



Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden Unfalls wurde eine summarische Untersuchung gemäss Artikel 46 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Juli 2024 (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.

| | | |
|-----------------------|--|----------------------|
| Luftfahrzeug | Bell Helicopter Textron Canada B505 Jet Ranger X | HB-ZWR |
| Halter | Robert Fuchs AG, Fuchs Helikopter, Friesischwandstrasse 1, 8834 Schindellegi | |
| Eigentümer | Loxia Swiss GmbH, Friesischwandstrasse 2, 8834 Schindellegi | |
| Fluglehrer | Schweizerischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1966 | |
| Ausweis | Berufspilotenlizenz für Helikopter (<i>Commercial Pilot License Helicopter – CPL(H)</i>) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) | |
| Flugstunden | insgesamt 6952:33 h während der letzten 90 Tage 90:16 h | |
| | auf dem Unfallmuster 62:29 h während der letzten 90 Tage 13:34 h | |
| Flugschüler | Thailändischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1949 | |
| Ausweis | Privatpilotenlizenz für Helikopter (<i>Private Pilot License Helicopter – PPL(H)</i>), ausgestellt durch die Australische Luftfahrtaufsichtsbehörde | |
| Flugstunden | insgesamt 53:40 h während der letzten 90 Tage 6:54 h | |
| | auf dem Unfallmuster 53:40 h während der letzten 90 Tage 6:54 h | |
| Ort | Gebirgslandeplatz Vorabgletscher (LSVV), Gemeinde Laax (GR) | |
| Koordinaten | 730 709 / 193 490 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 46° 52' 47" / E 009° 09' 13" (WGS ¹ 84) | Höhe 3014 m/M |
| Datum und Zeit | 9. September 2019, 15:24 Uhr (LT ² = UTC ³ + 2 h) | |
| Betriebsart | Schulung | |
| Flugregeln | Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>) | |
| Startort | Helikopterlandeplatz Schindellegi (LSXS) | |
| Zielort | Gebirgslandeplatz Vorabgletscher (LSVV) | |

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

² LT: *Local Time*, Normalzeit

³ UTC: *Universal Time Coordinated*, koordinierte Weltzeit

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|
| Flugphase | Landung | | |
| Unfallart | Kontrollverlust am Boden | | |
| Personenschaden | Besatzungsmitglieder | Passagiere | Drittpersonen |
| Leicht verletzt | 0 | 0 | 0 |
| Nicht verletzt | 2 | 3 | nicht betroffen |
| Schaden am Luftfahrzeug | Schwer beschädigt | Verformungen und Brüche an Zelle und Rotoren | |
| Drittschaden | Keiner | | |

Sachverhalt und Feststellungen

Allgemeines

Für die Untersuchung standen die Aussagen des Fluglehrers und des Flugschülers sowie die Daten aus der bordeigenen Avionik zur Verfügung.

Hergang

Der Helikopter B505 Jet Ranger X, eingetragen als HB-ZWR, startete am 9. September 2019 um 14:53 Uhr in Schindellegi (LSXS) mit dem Ziel, auf dem Gebirgslandeplatz Clariden-Hüfifirn (LSVD) zu landen. An Bord waren der Fluglehrer auf dem linken Sitz, der Flugschüler auf dem rechten Sitz und drei Bekannte des Flugschülers als Passagiere auf der Rückbank.

Nach der Landung auf dem Hüfifirn stellte der Fluglehrer fest, dass der Schnee zu tief für ein sicheres Abstellen des Helikopters war. Die Besatzung entschied sich, zum Gebirgslandeplatz Vorabgletscher (LSVV) weiterzufliegen.

Die Anflugvolte beim Vorabgletscher wurde von Westen herkommend geflogen. Der Fluglehrer übernahm aufgrund der vorherrschenden Wetterverhältnisse die Steuerung und beabsichtigte auf dem ihm bekannten Geländerrücken nordöstlich des Gebirgslandeplatzes zu landen. Bis zum Schwebeflug verlief der Anflug ereignislos (vgl. Abbildung 1).

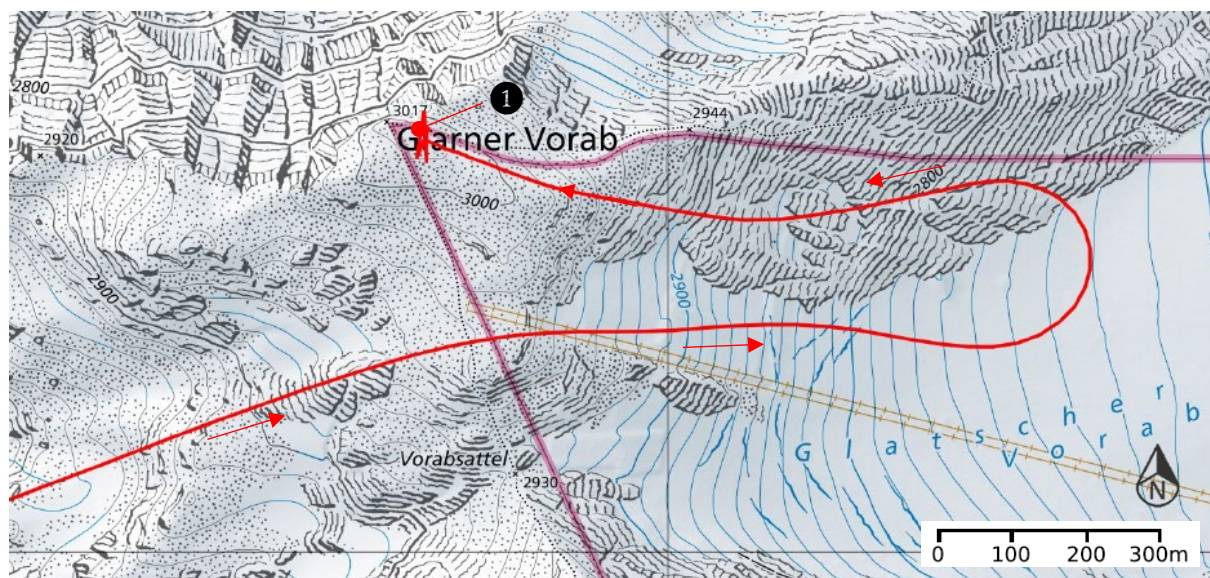


Abbildung 1: Flugweg des Helikopters HB-ZWR mit der Anflugvolte auf den Gebirgslandeplatz Vorabgletscher (rote Linie, den roten Pfeilen folgend) und der Unfallstelle (Punkt 1). Quelle der Basiskarte: Bundesamt für Landestopographie Swisstopo, bearbeitet durch die SUST.

Als der Fluglehrer den Hebel für die kollektive Blattverstellung (*collective lever*) zum Aufsetzen nach unten bewegte, setzte der Helikopter mit der linken Kufe auf einem Schneerücken auf. Während rund 5 Sekunden stabilisierte sich die Querlage bei rund 5° nach rechts. Unmittelbar danach entwickelte sich schlagartig und unerwartet eine Rollbewegung des Helikopters um die Längsachse nach rechts. Der Fluglehrer versuchte erfolglos die Rollbewegung zu stoppen, in dem er den *collective lever* sofort nach unten bewegte⁴.

Der Helikopter kam nach dem Umkippen auf der rechten Seite liegend zum Stillstand. Der Fluglehrer schaltete das Triebwerk ab. Anschliessend kümmerte er sich um die Evakuierung des Flugschülers und der Passagiere. Alle Insassen blieben unverletzt. Es entstand kein Feuer (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2: Endlage des Helikopters nach dem Unfall. Auf dem Bild ist durch den Schattenwurf die Schneeverwehung (siehe roter Pfeil) sichtbar.

Helikopter

Das Muster Bell Helicopter Textron Canada B505 Jet Ranger X ist ein leichter Helikopter in Gemischtbauweise mit Kufenlandegestell. Die HB-ZWR war optional mit sog. Bärenzehen (*bear paws*) gegen das Einsinken in den Schnee ausgerüstet. Der Helikopter bietet bis zu zwei Besatzungsmitgliedern und drei Passagieren Platz. Der Zweiblatt-Hauptrotor, der sich von oben aus betrachtet im Gegenuhrzeigersinn dreht, und der Heckrotor werden durch ein Safran Helicopter Engines Wellentriebwerk des Modells Arrius 2R angetrieben. Dieses wird durch eine digitale Steuerungseinheit (*Engine Control Unit – ECU*) gesteuert. Die Ansteuerung der Hauptrotorblätter erfolgt über hydraulisch unterstützte Steuerstangen, die vom Piloten mittels klassischer Steuerorgane⁵ bewegt werden. Die Ansteuerung der Heckrotorblätter ist nicht hydraulisch unterstützt.

Im Flughandbuch (*Rotorcraft Flight Manual – RFM*) befinden sich keine Angaben über die maximalen Roll- und Längslagewinkel für eine Landung im Gelände.

Masse, Schwerpunkt und Leistungsberechnung

Die Abflugmasse des Helikopters (*Take Off Mass – TOM*) betrug beim Start ca. 1628 kg (3590 lb) und beinhaltete rund 147 kg Jet A-1 Flugtreibstoff. Die aktuelle Landemasse (*Landing Mass – LM*) zum Zeitpunkt des Unfalls betrug ca. 1573 kg (3468 lb). Die Leistungsberechnung

⁴ Das Senken des *collective lever* ist eine Steuerbewegung, die durchgeführt wird, um ein ungewolltes Kippen des Helikopters am Boden um die Längsachse (*dynamic rollover*) zu stoppen.

⁵ Als klassische Steuerorgane eines Helikopters sind der Hebel für die kollektive Blattverstellung (*collective*), der Steuerknüppel für die zyklische Blattverstellung (*cyclic*) und die Pedale (*pedals*) für die Steuerung des Heckrotors definiert.

ergab eine Massenreserve von ca. 78 kg (172 lb) für das Schweben ausserhalb des Bodeneffektes (*Hover Out of Ground Effect* – HOGE).

Der Schwerpunkt in Bezug zur Längsachse (*longitudinal center of gravity* – CG) lag während des gesamten Fluges auf der vorderen Grenze (*forward center of gravity* – FWD CG) des vom Hersteller zugelassenen Bereichs (vgl. Abbildung 3). Der laterale Schwerpunkt (*lateral CG*) befand sich während des gesamten Fluges im mittleren zulässigen Bereich.

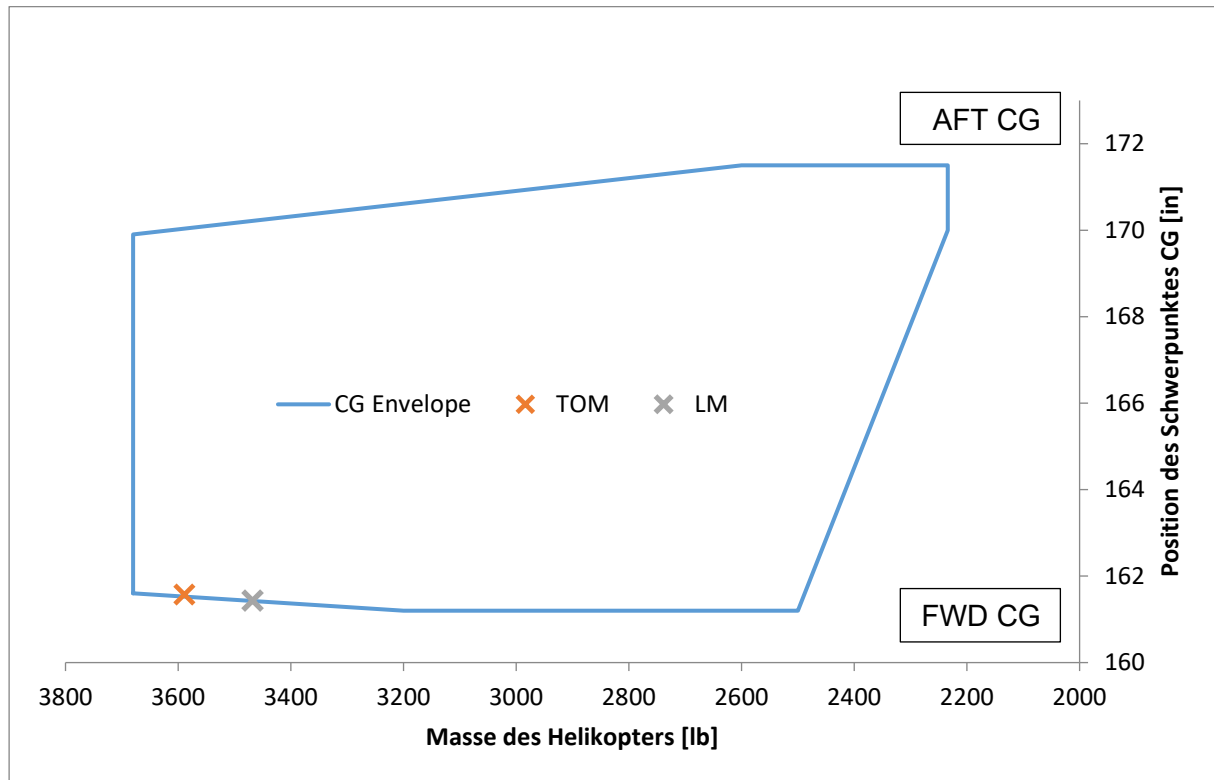


Abbildung 3: Darstellung der Lage des Schwerpunktes in Bezug auf die Längsachse (*longitudinal CG*).
Quelle: SUST

Wetterverhältnisse

Ein flaches Zwischenhoch lag über Süddeutschland. In der Höhe reichte ein Trog von den Britischen Inseln nach Mitteleuropa. Die Alpen befanden sich an dessen Südrand unter westlicher Höhenströmung.

Zum Zeitpunkt und am Ort des Unfalls war der Himmel wechselnd bewölkt mit Quellwolken unterschiedlichster Basis. Am Vorabgipfel betrug die mittlere Wolkenbasis 9200 ft AMSL.

Der Wind blies weitgehend laminar aus einer Richtung von ungefähr 250° mit einer Geschwindigkeit zwischen 10 und 15 kt. Gegenüber der Längsachse des Helikopters kam der Wind von vorne links in einem relativen Winkel von rund 45°.

Unfallstelle

Die Unfallstelle lag rund 200 m nordöstlich der Zentrumsordinate des Gebirgslandeplatzes Vorabgletscher (LSVV). Der ausgewählte Landeplatz befand sich auf einem dem Fluglehrer bekannten, mit Schnee bedeckten felsigen Geländerrücken. Der Neuschnee vom Vortag war unter Einfluss des Windes zu einer länglichen Verwehung geformt worden, die den gesamten Landeplatz überzog.

Dynamisches Kippen eines Helikopters (dynamic rollover)

Die Distanz zwischen dem Ansatzpunkt der aerodynamischen Kräfte am Hauptrotor und dem Punkt, an dem der Helikopter den Boden berührt, typischerweise das Fahrwerk oder das Kufenlandegestell, ergibt einen Hebelarm, der zu einer Roll- oder Neigetendenz führen kann. Die Rotorblätter haben einen begrenzten Bewegungsbereich in Schlagrichtung⁶, wie dies auch im Helikopter Flughandbuch der FAA⁷ ([Helicopter Flying Handbook, FAA, Ed. 2019](#)) beschrieben ist. Wenn der Längs- oder Rolllagewinkel des Helikopters diesen Bereich, der mit 5 bis 8° angegeben wird, überschreitet, reicht die Manövrierbarkeit, die von der zyklischen Blattverstellung ausgeht, nicht mehr, um die Auftriebskraft vertikal bzw. gegen den Hang zu halten. Es entwickelt sich eine laterale Komponente, die den Helikopter zum Kippen bringt.

Dieses Phänomen wird als *dynamic rollover* bezeichnet.

Die laterale Komponente kann nur reduziert werden, indem der Gesamtauftrieb mittels Verkleinerung des Einstellwinkels (*collective pitch*) reduziert wird.

Bei einem Helikopter mit, von oben aus betrachtet, gegen den Uhrzeigersinn drehendem Hauptrotor, erhöhen, nebst weiteren Faktoren, von links kommende Querwinde sowie Ausschläge der Heckrotorsteuerung nach links das Risiko der Entstehung eines *dynamic rollover*. Wenn die sich hangaufwärts befindende Kufe (oder Rad) auf den Boden trifft, können die Dynamik der Bewegung und die Trägheit dazu führen, dass der Hubschrauber um den Kontaktpunkt am Hang rollt und auf die Seite kippt (vgl. Abbildung 4).

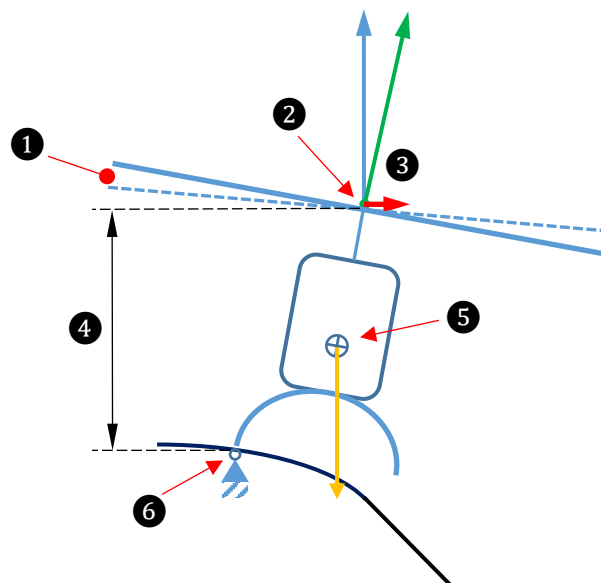


Abbildung 4: Schematische Darstellung des *dynamic rollover* mit einem Helikopter, in Flugrichtung. **1** Darstellung der Auslenkung der Rotorebene (gestrichelte Linie: maximale Auslenkung nach Links); **2** Ansatzpunkt der aerodynamischen Kräfte am Hauptrotorkopf; **3** Resultierende aerodynamische Kraft (rechtwinklig zur Rotorebene, grüner Vektor), laterale Komponente (roter Vektor), Auftriebskomponente (blauer Vektor); **4** Hebelarm zwischen dem Ansatzpunkt der aerodynamischen Kräfte (**2**) und des Berührungspunktes am Boden (**6**); **5** Schwerpunkt des Helikopters mit der Gewichtskraft (oranjer Vektor); **6** Berührungspunkt am Boden der Kufe.

⁶ Die Rotorblätter bzw. der Rotorkopf drehen sich in Schlagrichtung um das Schlaggelenk und die Rotorblattspitzen bewegen sich entsprechend nach oben und unten.

⁷ FAA: *Federal Aviation Administration*, Amerikanische Flugaufsichtsbehörde.

Analyse

Der Flug verlief ereignislos bis zur Landung auf dem Gebirgslandeplatz Vorabgletscher. Die HOGE-Leistungsreserve war mit knapp 5 % eher gering.

Im vorliegenden Fall kam der südwestliche Wind aus dem vorderen linken Quadranten und erzeugte aufgrund des Geländeanstiegs einen Auftrieb. Um die Position im Schwebeflug zu halten, musste der Pilot den Hebel zur zyklischen Blattverstellung (*cyclic*) nach vorne links, entgegen dem Wind, bewegen. Die Anströmung der Rotorebene durch den Wind bewirkte durch Kreiseffekte eine Kraft, die eine Rollbewegung nach rechts um die Längsachse begünstigte. Dadurch verringerte sich der noch zur Verfügung stehende Steuerausschlag des *cyclic* nach vorne links.

Da der verwehte Schneerücken und das Gelände unter der rechten Kufe abfallend waren, neigte sich der Helikopter nach dem Aufsetzen der linken Kufe nach rechts. Im weiteren Verlauf der Aufsetzphase stabilisierte sich der Helikopter kurzzeitig bei einer Querlage von rund 5° nach rechts. Dies kontrollierte der Fluglehrer mittels Steuereingaben an der zyklischen und kollektiven Blattverstellung, die eine Orientierung der aerodynamischen Resultierenden nach links mit einer Auftriebskraft, die ungefähr dem aktuellen Gewicht entsprach, erzeugten.

Inwiefern beide Kufen zu diesem Zeitpunkt Kontakt mit festem Untergrund oder Schnee hatten, muss offenbleiben. Als der Helikopter unerwartet weiter nach rechts rollte, senkte der Fluglehrer instinktiv den *collective lever*, was der standardmässigen Steuereingabe zur Verhinderung eines *dynamic rollover* entsprach. Dadurch wurde jedoch die aerodynamische Kraft, die bisher den Helikopter auf der Rollachse stabilisierte, schlagartig verringert. Da die rechte Kufe in diesem Moment wahrscheinlich immer noch keinen Kontakt zu einem genügend stabilen Untergrund hatte, beschleunigte der Helikopter die Rollbewegung nach rechts, überschritt dabei den kritischen Kippwinkel und kippte um. Befindet sich ein Helikopter in einem solchen Vorgang, bei dem der kritische Kippwinkel überschritten wird, ist es für den Piloten nicht mehr möglich, die Rollbewegung durch Steuereingaben zu korrigieren.

Schlussfolgerungen

Der Unfall ist auf ein *dynamic rollover* des Helikopters zurückzuführen, das sich aufgrund des Überschreitens des kritischen Kippwinkels beim Aufsetzen entwickelte. Begünstigt wurde der Unfall durch den Anflug auf eine Landestelle mit unvorteilhaftem Untergrund, der als solcher schwer erkennbar war.

Bern, 7. Oktober 2024

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle