

Untersuchungsbericht

3X023-0/01
September 2002

Sachverhalt

Art des Ereignisses:	Unfall
Datum:	27. März 2001
Ort:	bei Birkenfeld
Luftfahrzeug:	Hubschrauber
Hersteller / Muster:	Eurocopter SA 315B "Lama"
Personenschaden:	Hubschrauberführer leicht verletzt
Sachschaden:	Hubschrauber zerstört
Drittschaden:	Flurschaden

Flugverlauf

Mit o.g. Hubschrauber wurden Außenlastflüge zur Waldkalkung durchgeführt. Während der Lastaufnahme zum vierten Arbeitsflug nach einer Tankpause, der Kalkbehälter war zu diesem Zeitpunkt bereits etwa 2 m hoch angehoben, bemerkte der Hubschrauberführer ein Rucken in den Pedalen der Heckrotorsteuerung. Unmittelbar darauf wurde die Heckrotorsteuerung wirkungslos und der Hubschrauber begann, sich um die Hochachse entgegen dem Uhrzeigersinn zu drehen. Nach mehreren Umdrehungen berührte der Hauptrotor die Spitzen mehrerer Bäume, der Hubschrauber prallte auf den Boden auf und kam auf der rechten Seite liegend zum Stillstand.

Untersuchung

Der Unfall wurde vor Ort durch einen Beauftragten der BFU untersucht. Dabei wurde festgestellt:

Zwei der drei Heckrotorblätter waren seitlich abgebrochen, das dritte Blatt war lediglich geknickt. An den Vorderkanten der Blätter zeigten sich keinerlei Schlagmarken, die auf eine Drehung zum Zeitpunkt der Bodenberührung hinwiesen. Die Heckrotorantriebs-

welle war kurz hinter der Kabine abgeknickt, zeigte aber keine Spuren einer hohen Torsionsbeanspruchung. Das Heckrotorgetriebe war noch mit Öl gefüllt. Es ließ sich einwandfrei durchdrehen und war in der Lage ein Drehmoment zu übertragen. Die Heckrotorsteuerung war, abgesehen von einem aufprallbedingten Abriss des Steuerseiles auf der hinteren Trommel, durchgängig und funktionsfähig.

Der größte Teil des Öles aus dem Hauptgetriebe war an der Unfallstelle ausgelaufen. Das Öl war auffällig rostbraun verfärbt. Der Ölfilter sowie der magnetische Späneanzeiger war frei von Spänen. Auf eine chemische Analyse des Öls wurde im Verlauf der Untersuchung seitens der BFU verzichtet.

Beim Durchdrehen des Hauptgetriebes von Hand zeigte sich, dass die Hauptrotorwelle kein Drehmoment mehr auf die Heckrotorantriebswelle übertrug. Der Abtriebsflansch am Hauptgetriebe ließ sich leicht durchdrehen. Da von einem internen Schaden im Hauptgetriebe auszugehen war, wurde es aus dem Hubschrauber ausgebaut und zur weiteren Untersuchung zur BFU nach Braunschweig transportiert.

Bei der Zerlegung des Getriebes zeigte sich, dass sämtliche Teile im Inneren des Gehäuses mit einer rotbraunen Schmiere überzogen waren. Das Kegelrad auf der Hauptrotorwelle, welches dem Antrieb des Heckrotors dient, ließ sich relativ zur Welle drehen. Konstruktiv sind hier eine Keilwellenverbindung mit Übergangspassung und eine hohe axiale Vorspannung mittels Wellenmutter vorgesehen. Letztere ließ sich nach Entfernung der Drahtsicherung von Hand abschrauben.

Die Verzahnung auf der Hauptrotorwelle war so weit abgetragen, dass kein Formschluss mehr zum Kegelrad bestand. Der Materialverlust der Verzahnung war

über den Umfang gleichmäßig. Der Bereich der Verbindung war angefüllt mit rostfarbenen Schlamm. Späne oder Partikel der fehlenden Verzahnung waren nicht sichtbar. In den Resten der Verzahnung wurden aber Kunststoffpartikel entdeckt.

Eine spätere Analyse der Partikel ergab, dass es sich um einen Lagerkleber, ähnlich einem unter dem Handelsnamen „Loctite“ bekannten Produkt handelte.

Auf Befragen erklärte der Hersteller des Hubschraubers, dass die Instandhaltungsunterlagen die Verwendung eines solchen Produktes nicht vorsehen und dass es für die Funktion schädlich sei.

Der Luftfahrttechnische Betrieb, der die letzten Grundüberholungen an dem Getriebe durchgeführt hatte, findet die Anwendung sinnvoll und stützt sich auf langjährige Erfahrung bei ähnlichen Applikationen. Nach weiterer Auskunft des LTB wurde das Loctite nur dann verwendet, wenn die Keilwellenverbindung innerhalb der zulässigen Maßtoleranz gemäß Herstellervorschriften einen leichten Schiebesitz aufwies. In diesem Fall wurde es auf die Passflächen unterhalb der Keilwelle aufgetragen, um eine bessere Positionierung des Zahnrades zu erreichen.

Beim Hersteller ist ein ähnliches Bauteilversagen bekannt, das sich vor etwa 20 Jahren ereignete. Als Ergebnis der damaligen Untersuchung wurde eine Sonderkontrolle, die regelmäßig alle 400 (+ 20) Betriebsstunden durchzuführen ist, in das Wartungsprogramm der SA 315B aufgenommen. Bei dieser Kontrolle wird das Tangentialspiel am Abtriebsflansch des Getriebes gemessen. Ausweislich der vorliegenden Unterlagen über die Wartung wurde das Hauptgetriebe mit 304 Betriebsstunden (TSO) in den verunfallten Hubschrauber eingebaut. Die Kontrolle des Tangentialspiels wurde 208 h nach dem Einbau und 186 h vor dem Unfall durchgeführt.

Beurteilung

Wie die technischen Untersuchungen zeigten, hatte das Versagen einer Keilwellenverbindung im Hauptgetriebe einen Ausfall des Heckrotorantriebes zur Folge. Eine derartige technische Störung führt bei einem Hubschrauber zu einem Kontrollverlust, der im Schwebeflug fliegerisch nicht zu beherrschen ist.

Die Befunde an der Keilwellenverbindung sprechen für Verschleiß infolge Reibung, insbesondere Reibkorrosion. Auf eine genaue tribologische Schadensanalyse wurde verzichtet. Reibung bedingt zumindest kleinste Relativbewegungen der Kontaktflächen und die Schadensentwicklung erstreckt sich über einen längeren Zeitraum. Eine formschlüssige Verbindung ohne einen permanenten ausreichenden Kraftschluss kann auf diese Weise versagen.

Die konstruktive Gestaltung der Keilwelle und des Ritzels sieht nur bedingt eine spielfreie Übergangspassung vor. Bei voller Ausnutzung der Toleranzen gemäß der Unterlagen des Herstellers ist ein geringes Spiel

zwischen Ritzel und Keilwelle möglich. In diesem Fall bleibt nur die ziemlich hohe Vorspannung der Wellenmutter, um Relativbewegungen in axialer und in Umfangsrichtung zu verhindern.

Für das Auftreten von Verschleiß in der Verbindung kommen folgende Faktoren in Betracht:

1. Die Abmessungen von Keilwelle und Ritzel ergaben einen Schiebesitz. Die Übergangspassung nach Konstruktionszeichnung lässt das zu. Mit einer Presspassung oder durch eine günstige Paarung hätte man Relativbewegungen verhindern können.
2. Die Vorspannung über die Wellenmutter gemäß Herstelleranweisung reicht nicht aus, um bei Vorhandensein von Spiel in der Keilwellenverbindung Relativbewegungen völlig zu unterbinden.
3. Die Vorspannung reicht aus, aber die Wellenmutter wurde nicht mit dem erforderlichen Anziehdrehmoment montiert oder durch Verunreinigungen der Passflächen z.B. mit „Loctite“ traten Setzungen auf, die im Laufe der Zeit zu Axialspiel führten.

Es konnte im Rahmen der Untersuchung nicht geklärt werden, auf welche Weise das für den Verschleiß infolge Reibung erforderliche Spiel in der Verbindung eintrat.

Kennzeichnend für Verschleiß von Metallbauteilen in Getrieben ist das Vorhandensein von Abrieb und Korrosionsprodukten, wie Rost im Ölkreislauf. Dieser führt zu einer Verfärbung des Öles und setzt sich am magnetischen Späneanzeiger (Chip Detector) als braune Masse ab.

Eine Beurteilung der Wirksamkeit der vom Hersteller bereits seit langem vorgeschriebenen Sonderkontrolle durch Messen des Radialspiels am Abtriebsflansch war nicht Gegenstand der Untersuchung.

Schlussfolgerungen

Der Unfall war nach dem Versagen des Heckrotorantriebes unvermeidlich. Die Ursache für den Verschleiß, der zum Bauteilversagen führte, konnte nicht mit hinreichender Sicherheit ermittelt werden.

Sicherheitsempfehlungen

Nach Überzeugung der BFU stellt die kontinuierliche Überwachung des Getriebeöles auf rostrote Verunreinigungen die einzig sichere Methode zum Erkennen von Verschleiß dar. Der Hersteller veröffentlichte nach der Untersuchung das Service Alert Bulletin Nr.: 05.99, welches ein Programm zur fortlaufenden Überwachung des Getriebes durch Radialspielprüfung und Ölkontrolle vorsieht. Abgesehen davon hält die BFU die tägliche Ölkontrolle für die wirkungsvollste Maßnahme.

Untersuchungsführer Hasenfuß / Leibe

Untersuchung vor Ort Herzberg

Herausgeber:

Bundesstelle für
Flugunfalluntersuchung
Hermann-Blenk-Str. 16
38108 Braunschweig

mail: box@bfu-web.de
<http://www.bfu-web.de>
Tel: 0 531 35 48 0
Fax: 0 531 35 48 246

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG) vom 26. August 1998 durchgeführt. Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.