



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. 2137 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Helikopters Robinson
R22 Beta II, HB-ZGR

vom 9. April 2009

auf dem Flughafen Bern-Belp (LSZB)

Cause

L'accident est dû au fait que l'hélicoptère a violement pris contact avec la piste en herbe dans le cadre d'une démonstration ratée d'autorotation.

Facteurs ayant contribué à l'accident:

- absence de planification d'une hauteur de sécurité
- absence de l'interruption de la démonstration

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 Zivilluffahrt 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	Robinson R22 Beta II	HB-ZGR		
Halter	Mountain Flyers 80 Ltd., Flugplatz/Hangar 7, CH-3123 Belp			
Eigentümer	MR Flugbetriebs AG, Achereggstrasse 6A, CH-6362 Stansstad			
Fluglehrer	Schweizer Bürger, Jahrgang 1975			
Ausweis	Ausweis für Berufspiloten, Hubschrauber (<i>commercial pilot licence helicopter</i> – CPL (H)) nach <i>joint aviation requirements</i> (JAR), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), gültig bis 3. Juli 2013.			
Berechtigungen	AS350, Bell206, R22, R44, FI (H), FI (H) MOU <i>limited to 2000 m/M</i> , NIT (H), MOU (H)			
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, gültig bis 11. September 2009, ohne Einschränkung			
Flugstunden	insgesamt	1904 h	während der letzten 90 Tage	112 h
	auf dem Unfallmuster	1000 h	während der letzten 90 Tage	53 h
Flugschüler	Schweizer Bürger, Jahrgang 1958			
Ausweis	Lernausweis Helikopter <i>trainee</i> (H), ausgestellt am 1. September 2008 durch das BAZL, gültig bis 1. September 2010			
Berechtigungen	Keine			
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 2, gültig bis 1. September 2009 Auflagen: <i>shall wear corrective lenses</i> (VDL)			
Flugstunden	insgesamt	19 h	während der letzten 90 Tage	12 h
	auf dem Unfallmuster	19 h	während der letzten 90 Tage	12 h
Ort	Flughafen Bern-Belp, Segelfluggpiste			
Koordinaten	---	Höhe	1675 ft AMSL	
Datum und Zeit	9. April 2009, 11:09 Uhr			
Betriebsart	VFR Schulung			
Flugphase	Autorotation			
Unfallart	Kontrollverlust			

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	1	0	1	0
Keine	1	0	1	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	2	0

Schaden am Luftfahrzeug Zerstört

Drittschaden Leichter Flurschaden an der Segelfluggpiste

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aussagen des Fluglehrers und des Flugschülers sowie die Aufzeichnungen der GPS-Daten verwendet.

1.1.2 Vorgeschichte

Nachdem der Fluglehrer am Sonntag, den 5. April 2009, und Montag frei hatte, war er am Dienstag und Mittwoch wie gewöhnlich mit Flugdienst und Büroarbeiten beschäftigt. Nach einer Ruhezeit von mehr als 8 Stunden begann sein Flugdienst am Donnerstag, den 9. April 2009, gegen 07:30 Uhr. Der Fluglehrer fühlte sich fit für den Flugdienst an diesem Tag. Er traf sich mit dem Flugschüler im Rahmen der Ausbildung zum Privatpiloten zur Vorflugbesprechung (*briefing*) im Büro der Flugschule.

Die beiden waren bereits im Juli 2008 beim einstündigen Schnupperflug des Flugschülers und am 13. März 2009 bei Autorotationsübungen von etwas über einer Stunde zusammen geflogen. Dabei gab es keine nennenswerten Vorkommnisse oder speziellen Ereignisse.

Das Thema des Schulungsfluges war neben normalen Schulvolten das Üben von Notverfahren, im Speziellen der Autorotation. Im 30 bis 40 Minuten dauernden *briefing* wurden unter anderem ausführlich die zu fliegenden Autorotationsübungen besprochen.

Verschiedene mögliche Autorotationen mit deren detaillierten fliegerischen Verfahren wurden vom Fluglehrer erklärt, wobei das Schwergewicht auf das Einleiten der Autorotation bis zum stabilisierten Gleitflug gelegt wurde.

Zum Abschluss der Lektion wollte der Fluglehrer eine spezielle Autorotationsübung zeigen. Zur Durchführung dieser Übung sagte er nach dem Unfall Folgendes aus: „*Diese Übungen habe ich trotz der kleinen Erfahrung des Flugschülers geflogen, weil er ein überdurchschnittlich fliegerisch begabter Flugschüler ist.*“

Diese spezielle Autorotationsübung wurde im Rahmen des *briefings* wie folgt besprochen: „*...Energieverlust habe ich angesprochen beim zuletzt durchgeführten Autorotations-Manöver. Die letzte [Übung] war folgendermassen: Wir nehmen die speed zurück auf 0, drehen mit dem rechten Pedal um die Hochachse, anschliessend wird speed wieder aufgenommen und nach Speedaufbau ein normaler Übergang ins flare mit anschliessendem Aufrichten, dann gleichzeitig Retablierung der Motor-Drehzahl, Throttle auf. Für dieses Manöver haben wir den Drehzahlverlust bei der Drehung um die Hochachse links oder rechts besprochen, wieviel Prozent wir jeweils verlieren. Darum haben wir vorgängig besprochen, dass wir wegen des geringeren Drehzahlverlustes rechts herum drehen werden.*“

In diesem *briefing* wurden gemäss Fluglehrer explizit auch die Eigenschaften des R22 bei einem Aufprall besprochen. Nach dieser Besprechung wurde der Helikopter auf einen Benzinstand von 18 US gal betankt und die Vorflugkontrolle durchgeführt.

Der Flugschüler übernahm die Berechnung der Beladung (*weight and balance*) und der Leistung (*performance*). Er unterzeichnete stellvertretend die Fluganmeldung.

1.1.3 Flugverlauf

Um 10:10 Uhr verlangte die Besatzung der HB-ZGR die Startfreigabe beim Heli-pad 1 auf dem Flughafen Bern-Belp. Nach einem Überflug auf die Segelflug-Graspiste westlich der Hauptpiste begann um 10:14 Uhr das Voltentraining. Nach vier Volten und Anflügen ab ca. 2100 ft AMSL folgten neun normale Autorotationen „*straight in*“ mit Ausgangshöhen von ca. 2400 ft AMSL oder ca. 700 ft AGL. Der Ablauf im Flug war gemäss Flugschüler geprägt durch die bei diesem Trainingsstand üblichen Koordinationsprobleme zwischen zu hoher oder zu tiefer Rotordrehzahl und der Vorwärtsgeschwindigkeit.

Bei der vierzehnten und letzten Übung handelte es sich um eine Demonstration des Fluglehrers. Gemäss Beurteilung des Fluglehrers habe der Flugschüler vor den normalen „*straight in*“ Autorotationen „*einen recht grossen Respekt*“ gehabt und sei sich deshalb selber im Weg gestanden zur Erreichung des Ausbildungsziels.

Nach dem Einleiten der Autorotation auf ca. 2800 ft bis 2900 ft AMSL durch den Flugschüler drehte der Fluglehrer den Leistungsdrehgriff (*throttle*) auf eine Motordrehzahl unter 80 % zu und übernahm die Kontrolle über den Helikopter. Der Flugschüler fühlte die Steuerführung des Fluglehrers mit. Der Fluglehrer kommentierte fortlaufend, was er gerade machte und welche Elemente zu beachten seien.

Als erstes wurde die Vorwärtsgeschwindigkeit durch Erhöhung des Lagewinkels bis gegen Null reduziert (*flare*) und gleichzeitig die Rotordrehzahl im gewünschten Bereich gehalten. Es wurde beinahe kein Höhenverlust festgestellt in dieser Phase. Anschliessend wurde vertikal autorotiert, leicht rückwärts, vor dem erneuten Aufbau der Geschwindigkeit. Die Rotordrehzahl war in dieser Phase immer über 102 % RRPM¹ und der Helikopter erreichte ungefähr 2500 ft AMSL (ca. 800 ft AGL). Anschliessend beschleunigte der Fluglehrer den Hubschrauber wieder auf ca. 60 kt.

Danach folgte das im *briefing* besprochene Manöver auf ca. 2000 ft AMSL. Der Helikopter wurde wieder in eine Lage bis ca. 15° *attitude nose up* (ANU) gebracht. Gleichzeitig zog der Fluglehrer den kollektiven Blattverstellhebel (*collective*), um Drehzahl und Höhe zu halten. Bei einer Vorwärtsgeschwindigkeit von ca. 15 kt drehte er den Helikopter mit dem rechten Pedal um die Hochachse. Aufgrund eines drohenden Drehzahlverlustes während der Drehung senkte er den *collective* wieder ganz nach unten. Nach der 180° Rechtsdrehung war die Drehzahl gemäss Fluglehrer über 102 % RRPM. Der *collective* blieb dabei im unteren Anschlag.

Zu diesem Zeitpunkt, der Helikopter befand sich auf ungefähr 2000 ft AMSL oder rund 300 ft über Grund, nahm der Fluglehrer die Flughöhe bewusst wahr: „*Ich war nicht überrascht, ich habe nach der Drehung gemerkt, dass wir an der unteren Höhenlimite waren, um dieses Manöver fliegen zu können.*“

Der Flugschüler war überrascht, „*dass [Name des Fluglehrers] nach dem erfolgreichen Geschwindigkeitsabbau und Wiederaufnahme noch eine 360° Drehung ausführen wollte, da wir schon ziemlich in Bodennähe waren.*“ Eine 360° Drehung war gemäss Fluglehrer nicht vorgesehen.

Während der Beschleunigung für das anschliessende Abfangen (*flare*) fiel die Rotordrehzahl auf ca. 95 % RRPM zurück. Der Warnton der ‚low RPM warning‘, welcher unter 97 % RRPM aktiviert wird, wurde wahrgenommen. Der Fluglehrer war von der relativ hohen Sinkgeschwindigkeit in dieser Phase überrascht. Er

¹ Rotordrehzahl: *rotor revolutions per minute* (RRPM)

hatte aufgrund der aktuellen Drehzahl das Gefühl, dass es mit dem Geschwindigkeitsaufbau und der restlichen Höhe reichen würde, um das Manöver mit einem *flare* zu beenden. Er schätzte die Vorwärtsgeschwindigkeit vor dem *flare* auf ca. 50 kt. Seine Höhe über Grund schätzte der Fluglehrer auf ca. 10 m, als er in den *flare* übergang und gleichzeitig den *throttle* voll öffnete. In dieser Phase wurde ihm bewusst, dass es zum Bodenkontakt kommen würde. Er sagte zu seinem Flugschüler, dass es ‚nicht reichen‘ würde. Deshalb hielt er den Helikopter horizontal, um eventuell noch etwas Bodeneffekt nutzen zu können. Kurz vor dem Aufprall zog er den *collective* voll in den oberen Anschlag. Der Helikopter schlug auf der Rasenpiste auf, wie der Fluglehrer beschrieb: „(...) *genau horizontal, schön abgefedert durch das Kufengestell.*“

Der Helikopter sprang wieder vom Boden hoch. Der Motor drehte hoch und der Helikopter begann im Uhrzeigersinn um die Hochachse zu drehen. Der Fluglehrer schätzte, dass der Helikopter zwei bis drei Umdrehungen ausführte. Der Hauptrotor schien dabei nach Angaben des Fluglehrers normal angetrieben zu sein, der Motor gab eine hohe Leistung ab. Anschliessend verspürten die Insassen eine seitliche Kippbewegung, bis die Rotorblätter den Boden berührten und der Helikopter zurückkippte und schliesslich auf den deformierten Kufen zum Stillstand kam. Der Motor lief immer noch mit Vollgas.

Der Fluglehrer schaltete am Panel von rechts nach links alle elektrischen Schalter aus. Der Fluglehrer oder der Schüler zog die Gemischregulierung. Daraufhin stoppte der Motor. Beide Insassen konnten das Helikopterwrack durch das offene Cockpit ohne fremde Hilfe verlassen. Der Fluglehrer wurde leicht verletzt. Der Flugschüler blieb unverletzt.

Ein anderer Fluglehrer, welcher kurze Zeit später herbeieilte, schloss den Benzinhahn. Der Notsender (*emergency location beacon aircraft* – ELBA) wurde ungefähr 15 Minuten nach dem Unfall von einem Helikoptermechaniker abgestellt.

Die Hartbelagpiste 14/32 blieb von 11:09 Uhr bis 11:46 Uhr für den Flugverkehr gesperrt. Die Graspiste Segelflug war ab 11:09 Uhr für den Rest des Tages für den Flugverkehr gesperrt.



Abbildung 1 – Spuren des 1. Aufschlags



Abbildung 2 – Endlage des Wracks

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.2.2 und 1.2.3 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

1.2.2 Allgemeine Wetterlage

Ein flaches Hoch lag über Mitteleuropa. Es verlagerte sich langsam ostwärts, blieb aber im Alpenraum noch wetterbestimmend. Mit leicht höherem Luftdruck südlich der Alpen baute sich langsam eine Föhnlage auf.

1.2.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

Die folgenden Angaben zum Wetter zum Unfallzeitpunkt am Unfallort beruhen auf der Flugplatzwettermeldung (METAR) von 08:50 UTC:

<i>Wolken</i>	<i>Wolkenlos</i>
<i>Wetter</i>	<i>-</i>
<i>Sicht</i>	<i>Um 8 km</i>
<i>Wind</i>	<i>Variabel 2 kt</i>
<i>Temperatur/Taupunkt</i>	<i>14 °C / 07 °C</i>
<i>Luftdruck</i>	<i>QNH LSZB 1017 hPa, LSZH 1018 hPa, LSZA 1019 hPa</i>
<i>Sonnenstand</i>	<i>Azimut 131°, Höhe 41°</i>
<i>Gefahren</i>	<i>Keine erkennbar</i>

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeines

Der Hubschrauber Robinson R22 ist ein zweisitziger Leicht-Hubschrauber in Gemischtbauweise aus Stahlrohrrahmen, GFK-Formteilen und Aluminium-Blechstruktur. Das dynamische System aus Zweiblatt-Hauptrotor und Zweiblatt-Heckrotor wird mit einem Vierzylinder-Kolbenmotor angetrieben. Antrieb und Steuerung bestehen aus rein mechanischen Komponenten.

1.3.2 Treibstoff

Der Helikopter HB-ZGR wurde mit Treibstoff der Qualität AVGAS 100 LL betrieben. Die Besatzung gab an, dass sich vor Antritt des Fluges ca. 18 US gal Flugbenzin an Bord befanden. Zum Unfallzeitpunkt waren gemäss Fluglehrer noch etwa 8 – 10 US gal zur Verfügung.

1.3.3 Gewichtsrechnung

Der Flugschüler erstellte die Fluganmeldung. Unter der Rubrik Flugplanung wurde die Abflugmasse mit 1320 lb, die Leistungsberechnung ausserhalb des Bodeneffektes (HOGE) mit 7000 ft und der geplante Treibstoff mit 17 US gal angegeben. Unter der Rubrik Meteo wurde eine Sicht von 5000 m, der Wind auf 5000 ft mit 100/10 kt und die Temperatur mit ISA + 2° Celsius angegeben.

Gemäss Fluglehrer betrug die Abflugmasse vor dem Start ca. 1340 – 1350 lb, davon ca. 18 US gal Treibstoff.

Eine Nachrechnung der Masse ergab, dass der Helikopter beim Start die höchstzulässige Abflugmasse aufwies.

Die maximale Abflugmasse für den Helikopter R22 Beta II beträgt 1370 lb.

Nach dem Unfall konnten ungefähr 30 l, entsprechend ungefähr 8 US gal AVGAS aus den Tanks abgelassen werden.

Zum Unfallzeitpunkt betrug die Masse des Helikopters ca. 1310 lb.

1.3.4 Feststellungen am Wrack

Das Landegestell des Helikopters war durch den Aufprall in die Breite deformiert worden. Die Spuren an der Unterseite der Zelle und des Motorbereichs zeugen von einem heftigen Bodenkontakt mit der Grasnarbe. Der Heckrotorträger war abgeknickt, die Heckrotorwelle ausgerissen. Beim Bodenkontakt der Hauptrotorblätter gab der Motor Leistung ab, da der Antriebsriemen intakt, jedoch von der Antriebswelle getrennt und das Kühlgebläse in Motordrehrichtung verdreht war. Der Unterbau beider Pilotensitze war deformiert.

1.4 Angaben zum Ausbildungssyllabus und Trainingsstand des Flugschülers

Nach dem Einführungsflug im Juli 2008 mit dem Fluglehrer absolvierte der Flugschüler von Oktober 2008 bis Februar 2009 elf Fluglektionen mit einem anderen Fluglehrer. Im März 2009 führte er erneut einen Flug mit dem ersten Fluglehrer durch. Anschliessend wurden zwei weitere Schulungsflüge mit anderen Fluglehrern durchgeführt. Er hatte noch keinen Soloflug absolviert. Während der bisherigen Ausbildung waren ca. 20 – 25 Autorotationsübungen durchgeführt worden.

Die vom Fluglehrer unmittelbar vor dem Aufprall demonstrierte Übung war ihm bis zum *briefing* für den Unfallflug unbekannt. Der Ausbildungssyllabus der Flug-

schulorganisation (FTO - *flight training organisation*) sah diese Art der Autorotationsübung für den Schüler nicht vor.

Der Flugschüler empfand seinen Trainingsstand nach ungefähr 18 Stunden Flugzeit seit Ausbildungsbeginn im Oktober 2008 allgemein als gut.

1.5 Angaben zur fliegerischen Erfahrung des Fluglehrers

Der Fluglehrer absolvierte im Jahr 2002 mit Privatpilotenlizenz und einer Gesamtflugzeit von 112 h, davon 90 h auf R22, einen ersten fliegerischen Sicherheitskurs für Piloten des Unfallmusters R22 beim Hersteller des Helikopters.

Im Jahr 2004 nahm der Fluglehrer am Helikopterfluglehrerkurs des Bundesamtes für Zivilluftfahrt teil. Das Flugprogramm dieses Kurses sah im Dokument „*Flight Training follow up*“ in Bezug auf die Autorotation folgende nicht näher beschriebene Übungen vor: „- *straight in autorotation with power recovery - 180° autorotation - simulated engine failure - hovering autorotation*“

Im Jahr 2005 nahm er, unterdessen Träger einer Berechtigung als Helikopterfluglehrer und mit einer Gesamtflugerfahrung auf Helikoptern von 430 h, davon 150 h auf R22 und 90 h auf R44, am zweiten Teil des Sicherheitskurses beim Hersteller Robinson teil.

Der Fluglehrer hatte seit dem Jahr 2005 jährlich rund 400 Schulungsstunden erteilt. Gemäss eigenen Angaben absolvierte er in diesem Zeitraum mehrere Hundert Autorotationsübungen. Seit dem Jahr 2002 habe er insbesondere ungefähr 50 bis 60 Autorotationsübungen durchgeführt, wie diejenige die zum Unfall führte.

1.6 Medizinische Feststellungen

Der Fluglehrer erlitt eine Schnittwunde an der Stirn und hatte nach dem Unfall leichte Kopfschmerzen. Die Resultate der toxikologischen Untersuchung waren negativ.

Der Flugschüler wurde beim Unfall nicht verletzt.

1.7 Überlebensaspekte

Das Landegestell des Helikopters und die beiden Pilotensitze haben anhand der durch den Unfall entstandenen Deformation einen grossen Teil der Aufprallenergie aufgenommen.

Die beiden Piloten trugen keine Helme.

1.8 Angaben des Herstellers des Helikopters Robinson R22

1.8.1 Emergency Procedures

Im *Rotorcraft Flight Manual (RFM)*, *Section 3 Emergency Procedures* für den Helikopter R22 ist folgendes Verfahren festgehalten:

„Power failure above 500 feet AGL“

- 1. Lower collective immediately to maintain RPM and enter normal autorotation*
- 2. Establish a steady glide at approximately 65 KIAS (see ‘Maximum Glide Distance Configuration’, page 3-3)*
- 3. Adjust collective to keep RPM in green arc or apply full down collective if light weight prevents attaining above 97%.*

4. *Select landing spot and, if altitude permits, maneuver so landing will be into wind.*
5. *A restart may be attempted at pilot's discretion if sufficient time is available (see airstart procedure, page 3-3)*
6. *If unable to restart, turn off unnecessary switches and shut off fuel.*
7. *At about 40 feet AGL, begin cyclic flare to reduce rate of descent and forward speed.*
8. *At about 8 feet AGL, apply forward cyclic to level ship and raise collective just before touchdown in level attitude with nose straight ahead.*

1.8.2 Sicherheitsmitteilung – *safety notice* - SN-38 Oct 2004*Practice Autorotation cause many training accidents*

Each year many helicopters are destroyed practicing for the engine failure that very rarely occurs.

Many practice autorotation accidents occur when the helicopter descends below 100 ft AGL without all the proper conditions having been met. As the aircraft descends through 100 ft AGL, make an immediate power recovery unless all of the following conditions exist:

- 1) Rotor RPM in middle of green arc*
- 2) Airspeed stabilized between 60 and 70 KIAS*
- 3) A normal rate of descent, usually less than 1500 ft/min*
- 4) Turns (if any) completed*

Instructors may find it helpful to call out "RPM, airspeed, rate of descent" prior to passing through 100 feet. At density altitudes above 4000 feet, increase the decision point to 200 feet AGL or higher.

(...)"

1.8.3 Abschrift aus dem Sicherheitskurs des Herstellers

Robinson Safety Awareness Course

Frank Robinson:

"One of the most common causes of accident: The situation where the pilot has allowed his RPM to get low and has allowed his airspeed to get low. As a matter of fact in a study done by the NTSB for the years 1977-1979; The conclusion of that study was that the primary cause of the accidents in all helicopters was failure to maintain RPM and airspeed.

When you allow that RPM to get low, the power available from that engine will also be low. Just remember: the power that that engine can produce is almost directly proportional to its RPM.

When that RPM is low, the amount of energy that you'll have stored in your RPM will also be very low.

When the airspeed is low, you'll have gone on the backside of the power curve that is you affecting your translational lift and the power being required by the rotor will have gone way up.

And when your airspeed is low, the amount of energy that you have stored in your airspeed that you can recover will also be low."

1.8.4 Herkunft der Übung

Da die Herkunft der geflogenen speziellen Autorotationsübung in den verfügbaren Schulungsunterlagen nicht eruiert werden konnte, wurde während der Untersuchung beim Hersteller nachgefragt.

Ein in der Ausbildung tätiger Fluglehrer des Herstellers gab dabei folgende Auskunft (Zitat übersetzt):

„Fast alle Piloten autorotieren zu Beginn geradeaus. Robinson möchte sie hingegen dazu bringen, zuerst die Drehzahl mit einem flare zu halten, dann mit wenig bis null Vorwärtsgeschwindigkeit in die Autorotation überzugehen und sich wäh-

rend eines tiefen Atemzuges genügend Zeit zu nehmen, das Gelände rundum zu beurteilen und ein geeignetes Feld auszuwählen, wobei auch Drehungen um die Hochachse bis zu 180° in Betracht gezogen werden sollen. Anschliessend soll die Autorotation in Richtung des besten Landeortes fortgesetzt werden.

Die Übung wird auf ungefähr 1500 ft AGL begonnen. Bei mindestens 500 ft AGL soll der Durchstart eingeleitet werden, sollte die Drehzahl von 102 % oder die Geschwindigkeit von 65 kt nicht erstellt sein.“

1.9 Aspekte der Autorotation

Beim Helikopter stehen dem Piloten zwei Formen von gespeicherter Energie zur Durchführung einer Autorotation zur Verfügung. Es sind dies:

- Kinetische Energie im Hauptrotor, abhängig von der Masse sowie der Drehzahl der Hauptrotorblätter, sowie die kinetische Energie der Fluggeschwindigkeit des Helikopters
- Potentielle Energie in Form von Flughöhe über Grund

Der Pilot kontrolliert über die drei Elemente Rotordrehzahl, Fluggeschwindigkeit und Höhe über Grund in verschiedenen Kombinationen den Ablauf einer erfolgreichen Autorotation.

Aufgrund der geringen Masse der beiden Hauptrotorblätter gilt das Hauptrotorsystem des R22 als sogenanntes „*low inertia rotor system*“. Bei normaler Hauptrotordrehzahl im Flug ist im Vergleich zu anderen Helikoptern relativ wenig Energie darin gespeichert. Dies bedeutet, dass der Drehzahlverlust bei Antriebsausfall oder bei Erhöhung des *collective* in der Autorotation einerseits schnell geschehen, andererseits auch in kurzer Zeit wieder korrigiert werden kann.

Die im Rotorsystem gespeicherte Energie wird in der letzten Phase der Autorotation wichtig, wenn sie nach dem Verbrauch aller Höhe und Geschwindigkeit zur Reduktion der Sinkgeschwindigkeit vor dem Aufsetzen benötigt wird.

Da eine genügend hohe Rotordrehzahl für den Flug und den erfolgreichen Abschluss der Autorotation unabdingbar ist, muss sie durch ein sorgfältiges Management der verfügbaren Energien ständig im geforderten Bereich gehalten werden.

Der Hersteller Robinson Helicopter führt im RFM drei verschiedene Autorotationen auf:

- *Power failure above 500 ft AGL*
- *Power failure between 8 ft and 500 ft AGL*
- *Power failure below 8 ft AGL*

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es gibt keine Hinweise dafür, dass technische Mängel oder Einschränkungen vorlagen, welche das Unfallgeschehen hätten verursachen oder beeinflussen können.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Allgemeines

Während der Ausbildung kann es Phasen geben, in denen es Sinn macht, einem Flugschüler innerhalb klar definierter Grenzen zu zeigen, dass die geübten Verfahren noch eine Toleranz bis zum Erreichen der physikalischen Grenzen aufweisen.

Solche Demonstrationen müssen aber mit genügend Reserven durchgeführt werden, und der demonstrierende Pilot/Fluglehrer muss auf einem Trainingsstand sein, welcher einen solchen Demonstrationsflug mit den nötigen Sicherheitsmargen zulässt.

Im vorliegenden Fall sind folgende Punkte zu erwähnen:

- Es fand keine angemessene Sicherheitshöhenplanung statt
- Es wurde keine Entscheidungshöhe festgelegt
- Die Übung hat nicht dem Erfahrungsstand des Flugschülers entsprochen

Mit dem Üben der entsprechenden Techniken für die drei im RFM beschriebenen Fälle

- *Power failure above 500 ft AGL*
- *Power failure between 8 ft and 500 ft AGL*
- *Power failure below 8 ft AGL*

ist ein Helikopterflugschüler während seiner Ausbildung stark gefordert. Das Üben dieser Fälle erfordert eine koordinierte Reaktion des Flugschülers mit allen drei Steuern innerhalb einer Sekunde nach Eintreten der simulierten Motorenpanne. Bei den Übungen für "*power failure above 500 ft AGL*" gibt es diverse Möglichkeiten, den Anflug auf einen Landeplatz einzuteilen, z.B. mit bewusstem Variieren der Rotordrehzahl innerhalb des zugelassenen Bereiches, kombiniert mit Reduktion oder Erhöhung der Fluggeschwindigkeit, Fliegen von Kurven, Zwischen-Flares mit darauffolgender Wiederaufnahme der Geschwindigkeit usw. Diese Übungen stellen in der Regel den anspruchsvollsten Teil der Ausbildung dar. Das Bewusstsein, dass man sich während diesen Übungen nahe an den physikalischen Limiten des Helikopters bewegt und dass verhältnismässig häufig Unfälle beim Training dieser Notverfahren geschehen, führt dazu, dass Flugschüler diesen Übungen in der Regel eher mit Unbehagen entgegensehen. Es geht in der Grundausbildung darum, den Flugschüler soweit zu trainieren, dass er in diesen Standardsituationen innert der geforderten Zeit die richtigen Reaktionen zeigt und trotz der Anspannung die Steuer locker, d.h. unverkrampft führt.

Es gibt aber kaum Gründe dafür, solch anspruchsvolle Übungen wie diejenige, die im vorliegenden Fall zum Unfall führte, in die Ausbildung einfließen zu lassen.

2.2.2 Sicherheitshöhen und fliegerische Durchführung

Während des ersten Teils der Demonstration baute die HB-ZGR von einer Ausgangshöhe von ca. 2800 ft bis 2900 ft aus ungefähr 400 ft Höhe ab, d.h. die Ausgangshöhe für den zweiten Teil betrug ca. 2500 ft AMSL. Danach folgte erst die Wiederaufnahme der Geschwindigkeit zur Vorbereitung des zweiten Teils, der speziellen Autorotationsübung, welche detailliert im *briefing* besprochen worden war. Der Höhenverlust in dieser Beschleunigungsphase betrug ca. 500 ft, von 2500 ft AMSL bis 2000 ft AMSL. So begann der Fluglehrer mit der speziellen Autorotation bei ca. 2000 ft AMSL, d.h. rund 300 ft AGL.

Der Fluglehrer unterschätzte den für die Geschwindigkeitsaufnahme notwendigen Höhenbedarf. Nach der ersten Übung der Geschwindigkeitsreduktion und Wiederaufnahme hatte er mit resultierenden ungefähr 300 ft AGL bereits die vom Hersteller empfohlene Entscheidungshöhe von 500 ft AGL unterschritten. Er begann erst auf der Entscheidungshöhe von 300 ft AGL mit der zweiten Geschwindigkeitsreduktion. Auf dieser minimalen Entscheidungshöhe kann nur noch ein Durchstart zu einer sicheren Fortführung des Fluges führen, sollten die Parameter Geschwindigkeit und RRPM nicht auf ihrem Sollwert sein.

Obige Feststellungen lassen den Schluss zu, dass eine angemessene Höheneinteilung für die Durchführung des Demonstrationsteils, welche aus einer Kombination zweier Übungen bestand, fehlte.

Gemäss seiner Aussage realisierte der Fluglehrer auch nach der 180° Drehung unter 300 ft AGL nicht, dass weder die kinetische Energie in Form von Vorwärtsgeschwindigkeit und Rotordrehzahl noch die potentielle Energie in Form von Höhe für eine sichere Fortsetzung der Autorotationsübung genügend waren.

Der Fluglehrer erkannte nicht frühzeitig genug, in welcher kritischen Situation im Verwalten der verbleibenden Energie er sich manövriert hatte, sonst hätte er die Demonstration abgebrochen.

Die vom Fluglehrer festgestellte, unerwartet tiefe Rotordrehzahl von 95 % zusammen mit der akustischen Warnung für Drehzahl unter 97 % sowie der rasante Höhenverlust erklären sich durch die akzentuierte Bedienung der zyklischen Blattverstellung nach vorne (*forward cyclic input*) nach dem Erkennen der geringen Höhe. Die Energie für die rasche Geschwindigkeitsaufnahme von ungefähr 15 kt bis knapp 50 kt stammte einerseits vom Höhenabbau, andererseits aus dem Abbau der Rotordrehzahl.

Der notwendige Leistungsbedarf (*power required*) zur Erhöhung der Rotordrehzahl hätte mangels Flugeschwindigkeit und Höhe durch die Motorleistung kompensiert werden müssen, welche jedoch wegen der tiefen Drehzahl zu diesem Zeitpunkt nicht ausreichte.

Kurz vor dem Aufprall reagierte der Fluglehrer situationsgerecht, indem er den Flugschüler warnte, den Helikopter in einer horizontalen Lage hielt und den *collective* im richtigen Moment bis in den Anschlag erhöhte.

Glücklichen Umständen und dem durch die Verformung des Landegestells tiefen Schwerpunkt ist es zu verdanken, dass der nicht mehr kontrollierbare Helikopter in der letzten Phase nach den Drehungen ohne Heckrotorantrieb nicht auf die Seite rollte.

In den Safety Kursen des Herstellers wird eine Übung durchgeführt, welche der hier zum Unfall führenden gleicht. Diese Übung, welche anlässlich des Einleitens der Autorotation einen Abbau der Flugeschwindigkeit bis zum Stillstand, eine Drehung um die Hochachse und einen anschliessenden Übergang in die konventionelle Autorotationstechnik beinhaltet, wird aber von einer Ausgangshöhe von

ca. 1500 ft AGL aus durchgeführt. Eine solche Übung macht nur mit Kandidaten in einem fortgeschrittenen Ausbildungsstadium Sinn, nicht aber im Rahmen der Grundausbildung eines Piloten.

2.2.3 Wahrnehmung

Der Fluglehrer wollte seinen Schüler auf möglichst viele fliegerische Elemente hinweisen. Aus diesem Grund kommentierte er seine eigene fliegerische Demonstration.

Die für die sichere Durchführung unerlässliche Überwachung des Höhenabbaus während dieser fliegerisch anspruchsvollen Übung verlangt vom Piloten höchste und zielgerichtete Aufmerksamkeit. Diese wurde durch das anspruchsvolle eigene Kommentieren des Fluglehrers zu Instruktionszwecken sehr wahrscheinlich beeinträchtigt.

2.2.4 Gründe für die Durchführung einer solchen Demonstration

Im vorliegenden Fall hatte der Fluglehrer die spezielle Autorotationsübung mit 180° Drehung um die Hochachse vor dem Flug bereits mit dem Schüler besprochen. Es war gemäss eigener Aussage „eine Demonstration, eine Vorführung, wie man sich aus einer spezielleren Flugsituation retten kann.“ Der Fluglehrer begründete seinen Plan auch mit dem „grossen Respekt“ des Flugschülers bei der normalen „straight in“ Autorotation. Der Fluglehrer flog die Übung gemäss eigener Aussage trotz der geringen Erfahrung des Flugschülers, weil dieser ein „überdurchschnittlich fliegerisch begabter Flugschüler ist.“ Wieviel der Flugschüler in *briefing* und Demonstration von der Übung mitbekommen hatte, muss in Bezug zu seiner Aussage über die noch erwartete 360° Drehung in Frage gestellt werden, da diese nicht vorgesehen war.

Der Fluglehrer unterschätzte diese Aufgabenstellung.

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.
- Weil die Konstruktion des Landegestells und der Sitze einen grossen Teil der Aufprallenergie absorbierte, wurden die Insassen nur leicht beziehungsweise nicht verletzt.

3.1.2 Besatzung

- Der Fluglehrer besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen des Fluglehrers während des Unfallfluges vor.
- Der Fluglehrer unterschätzte die Aufgabenstellung.

3.1.3 Rahmenbedingungen

- Die Demonstration für den Flugschüler fand im Rahmen seiner Ausbildung zum Privatpiloten statt.
- Fluglehrer und Flugschüler waren bereits im Juli 2008 beim einstündigen Einführungsflug des Flugschülers und am 13. März 2009 bei Autorotationsübungen von etwas über einer Stunde zusammen geflogen. Dabei gab es keine nennenswerten Vorkommnisse oder speziellen Ereignisse.
- Das Thema des Schulungsfluges war neben normalen Schulvolten das Üben von Notverfahren, im Speziellen der Autorotation.
- Die kombinierten Übungen in vorliegender Form waren von einer Ausgangshöhe von ca. 1200 ft AGL ausgehend nicht sicher durchführbar.
- Der Fluglehrer führte ein *briefing* zur vorgesehenen speziellen Autorotation mit seinem Flugschüler durch.
- Der Fluglehrer unterliess eine angemessene Höhenplanung für die beiden Übungsteile in Kombination.
- Zum Unfallzeitpunkt betrug die Masse des Helikopters ca. 1310 lb.
- Das Wetter hatte auf den Unfallverlauf keinen Einfluss.

3.1.4 Flugverlauf

- Der Fluglehrer unterschätzte den für die Geschwindigkeitsaufnahme notwendigen Höhenbedarf. Nach der ersten Übung der Geschwindigkeitsreduktion und Wiederaufnahme hatte er mit resultierenden ungefähr 300 ft AGL bereits die vom Hersteller empfohlene Entscheidungshöhe von 500 ft AGL unterschritten. Er begann erst auf der Entscheidungshöhe von 300 ft AGL mit der zweiten Geschwindigkeitsreduktion.
- Der Fluglehrer führte trotz unstabiler Flugelemente keinen Abbruch der Demonstration durch.
- Kurz vor dem Aufprall reagierte der Fluglehrer situationsgerecht, indem er den Flugschüler warnte, den Helikopter in einer horizontalen Lage hielt und den *collective* im richtigen Moment bis in den Anschlag erhöhte.
- Beide Insassen konnten das Helikopterwrack durch das offene Cockpit ohne fremde Hilfe verlassen.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass der Helikopter im Rahmen einer misslungenen Demonstration einer Autorotation hart auf der Graspiste aufschlug.

Zum Unfall beigetragen haben:

- Fehlende Planung einer Sicherheitshöhe
- Fehlender Abbruch der Demonstration

Payerne, 16. April 2012

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, 10. Mai 2012