



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. 2125 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Helikopters
Robinson R44 II, HB-ZJG

vom 25. August 2010

Giirebad, Pfyn/TG

Cause

L'accident est dû au fait que, pendant la phase finale d'une autorotation, une pale du rotor principal est entrée en collision avec la poutre de queue de l'hélicoptère parce que les commandes de vol ont été sollicitées de manière inappropriée.

La perte du moteur pendant l'exercice d'autorotation suite à un problème technique dans le bloc d'injection a essentiellement contribué à l'accident.

L'expérience de l'instructeur sur des avions a éventuellement favorisé un comportement aux commandes qui n'est pas approprié aux hélicoptères.

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	Helikopter Robinson R44 II	HB-ZJG		
Halter	Swiss Jet AG, Postfach 303, 8058 Zürich-Flughafen			
Eigentümer	Swiss Jet AG, Postfach 303, 8058 Zürich-Flughafen			
Fluglehrer	Schweizer Bürger, Jahrgang 1981			
Ausweis Helikopter	CPL(H), Lizenz für Berufspiloten (Helikopter), erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 17. November 2006			
Wesentliche Berechtigungen	R44, NIT(H) Nachtflug mit Helikoptern, Radiotelephonie FI(H) Fluglehrer auf Helikoptern, gültig bis am 10. Januar 2011			
Flugstunden	insgesamt	778:22 h	während der letzten 90 Tage	33:58 h
Helikopter	auf dem Unfallmuster	268:40 h	während der letzten 90 Tage	33:42 h
	als Fluglehrer	279:26 h	auf dem Unfallmuster	252:56 h
Ausweis Flächenflug	CPL(A), Lizenz für Berufspiloten (Flächenflugzeuge), erstmals ausgestellt durch das BAZL am 21. Juni 2004			
Wesentliche Berechtigungen	A320 COPI mit IR CATIII, gültig bis am 12. Februar 2011 SEP(land), gültig bis 6. Juni 2012, mit IR CATI gültig bis am 4. Juni 2012			
Flugstunden	insgesamt	2480 h	während der letzten 90 Tage	274 h
Flächenflug				
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, ohne Einschränkungen, gültig vom 2. Februar 2010 bis am 16. Februar 2011			
Flugschüler	Schweizer Bürger, Jahrgang 1982			
Ausweis	Lernausweis für Helikopterpiloten (Trainee (H)), erstmals ausgestellt durch das BAZL am 13. Mai 2008			
Wesentliche Berechtigungen	keine			
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, ohne Einschränkungen, gültig vom 26. April 2010 bis am 19. Mai 2011			
Flugstunden	insgesamt	108:11 h	während der letzten 90 Tage	20:27 h
Helikopter	auf dem Unfallmuster	108:11 h	während der letzten 90 Tage	20:27 h
Koordinaten	712 817 / 273 380	Höhe	433 m/M	
Datum und Zeit	25. August 2010, 16:45 Uhr			
Betriebsart	VFR Schulung			
Flugphase	Autorotation/Notlandung			
Unfallart	Hauptrotor kollidiert mit Heckausleger			

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	0	0	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	0	0

Schaden am Luftfahrzeug Erheblich beschädigt

Drittschaden Keiner

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

Der Fluglehrer begann seine fliegerische Tätigkeit im Jahre 2001 auf Flächenflugzeugen und im Jahre 2004 auf Helikoptern.

Am Dienstag, 24. August 2010, hatte der Fluglehrer frei. Am Morgen des 25. August 2010 begann er um 05:30 Uhr seinen Flugdienst bei einem Flugbetriebsunternehmen, bei dem er hauptamtlich angestellt war. In der Funktion eines *first officers* flog er mit einem Flugzeug der Mustergruppe Airbus A320 zwei Umläufe mit vier Flugabschnitten mit einer Gesamtflugdauer von 5:36 h Blockzeit.

Anschliessend wollten der Fluglehrer und sein Flugschüler einen Ausbildungsflug im Raum Ostschweiz durchführen. Zu diesem Zweck trafen sie sich etwa um 15:15 Uhr auf der Basis der Swiss Jet AG, welche östlich der Pistenschwelle 28 gleich ausserhalb des Flughafens Zürich liegt. In diesem Flugbetriebsunternehmen war der Fluglehrer in einem teilzeitlichen Arbeitsverhältnis als Fluglehrer auf Helikoptern tätig. Er bezog für diese Tätigkeit keine Entschädigung. Geplant waren ca. 1:15 h bis 1:30 h Flugzeit zum Üben von Notverfahren (*emergency training*) im Hinblick auf den *skilltest* zur Erlangung des Privatpilotenausweises (*private pilot licence – PPL*) des Flugschülers.

Der Flugschüler war bereits seit rund zwei Jahren in der Ausbildung zum Helikopterpiloten und verfügte über eine Flugerfahrung von ca. 108 Flugstunden auf Helikoptern.

Der Flugschüler bereitete den Helikopter Robinson R44 Raven II, eingetragen als HB-ZJG, vor und tankte 90 Liter AVGAS aus der mobilen Tankstelle von Swiss Jet. Das Briefing wurde im Freien beim Helikopter durchgeführt.

Etwa um 15:55 Uhr startete die HB-ZJG vom Gelände von Swiss Jet und verliess die Kontrollzone Zürich via Ausflugroute E. Anschliessend wurden zwischen dem Funkfeuer *Zurich east* und Frauenfeld Radionavigationsverfahren durchgeführt und verschiedene Fluglagen erfolgten. Weiter übte der Flugschüler unter den Anweisungen des Fluglehrers nordwestlich von Pfyn/TG Anflüge auf Landefelder mit begrenzten Platzverhältnissen (*confined area approaches*). In einer Waldlichtung wurden „*Quickstops*“ sowie eine Autorotation aus dem Schwebeflug (*hover autorotation*) geübt. Für die Einleitung dieser Übung schloss der Fluglehrer nach vorgängiger Ankündigung den Gasdrehgriff „*rasch*“. Das auf die erfolgreiche ‚*hover autorotation*‘ folgende Hochdrehen des Motors zwecks nächstem Start verlief normal. Anlässlich des Abfluges aus der Waldlichtung ordnete der Fluglehrer einen Startabbruch an, welcher erfolgreich verlief. Es folgte ein weiterer Start aus der Waldlichtung mit einem Steigflug auf 3000 ft AMSL. Als nächste Übung war geplant, eine Autorotation aus einer Höhe von mehr als 500 ft über Grund (*above ground level – AGL*) durchzuführen. Zu diesem Zweck wurde ein Feld östlich von Giirebad rekognosziert, auf welchem der Fluglehrer und der Flugschüler schon am Tag zuvor Autorotationen geübt hatten. Der Auftrag an den Flugschüler lautete, auf die Anflugachse für die Autorotation einzudrehen und dem Fluglehrer mitzuteilen, wann er die Autorotation im Hinblick auf den Abschluss an einem festgelegten Punkt auf dem Feld einleiten würde. Als der Flugschüler dem Fluglehrer mitteilte, dass er jetzt einleiten würde, drehte dieser den Gasdrehgriff wieder zu. Der Flugschüler steuerte den Helikopter in den autorotativen Sinkflug und in Richtung des vereinbarten Landepunktes.

Gemäss Schilderung des Fluglehrers lief die Autorotationsübung wie folgt ab:

„Als wir auf die Endanflugachse eingedreht hatten sagte mein Schüler, dass er jetzt einleiten würde, worauf ich den Gasdrehgriff zudrehte. Er leitete die Autorotation korrekt ein. Nach dem Einleiten der Autorotation kontrolliere ich jeweils mit

einem leichten Aufdrehen des Gasdrehgriffs, ob der Motor normal reagiert. Als ich dies tat, d.h. nach einigen Sekunden im Autorotationssinkflug, bemerkte ich, dass der manifold pressure bei ca. 29 Zoll stand, der Öldruck bei Null war und die Öldruckwarnlampe brannte. Ich sagte ungefähr sinngemäss ‚jetzt hät er abgestellt‘. Ich kontrollierte, ob der Mixture auf reich, die Zündung auf BOTH und das fuel shut-off valve offen war. Bei ca. 1000 ft AGL übernahm ich die Steuer, in dem ich sagte ‚my controls‘.“

Im weiteren Verlauf der Autorotationsübung, welche durch den Ausfall des Motors nun zu einer Notfallsituation wurde, versuchte der Fluglehrer im Flare, möglichst viel Energie im Hauptrotor zu speichern. Der erste Bodenkontakt des Helikopters fand mit dem hinteren Teil der Landekufen statt.

Der Fluglehrer schilderte dies wie folgt:

„Ich spürte wie wir mit dem hinteren Teil der Landekufen den Boden berührten, was zu einem Nickmoment nach vorne führte. Meine Reaktion darauf hin war, den cyclic stick nach hinten zu ziehen.“

Die vorderen Rohre der beiden Landekufen gruben sich im Verlaufe des Ausgleitens einige Zentimeter in den trockenen, losen Ackerboden ein (Anlage 1). Im Verlaufe der Verzögerung schlug ein Hauptrotorblatt in den Heckausleger ein und beschädigte diesen schwer (Anlage 2). Die Besatzung bemerkte dies nicht.

Nachdem die Besatzung den Helikopter verlassen hatte, bemerkte sie den Schaden am Heckausleger und dem Hauptrotorblatt.

Im Verlaufe seiner fliegerischen Tätigkeit auf Helikoptern vor dem Unfallflug hatte der Fluglehrer gesamthaft ca. 25 Autorotationen mit vollständiger Landung (sog. ‚full touch down autorotation‘) auf den Mustern R22, R44 und Bell Jet Ranger absolviert, davon ca. 10 auf dem Muster R44. Bei den Autorotationen auf R44 ohne Abfangen mit Leistung war der Fluglehrer als Trainee in der Ausbildung zum Fluglehrer, d.h. von einem FII (*flight instructor instructor*) begleitet. Die anderen Autorotationen ohne Abfangen mit Leistung fanden im Rahmen von Fluglehrercheckflügen resp. *safety awareness courses* statt. Der Fluglehrer besuchte im Jahr 2002 beim Hersteller Robinson Helicopter in Torrance, Kalifornien, einen *safety awareness course*, in welchem auf R22 Autorotationen ohne Abfangen mit Leistung durchgeführt wurden.

Während seiner Tätigkeit als Fluglehrer auf R44 hatte er immer Autorotationen mit ‚Abfangen mit Leistung‘ durchgeführt.

1.2 Meteorologische Angaben

Die folgenden Angaben bezüglich des Wetters am Unfallort und zur Unfallzeit wurden von MeteoSchweiz geliefert.

Wolken	1-2/8 um 12 000 ft AMSL, 5-6/8 um 15 000 ft AMSL
Wetter	---
Sicht	Über 20 km
Wind	Variabel mit 2-4 kt
Temperatur/Taupunkt	23 °C / 10 °C
Luftdruck	QNH LSZR 1019 hPa, QNH LSZH 1018 hPa
Sonnenstand	Azimut 245°, Höhe 34°
Gefahren	Keine erkennbaren

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

Der Helikopter Robinson R44 Raven II ist ein viersitziger, mit einem halbstarren Zweiblathauptrotorsystem (*semi-rigid two blade main rotor system*) ausgerüsteter Helikopter konventioneller Bauart. Die primäre Struktur des Rumpfes besteht aus zusammengeschweissten Stahlrohren und aufgenieteten Aluminiumblechen. Der Heckausleger, in welchem die Antriebswelle sowie die Steuerstangen für den Heckrotor verlaufen, ist in *monocoque*-Bauweise gefertigt, d.h. die äusseren formgebenden Bleche übernehmen die mechanischen Kräfte, welche am Heckausleger wirken.

Als Triebwerk dient ein luftgekühlter 6-Zylinder Einspritzmotor des Baumusters Lycoming IO-540-AE1A5. Als Kupplung zwischen Motor und Antriebsstrang dienen vier durch einen Elektromotor spannbare Riemen. Diese Riemen (*Vee-belts*) übertragen die Leistung des Motors auf das sogenannte obere Pully (*upper sheave*), in welchem der Freilauf installiert ist und von welchem aus eine Welle zum Hauptrotorgetriebe resp. zum Heckrotor führt. Das Fahrwerk besteht aus zwei Rohren, welche im vorderen Bereich nach oben gebogenen sind (*skid type landing gear*).

1.4 Autorotation zu Trainingszwecken

1.4.1 Allgemeines

Die Typen Robinson R22 und R44 werden in vielen Ländern für Ausbildung und Training eingesetzt. Entsprechend gross ist die Erfahrung mit Notfallübungen mit diesen Baumustern. Der Hersteller *Robinson Helicopter Company* in Torrance, Kalifornien, verfügt aufgrund von vielen Rückmeldungen zu mehr oder weniger erfolgreich verlaufenen Ausbildungs- und Trainingsflügen über eine grosse Erfahrung im Trainingsbereich. Diese Erfahrung gibt er im Helikopter-Flughandbuch (*rotorcraft flight manual – RFM*) weiter.

Grundsätzlich wird in der Ausbildung und auf Checkflügen unterschieden zwischen

- a) Autorotationen mit ‚Abfangen mit Leistung‘ (*power recovery*)
- b) Autorotationen mit ‚Abfangen ohne Leistung‘. Diese Autorotationen werden im Jargon auch *full touchdown autorotation* genannt. Zur Risikominimierung werden solche Autorotationen auf Robinson Helikoptern nur selten und nur zu Demonstrationszwecken durchgeführt.

1.4.2 Auszüge aus dem Helikopter-Flughandbuch

In der *section 4 normal operation* des RFM wird beschrieben, wie Autorotations-training durchgeführt werden soll.

„*Practice autorotation – Power recovery*“

1. *Lower collective to down stop and adjust throttle as required for small tachometer needle separation*

CAUTION

To avoid inadvertent engine stoppage, do not roll throttle to full idle. Roll throttle off smoothly only enough for a small visible needle split.

NOTE

Governor is inactive below 80% engine RPM regardless of governor switch position.

2. *Raise collective as required to keep rotor RPM from going above green arc and adjust throttle for small needle separation.*
3. *Keep RPM in green arc and airspeed 60 to 70 KIAS.*
4. *At about 40 feet AGL, begin cyclic flare to reduce rate of descend and forward speed.*
5. *At about 8 feet AGL, apply forward cyclic to level aircraft and raise collective to control descend. Add throttle if required to keep RPM in green arc.”*

1.4.3 Safety Notices

Die im Kapitel 10 des RFM aufgeführten *safety notices* beinhalten Hinweise zum Autorotationstraining. Die *safety notices* SN-27 *surprise throttle chops can be deadly* (Anlage 3) und SN-38 *practice autorotations cause many training accidents* (Anlage 4) gehen auf die Problematik des Autorotationstrainings ein.

1.4.3.1 Auszug aus SN-27 ‚Surprise throttle chops can be deadly‘

“Before giving a simulated power failure, carefully prepare your student and be sure you have flown together enough to establish that critical understanding and communication between instructor and student. Go through the exercise together a number of times until the student’s reactions are both correct and predictable. Never truly surprise the student. Tell him you are going to give him a simulated power failure a few minutes before, and when you roll off the throttle, loudly announce ‘power failure’. The manifold pressure should be less than 21 inches and the throttle should be rolled off smoothly, never ‚chopped‘. (...)

There have been instances when the engine has quit during simulated engine failures. As a precaution, always perform the simulated engine failure within the glide distance of a smooth open area where you are certain you could complete a safe touch-down autorotation should it become necessary. Also, never practice simulated power failures until the engine is thoroughly warmed up. Wait until you have been flying for at least 15 to 20 minutes.”

1.4.3.2 Auszug aus SN-38 ‚Practice autorotations 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 feet AGL without all the proper conditions having been met. As the aircraft descends through 100 feet 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 descend, usually less than 1500 ft/min*
4. *Turns (if any) completed*

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

A high percentage of training accidents occur after many consecutive autorotations. To maintain instructor focus and minimize student fatigue, limit practice to no more than 3 or 4 consecutive autorotations.

There have been instances when the engine has quit during practice autorotation. To avoid inadvertent engine stoppage, do not roll throttle to full idle. Reduce throttle smoothly for a small visible needle split, then hold throttle firmly to over-ride governor. Recover immediately if engine is rough or engine RPM continues to drop.”

1.4.4 Autorotationsübung wird zur Autorotation mit abgestelltem Motor

Im Verlaufe des autorotativen Sinkfluges bemerkten der Fluglehrer und sein Schüler, dass der Motor abgestellt hatte. Der Fluglehrer entschied sich, keinen Versuch zu einem Motorenstart durchzuführen und das Steuer selber zu übernehmen.

Der Helikopter Hersteller sagt im RFM zu *Power failure above 500 feet AGL* unter anderem:

- “5. *A restart may be attempted at pilot’s discretion if sufficient time is available.*
6. *At about 40 feet AGL, apply forward cyclic to level ship and raise collective just before touchdown to cushion landing. Touch down in level attitude with nose straight ahead.”*

Bezüglich eines Wiederanlassens des Motors in der Luft lautet der entsprechende Abschnitt im RFM wie folgt:

„Air restart procedure

Caution: *Do not attempt restart if engine malfunction is suspected or before safe autorotation is established. Air restart is not recommended below 2000 ft AGL.*

1. *Mixture – Off.*
2. *Throttle – Closed.*
3. *Starter – Engage.*
4. *Mixture – Move slowly rich while cranking.”* (Fettdruck im Original)

1.5 Technische Untersuchungen

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

1.5.1 Treibstoffqualität

Eine Untersuchung einer Treibstoffprobe ergab die für den getankten Treibstofftyp üblichen Spezifikationen.

1.5.2 Motor- und Gasdrehgriffeinstellungen

- Gasdrehgriffeinstellungen (*throttle rigging*) gemäss *maintenance manual* Robinson, alle Einstellungen innerhalb der erlaubten Toleranzen
- *Fuel filter*: keine Verschmutzungen
- Einspritzdüsen: keine Verschmutzungen
- Kerzen: innerhalb der erlaubten Toleranzen
- Magnete und Zündkabel: keine Anomalien
- Allgemeine Sichtkontrolle Triebwerk (Dichtigkeit, Risse, Zustand usw.): keine Anomalien

- Kontrolle Gemischeinstellung im Leerlauf (*idle mixture*): Treibstoffdurchfluss betrug 350 ml/min. Gemäss Robinson *maintenance manual* sollte er 166-188 ml/min betragen.

Gemäss den technischen Akten sowie den Aussagen des für den Unterhalt der HB-ZJG verantwortlichen Mechanikers des Unterhaltsbetriebes bestanden vor dem Unfall keine Auffälligkeiten mit der Leerlaufdrehzahl. Der Mechaniker bestätigte, dass die Leerlaufdrehzahl, welche gemäss Maintenance Manual bei 58-62% liegen sollte, immer auf den oberen Grenzwert eingestellt wurde, um ein Abstellen des Motors während Autorotationsübungen zu vermeiden.

Wegen des zu hohen Treibstoffdurchflusses im Leerlauf wurden weitere Untersuchungen durchgeführt. Durch mehrmaliges Wechseln der elektrischen Benzinpumpe und der Benzineinspritzeinheit (*fuel injector servo*) konnte das Problem in der Benzineinspritzeinheit lokalisiert werden.

Diese Benzineinspritzeinheit wurde in einem Fachbetrieb auf dem Prüfstand getestet. Die Resultate zeigten, dass im Leerlauf anstatt einer erlaubten Instabilität des Treibstoffdurchflusses von ± 5 lb/h eine solche von ± 10 lb/h bestand.

Anlässlich der Zerlegung der Einspritzeinheit wurde eine nicht zentriert eingebaute Membrane gefunden. Diese konnte in bestimmten Flugzuständen zur erwähnten Instabilität des Treibstoffdurchflusses führen. Die nicht korrekte Zentrierung dieser Membrane muss anlässlich des letztmaligen Zusammenbaus der Einspritzeinheit geschehen sein. Gemäss den technischen Akten des Helikopters HB-ZJG wurde die *fuel injector servo* seit der Auslieferung des Helikopters ab Herstellerwerk nicht demontiert.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Die nicht zentrierte Membrane in der Einspritzeinheit führte im Leerlaufbetrieb des Motors zeitweilig zu einem zu hohen Benzindurchfluss und somit einem zu reichen Gemisch. Dies wiederum führte zu einem unstabilen Leerlauf, was das Abstellen des Motors während der Autorotation begünstigte.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Autorotationsübung

Dieser Ausbildungsflug verlief bis zur letzten Autorotation im üblichen und normalen Rahmen.

Um anlässlich von Autorotationsübungen ein Abstellen des Motors nach der Leistungsreduktion durch den Fluglehrer zu vermeiden werden vom Hersteller im RFM in der Section 4 ‚Normal Operation‘ sowie in der Section 10 ‚Safety Tips‘ folgende Massnahmen erwähnt:

- *Section 4, Practice Autorotation: Lower collective to down stop and adjust throttle as required for small tachometer needle separation*

CAUTION

To avoid inadvertent engine stoppage, do not roll throttle to full idle. Roll throttle off smoothly only enough for a small visible needle split.

- *Section 10, Safety Notice SN-27: Also, never practice simulated power failures until the engine is thoroughly warmed up. Wait until you have been flying for at least 15 to 20 minutes.*
- *Section 10, Safety Notice SN-38: There have been instances when the engine has quit during practice autorotation. To avoid inadvertent engine stoppage, do not roll throttle to full idle. Reduce throttle smoothly for a small visible needle split, then hold throttle firmly to override governor. Recover immediately if engine is rough or engine RPM continues to drop.*

Das vom Helikopter-Hersteller im *Rotorcraft Manual* in der *Section 4 Normal Operation* dokumentierte Verfahren besagte „.. *adjust throttle as required for small tachometer needle separation*“. Dieses Verfahren bringt es mit sich, dass die Motorendrehzahl immer über 80% und somit im Regelungsbereich des RPM-Governors liegt. Sobald vom Fluglehrer die Motorendrehzahl mit dem Gasdrehgriff zurückgeregelt wird, versucht der RPM-Governor die Drehzahl wieder auf 100% zu regeln. Der Fluglehrer muss deshalb den Gasdrehgriff ziemlich fest umfassen, um gegen die Kraft des Governor-Motors zu halten (*hold trottle firmly to override governor*). Gleichzeitig sollte der Fluglehrer den Kollektiv-Blattverstellhebel, an welchem der Gasdrehgriff installiert ist, soweit freigeben, dass der Flugschüler mit feinen Bewegungen die Rotordrehzahl regeln kann und nicht den Eindruck hat, der Fluglehrer betätige den Kollektiv-Blattverstellhebel. Dies ist in der Praxis nicht einfach umzusetzen. Deshalb ist man in vielen Flugschulen dazu übergegangen, dieses Verfahren des Herstellers dahingehend abzuändern, dass beim Einleiten einer Autorotation der Gasdrehgriff vollständig in den Leerlauf gedreht wird. Dies führt dazu, dass der Governor nicht ständig übersteuert werden muss und so der Schüler ohne Einfluss des Fluglehrers seine Autorotation fliegen kann. Auch im vorliegenden Fall wendete der Fluglehrer dieses Verfahren an.

Der Fluglehrer hielt sich mit dem angewandten Verfahren nicht an die Weisung *'do not roll throttle to full idle'*. Das gewählte Verfahren, welches ein Zudrehen des Gasdrehgriffs bis an den Idle-Anschlag beinhaltet, wurde auch im Rahmen der Flugschule immer so angewendet. Wenn ein Helikopter technisch in Ordnung ist, der Motor vor dem Einleiten der ersten Autorotation gut warmgelaufen ist und die Leerlaufdrehzahl im Bereich des oberen Toleranzlimits von 62% liegt, führt dies erfahrungsgemäss nicht zu einem Abstellen des Motors.

2.2.2 Notlandung nach Autorotation

Das ausgewählte Gelände und die Anflugrichtung gegen den Wind waren vom Fluglehrer sicherheitsbewusst so gewählt worden, dass im Falle einer echten Autorotation eine gefahrlose Landung theoretisch möglich gewesen wäre.

Für die Endphase einer echten Autorotation beschreibt der Hersteller des Helikopters folgendes Verfahren: *„at about 40 feet AGL, apply forward cyclic to level ship and raise collective just before touchdown to cushion landing. Touch down in level attitude with nose straight ahead“*.

Mit Flächenflugzeugen muss in der Landephase der Lagewinkel des Flugzeuges vergrössert werden, was mit Steuereingaben nach hinten, d.h. mit Ziehen am Steuerhorn oder -knüppel verbunden ist. Mit Helikoptern ist für eine Landung nach einem Autorotations-Sinkflug eine Steuerknüppel-Eingabe nach vorne erforderlich, um den Helikopter in Horizontallage zu bringen. Es ist denkbar, dass die Flugerfahrung des Fluglehrers auf Flächenflugzeugen zum nicht ausreichenden Übergang von der Fluglage mit grossem Lagewinkel (*nose high*) nach dem Abfangen zur erforderlichen horizontalen Fluglage (*ship level*) für die Annäherung an den Boden eine Rolle gespielt hat. Der Fluglehrer zog während der Verzögerung beim Ausrutschen den zyklischen Blattverstellhebel nach hinten, was den Einschlag des Hauptrotorblattes in den Heckausleger zur Folge hatte. Dieses Zurückziehen des Steuerknüppels kann als instinktive, aber falsche Reaktion betrachtet werden, welche insbesondere von einem hauptsächlich auf Flächenflugzeugen fliegenden Piloten bewusst vermieden werden muss.

Weiter ist anzumerken, dass der Fluglehrer zum Zeitpunkt des Unfalls bereits 12:15 Stunden wach war und eine Dienstzeit von 9 Stunden im Flugbetriebsunternehmen hinter sich hatte. Aus diesem Grund kann eine gewisse Ermüdung nicht ausgeschlossen werden.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Der Helikopter war zum Verkehr VFR zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Helikopters befanden sich im Unfallzeitpunkt innerhalb der gemäss RFM zulässigen Grenzen.
- Die festgestellten Schwankungen im Benzindurchfluss des *fuel injector servo* führten im Leerlaufbetrieb zu einem zu reichen Gemisch, was das Abstellen des Motors begünstigt hat.
- Die letzte 100h-Kontrolle fand am 21. Juli 2010 bei TSN 349:21 h der Zelle und TSN 349:21 h des Triebwerks statt.
- Zum Zeitpunkt des Unfalls wies der Helikopter 376:09 Betriebsstunden auf.
- Die letzte Zustandsprüfung durch das BAZL erfolgte am 6. April 2009.

3.1.2 Besatzung

- Die Besatzung verfügte über die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen des Fluglehrers oder des Flugschülers während des Unfallfluges vor.
- Der Fluglehrer war zum Zeitpunkt des Unfalls bereits 12:15 Stunden wach und hatte eine Dienstzeit von 9 Stunden im Flugbetriebsunternehmen hinter sich.
- Die Besatzung hatte bereits früher gemeinsam Ausbildungsflüge durchgeführt.
- Der Fluglehrer verfügte neben seiner Erfahrung als Helikopterpilot über eine wesentlich grössere Flugerfahrung auf Flächenflugzeugen.
- Vor dem Unfallflug hatte der Fluglehrer auf dem Muster R44 ca. 10 Autorotationen mit vollständiger Landung als Fluglehrer durchgeführt.

3.1.3 Flugverlauf

- Das ausgewählte Gelände war für eine Autorotationsübung geeignet.
- Nach dem Einleiten der Autorotationsübung stellte der Motor ab.
- Zum Zeitpunkt des Motorausfalls war die Ausgangslage im Hinblick auf eine schadenfreie Landung gut.
- Eine zuwenig ausgeprägte Steuereingabe nach vorne am zyklischen Blattverstellhebel führte zu einem ersten Bodenkontakt in angestellter Fluglage.
- Ein Zurückziehen der zyklischen Blattverstellung während des Ausrutschens hatte das Einschlagen eines Hauptrotorblattes in den Heckausleger zur Folge.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Verlauf des Unfalls.

3.2 Ursache

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass während der Endphase einer Autorotation ein Hauptrotorblatt mit dem Heckausleger des Helikopters kollidierte, weil unzweckmässige Steuereingaben vorgenommen wurden.

Der Motorsausfall während der Autorotationsübung aufgrund eines technischen Problems in der Einspritzeinheit hat wesentlich zum Unfall beigetragen.

Die Erfahrung des Fluglehrers auf Flächenflugzeugen hat möglicherweise ein Steuerverhalten begünstigt, welches für Helikopter nicht zweckmässig ist.

Payerne, 23. 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, 23. Februar 2012

Anlagen**Anlage 1:** Endlage des Helikopters mit eingegrabenen Landekufen**Anlage 2:** Einschlagstelle Hauptrotorblatt am Heckausleger

Anlage 3: Safety Notice SN-27

ROBINSON
HELICOPTER COMPANY

Safety Notice SN-27

Issued: Dec 87 Rev: Jun 94

SURPRISE THROTTLE CHOPS CAN BE DEADLY

Many flight instructors do not know how to give a student a simulated power failure safely. They may have learned how to respond to a throttle chop themselves, but they haven't learned how to prepare a student for a simulated power failure or how to handle a situation where the student's reactions are unexpected. The student may freeze on the controls, push the wrong pedal, raise instead of lower the collective, or just do nothing. The instructor must be prepared to handle any unexpected student reaction.

Before giving a simulated power failure, carefully prepare your student and be sure you have flown together enough to establish that critical understanding and communication between instructor and student. Go through the exercise together a number of times until the student's reactions are both correct and predictable. Never truly surprise the student. Tell him you are going to give him a simulated power failure a few minutes before, and when you roll off the throttle, loudly announce "power failure". The manifold pressure should be less than 21 inches and the throttle should be rolled off smoothly, never "chopped". Follow through on all controls and tighten the muscles in your right leg to prevent the student from pushing the wrong pedal if he becomes confused. And always assume that you will be required to complete the autorotation entry yourself. Never wait to see what the student does. Plan to initiate the recovery within one second, regardless of the student's reaction.

There have been instances when the engine has quit during simulated engine failures. As a precaution, always perform the simulated engine failure within glide distance of a smooth open area where you are certain you could complete a safe touch-down autorotation should it become necessary. Also, never practice simulated power failures until the engine is thoroughly warmed up. Wait until you have been flying for at least 15 to 20 minutes.

Anlage 4: Safety Notice SN-38

**ROBINSON
HELICOPTER COMPANY**

Safety Notice SN-38

Issued: Jul 2003 Rev: Oct 2004

PRACTICE AUTOROTATIONS 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 feet AGL without all the proper conditions having been met. As the aircraft descends through 100 feet 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.

A high percentage of training accidents occur after many consecutive autorotations. To maintain instructor focus and minimize student fatigue, limit practice to no more than 3 or 4 consecutive autorotations.

There have been instances when the engine has quit during practice autorotation. To avoid inadvertent engine stoppage, do not roll throttle to full idle. Reduce throttle smoothly for a small visible needle split, then hold throttle firmly to override governor. Recover immediately if engine is rough or engine RPM continues to drop.

Anlage 5: Nicht zentrierte Membrane in Einspritzeinheit

