

Untersuchungsbericht

CX006-0/99
April 2000

Sachverhalt

Art des Ereignisses:	Unfall
Datum:	29. April 1999
Ort:	Straubing
Luftfahrzeug:	Flugzeug
Hersteller / Muster:	Beriev BE103
Personenschaden:	eine Person tödlich verletzt
Sachschaden:	Luftfahrzeug zerstört
Drittschaden:	keiner

Flugverlauf

Mit o.g. Flugzeug sollte ein Testflug zur Durchführung von Schwingungsmessungen an den Luftschrauben durchgeführt werden.

Bei dem Luftfahrzeug handelte es sich um den Prototyp eines 6-sitzigen, zweimotorigen Amphibienflugzeuges russischer Bauart. Der Tiefdecker wurde von zwei Kolbentriebwerken des Modells Teledyne Continental IO-360 E5, die auf hydraulisch verstellbare Dreiblattluftschrauben wirken, angetrieben. Im Rahmen der russischen Musterzulassung waren Nachweise über das Schwingungsverhalten und die Steifigkeit der Luftschraubenblätter zu führen. Zu diesem Zweck wurde beim Hersteller der Luftschrauben in Straubing am linken Triebwerk ein Testpropeller montiert, dessen Blätter mit Dehnmessstreifen ausgerüstet waren. Die Messbrücken und Telemetriesender wurden in speziellen Halterungen anstelle des Spinners montiert. Die Datenaufzeichnungsanlage war in der Kabine unterge-

bracht. Da während der Messflüge das Drehzahl-spektrum bis zu einer Maximaldrehzahl von 105 % der höchstzulässigen Motordrehzahl gemessen werden sollte, wurde der Luftschraubenregler des linken Triebwerkes so eingestellt, dass sich ein Maximalwert von 2940 U/min ergab.

Des Weiteren wurde der rechte Propeller und beide Propellerregler, die noch Vorserienteile waren, gegen die Serienaggregate ausgetauscht.

Danach wurden zunächst mehrere Standläufe durchgeführt, die der Kalibrierung der Messausrüstung und der Aufnahme von Meßwerten dienten.

Der Testflug wurde mit einer Videokamera aufgezeichnet. Dem Film war zu entnehmen, dass der verantwortliche Flugzeugführer zum Start an das äußerste Ende der 940 m langen Asphaltbahn rollte, dort im Stand die Triebwerke einregulierte und erst dann den Startlauf begann. Die Startrollstrecke hätte

entsprechend dem Beladungszustand nach Aussagen des Herstellers etwa 300 m betragen müssen. Das Flugzeug rollte jedoch bis weit hinter die Halbbahnmarkierung, rotierte dann auffällig lange und hob erst nach einer Rollstrecke von etwa 700 m mit großem Anstellwinkel ab. Nach einem Höhengewinn von etwa 10 - 15 m fuhr der verantwortliche Flugzeugführer das Fahrwerk ein. Unmittelbar darauf geriet das Flugzeug in einen flachen Sinkflug mit großem Anstellwinkel und kurvte nach links, bevor es wenige Sekunden vor dem Unfall aus dem Bild verschwand. Während des gesamten Fluges war ein gleichmäßiges, normales Triebwerkgeräusch zu hören.

Etwa 600 hinter dem Ende der Startbahn prallte das Luftfahrzeug gegen eine Straßenböschung und geriet in Brand. Bei dem Unfall wurde der verantwortliche Flugzeugführer tödlich verletzt. Das Flugzeug wurde durch den Aufprall und das Feuer zerstört.

Untersuchung

Der Unfall wurde zunächst durch Beauftragte für Flugunfalluntersuchung untersucht, die weiteren Ermittlungen vor Ort wurden dann von zwei Mitarbeitern der BFU durchgeführt.

Da der Unfallhergang auf einen Leistungsmangel schließen ließ, wurden zunächst beide Triebwerke untersucht. Dabei ergaben sich keine, auf eine Triebwerkstörung hindeutenden, Befunde. Die Zündkerzen beider Motoren zeigten ein gleichmäßiges Verbrennungsbild, in den Einspritzanlagen fanden sich seitengleich Reste von Kraftstoff. Die Triebwerke ließen sich von Hand durchdrehen und eine boroskopische Untersuchung ergab keinen Hinweis auf mechanische Schäden an Zylindern, Kolben oder Ventilen.

Die Blätter beider Propeller waren in der Nähe der Nabe abgebrochen. Die Zerlegung der Luftschraubennaben ergab keinen Hinweis auf eine Fehlfunktion. Im Verstellmechanismus der rechten Nabe fand sich eine signifikante Schlagspur, die der Verstellzapfen eines Blattes im Rahmen des Aufpralles an der Schiebekulisse hinterlassen hatte. Anhand dieser Spur ließ sich der Einstellwinkel des Blattes zum Zeitpunkt der Bodenberührung ermitteln. Dieser betrug 8,5° und entsprach damit der kleinstmöglichen Steigung. Dieser Befund ist insofern bemerkenswert, als bei voller Leistungsabgabe des Triebwerkes dieser Wert selbst im Stillstand des Luftfahrzeuges überschritten wird, da ein so kleiner Einstellwinkel zum Überschreiten der höchstzulässigen Drehzahl führen und daher vom Propellerregler in Richtung größere Steigung verändert werden würde.

Beide Drehzahlregler wurden durch Prüfstandläufe getestet. Trotz Spuren von Hitzeeinwirkung funktionierten beide Regler noch einwandfrei. Die Einstellwerte entsprechend der Prüfprotokolle konnten nachvollzogen werden.

Auswertung des Flugdatenschreibers

Da es sich bei dem Luftfahrzeug um einen Prototyp handelte, war es mit einer Flugdatenaufzeichnungsanlage ausgerüstet. Bei dem Flugdatenschreiber handelte es sich um ein russisches Baumuster (BUR-LK), welches 39 Parameter aufzeichnet. Das Gerät wurde durch Aufprall und Feuer so schwer beschädigt, dass ein Auslesen der gespeicherten Daten auf normalem Wege nicht möglich war. Das Datenträgermodul wurde daher entnommen und beim Hersteller in St. Petersburg, Russische Föderation, geöffnet. Dabei zeigte sich, dass die interne Wärmeisolation den Datenspeicher, bestehend aus zwei 1 Mb Chips, so gut geschützt hatte, dass die Daten nach Anbringen einer Testverkabelung unversehrt herunter geladen werden konnten. Die Umsetzung der Rohdaten in eine synchronisierte Datei sowie die weitere Analyse wurde im Flugschreiberlabor der BFU durchgeführt.

Auf dem Recorder waren insgesamt 5:44 Stunden aufgezeichnet. Die Daten endeten im Moment des Unfalles. Zu Vergleichszwecken wurden die Triebwerkparameter während des Unfallfluges mit denen von vorausgegangenen Flügen verglichen. Dabei ergab sich folgende Auffälligkeit:

Zum Start wurden bei allen vorhergehenden Flügen die Leistungshebel in die Position 60° (Vollgas) gebracht. Dabei stellte sich eine Drehzahl von ca. 2800 U/Min. und ein Ladedruck von ca. 28 inHg ein. Diese Werte entsprechen der Startleistung der Triebwerke. Bei Beginn des Startlaufes des letzten Fluges brachte der Flugzeugführer die Leistungshebel zunächst in die Stellung 35° (linkes Triebwerk), bzw. 37° (rechtes Triebwerk), was zu einer Drehzahl von ca. 2800 U/Min und einem Ladedruck von 17 inHg (links) und 19 inHg (rechts) führte. Diese Werte entsprechen einer Leistungsabgabe, die an der unteren Grenze des Reisefluges liegt und zum Start ungeeignet ist. Während des Startlaufes sank der Ladedruck kontinuierlich ab, was systembedingt normal ist. Nach dem Abheben wurden die Leistungshebel um ca. 3° zurückgenommen. Der dadurch verursachte Ladedruckabfall ergab eine zur Fortsetzung des Fluges eindeutig zu geringe Leistungsabgabe. Die Fluggeschwindigkeit lag während des gesamten Fluges bei etwa 120 km/h. Während des letzten Teiles sprach die Überziehwarnung an.

Beurteilung

Wie die erhobenen Befunde dokumentieren, führte eine mangelnde Leistungsabgabe der Triebwerke dazu, dass das Luftfahrzeug erst nach einer ungewöhnlich langen Startrollstrecke abhob, keine Höhe gewann und schließlich mit einer Straßenböschung kollidierte.

Der Auswertung des Flugdatenschreibers zufolge, brachte der verantwortliche Flugzeugführer die Leistungshebel bei Beginn des Startlaufes nicht in die Vollgasstellung, sondern in eine Position, die zu einer stark reduzierten Leistungsabgabe der Triebwerke führte. Nach dem Abheben reduzierte er die Leistung noch weiter. Technische Fehlfunktionen, die dies erklären würden, wurden nicht ermittelt.

Die Regelung der als sog. Constant-Speed-Propeller ausgeführten Luftschrauben funktioniert so, dass die über die Drehzahlverstellhebel vorgeählte Triebwerkdrehzahl durch hydraulisches Verstellen der Propellersteigung konstant gehalten wird. Sinkt die Drehzahl unter den Sollwert, so verringert sich die Steigung, übersteigt sie diesen, werden die Luftschraubenblätter in eine größere Steigung gebracht. Zum Setzen der Startleistung werden die Drehzahlverstellhebel in die Stellung „maximale Drehzahl“ gebracht und dann die Leistung erhöht. Die Luftschrauben bleiben dabei so lange in der kleinsten Steigung, bis aufgrund der Leistungszufuhr die höchstzulässige Drehzahl erreicht wird und verstellen sich dann analog zur weiteren Leistungserhöhung in größere Steigung. Der Verstellvorgang beginnt im Stand bereits bei einer mittleren Leistungseinstellung. Das bedeutet, dass die Leistungshebel nach Erreichen der höchstzulässigen Drehzahl weiter, bis in die Vollgasstellung vorgeschoben werden müssen, um die Startleistung einzustellen. Eine Überschreitung der Maximaldrehzahl wird durch die Luftschraubenregelung verhindert.

In diesem Fall war der Regler des linken Triebwerkes zu Testzwecken so eingestellt, dass er eine Überschreitung der höchstzulässigen Drehzahl um 5% zuließ. Es war daher erforderlich, vor dem Start, nach Setzen der Startleistung durch Verstellen des Drehzahlwählhebels, die Drehzahl dieses Triebwerkes auf den höchstzulässigen Wert zu reduzieren, um eine Überdrehzahl während des Starts zu verhindern. Die dabei auftretende kurzfristige Überschreitung während des Regelvorganges wäre ohne Bedeutung gewesen.

Die erhobenen Befunde deuten mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass der Flugzeugführer dieses Verfahren nicht anwendete, sondern statt dessen nur so viel Leistung setzte, dass die Triebwerke gerade ihre Maximaldrehzahl erreichten. Dies dokumentierten die Triebwerkparameter, die Stellung der Leistungshebel sowie die rekonstruierte Stellung der rechten Luftschraube,

die sich zum Zeitpunkt der Bodenberührung in der kleinstmöglichen Stellung befand.

Mit steigender Geschwindigkeit stieg die Drehzahl als Folge des sich verringern den relativen Anstellwinkels und damit des Widerstandes an den Propellerblättern geringfügig an. Dies versuchte der Flugzeugführer dadurch zu korrigieren, dass er kurz nach dem Abheben die Leistung noch weiter reduzierte.

Die Auswertung der Flugschreiberdaten früherer Flüge zeigte, dass der Luftfahrzeugführer bei diesen das System korrekt bediente, d.h. die Leistungshebel in die Vollgasstellung brachte, was zu einem normalen Regelverhalten der Luftschraubenregelung führte. Sein Verhalten stand daher offensichtlich in Zusammenhang mit der für die Erprobungsflug veränderten Reglereinstellung am linken Triebwerk. Zur Verhinderung einer Überschreitung der höchstzulässigen Drehzahl benutzte er die Leistungshebel, anstatt die Drehzahlwählhebel. Dies führte zu einer Leistungsabgabe, die so gering war, dass eine Fortsetzung des Fluges nicht möglich war.

Nach Aussagen von Mitarbeitern des Propellerherstellers wurden dem Flugzeugführer die korrekten Verfahren vor dem Flug ausführlich erläutert. Man war sich jedoch nicht sicher, inwieweit er die Ausführungen tatsächlich verstanden hatte. Während die übrigen Mitarbeiter des Flugzeugherstellers sich einer Dolmetscherin bedienten, die sämtliche Gespräche von der englischen in die russische Sprache übersetzte, lehnte er diesen Dienst ab. Den Angaben zufolge beherrschte er einige Sätze in Deutscher Sprache nahezu akzentfrei. Erst im weiteren Verlauf der Konversationen wurde offenbar, dass er dem Gespräch nicht folgen konnte. Es wurde dann versucht, teils in englisch, das Testprogramm und die entsprechenden Verfahren mit ihm zu besprechen.

Die Videoaufzeichnung des Fluges zeigte deutlich das schlechte Beschleunigungsverhalten des Flugzeuges und die ungewöhnlich lange Rollstrecke. Es wäre dabei zu jedem Zeitpunkt möglich gewesen, den Start abubrechen, zumal das Gelände hinter der Startbahn eben und über mehrere hundert Meter hindernisfrei war.

Schlussfolgerungen

Der Unfall wurde dadurch verursacht, dass der Flugzeugführer einen Start mit stark reduzierter Triebwerkleistung versuchte und diesen nicht rechtzeitig abbrach. Technische Ursachen wurden nicht ermittelt. Die falsche Leistungseinstellung ist auf eine Fehlinterpretation der Funktionsweise und Verfahren in Zusammenhang mit der Luftschraubenregelung zurückzuführen.

Obwohl diese Kenntnisse zum Allgemeinwissen eines Flugzeugführers auf Luftfahrzeugen dieser Kategorie gehören, wurden sie durch Mitarbeiter des Luftschraubenherstellers und den russischen Testflugingenieur im Rahmen der Vorbesprechungen zu den Flugversuchen erläutert. Mit hoher Wahrscheinlichkeit verstand der Luftfahrzeugführer diese Erklärungen nicht in allen Punkten. Auf die Unterstützung durch eine Dolmetscherin verzichtete er.

Die geplanten Flugversuche hätten bei korrekter Durchführung nicht zu einer Leistungsminderung der Triebwerke geführt.

Untersuchungsführer Hasenfuß

Flugschreiberauswertung Dipl.-Ing. Thiel, Dipl.-Ing. Ritschel