



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

Bereich Aviatik

Schlussbericht Nr. 2272 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Flugzeuges
Cessna 182J, HB-CBZ,

vom 13. Dezember 2014

Flugfeld Luzern-Beromünster (LSZO)/LU

Cause

L'accident est dû à un dépassement de piste du fait que le décollage avec une masse excessive n'a pas été interrompu à temps pendant la phase de roulage sur une piste molle.

Le facteur suivant a joué un rôle dans la survenue de l'accident :

- préparation lacunaire du vol a joué.

Au cours de l'enquête, le facteur suivant, bien que n'ayant pas joué un rôle dans la survenue de l'accident, a néanmoins été identifié comme risque (*factor to risk*) :

- absence d'un système d'attache pour les parachutistes.

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 10. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt 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 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.

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 Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) lautet:

LT = MEZ = UTC + 1 h.

Schlussbericht

Luftfahrzeugmuster	Cessna 182J	HB-CBZ
Halter	Flubag Flugbetriebs AG Beromünster, Moos 3, 6025 Neudorf	
Eigentümer	Paravia AG, Rathausstrasse 7, 6340 Baar	

Pilot	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1951			
Ausweis	Privatpilotenlizenz auf Flugzeugen (<i>private pilot licence aeroplane – PPL(A)</i>) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)			
Flugstunden	insgesamt	1288 h	während der letzten 90 Tage	12:45 h
	auf dem Unfallmuster	>300 h	während der letzten 90 Tage	7:17 h

Ort	Flugfeld Luzern-Beromünster (LSZO)		
Koordinaten	--	Höhe	--
Datum und Zeit	13. Dezember 2014, 08:30 Uhr		

Betriebsart	Sichtflugregeln (<i>visual flight rules – VFR</i>), privat
Flugphase	Start
Unfallart	Überrollen des Pistenendes

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	1	2	3	0
Keine	0	2	2	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	4	5	0

Schaden am Luftfahrzeug Stark beschädigt

Drittsschaden Geringer Flurschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Angaben des Piloten sowie die Aussagen der Passagiere verwendet. Die Daten des im Flugzeug mitgeführten Navigationsgerätes konnten nicht ausgewertet werden, da der Aufzeichnungsmodus nicht aktiviert war.

Der Flug wurde nach Sichtflugregeln (*visual flight rules* – VFR) durchgeführt. Es handelte sich um einen privaten Flug zum Absetzen von Fallschirmspringern.

1.1.2 Vorgeschichte

Seit rund 30 Jahren führte der Pilot regelmässig Absetzflüge für Fallschirmspringer durch. Am 5. April 2011 absolvierte er mit dem Motorflugzeug Cessna 182J, eingetragen als HB-CBZ, die obligatorische Einweisung für Anflüge auf die Piste 34 des Flugfeldes Luzern-Beromünster (LSZO). Diese beinhaltete, im Beisein eines berechtigten Piloten, fünf Starts und Landungen ohne Passagiere.

Seither flog der Pilot mit der HB-CBZ insgesamt 38:34 h und führte ab diesem Flugfeld etwa 10 Starts mit Fallschirmspringern an Bord aus.

1.1.3 Flugvorbereitung

Am 13. Dezember 2014 traf der Pilot um 07:30 Uhr auf dem Flugfeld Luzern-Beromünster ein. Er beabsichtigte, mit vier Fallschirmspringern an Bord von Luzern-Beromünster nach Kägiswil (LSPG) zu fliegen, um dort die Fallschirmspringer im Flug abzusetzen. Danach waren während des Tages weitere Absetzflüge ab Kägiswil geplant.

Wie zum Absetzen von Fallschirmspringern mit diesem Flugzeugmuster vorgeschrieben, wurden zu diesem Zweck bis auf den Pilotensitz alle Sitze einschliesslich deren Sicherheitsgurte aus der HB-CBZ ausgebaut (vgl. Kapitel 1.4.4.1). Das Flugzeug blieb mit einem Doppelsteuer ausgerüstet. Danach führte der Pilot die Aussenkontrolle am Flugzeug durch und machte es betriebsbereit. Gemäss Angaben des Piloten war der linke Flügeltank rund zur Hälfte mit Treibstoff gefüllt, der rechte etwas weniger, was einen totalen Treibstoffvorrat von ca. 150 Liter ergab. Es wurde keine Betankung durchgeführt. Die Gewichtsberechnung machte der Pilot im Kopf unter der Annahme einer Masse von 85 kg je Insasse. Weiter holte er Informationen über das Wetter, *notice to airmen* (NOTAM) und *daily airspace bulletin Switzerland* (DABS), ein.

Anschliessend schritt der Pilot die Graspiste ab, um deren Zustand zu beurteilen. Die Graspiste war nass und weich; nach Angaben des Piloten war sie leicht angefroren. Er ging davon aus, dass er die Pistenverlängerung nicht in Anspruch nehmen müsse, und holte die dazu benötigte Bewilligung nicht ein (vgl. Kapitel 1.3).

Um 7:30 Uhr trafen die vier Fallschirmspringer auf dem Flugfeldgelände ein und rüsteten sich mit ihren Fallschirmen aus. Schliesslich setzten sie sich kurz vor dem Start im Flugzeug auf den Boden ohne Sicherung. Dabei nahmen Springer Nr. 2 und Nr. 4 eine Sitzposition mit Blick in Flugrichtung, Springer Nr. 1 und Nr. 3 eine solche mit dem Rücken in Flugrichtung ein (vgl. Abbildung 1). Der Pilot sass auf dem Sitz vorne links und war mit einem Bauchgurt angeschnallt. Er trug ebenfalls einen Fallschirm.

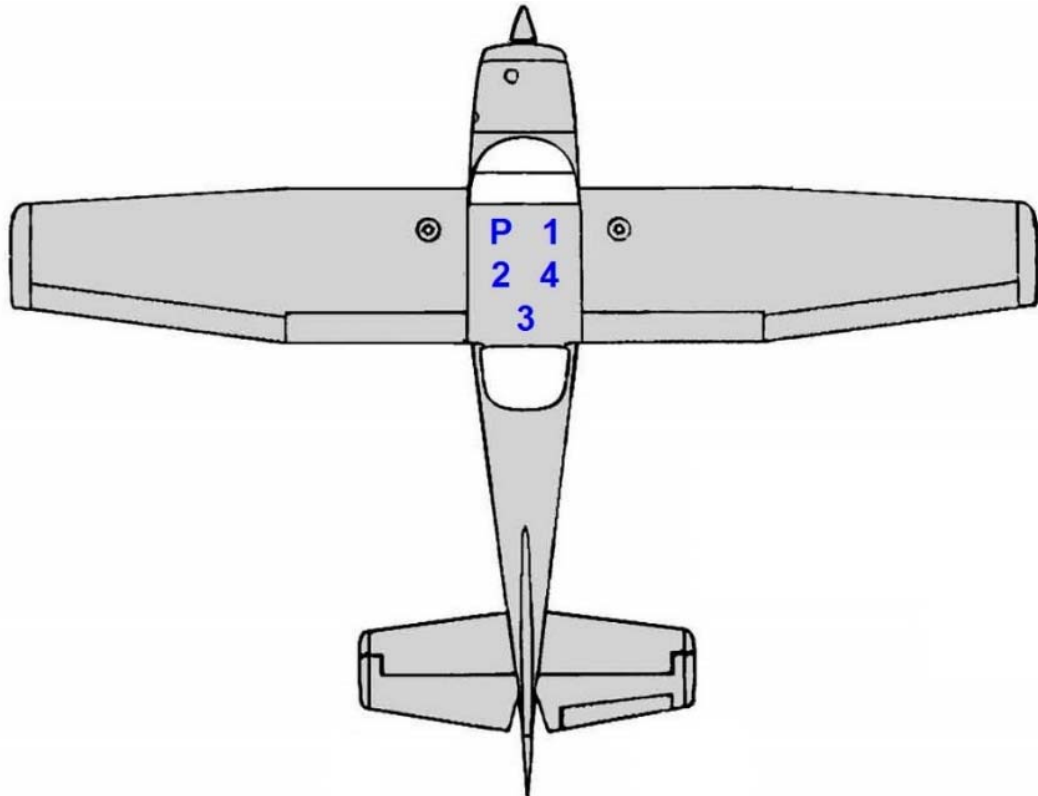


Abbildung 1: Sitzpositionen des Piloten (P) und der Fallschirmspringer (Nr. 1 bis 4)

1.1.4 Flugverlauf

Um ca. 08:20 Uhr rollte der Pilot mit der HB-CBZ und den vier Fallschirmspringern an Bord in Richtung der Pistenschwelle 34. Er arbeitete die Prüfliste vor dem Start ab und setzte die elektrisch angetriebenen Landeklappen (*flaps*) auf 10°. Der Pilot beabsichtigte, diese auf 20° zu stellen, nachdem das Flugzeug im Startlauf etwas an Geschwindigkeit zugelegt haben würde.

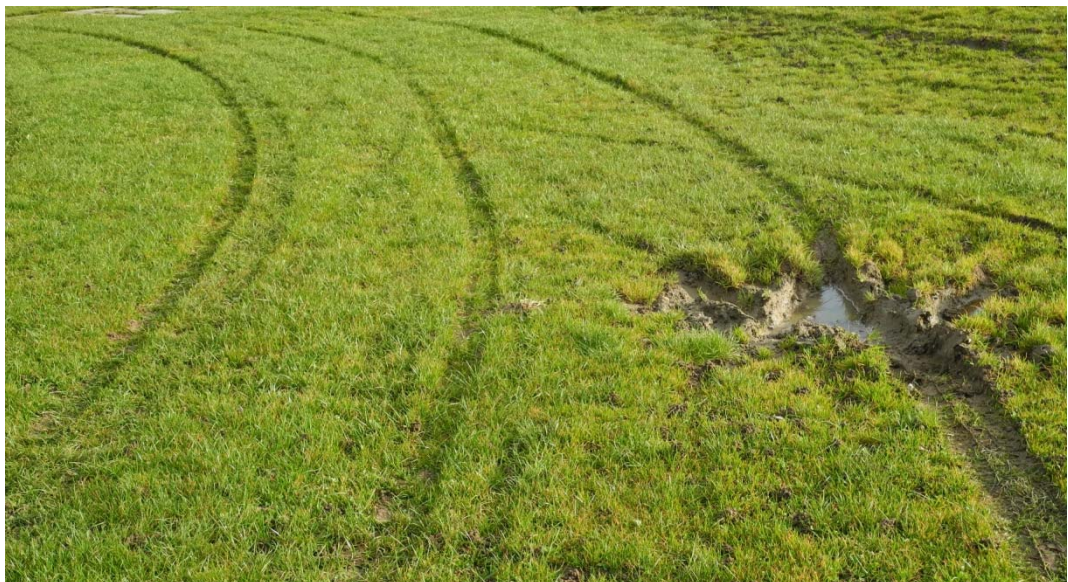


Abbildung 2: Rollspuren des Fahrwerks der HB-CBZ beim Eindreihen bei der Pistenschwelle 34

Die HB-CBZ begann ihren Startlauf kurz vor 08:30 Uhr auf der Graspiste 34. Bei maximaler Motorleistung erreichte das Flugzeug bis zur Hälfte der Pistenlänge

eine Geschwindigkeit von 40 MPH¹, was 64 km/h entspricht. Der Pilot war aufgrund der unebenen Grasoberfläche der Meinung, dass die HB-CBZ demnächst vom Boden abheben würde. Schliesslich veränderte er die Klappenstellung nicht mehr. Die HB-CBZ passierte die versetzte Pistenschwelle 16 und rollte über die angrenzende Querstrasse in die Pistenverlängerung 34 (vgl. Abbildung 3).

Der Pilot gab an, in der Folge einen Startabbruch erwogen zu haben. Er habe vor sich einen grösseren Entwässerungsgraben wahrgenommen und aufgrund der verbleibenden Distanz zu diesem den Startvorgang mit maximaler Motorleistung fortgesetzt. Rollspuren zeigen, dass ab der zweiten Hälfte der Piste bis kurz vor dem Entwässerungsgraben das Bugfahrwerk des Flugzeuges teilweise vom Boden abhob.

Unmittelbar vor dem Graben zog der Pilot ruckartig das Steuerhorn bis zum Anschlag zu sich und die HB-CBZ hob vom Boden ab, überquerte den 4 m breiten Graben und schlug anschliessend mit dem Heck am oberen Rand der Grabenböschung auf. Die HB-CBZ kippte nach rechts; nach 46 m prallten zuerst das rechte Hauptfahrwerk und anschliessend das Bugfahrwerk auf dem weichen und nassen Ackerland auf. In der Folge knickte das Bugfahrwerk ein und das Flugzeug kippte nach vorne, so dass die Propellerblätter in den Boden gerammt wurden und der Motor zum Stillstand kam. Dabei wurde das Flugzeug abrupt abgebremst, so dass die Fallschirmspringer im Innern des Flugzeuges nach vorne geschleudert wurden. Während dieses Vorgangs drehte sich die HB-CBZ in Flugrichtung gesehen um ca. 45° nach rechts, wobei das linke Flügelende mit dem Boden in Kontakt kam. In dieser Lage rutschte das Flugzeug noch rund 11 m bis zum Stillstand.

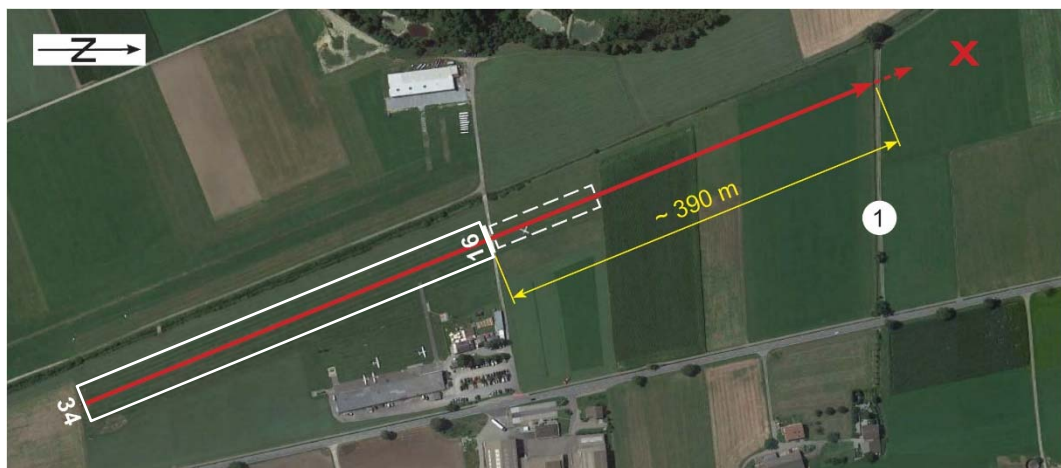


Abbildung 3: Startlauf der HB-CBZ mit Fahrwerksspur (rote Linie) auf der Piste 34 des Flugfeldes Luzern-Beromünster mit Pistenverlängerung (weiss gestrichelt) und Endlage des Flugzeuges (X), nördlich des Entwässerungsgrabens (①), dargestellt in Google Earth

Fallschirmspringer Nr. 1 war durch seine Ausrüstung gegen vorne geschützt, verhängte sich jedoch mit diesem am rechten Steuerhorn und wurde durch Springer Nr. 4 hinter ihm unter das Instrumentenpanel gedrückt. Springer Nr. 2 und Nr. 3 wurden beim Aufprall derart gegen die Rückenlehne des Pilotensitzes geschleudert, dass der Sitz aus den beiden Sitzschienen gerissen wurde. Der Pilot wurde dabei zwischen dem Sitz mit der nach vorne gedrückten Sitzlehne und dem Instrumentenpanel eingeklemmt. Zeitgleich wurde die linke Türe durch den nach vorne geschleuderten Springer Nr. 2 aufgedrückt, so dass dieser aus dem Flugzeug fiel und unter dem linken Flügel liegen blieb.

¹ MPH: *miles per hour*, Meilen pro Stunde

Alle Insassen konnten das Flugzeug mit gegenseitiger Hilfe verlassen. Springer Nr. 3 schaltete im Auftrag des Piloten den Hauptschalter des elektrischen Bordnetzes aus.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeine Wetterlage

Ein schmaler Trog über dem Ostatlantik führte im Alpenraum zu einer kräftigen Südwestströmung, mit der milde Luft ins Mittelland gelangte. Zwei Nullgradgrenzen lagen bei 2200 m/M und in der Bodeninversion über dem Flugfeld.

1.2.2 Wetter zur Zeit und am Ort des Unfalls

Das Flugfeld Luzern-Beromünster liegt in einer Geländemulde. Zum Zeitpunkt des Unfalls herrschte in Bodennähe Windstille. Die Sicht betrug mehr als 10 km.

Wolken	5/8 - 7/8 auf 17 300 ft AAE ²
Sicht	10 km oder mehr
Wind	windstill
Temperatur/Taupunkt	-1 °C / -2 °C
Luftdruck QNH	1013 hPa
Gefahren	keine

1.2.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 129°	Höhe: 3°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.3 Angaben zum Flugfeld

Auf dem Flugfeld Luzern-Beromünster (LSZO) werden Motorflugzeuge, Segelflugzeuge und Helikopter betrieben. Das Flugfeld befindet sich 12 NM östlich des Funkfeuers Willisau (WIL).

Die zwei parallelen Graspisten weisen folgende Abmessungen auf:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Pistenschwellen
16/34 (Hauptpiste)	510 x 30 m	2146 ft AMSL ³
16/34 (Segelfluggpiste)	485 x 30 m	2146 ft AMSL

Die Hauptpiste 16 weist eine versetzte Pistenschwelle auf.

Auszug aus dem VFR-Manual betreffend die Pistenverlängerung für die Piste 34:

„Der schraffierte Teil auf der Karte ist normalerweise nicht benutzbar und mit einem Kreuz markiert. Die gesamte Pistenlänge von 510 m darf deshalb nur nach Genehmigung des Flugplatzleiters genutzt werden.“

Die verfügbare Pistenlänge für den Start der HB-CBZ auf der Piste 34 betrug 400 m (ohne Pistenverlängerung).

² AAE: *above aerodrome elevation*, über Flugplatzbezugshöhe

³ AMSL: *above mean sea level*, Höhe über dem mittleren Meeresspiegel

1.4 Angaben zum Luftfahrzeug

1.4.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	HB-CBZ
Luftfahrzeugmuster	Cessna 182J Skylane
Charakteristik	Einmotoriger, viersitziger abgestrepter Schulterdecker in Metallbauweise und einem Festfahrwerk in Bugradanordnung.
Hersteller	Cessna Aircraft Company, Wichita, USA
Baujahr	1966
Triebwerk	Continental O-470-R, 230 HP (171 kW)
Propeller	Verstellbarer 3-Blatt-Propeller
Höchstzulässige Abflugmasse	2800 lb
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt betrug rund 3045 lb. Masse und Schwerpunkt befanden sich ausserhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch (<i>aircraft flight manual – AFM</i>) zulässigen Grenzen.
Treibstoffvorrat	Beim Start waren in den Flügeltanks ca. 150 Liter Treibstoff vorhanden, was einer Flugzeitreserve von ungefähr 3 h entspricht.
Ergänzendes Baumusterzeugnis	Im Jahr 1997 wurde die rechte Türe für das Absetzen von Fallschirmspringern zu einer nach oben öffnenden Türe umgebaut. Diese Modifikation des Luftfahrzeuges wurde auf Basis des ergänzenden Baumusterzeugnisses SA462WE ausgeführt und durch das BAZL genehmigt.

1.4.2 Flugleistungen

Im AFM befindet sich auf Seite 5-3 in *Figure 5-3* eine Tabelle mit Angaben zur Startrollstrecke (*take-off roll – TOR*) beim Start mit Klappenstellung 20° auf ebener Hartbelagspiste in Abhängigkeit von Abflugmasse (*take-off mass – TOM*), Flugplatzhöhe (*elevation – ELEV*) und Gegenwindkomponente.

Die Tabelle enthält Werte für Meereshöhe, 2500 ft, 5000 ft und 7500 ft, jeweils bei ISA⁴-Temperatur. Weiter ist angegeben, dass die Distanzen aus der Tabelle um 10 % pro 25 °F über der ISA-Temperatur zu vergrössern sind.

Für die maximale Abflugmasse von 2800 lb ist eine Abhebegeschwindigkeit (*lift off speed*) von 61 MPH als angezeigte Geschwindigkeit angegeben.

Nachfolgend sind zwei unterschiedliche Varianten für die Bestimmung der Startrollstrecke dargelegt:

⁴ ISA: *international standard atmosphere*

1. Der erste Fall stellt eine erste vereinfachte Abschätzung dar: Dabei wird die maximale Abflugmasse angenommen und die Flugplatzhöhe auf den nächsthöheren Tabellenwert aufgerundet. Da die Umgebungstemperatur geringer war als ISA, wird keine Temperaturkorrektur angewendet.
2. Der zweite Fall ist aufwändiger und berücksichtigt sowohl das tatsächliche Abfluggewicht⁵ als auch die entsprechende Dichtehöhe (*density altitude* – DA). Das Resultat ist realistischer und soll als Bezugspunkt in diesem Bericht dienen.

Die Werte im AFM gelten für eine ebene Hartbelagspiste. Für den Start auf Graspisten sind im AFM keinerlei Angaben vorhanden.

Üblicherweise werden für den Start auf Graspisten diese Werte durch Multiplikation mit einem Korrekturfaktor hochgerechnet. Die zivile Luftfahrtbehörde (*civil aviation authority* – CAA) des Vereinigten Königreichs hat dazu ein Dokument publiziert, das „*Safetysense Leaflet 7c Aeroplane Performance*“⁶, in dem Angaben zu typischen Korrekturfaktoren gemacht werden. Diese betragen für den vorliegenden Fall:

- für nasses Gras bis 20 cm auf hartem Boden (*firm soil*): 1.3
- für aufgeweichten Boden oder Schnee: 1.25⁷

Diese Faktoren sind multiplikativ, d. h. für den vorliegenden Fall beträgt der anzuwendende Faktor mindestens $1.3 \times 1.25 = 1.625$

Die Bestimmung der Startrollstrecke führt in den beiden Fällen zu folgenden Werten:

Fall	ELEV [ft]	DA [ft]	Temp. [°C]	Wind [kt]	TOM [lb]	TOR - hart [m]	TOR - weich [m]
1	2500	2500	10	0	2800	227	369
2	2146	797	-1	0	3045	244	397

Tabelle 1: Bestimmung der Startrollstrecke (*take-off roll* – TOR) unter zwei verschiedenen Rahmenbedingungen und mit Landeklappen auf 20°

1.4.3 Startverfahren

Im AFM wird auf der Seite 1-3 das *maximum performance take-off procedure* folgendermassen beschrieben:

“*Maximum Performance Take-Off:*

- (1) *Wing Flaps – 20°*
- (2) *Carburetor Heat – Cold*
- (3) *Brakes – Apply*
- (4) *Power – Full throttle and 2600 RPM*
- (5) *Brakes – Release*
- (6) *Elevator Control – Maintain slightly tail-low attitude*
- (7) *Climb Speed – 60 MPH until all obstacles are cleared, then set up climb speed as shown in “MAXIMUM PERFORMANCE CLIMB”*
- (8) *Wing Flaps – Up after obstacles are cleared.”*

⁵ Da das tatsächliche Abfluggewicht im vorliegenden Fall über der höchstzulässigen Abflugmasse (*maximum take-off mass* – MTOM) lag, muss über die vorhandenen Leistungsdaten des AFM hinaus extrapoliert und somit eine gewisse Unschärfe des Resultats berücksichtigt werden.

⁶ *Safetysense Leaflet 7c Aeroplane Performance*: Diese Publikation ist zu finden unter www.caa.co.uk/publications

⁷ Mit dem Plus-Zeichen (+) wird angedeutet, dass je nach Bodenbeschaffenheit der Faktor auch grösser sein kann als 1.25.

Auf Seite 2-7 des AFM ist unter anderem das Startverfahren bei weicher Piste detailliert wie folgt vorgeschrieben:

“Using 20° wing flaps reduces the ground run and total distance over the obstacle by approximately 20 per cent. Soft field take-offs are performed with 20° flaps by lifting the airplane off the ground as soon as practical in a slightly tail-low attitude. However, the airplane should be leveled off immediately to accelerate to a safe climb speed.

If 20° flaps are used for take-off, they should be left down until all obstacles are cleared. To clear an obstacle with wing flaps 20 degrees, the best angle of climb speed (60 MPH, IAS) should be used. If no obstructions are ahead, a best “flaps up” rate-of-climb speed (90 MPH, IAS) would be most efficient. These speeds vary slightly with altitude, but they are close enough for average field elevations.

Flap deflections of 30° to 40° are not recommended at any time for take-off.”

1.4.4 Einsatz des Flugzeuges zum Absetzen von Fallschirmspringern

1.4.4.1 Angaben aus dem Luftfahrzeugflughandbuch

Das Flugzeugmuster Cessna 182 wird neben der Verwendung als Reiseflugzeug auch zum Absetzen von Fallschirmspringern eingesetzt. Zu diesem Zweck werden alle Sitze bis auf den Pilotensitz ausgebaut. Gemäss „Anhang zum Flughandbuch für das Absetzen von Fallschirmspringern“ können neben dem Piloten bis zu vier Fallschirmspringer transportiert werden. Die Fallschirmspringer verlassen das Flugzeug für den Absprung durch die rechte Tür.

Die HB-CBZ war für das Absetzen von Fallschirmspringern mit einer nach oben aufklappbaren Türe und einem Trittbrett am rechten Fahrwerk ausgerüstet.

Im selben Anhang wird für das Absetzen von Fallschirmspringern unter anderem Folgendes vorgeschrieben:

„[...]

1.2 Es sind auszubauen:

- a. der rechte vordere Sitz; die hintere Sitzbank
- b. das rechte Steuerhorn
- c. die Höhenrudermanlenkung an der rechten Steuerschubstange ist vorne und hinten zu lösen und zu entfernen; die Schubstange selbst wird mittels einer Feder, die an der Unterkante eingehakt wird, gehalten.

[...]“

1.4.4.2 Ergänzende Baumusterzeugnisse

Für das Flugzeugmuster Cessna 182 gibt es mehrere ergänzende Baumusterzeugnisse (*supplemental type certificates* – STC) für eine Umrüstung zum Absetzen von Fallschirmspringern. Neben dem oben erwähnten und auf der HB-CBZ installierten STC für den Einbau einer nach oben aufklappbaren Türe existiert noch ein STC für den Einbau einer Rückenlehne für den Springer vorne rechts sowie spezieller Sicherheitsgurte für alle Springer, und ein STC für die Montage eines Trittbrettes über dem rechten Rad, die nicht zur Anwendung kamen.

1.5 Angaben über das Wrack

Auf der Unfallstelle konnten am Wrack folgende relevanten Feststellungen gemacht werden:

- Der Pilotensitz wurde beim Aufprall aus den beiden Sitzschienen gerissen.
- Der Sicherheitsgurt wurde durch den Piloten getragen und hielt der Beanspruchung stand.
- Das Instrumentenpanel war im unteren mittleren Bereich nach vorne gedrückt worden.
- Die Vergaservorwärmung war gestossen.
- Der Gashebel war vollständig gestossen (Vollgas).
- Der Propellerverstellhebel war vollständig gezogen (grosse Steigung).
- Der Gemischregler war vollständig gestossen (reiches Gemisch).
- Die Landeklappen waren vollständig eingefahren und die Cockpitanzeige stimmte mit dieser Stellung überein.
- Die Anzeige der Höhenrudertrimmung befand sich in der Mitte zwischen den Positionen „TAKE-OFF“ und „NOSE DOWN“.
- Die Anzeige der Seitenrudertrimmung befand sich in der Mitte zwischen der neutralen Position und der „NOSE RIGHT“-Position.
- Der Hebel für die Kühlerklappen (*cowl flaps*) befand sich ungefähr in der Position $\frac{3}{4}$ offen und war stark nach links verbogen.
- Der Treibstoffwählhebel war in der Position „RIGHT“ (rechter Flügeltank).
- Das Flugzeug war mit einem automatischen Notsender (*emergency location transmitter – ELT*) ausgerüstet. Dieser wurde durch den Aufprall aktiviert.
- An der Heckunterseite waren grössere Eindruckspuren vorhanden.



Abbildung 4: Endlage der HB-CBZ. Im Vordergrund die Spuren sowie das abgerissene Bugrad (weiss umrandet)

1.6 Medizinische Angaben

Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen des Piloten während des Unfallfluges vor.

Der durch die Polizei um 11:20 Uhr durchgeführte Atemalkoholtest beim Piloten ergab einen Wert von 0.0 Promille.

1.7 Technische Untersuchungen

1.7.1 Allgemeines

Der Pilot gab an, dass das Flugzeug in Ordnung war und einwandfrei funktionierte.

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

Der Pilotensitz wurde beim Aufprall des Flugzeuges aus den beiden Sitzschienen gerissen.

1.7.2 Sicherheitsgurt

Der Sicherheitsgurt in Form eines Bauchgurtes, der auf beiden Seiten des Sitzes am Boden mittels Laschen befestigt war, hielt der Beanspruchung stand. Lediglich die Laschen waren ein wenig nach links gebogen. Am Gurt und an der Schliessschnalle konnten keine Anomalitäten festgestellt werden.

1.7.3 Sitzschienen

Folgende Feststellungen wurden an der linken Sitzschiene gemacht:

- Die Sitzschiene war in Längsrichtung im mittleren Teil minimal nach links gebogen.
- Der hintere Stopp-Stift war montiert und mittels Splint gesichert.
- Das 9. Arretierungsloch sowie die Sitzschiene in diesem Bereich waren beschädigt.
- Die übrigen Arretierungslöcher befanden sich generell in einem guten Zustand und wiesen normale Gebrauchsspuren auf.

An der rechten Sitzschiene wurde Folgendes festgestellt:

- Die Sitzschiene war in Längsrichtung nicht verbogen.
- Der vordere Stopp-Stift war montiert und mittels Splint gesichert.
- In der Sitzschiene war am hinteren Ende und auf Höhe der Gurtlasche je eine Eindruckspur der Sitzrollen ersichtlich.

1.7.4 Pilotensitz

- Die vorderen zwei Sitzbeine waren stark verbogen.
- Der Arretierungsmechanismus am linken vorderen Sitzbein war stark beschädigt.
- Die Rückhaltewinkel an den jeweiligen Sitzrollen waren aufgebogen. Ein Winkel war angerissen, ein weiterer gänzlich abgetrennt.
- Der Arretierungsstift war intakt.
- Die Halterung des zwischen den vorderen Sitzbeinen montierten Handfeuerlöschers wurde samt diesem herausgetrennt.
- Der Arretierungshebel der Sitzlehne, der das Zurückklappen der Lehne verhindert, funktionierte einwandfrei.

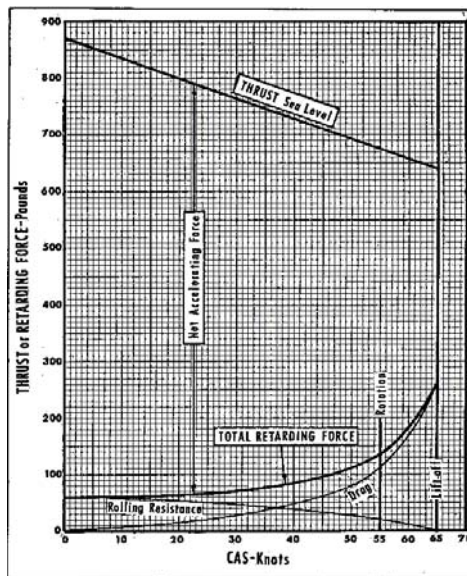


Abbildung 5: Pilotensitz mit verbogenen Sitzbeinen (von vorne gesehen)

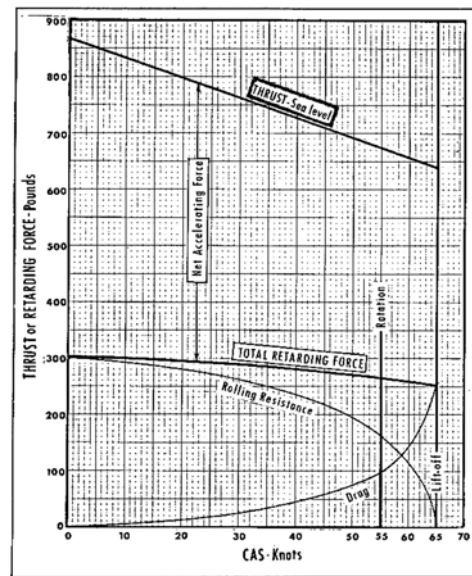
1.8 Starttechnik

1.8.1 Allgemeines

Ganz allgemein wird beim Start das Flugzeug durch den Triebwerksschub beschleunigt, bis die notwendige Geschwindigkeit zum Abheben erreicht ist. Der Schubkraft stellen sich dabei zwei unterschiedliche Widerstandskräfte entgegen, nämlich der aerodynamische Widerstand und der Rollwiderstand des Fahrwerks.



Schub- und Verzögerungskraft bei einem vierplätzigem Flugzeug mit einem Gewicht von 3000 lb und einem Standschub von 865 lb auf einer Hartbelagspiste, auf Meereshöhe.



Schub- und Verzögerungskraft mit einem Gewicht von 3000 lb in hohem Gras, auf Meereshöhe.

Abbildung 6: Kräfteverhältnisse von Schub, Rollwiderstand und aerodynamischem Widerstand beim Start von einer Hartbelagspiste (links) und von einer weichen Piste (rechts), Quelle: William K. Kershner, The Advanced Pilot's Flight Manual, ISBN 0-8138-1300-X

Je nach Bodenbeschaffenheit verändern sich die Verhältnisse zwischen Rollwiderstand und aerodynamischem Widerstand dramatisch und entsprechend sind unterschiedliche Starttechniken notwendig (vgl. Abbildung 6).

1.8.2 Start von einer festen Piste (Hartbelag)

Beim normalen Start von einer Piste mit festem Untergrund ist der Rollwiderstand im Vergleich zum vorliegenden Fall gering und nimmt bis zum Abheben allmählich ab. Der Luftwiderstand nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu, solange der Tragflügel nicht angestellt wird und nur wenig Auftrieb erzeugt. Sobald der Flügel angestellt wird und dadurch Auftrieb erzeugt, tritt zusätzlich induzierter Luftwiderstand auf, der quadratisch mit dem erzeugten Auftrieb ansteigt. Für eine möglichst kurze Startrollstrecke wird deshalb das Flugzeug zuerst nicht angestellt und bis annähernd zur Abhebegeschwindigkeit beschleunigt. Dann erst wird das Flugzeug angestellt, d.h. um die Querachse rotiert, und wird in der Folge abheben. Eine frühzeitige Rotation führt in solch einem Fall dazu, dass induzierter Luftwiderstand erzeugt wird, der die Beschleunigung vermindert und so zu einer Verlängerung der Startrollstrecke führt.

1.8.3 Start von einer weichen Piste

Beim Start von einer weichen Piste ist der Rollwiderstand die dominante Grösse. Er ist zunächst um ein Mehrfaches grösser als der aerodynamische Widerstand. Der grosse Rollwiderstand kommt durch das Einsinken der Räder im weichen Untergrund zustande. Es ist deshalb bei solchen Verhältnissen von grosser Wichtigkeit, die Last auf den Rädern möglichst zu verringern, indem während des Startlaufs von Anfang an möglichst viel Auftrieb erzeugt wird. Der dadurch erhöhte aerodynamische Widerstand ist in Kauf zu nehmen. Die erforderliche Starttechnik unterscheidet sich folglich vom normalen Start insofern, als die Landeklappen in die für den Start maximal zulässige Stellung auszufahren sind und das Flugzeug ab dem Beginn des Startlaufs durch Ziehen des Höhensteuers in eine angestellte Lage zu bringen ist, bis das Bugrad abhebt. In dieser Lage erzeugt der Flügel mit zunehmender Geschwindigkeit stetig mehr Auftrieb, der die Last auf den Rädern verringert, wodurch der Rollwiderstand stetig abnimmt und das Flugzeug immer besser beschleunigt. Schliesslich wird es mit minimaler Geschwindigkeit abheben.

Diese Starttechnik erfordert eine gewisse Übung und Geschicklichkeit, um den Lagewinkel des Flugzeugs genau richtig zu halten. Eine Überrotation würde zu viel induzierten Widerstand erzeugen und die Startrollstrecke enorm verlängern. Bei zu wenig Zug am Höhensteuer bleibt die Last auf dem Bugrad gross, es bleibt am Boden und erzeugt viel Rollwiderstand. Gleichzeitig wird der Flügel zu wenig angestellt und erzeugt kaum Auftrieb, die Räder werden nicht entlastet und erfahren sehr grossen Rollwiderstand im weichen Untergrund. Dies kann dazu führen, dass das Flugzeug nicht über eine gewisse Geschwindigkeit hinaus weiter beschleunigt und folglich nie abhebt.

Eine weitere Schwierigkeit bei dieser Starttechnik ist, dass das Flugzeug mit sehr geringer Geschwindigkeit abhebt und in diesem Zustand nur im Bodeneffekt flugfähig sein wird, bis die Geschwindigkeit weiter angestiegen ist. Deshalb muss unmittelbar nach dem Abheben der Lagewinkel geringfügig verringert werden, damit das Flugzeug nicht mit zu geringer Geschwindigkeit aus dem Bodeneffekt herausschneit und in der Folge möglicherweise auf den Boden zurückfällt. Andererseits darf diese Verringerung des Lagewinkels nicht so gross sein, dass die Räder wieder den Boden berühren. Im AFM der HB-CBZ ist diese Starttechnik explizit beschrieben (vgl. Kapitel 1.4.3).

1.8.4 Entscheidungskriterium zum Startabbruch

Beim Betrieb an der Grenze der Flugleistung müssen vorgängig griffige Entscheidungskriterien für einen allfälligen Startabbruch festgelegt werden. Ein mögliches Entscheidungskriterium ist in der Broschüre *Alaskan Off Airport Operation Guide*⁸ der Luftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika (*Federal Aviation Administration* – FAA) wie folgt beschrieben:

“Establish and mark a go/no go decision point for takeoff. One way to do this is to clearly mark the halfway point of your available takeoff area. Calculate 70 % of your lift off speed i.e. 50 MPH x .70 = 35 MPH. Check your airspeed as you approach the decision point and if you’re less than 70 % of lift off speed—abort. Reduce your load, lengthen your runway, or wait for more favorable takeoff conditions.”

⁸ *Alaskan Off Airport Operation Guide*: Diese Broschüre ist zu finden unter www.faasafety.gov

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel vor, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

Gemäss den technischen Akten bestand weder ein STC noch eine Bescheinigung über das Anbringen des Trittbrettes am Flugzeug. Somit wurde dieses Trittbrett nie geprüft und war nicht für das Flugzeug zugelassen. Es sind STC für solche Ausstiegshilfen vorhanden, die von der *European Aviation Safety Agency* (EASA) ausgestellt wurden.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Vorbereiten des Flugzeuges zum Absetzen von Fallschirmspringern

Das Ausbauen aller Sitze inklusive deren Sicherheitsgurte bis auf den Pilotensitz war gemäss „*Anhang zum Flughandbuch für das Absetzen von Fallschirmspringern*“ für den Betrieb zum Absetzen von Fallschirmspringern korrekt (vgl. Kapitel 1.4.4.1). In diesem Anhang wird zusätzlich beschrieben, dass die Höhenrudieranlenkung von der Steuerschubstange vorne und hinten zu lösen ist und die Schubstange mittels einer an der Unterkante eingehakten Feder gehalten wird. Die Höhenrudieranlenkung sowie das Steuerhorn sind aus dem Flugzeug auszubauen. Der Verzicht auf diesen Ausbau war nicht sicherheitsbewusst, weil damit die Möglichkeit einer Beeinflussung der Flugsteuerung durch die Fallschirmspringer gegeben war und somit ein grosses Risiko darstellte.

Im Flugzeug HB-CBZ waren für die Fallschirmspringer keine Sicherheitsgurte vorhanden. Ebenso war keine Rückenlehne für den Springer rechts des Piloten installiert. Es existiert ein STC für den Einbau eines Gurtsystems und für die Rückenlehne, das von der EASA ausgestellt wurde. Die Installation solcher Sicherheitsgurte sowie der Rückenlehne hätte das Nachvorneschleudern der Fallschirmspringer sowie deren Verletzungen verhindert. Auch hätte der Pilotensitz mit hoher Wahrscheinlichkeit den Belastungen standgehalten und der Pilot wäre nicht zwischen dem Sitz respektive der Lehne und dem Instrumentenpanel eingeklemmt worden.

2.2.2 Flugvorbereitung

2.2.2.1 Gewichts- und Schwerpunktberechnung

Der Pilot gab an, die Gewichtsrechnung im Kopf gemacht und dabei 85 kg pro Insasse angenommen zu haben. Die Berechnung der Abflugmasse unter dieser Annahme zeigt auf, dass die maximale Abflugmasse bereits um 37 kg überschritten gewesen wäre. In Realität waren aber die Fallschirmspringer schwerer als durchschnittlich 85 kg, sodass das Flugzeug beim Startversuch mit rund 110 kg deutlich überladen war.

Da das Flugzeug in der Vergangenheit über Jahre hinweg im Sprungbetrieb mit üblicherweise vier Fallschirmspringern an Bord zum Einsatz kam, wurde der tatsächlichen Abflugmasse zu wenig kritisch begegnet.

2.2.2.2 Pistenzustand und Flugleistungen

Wie in Abbildung 2 gut zu sehen, war die Graspiste sehr weich; nach Angaben des Piloten war sie leicht angefroren. Entsprechend waren ein stark erhöhter Rollwiderstand beim Start und eine dadurch deutlich verlängerte Startrollstrecke zu erwarten.

Die Startrollstrecke wie in Kapitel 1.4.2 bestimmt, stellt einen Näherungswert dar, der mit grossen Unsicherheiten behaftet ist. Insbesondere die Bodenbeschaffenheit und der daraus abzuleitende Zuschlagsfaktor können deutlich höher ausfallen. Trotzdem lässt sich aus den Resultaten, die zwischen rund 370 m und knapp 400 m liegen, die zu erwartende Grössenordnung der Startrollstrecke abschätzen (vgl. Tabelle 1). Anhand dieser Abschätzung war vorhersehbar, dass ein Start nur mit geringsten Reserven möglich war und daher mit einem Startabbruch gerechnet werden musste.

2.2.2.3 Entscheidungskriterium zum Startabbruch

Beim Betrieb an der Grenze der Flugleistung, wie im vorliegenden Fall, müssen griffige Entscheidungskriterien für einen allfälligen Startabbruch festgelegt werden. Auf Basis des in Kapitel 1.8.4 beschriebenen Entscheidungskriteriums bedeutet dies, dass bereits nach der halben Pistenlänge bei einer angezeigten Geschwindigkeit unter 43 MPH der Entscheid zum Startabbruch erstmals hätte gefällt werden können. Auch beim Überrollen der versetzten Pistenschwelle 16, als der Pilot einen Startabbruch erwog, wäre ein solcher noch möglich gewesen.

2.2.2.4 Zusammenfassung

Es lässt sich sagen, dass der Pilot sich offenbar nicht ausreichend bewusst machte, in welche Situation er sich hineinbegab, weil seine Flugvorbereitung in entscheidenden Punkten Lücken aufwies:

- Berechnung der Abflugmasse;
- Abschätzung der Startstrecke;
- fehlendes Startabbruchkriterium;
- konsequente Anwendung des im AFM beschriebenen Startverfahrens.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach VFR und zum Absetzen von Fallschirmspringern zugelassen.
- Masse und Schwerpunkt befanden sich beim Start ausserhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch (*aircraft flight manual* – AFM) zulässigen Grenzen.
- Der Sicherheitsgurt des Piloten hielt den Belastungen stand.
- An Bord befanden sich vier Fallschirmspringer, die auf dem Flugzeugboden sassen und nicht angeschnallt waren.
- Der Pilotensitz wurde beim Aufprall durch die nach vorne geschleuderten Fallschirmspringer aus den beiden Sitzschienen gerissen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen des Piloten während des Unfallfluges vor.
- Der Pilot führte seit rund 30 Jahren regelmässig Absetzflüge für Fallschirmspringer durch.
- Der Pilot absolvierte am 5. April 2011 mit dem Motorflugzeug Cessna 182J, immatrikuliert als HB-CBZ, eine Einweisung für Anflüge auf die Piste 34 des Flugfeldes Luzern-Beromünster (LSZO).
- Seit der Einweisung in Luzern-Beromünster flog der Pilot mit der HB-CBZ insgesamt 38:34 h und führte ab diesem Flugfeld etwa 10 Starts mit Fallschirmspringern an Bord aus.
- Eine Berechnung der aktuellen Abflugmasse wurde nicht durchgeführt.
- Es erfolgte keine Bestimmung der Startrollstrecke.
- Die Graspiste wurde durch den Piloten vor dem Start abgeschritten und als leicht angefroren eingestuft.

3.1.3 Flugverlauf

- Der rechte vordere Sitz und die hintere Sitzbank der HB-CBZ waren zum Absetzen von Fallschirmspringern ausgebaut.
- Das rechte Steuerhorn sowie die rechte Höhenruderanlenkung waren nicht ausgebaut.
- Der Pilot gab an, dass er die Landeklappen für den Start auf 10° ausgefahren hatte.
- Im AFM wird für den *soft field take-off* eine Klappenstellung von 20° vorgegeben.
- Der Pilot startete kurz vor 08:30 Uhr mit der HB-CBZ und 4 Fallschirmspringern an Bord auf der Graspiste 34 und beabsichtigte einen Überflug nach Kägiswil (LSPG).

- Bis zur Hälfte der zur Verfügung stehenden Pistenlänge erreichte die HB-CBZ eine Geschwindigkeit von 40 MPH (64 km/h).
- Das Flugzeug überrollte das Pistenende sowie die Pistenverlängerung und rollte anschliessend mit voller Motorleistung noch 280 m weiter.
- Unmittelbar vor einem Entwässerungsgraben zog der Pilot das Steuerhorn ruckartig bis zum Anschlag zu sich, und die HB-CBZ hob ein wenig vom Boden ab.
- Beim Überfliegen des 4 m breiten Grabens schlug das Heck des Flugzeugs am oberen Rand der Grabenböschung auf.
- Die HB-CBZ kippte nach rechts und schlug nach rund 46 m mit dem rechten Fahrwerk auf den Boden auf.
- Das Bugfahrwerk knickte nach hinten und wurde abgerissen, die Propellerblätter hatten Bodenkontakt und der Motor kam zum Stillstand.
- Die Fallschirmspringer wurden durch den Aufprall nach vorne geschleudert.
- Die HB-CBZ drehte sich in Flugrichtung gesehen um ca. 45° nach rechts, wobei das linke Flügelende mit dem Boden in Kontakt kam. In dieser Lage rutschte das Flugzeug noch rund 11 m bis zum Stillstand.
- Die linke Tür sprang auf und Springer Nr. 2 fiel aus dem Flugzeug.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Verlauf des Unfalls.
- Die Graspiste wie auch das Wies- und Ackerland waren aufgrund der Nässe sehr weich und die Oberfläche nur leicht angefroren.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf ein Überrollen der Piste zurückzuführen, weil beim Startlauf auf einer weichen Graspiste mit zu grosser Abflugmasse ein rechtzeitiger Startabbruch unterlassen wurde.

Der folgende Faktor hat zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- lückenhafte Flugvorbereitung.

Der folgende Faktor trug zwar nicht zur Entstehung des Unfalls bei, wurde aber im Rahmen der Untersuchung als risikoreich erkannt (*factor to risk*):

- fehlendes Rückhaltesystem für die Fallschirmspringer.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Sicherheitsempfehlungen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (International Civil Aviation Organization – ICAO) sowie Artikel 17 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, welche darüber zu entscheiden hat, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

„Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

1 Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

2 Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

3 Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter www.sust.admin.ch und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

Sicherheitshinweise

Als Reaktion auf während der Untersuchung festgestellte Sicherheitsdefizite kann die SUST Sicherheitshinweise veröffentlichen. Sicherheitshinweise werden formuliert, wenn eine Sicherheitsempfehlung nach der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 nicht angezeigt erscheint, formell nicht möglich ist oder wenn durch die freiere Form eines Sicherheitshinweises eine grössere Wirkung absehbar ist. Sicherheitshinweise der SUST haben ihre Rechtsgrundlage in Artikel 56 der VSZV:

„Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Allgemeines

Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle erstellte über den vorliegend untersuchten Unfall einen Zwischenbericht. Dieser Zwischenbericht vom 4. Februar 2015 wurde von der Kommission am 5. März 2015 genehmigt und anschliessend gemäss Artikel 44 der VSZV an die entsprechenden Stellen versandt. In diesem Zwischenbericht sprach die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle folgende Sicherheitsempfehlung aus:

4.1.2 Rückhaltesystem für Insassen

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Am 13. Dezember 2014 begann ein Pilot mit dem Motorflugzeug Cessna 182J, eingetragen als HB-CBZ, kurz vor 08:30 Uhr den Startlauf auf der Graspiste 34 des Flugfeldes Luzern-Beromünster (LSZO). An Bord befanden sich vier Fallschirmspringer, die auf dem Flugzeugboden sassen und nicht angeschnallt waren.

Die Graspiste war aufgrund der Nässe sehr weich und teilweise leicht angefroren.

Beim Startvorgang erreichte das Flugzeug die erforderliche Geschwindigkeit zum Abheben nicht und rollte über das Pistenende hinaus.

Um nicht in einen Entwässerungsgraben zu rollen, zog der Pilot unmittelbar vor dem Graben am Steuerhorn. Die HB-CBZ hob vom Boden ab, überquerte den Graben und prallte danach im weichen und nassen Ackerland auf. In der Folge knickte das Bugfahrwerk ein und das Flugzeug wurde abrupt abgebremst, so dass die Fallschirmspringer im Innern des Flugzeuges nach vorne geschleudert wurden.

Der Fallschirmspringer, der vorne rechts mit dem Rücken in Flugrichtung sass, wurde durch den Springer hinter ihm unter das Instrumentenpanel gedrückt. Die beiden Springer hinter dem Pilotensitz wurden beim Aufprall derart gegen die Rückenlehne des Pilotensitzes geschleudert, dass der Sitz aus den beiden Sitzschienen gerissen wurde. Der Pilot wurde dabei zwischen dem Sitz mit der nach vorne gedrückten Sitzlehne und dem Instrumentenpanel eingeklemmt. Zeitgleich wurde die linke Türe durch einen der Springer aufgedrückt, so dass dieser aus dem Flugzeug fiel und unter dem linken Flügel liegen blieb.

Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass der Sicherheitsgurt des Piloten der Beanspruchung standhielt, der Sitz jedoch nicht für Belastungen durch nach vorne geschleuderte Passagiere ausgelegt ist.

Als ursächlicher Faktor für das Herausreißen des Pilotensitzes aus den Sitzschienen wurde ein fehlendes Rückhaltesystem für die Fallschirmspringer ermittelt.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 497

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und die Europäische Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency* – EASA) sollen Massnahmen ergreifen, damit die Insassen von Luftfahrzeugen auch bei besonderen Betriebsformen, wie zum Beispiel beim Absetzen von Fallschirmspringern, während Start, Landung und in Turbulenzen gesichert sind.

4.2 Sicherheitshinweise

4.2.1 Flugvorbereitung für einen Start auf einer Graspiste

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Am 13. Dezember 2014 begann ein Pilot mit dem Motorflugzeug Cessna 182J, eingetragen als HB-CBZ, kurz vor 08:30 Uhr den Startlauf auf der Graspiste 34

des Flugfeldes Luzern-Beromünster (LSZO). An Bord befanden sich vier Fallschirmspringer, die auf dem Flugzeugboden sassen und nicht angeschnallt waren. Die Graspiste war aufgrund der Nässe sehr weich und teilweise leicht angefroren. Beim Startvorgang erreichte das Flugzeug die erforderliche Geschwindigkeit zum Abheben nicht und rollte über das Pistenende hinaus.

Um nicht in einen Entwässerungsgraben zu rollen, zog der Pilot unmittelbar vor dem Graben am Steuerhorn. Die HB-CBZ hob vom Boden ab, überquerte den Graben und prallte danach im weichen und nassen Ackerland auf. In der Folge knickte das Bugfahrwerk ein und das Flugzeug wurde abrupt abgebremst, so dass die Fallschirmspringer im Innern des Flugzeuges nach vorne geschleudert wurden.

Die Flugvorbereitung wurde im Rahmen der Untersuchung als lückenhaft ermittelt und trug zur Entstehung des Unfalls bei.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 4

Thema: Entscheidungskriterien für einen Startabbruch beim Start auf einer Graspiste

Zielgruppe: Piloten der allgemeinen Luftfahrt

Eine Zusammenstellung untersuchter Zwischenfälle, die sich auf dem Flugfeld Luzern-Beromünster ereignet haben, ist in folgender Tabelle festgehalten:

Datum	Flugzeug	Schlussbericht	Kurzbeschreibung
19.06.1987	HB-UCN AA5B	1243	Startabbruch am Pistenende, Überschlag
17.03.1990	HB-CND C172	1362	Startabbruch am Pistenende, Überschlag
22.05.1993	HB-CCX C182	1516	Startabbruch am Pistenende, Überschlag
19.09.1993	HB-OQI PA28	1527	Abheben vor Pistenende, Maisfeld nach 300 m
28.02.2000	HB-CGH C152	SUM ⁹	Startabbruch am Pistenende, Bugrad eingeknickt
10.01.2005	HB-CCF C152	1933	Aufsetzen und Durchstarten (<i>touch-and-go</i>) mit nachfolgendem Startabbruch, Überschlag
25.08.2006	HB-CIX C152	SUM	Überrollen des Pistenendes 34, Startabbruch und Überrollen ins Maisfeld
06.06.2009	HB-CFS C182	2130	Aufsetzen und Durchstarten (<i>touch-and-go</i>), Abheben am Pistenende, Aufschlag 250 m nach Pistenende
07.08.2014	HB-PQY PA28	SUM	Überrollen des Pistenendes 34, Startabbruch, Fahrwerk eingeknickt

Tabelle 2: Liste untersuchter Zwischenfälle auf dem Flugfeld Luzern-Beromünster (LSZO)

⁹ SUM : summarischer Bericht

Beim Betrieb an der Grenze der Flugleistung müssen griffige Entscheidungskriterien für einen allfälligen Startabbruch festgelegt werden. Ein mögliches Entscheidungskriterium ist in der Broschüre *Alaskan Off Airport Operation Guide*¹⁰ der Luftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika (*Federal Aviation Administration – FAA*) wie folgt beschrieben:

“Establish and mark a go/no go decision point for takeoff. One way to do this is to clearly mark the halfway point of your available takeoff area. Calculate 70 % of your lift off speed i.e. 50 MPH x .70 = 35 MPH. Check your airspeed as you approach the decision point and if you’re less than 70 % of lift off speed—abort. Reduce your load, lengthen your runway, or wait for more favorable takeoff conditions.”

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Keine

Payerne, 5. Dezember 2016

Untersuchungsdienst der SUST

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).

Bern, 1. Dezember 2016

¹⁰ *Alaskan Off Airport Operation Guide*: Diese Broschüre ist zu finden unter www.faasafety.gov