

1.2.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand *Azimet: 230°* *Höhe: 40°*

Beleuchtungsverhältnisse: Tag

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

Eintragungszeichen	HB-MSX	
Luftfahrzeugmuster	Extra EA-300/L	
Charakteristik	<p>Einmotoriges Akrobatikflugzeug für Wettbewerbseinsatz und Kunstflugausbildung, mit zwei Sitzen in Tandemanordnung, ausgeführt als freitragender Tiefdecker mit Festfahrwerk in Heckradanordnung, ohne Landeklappen.</p> <p>Rumpfbauweise als Stahlrohrfachwerk, teilweise beplankt mit Verbundwerkstoff (<i>composite</i>), teilweise mit Stoffbespannung.</p> <p>Flügel aus Faserverbundwerkstoff, Holm aus Kohlefasern.</p> <p>Länge: 6.96 m</p> <p>Spannweite: 8.0 m</p>	
Hersteller	EXTRA Flugzeugproduktions- und Vertriebs- GmbH D-46569 Hünxe, Deutschland	
Baujahr	1996	
Werknummer	26	
Eigentümer	Kunstfluggruppe Birrfeld, Regionalflugplatz Birrfeld, 5242 Birr-Lupfig	
Halter	Kunstfluggruppe Birrfeld, Regionalflugplatz Birrfeld, 5242 Birr-Lupfig	
Triebwerk	<p>Lycoming AE10-540-L1B5D, luftgekühlter Saugmotor mit 6 Zylindern in Boxer Anordnung, Hubraum 8.85 l (540 cubic inch), Benzineinspritzung System Bendix, Doppelzündung mit zwei Zündmagneten</p> <p>Werknummer: L-25779-48A</p> <p>Baujahr: 1996</p> <p>Nennleistung: 300 HP (224 kW) bei 2700 RPM.</p>	
Propeller	<p>Vierblatt Verstellpropeller</p> <p>MT-Propeller Typ MTV-14B-C/C190-17, hydraulisch verstellbarer <i>constant speed</i> Propeller, Blätter in Gemischtbauweise Holz/<i>composite</i></p> <p>Werknummer: 96034</p> <p>Baujahr: 1996</p>	
Betriebsstunden	Zelle	812:16 h (TSN) ¹
	Motor	812:16 h (TSN) 231:04 h (TSO) ²
	Propeller	67:57 h (TSO)

¹ TSN: *time since new*, Betriebszeit seit Herstellung

² TSO: *time since overhaul*, Betriebszeit seit Grundüberholung

Anzahl Landungen	4732
Höchstzulässige Massen	Höchstzulässige Abflugmasse <i>Normal</i> Kategorie: 950 kg <i>Aerobatic</i> Kategorie (1 <i>seat</i>): 820 kg <i>Aerobatic</i> Kategorie (2 <i>seats</i>): 870 kg
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt betrug 797 kg. Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeug-Flughandbuch (<i>aircraft flight manual</i> – AFM) zulässigen Grenzen.
Unterhalt	Die letzte 100 h Kontrolle fand am 18. April 2008 bei 769:34 Stunden statt. Die letzte Zustandskontrolle fand am 24. April 2008 bei 769:34 Stunden statt. Die letzte 25 h Kontrolle fand am 15. August 2008 bei 797:08 Stunden statt.
Technische Einschränkungen	Im Flugreisebuch fanden sich diesbezüglich keine Einträge.
Treibstoffsystem	Das Treibstoffsystem besteht aus mehreren Tanks: <ul style="list-style-type: none"> - <i>acro & center tank</i> im Rumpf - <i>wing tanks</i> (links und rechts) <p><i>Wing tanks:</i> Der Bereich der Flügelwurzel vor dem Hauptholm auf jeder Seite bildet einen Integraltank. Dies ergibt zwei miteinander verbundene Tanks mit total 120 Litern Inhalt. Auf jeder Seite befindet sich ein Einfüllstutzen. Die Flügeltanks können vollständig leergeflogen werden.</p> <p><i>Acro & center tank:</i> Ein <i>acro tank</i> von 9 Litern Inhalt befindet sich im Rumpf unmittelbar hinter dem Brandschott. Der <i>center tank</i> mit 42 Litern Inhalt ist im Rumpf vor dem Hauptholm eingebaut. Der <i>acro tank</i> wird aus dem <i>center tank</i> durch Schwerkraft mit Treibstoff versorgt. Der <i>center tank</i> ist mit einem Einfüllstutzen versehen. Die nicht ausfliegbare Treibstoffmenge beträgt ca. 5.5 Liter.</p> <p>Zusätzlich zur motorgetriebenen Treibstoffpumpe ist eine elektrisch angetriebene Treibstoffpumpe (<i>booster pump</i>) mit einem Bypass eingebaut.</p> <p>Ein Tankwählhahn (<i>fuel selector valve</i>) ist auf der rechten Rumpfseite hinter dem Brandspant eingebaut. Der Tankwählhahn kann über ein Drehgestänge von beiden Sitzen aus betätigt werden. Er weist drei Stellungen auf:</p> <p>Nach unten: CLOSED Nach links: ACRO & CENTER TANK Nach oben: WING TANKS</p>

Zugelassene Treibstoffqualität	Flugbenzin AVGAS 100LL
Treibstoffqualität zum Unfallzeitpunkt	<p>Eine Treibstoffprobe aus dem Tank wurde analysiert. Dabei ergab sich u.a. folgendes Resultat:</p> <p>Aussehen: klar, frei von ungelöstem Wasser und festen Stoffen.</p> <p>Die untersuchte Treibstoffprobe entsprach bis auf den Dampfdruck der Spezifikation für Flugbenzin AVGAS 100LL. Der zu tiefe Dampfdruck dürfte auf Verdampfungsverluste von tiefsiedenden Komponenten zurückzuführen sein, was durch den Zeitraum zwischen der Probenentnahme und der Laboranalyse zurückzuführen ist.</p>
Treibstoffvorrat	<p>Nach dem Unfall konnten aus dem Rumpftank ca. 47 l Treibstoff abgelassen werden, die beiden Flügeltanks waren leer.</p> <p>Gemäss den Angaben im Luftfahrzeug-Flughandbuch müssen die Flügeltanks für Kunstflug leer sein.</p> <p>Der Treibstoffvorrat hätte ausgereicht für ca. 30 Min. Kunstflug oder rund 55 Min. Reiseflug mit einer Leistungseinstellung von 65%.</p>
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. Juni 2007, gültig bis zur Löschung aus dem Luftfahrzeugregister.
Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. Juni 2007, gültig bis auf Widerruf.
Lufttüchtigkeitsfolgezeugnis	<p>Datum der Ausstellung: 29. April 2008</p> <p>Datum des Ablaufs der Gültigkeit: 27. April 2009</p>
Zulassungsbereich	Privat

1.4 Technische Untersuchungen am Motor

1.4.1 Zündkerzen

Alle Kerzen waren russgeschwärzt.

Die obere Kerze von Zylinder Nr. 6 war russgeschwärzt und mit kleinen Bleikügelchen belegt.

Die untere Kerze von Zylinder Nr. 6 wies je einen Kohlefaden zwischen der Mittelelektrode und beiden Masseelektroden auf. Sie war völlig schwarz und mit zahlreichen kleinen Bleikügelchen belegt.

Die untere Kerze von Zylinder Nr. 1 war völlig verölt und aus dem Innern des Zylinders lief Öl aus, als die untere Zündkerze demontiert wurde. Dies ist wahrscheinlich auf die Endlage nach dem Unfall zurückzuführen (siehe Bild 5).

Auf dem Prüfgerät funktionierten die beiden Kerzen von Zylinder Nr. 6 und die verölte untere Kerze von Zylinder Nr. 1 nicht, alle andern Kerzen funktionierten.



Bild 1 Obere Zündkerze von Zylinder 6



Bild 2 Untere Zündkerze von Zylinder 6 mit Kohlefäden zwischen der Mittelelektrode und beiden Masseelektroden.

1.4.2 Zündmagnete

Der Zündzeitpunkt war bei beiden korrekt auf 20° vor dem oberen Totpunkt (OT) eingestellt.

Die beiden Zündmagnete wurden später auf der Prüfbank getestet und funktionierten einwandfrei. Bei der anschließenden Zerlegung und Inspektion der Einzelteile wurden keine Mängel festgestellt welche die korrekte Funktion hätten beeinträchtigen können.

1.4.3 Treibstoffeinspritzung

Alle sechs Einspritzdüsen wurden in sauberem Zustand vorgefunden.

Ein Vergleich der Einspritzmenge zeigte bei allen sechs Düsen ungefähr den gleichen Durchfluss.

Die Innenseite des *fuel injection servo* (Einspritzregler), die Drosselklappe und das Ansaugrohr waren mit einem schmierigen schwarzen Belag versehen.

Am Lufteinlasstrichter des *fuel injection servo* und auf der Kante der Drosselklappe hafteten zahlreiche feingehackte pflanzliche Partikel, die auf den Kontakt mit dem Maisfeld zurück zu führen sind (siehe Bild 3 und 4).

Der *fuel injection servo* wurde später auf der Prüfbank nach den Vorgaben des Herstellers getestet. Er funktionierte einwandfrei und sämtliche Messwerte entsprachen den vorgeschriebenen Werten.

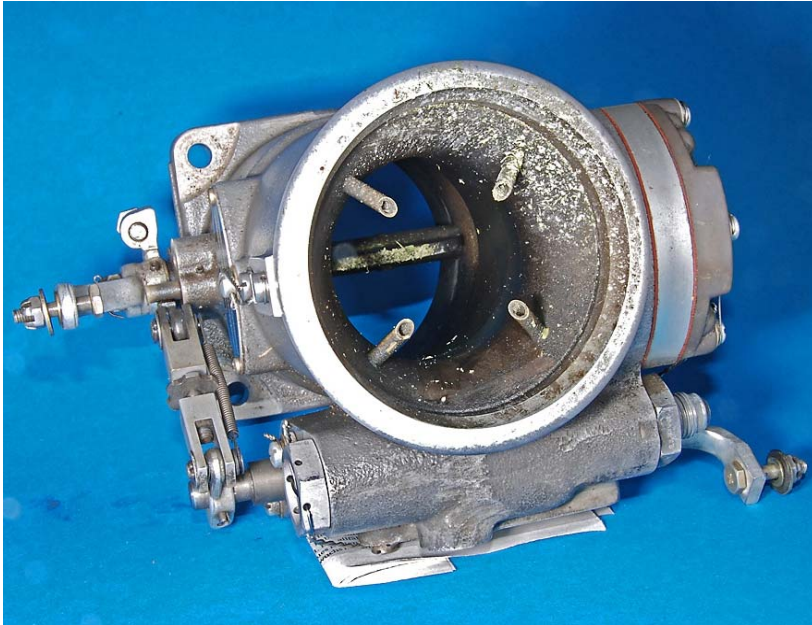


Bild 3: *fuel injection servo*



Bild 4 Öliges Belag und pflanzliche Partikel am Lufteintritt des *fuel injection servo* und auf der Kante der Drosselklappe.

1.4.4 Kompression

Die Kompression wurde mit Druckluft von 6 bar gemessen und war bei allen Zylindern normal, die Leckagen betragen ca. 10-20% *blow-by*.

1.4.5 Auslassventile

Alle sechs Auslassventile wurden darauf geprüft, ob sie leichtgängig waren. Dazu wurden die Ventildfedern ausgebaut und die Ventile von Hand bewegt. Es wurden keinerlei Anzeichen von zu geringem Spiel oder Klemmen der Ventilschäfte festgestellt.

1.4.6 Standlauf

Der Motor wurde mit einem Bremspropeller ausgerüstet und einer Serie von Standläufen unterzogen.

Für die Standläufe wurde ein Satz neuer Zündkerzen eingebaut.

Der Motor lief einwandfrei und entwickelte eine hohe Leistung.

Die Standläufe dauerten gemäss Betriebsstundenzähler total 60 Minuten.

Bei Vollgas, einem Ladedruck (*manifold pressure*) von 28.7 inch Hg, einer Drehzahl von 2700 RPM und bei reicher Gemischregulierung (*mixture full rich*) betrug der Benzindurchfluss (*fuel flow*) 29 USG/h. Diese Werte wurden an den Motorinstrumenten im Cockpit abgelesen.

Es zeigte sich, dass die Grundeinstellung des Einspritzreglers (*fuel injection servo*) tendenziell fett war. Durch leichtes Verarmen des Gemischs mit dem Gemischhebel (*mixture*) stieg die Drehzahl bei Vollgas um bis zu ca. 80 RPM an und der *fuel flow* betrug noch 25 USG/h. Die beobachtete Drehzahlerhöhung entspricht einer Steigerung der Leistung um etwa 9%.

Wurde mit Mixtureeinstellung *full rich* mit dem Gashebel eine Drehzahl von 1000 RPM eingestellt, so konnte anschliessend die Drehzahl allein durch Zurückziehen des Mixturehebels bis auf 1200 RPM gesteigert werden.

Die Zündkerzen verrussten bei *mixture full rich* jeweils innert weniger Minuten.

Versuchsweise wurden einige wenige Liter Treibstoff in die Flügeltanks eingefüllt und der Motor bei Volllast mit dem Tankwählhahn in Stellung *wing tanks* betrieben, bis sich erste Aussetzer manifestierten. Trotz sofortiger Umstellung des Tankwählhahns auf Stellung *center tank* stellte der Motor ab und es dauerte längere Zeit, bis mit der *booster pump* wieder Treibstoff zum Motor gefördert wurde und dieser gestartet werden konnte.

Bei den Standläufen stellte der Motor mehrmals bei Volllast wegen Treibstoffmangels ab, weil über den Tankwählhahn ein leerer Tank zugeschaltet war. Dabei konnten weder Stichflammen aus dem Auspuff noch Knallgeräusche beobachtet werden, sowohl mit als auch ohne eingeschalteter Rauchanlage.

Mehrere Augenzeugen hatten ausgesagt, Stichflammen aus dem Auspuff beobachtet und Knallgeräusche vernommen zu haben, als der Motor aussetzte. Auf der Filmaufnahme ist weder eine Stichflamme aus dem Auspuff zu beobachten noch sind Knallgeräusche zu hören.

Die Rauchanlage hatte keine merkliche Auswirkung auf die Leistungsabgabe des Motors.

1.5 Zusätzliche Angaben zum Piloten

Der Pilot ist gelernter Automechaniker und war zum Zeitpunkt des Unfalls Inhaber einer Autogarage. Er kann daher als technisch versiert gelten.

1.6 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

1.6.1 Wrack

Im Einzelnen konnten am Wrack unter anderem folgende Feststellungen gemacht werden:

- Das Flugzeug stand mit dem Hauptfahrwerk, dem Bug und dem rechten Flügelende auf dem Boden, das Heck ragte in die Höhe.
- Das Hauptfahrwerk war seitwärts aus seiner Halterung am Rumpf nach links verschoben worden.
- Höhenmesseranzeige: 0 ft, QFE 963 hPa.
- Der Propellerhebel befand sich in der Stellung für maximale Drehzahl *high RPM*.
- Der Mixturehebel stand in Stellung *full rich*.
- Sämtliche elektrischen Schalter befanden sich in Stellung *OFF*.
- Zündschalter in Stellung *OFF*, Schlüssel abgezogen.
- Tankanzeigen, wie sie im Cockpit beschriftet waren:
Fuel Haupt Tank: 4/4
Fuel Wing Tank: 0
- Tankwählhahn in Stellung *OFF*.
Ein Augenzeuge, welcher selbst auch Pilot und mit der HB-MSX vertraut war, sagte aus, dass er sich nach dem Unfall sofort zum Flugzeug begeben und den Tankwählhahn geschlossen habe.
- Aus dem *fuel strainer* im Motorraum konnte sauberer Treibstoff abgelassen werden.
- Aus dem Rumpftank konnten etwa 47 l Treibstoff abgelassen werden.
- Die beiden Flügeltanks waren leer.
- Eine visuelle Prüfung der Ruderanschlüsse, Verbindungsgestänge, Umlenkehebel, Seilzüge und Spannschlösser sowie Umlenkrollen ergab keine Anhaltspunkte für vorbestandene Mängel.
- Die Becken- und Schultergurten wurden getragen und hielten der Beanspruchung stand.
- Die Zerstörung der Propellerblätter lässt den Schluss zu, dass der Motor beim Aufprall eine hohe Leistung abgab.



Bild 5 Endlage des Flugzeugs

1.6.2 Aufprall

Radspuren des Hauptfahrwerks konnten im Gras von der Piste bis zur Unfallstelle verfolgt werden. Die Graspiste des Flugfeldes Schaffhausen weist einen 4.1 m breiten Mittelstreifen auf, wo der Boden mit gitterförmigen Kunststoffelementen verstärkt ist. Die Fahrwerksspuren verliessen 99 m vor dem Ende der Piste 25 diesen Mittelstreifen nach rechts. Diese Spuren überquerten das Pistenende 9.9 m rechts von der Pistenmittellinie und setzten sich nach dem Flugplatzgelände und einem Feldweg in der nachfolgenden Wiese fort bis kurz vor die Unfallstelle. Die Radspuren verloren sich 12.5 m vor dem Maisfeld im Gras.

Im Maisfeld klaffte eine 8.2 m breite und 48 m lange Schneise, die Maispflanzen waren am Anfang des Feldes auf einer Höhe von 1.2 m über dem Boden gekappt. Das Flugzeug weist eine Spannweite von 8.0 m auf und die Vorderkante des Tragflügels befindet sich ca. 1.0 m über Boden, wenn das Flugzeug in Dreipunktlage auf dem Fahrwerk steht.

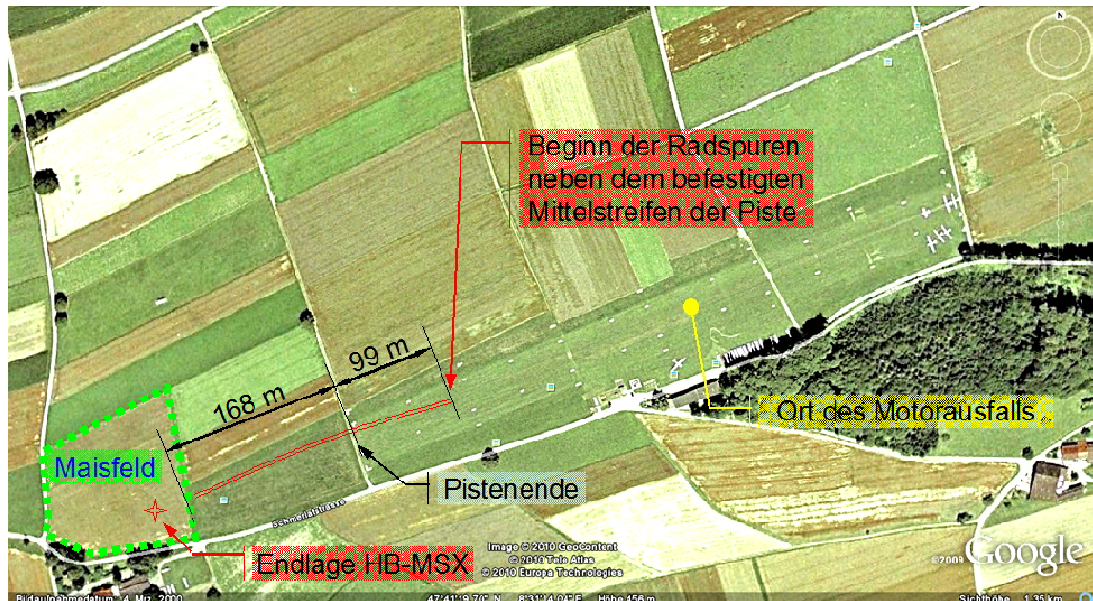


Bild 6 Piste, Radspuren und Endlage der HB-MSX im Maisfeld

1.7 Auszüge aus dem Luftfahrzeug-Flughandbuch und Checklisten

1.7.1 Angaben zur Landeleistung des Flugzeuges

Gemäss den Angaben des Luftfahrzeug-Flughandbuchs (*aircraft flight manual – AFM*) des Musters Extra EA-300/L ist bei den zum Zeitpunkt des Unfalls herrschenden Bedingungen auf Gras mit einer Landerollstrecke von 193 m zu rechnen. Diese Zahl beinhaltet gegenüber dem Wert für eine trockene Hartbelagspiste bereits einen Zuschlag für Graspiste von 15%. Berücksichtigt man auch das Gefälle von 1.85% vom Beginn der Radspuren bis zum Beginn des Maisfeldes und macht einen Zuschlag von 5% zur Rollstrecke pro 1% Gefälle, wie dies beispielsweise in JAR OPS vorgegeben ist, so resultiert eine zu erwartende Landerollstrecke von 211 m.

1.7.2 Verwendete Checklisten

Auf der Checkliste der HB-MSX ist u.a. eine Funktionsprüfung des Motors (*run up*) aufgeführt, bei welchem bei 1800 RPM die Funktion der einzelnen Zündmagnete und der Propellerverstellung geprüft werden.

Ausserdem ist ein *before departure check* mit neun Punkten aufgeführt. Die ersten beiden lauten:

„1	<i>Fuel quantity</i>	<i>? ? HOURS</i>
2	<i>Fuel Selector</i>	<i>ACRO/NORM?“</i>

1.7.3 Verfahren aus dem Luftfahrzeug-Flughandbuch

Im AFM steht auf Seite 4-4 Folgendes:

"4.2 CHECKLIST PROCEDURES

1) Cockpit

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| <i>1. Pilot's Operating Handbook</i> | <i>(AVAILABLE)</i> |
| <i>2. Airplane weight and balance</i> | <i>CHECKED</i> |
| <i>3. Ignition Switch</i> | <i>OFF</i> |
| <i>4. Master switch</i> | <i>ON</i> |
| <i>5. Fuel quantity indicators</i> | <i>CHECK</i> |
| <i>6. Master switch</i> | <i>OFF</i> |
| <i>7. Fuel Selector *</i> | <i>ACRO & CENTER TANK</i> |

NOTE *

Although safe operation did not require the use of the tanks in a specific sequence, it is recommended to set fuel selector to "ACRO & CENTER TANK" position!"

Und auf Seite 4-7 des AFM steht:

"4.5.1 BEFORE TAKE OFF

Before you line up on the runway for take-off:

- Check oil pressure and oil temperature.*
- Check the magnetos at 1800 RPM. Allowed drop is 175 RPM (max. difference 50 RPM)*
- Check Alternator Output*
- Move also the propeller control through its complete range to check operation return to full "HIGH RPM" position. Turn boost pump "ON" (check indicator movement on the fuel flow gauge)."*

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Für einen Motorausfall kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Mechanisches Versagen des Motors
- Störung des Ladungswechsels durch Verklemmen der Ein- oder Auslassventile
- Störung des Ladungswechsels durch Verstopfung des Ansaugkanals oder des Abgastrakts
- Ausfall der Zündung
- Störung der Gemischaufbereitung
- Unterbrechung der Treibstoffversorgung

Bei der Untersuchung konnte keine technische Ursache gefunden werden, welche das Aussetzen des Motors erklären würde. Als Ursache für den unvermittelten Ausfall des Motors kommt nur eine Unterbrechung der Treibstoffversorgung in Frage. Alle andern möglichen Ursachen lassen sich aufgrund der Befunde der Untersuchung faktisch ausschliessen.

Ein mechanisches Versagen des Motors kann aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

1. Ein mechanisches Versagen wäre irreversibel; der Motor gab aber zum Unfallzeitpunkt wieder hohe Leistung ab.
2. Die Untersuchung erbrachte keinen Hinweis auf ein mechanisches Versagen.
3. Der Standlauf zeigte, dass ein mechanisches Versagen des Motors ausgeschlossen werden kann.

Ein Verklemmen der Ein- oder Auslassventile kann aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

1. Alle Auslassventile wurden auf Leichtgängigkeit geprüft und dabei fand sich kein Hinweis auf Klemmen der Ventilschäfte. Alle Ventile waren leichtgängig. Typischerweise käme es zu bleibenden Schäden am Ventiltrieb, wenn ein Ventilschaft klemmt.
2. Beim Standlauf traten keinerlei Anzeichen von Ventilklemmen auf.
3. Der Motor wies seit der Grundüberholung eine Betriebszeit von lediglich 231:04 h auf. Wie andere Fälle zeigen, treten solche Störungen an Lycoming Motoren in Flächenflugzeugen – falls überhaupt – erst bei 1000 h oder mehr auf.
4. Falls sich ein Ventil verklemmt hätte, dann wäre ein sehr unrunder, stotternder Motorlauf und ein deutlicher Leistungsverlust die Folge gewesen. Dies war aber nachweislich nicht der Fall. Der Motor setzte völlig aus, wie auf der Filmaufnahme klar dokumentiert ist.

Es kann ausgeschlossen werden, dass während des Startlaufs bis zum Motorausfall der Einlasskanal verstopft wurde. Auf der Filmaufnahme ist das Flugzeug während des Startlaufs bis zum Ausfall der Motorleistung ununterbrochen zu sehen. In diesem Zeitintervall ist nicht zu beobachten, dass irgendwelche Fremdkörper, welche eine Verstopfung hervorrufen könnten, in den Lufteinlass des Motors eingesaugt werden. Ebenfalls wurde nicht festgestellt, dass Teile des Lufteinlasses oder der Motorverschalung um den Lufteinlass herum fehlten. Es ist deshalb auszuschliessen, dass irgend ein Gegenstand in den Lufteinlass des Motors eingesaugt wurde und diesen einschränkte oder verstopfte.

Weiter ist unwahrscheinlich, dass das Abgassystem des Motors vorübergehend verschlossen bzw. teilweise verschlossen wurde. Ein derartiger Vorfall könnte durch lose gewordene Teile des Abgassystems, z.B. des Schalldämpfers, verursacht worden sein. Am Abgassystem wurden äusserlich keine Auffälligkeiten oder fehlende Teile bemerkt.

Auf der Filmaufnahme ist zu hören, dass nach dem Aussetzen des Motors noch vereinzelt Zündungen erfolgten; da die Rauchanlage noch in Betrieb war, traten auch vereinzelt weisse Rauchwolken aus dem Auspuffrohr aus. Ein solches Bild würde bei einer verstopften Abgasanlage nicht auftreten.

Ein Ausfall der Zündung kann aus folgenden Gründen ebenfalls ausgeschlossen werden:

1. Der Motor weist zwei unabhängige Zündsysteme auf. Beim vollständigen oder teilweisen Ausfall eines Zündsystems wäre der Motor dank dem andern Zündsystem weitergelaufen und hätte lediglich einen gewissen Leistungsverlust erlitten.
2. Ein Defekt an einem Zündsystem wäre mit aller Wahrscheinlichkeit von dauerhafter Natur gewesen und nicht innert Sekunden von selbst wieder spurlos verschwunden. Der Motor entwickelte aber zum Unfallzeitpunkt wieder hohe Leistung.
3. Beim Standlauf traten keinerlei Anzeichen für eine Störung an einem der beiden Zündsysteme auf.
4. Die Untersuchung der beiden Zündmagnete ergab, dass der Zündzeitpunkt korrekt eingestellt war und sie einwandfrei funktionierten. Bei der Zerlegung ergab sich kein Hinweis auf eine Störung.
5. Die verrussten Zündkerzen von Zylinder Nr. 6 könnten durchaus einen unruhigen Motorlauf und einen merklichen Leistungsverlust zur Folge gehabt haben. Es ist jedoch auszuschliessen, dass der Motor deswegen so ausgesetzt hätte, wie dies beobachtet und auf der Filmaufnahme dokumentiert wurde.

Eine Störung der Gemischaufbereitung könnte durch einen Defekt an der Einspritzanlage verursacht worden sein.

Ein Defekt der Einspritzanlage kann aber aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

1. Der Motor gab zum Unfallzeitpunkt eine hohe Leistung ab. Ein allfälliger Defekt der Einspritzanlage hätte dies verunmöglicht.
2. Beim Standlauf traten keinerlei Anzeichen für eine Störung des Einspritzsystems auf.
3. Die Untersuchungsergebnisse ergaben keinen Hinweis auf einen Defekt der Einspritzanlage.

Aus folgenden Gründen ist auch auszuschliessen, dass der Motorausfall durch eine vorübergehende Verstopfung im Einspritzsystem, insbesondere in den Einspritzdüsen, verursacht wurde:

1. Die Untersuchung zeigte, dass alle sechs Einspritzdüsen sauber waren und etwa den gleichen Durchfluss aufwiesen.
2. Die Einspritzdüsen weisen den kleinsten Öffnungsquerschnitt im gesamten Einspritzsystem auf. Ein Fremdkörper würde mit grosser Wahrscheinlichkeit entweder darin hängen bleiben oder aber ohne Probleme durchgehen.
3. Die Verstopfung einer oder allenfalls mehrerer Einspritzdüsen hätte einen markanten Leistungsverlust verbunden mit einem unrunder Motorlauf zur Folge gehabt. Dies entspricht jedoch nicht der beobachteten und durch die Filmaufnahme dokumentierten Motorstörung, durch welche der Motor unvermittelt aussetzte.

Ein Unterbruch der Treibstoffversorgung könnte durch eine Verstopfung, einen Leitungsbruch, durch eine grosse Menge Wasser im Treibstoffsystem, durch den gleichzeitigen Ausfall beider Treibstoffpumpen, durch ungenügenden Treibstoffvorrat oder durch eine falsche Stellung des Tankwählahns verursacht worden sein.

Eine Verstopfung oder ein Leitungsbruch im Treibstoffsystem und ebenso der gleichzeitige Ausfall beider Treibstoffpumpen können aus folgenden Gründen ausgeschlossen werden:

1. Der Motor gab zum Unfallzeitpunkt eine hohe Leistung ab. Eine der oben genannten Störungen hätte dies verunmöglicht.
2. Beim Standlauf traten keinerlei Anzeichen für eine Störung der Treibstoffversorgung auf.

Ein ungenügender Treibstoffvorrat kann ebenfalls ausgeschlossen werden, denn nach dem Unfall konnten etwa 47 l Treibstoff aus dem Rumpftank abgelassen werden. Ausserdem gab der Motor zum Unfallzeitpunkt wieder eine hohe Leistung ab, was ohne Treibstoff unmöglich gewesen wäre.

Die Untersuchung ergab keinerlei Hinweise darauf, dass Wasser im Treibstoffsystem vorhanden war. Die Laboranalyse der Treibstoffprobe aus dem Tank des Flugzeugs zeigte, dass der Treibstoff klar und frei von ungelöstem Wasser und festen Stoffen war. Somit ist Wasser im Treibstoff als Ursache für den Motorausfall ausgeschlossen.

Die einzig plausible Möglichkeit die verbleibt, ist eine falsche Stellung des Tankwählahns. Sind beim Start die annähernd leeren WING TANKS gewählt, dann setzt der Motor nach kurzer Zeit aus.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Der Pilot versuchte zu keinem Zeitpunkt, den Start abubrechen und zu bremsen, auch nicht, als das Flugzeug ausserhalb des Flugplatzgeländes auf einer Wiese weiterrollte.

Das Verhalten des Piloten weist zwei bemerkenswerte Aspekte auf:

- Nachdem der Motor ausgefallen war, brach der Pilot den Start nicht ab, obwohl das Flugzeug wieder aufgesetzt hatte und ausserhalb des Flugplatzgeländes rollte.
- Als der Motor, der noch Sekunden zuvor ausgesetzt hatte, wieder Leistung abgab, versuchte der Pilot den Start fortzusetzen.

Diese Vorgehensweise erstaunt nur auf den ersten Blick und wird sofort plausibel, wenn man davon ausgeht, dass der Pilot erkannt hatte, weshalb der Motor ausgesetzt hatte und er erwarten konnte, dass die Motorleistung im nächsten Moment wieder einsetzen würde. Es erscheint deshalb wahrscheinlich, dass eine falsche Stellung des Tankwählhahns zu Beginn des Startlaufes den Motorausfall verursacht hat. Als der Motor kurz nach dem Abheben deswegen aussetzte, erkannte der Pilot die Ursache und stellte den Tankwählhahn augenblicklich auf die Stellung *ACRO & CENTER TANK* um. Er ging davon aus, dass einige Sekunden später die Motorleistung wieder einsetzen würde und wartete darauf. Deshalb brach er den Start nicht ab, und als der Motor wieder die volle Leistung abgab, versuchte er abzuheben. Es ist denkbar, dass der Pilot aufgrund der Flugleistungen seiner Maschine hoffte, das Maisfeld überfliegen zu können.

Der Pilot gab zu Protokoll, dass er vor dem Start keinen *run-up* gemacht habe, weil er vorher bereits zwei Stunden geflogen war. Diese Begründung ist aus Sicht der Flugsicherheit mit Risiken behaftet und widerspricht der Idee dieses Verfahrens. Mit einem Abbremsen des Motors und einem Magnetcheck (*engine run-up*) vor dem Start wäre mit Sicherheit das Problem der verrussten und nicht funktionstüchtigen unteren Zündkerze von Zylinder Nr. 6 erkannt worden und wahrscheinlich hätte es sich auch leicht beheben lassen. Möglicherweise hätte sich durch einen *run-up* auch eine falsche Stellung des Tankwählhahns manifestiert, weil der Treibstoff noch während der Funktionsprüfung des Motors ausgegangen wäre.

Im Flugbetrieb dienen Checklisten dazu, Fehler und Versehen von Piloten möglichst zu reduzieren. Im vorliegenden Fall liegt der Schluss nahe, dass der Pilot die vorhandenen Checklisten nicht oder nicht konsequent angewendet hat.

Wie eine Abschätzung der Landeleistung des Musters Extra EA-300/L zeigt, sind auf Gras weniger als 220 m notwendig, um das Flugzeug nach dem Aufsetzen abzubremsen. Im vorliegenden Fall setzte das Flugzeug mindestens 267 m vor dem Kontakt mit dem Maisfeld auf. Ein konsequenter Startabbruch unter dosiertem Einsatz der Bremsen hätte folglich die Möglichkeit für ein rechtzeitiges Anhalten vor dem Hindernis eröffnet oder wenigstens die Geschwindigkeit vor dem Kontakt mit dem Maisfeld auf ein Minimum reduziert, was die Gefährdung des Piloten und die Beschädigung des Flugzeuges verringert hätte.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum VFR-Verkehr bei Tag zugelassen.
- Zum Unfallzeitpunkt betrug der Treibstoffvorrat noch ca. 47 l, was einer Restflugzeit von mindestens 30 Minuten Kunstflug entsprach.
- Masse und Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der gemäss AFM zulässigen Grenzen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.
- Die letzte Zustandskontrolle hatte am 18. April 2008 bei 769:34 Stunden stattgefunden.
- Die letzte 100 h Kontrolle hatte am 18. April 2008 bei 769:34 Stunden stattgefunden.
- Die letzte planmässige Wartung war eine 25 h Kontrolle und hatte am 15. August 2008 bei 797:08 Stunden stattgefunden.

3.1.2 Betriebliche Aspekte

- Vor dem Start führte der Pilot keinen *engine run-up* durch.
- Beim Start setzte der Motor des Flugzeuges kurz nach dem Abheben in einer Höhe von rund 2 m aus.
- Das Flugzeug landete wieder auf der Piste und rollte über das Pistenende in eine angrenzende Wiese.
- Nach einer gewissen Rollstrecke in der Wiese setzte die Motorleistung wieder ein und der Pilot versuchte, den Start fortzusetzen.
- Das Flugzeug hatte etwa 20 cm abgehoben, als es mit einem ca. 2 m hohen Maisfeld kollidierte, welches sich in einer Entfernung von 168 m vom Pistenende befand.

3.1.3 Besatzung

- Der Pilot besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Der Pilot verfügte über eine Gesamtflugerfahrung von 1014:20 h und einen aktuellen Trainingsstand von 27:23 h während der letzten 90 Tage vor dem Unfall.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen des Piloten während des Unfallfluges vor.
- Der Pilot ist aufgrund seiner beruflichen Ausbildung technisch versiert und kennt sich mit Motoren aus.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Der Unfall ereignete sich beim Start zu einer Kunstflugvorführung an einer Flugveranstaltung.
- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Unfallverlauf.

3.2 Ursache

Der Unfall ist auf eine Kollision mit Hindernissen unmittelbar nach dem Abheben zurückzuführen, weil der Start nach einem vorübergehenden Motorausfall fortgesetzt wurde. Der Motor hatte ausgesetzt, weil der Tankwählhahn beim Start wahrscheinlich in einer Stellung stand, welche die Zufuhr des Treibstoffs zum Motor nicht gewährleistete.

Zum Unfall hat möglicherweise beigetragen, dass vor Beginn des Startlaufs keine Motorenkontrolle durchgeführt wurde.

Payerne, 20. April 2011

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des BFU über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 1. November 2001, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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