



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen BFU
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation BEAA
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici UIIA
Uffizi d'inquisiziun per accidents d'aviatica UIAA
Aircraft accident investigation bureau AAIB

Schlussbericht Nr. 2078

des Büros für

Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Heissluftballons Ultramagic UM N-180, HB-BUW

vom 8. Dezember 2008

bei Gibel, Gemeinde Berneck/SG

rund 18 km östlich von St. Gallen

Causes

L'accident est dû à une collision avec une ligne de haute tension de 20 kV suite au choix d'une place de décollage présentant des risques vu les conditions météorologiques.

Les facteurs suivants ont contribué à l'accident:

- Installation d'un système de largage rapide non certifié.
- Décision trop tardive d'interrompre le décollage.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des Büros für Flugunfalluntersuchungen (BFU) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 1. November 2001, 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 Vorfalles die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Die deutsche Fassung dieses Berichts entspricht dem Original und ist massgebend.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in der für das Gebiet der Schweiz gültigen Normalzeit (*local time* – LT) angegeben, die im Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:
LT = MEZ = UTC + 1 h.

Personenschaden

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

Schaden am Luftfahrzeug Hülle, Brenner und Korb wurden schwer beschädigt.

Drittschaden 20 kV Hochspannungsleitung schwer beschädigt.
Verfolgungsfahrzeug beschädigt.
Leichter Flurschaden durch den Fall des Korbes.
Geringfügiger Schaden auf einem privaten Grundstück durch das Herunterfallen der Hülle.

1 Sachverhalt

1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Verlauf der Startphase wurden die Aussagen des Piloten A, der Passagiere sowie von Augenzeugen verwendet. Beim Unfall erlitt der Pilot B eine Gehirnerschütterung, welche eine retrograde Amnesie bewirkt hat. Er erinnert sich nicht mehr an den Zeitraum vor dem Start bis zu seiner Hospitalisierung.

1.2 Vorgeschichte

Drei Personen beschlossen, eine gemeinsame Nord-Süd-Alpenüberquerung im Ballon¹ zu unternehmen. Sie setzten sich mit dem Piloten A in Verbindung. In den Tagen vor der Ballonfahrt analysierte der Pilot A die Wettervorhersagen, um die Durchführbarkeit der Fahrt zu beurteilen. Er fragte den Piloten B an, ob er ihn auf dieser Fahrt begleiten würde. Die beiden Piloten hatten gemeinsam bereits etwa zehn Alpenüberquerungen durchgeführt.

Die Fahrt war ursprünglich für Sonntag, 7. Dezember oder Montag, 8. Dezember 2008, geplant. Am Samstag vor der Fahrt wurde diese nach einer Analyse der meteorologischen Bedingungen auf Montag, 8. Dezember 2008, festgelegt. Am Sonntag konsultierten die beiden Piloten unabhängig voneinander die Wetterprognosen. Nach einem telefonischen Briefing zwischen den beiden Piloten bestätigten diese den Montag als Datum für die Ballonfahrt. Der Pilot A informierte die Passagiere darüber.

Der Pilot A erklärte, er deponiere im Winter Gasflaschen an einem auf über 20 °C beheizten Ort, um beim Start eine bessere Brennerleistung zu erzielen. Für diese Fahrt wurden am Samstag drei Gasflaschen dort hinterlegt. Die übrigen acht Gasflaschen wurden in einen in einer Garage abgestellten Anhänger geladen. Keine dieser Gasflaschen war mit Stickstoff unter Druck gesetzt worden, um die Leistung bei niedrigen Temperaturen zu erhöhen.

Am Montag, 8. Dezember 2008, gegen 06:30 Uhr, trafen sich die Piloten, die Passagiere und die zwei Personen des Verfolgungsteams auf einem Parkplatz in Oberbüren/SG. Sie fuhren anschliessend in die Region Berneck/SG, um einen geeigneten Startplatz zu suchen.

Nach Besichtigung von drei Orten wurde ein leicht zugänglicher Platz in der Nähe eines Bauernhofs, 200 bis 300 Meter vom Fuss eines kleinen Hügels entfernt, ausgewählt. Der Pilot A erachtete diese Stelle als ideal. Dass in der Nähe eine Hochspannungsleitung durchführte, deren Distanz er auf 100 bis 200 m schätzte, betrachtete er nicht als besonderes Problem. Ein leichter Wind, tendenziell aus Richtung Süden, wehte entlang der Leitung.

Zur Auswahl des Startplatzes präziserte der Pilot A seine Aussage wie folgt: *"Der Copilot hatte keinen Einwand dagegen. Er war eigentlich Passagier und unterstützte mich bei meiner Arbeit. Ich würde eine solche Fahrt nie allein ohne einen anderen Ballonpiloten unternehmen; dies aus Sicherheitsgründen."*

¹ In diesem Bericht wird anstelle des Begriffs Heissluftballon der Begriff Ballon verwendet.

1.3 Flugverlauf

Der Pilot A stattete den Korb mit dem vorgesehenen Material aus. Der Doppelbrenner wurde installiert und getestet. Für die temperierten Gasflaschen wurde ein Druck von 8 bar, für die übrigen Gasflaschen ein Druck von rund 5 bar festgestellt. Der grüne Bereich auf den Druckmessern ist von 3 bis 10 bar begrenzt.

Gegen 08:30 Uhr wurde die Hülle in Richtung Nordosten, d.h. rechtwinklig zur Stromleitung, ausgebreitet. Die Passagiere beteiligten sich an dieser Arbeit.

Während des Füllens der Hülle beobachtete der Pilot A regelmässig eine Fahne, die sich rund 90 m weiter oben auf einem Hügel befand. Laut seiner Aussage wies diese Fahne *"auf einen geraden Südwind"* hin. Generell beurteilte er den Wind als *"konstant und sehr schwach mit ca. 2 km pro Stunde, kaum einmal 10 km pro Stunde in einer leichten Böe"*.

Die Rückwand des Korbes wurde an das Schnell-Trennkupplungssystem (*quick release system*) befestigt, das mit einem Sicherungshaken vom Typ *Bonanno* (vgl. 1.5.1.4) ausgerüstet war. Das System war durch ein Seil mit der rechten Vorderseite des Verfolgungsfahrzeuges verbunden. Mit Hilfe eines Ventilators wurde die Hülle zuerst mit Umgebungsluft gefüllt und anschliessend mit einem einzigen Brenner aufgeheizt. Der Ballon richtete sich auf. Der Korbboden ruhte auf dem Erdboden.

Gegen 09:00 Uhr waren die letzten Vorbereitungen abgeschlossen. Der Pilot B und zwei Passagiere stiegen zum Piloten A in den Korb. Der Pilot A schaltete die Instrumente ein und setzte einen Brenner in Gang, um die Temperatur der Hülle zu erhöhen. Nachdem er den Ballon fotografiert hatte, stieg der letzte Passagier in den Korb. Der Brenner wurde weiter betätigt. Die Temperaturanzeige im Multifunktionsanzeigegerät des Piloten, zeigte in der Hülle eine Temperatur von 80–90 °C.

Während der Vorbereitungen wurde einer der am Samstag an einem beheizten Ort hinterlegten Gasflaschen verwendet. Er war im Korb befestigt und sollte unmittelbar vor dem Start ausgeladen werden.

Aufgrund des Windes setzte sich der immer noch am Fahrzeug befestigte Ballon in Bewegung. Er drehte sich im Uhrzeigersinn um die Hochachse und bewegte sich gleichzeitig langsam zunächst in südliche und anschliessend in westliche Richtung.

Obwohl die beiden Personen des Verfolgungsteams eingriffen, stiess der Korb gegen das Fahrzeug. Die rechte Fahrzeugseite wurde durch den Korb und das Schnell-Trennkupplungssystem beschädigt. Der Pilot A versuchte, den Ballon zu manövrieren, indem er einen der beiden Brenner betätigte.

In diesem Moment drehte sich der Korb im Uhrzeigersinn um etwa 150° gegenüber seiner ursprünglichen Position, so dass eine asymmetrische seitliche Spannung auf die Seile des Schnell-Trennkupplungssystems entstand. Der Pilot A löste den *Bonanno*-Sicherungshaken nicht. Die vier Befestigungsseile rissen und der Ballon begann wegzusteigen.

Der Ballon stieg auf 12-15 m über Boden mit einer Steiggeschwindigkeit von rund 1 m/s und sank anschliessend wieder. Zum ersten Mal wurden beide Brenner gleichzeitig betätigt, um das Absinken zu stoppen und wieder aufzusteigen. Der Ballon stabilisierte sich horizontal auf einer Höhe von einigen Metern über dem Boden und bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 10 km/h in Richtung der 20 kV Stromleitung, welche sich 117 m nordöstlich des Startplatzes befand. Neben den beiden Hauptventilen betätigte der Pilot A dann zwei Ventile auf den

Brennern, die eine Zufuhr von Flüssiggas ermöglichten. Der Ballon konnte nicht an Höhe gewinnen. Da der Pilot A eine Kollision mit der Stromleitung für unvermeidbar hielt, schaltete er, um eine Kollision des Korbes mit den Leitungsdrähten zu vermeiden, die beiden Brenner aus und betätigte das *fast deflating system* – FDS (vgl. 1.5.1.1), um die im Innern der Hülle enthaltene heisse Luft so rasch wie möglich entweichen zu lassen. Der Ballon sank leicht, bewegte sich aber weiterhin seitwärts. Der Pilot A informierte die Passagiere über die Stellung, die sie im Fall einer Kollision einnehmen sollten. Kurz bevor der Ballon auf Höhe des Brennerrahmens mit der Stromleitung kollidierte, gelang es dem Piloten A noch, das Ventil einer Gasflasche zu schliessen.

Durch die Kollision des Brennerrahmens mit der Stromleitung ereigneten sich Kurzschlüsse, die dazu führten, dass die Hüllenseile und zwei Korbseile rissen. Der Korb fiel mit seinen Insassen aus einer Höhe von 7 bis 8 m auf den Boden, wo er ohne zu kippen stehen blieb.

Da eine Schlauchleitung zwischen einer Gasflasche und einem der Brenner gerissen war, entstand am Boden im Korb ein Feuer. Dieses wurde vom Piloten A umgehend gelöscht, indem er das Ventil dieser Gasflasche schloss. Er entfernte die heissen Metallteile, die in den Korb gefallen waren.

Alle Insassen wurden verletzt, drei von ihnen schwer. Die Rettungsdienste wurden rasch organisiert.

Nachdem die Hülle vom Korb getrennt worden war, gewann diese wieder an Höhe und bewegte sich in Richtung des Dorfes Au/SG. Sie legte rund 2 km zurück, bis sie am Dach eines Hauses hängen blieb und in dessen Garten fiel.

Die Bestandteile des Ballons wurden stark beschädigt.

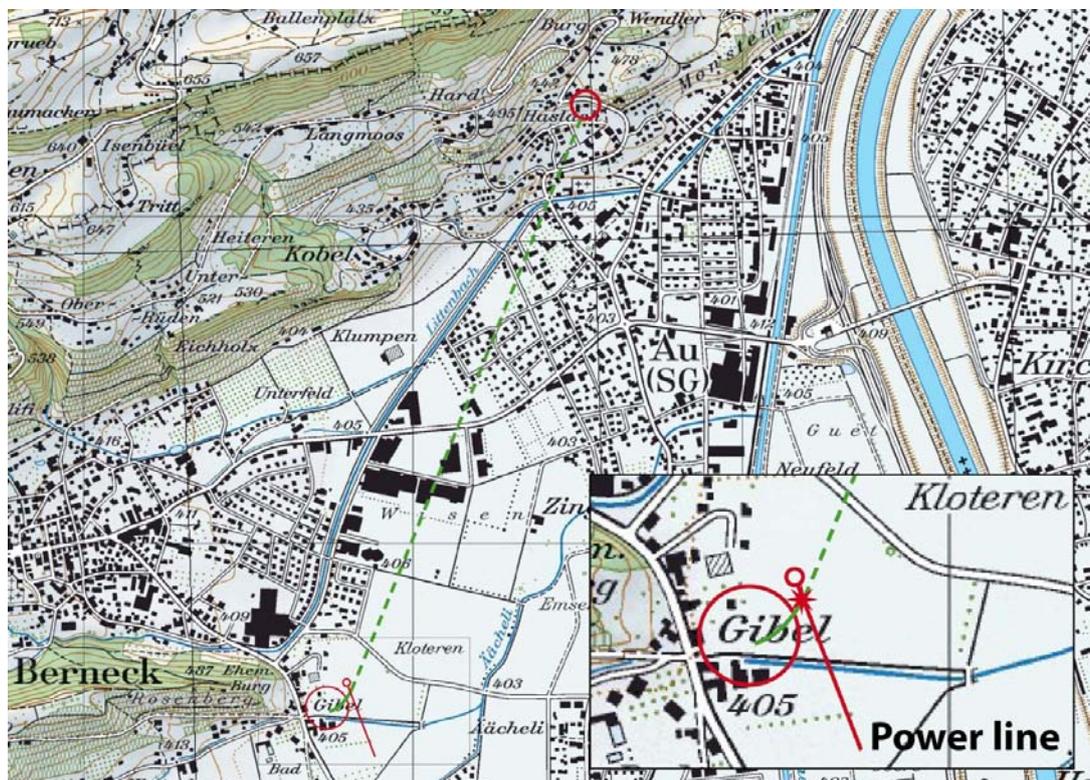


Bild 1: Flugbahn (grün) und Landeort der Hülle

1.4 Meteorologische Angaben

1.4.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.4.2 bis 1.4.6 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

1.4.2 Allgemeine Wetterlage

Ein Hochdruckgebiet mit Zentrum über dem Alpenraum bestimmte das Wetter in der Schweiz.

1.4.3 Windprognose für Ballon, Delta und Gleitschirm

Unter Gefahren bei der Ausgabe vom 08. Dezember 2008 um 05:30 Uhr wurde unter anderem Folgendes festgehalten:

Flachland: Hochnebel mit Basis um 900 m/M, darüber wolkenlos.

Berge (Alpennordrand): wolkenlos.

Windentwicklung 400-500m/M: E-SE 0-5 kt

Windentwicklung 600-900m/M: E 5-10 kt

1.4.4 Flugwetterprognose von 8. Dezember 2008, 12 – 18 UTC

Allgemeine Lage:

Das Hoch mit Kern im Alpenraum bestimmt das Wetter in der ganzen Schweiz.

Wolken (Menge, Basis, Obergrenze), Sicht, Wetter:

Für die ganze Schweiz:

Im Flachland der Alpennordseite Nebel- oder Hochnebel, Obergrenze zwischen 2800 und 3900 ft/msl. Darüber und in den übrigen Gebieten heiter.

Wind und Temperatur Alpennordseite:

HÖHE	GRAD	TEMP
GROUND	Schwache Bise mit 3-5 KT	
05000FT	055/020	MS02
10000FT	025/025	MS05
18000FT	360/040	MS21
30000FT	010/050	MS52

Gefahren:

Im Flachland der Alpennordseite unterhalb von 3900 ft/msl, Sichtbehinderung wegen Nebel oder Hochnebel.

1.4.5 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

Aufgrund der aufgeführten Informationen können auf folgende Wetterbedingungen am Unfallort zur Unfallzeit geschlossen werden.

<i>Wolken</i>	<i>Wolkenlos</i>
<i>Wetter</i>	<i>Feuchter Dunst</i>
<i>Sicht</i>	<i>Um 15 km</i>
<i>Wind</i>	<i>Aus Richtung Südsüdosten mit 3-5 kt, Windspitzen bis 8 kt</i>
<i>Temperatur/Taupunkt</i>	<i>-00 °C / -03 °C</i>

Luftdruck	QNH LSZR 1027 hPa, LSGG 1028 hPa, LSZA 1027 hPa
Sonnenstand	Azimut 138°, Höhe 9°
Gefahren	Keine erkennbar

1.4.6 Windmessung

0810 UTC	Altenrhein	300°	3 kt
0810 UTC	Vaduz	140°	6 kt Böen 10 kt
0900 UTC	Bregenz	110°	5 kt
0900 UTC	Feldkirch	190°	5 kt

1.4.7 Ergänzende meteorologische Angaben

Der Pilot A liess keinen kleinen Testballon fliegen, um die lokalen Windverhältnisse einzuschätzen. Hingegen beobachtete er während des Füllens des Ballons regelmässig eine Fahne, die sich in einer Entfernung von rund 90 m weiter oben auf einem Hügel befand. Generell beurteilte der Pilot A den Wind als *"konstant und sehr schwach mit ca. 2 km pro Stunde, kaum einmal 10 km pro Stunde in einer leichten Böe"*. Das letzte Wetterbriefing hatte am Morgen des Unfalltages um 04:30 Uhr stattgefunden. Unmittelbar vor dem Start wurde keine Anfrage für zusätzliche Angaben gestellt. Der Pilot A sagte dazu Folgendes aus: *"Ich telefoniere grundsätzlich nicht, weil ich selbst das Wetter sehr genau studiere und selbst entscheiden kann. ... Ich stütze mich immer auf mehrere Wettermodelle, die ich analysiere und den Durchschnittswert ermittle. Meteo ist mein zweites Hobby. Ich befasse mich täglich zwischen ein bis zwei Stunden mit dem Wetter am PC."*

1.5 Angaben zum Luftfahrzeug

Eintragungszeichen	HB-BUW
Luftfahrzeugmuster	Ultramagic UM N-180
Charakteristik	Heissluftballon, Hülle von 5100 m ³ , mit 28 Lastbänder, ausgestattet mit einem <i>fast deflating system</i> - FDS
Hersteller	Ultramagic SA, Igualada, Barcelona-Spanien
Baujahr und Werknummer	1996, Werknummer 180/13
Brenner	Hersteller: T. Schroeder Fire Balloons GmbH, Schweich (D) Charakteristik und Typ: Doppelbrenner, Fire FB 6 Baujahr und Werknummer: 1999, s/n 2.124-3
Korb	Hersteller: Ultramagic SA, Igualada, Barcelona (E) Typ und Werknummer: C-7, s/n C-7/4 Baujahr: 1996 Charakteristik: Modell <i>Classic</i> ohne Unterteilung, Sperrholzboden, Wände aus Weiden- und Peddingrohrgeflecht.

Betriebsstunden	Luftfahrzeug und Hülle <i>time since new</i> – TSN: 399:35 h Brenner TSN: 347:55 h, Korb TSN: 446:12 h
Anzahl Starts	Total 245, davon 102 durch den gegenwärtigen Halter
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. Juli 2007/Nr. 4
Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. Juli 2007
Lufttüchtigkeits-Folgezeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 29. Februar 2008, Datum des Ablaufs der Gültigkeit: 27. März 2009
Zulassungsbereich	VFR bei Tag
Masse	Die höchstzulässige Startmasse beträgt 1607 kg. Die Masse zum Unfallzeitpunkt betrug ungefähr 1260 kg.
Unterhalt	Die letzte Jahreskontrolle wurde vom Halter am 23. Februar 2008 bei TSN 387:55 h bescheinigt.
Treibstoff	Propan-Flüssiggas
Fassungsvermögen der Gasflaschen	Es wurden elf Propangasflaschen mit einem Fassungsvermögen von jeweils 42, respektive 70 Litern geladen.
Treibstoffvorrat	Insgesamt wurden 239 kg Propan im Korb mitgeführt.

1.5.1 Ergänzende Angaben zur Ausrüstung

1.5.1.1 Schnellentleerungssystem

Die Hülle des Ballons UM N-180 ist mit einem Schnellentleerungssystem (*fast deflating system* – FDS) ausgerüstet, welches gemäss dem *flight manual* des Herstellers wie folgt beschrieben wird:

"FDS is a parachute system but with extra opening capabilities. It's a parachute that can be gathered in the top centre pulling the red line, and therefore allowing a great outflow of hot air for fast deflating; allowing also the recovery in case of necessity by pulling the red/white line. Also pre-flight preparation is similar to a standard parachute system."

1.5.1.2 Austausch des Brenners

Bei der Inbetriebnahme des Ballons HB-BUW im Juni 1996 war dieser mit einem Doppelbrenner vom Typ Schroeder Fire FB 5 s/n 2.124-2 und einem Korb vom Typ Schroeder Fire VI-6 ausgestattet. Diese Ausrüstung war vom Hersteller der Hülle am 21. Juni 1996 gemäss *certificate of balloon envelope compatibility* bewilligt und durch das BAZL genehmigt worden.

Am 28. November 1999 wurde der Doppelbrenner Fire FB 5 durch einen Doppelbrenner Fire FB 6 s/n 2.124-3 ersetzt. Dieser Austausch wurde in den technischen Unterlagen wie folgt bestätigt: *"FB 6 Doppelbrenner eingebaut geprüft i.O. gilt als kleine Änderung (...)."*

1.5.1.3 Austausch des Korbes

Am 10. September 1996 tauschte der damalige Halter den Korb Fire VI-6 gegen einen Korb Ultramagic C-7 s/n C-7/4 aus. Dieser Austausch stellte eine grosse Änderung dar, welche vom BAZL am 21. Oktober 1996 genehmigt wurde. Gemäss Unterlagen des Herstellers Ultramagic wird durch die Verwendung eines Korbes vom Typ C-7 mit einer Hülle vom Typ UM N-180 die maximale Startmasse von 1754 kg auf 1607 kg reduziert.

1.5.1.4 Schnell-Trennkupplungssystem

Das Schnell-Trennkupplungssystem (*quick release system*) ist ein System, welches es erlaubt, den Ballon, während des Füllens und Aufheizens der Hülle vor dem Start, am Boden festzuhalten. Wenn alle Voraussetzungen für einen problemlosen Start erfüllt sind, löst der Pilot die Befestigung des Ballons am Boden anhand eines Sicherungshakens vom Typ *Bonanno*. Der Hersteller des Ballons empfiehlt die Verwendung einer solchen Vorrichtung als Sicherungsmittel bei windigen Verhältnissen, um zu verhindern, dass sich der Ballon am Boden in Bewegung setzt oder vorzeitig startet.

Im Flughandbuch definiert der Hersteller das Verfahren für die Befestigung des Schnell-Trennkupplungssystems am Korb. Das Halteseil kann am anderen Ende mit einem Verankerungshaken am Boden oder an einem Fahrzeug befestigt werden. Durch einen Sicherungssplint, der unmittelbar vor dem Start herausgezogen werden muss, wird ein versehentlicher Start des Ballons verhindert.

Beschreibung des *quick release system* gemäss Flughandbuch:

"Section 4 Standard Procedures, § 4.5.2 Rigging the basket and burner:

Using a quick release system, attach one end of a rope to the burner frame on the upwind side, and the other end to a vehicle or solid fixed object."

Im Teil 6 des *Flight Manual, Balloon and Systems Description*, wird im Kapitel 6.5 *Bonanno Quick Release* folgende Beschreibung gegeben, wobei vorausgesetzt wird, dass das System am Brennerrahmen befestigt ist:

"...The release mechanism is a form of latch, which is attached to the load frame by means of Karabiners and can also be used with wire, rope or webbing bridles. The restraint rope is fitted into the latch and at the other end to a secure point or braked vehicle.

The Bonanno release and all associated restraint equipment must be regularly inspected for damage and deterioration."

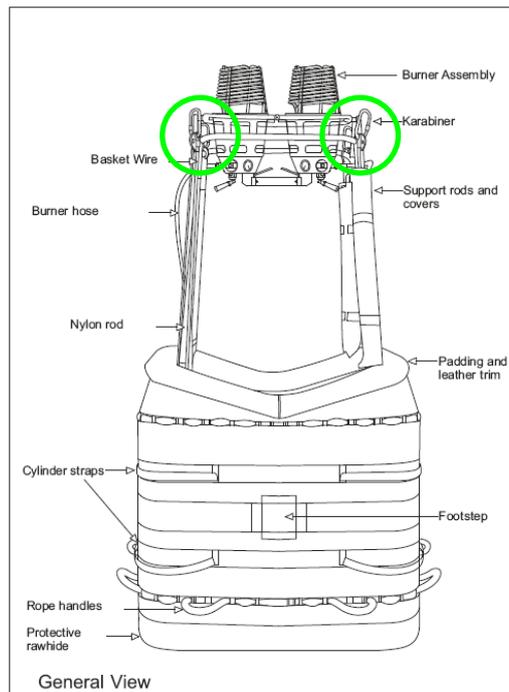


Bild 2: Korb mit Befestigungskarabinern des *quick release system* (grüne Kreise)

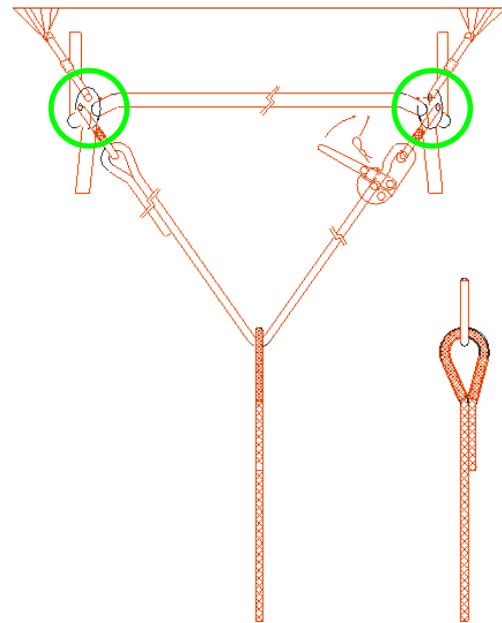


Bild 3: *quick release system* gemäss Flughandbuch

1.5.1.5 Auf dem HB-BUW installiertes *quick release system*

Das am Korb des HB-BUW installierte System bestand aus vier 6 mm dicken Kunstfaserseilen, die in das Weidengeflecht eingearbeitet und am Metallrahmen des Korbes befestigt waren (Bild 4). Die anderen Enden der Seile waren an einem Ring befestigt, an dem der *Bonanno*-Sicherungshaken eingehängt wurde (Bild 5). Letzterer wurde mit einem 4,8 Meter langen Seil mit dem Fahrzeug des Verfolgungsteams verbunden.



Bild 4: Vier am Korb des HB-BUW befestigte Seile des *quick release system*, vor dem Unfall



Bild 5: Zentraler Ring mit *Bonanno*-Sicherungshaken

Der Pilot A hatte das System Ende 2004 selbst eingebaut. Gemäss den verschiedenen technischen Unterlagen wurden mit dieser Ausrüstung 140 Starts durchgeführt. Seit der Installation hatte das BAZL zwei periodische Nachprüfungen durchgeführt. Beide Prüfberichte enthalten den Vermerk: "*Keine Beanstandungen*".

Laut dem Hersteller des Korbes muss ein *quick release system*, wenn es fest eingebaut ist, bewilligt und von der Aufsichtsbehörde genehmigt werden. In den technischen Unterlagen des Ballons ist keine solche Genehmigung erwähnt.

1.5.2 Verfahren im Fall eines Kontakts mit einer Stromleitung

Gemäss Flughandbuch, *Section 3 - Emergency Procedures*

§ 3.10 Contact with power lines

"Any contact with electric power lines is extremely dangerous and should be avoided at all costs. If contact cannot be avoided then steps should be taken to ensure that contact is made only with the envelope above the flying wire level. This may best be achieved by descending which will also mean the basket is closer to the ground to allow escape. If time permits close all fuel lines and vent off fuel before contact. If safety conditions permit, try to avoid touching the ground until you have been informed that the power line has been switched off."

1.6 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

Der Ballon HB-BUW war einer der fünf Ballone des "Ballonvereins Sittertal" in Heldswil/TG. Dieser Verein führt jährlich zwischen 100 und 150 private Ballonfahrten durch. Zum Unfallzeitpunkt hatte der Pilot A 24 Alpenüberquerungen durchgeführt. Im Frühling 2008 hatte er drei ähnliche Flüge durchgeführt.

Für den Unfallflug waren Beförderungsscheine ausgestellt worden.

Zum Zeitpunkt des Unfalls war im Flughandbuch (FM04) des Herstellers die Revision Nr. 14 vom 23. Juli 2008 gültig. In den technischen Unterlagen des Ballons HB-BUW fand sich das FM04 mit der letzten nachgeführten Revision Nr. 7 vom 5. Dezember 2005.

1.7 Medizinische und pathologische Feststellungen

Der Pilot A, der Pilot B und ein Passagier zogen sich erhebliche Verletzungen (Knochenbrüche von Extremitäten) ohne bleibende Schäden zu. Der Pilot B erlitt zudem eine Gehirnerschütterung, welche eine retrograde Amnesie bewirkte.

Zwei Passagiere wurden leicht verletzt.

1.8 Angaben über den Startplatz und den Aufprall

1.8.1 Startplatz

Der Startplatz befindet sich in einer grossen Wiese, 200 bis 300 Meter vom Fuss eines kleinen Hügels und 117 Meter von einer 20 kV Hochspannungsleitung entfernt, welche die Wiese in nord-westlicher Richtung teilweise überquert. Die Hülle wurde in nordöstlicher Richtung rechtwinklig zur Leitung ausgebreitet. Während des Auslegens der Hülle lag der Startplatz im Schatten und die Temperatur betrug um die 0 °C.

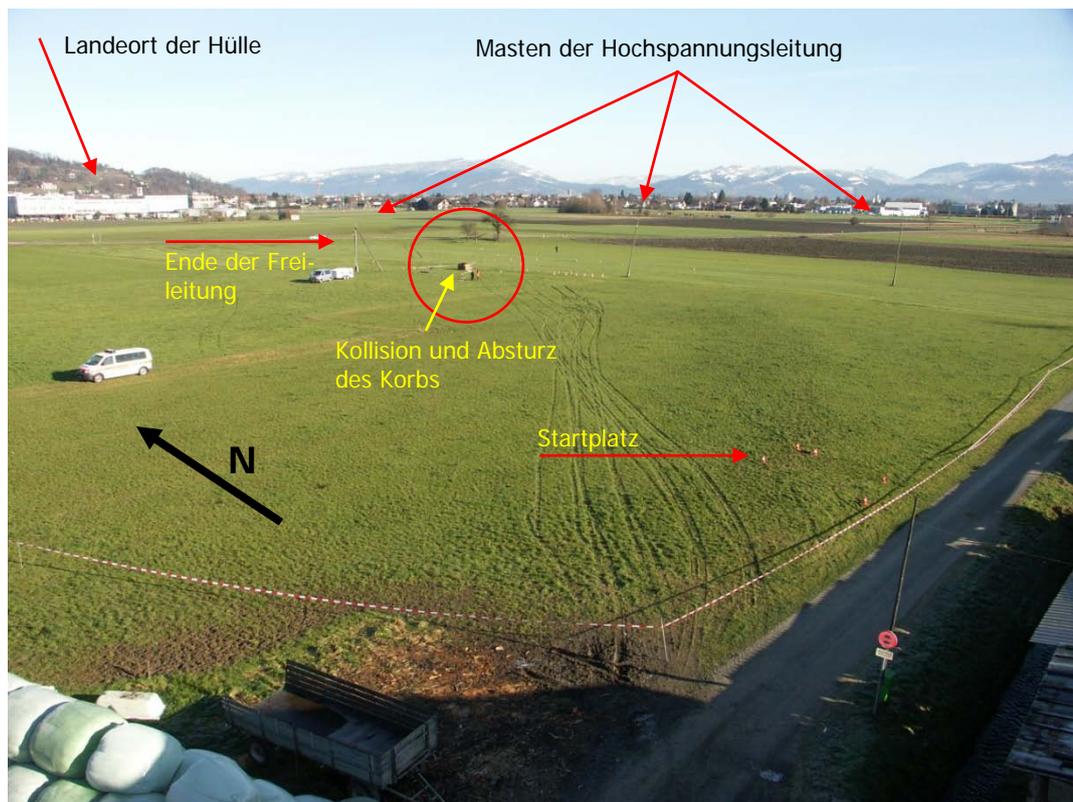


Bild 6: Unfallstelle

1.8.2 Angaben zum Aufprall

1.8.2.1 Hülle und Korb

Die Hülle ist am Brennerrahmen befestigt, welcher am Korb festgemacht ist. Die Hülle ist mit Hilfe von 28 Stahlseilen (Hüllenseilen), mit einem Durchmesser von 3 mm, am Brennerrahmen befestigt. Der Korb ist mit 8 Stahlseilen, mit einem Durchmesser von 6 mm, am Brennerrahmen befestigt.

Die Kollision zwischen den Ballonbestandteilen und der 20 kV Hochspannungsleitung führte zu Kurzschlüssen, durch welche alle Hüllenseile und zwei Korbseile rissen (Bild 7).

Die Kollision erfolgte ober- und unterhalb des Brennerrahmens, so dass die Hülle abgetrennt wurde. Diese erhielt grosse Risse und wies an verschiedenen Stellen Brandspuren auf. Das chemische Temperaturschild innerhalb des Fallschirms, im oberen Teil der Hülle, zeigte eine normale Temperatur von 200 °F (~ 93 °C).

Die Leinenrollen und Steuerseile wurden abgerissen. Der Korb wurde schwer beschädigt. Alle Gasflaschen blieben im Korb befestigt. Das *quick release system* wird in Kapitel 1.9 behandelt.

1.8.2.2 Brennerahmen und Brenner

An den Befestigungskarabinern sind deutliche Spuren der Lichtbogen sichtbar (Bild 7). Die Brennerbefestigungen sind teilweise geschmolzen (Bild 8), was dazu führte, dass der Doppelbrenner beim Aufprall auf den Boden in den Korb fiel. Da ein Gasversorgungsschlauch gerissen war, entstand ein Feuer.



Bild 7: Karabiner und Hüllenseile



Bild 8: Rahmen und Befestigung des Brenners

1.8.2.3 Hochspannungsleitung

Die beschädigte 20 kV Hochspannungsleitung durchquert die Ebene von Süd-Südosten in Richtung Nord-Nordwesten. Sie besteht aus einem Freileitungsabschnitt mit 10 m hohen Masten und einem Abschnitt, der unterirdisch verläuft (Bild 6).

Die Kollision erfolgte rund 10 Meter vor dem nord-nordwestlichen Ende der Freileitung. Der Strom wurde unterbrochen.

Die Steuerseile rissen die Stromleitungen auf mehreren Dutzend Metern ab. Mehrere Masten wurden beschädigt.

1.9 Versuche und Forschungsergebnisse

1.9.1 Berechnungen und Untersuchungen an der installierten Schnell-Trennkupplung

1.9.1.1 Bestimmung der Seilkräfte

Die exakte Anordnung und die freien Längen der 4 Seile, welche den Korb mit dem zentralen Ring verbinden, wurden ausgemessen. Mit diesen Daten lassen sich – ausgehend von der Abdrift – resp. Verankerungskraft – die Beanspruchung der 4 Seile von 6 mm Durchmesser berechnen.

Aus diesen Berechnungen und Untersuchungen geht hervor, dass unter idealen Voraussetzungen, d.h. wenn alle 4 Seile, welche den Korb mit dem zentralen Ring verbinden, identisch belastet werden, jedes Seil mit 48,7% der Verankerungskraft beansprucht wird. In der Praxis ist jedoch davon auszugehen, dass in den meisten Fällen lediglich 1 bis 2 der 4 Seile die Kraft zwischen Korb und Verankerungsseil übertragen; dies bedeutet, dass das dünne 6 mm Seil mit bis zu 100% der Verankerungskraft belastet wird.

1.9.1.2 Untersuchung der Festigkeit und der Energieaufnahmekapazität der Seile

Mit den intakten, aus dem Korb demontierten Teilen der 6 mm Seile wurden Festigkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Bestimmt wurden:

- die Bruchkraft auf Zug
- die Bruchdehnung
- das Elastizitätsverhalten bis zum Bruch

Mit diesen Untersuchungsergebnissen lässt sich ausrechnen, welche Energie nötig ist, um eines der montierten 6 mm Seile zwischen Korb und Verbindungsring zu zerreißen. Die Bruchfestigkeit des Seils beträgt knapp 5600 N.

Für eine Beurteilung des Energieaufnahmeverhaltens des Schnell-Trennkupplungssystems, bestehend aus den 4 Seilen zum Verbindungsring, der Ausklinkvorrichtung (Bild 5) und dem Verankerungsseil, sind auch Länge und Elastizität des Verankerungsseils zu berücksichtigen. Die Elastizität des Verankerungsseils wurde ebenfalls gemessen.

Die Bruchfestigkeit des 14 mm starken Verankerungsseils wurde nicht gemessen. Erfahrungsgemäss beträgt diese mindestens 30 000 N.

1.9.1.3 Untersuchung des dynamischen Verhaltens des Schnell-Trennkupplungssystems

Die nachfolgenden Untersuchungen geben Aufschluss, wie weit das installierte Schnell-Trennkupplungssystem dynamischen Beanspruchungen genügt. Eine solche dynamische Beanspruchung kann z.B. auftreten, wenn der Korb während den Startvorbereitungen vom Boden abhebt, der Ballon mit dem Korb durch den Wind in eine nicht erwartete Richtung abgetrieben wird und der in Bewegung geratene Korb, beladen mit Brenner, Gasflaschen, Geräten und Personen, plötzlich durch das Rückhaltsystem gestoppt wird. In einem solchen Fall muss das Schnell-Trennkupplungssystem in der Lage sein, die kinetische Energie des beladenen Korbes aufzunehmen.

Die Masse des beladenen Korbes war beim HB-BUW unmittelbar vor dem Unfallereignis 1076 kg.

Wie in den vorgängigen Abschnitten berechnet kommt es zu einem Bruch des 6 mm Seils, wenn das Schnell-Trennkupplungssystem mehr als die Bruchenergie aufnehmen muss. Dies ist der Fall, wenn der Korb von 1076 kg mit einer Geschwindigkeit von knapp 1,1 m/s das System dynamisch beansprucht. Dies bedeutet für den vorliegenden Fall, dass das installierte Schnell-Trennkupplungssystem zu schwach war, um den Korb, welcher mit einer Geschwindigkeit von knapp 1,1 m/s oder mehr in Bewegung war, zu stoppen. Es kam zu einem Riss des 6 mm Seils.

1.9.2 Leistungsverhalten eines Brenners bei niedrigen Temperaturen

Die Leistung eines Brenners ist direkt abhängig vom Druck in der Gasflasche. Da der Druck beim Abkühlen einer Gasflasche abnimmt, ist die Folge davon eine Leistungsabnahme des Brenners.

Damit bei tiefen Temperaturen genügend Brennerleistung resp. Gasdruck zur Verfügung steht, wird in die Gasflaschen ein genügend grosses Druckpolster aus Stickstoff eingebracht.

Mit Gasflaschen identischer Bauart, wie diejenigen, welche am Unfalltag benutzt wurden, fanden praktische Versuche statt. Die Resultate aus diesen Versuchen belegen, dass bei vorgängig über längere Zeit in einem 20 °C warmen Lokal gelagerten Gasflaschen nach 3 ½ h Aufstellung im Freien, bei Windstille und Temperaturen von -3 °C bis -0,5 °C, der Gasdruck um ca. 32% abnimmt. Gemäss Brennerdatenblatt resultiert aus einer solchen Druckabnahme bei einem Brenner FB6 eine Leistungsabnahme von rund 20%.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Schnell-Trennkupplungssystem

Der Hersteller definiert im Flughandbuch, wie das Schnell-Trennkupplungssystem des Korbes zu befestigen ist (vgl. Kapitel 1.5.1.4). Das Schnell-Trennkupplungssystem (*quick release system*) ist am Brennerrahmen zu installieren. Der Pilot hatte das Schnell-Trennkupplungssystem des HB-BUW Ende 2004 selbst am Korb installiert. Diese Ausrüstung war nicht konform und war weder vom Hersteller noch vom BAZL genehmigt worden. Es ist bemerkenswert, dass das BAZL anlässlich zweier periodischer Nachprüfungen auf den Prüfungsberichten den Vermerk: "*Keine Beanstandungen*" angebracht hat.

Der Gebrauch eines nicht vorschriftsgemäss installierten *quick release system* ist einer der wichtigen auslösenden Faktoren des Unfalls. Das Reißen der Seile führte in der Folge zu hektischen Manipulationen am Ballon durch den Piloten.

Seit der Installation des Schnell-Trennkupplungssystems waren 140 Starts durchgeführt worden. Es ist nicht auszuschliessen, dass die Seile Zeichen von Ermüdung aufwiesen.

Die Untersuchung zeigte, dass die Beanspruchung der zwischen Korb und Verbindungsring installierten Seile bis zu 100% der Ballonverankerungskraft betragen kann.

Montiert wurden Seile, die lediglich einen Fünftel der Bruchkraft des Verankerungsseils aufweisen. Die zwischen Korb und Verbindungsring montierten Seile waren im Verhältnis zum Verankerungsseil deshalb viel zu schwach. Sie rissen in zeitlicher Abfolge eins nach dem anderen während des Abhebens und des seitlichen Bewegens des Korbes.

Die Untersuchung hat weiter ergeben, dass das installierte Schnell-Trennkupplungssystem nicht in der Lage war, die kinetische Energie des in Bewegung geratenen Korbes zu absorbieren und den Korb, welcher sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 m/s in Bewegung befand, zu stoppen.

2.1.2 Gasflaschen

Rund drei Stunden verstrichen zwischen der Abfahrt des Piloten A von seinem Wohnort bis zum Füllen der Hülle. Durch die nahe bei 0 °C liegende Aussentemperatur sank die Temperatur der vorgängig in einem temperierten Lokal aufbewahrten Gasflaschen deutlich. Infolge dieser Abkühlung nahm der Druck in den Gasflaschen ebenfalls ab.

Der Hersteller des Ballons empfiehlt, beim Betrieb des Ballons mit einem Doppelbrenner im Winter für eine sichere Fahrt beide Gasflaschen vor dem Abheben mit einem ausreichenden Stickstoffdruckpolster von 6 bis 7 bar zu versehen.

Da die beim Abheben des Ballons verwendeten Gasflaschen nicht mit Stickstoff unter Druck gesetzt wurden, konnte der Doppelbrenner nicht die maximal mögliche Leistung erbringen.

Vorgesehen war zudem, die zum Füllen und Aufheizen der Ballonhülle verwendete Gasflasche vor dem Abheben gegen eine gefüllte Gasflasche zu tauschen. Dies war vom zeitlichen Ablauf her nicht mehr möglich; sie blieb an Bord und wurde bis zum Zeitpunkt der Kollision weiter eingesetzt.

Wie hoch der effektive Druck in den beiden Gasflaschen zum Unfallzeitpunkt war und welche Brennerleistungen damit erreicht wurden, konnte nicht ermittelt werden.

2.2 Meteorologische Aspekte

2.2.1 Lokale meteorologische Besonderheiten

Die klare Nacht begünstigte Hangabwinde und die Bildung von Bodeninversionen. Während über dem Bodensee Nordostwind wehte, dominierte im St. Galler Rheintal ein ausgeprägter Kaltluftabfluss.

Wie die Windmessungen von Vaduz und Feldkirch zeigen, floss der Bergwind des St. Galler Rheintals langsam talauswärts in Richtung Bodensee, was im Unfallgebiet einen schwachen Südwind zur Folge hatte. Im Unfallgebiet hatte sich eine schwache Bodeninversion gebildet.

2.2.2 Flugbahn und Wirkung der Inversion der Temperatur

Der Effekt einer Inversion charakterisiert sich dadurch, dass sich eine wärmere Luftschicht über einer mehrere Dutzend Meter dicken, auf dem Boden aufliegenden, kalten Luftschicht befindet.

Da sich die Temperatur dieser beiden Luftschichten um mehrere Grade unterscheidet, kann der Einfluss auf die Flugbahn des Ballons erheblich sein. Unter Berücksichtigung der technischen Daten des Luftfahrzeuges, d.h. des Volumens der Hülle, der Brennerleistung und der Gesamtmasse des Ballons, sowie der Aussagen des Piloten A kann die Fahrt in vier Phasen unterteilt werden:

Phase 1

Der Ballon startete in einer etwa Null Grad kalten Luftschicht mit einer Auftriebskraft von schätzungsweise 400 N (40 kg) und erreichte damit eine vertikale Geschwindigkeit von maximal 1 m/s. In diesem Fall steigt der Ballon in 15 Sekunden auf 8 m. Gemäss dem archimedischen Prinzip wäre die Masse des Ballons damit 40 kg leichter als die Masse der verdrängten Luft. Die Energie, die durch die Verwendung eines einzigen Brenners mit einer Höchstleistung von 2,5 MW zur Verfügung stand, ermöglichte es, die für diesen Schub erforderliche interne Temperatur zu erreichen und aufrechtzuerhalten. Die Spitze des Ballons befand sich bereits über 30 m über dem Boden.

Phase 2

Der Ballon stieg in die um mehrere Grade wärmere Luftschicht auf und wurde durch einen Rückgang der Auftriebskraft gebremst. Für jedes abweichende Grad beträgt der Unterschied in der Luftdichte 5 Gramm pro m³. Wenn man einen Temperaturunterschied von 4 °C und ein verdrängtes Luftvolumen von 5100 m³ annimmt, so wirkt dem Aufstieg eine Kraft von über 1000 N entgegen. Der Ballon, der 40 kg leichter gewesen war als die Luft, wurde nun 60 kg schwerer (+400 N - 1000 N = -600 N).

Dadurch wurde die Steiggeschwindigkeit in wenigen Sekunden aufgehoben. Die Gesamtdauer der Phase 2 kann auf etwa zehn Sekunden geschätzt werden. Der Korb hatte eine Höhe von etwa 12 Metern über dem Boden erreicht.

Phase 3

Als der Ballon nicht mehr weiter stieg, erkannte der Pilot A das Problem und handelte unverzüglich, indem er gleichzeitig die beiden Brenner betätigte. Zur Erwärmung der 5100 m³ Luft braucht es jedoch eine gewisse Zeit. Die nach unten wirkende Kraft von 600 N führte zum Sinken des Ballons.

Nur eine Energiezufuhr durch die Brenner konnte die Schuberrhöhung bewirken, die für eine vertikale Stabilisierung erforderlich war. Nach einem Absinken von ~10 Sekunden stabilisierte sich der Korb auf ~8 m über dem Boden, da die Erhöhung der Temperatur in der Hülle zunächst nur dazu diente, das Absinken zu stoppen.

Phase 4

Da es durch die gleichzeitige Verwendung der beiden Brenner nicht möglich war, sofort an Höhe zu gewinnen, betätigte der Pilot A zusätzlich die beiden Ventile für die Flüssiggaszufuhr. Unter optimalen Bedingungen kann die Leistung laut Hersteller dadurch um 12 bis 15% erhöht werden.

Rund 40 Sekunden nach dem Start befand sich der Ballon bei einem Wind von ca. 10 km/h nur noch einige Dutzend Meter vom Hindernis entfernt. Weniger als 15 Sekunden trennten den Ballon von der Leitung. Da sich der Ballon mehr oder weniger im Gleichgewicht befand, konnte die Entscheidung, mit Hilfe des FDS heiße Luft abzulassen, die Flugbahn nicht rasch beeinflussen. Um ein rasches Absinken herbeizuführen, hätten über 100 m³ Luft abgelassen werden müssen.

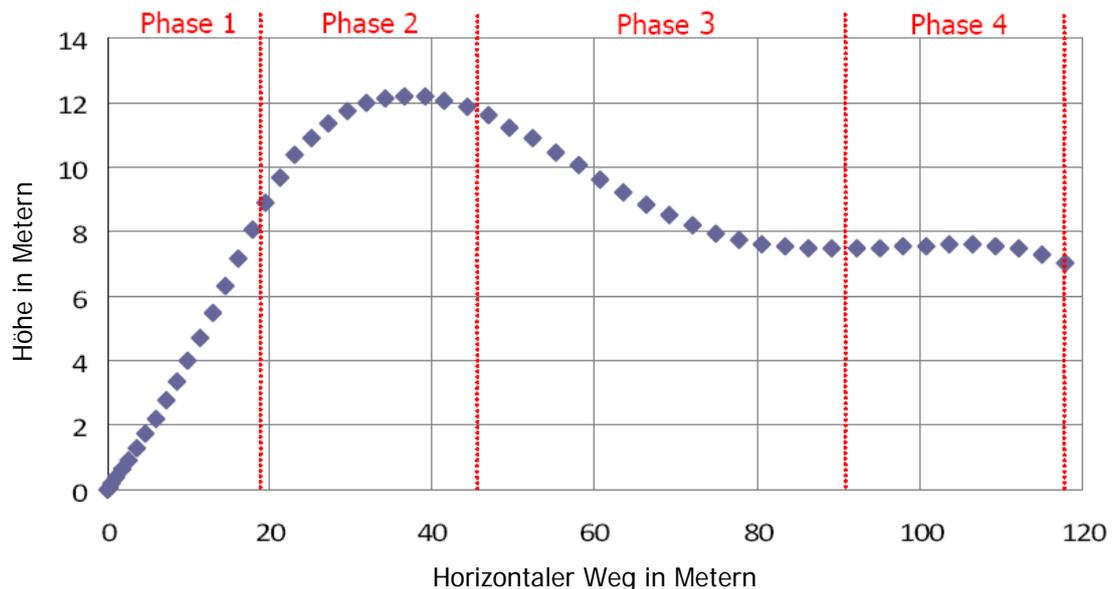


Bild 9: Fahrbahn des Korbes ab Start bis zur Kollision
1 blauer Punkt entspricht einer Sekunde.

2.3 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.3.1 Startphase und Fahrt

Die Piloten verfügten über die für die geplante Fahrt notwendigen Berechtigungen. Wegen der 20 kV Stromleitung in einer Entfernung von 117 Metern vom Startplatz war die Wahl des Startgeländes nicht risikolos. Der Pilot A hatte dies bei der Ankunft am Startort festgestellt, aber entschieden, dass dies wegen der zur Stromleitung parallel verlaufenden Windrichtung kein besonderes Problem darstellen würde.

Da der letzte Passagier im letzten Moment in den Korb stieg und die Seile des Schnell-Trennkupplungssystem rissen, blieb dem Piloten A nicht genügend Zeit, um die letzten Arbeiten vor dem Start durchzuführen. So konnte das ausreichende Aufheizen der Hülle, der Austausch und das Ausladen der beim Füllen benutzten Gasflasche sowie die beabsichtigte Verwendung des Schnell-Trennkupplungssystems nicht in kontrollierter Art und Weise durchgeführt werden.

Die Umweltbeobachtungen, d.h. der fehlende Wind am Boden während des Füllens, die Beobachtung eines wechselnden Windes auf einem rund 90 m weiter oben gelegenen Hügel, der Raureif am Boden und der Sonnenaufgang, lassen vermuten, dass in den unteren Schichten der Atmosphäre eine Inversion vorlag. Unter diesen Bedingungen war die Wahl des gegenüber einem Hindernis liegenden Startplatzes nicht risikolos.

Der gewählte Moment, die Fahrt abubrechen, war zu spät. Es wäre möglich gewesen, den Start früher abubrechen und damit die Kollision und den darauffolgenden Absturz des Korbes aus 7 bis 8 Meter zu verhindern. Der Aufprall wurde durch die Elastizität des aus Weidengeflecht gefertigten Korbes etwas abgefedert.

Kurz vor der Kollision verfügte der Ballon wahrscheinlich über eine positive Auftriebskraft aber aufgrund seiner grossen Trägheit mit einer Masse von rund 6 T, war seine Flugbahn zum Zeitpunkt, als der Abbruch der Fahrt beschlossen wurde, immer noch horizontal. Im Rahmen der Untersuchung konnte nicht ermittelt werden, ob die Auftriebskraft ausgereicht hätte, um die Leitung zu überfliegen.

Der Pilot A konnte den Passagieren Sicherheitshinweise geben und hatte Zeit, um das Ventil einer Gasflasche zu schliessen. Nach der Kollision und dem darauffolgenden Absturz des Korbes gelang es dem schwer verletzten Piloten A, die noch geöffneten Ventile der Propangasflasche zu schliessen und einige noch heisse Metallteile, die in den Korb gefallen waren, zu entfernen. Dadurch konnte das entstandene Feuer rasch gelöscht werden.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Der Ballon war zum privaten Verkehr VFR zugelassen.
- Der Ballon war mit einem Doppelbrenner ausgerüstet.
- Der Korb des Ballons war mit einem Schnell-Trennkupplungssystem (*quick release system*) ausgerüstet, welches weder vom Hersteller noch vom BAZL genehmigt worden war. Die Befestigungsseile zwischen dem Korb und dem *Bonanno*-Sicherungshaken waren zu wenig belastbar.
- Bei beiden periodisch durchgeführten Nachprüfungen durch das BAZL wurde diesbezüglich nie etwas beanstandet.
- Die Hülle UM N-180 des HB-BUW mit einem Volumen von 5100 m³ war mit einem *Fast Deflating System* – FDS ausgestattet.
- Zum Unfallzeitpunkt befand sich die Masse innerhalb der vom Hersteller vorgeschriebenen Grenzen.
- Die Propangasflaschen waren nicht mit Stickstoff unter Druck gesetzt worden.
- Die 28 Hüllenseile rissen bei der Kollision mit der 20 kV Stromleitung aufgrund von Kurzschlüssen.
- Die Hülle, die bei der Kollision vom Korb getrennt worden war, gewann an Höhe und fiel schliesslich in einen rund 2 km vom Startplatz entfernten Garten.
- Das Verfolgungsfahrzeug wurde beim Startmanöver durch den Korb beschädigt.
- Der Freileitungsabschnitt der 20 kV Stromleitung wurde stark beschädigt.

3.1.2 Betriebliche Aspekte

- Die Piloten A und B besaßen die für die Ballonfahrt notwendigen Berechtigungen.
- Die Unfallfahrt war eine private Ballonfahrt gegen Entgelt.
- Der Pilot A hatte bereits mehrere Alpenüberquerungen durchgeführt.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen der Piloten A und B während der Unfallfahrt vor.
- In einer Entfernung von 117 m vom Startplatz verläuft eine Stromleitung.
- Elf Propangasflaschen mit insgesamt 239 kg Propangas waren im Korb installiert und befestigt.
- Der Start wurde kurz vor der Kollision mit der Stromleitung abgebrochen.
- Gewisse Ventile der Propangasflaschen waren zum Zeitpunkt der Kollision mit der Stromleitung geöffnet.
- Da eine Schlauchleitung zwischen einer Gasflasche und einem der Brenner gerissen war, entstand am Boden im Korb ein Feuer.
- Der Fahrtverlauf wurde durch eine schwache Temperaturinversion am Boden beeinflusst.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf eine Kollision mit einer 20 kV Stromleitung infolge der Wahl eines unter den herrschenden Bedingungen mit Risiken behafteten Startplatzes zurückzuführen.

Folgende Faktoren haben beim Unfall eine Rolle gespielt:

- Installation eines nicht zugelassenen Schnell-Trennkupplungssystems.
- Zu späte Entscheidung, den Start abubrechen.

Payerne, 8. September 2010

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des BFU über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 1. November 2001, 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.