



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISl
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Schlussbericht Nr. 2395 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Motorflugzeuges
Reims Aviation S.A., F152, HB-CXV,

vom 12. Juni 2020

Flugplatz Beromünster (LSZO)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Artikel 3.1 der 12. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 5. November 2020 zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt (LFG; SR 748.0) vom 21. Dezember 1948 (Stand am 1. Mai 2022) ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. 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.

Alle Angaben beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf den Zeitpunkt des Unfalls.

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 zum Zeitpunkt des Unfalls der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Zusammenfassung

Luftfahrzeugmuster Reims Aviation S.A., F152 HB-CXV

Halter Flug Betriebs-AG Beromünster, Moos 3, 6025 Neudorf

Eigentümer Flug Betriebs-AG Beromünster, Moos 3, 6025 Neudorf

Fluglehrer Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1972

Ausweis Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge (*Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)*) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)

Flugstunden	insgesamt	6793 h	während der letzten 90 Tage	18:12 h
	auf dem Unfallmuster	47:48 h	während der letzten 90 Tage	00:42 h

Flugschüler Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1990

Ausweis Keine

Flugstunden Keine

Ort Flugplatz Beromünster

Koordinaten --- **Höhe** ---

Datum und Zeit 12. Juni 2020, 19:05 Uhr

Betriebsart Schulung

Flugregeln Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*)

Startort Flugplatz Beromünster (LSZO)

Zielort Flugplatz Beromünster (LSZO)

Flugphase Start und Steigflug

Unfallart Kontrollverlust

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmit- glieder	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	Total

Schaden am Luftfahrzeug Schwer beschädigt

Drittschaden Keine

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die Beschreibung des Hergangs standen die folgenden Informationen zur Verfügung: Angaben des Fluglehrers und des Flugschülers sowie eines Augenzeugen; Aufzeichnungen aus dem Flarm¹; Wetterdienst; Dokumente und Fotos der Luzerner Kantonspolizei.

1.1.2 Vorgeschichte

Der Fluglehrer beabsichtigte, mit seinem zukünftigen Flugschüler am Nachmittag des 12. Juni 2020 einen Schnupperflug zu absolvieren. Dazu trafen sich die beiden um 15:00 Uhr auf dem Flugplatz in Beromünster und führten gemeinsam die Vorflugkontrolle am Motorflugzeug Reims Cessna F152, eingetragen als HB-CXV, durch. Es befanden sich 23 Liter Treibstoff an Bord und es wurden noch 12 Liter dazu getankt. Zu diesem Zeitpunkt waren die Windverhältnisse aufgrund des starken Südföhns für einen Start mit der HB-CXV auf der Piste 33 ungenügend. Laut Berechnungen des Fluglehrers war die Rückenwindkomponente zu gross. Gegen 15:30 Uhr fragte der Fluglehrer im C-Büro des Flugplatzes nach einem leistungstärkeren Flugzeug, einer Reims Cessna F172. Dieses Flugzeug war an diesem Nachmittag ebenfalls verfügbar. Da der Flugschüler die F152 bevorzugte, der Fluglehrer bessere Windverhältnisse gegen Abend erwartete, und beide keinen Zeitdruck hatten, entschieden sie sich, auf bessere Windverhältnisse zu warten.

Um die Wartezeit sinnvoll zu überbrücken, begaben sich der Fluglehrer und der Flugschüler ins Flugplatzrestaurant und bereiteten gemeinsam den bevorstehenden Flug vor. Der Fluglehrer nutzte die Zeit, um dem Flugschüler die verschiedenen Schritte der Flugvorbereitung zu erklären, insbesondere die Berechnung der Startstrecke. Die Möglichkeit eines Startabbruchs wurde ebenfalls intensiv besprochen. Dabei hatte sich der Fluglehrer zwei Punkte für die Entscheidung zur Weiterführung oder zum Abbruch des Startes gesetzt (vgl. Abbildung 1), die er als «*gates*» bezeichnete. Das erste «*gate*» basierte auf der 70/50-Regel (vgl. Kapitel 1.2.3). Auf der Startpiste in Beromünster hat es seitlich der Pistenmitte eine weisse Markierung, die für die Piloten eine visuelle Hilfe darstellt. Bei dieser sollten mindestens 70 % der Geschwindigkeit, die für das Abheben notwendig ist, erreicht sein. Das zweite «*gate*» war die Position beim Asphalt-Rollweg querab der Tankstelle. Beim Passieren dieser Position erwartete der Fluglehrer eine deutliche Entlastung des Bugfahrwerkes und das Abheben des Flugzeuges. Falls dies nicht der Fall sei, so erklärte der Fluglehrer dem Flugschüler, müsse der Start abgebrochen werden.

Gegen Abend sank die Aussentemperatur und der Wind wurde schwächer. Laut Einschätzungen des Fluglehrers kam der Wind aus Südosten mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 km/h. Sämtliche Flugvorbereitungen waren zu diesem Zeitpunkt erledigt. Gegen 19 Uhr begaben sich der Fluglehrer und der Flugschüler zur HB-CXV. Der Fluglehrer führte zusammen mit dem Flugschüler abermals die Vorflugkontrolle (*walk around*) durch. Da das Flugzeug schon mit 35 Liter betankt war, überprüfte der Fluglehrer den Tankinhalt mittels eines speziell auf dieses Flugzeug geeichten Messinstrumentes (*dipstick*). Nach Angaben des Fluglehrers waren keine technischen Mängel am Flugzeug vorhanden. Der Fluglehrer begleitete den

¹ Flarm ist ein Verkehrsinformations- und Kollisionsvermeidungssystem für die allgemeine Luftfahrt, das vor allem in Leicht- und Segelflugzeugen verwendet wird. Flarm zeichnet zusätzlich den Flugweg des Luftfahrzeuges auf.

Flugschüler beim Abarbeiten der Checkliste und den durchzuführenden Handlungen.

1.1.3 Flugverlauf

Am 12. Juni 2020 kurz vor 19 Uhr wurde der Motor der F152, eingetragen als HB-CXV, angelassen und die Besatzung rollte das Flugzeug zum Rollhaltepunkt der Piste 33, um dort die Kontrollen vor dem Start (*run-up*) durchzuführen. Um 19:05 Uhr rollte der Fluglehrer in die Startposition der Piste 33 und überprüfte nochmals den Windsack, der laut seiner Wahrnehmung etwa 5 km/h Rückenwind mit leichtem Seitenwind von rechts zeigte². Diese Windsituation beobachtete die Besatzung einen Moment lang. Um die optimale Leistung des Motors abzurufen, stellte der Fluglehrer das Gemisch vor dem Start genau ein. Aus Leistungsgründen wurde ein Kurzstart (*décollage à performances maximales*) durchgeführt, der nach Luftfahrzeugflughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) ein Setzen der Leistung auf Vollgas mit angezogenen Bremsen und die Landeklappen auf Stellung 10° voraussetzt. Als die Startleistung gesetzt war, kontrollierte der Fluglehrer nochmals das Gemisch und den Windsack und löste dann die Bremsen.

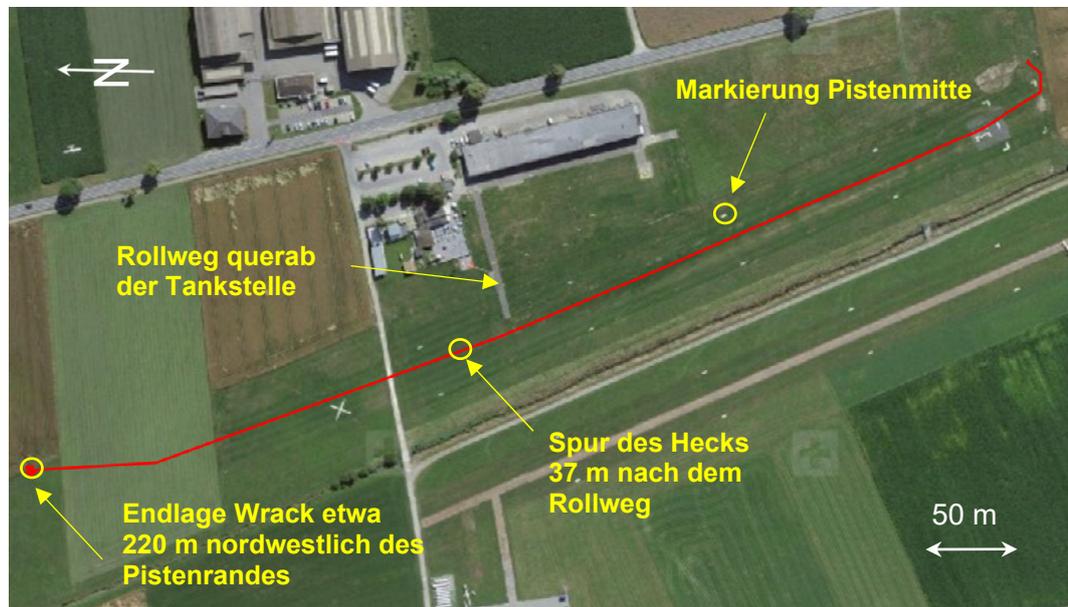


Abbildung 1: GPS³-Aufzeichnung des Flugwegs der HB-CXV (rote Linie). Quelle des Luftbildes: Bundesamt für Landestopografie.

Um die Beschleunigung beim Start bestmöglich zu unterstützen, entlastete er das Bugrad geringfügig. Als das Flugzeug an der Halbbahnmarkierung vorbeirollte, las der Fluglehrer gemäss eigenen Angaben 35 Knoten auf dem Geschwindigkeitsmesser ab. Beim Passieren des Rollwegs querab der Tankstelle verspürte der Fluglehrer eine deutliche Entlastung des Bugrades. Kurz darauf hob das Flugzeug ab, schlug aber gleich wieder mit dem Heck auf und hob wieder ab. Der Fluglehrer versuchte, das Flugzeug im Bodeneffekt weiter zu beschleunigen, um anschliessend in den Steigflug überzugehen. Da die erwartete Beschleunigung ausblieb, und die Zunahme der Höhe nur gering war, sah der Fluglehrer keine andere Möglichkeit, als das Flugzeug geradeaus in einem Feld notzulanden. Der Fluglehrer liess den Gashebel auf Stellung Vollgas, um so viel Auftrieb wie möglich zu generieren.

² Aufgrund des Geländes südlich des Flugplatzes Beromünster wird wenn immer möglich auf Piste 33 gestartet.

³ GPS: *Global Positioning System*, Globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung

Das Flugzeug schlug zuerst mit dem Hauptfahrwerk und dann mit dem Bugrad in einem Feld mit hohem Gras auf und überschlug sich (vgl. Abbildung 2). Nachdem das Flugzeug zum Stillstand gekommen war, öffnete der Fluglehrer die Türe auf der Seite des Flugschülers, damit dieser als erster das Wrack verlassen konnte. Der Fluglehrer verliess das Flugzeug ebenfalls durch die linke Türe direkt nach dem Flugschüler. Es brach kein Feuer aus und es traten auch keine Betriebsflüssigkeiten aus.



Abbildung 2: Die Reims Cessna F152, eingetragen als HB-CXV, nach der Notlandung in ihrer Endlage etwa 220 m nordwestlich des Pistenrandes. Im Hintergrund sind die Hangars des Flugplatzes Beromünster zu erkennen (südliche Blickrichtung).

1.1.4 Vergleichbare Zwischenfälle

Bei Starts von der Piste 33 des Flugplatzes Luzern-Beromünster ereigneten sich in der Vergangenheit die folgenden vergleichbaren Zwischenfälle, zu denen ein Untersuchungsbericht publiziert wurde:

- 19. Juni 1987: HB-UCN, Grumman AA5B, [Schlussbericht Nr. 1243](#)
- 17. März 1990: HB-CND, Cessna C172, [Schlussbericht Nr. 1362](#)
- 22. Mai 1993: HB-CCX, Cessna C182, [Schlussbericht Nr. 1516](#)
- 19. September 1993: HB-OQI, Piper PA28, [Schlussbericht Nr. 1527](#)
- 10. Januar 2005: HB-CCF, Cessna C152, [Schlussbericht Nr. 1933](#)
- 6. Juni 2009: HB-CFS, Cessna C182, [Schlussbericht Nr. 2130](#)
- 7. August 2014: HB-PQY, Piper PA28, [summarischer Bericht](#)
- 13. Dezember 2014: HB-CBZ, Cessna C182, [Schlussbericht Nr. 2272](#)

1.2 Angaben zum Betrieb des Flugzeuges

1.2.1 Startpiste

Die Startpiste bestand aus kurzgemähtem Gras und wies eine Gesamtlänge von 510 m auf, wovon aber die letzten 110 m mit einem Kreuz gekennzeichnet waren. Die gesamte Pistenlänge von 510 m durfte nur nach Genehmigung des Flugplatzleiters genutzt werden. Am Unfalltag standen nur die ersten 400 m der Pistenlänge zur Verfügung.

1.2.2 Beladung und Startstreckenberechnung

Die HB-CXV wog beim Start 742 kg bei einer maximal zulässigen Abflugmasse von 758 kg. Masse und Schwerpunkt lagen zum Unfallzeitpunkt innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Grenzen. Das AFM schreibt für einen Kurzstart eine angezeigte Geschwindigkeit von 50 Knoten zum Rotieren des Flugzeuges vor. Bei den vorherrschenden Wetter- und Pistenbedingungen war damit gemäss AFM mit einer Startrollstrecke auf Gras bei 5 Knoten Rückenwindkomponente von 433 m und einer Startdistanz über ein 50 ft-Hindernis von 698 m zu rechnen. Bei einer Rückenwindkomponente von 10 Knoten war mit einer Startrollstrecke von 520 m und einer Startdistanz über ein 50 ft-Hindernis von 837 m zu rechnen.

Der Pilot rechnete mit einer Rückenwindkomponente von 3 Knoten. Dies ergab eine Startrollstrecke von 398 m. Die Startdistanz über ein 50 ft-Hindernis von 642 m wurde für diesen Flug nicht berechnet, da nach Ansicht des Fluglehrers nach dem Pistenende keine nennenswerten Hindernisse zu berücksichtigen seien, die den Startvorgang beeinflussen könnten.

1.2.3 Methode zur Überprüfung des Geschwindigkeitszuwachses

Der Pilot sah vor, den Start nach der halben Pistenlänge abubrechen, falls bis dahin nicht 70 % der Abhebegeschwindigkeit erreicht sein würden. Dieser als «70/50-Regel» bekannten Methode⁴ liegt mutmasslich zugrunde, dass ein Körper gemäss den kinematischen Grundsätzen der Physik nach 50 % einer Beschleunigungsstrecke rund 70 % seiner Endgeschwindigkeit erreicht, sofern die Beschleunigung dabei konstant bleibt.^{5,6}

Demnach würde ein Flugzeug, das nach der halben Pistenlänge gerade 70 % seiner Abhebegeschwindigkeit erreicht, diese Abhebegeschwindigkeit auf dem letzten Meter der Piste knapp erreichen. In der Praxis ist jedoch mit einer tieferen Geschwindigkeit am Pistenende zu rechnen, weil die Voraussetzung einer konstanten Beschleunigung nur schon infolge des zunehmenden Luftwiderstandes nicht erfüllt ist.

Die Anwendung dieser in der fliegerischen Praxis weitverbreiteten Faustregel führt oftmals zu einem Entscheid zwischen «go» oder «stop» in der Pistenmitte. t Dabei

⁴ Die «70/50-Regel» ist nicht Bestandteil der Privatpilotenausbildung in der Schweiz oder der dafür eingesetzten Literatur. Sie erfuhr jedoch durch das Internet eine grosse Verbreitung. Sie findet sich in der Broschüre «*Alaskan Off Airport Operations Guide*» der amerikanischen Luftaufsichtsbehörde FAA (www.faasafety.gov). Darauf verwies der [Schlussbericht Nr. 2272](#) der SUST zum Unfall der HB-CBZ Auch der Motorflugverband der Schweiz beschreibt sie in einer Broschüre der Reihe «*Safer Flying*» (www.mfvs.ch).

⁵ Für eine gleichmässig beschleunigte Bewegung gilt $s = 0.5 \cdot a \cdot t^2$ und $v = a \cdot t$. Demnach erreicht ein Körper bei einer konstanten Beschleunigung a nach der Hälfte einer Beschleunigungsstrecke s und einer Zeit t eine Geschwindigkeit v , die dem $2^{-1/2}$ -fachen bzw. 70.7 % seiner Endgeschwindigkeit entspricht.

⁶ Die hier als Abhebe- bzw. Endgeschwindigkeit bezeichnete Geschwindigkeit wird im *Alaskan Off Airport Operations Guide* der FAA als «*lift off speed*» bezeichnet. Eine solche wird von den Herstellern normalerweise und wie vorliegend nicht angegeben.

ist jedoch keineswegs sichergestellt, dass die verbleibende Pistenlänge zur Fortsetzung des Startvorgangs bzw. zum Anhalten vor dem Pistenende noch ausreicht; hingegen kann ein Startabbruch auch nach dem «go» noch zulässig und bisweilen sogar sinnvoll sein.⁷

1.3 Auswertung der Flarm-Aufzeichnungen

Die Auswertung der Flarm-Aufzeichnungen zeigte, dass die HB-CXV während des Startlaufs nach der Hälfte der zur Verfügung stehenden Piste eine Geschwindigkeit gegenüber Grund von gegen 40 Knoten aufwies. Beim Passieren der Tankstelle betrug die Geschwindigkeit gegenüber Grund annähernd 50 Knoten.

1.4 Meteorologische Angaben

1.4.1 Allgemeine Wetterlage

Die Schweiz befand sich am östlichen Rand eines Tiefs über der Biskaya. Die Bewölkung einer Okklusion aus Westen hatte erst die Westschweiz erreicht. *«Auf der Vorderseite eines recht kräftigen Tiefs mit Kern über der Biskaya verstärkt sich heute vorübergehend die Südtau- und Föhnlage im Alpenraum.»*⁸

1.4.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des Unfalls

Die folgenden Angaben zum Wetter zur Zeit und am Ort des Unfalls basieren auf einer räumlichen und zeitlichen Interpolation der Beobachtungen verschiedener Wetterstationen.

Wetter/Wolken	einzelne (<1/8) Ac (<i>Alto cumuli</i>)	
Sicht	mindestens 30 km	
Wind	5 bis 10 kt aus Südost; Böen bis 15 kt möglich	
Temperatur/Taupunkt	23 °C / 8 °C	
Luftdruck (QNH)	1005 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ⁹ -Standardatmosphäre)	
Gefahren	<i>«Über den Alpen und am Alpennordhang mässig bis lokal starke Föhnturbulenz unterhalb von FL140.»</i> ¹⁰	

1.4.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimet: 282°	Höhe: 21°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.4.4 Windverhältnisse

Da sich die Schweiz auf der Vorderseite eines recht kräftigen Tiefs befand, herrschte am Unfalltag eine verstärkte Südtau- und Föhnlage. Der aus Südosten

⁷ Nur im *Alaskan Off Airport Operations Guide* der FAA, nicht aber in den darauf verweisenden Publikationen, wird für den Fall eines Abfluges über Hindernisse (*«for obstructed departures»*) empfohlen, die Entscheidung zum Startabbruch statt in der Pistenmitte bereits nach dem ersten Drittel der Piste zu fällen, und dies mit derselben Entscheidungsgeschwindigkeit von 70 % der Abhebegeschwindigkeit.

⁸ Zitat aus Flugwetterübersicht Schweiz vom 12. Juni 2020 um 13 Uhr.

⁹ ICAO: *International Civil Aviation Organization*, Internationale Zivilluftfahrtorganisation

¹⁰ Zitat aus Flugwetterübersicht Schweiz vom 12. Juni 2020 um 13 Uhr.

wehende Föhn war über den ganzen Tag stark ausgeprägt und blies zum Teil mit Geschwindigkeiten von bis zu 15 Knoten. Am Nachmittag war der Wind am stärksten und nahm gegen Abend leicht ab.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es liegen keine Hinweise für technische Einschränkungen vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können. Masse und Schwerpunkt lagen zum Unfallzeitpunkt innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Grenzen.

2.2 Betriebliche Aspekte

2.2.1 Startstreckenberechnung

Die Untersuchung zeigte, dass für den 12. Juni 2020 der Wind aus Südost mit 5 bis 10 Knoten blies und Böen bis 15 Knoten möglich waren. Die Berechnung der Startrollstrecke von 398 m auf Basis einer Rückenwindkomponente von 3 Knoten wurde somit unter zu optimistischen Annahmen erstellt.

Aufgrund der tatsächlichen Windverhältnisse mit einer Rückenwindkomponente zwischen 5 bis 10 Knoten betrug die Startrollstrecke zwischen 430 bis 520 m.

Der Entscheid, den Start mit diesen geringen Reserven bezüglich Startrollstrecke und unter diesen variablen Verhältnissen zu wagen, war wenig sicherheitsbewusst.

2.2.2 Startvorgang

Die Abhängigkeit des Luftwiderstands eines Flugzeuges von dessen Geschwindigkeit geht aus Abbildung 3 hervor. Da der Luftwiderstand durch den Schub des Triebwerks ausgeglichen werden muss, stellt diese Kurve gleichzeitig den für den unbeschleunigten Horizontalflug erforderlichen Schub bzw. die benötigte Triebwerkleistung (*power required*) dar. Die starke Erhöhung des Luftwiderstandes bei tiefen Geschwindigkeiten ist auf die Bildung von Randwirbeln an den Flügelspitzen zurückzuführen. Dieser als induzierter Widerstand bekannte Anteil am gesamten Luftwiderstand entsteht durch die Auftriebserzeugung. Während eines Startvorgangs beginnt die Bildung des induzierten Widerstands deshalb, sobald der Flügel durch eine Vergrößerung des Anstellwinkels zur Auftriebserzeugung genutzt wird. Ein Flug in diesem Geschwindigkeitsbereich erfordert zur Geschwindigkeitsreduktion eine Leistungserhöhung (*region of reversed command*). Die verfügbare Triebwerkleistung (*maximum power available*) nimmt bei abnehmender Geschwindigkeit ab. Eine Beschleunigung oder ein Steigflug sind nur möglich, wenn die verfügbare Triebwerkleistung grösser als die benötigte Triebwerkleistung ist.

Die höchstmögliche Geschwindigkeit, die ein Flugzeug erreichen kann, ergibt sich aus dem Schnittpunkt der maximal verfügbaren Leistung (*maximum power available*) und der benötigten Leistung (*power required*) im rechten Teil des Diagrammes (vgl. Abbildung 3).

Die langsamste Geschwindigkeit, bei der das Flugzeug noch geflogen werden bzw. abheben kann, wird erreicht, wenn die zur Verfügung stehende Leistung gerade noch ausreicht, um den notwendigen Auftrieb zu erzielen und den zugehörigen Widerstand zu überwinden. Bei jedem Startvorgang bewegt sich ein Flugzeug in diesem Bereich. Die Abhebegeschwindigkeit und der gewählte Lage- bzw. Anstellwinkel müssen dabei so gewählt werden, dass bei Startleistung eine Beschleunigung möglich ist.

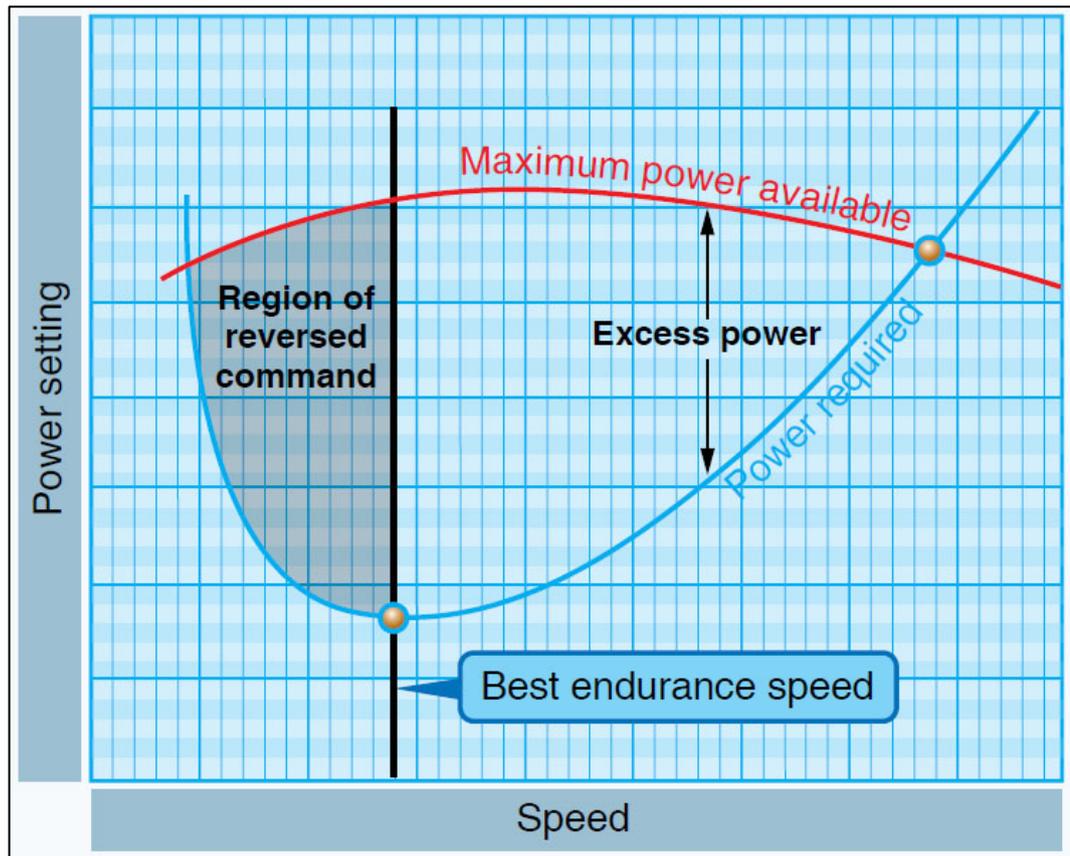


Abbildung 3: In diesem Diagramm, das die Beziehung zwischen Leistungssetzung (*power setting*) und Geschwindigkeit (*speed*) darstellt, bezeichnet die untere Kurve (blau) die benötigte Leistung (*power required*). Die obere Kurve (rot) ist die maximal verfügbare Leistung (*maximum power available*) des Flugzeuges. Im Bereich der Überschussleistung (*excess power*) kann das Flugzeug durch Leistungserhöhung bis zur Höchstgeschwindigkeit im Horizontalflug beschleunigt werden. *Region of reversed command* bedeutet, dass das Fliegen mit höherer Geschwindigkeit, eine niedrigere Leistung benötigt als das Fliegen mit geringerer Geschwindigkeit, was die Instabilität in diesem Bereich zum Ausdruck bringt. Die *best endurance speed*, ist diejenige Geschwindigkeit bei der das Flugzeug mit dem geringsten Energiebedarf fliegt und damit bei gegebenem Treibstoffvorrat am längsten fliegen kann. (Quelle: Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge, Chapter 11)

Im vorliegenden Fall kann aufgrund der Schilderungen der Besatzung, der Flarmdaten und den Windverhältnissen und unter Berücksichtigung der dargelegten Leistungsverhältnisse auf folgenden Ablauf geschlossen werden:

Bei der Halbbahnmarkierung wies das Flugzeug eine Geschwindigkeit gegenüber Grund von gegen 40 Knoten auf. Bei einer Rückenwindkomponente von 5 bis 10 Knoten dürften damit an dieser Stelle zwischen 30 und 35 Knoten angezeigter Fluggeschwindigkeit vorhanden gewesen sein. Damit ist es nachvollziehbar, dass der Start von der Besatzung nicht abgebrochen wurde, da die als Entscheidungskriterium gewählte 70/50-Regel in etwa erfüllt schien.

In der Region der Tankstelle, d.h. nach rund 350 m Rollstrecke, wurde das Flugzeug in die Luft gebracht, wobei hier die Geschwindigkeit gegenüber Grund annähernd 50 Knoten betrug. Die herrschende Rückenwindkomponente von 5 bis 10 Knoten führte aber dazu, dass das Abheben mit einer angezeigten Geschwindigkeit zwischen 40 und 45 Knoten erfolgte, was deutlich unter der im AFM für einen Kurzstart vorgeschriebenen Geschwindigkeit von 50 Knoten angezeigter Geschwindigkeit lag. Damit befand sich das Flugzeug im instabilen Bereich der Leis-

tungskurve und die zur Verfügung stehende Leistung reichte nicht aus, um es beschleunigen oder in einen Steigflug bringen zu können. Aus diesem Grund schlug es mit dem Heck wieder auf der Piste auf, was ein Indiz für einen grossen Lagewinkel und damit auch einen hohen Anstellwinkel darstellt. Der Entscheid, diesen instabilen Flugzustand nicht weiter fortzusetzen und eine Notlandung einzuleiten, war sicherheitsbewusst.

Der vorliegend untersuchte Unfall zeigt die Problematik der 70/50-Regel auf, da diese in der Mitte der Bahn zwar erfüllt war, das Flugzeug aber offensichtlich in der zweiten Hälfte der Piste nicht ausreichend beschleunigen konnte, um sicher abheben und den Anfangsteigflug beginnen zu können. Die 70/50-Regel kann daher als brauchbares Abbruchkriterium für einen Startvorgang gelten, wenn sie nicht erfüllt ist. Sie stellt aber keine Garantie für einen sicheren Start dar, wenn ihre Bedingungen in der Pistenmitte erfüllt sind.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach VFR zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich zum Unfallzeitpunkt innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) zulässigen Grenzen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den Unfall hätten beeinflussen können.
- Der Notsender (*Emergency Locator Transmitter – ELT*) wurde ausgelöst.

3.1.2 Besatzung

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

3.1.3 Unfallflug

- Die Besatzung berechnete eine zu erwartende Startstrecke von 398 m bei einem Rückenwind von 3 kt.
- Das Flugzeug wurde nach rund 350 m Rollstrecke in die Luft gebracht.
- Bei den herrschenden Windverhältnissen war eine Rollstrecke zwischen 430 und 530 m bis zum Abheben notwendig.
- Bei der Halbbahnmarkierung betrug die angezeigte Geschwindigkeit des Flugzeuges zwischen 30 und 35 Knoten.
- Beim Abheben betrug die angezeigte Geschwindigkeit des Flugzeuges zwischen 40 und 45 Knoten.
- Die im Luftfahrzeug-Flughandbuch vorgeschriebene angezeigte Geschwindigkeit zum Rotieren des Flugzeuges beträgt 50 Knoten.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Während des Starts herrschte ein variabler Rückenwind mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 10 kt mit möglichen Böen bis 15 kt vor.
- Die zum Startzeitpunkt verfügbare Pistenlänge betrug 400 m.

3.2 Ursachen

Eine Sicherheitsuntersuchungsstelle muss sich zum Erreichen ihres Präventionszwecks zu Risiken und Gefahren äussern, die sich im untersuchten Zwischenfall ausgewirkt haben und die künftig vermieden werden sollten. In diesem Sinne sind die nachstehend verwendeten Begriffe und Formulierungen ausschliesslich aus Sicht der Prävention zu verstehen. Die Bestimmung von Ursachen und beitragenden Faktoren bedeutet damit in keiner Weise eine Zuweisung von Schuld oder die Bestimmung von verwaltungsrechtlicher, zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Haftung.

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass sich die Besatzung trotz geringfügiger Reserven bezüglich der Startrollstrecke und angesichts von variablen Windverhältnissen entschied, den Start durchzuführen. Dabei wurde das Flugzeug bei einer zu geringen Geschwindigkeit zum Abheben gebracht. In diesem Geschwindigkeitsbereich reichte die zur Verfügung stehende Startleistung nicht aus, um es beschleunigen oder in einen Steigflug bringen zu können, so dass eine Notlandung unvermeidlich wurde.

Die Berechnung der Startrollstrecke unter zu optimistisch angenommen Windverhältnissen hat zum Unfallhergang beigetragen.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Keine

4.2 Sicherheitshinweise

4.2.1 Umgang mit Leistungsberechnungen

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Insbesondere beim Start von Flugplätzen mit relativ kurzen Pisten und anspruchsvollen Bedingungen können Zwischenfälle auftreten, bei denen die zur Verfügung stehende Startstrecke nicht ausreicht, um einen sichereren Start durchzuführen. In vergleichbarer Weise kann es bei Landungen auf kurzen Pisten zum Überrollen des Pistenendes kommen, weil die zur Verfügung stehende Landestrecke zu gering ist. Die Ursache dieser Zwischenfälle liegt dabei meist bei zu optimistischen Annahmen bezüglich der Leistung des Flugzeuges oder bei einer unzuweckmässigen Start- bzw. Landetechnik, welche die Leistung des Flugzeuges nicht optimal nutzt. Dazu kommt, dass gewisse, vor allem ältere Flugzeugmuster nur über verhältnismässig einfache Leistungsangaben verfügen, die nicht in jeder Situation eine verlässliche Entscheidungshilfe bieten.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 48

Zielgruppe: Piloten, die Flugzeuge auf Flugplätzen mit kurzen Pisten betreiben

Es empfiehlt sich, Leistungsberechnungen für Start und Landung auf kurzen Pisten und bei anspruchsvollen Boden- bzw. Wetterbedingungen mit grosszügigen Sicherheitsmargen zu versehen und den Betrieb des entsprechenden Flugzeugs beispielsweise durch eine Verringerung der Beladung an die errechneten Leistungswerte und die herrschenden Rahmenbedingungen anzupassen. Des Weiteren sollten die Verfahren für Kurzstarts- und -landungen der jeweiligen Flugzeugmuster sicher beherrscht werden.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Die Flug Betriebs-AG Beromünster hat seit dem Unfall der HB-CXV die Regelung für Starts mit Rückenwind auf der Piste 33 geändert. Neu darf grundsätzlich mit Rückenwind und einer Masse nahe der maximal zulässigen Startmasse auf der Piste 33 nicht mehr gestartet werden.

Der Fluglehrer gab an, dass auch er seine «*Gates*» verschärft habe. Seit dem Unfall schaue er immer, dass er mindestens 80 % der Rotationsgeschwindigkeit bei der Pistenmitte erreicht. Ansonsten breche er den Start ab. Weiter teilte der Fluglehrer mit, dass er neu mit einem Zuschlag von 30 % anstelle der vorgeschriebenen 15 % beim Start auf einer Graspiste rechne.

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 10 lit. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).