



Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden schweren Vorfalls wurde eine summarische Untersuchung gemäss Artikel 46 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. September 2023 (SR 742.161) durchgeführt. Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Unfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen. Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand Rechnung zu tragen.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

| | | |
|-----------------------|--|---------------------|
| Luftfahrzeug | Bell Helicopter Textron Canada B505 Jet Ranger X | HB-ZWC |
| Halter | Mountain Flyers 80 Ltd., Flugplatzstrasse 9, 3123 Belp | |
| Eigentümer | Centaurium Aviation AG, Buochserstrasse 86, 6375 Beckenried | |
| Fluglehrer | Schweizerischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1987 | |
| Ausweis | Berufspilotenlizenz für Helikopter (<i>Commercial Pilot License Helicopter – CPL(H)</i>), nach den Richtlinien der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL). | |
| Flugstunden | insgesamt 1421:25 h während der letzten 90 Tage 50:13 h | |
| | auf dem Vorfallmuster 50:40 h während der letzten 90 Tage 45:37 h | |
| Pilot | Schweizerischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1981 | |
| Ausweis | Privatpilotenlizenz für Helikopter (<i>Private Pilot License Helicopter – PPL(H)</i>), nach den Richtlinien der EASA, ausgestellt durch das BAZL. | |
| Flugstunden | insgesamt 226:04 h während der letzten 90 Tage 6:07 h | |
| | auf dem Vorfallmuster 6:07 h während der letzten 90 Tage 6:07 h | |
| Ort | Le Marais, Gemeinde Nods (BE) | |
| Koordinaten | 573 452 / 216 801 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 47° 06' 06" / E 007° 05' 20" (WGS ¹ 84) | Höhe 808 m/M |
| Datum und Zeit | 10. Juni 2020, 16:54 Uhr (LT ² = UTC ³ + 2 h) | |
| Betriebsart | Schulung | |
| Flugregeln | Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>) | |
| Startort | Flugplatz Grenchen (LSZG) | |

¹ WGS: *World Geodetic System*, geodätisches Referenzsystem: Der Standard WGS 84 wurde durch Beschluss der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organisation – ICAO*) im Jahr 1989 für die Luftfahrt übernommen.

² LT: *Local Time*, Normalzeit

³ UTC: *Universal Time Coordinated*, koordinierte Weltzeit

| | |
|-----------------------------------|--|
| Zielort | Flugplatz Grenchen (LSZG) |
| Flugphase | Landung |
| Art des schweren Vorfalles | Verlust der Kontrolle in der Luft (<i>Loss of control in the air</i> – LOC-I) |

| Personenschaden | Besatzungsmitglieder | Passagiere | Drittpersonen |
|--------------------------------|----------------------|---|-----------------|
| Leicht verletzt | 0 | 0 | 0 |
| Nicht verletzt | 2 | 0 | nicht betroffen |
| Schaden am Luftfahrzeug | Leicht beschädigt | Kollisionsspuren an den Hauptrotorblättern, dem Hauptrotormasten und Heckausleger | |
| Drittschaden | Keiner | | |

Sachverhalt

Hergang

Der Helikopter B505 Jet Ranger X, eingetragen als HB-ZWC, startete um 16:28 Uhr im Rahmen eines Umschulungsfluges. Der Fluglehrer und der Flugschüler hatten den Fokus der Lektion auf das Trainieren von Autorotationen gelegt.

Im Bereich der Gemeinde Nobs (BE) flog die Besatzung insgesamt sieben Autorotationsübungen auf einem Feld, das regelmässig für solche Lektionen benutzt wurde.

Zu Beginn der Übung schaltete der Fluglehrer jeweils den Leistungskippschalter (*throttle switch*) der Turbine, der sich auf der Innenseite des Hebels zur kollektiven Blattverstellung (*collective lever*) befindet, auf die Position „Leerlauf“ (*Idle*). Durch unverzügliches Senken des *collective lever* wurde der Helikopter daraufhin in den autorotativen Zustand überführt.

Der Flugschüler leitete jeweils den Sinkflug ein und versuchte, einen stabilisierten autorotativen Gleitflug zu einem vereinbarten Zielbereich zu erstellen. Kurz vor oder während des Abfangens (*flare*) wurde die Übung noch vor einem Bodenkontakt oder Aufsetzen des Helikopters beendet, indem der Fluglehrer den *throttle switch* von der Position „*Idle*“ wieder in die Position „*Flight*“ schaltete. Dadurch konnte der Helikopter durch Erhöhen des *collective lever* zurück in den angetriebenen Flugzustand gebracht werden⁴.

Bei den ersten beiden Übungen geriet der Anflug etwas zu lang. Der Anflug für die dritte Übung war so eingeteilt, dass die angestrebte Landezone im Gelände erreicht werden konnte. Als der Fluglehrer das *power recovery* einleitete, bemerkte er, wie sich die Anzeige des Drehmoments viel rascher als üblich erhöhte. Um ein Überschreiten des Drehmoments zu verhindern, begrenzte er die Bewegung des *collective lever* nach oben und brachte den Helikopter in eine horizontale Fluglage, ohne den Sinkflug ganz zu stoppen. Der Helikopter setzte am Boden auf und kam nach einer Rutschbewegung von rund 0.5 m zum Stillstand.

Die Besatzung startete anschliessend erneut und führte weitere vier Autorotationsübungen durch, bevor sie zurück nach Grenchen flog.

Nach der Landung stellte die Besatzung anlässlich der Nachflugkontrolle eine Beschädigung der Abdeckung der Heckrotorwelle fest, worauf der Wartungsbetrieb informiert wurde und eine Schadensanalyse initialisiert wurde.

⁴ Dieses Verfahren wird umgangssprachlich auf English *power recovery* genannt.

Feststellungen

Helikopter

Der Bell Helicopter Textron Canada B505 Jet Ranger X ist ein leichter Helikopter in Gemischtbauweise mit Kufenlandegestell. Der Helikopter bietet bis zu zwei Besatzungsmitgliedern und drei Passagieren Platz. Der Zweiblatt-Hauptrotor, der sich im Gegenuhrzeigersinn dreht, und der Heckrotor werden durch ein Wellentriebwerk des Modells *Safran Helicopter Engines Arrius 2R*, das über eine digitale Steuerungseinheit (*Engine Control Unit – ECU*) gesteuert wird, angetrieben. Die beiden Arbeitszustände des Triebwerkes „Leerlauf“ (*Idle*) oder „Flug“ (*Flight*) lassen sich an den *throttle switches*, die sich am linken und am rechten *collective lever* befinden, von jedem Besatzungsmitglied wählen.

Die ECU ist für den Erhalt einer konstanten Drehzahl des Hauptrotors zuständig. Dazu regelt sie die Leistung des Triebwerkes durch mehr oder weniger Einspritzen von Treibstoff. Das Regelungssystem hat konstruktionsbedingt bei grossen und raschen Lastwechseln sowie durch die Massenträgheit der verschiedenen drehenden Teile eine gewisse Verzögerung, die einige Sekunden betragen kann.

Vorgefundene Beschädigungen

Der beauftragte Wartungsbetrieb untersuchte den Helikopter auf mögliche Beschädigungen und konnte auf dem Heckausleger, im Bereich der Position «BS 151.70» eine Delle ausmachen (vgl. Abbildung 1), die rund 3 mm tief in die Beplankung eingedrückt war. Zusätzlich wurden Beschädigungen der Lackschicht am Hauptrotormast vorgefunden (vgl. Abbildungen 2).

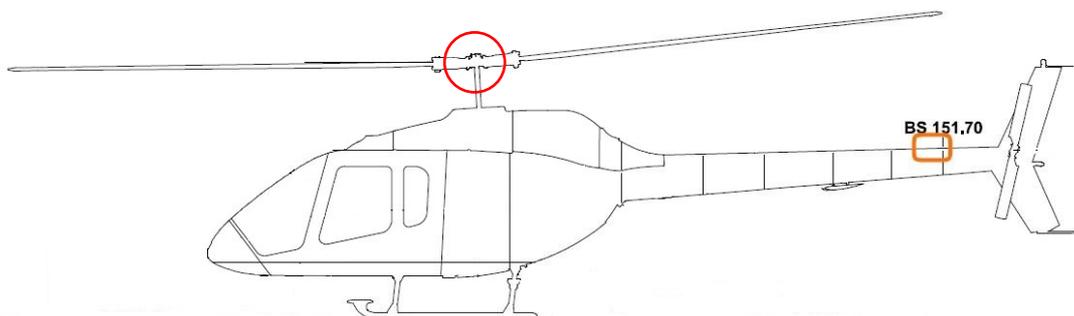


Abbildung 1: Seitenansicht des Helikopters B505 Jet Ranger X. Der Bereich, bei dem die Delle vorgefunden wurde, ist im orangefarbenen Rechteck eingezeichnet, der Bereich am Hauptrotormast mit einem roten Kreis. Quelle: Wartungsunterlagen des Herstellers, bearbeitet durch die SUST



Abbildungen 2: Auf dem linken Bild ist die Delle in der Beplankung des Heckauslegers erkennbar, auf dem rechten Bild (rot eingekreist) der Lackschaden am Hauptrotormast.

Auswertung der Daten aus der bordeigenen Elektronik

Die Daten aus dem Garmin 1000, einem multifunktionalen Navigations- und Systemanzeigergerät, waren lückenlos aufgezeichnet und konnten ausgewertet werden. Die Aufzeichnung zeigt die Position des *collective lever* und des rasch und stark ansteigenden Drehmomentes am Ende der dritten Autorotationsübung (vgl. Abbildung 3).

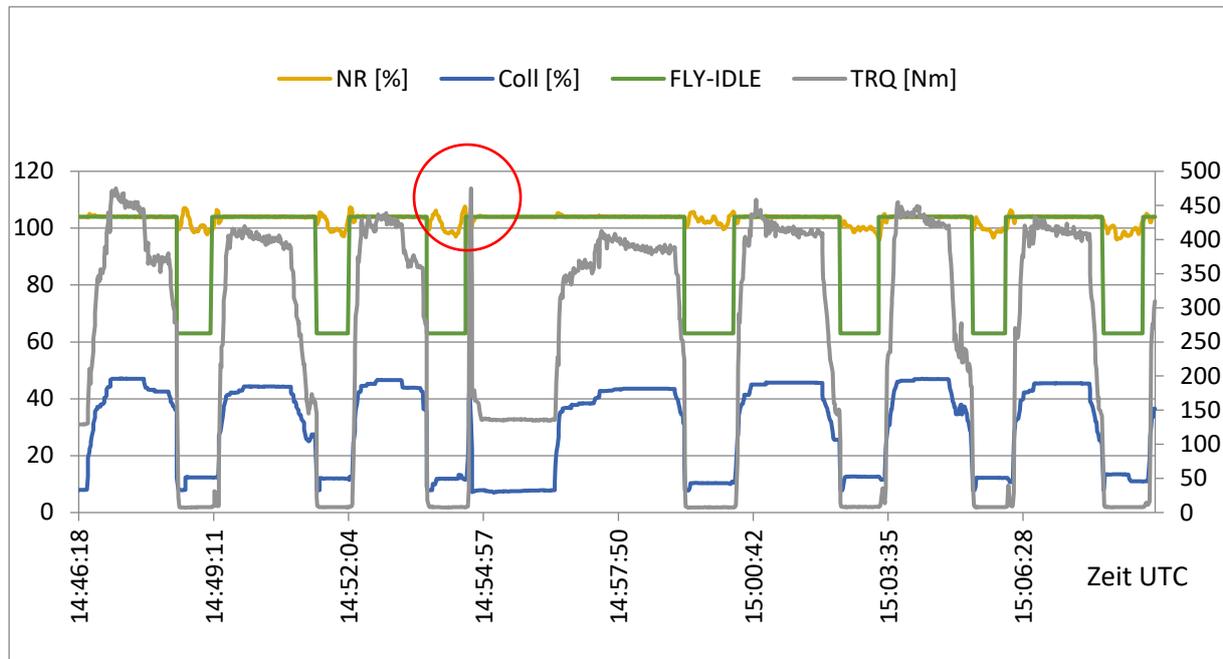


Abbildung 3: Aufzeichnungen der Rotordrehzahl (NR), der Position des *collective lever* (Coll), des *throttle switch* (FLY-IDLE) und des Drehmomentes (TRQ) über die ganze Dauer der Autorotationsübungen. Rot eingekreist ist die Aufzeichnung des raschen Anstiegs des Drehmomentes.

Die detaillierte Auswertung des Bereiches vor dem Zwischenfall zeigt auf, dass unmittelbar nach der Schaltung auf die Position «*Flight*» des *throttle switch* der *collective lever* angehoben wurde. Die Drehzahl verblieb weiterhin abfallend, bis ein steiler Anstieg des Drehmoments auftrat (vgl. Abbildung 4).

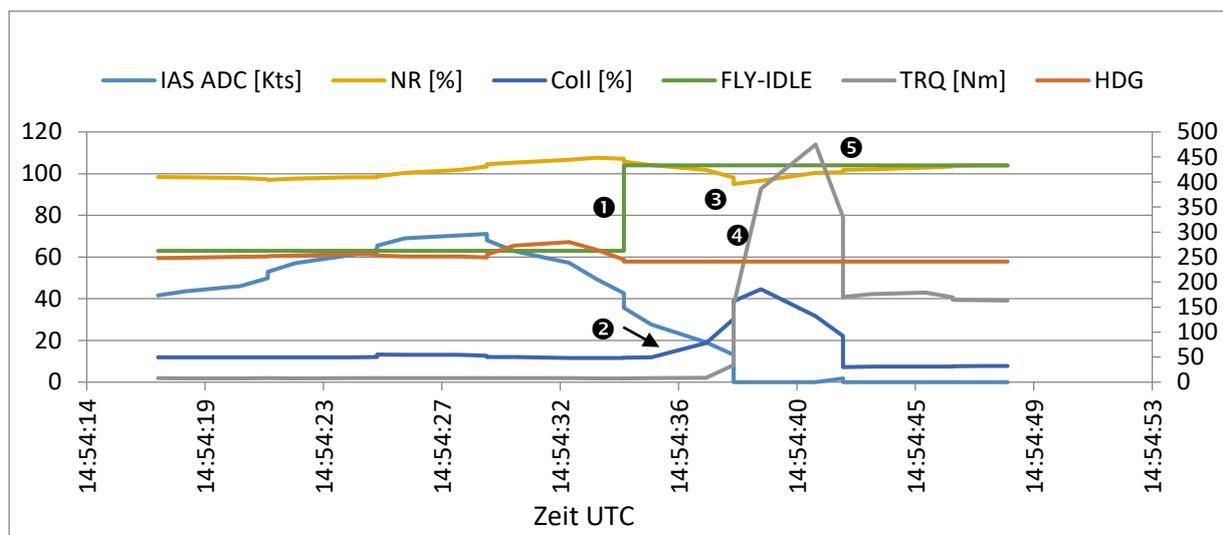


Abbildung 4: Detailansicht des Zwischenfalls. ❶ entspricht dem Schalten des *throttle switches*, ❷ zeigt das Anheben des *collective lever*, ❸ die sinkende Rotordrehzahl bis zum Zeitpunkt ❹, bei dem ein steiler Anstieg des Drehmoments auftrat. Das Drehmoment blieb hoch, bis sich die Drehzahl wieder dem Nennwert von 104 Prozent annäherte ❺.

Masse, Schwerpunkt und Leistungsberechnung

Masse und Schwerpunkt lagen innerhalb der vom Hersteller vorgesehenen Grenzen. Die Abflugmasse betrug 1457 kg.

Wetterverhältnisse

Das Wetter war trocken, mit einer aufgelockerten Wolkenschicht. Der Wind in Bodennähe kam aus West-Süd-West mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 10 kt.

Analyse

Autorotationsübungen gehören zur Flugausbildung auf Helikoptern. Diese werden anfänglich mit dem Triebwerk im Flugzustand durchgeführt. Damit der Flugschüler realitätsnahe Erfahrungen bezüglich Drehzahlabfall bei einem Triebwerksausfall und der nachfolgenden Kontrolle des Gleitflugs im autorotativen Zustand machen kann, werden ebenfalls Autorotationen mit dem Triebwerk im Leerlauf (*Idle*) geübt. Diese Übungen werden normalerweise mit einer *power recovery* im Endanflug, vor oder während dem *flare* abgeschlossen.

Der Zeitpunkt der Zurückschaltung des Triebwerks in die Flugstellung (*flight*) muss so gewählt werden, dass das Triebwerk spätestens nach Beendigung des *flare* wieder die volle Leistung abgeben kann, und die Rotordrehzahl im vorgesehenen Bereich bleibt. Dabei muss berücksichtigt werden, dass eine gewisse Verzögerung von einigen Sekunden beim Hochfahren des Triebwerks aufgrund der Massenträgheit der drehenden Teile entstehen kann. Zur Erhöhung der Drehzahl wird mehr Kraftstoff beigesteuert, was automatisch eine Erhöhung der Triebwerkstemperatur und des Drehmoments bewirkt. Gleicht sich die Drehzahl dem Sollwert an, wird die Kraftstoffzufuhr in Abhängigkeit des aktuellen Werts geregelt. Sollte die Drehzahl hingegen nicht angleichen, wird die Steuerung mehr Kraftstoff zuführen. Wiederum erhöhen sich Temperatur und Drehmoment in Abhängigkeit des eingespritzten Kraftstoffs.

Im vorliegenden Fall liegt der Grund für einen verzögerten Anstieg der Rotordrehzahl in der Tatsache, dass kurz nach dem Schalten der Triebwerksleistung bei einer niedrigen Hauptrotordrehzahl der *collective lever* ebenfalls angehoben wurde (vgl. Abbildung 4). Dies führte zu einem erhöhten aerodynamischen Widerstand der Rotorblätter, der sich in einem starken Anstieg des Drehmoments widerspiegelte.

Der Fluglehrer realisierte, dass der Anstieg des Drehmoments sehr schnell war und die Gefahr eines Überschreitens der entsprechenden Limite bestand. Die Reaktion, den Weg des *collective lever* zu limitieren, um Schäden am Triebwerk zu vermeiden, war angemessen. Ebenfalls wurde der Längslagewinkel des Helikopters reduziert, um ein Touchieren des Hecks am Boden zu vermeiden. Dadurch konnte der Sinkflug nicht vollständig gestoppt werden und der Helikopter setzte ungewollt am Boden auf.

Die beim Aufsetzen und Abbremsen des Helikopters entstandenen Kraftmomente konnten in Kombination mit den Steuereingaben am *collective lever* und *cyclic control* zur unkontrollierten Auslenkung des Hauptrotors führen.

Speziell bei Zweiblattrotoren ist der ungewollte Kontakt von Rotorkopf mit Rotormast ein bekanntes Phänomen unter dem englischen Begriff „*mast bumping*⁵“. Dabei kann es bis zum Verlust des Hauptrotors oder dem Abtrennen des Heckauslegers kommen. Im vorliegenden Fall berührte der Rotorkopf den Rotormast und mindestens ein Blattende des Hauptrotors den Heckausleger.

⁵ *Mast Bumping*: vgl. Didaktischen Film zu diesem Thema. https://www.youtube.com/watch?v=_QkOpH2e6tM

Schlussfolgerungen

Der schwere Vorfall, bei dem der Helikopter hart aufsetzte und der Hauptrotor mit dem Heck des Helikopters kollidierte ist darauf zurückzuführen, dass der Helikopter aus einem autorotativen Sinkflug nicht genügend abgefangen werden konnte, weil das Hochfahren des Triebwerks während dem Abfangvorgangs zu einer drohenden Drehmomentüberschreitung führte.

Bern, 29.09.2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle