



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST
Service d'enquête suisse sur les accidents SESA
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Bereich Aviatik

Schlussbericht Nr. 2168 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Helikopters
Eurocopter AS 350 B2, HB-ZAM

vom 19. Mai 2011

Niederösch/BE

Cause

L'accident est dû à un atterrissage avec une composante latérale provoquant un renversement de l'hélicoptère suite à une perte de contrôle lors d'un exercice d'approche sans assistance hydraulique.

Facteurs ayant contribué à l'accident :

- une approche finale courte, en virage, à vitesse de translation trop faible
- une prise de contrôle trop tardive de l'instructeur

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle (SUST) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 10. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 18. November 2010, 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 Eurocopter AS 350 B2, Ecureuil HB-ZAM
Halter Mountain Flyers 80 Ltd., Flugplatz / Hangar 7, CH-3123 Belp
Eigentümer Kunert Aircraft Asset GbR, An den 4 Wegen 4, D-64625 Bensheim

Pilot (Instruktor) Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1962
Ausweis Ausweis für Berufspiloten, Hubschrauber (*commercial pilot licence helicopter* – CPL(H)) nach *joint aviation requirements* (JAR), erstmals ausgestellt durch das Luftfahrt-Bundesamt, Deutschland (LBA) am 25. April 2003, gültig bis 23. April 2015
Wesentliche Berechtigungen AS350/350B3, gültig bis 26. März 2012
 Instruktor für Typenberechtigung TRI (AS350/350B3), gültig bis 30. Juni 2013
 Prüfer für Typenberechtigung TRE (AS350)
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1, mit Einschränkungen VDL (muss optimal korrigierende Sehhilfe tragen und ebenso Ersatzbrille mitführen), gültig bis 10. Oktober 2011

Flugstunden	insgesamt	1586 h	während der letzten 90 Tage	45 h
Helikopter	auf dem Unfallmuster	291 h	während der letzten 90 Tage	27 h
Flugstunden	insgesamt	41 h	während der letzten 90 Tage	5 h
Instruktion	auf dem Unfallmuster	26 h	während der letzten 90 Tage	3 h
Flugstunden	insgesamt	5420 h		

Flugzeug

Pilot (Flugschüler) Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1968
Ausweis Ausweis für Berufspiloten, Hubschrauber (*commercial pilot licence helicopter* – CPL(H)) nach *joint aviation requirements* (JAR), erstmals ausgestellt durch das Luftfahrt-Bundesamt, Deutschland (LBA) am 1. Juli 2003, gültig bis 7. Januar 2015
Wesentliche Berechtigungen AS350/350B3, gültig bis 13. Juni 2011
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1, ohne Einschränkungen, gültig bis 2. Mai 2012

Flugstunden	insgesamt	267 h	während der letzten 90 Tage	7 h
Helikopter	auf dem Unfallmuster	95 h	während der letzten 90 Tage	1 h

Beobachter (Fluglehrer) Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1968

Ausweis	Ausweis für Berufspiloten, Hubschrauber (<i>commercial pilot licence helicopter</i> –CPL(H)) nach <i>joint aviation requirements</i> (JAR), erstmals ausgestellt durch das Luftfahrt-Bundesamt, Deutschland (LBA) am 18. Mai 2001		
Wesentliche Berechtigungen	AS350/350B3 Instruktor für Typenberechtigung TRI(AS350/350B3) Fluglehrer und Prüfer Hubschrauber FI(H), FE(H)		
Flugstunden	insgesamt	2923 h	davon als Fluglehrer 1673 h
Helikopter	auf dem Unfallmuster	386 h	davon als Fluglehrer 181 h

Ort	Niederösch, Gemeinde Niederösch/BE		
Koordinaten	612 420 / 218 935	Höhe: ca. 485 m/M	
Datum und Zeit	19. Mai 2011, 11:51 Uhr		

Betriebsart	VFR / Ausbildungsflug
Flugphase	Anflug
Unfallart	Kontrollverlust

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	1	3	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	1	3	0

Schaden am Luftfahrzeug Schwer beschädigt

Drittschaden Geringer Flurschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf basiert auf den Aussagen der beteiligten Personen, von Augenzeugen und GPS Flugwegaufzeichnungen des Helikopters (siehe Anlage 1).

Der Flug wurde nach Sichtflugregeln (*visual flight rules* – VFR) durchgeführt.

Keiner der Insassen trug einen Helm.

1.1.2 Vorgeschichte

Am Morgen des 19. Mai 2011 fanden sich der Pilot mit seinem Fluglehrer und der Eigentümer der AS 350 B2, eingetragen als HB-ZAM, auf dem Flughafen Bern-Belp ein. Der Eigentümer war gleichzeitig Instruktor mit der Berechtigung für Umschulungen auf diesen Helikoptertyp (*type rating instructor* – TRI). Es war geplant, einen Trainingsflug für den Piloten und anschliessend einen Gebirgsflug des Fluglehrers gemeinsam mit dem Instruktor durchzuführen.

Der Trainingsflug sollte zur Vorbereitung eines demnächst stattfindenden jährlichen Checkfluges auf einer AS 350 B2 dienen. Der Flug fand im Rahmen der ortsansässigen Flugschulorganisation statt. Der Cheffluglehrer hatte dafür ein Zeitfenster von ca. zwei Stunden auf der Maschine HB-ZAM vorgesehen. Der Fluglehrer des Piloten begrüßte das Angebot des Instructors, aufgrund von dessen aktuellerem Trainingsstand auf dem Helikopter AS 350 B2, diesen Flug zur Übung von Notverfahren als Instruktor auf dem linken Sitz mitzufliegen. Der Fluglehrer und der Instruktor kannten sich gut von vielen gemeinsamen Flügen und kamen überein, dass der Fluglehrer des Piloten als zusätzliches Besatzungsmitglied auf dem hinteren Sitz in der Funktion als Beobachter mitfliegen sollte.

1.1.3 Flugverlauf

Die Vorflugbesprechung (*briefing*) fand direkt beim Helikopter HB-ZAM statt. Unter Zuhilfenahme des Flughandbuches (*flight manual* – FLM) wurden die geplanten Flugübungen besprochen. Die Beladung des Helikopters, die detaillierten Verfahren für den Flug ohne Hydraulikunterstützung (*hydraulic-off exercise*) mit dem Hinweis auf die erforderliche Geschwindigkeitsreduktion, die Funktion der Hydraulikakkumulatoren, sowie andere Notverfahren wie die Autorotation und die Übung für Heckrotorsteuerausfall wurden dabei besprochen.

Der vorgeschriebene Hydrauliktest nach dem Anlassen des Helikopters HB-ZAM wurde ohne Beanstandungen durchgeführt. Der Start erfolgte um 11:28 Uhr in Bern-Belp mit drei Personen an Bord und einer Treibstoffmenge von ca. 260 Litern. Nach dem Verlassen der Kontrollzone Bern über den Pflichtmeldepunkt ECHO wurde in der Gegend von Burgdorf mit dem Üben von Hanglandungen begonnen. Da das gewählte Gelände nicht geeignet war, wurde an einem anderen Ort nochmals geübt.

Wenige Minuten später flog die Besatzung nach einer kurzen Verfahrensbesprechung eine Autorotationsübung. Da kein geeignetes Gelände erreicht werden konnte, wurde diese Übung auf ca. 30 m Grund abgebrochen.

Während des Fluges, in westlicher Richtung in die Gegend von Koppigen, begann der Instruktor gegen 11:50 Uhr mit der Besprechung der nächsten Übung, nämlich eines Fluges ohne Hydraulikunterstützung. Er wies nochmals

darauf hin, dass nach Ertönen der akustischen Warnung und Erkennen des Hydraulikausfalles die Geschwindigkeit auf den Wert gemäss Handbuch zu reduzieren sei. „Ebenfalls habe ich nochmals darauf hingewiesen, dass eine konstante Vorwärtsgeschwindigkeit kurz vor der Landung nicht unterschritten werden sollte.“

Nach der Auswahl des beabsichtigten Landefeldes (siehe Anlage 1), einer gemähten Wiese südlich eines Waldstückes, schaltete der Instruktor den Hydraulik-Testschalter (*ACCU TST pushbutton*) ein. Die Geschwindigkeit wurde reduziert und das Hydrauliksystem wurde mit dem Hydraulikhauptschalter¹ am *collective (hyd cut-off switch)* abgeschaltet. Anschliessend wurde der Hydraulik-Testschalter wieder ausgeschaltet.

Als sich der Helikopter während des Anfluges mit einer Vorwärtsgeschwindigkeit von ca. 60 kt in einer einem Queranflug ähnlichen Position zum beabsichtigten Landefeld befand und der Pilot, nach Ansicht des Instructors, noch keine Anstalten machte, in den nunmehr kurzen Endanflug einzudrehen, zeigte der Instruktor dem Piloten durch momentanes Mitsteuern und verbalem Hinweis nochmals das Landefeld rechts ihrer momentanen Flugachse. Daraufhin überliess er die Steuer mit dem Ausdruck „*Hier ist das Landefeld, your controls*“ wieder vollständig dem Piloten, welcher den Sinkflug in Richtung Landefeld weiterführte. Als der Helikopter wenige Sekunden später beim Ausleiten der Sinkflugkurve auf ca. 10-15 m über Grund in angestellter Lage fast vollständig an Vorwärtsfahrt verloren hatte, übernahm der Instruktor die Kontrolle wieder mit den Worten „*my control*“. Es gelang ihm jedoch trotz Aufbieten all seiner verfügbaren Muskelkraft nicht, die Anstellung des Helikopters zu reduzieren. Der Helikopter bewegte sich in angestellter Lage rückwärts und drehte um die Hochachse ca. 30° nach links. Der Besatzung gelang es daraufhin, die Nase des Helikopters zu senken. Gleichzeitig näherte sich der Helikopter mit leichter Vorwärtsgeschwindigkeit, jedoch nach rechts schiebend, dem Boden. Nach einem letzten Versuch des Instructors, die Bewegungsrichtung des Helikopters zu kontrollieren, setzte der Helikopter schiebend mit der rechten Kufe auf dem Boden auf und kippte auf die rechte Seite. Gemäss Aussage des Instructors, erwägte er das Einschalten des Hydraulikhauptschalters, verwarf aber diese Option. Nach Vorliegen des Berichtsentwurfs gab die Besatzung später in Ihrer Stellungnahme im Widerspruch zu den ersten Aussagen an, den Hydraulik-Testschalter vor dem Abschalten des Hydraulikhauptschalters wieder ausgeschaltet zu haben.

Da der Kabinenraum mehrheitlich unbeschädigt blieb, konnte die Besatzung, nach Abstellen des Triebwerks mit dem Notabschalthehahn (*emergency cut-off*) und des elektrischen Systems mit dem Notschalter (*emergency switch*), den Helikopter unverletzt verlassen.

Der beim Unfall ausgelöste Notsender wurde nach dem Unfall von der Besatzung abgestellt. Die Rettungskräfte wurden umgehend alarmiert.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeines

Die Angaben im Kap. 1.2.2 bis 1.2.4 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

¹ Dieser Schalter befindet sich nur auf dem rechten *collective*.

1.2.2 Allgemeine Wetterlage

Die Druckverteilung über dem europäischen Festland war ausgesprochen flach. Mit schwachen süd-westlichen Höhenwinden gelangte warme und mässig feuchte Luft zur Schweiz.

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>1/8 um 6'500 ft AMSL</i>
<i>Sicht</i>	<i>Um 30 km</i>
<i>Wind</i>	<i>West-südwestwind mit 4 - 5 kt</i>
<i>Temperatur/Taupunkt</i>	<i>21 °C / 9 °C</i>
<i>Luftdruck</i>	<i>QNH LSZB 1018 hPa</i>
<i>Gefahren</i>	<i>Keine erkennbar</i>

1.2.4 Astronomische Angaben

<i>Sonnenstand</i>	<i>Azimet: 136°</i>	<i>Höhe: 56°</i>
<i>Beleuchtungsverhältnisse</i>	<i>Tag</i>	

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	HB-ZAM
Luftfahrzeugmuster	Eurocopter AS 350 B2, Ecureuil
Charakteristik	Einmotoriger Mehrzweckhubschrauber mit sechs Sitzplätzen und Kufenlandegestell. Hauptrotor mit drei Blättern, Drehmomentausgleich mit freiliegendem Heckrotor.
Hersteller	Eurocopter
Baujahr	2008
Werknummer	4510
Triebwerk	Turbomeca Arriel 1D1, Zweiwellenturbine, Werknummer 19215, Leistung 546 kW (732 shp)
Ausrüstung	1 LCD <i>dual screen Vehicle and Engine Multifunction Display</i> (VEMD) Hydraulikservos der Marke SAMM <i>Collective</i> ohne Twistgrip
Betriebsstunden	Zelle & Triebwerk: 218:48 h seit Herstellung
Anzahl Landungen	913
Höchstzulässige Massen	Höchstzulässige Abflugmasse: 2250 kg

Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Helikopters zum Abflugzeitpunkt betrug ca. 1830 kg Die Masse des Helikopters zum Unfallzeitpunkt betrug ca. 1760 kg Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (<i>flight manual</i> – FLM) zulässigen Grenzen
Unterhalt	Die letzte geplante Unterhaltsarbeit wurde am 26. April 2011 durch Swiss Helicopter Maintenance bei 191:09 Stunden bescheinigt
Technische Einschränkungen	Keine
Treibstoffvorrat	Gemäss Flugvorbereitung umfasste der Treibstoffvorrat beim Start 260 Liter
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 2. Dezember 2010, gültig bis zur Löschung aus dem Luftfahrzeugregister
Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 21. Dezember 2010, gültig bis zu seinem Widerruf
Lufttüchtigkeits-Folgezeugnis	Datum der Ausstellung: 14. Dezember 2010 Datum des Ablaufs der Gültigkeit: 14. Dezember 2011
Zulassungsbereich	Im privaten Einsatz: VFR bei Tag / VFR bei Nacht Im gewerbsmässigen Einsatz: VFR bei Tag

1.3.2 Allgemeines zum Hydrauliksystem des Helikopters

Die Steuerkräfte eines Helikopters im Flug sind prinzipiell aus aerodynamischen Gründen hoch. Die Flugsteuer im Helikopter AS 350 B2 werden unterstützt von einem hydraulischen System, welches die auftretenden Kräfte für den Piloten reduziert und eine präzise Steuerung mit wenig Kraftaufwand zulässt.

Die zyklische Steuerung (*cyclic control*) wird über drei Hydraulikzylinder (*main rotor servo*) hydraulisch unterstützt. Einer dient der Steuerung der Längsachse (*longitudinal*) und zwei der Steuerung der Querachse (*lateral*). Die kollektive Steuerung (*collective control*) wird über diese drei Hydraulikzylinder gleichzeitig betätigt. Die beiden Steuer zusammen bewegen über diese Hydraulikzylinder den unteren, nicht drehenden Teil der Taumelscheibe (*swash plate*).

Die Steuerung des Helikopters um die Hochachse (*yaw pedal control*) erfolgt über einen vierten Hydraulikzylinder (*tail rotor servo*) für die Heckrotorblattverstellung.

Im Falle eines Verlustes des Hydraulikdruckes müssen die Steuer mit grossem manuellem Kraftaufwand bewegt werden (siehe Kapitel 1.3.4). Um einen kontrollierbaren Übergang vom Flug mit Hydraulikunterstützung zum Flug ohne Unterstützung zu gewährleisten, wurde bei allen vier Hydraulikzylindern ein Hydraulikkakumulator installiert. Dieser erzeugt nach Verlust des Hydraulikdrucks für eine gewisse Zeit genügend Druck, um die Lage und Vorwärtsgeschwindigkeit des Helikopters in einen für den Piloten auch ohne Hydraulikunterstützung kontrollierbaren Bereich zu bringen. Der Helikopter AS

350 B2 ist zusätzlich mit einem *yaw load compensator* ausgerüstet, welcher einen Grossteil der aerodynamischen Kräfte des Heckrotors bei Hydraulikdruckverlust zeitlich unlimitiert kompensiert.

Das Hydrauliksystem wird über die zwei Schalter „*ACCU TST*“ und „*cut-off switch*“ kontrolliert.

ACCU TST: Diese Drucktaste auf der Zentralkonsole erlaubt in gedrückter Stellung das Öffnen des Drucksystems über die Elektromagnetventile der Regeleinheit der Hauptrotorsteuerung. Ebenso wird der Druckkompensator (*yaw load compensator*) der Heckrotorsteuerung geöffnet und entleert. Die drei Hydraulikzylinder der Hauptrotorsteuerung werden in diesem Fall für eine gewisse Zeit noch über die Sicherheitsakkumulatoren mit Hydraulikdruck unterstützt.

Die Funktion *ACCU TST* wird zur Kontrolle der Sicherheitsakkumulatoren nach dem Starten des Helikopters, zum Training des Hydraulikausfalles und beim Notverfahren des Heckrotorsteuerausfalls benötigt.

Cut-off switch: Dieser Kippschalter auf dem *collective* dient in der Stellung „OFF“ zur sofortigen und gleichzeitigen Abschaltung und Entleerung aller drei Hydraulikzylinder der Hauptrotorsteuerung inklusive der Akkulatoren. Der Druckkompensator der Heckrotorsteuerung behält seine Funktion.

Der *cut-off switch* wird zur Kontrolle des Systems nach dem Starten des Helikopters, beim Training des Hydraulikausfalles und beim Notverfahren selbst benötigt.

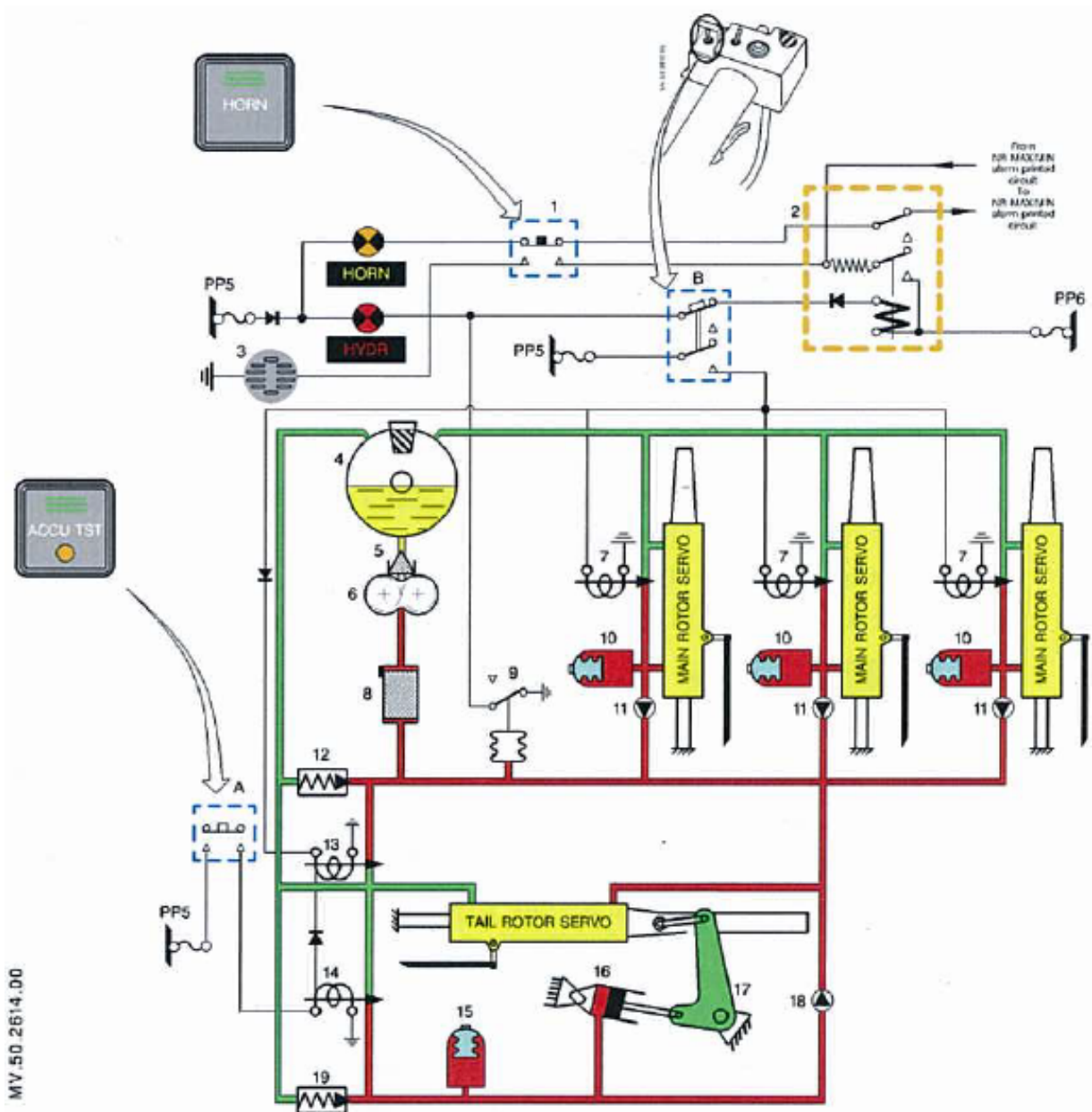


Abbildung 1 – Schematische Darstellung im FLM des Hydrauliksystems

1.3.3 Flight Manual AS 350 B2 VEMD Supplement
Hydraulic Failure Training Procedure

„ 1. GENERAL

This procedure allows pilot training for single hydraulic system equipped AS 350 B2.

In case of loss of hydraulic pressure: HYDR (red) illuminates and „GONG“ sounds, the hydraulic pressure accumulators allow sufficient time to rejoin the recommended safety speed of 60 kt. Then, the pilot must switch OFF the hydraulic cut-off switch on the collective grip and apply the emergency procedure.

4. NORMAL PROCEDURES

The normal procedures specified in the basic flight manual and in the flight manual supplements remain applicable and are completed or modified by the following.

4.1 Failure simulation

NOTE

If necessary during the training exercise, hydraulic assistance can be recovered immediately by setting back the „ACCU TST“ pushbutton to the UP position and by switching back the hydraulic cut-off switch to ON.

CAUTION

As controls loads increase, be careful not to inadvertently move twist grip (if fitted) out of FLIGHT detent. If the ACCU TST pushbutton on the console is not reset in UP position, no hydraulic assistance can be restored. Do not hover or taxi without hydraulic assistance.

In steady cruise flight, depressing the ACCU TST pushbutton on the center console produces the same effects as a real failure:

- *The hydraulic pump pressure is by-passed*
- *The main rotor accumulators give hydraulic assistance for a limited time.*

The only difference from the real failure is that the tail rotor accumulator is discharged by this action and pedals control loads are increased. Before to switch OFF the hydraulic cut-off switch on the collective grip, it is necessary to reset the ACCU TST pushbutton in UP position to recharge the tail rotor control accumulator.

4.2 Training procedure

Dieses Verfahren ist auf der untenstehenden Abbildung des FLM ersichtlich:

INSTRUCTOR	TRAINEE
<p>• <u>In steady flight conditions</u> :</p>	
<p>1. [ACCU TST] Depress. ↓ HYDR flashes + Gong</p>	<p>2. Collective.. Reduce. IAS Set 40 kt ≤ IAS ≤ 60 kt (74 km/h ≤ IAS ≤ 111 km/h) safety speed.</p>
<p>• <u>Once safety speed set</u> :</p>	
<p>3. [ACCU TST] Reset ↓ HYDR Then:</p>	<p>4. Hydraulic cut-off switch on the collectiveOFF. ↓ HYDR + Gong Control loads are felt within 2 to 3 sec. HYDR procedureAPPLY. Make a no-hover, short running landing into wind.</p>

Abbildung 2 – Training Procedure gemäss FLM Supplement”

1.3.4 Flight Manual AS 350 B2 VEMD

“ 7.7 HYDRAULIC SYSTEM

7.7.4 ABNORMAL OPERATIONS

(...) The pilot will be required to continuously exert the following forces in order to maintain aircraft attitude when at the recommended safety speed (40 to 60 kt) and with the collective in its neutral position (approximately 40 percent Torque) :

Lateral Cyclic : force to push left, approximately 4 daN (9 lb)

Longitudinal Cyclic : force to push forward, approximately 5 daN (11 lb)

Collective : will have a tendency to reach by itself the neutral position where zero force is required from the pilot while providing the appropriate power setting for the recommended safety speed in level flight, unless the pilot decides to change power from the neutral position.

(...) The pilot is required to exert continuous forces in order to maintain aircraft control and must be careful not to become excessively tired and unable to maintain aircraft control.

The recommended flat approach at low speed and the slight running landing can be performed with very little change to collective pitch, which results in reduced cyclic force variations. During the running landing, around 10 kt, the pilot may have to exert forward longitudinal force up to 17 daN (37 lb) for less than 30 seconds with low lateral forces.

If the aircraft is hovered, the control forces change in both direction and intensity as the pilot attempts to maintain a steady position. The pilot will have to exert longitudinal and lateral forces of up to 5 daN (12 lb) which can change quickly in direction. This results in excessive pilot workload and controllability problems. (...).

There may be some cases where the control forces remain non conventional for the duration of the flight. The pilot should minimize the time of flight and plan a shallow approach to a no-hover/slow run-on landing into wind.

The maximum forces the pilot will have to exert on the controls in order to maintain aircraft attitude are approximately:

Lateral cyclic 15 daN (33 lb)

Longitudinal cyclic 17 daN (37 lb) forward

Although these forces are high, they are generally found at the extremes of the speed envelope. (...)

1.4 Angaben über das Wrack

Die Hauptstruktur der Kabine blieb im Bereich der Sitze und des Cockpits ohne sichtbare Schäden. Die Insassen waren angegurtet und konnten den Helikopter unverletzt verlassen.

Die Zentralstruktur (*x-frame*) wurde beschädigt.

Die dynamischen Antriebskomponenten wurden zerstört oder stark beschädigt.

Das Hauptrotorgetriebe wurde aus seiner Position gerissen und die Aufhängung zerstört.

Die Kabine war im Bereich der Türen rechts schwer beschädigt. Verschiedene Abdeckungen wurden zerstört oder beschädigt.

Das Heck wurde grösstenteils vom Rumpf getrennt.



Abbildung 3 – Endlage des Helikopters



Abbildung 4 – Ansicht Kabine des Helikopters



Abbildung 5 – Ansicht auf das Hauptrotorgetriebe und dessen gebrochene Aufhängung

1.5 Zusätzliche Angaben

1.5.1 Erfahrung und Trainingsstand des Instructors

Der Instruktor mit einer Einweisungsberechtigung, sowie einer Berechtigung als Prüfer (*examiner*) für diesen Helikoptertyp, hatte eine Flugerfahrung von ca. 5420 h auf Flächenflugzeugen und 1586 h auf Helikoptern. Seine Flugerfahrung auf dem Muster AS 350 betrug 291 h. Seine Flugtätigkeit auf diesem Muster betrug 27 h in den letzten 90 Tagen vor dem Unfall.

Im Dezember 2010 hatte der Instruktor mit Fluglehrern der Flugschule im Rahmen der Neuanschaffung des Helikopters während zwei Flügen von zwei und drei Stunden Dauer vorwiegend Notverfahren trainiert.

Der Instruktor gab an, dass er ca. drei Wochen vor dem Unfall das Notverfahren *hydraulic failure training procedure* das letzte Mal geübt hatte. Insgesamt habe er diese Übung bereits mehrere Dutzend Male ohne Probleme geflogen.

1.5.2 Auswertung der aufgezeichneten Daten des VEMD

Das VEMD der HB-ZAM zeichnete vom Unfallflug folgende relevante Überschreitungen (*overlimits*) auf:

- *over torque 110 %* zu hohes Drehmoment
- *over NF 500 rpm* zu hohe Drehzahl der freien Turbine
- *over speed NR 441 – 474 – 475* zu hohe Drehzahl des Hauptrotors

Bemerkung: Der Zeitpunkt und die Dauer der Überschreitungen wurden nicht aufgezeichnet.

Die Besatzung stellte während des Fluges keine technische Überschreitung fest.

Zudem wurden Systemausfälle (*failures*) aufgezeichnet, welche mit dem Unfallgeschehen erklärt werden konnten.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

Die im VEMD aufgezeichneten Überschreitungen in Bezug auf das Drehmoment und die Drehzahl der freien Turbine können mit dem Einschlag des Hauptrotors ins Gelände und dem anschliessenden Bruch der mechanischen Verbindung zwischen Triebwerk und Getriebe erklärt werden.

Die aussergewöhnlich hohen aufgezeichneten Werte für die Hauptrotordrehzahl während des Fluges konnten vom Hersteller mit dem Unfallgeschehen nicht erklärt werden. Die Höhe der Überschreitung und die Aussage der Besatzung, wonach sie während des Fluges inklusive der durchgeführten Autorotationsübung keine Überschreitung festgestellt hätten, lassen den Schluss zu, dass diese Aufzeichnungen mit grosser Wahrscheinlichkeit fehlerhaft waren.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Auf Übungsflügen, bei welchen Notverfahren trainiert werden, ist es grundsätzlich unüblich, Passagiere mitzuführen. Es ist aber verständlich, dass der Fluglehrer zusätzlich als Beobachter, vor allem des Luftraumes, an diesem Ausbildungsflug teilnahm.

Der Flug war vorgängig geplant und bis zum Unfall entsprechend der Planung durchgeführt worden. Es fand eine angemessene Vorflugbesprechung statt. Insbesondere wurden auch die fliegerischen Verfahren für den Flug ohne Hydraulikunterstützung erwähnt. Die aus Sicht des Instructors wichtigsten Punkte wurden auch unmittelbar vor der Übung im Flug nochmals angesprochen. Nicht ausdrücklich erwähnt wurde dabei das Verfahren für den Fall eines drohenden Kontrollverlustes.

Das Einleiten der Übung war im FLM detailliert beschrieben und sah vor, dass der *ACCU TST* Schalter vor dem Abschalten der Hydraulik am *collective* wieder zugeschaltet werden muss. Das durchgeführte Verfahren des Instructors entsprach in diesem Punkt nach den ersten Aussagen des Instructors nicht dem FLM. Nach Vorliegen des Berichtsentwurfs gab die Besatzung später in ihrer Stellungnahme im Widerspruch zu den ersten Aussagen an, den Hydraulik-Testschalter vor dem Abschalten des Hydraulik Hauptschalters wieder ausgeschaltet zu haben. Die genaue Reihenfolge der Manipulationen muss deshalb offen bleiben.

Bei einer Manipulation, basierend auf der ersten Aussage, wäre die Konsequenz gewesen: dass der Druckkompensator (*yaw load compensator*) der Heckrotorsteuerung geöffnet und entleert wurde und in diesem Zustand blieb (siehe Kapitel 1.3.2 und Abbildung 1). Somit wäre der Helikopter in der Phase mit wenig Vorwärtsgeschwindigkeit und vor allem nach grossen Veränderungen am *collective* kurz vor dem Unfall um die Hochachse wegen des sehr hohen Bedarfs an Pedalkraft nicht genügend kontrollierbar gewesen.

Die Beschreibung des Trainingsverfahrens im Zusatz des FLM (*Supplement, 4.1 Note*) war klar formuliert. Der Schwierigkeitsgrad einer solchen Übung verlangt das Einhalten der entsprechenden Verfahren und das Bereithalten eines koordinierten Notfallplans. Dies bedingt, dass sich der Instruktor und der Schüler über folgende Punkte im Klaren sind:

- Steuerübergabe „*my control – your control*“, es steuert nur ein Pilot.
- Hydraulikhauptschalter *hydraulic cut-off switch* ist nur am *collective* des Flugschülers verfügbar.
- Erneutes Zuschalten der Hydraulikunterstützung nur mit Vorwarnung und bestätigter Bereitschaft des steuernden Piloten, um ein Einfrieren der Steuer zu ermöglichen und damit ein gefährliches Übersteuern in Bodennähe zu vermeiden.

Im FLM 7.7.4 des Helikopters werden die entscheidenden fliegerischen Kriterien für einen erfolgreichen und ruhigen Ablauf der Übung aufgezeigt. Dabei wird auf einen flachen und konstanten Anflug mit möglichst wenig Bewegung am *collective* hingewiesen. Trotz grosser Steuerdrücke muss speziell im Bereich der Transition ein übermässiges Anstellen des Helikopters um die Querachse unter allen Umständen vermieden werden. Um den Helikopter kontrollierbar zu halten, ist eine gewisse Vorwärtsgeschwindigkeit bis zur Gleitlandung im geeigneten ebenen Gelände oder auf einer Piste notwendig.

Da der Helikopter im Endanflug aufgrund eines wahrscheinlichen Missverständnisses über den Landeort in eine Kurve geführt wurde, vergrösserte sich die Gefahr eines vorzeitigen und ungewollten Abbremsens des Helikopters.

Obwohl der Instruktor mehrmals auf die notwendige minimale Vorwärtsgeschwindigkeit hingewiesen hatte, erkannte er die drohende Gefahr des plötzlichen Abbremsens nicht früh genug, sonst hätte er die Steuer früher übernommen.

Als der Helikopter bereits über den Schwebeflug hinaus in einer Rückwärtsbewegung war, verursachten die grossen Steuerbewegungen des Instruktors am *collective* noch grössere Steuerkräfte an den anderen Steuern, welche einen Kontrollverlust wahrscheinlich werden liessen. Im Handbuch waren die möglichen grossen Steuerkräfte beschrieben.

Der Instruktor versuchte die Situation mit einer Notlandung zu retten. Bei der Landung kippte der Helikopter in einer akzentuierten Rechtsbewegung über die rechte Kufe auf die Seite. Dies war eine Folge des vorangegangenen Kontrollverlustes.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

3.1.2 Besatzung

- Die Besatzung besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für eine gesundheitliche Beeinträchtigung der Besatzung während des Unfallfluges vor.

3.1.3 Betriebliche Aspekte

- Die Besatzung führte diesen Übungsflug im Rahmen der Flugschulorganisation durch.
- Der auf dem Hintersitz mitfliegende Fluglehrer hatte die Funktion eines Beobachters.
- Es fand eine Vorflugbesprechung statt. Geplant war unter anderem das Notverfahren bei Verlust der Hydraulikunterstützung zu üben.
- Nach der Auswahl des beabsichtigten Landefeldes schaltete der Instruktor den Hydraulik-Testschalter (*ACCU TST pushbutton*) ein. Die Geschwindigkeit wurde reduziert und das Hydrauliksystem wurde mit dem Hydraulikhauptschalter² am *collective (hyd cut-off switch)* abgeschaltet. Anschliessend wurde der Hydraulik-Testschalter wieder ausgeschaltet.
- Der Anflug erfolgte in einer Kurve und der Endanflug war kurz.
- Im Anschluss an die Rückwärtsbewegung des Helikopters verlor die Besatzung die Kontrolle.
- In der Vorflugbesprechung wurde das Verfahren für den Fall eines drohenden Kontrollverlustes nicht erwähnt.
- Die im FLM beschriebene Möglichkeit des erneuten Zuschaltens der Hydraulik vor einem möglichen Kontrollverlust wurde nicht wahrgenommen.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Unfall.

² Dieser Schalter befindet sich nur auf dem rechten *collective*.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf ein schiebendes Aufsetzen und dadurch bedingtes Umkippen des Helikopters zurückzuführen, welches nach einem Kontrollverlust des Helikopters in einem Übungsanflug ohne Hydraulikunterstützung erfolgte.

Beitragende Faktoren waren:

- Kurzer und gekurvter Endanflug mit zu geringer Vorwärtsgeschwindigkeit.
- Zu späte Kontrollübernahme durch den Instruktor.

Payerne, 26. Februar 2013

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle

Dieser Schlussbericht wurde von der Geschäftsleitung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 3 Abs. 4g der Verordnung über die Organisation der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle vom 23. März 2011).

Bern, 23. April 2013

Anlage 1: Darstellung des Flugweges gemäss GPS-Aufzeichnungen –
Landeskarte 1:25'000.

