

Untersuchungsbericht

3X182-0/07
März 2009

Identifikation

Art des Ereignisses:	Unfall
Datum:	14. November 2007
Ort:	Hannover
Luftfahrzeug:	Hubschrauber
Hersteller / Muster:	MD Helicopters, Inc. / MD 900
Personenschaden:	drei Personen leicht verletzt
Sachschaden:	Luftfahrzeug schwer beschädigt
Drittsschaden:	keiner
Informationsquelle:	Untersuchung durch BFU

Sachverhalt

Ereignisse und Flugverlauf

Bei einer Notlandung kam der Hubschrauber von der befestigten Landebahn ab und kippte auf die linke Seite. Dabei wurde er schwer beschädigt, die drei Insassen erlitten leichte Verletzungen.

Die Besatzung, bestehend aus einem Piloten, einem Flugtechniker und einem Systemoperator, startete um 9:03 Uhr¹ auf dem Flughafen Hannover zu einem Fahndungseinsatz. Nach Abschluss des Auftrages wurde der Flughafen Hannover über Pflichtmeldepunkt ECHO angefliegen. Nach der Landefreigabe war um 10:42 Uhr ein Direktanflug auf den Hubschrauberlandeplatz Nummer 2 geplant. Nach Angaben des Piloten wurden hierzu die Triebwerksleistung und die Flugge-

schwindigkeit reduziert. Beim Ausschweben (Flare) in 40-60 ft Höhe mit 20-30 kt sollte die Leistung am Rotor wieder erhöht werden. Dabei drehte der Hubschrauber um die Hochachse nach rechts. Der Hubschrauberpilot versuchte die Drehung durch Betätigen des linken Pedals zu kompensieren, jedoch ohne Erfolg. Er entschied sich dann sofort wieder Geschwindigkeit aufzuholen und durchzustarten.

Nachdem die Fluglage wieder stabilisiert war, wurde um 10:45 Uhr Luftnotlage an den Kontrollturm Hannover gemeldet. Südlich des Flughafens Hannover kreisend versuchte die Besatzung das bestehende Problem zu analysieren. Jedes Mal kam es bei der Reduzierung der Fluggeschwindigkeit auf unter ca. 90 kt zum Gieren nach rechts um die Hochachse, trotz voll getretenen linken Pedals. Hierbei wurde zusätzlich eine heftige Vibration im gesamten Hubschrauber wahrgenommen. Der an Bord befindliche Flugtechniker führte mehrere Systemtests durch, die alle ohne Auffälligkeiten waren. Die Besatzung nahm einen Steuerungsausfall des Drehmomentenausgleichs für die ungewollte Drehung nach rechts an und entschied sich entsprechend dem Flughandbuch zu verfahren.

Es wurden mehrere Anflüge durchgeführt, bei denen versucht wurde, den Hubschrauber kontrolliert zu landen. Beim siebten Versuch wurde um 11:13 Uhr auf der nördlichen Piste 09L zuerst mit der linken Kufe, nach ca. 170 m mit beiden Kufen rutschend aufgesetzt. Nach ca. 380 m Rutschstrecke stellte sich der Hubschrauber quer und kam nach rechts von der Piste ab. Dabei brach die linke Kufe, der Hubschrauber kippte um und der Hauptrotor schlug in den Boden. Der Hubschrauber kam 13,7 m südlich der Piste auf der linken Seite zum Liegen. Die Besatzung stellte die noch laufenden Triebwerke manuell ab und konnte sich selbst aus dem Wrack befreien.

¹ Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen Ortszeit

Angaben zu Personen

Der 33-jährige Pilot war im Besitz einer gültigen Berufspilotenlizenz CPL(H) gemäß den Regelungen nach JAR-FCL 2, erstmalig ausgestellt am 09.11.2006, mit der eingetragenen Musterberechtigung als verantwortlicher Luftfahrzeugführer auf MD 900/902, gültig bis 06.11.2008. Er verfügte über ein gültiges Flugtauglichkeitszeugnis Klasse 1 gemäß JAR-FCL 3 ohne Auflagen. Seine Gesamtflugerfahrung als Pilot betrug 298 Stunden, hiervon 165 Stunden auf dem Unfallmuster. In den letzten 90 Tagen war er 26 Stunden geflogen.

Angaben zum Luftfahrzeug

Der zweimotorige Hubschrauber MD 900 des Herstellers MD Helicopters Inc. ist ein leichter Mehrzweckhubschrauber für bis zu acht Insassen. Er wurde im Jahr 1999 mit der Werknummer 900-00061 hergestellt. Er verfügte über zwei Triebwerke PW 206E, einen Fünfblatthauptrotor, ein Kufenlandegestell und benutzte für den Drehmomentausgleich um die Hochachse ein NOTAR-System (NO TAIL ROTOR = ohne Heckrotor). Der Hubschrauber war für den Polizeieinsatz ausgerüstet.

Seit Ausstellung eines deutschen Eintragungsscheins und Lufttüchtigkeitszeugnisses im September 1999, wurde der Hubschrauber bei der Polizei eingesetzt. Die maximal zulässige Abflugmasse betrug 2835 kg. Die letzte Jahresnachprüfung wurde am 06.11.2007 bei 3 994 Betriebsstunden durchgeführt. Zum Unfallzeitpunkt hatte der Hubschrauber eine Gesamtbetriebszeit von 4 008 Stunden.

Das NOTAR System zur Drehmomentausgleichsteuerung des Hubschraubers besteht aus einem regelbaren Gebläse (Variable-pitch Fan), einem Heckausleger mit Luftaustrittsschlitzen auf der rechten Seite sowie einer drehbaren Schubdüse (Thruster). Das Gebläse liefert ein großes Luftvolumen und sorgt ständig für einen geringen Überdruck im Heckausleger. Zur Richtungssteuerung sind die Schaufeln des Gebläses sowie die drehbare Schubdüse mit den Pedalen verbunden.

Die einseitig rechts am Heckausleger ausgestoßene Luft bewirkt eine Grenzschichtbeeinflussung der umströmenden Luft (Coanda Effect). Das Ergebnis ist, dass der Heckausleger im Abwind des Hauptrotors wie eine Tragfläche wirkt und so im Schwebeflug nahezu das wirkende Drehmoment um die Hochachse ausgleicht. Die Richtungssteuerung erfolgt hierbei über die Drehung der Schubdüse. Im Vorwärtsflug unterstützen die kreiselgesteuerten vertikalen Flächen am Heckausleger den benötigten Drehmomentausgleich.

Mit dem Service-Bulletin (SB) 900-099 wurde das Muster geändert (Thruster Extension and Vortex Generator Installation). Dieses SB wurde am Hubschrauber am 19.12.2006 bei einer Gesamtbetriebszeit von 3 822 Stunden durch einen Instandhaltungsbetrieb und anerkanntes Service-Center für MD Helicopters durchgeführt. Hierbei wurde der Heckausleger hinter dem Leitwerk verlängert, was u.a. den Einbau einer um 53 cm verlängerten Schubstange in der Ansteuerung der drehbaren Schubdüse erforderte.

Meteorologische Informationen

Gemäß Flugplatzwetter (METAR) herrschten zum Unfallzeitpunkt am Flughafen Hannover folgende Flugbedingungen:

Der Wind kam aus 360 Grad mit 10 kt. Die Sicht in Bodennähe betrug mehr als 10 km. Die Untergrenze der dichtesten Bewölkung (1-2/8) lag bei 1 900 ft über Grund. Die Temperatur betrug 2 °C (Taupunkt 0 °C). Der Luftdruck (QNH) betrug 1 010 hPa.

Funkverkehr

Die Hubschrauberbesatzung stand ab dem Einflug in die Kontrollzone mit dem Kontrollturm Hannover in Verbindung. Außerdem wurde zur Klärung des bestehenden Problems und zur Unterstützung Funkkontakt mit der ortsansässigen Polizeihubschrauberstaffel aufgenommen.

Angaben zum Flugplatz

Der Verkehrsflughafen Hannover verfügt über drei Pisten mit Ausrichtung 09/27. Die angeflogene Betonpiste 09L hat eine Länge von 3 800 m und eine Breite von 45 m. Die Flugplatzhöhe beträgt 183 ft.

Flugdatenaufzeichnung

Der Hubschrauber war nicht mit einem Flight Data Recorder (FDR) oder Cockpit Voice Recorder (CVR) ausgerüstet. Diese Aufzeichnungsgeräte waren entsprechend den gültigen Luftfahrtvorschriften nicht gefordert.

Der Hubschrauber war mit einem Bordcomputer ausgerüstet. Dieser zeichnete in Intervallen mehrere Systemparameter auf (Drehzahlen, Temperaturen, Drücke, Belastungen, Positionen). Aus den Aufzeichnungen war bei den Anflügen ein Pedalausschlag (-31%) nach links ersichtlich.

Ein Anflugversuch und auch die Unfalllandung wurden per Video aufgezeichnet und lagen der BFU zur Auswertung vor.

Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug

Der Hubschrauber lag 858 m hinter der Schwelle der Landebahn 09L, zwischen den Rollwegen Juliett und Kilo, 13,7 m rechts (südlich) der Piste auf der linken Rumpfseite.

Der Heckausleger war auf Höhe des Kennzeichens abgetrennt. Er war lediglich noch durch zwei Stromkabel mit dem Rumpf verbunden. Alle fünf Hauptrotorblätter waren am Rotorkopf abgeschlagen. Die Anlenkungen der Blätter an der Taumelscheibe waren abgerissen. Vom Kufenlandegestell war die linke Kufe abgebrochen. Die rechte Frontscheibe hatte ein großes Loch.



Unfallstelle

Foto: BFU

Am Ansaugschutzgitter des NOTAR-Fans befanden sich vielerlei Bruchstücke und Schmutz. Der Steuerungsbowdenzug (Zug-Druckkabel) für den Thruster lag außerhalb des Heckauslegers nördlich des Wracks im Gras. Der Thruster ließ sich ohne jegliche Auffälligkeiten von Hand drehen.

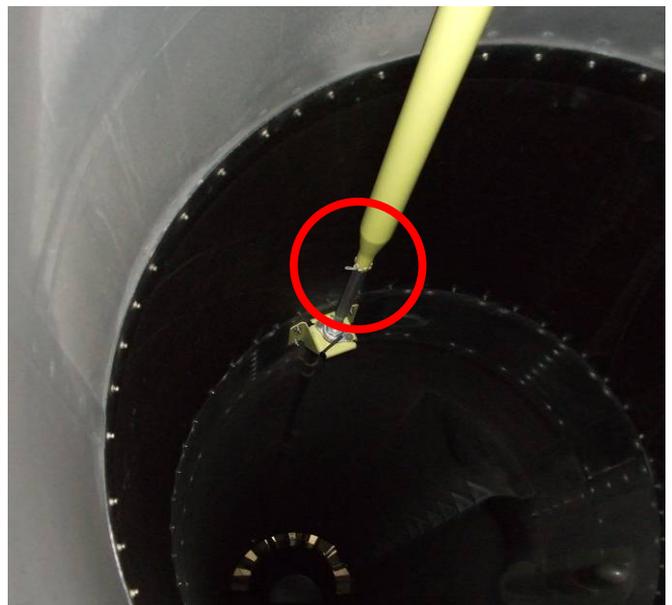
An der Drehmomentausgleichsteuerung des Hubschraubers wurde folgendes festgestellt:

- Es bestand eine Verbindung in der Drehmomentsteuerung von den Pedalen des Piloten bis zur Verstellung der Gebläseschaufeln im NOTAR-Fan.
- Ebenso bestand von den Pedalen eine Verbindung bis zur rumpfseitigen Ansteuerung des Bowdenzugs zur Verstellung des Thrusters.
- Der nach hinten weiterführende Bowdenzug war an dieser Stelle herausgerissen. Die vordere wie auch die hintere Halterung des Bowdenzugs war zerstört.
- Ab dem Übergangspunkt zwischen Bowdenzug und Anlenkung des Thrusters mittels Schubstange, Umlenkhebel, Drahtseilen und Umlenkrollen war eine Verbindung vorhanden, Es waren keine Beschädigungen erkennbar.

- Am Verbindungspunkt zwischen Bowdenzug und Schubstange war die Verbindung unterbrochen. In der Gewindehülse der Schubstange befand sich ein Reststück der Gewindestange des Bowdenzugs.
- Dieses Reststück der Gewindestange war in Längsrichtung mit einer Nut versehen. In diese Nut greift ein Sicherungsblech ein, das die Drehung der Gewindestange gegenüber Schiebehülse und Schubstange verhindern soll. Sicherungsblech und Schiebehülse fehlten und wurden auch in einer Suche mit Metallsuchgeräten an der Unfallstelle nicht gefunden.



Schadensbild am Unfallhubschrauber, Blick von vorn nach hinten auf die Steuerstange für Verstellung des Thrusters Foto: BFU



Verbindung zwischen Bowdenzug und Schubstange an einem Vergleichshubschrauber, Blick von hinten nach vorn Foto: BFU

Zur Bestimmung der Bruchursache beauftragte die BFU einen Gutachter vom Institut für Werkstoffkunde der Technischen Universität Braunschweig. Zusammenfassend kommt dieser zu folgendem Ergebnis:

- Die Bruchstelle liegt – wie zu erwarten – direkt am Austritt des Gewindebolzens aus der Gewindehülse der Steuerstange
- Das makroskopische Bruchbild deutet nachdrücklich auf einen Schwingungsbruch hin (auch als Dauer- oder Ermüdungsbruch bezeichnet)
- Der Befund wurde im Rasterelektronenmikroskop zweifelsfrei bestätigt
- Der gewaltsame Restbruch beschränkt sich auf eine äußerst geringe Randzone
- Eine geringe Restbruchfläche zeigt prinzipiell ein niedriges (schwingendes) Belastungsniveau an
- Umgekehrt erfordert dann der Start eines Schwingungsanrisses eine hohe lokale Spannungskonzentration, beispielsweise durch einen scharfen Kerb, ggf. im Zusammenwirken mit einer Belastungsspitze

Brand

Es entstand kein Brand.

Versuche und Forschungsergebnisse

Es wurden mit einem Hubschrauber des gleichen Modells zwei Anflüge auf die benutzte Landebahn durchgeführt. Beim ersten Anflug erfolgte ein Überflug in geringer Höhe mit der für die Notlandung vorgesehenen Geschwindigkeit. Beim zweiten Anflug ging der Hubschrauber in geringer Höhe über der Piste in einen Schwebeflug.

Diese Anflüge sollten Aufschluss über die Position der Schubdüse sowie die Nutzung der Pedale in diesen Flugphasen geben, um sie mit den Gegebenheiten während der Notlandung zu vergleichen. Sowohl beim Überflug als auch im Schwebeflug zeigte die Öffnung der Schubdüse leicht nach links unten (7-Uhr-Position). Die Pedale blieben nahezu in der Neutralstellung.

Organisationen und deren Verfahren

Das Flughandbuch der MD 900 sah für den Fall der ausgefallenen Drehmomentausgleichsteuerung jeweils ein Notverfahren für den Antriebsausfall des Gebläses und für die blockierten Pedale vor.

Da die Pedale freigängig waren, jedoch eine Richtungssteuerung des Hubschraubers über die Pedale

nicht möglich war, wandte der Pilot das folgende Notverfahren an:

ANTI-TORQUE FAILURE - FIXED THRUSTER SETTING

Conditions: Right pedal applied

Procedures:

- Adjust airspeed and power for level flight at an airspeed that produces the least amount of right yaw, usually between 80 and 100 KIAS.
- Perform a shallow approach and running landing to a hard surface or other suitable area. If possible, select an approach direction that offers a left quartering headwind to reduce the touchdown ground speed and the amount of right yaw.

NOTE: Touchdowns made into the wind between 20 and 30 KIAS, may provide good directional control at reduced power (collective) settings.

- An aggressive reduction in power (collective) as the aircraft is decelerated during the final approach should yaw the aircraft to the left.
- As the ground is neared, adjust collective as necessary to align the aircraft with the touchdown direction and cushion the landing.

- During ground run out adjust collective to maintain directional control. If necessary, during touchdown and ground run out, reduce rotor RPM by rotating both twist grips simultaneously towards IDLE to assist in maintaining directional control.

NOTE: Use of the twist grips to change RPM is generally not recommended due to the complexity of manipulating both twist grips simultaneously and now having both engines in the manual mode. If needed, it is recommended that they be used only to reduce RPM just prior to or at the moment of touchdown.

Auszug aus dem Flughandbuch des Hubschraubermusters MD 900

Beurteilung

Im Anflug auf den Landeplatz wurde der Pilot in einer Höhe von 40-60 ft mit einer Fehlfunktion der Drehmomentausgleichsteuerung konfrontiert. Die Anzeichen dafür waren, dass der Hubschrauber nach rechts drehte und nicht auf Pedaleingaben reagierte. Auf der Grundlage der im Flughandbuch vorgegebenen Notverfahren wurden daher Vorkehrungen für eine Notlandung getroffen.

Im Notverfahren für das NOTAR-System wurde vom Hersteller vorgegeben, wie der Hubschrauber bei einem Ausfall des Antriebes oder der Steuerung betrieben werden soll. Dazu war es im Fluge erforderlich zu klären, ob ein Ausfall des NOTAR-Fans (Antriebsausfall) oder eine Blockierung der NOTAR-Steuerung (Steuerungsausfall) vorlag. Aufgrund der Indikation, frei bewegliche Pedale ohne korrigierenden Einfluss auf die Drehbewegung des Hubschraubers, war es zunächst nachvollziehbar das Verfahren für einen Antriebsausfall anzuwenden.

Durch zusätzliche Systemtests während der Landeversuche bekam die Besatzung darüber Gewissheit, dass der NOTAR-Fan nicht ausgefallen war. Trotz der beweglichen Pedale wurde, aufgrund des Verhaltens des Hubschraubers das Notverfahren für eine nach rechts blockierte Steuerung der Pedale angewendet.

Nach Angaben der Besatzung und den vorhandenen Videoaufzeichnungen verhielt der Hubschrauber sich bei allen Landeversuchen im niedrigen Geschwindigkeitsbereich jedoch anders als es in dem Notverfahren

beschrieben war. Unter ca. 85 kt drehte er weiterhin unbeeinflussbar nach rechts und konnte deshalb auch bei der abschließenden Landung nicht mit der empfohlenen Geschwindigkeit von 20 bis 30 kt aufgesetzt werden.

Nach eigenen Angaben war der Pilot im Fluge und in der Rutschphase am Boden bemüht, mit der Pedalbetätigung nach links die ständige Drehbewegung nach rechts auszusteuern. Dabei war ihm aufgefallen, dass der gesamte Hubschrauber ungewöhnlich stark vibrierte. Die technische Untersuchung des Hubschraubers hat gezeigt, dass über die erhalten gebliebene Verstellung der Gebläseschaukeln im NOTAR-Fan mit der Pedalbetätigung sich auch die Gebläseleistung vergrößerte (Vibrationen). Mit der höheren Gebläseleistung vergrößerte sich aufgrund der Stellung des Thrusters nach rechts auch dessen Wirkung. Es ergaben sich dadurch die festgestellten Abweichungen zum angewendeten Notverfahren,

Bei einem ausgefallenen NOTAR-Fan hätte eine Betätigung der Pedale keine Auswirkung gehabt und bei einer Blockierung der Pedale wäre eine Verstellung des Fans nicht möglich gewesen. Für den vorliegenden Fall, dass Pedaleingaben möglich sind und diese über ein weiterhin funktionierendes Gebläse sogar negativen Einfluss auf das Notverfahren haben, fehlten vom Hersteller jegliche Hinweise. Nach dem Grundsatz "Der Betrieb und die Instandhaltung eines Luftfahrzeugs erfolgen nach Herstellerangaben" und wegen des gravierenden Einflusses sollte im Rahmen der bestehenden Notverfahren zumindest auf solche Zusammenhänge hingewiesen werden.

Die Aufzeichnung eines Landeversuchs zeigte den Thruster in 5-Uhr-Position. Aufgrund der gleich bleibenden Problematik ist anzunehmen, dass der Bruch in der Ansteuerung bereits im Fluge zum Hubschrauberlandeplatz entstanden war und bei allen Landeversuchen in dieser Stellung blieb. Bei weiterhin funktionierendem Gebläse ist für die Steuerbarkeit des Hubschraubers die Stellung des Thrusters von entscheidender Bedeutung. Wegen diesen gravierenden Auswirkungen wird es als erforderlich angesehen, dass der Thruster bei einem Bruch der Ansteuerung zwangsläufig eine festgelegte Stellung einnimmt. Die zu erwartenden Eigenschaften des Hubschraubers wären dann kalkulierbar und sollten in den Notverfahren beschrieben sein.

Der Bruch in der Ansteuerung des Thrusters war am Übergang von einem Zug-Druckkabel auf eine Steuerstange in einem Gewindebolzen aufgetreten. Die festgestellte Bruchart – Schwingungsbruch – wurde durch eine lokale hohe Spannungskonzentration hervorgerufen. Der Anriss hatte seinen Ursprung im Bereich einer Einfräsung. Je nach Lage der Einfräsung zur Schwin-

gungsrichtung ergibt sich allein schon aus der Einbaulage ein unterschiedliches Belastungsniveau.

Anlässlich einer Verlängerung des Heckauslegers um 53 cm wurde 172 Flugstunden vor dem Unfall das gebrochene Bauteil in eine verlängerte Schubstange eingeschraubt. Prinzipiell bewirkt eine Änderung der Abstände der zellenseitigen Befestigungspunkte eine Veränderung der Steifigkeit der Konstruktion. Der ungünstige Einfluss der Einfräsung im Querschnitt der Gewindestange sowie die zu übertragenden Betätigungskräfte haben sich nicht geändert. Es ist daher nicht auszuschließen, dass das veränderte Schwingungsverhalten in Verbindung mit einer eventuell veränderten Einbaulage der Einfräsung zum Bruch geführt hatte.

Die Spannungskonzentration in der Gewindestange, und damit das Risiko eines Bruches, ließe sich erheblich reduzieren, wenn auf die Einfräsung im Querschnitt verzichtet werden könnte. Die Schiebehülse kontert die Verbindung der Schubstange mit der Gewindestange und fixiert diese Teile zueinander. Ein Anzugmoment und eine Drahtsicherung gewährleistet, dass sich diese Konterverbindung nicht lösen kann. Es wäre zu überprüfen, ob eine zusätzliche Drehsicherung für die Gewindestange unbedingt erforderlich ist.

Schlussfolgerungen

Unmittelbare Ursachen:

- Infolge eines Schwingungsbruches kam es im Fluge zur Trennung in der mechanischen Ansteuerung der drehbaren Schubdüse (Thruster).
- Der Thruster blieb nach dem Bruch in einer Stellung, die bei voll getretenem linkem Pedal für die Richtungskontrolle im Vorwärtsflug unter 80 kt und bei der Landung ungünstig war.
- Die Anweisungen und Hinweise in den Notverfahren für des NOTAR-System erwiesen sich für den eingetretenen Ausfall der Ansteuerung des Thrusters bei weiterhin möglicher Veränderung der Fan Leistung als unzureichend.

Systemische Ursachen:

- Die Bruchstelle lag am Austritt aus der Gewindehülse einer Steuerstange. Die Steuerstange, in die das Schadensteil eingeschraubt war, wurde im Dezember 2006 um 53 cm verlängert. Diese Verlängerung der Thruster Ansteuerung führte zu einer Änderung in der Steifigkeit der Konstruktion, die sich auch auf die Beanspruchungsgrößen in dem Bereich der Bruchstelle ausgewirkt haben dürfte.

- Über die erhalten gebliebene Ansteuerung der Gebläseschaufeln wurde die Richtungshaltung mit dem Hubschrauber durch Pedaleingaben problematisch beeinflusst. Der Thruster nahm nach dem Bruch keine Position ein, bei der eine Erhöhung der Gebläseleistung keine oder nur geringe Auswirkungen haben würde. Eine solche Einrichtung ist für ein NOTAR-System bisher nicht vorgeschrieben und war daher auch konstruktiv nicht eingerichtet.
- Die verbliebene Möglichkeit, die Richtung des Hubschraubers durch Pedaleingaben zu beeinflussen, passte zu keinem der Notverfahren für das NOTAR-System. Die Indikationen im Fluge führten zum Notverfahren für den Ansteuerungsausfall des Thrusters. In diesem Notverfahren wurde auf die möglichen Auswirkungen von Pedaleingaben (abhängig von der Thruster-Stellung) nicht hingewiesen.

Sicherheitsempfehlungen der BFU

- 09/2009: Die Federal Aviation Administration (FAA) sollte den Hersteller des Hubschraubers MD 900 veranlassen, ein Notverfahren für den Bruch der Ansteuerung der drehbaren Schubdüse (Thruster) des NOTAR-Systems in das Flughandbuch aufzunehmen bzw. die vorhandenen Notverfahren mit einem Hinweis auf diese Art der Störung zu ergänzen
- 10/2009 Die Federal Aviation Administration (FAA) sollte veranlassen, dass der Hersteller des Hubschraubers MD 900 technisch eine definierte Stellung der drehbaren Schubdüse (Thruster) einrichtet, die bei einer mechanischen Unterbrechung der Ansteuerung eingenommen wird.

Sicherheitsempfehlungen

Maßnahmen des Herstellers:

Der Hersteller gab am 12.08.2008 das Service Bulletin 900-108 heraus, welches am 14.08.2008 zur AD 2008-17-51 der FAA führte. In diesen wird eine Untersuchung der in Betrieb befindlichen Thruster Ansteuerungen auf mögliche Brüche und eine geänderte Form der Sicherung vorgeschrieben.

Aufgrund dieser Maßnahme hat die BFU von einer entsprechenden Sicherheitsempfehlung abgesehen.

Untersuchungsführer	A. Rokohl
Mitwirkung	
Untersuchung vor Qrt	A. Rokohl, K. Büttner
Festigkeit	D. Nehmsch