



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

# **Schlussbericht Nr. 1960**

## **des Büros für**

# **Flugunfalluntersuchungen**

über den Unfall  
des Helikopters SA 315B Lama, HB-XFX  
vom 10. Juli 2004  
Signalkuppe, Gemeinde Zermatt/VS  
ca. 57 km südöstlich von Sion

**Cause**

L'accident est dû à la perte de contrôle de l'hélicoptère. Lors du premier impact avec le terrain, les dommages subis par l'hélicoptère ont été tels que la turbine ne fournissait plus de puissance.

Facteurs ayant joué un rôle dans l'accident:

- Conduite de l'hélicoptère à la limite de sa puissance dans un environnement difficile.

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Anhang 13 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 künftiger Unfälle oder schwerer Vorfälle. 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 Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:  $LT = MESZ = UTC + 2 \text{ h}$ .

In diesem Bericht wird aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes für alle natürlichen Personen unabhängig ihres Geschlechts die männliche Form verwendet.

## Inhaltsverzeichnis

<b><i>Inhaltsverzeichnis</i></b>	<b>4</b>
<b><i>Allgemeines</i></b>	<b>6</b>
<b><i>Kurzdarstellung</i></b>	<b>6</b>
<b><i>Untersuchung</i></b>	<b>6</b>
<b>1 Sachverhalt</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf</b>	<b>7</b>
1.1.1 Vorgeschichte	7
1.1.2 Flugverlauf	7
1.1.3 Alarmierung und Rettung	11
<b>1.2 Personenschäden</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Schaden am Luftfahrzeug</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Drittschaden</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Angaben zu Personen</b>	<b>11</b>
1.5.1 Pilot	11
1.5.2 Passagiere	12
<b>1.6 Angaben zum Luftfahrzeug</b>	<b>12</b>
<b>1.7 Meteorologische Angaben</b>	<b>13</b>
1.7.1 Allgemeines	13
1.7.2 Allgemeine Wetterlage	13
1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort	13
1.7.4 Wetter gemäss Augenzeugenaussagen	14
<b>1.8 Navigationshilfen</b>	<b>15</b>
<b>1.9 Kommunikation</b>	<b>15</b>
<b>1.10 Angaben zum Flughafen</b>	<b>15</b>
<b>1.11 Flugschreiber</b>	<b>15</b>
<b>1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle</b>	<b>15</b>
1.12.1 Wrack	15
1.12.2 Unfallstelle	16
<b>1.13 Medizinische Feststellungen</b>	<b>16</b>
<b>1.14 Feuer</b>	<b>16</b>
<b>1.15 Überlebensaspekte</b>	<b>17</b>
<b>1.16 Versuche und Forschungsergebnisse</b>	<b>17</b>
1.16.1 Untersuchung des Triebwerkes	17
1.16.2 Untersuchung am Treibstoffsystem	17
<b>1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung</b>	<b>18</b>
<b>1.18 Zusätzliche Angaben</b>	<b>18</b>
1.18.1 Flugvorbereitung	18
1.18.2 Limitationen gemäss Flughandbuch	19

<b>2 Analyse</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Technische Aspekte</b>	<b>20</b>
2.1.1 Triebwerk	20
2.1.2 Heckrotor	20
2.1.3 Autorotation	20
<b>2.2 Meteorologische Aspekte</b>	<b>21</b>
2.2.1 Allgemeine Lage	21
2.2.2 Vertikale Temperaturverteilung	21
2.2.3 Wind im Talkessel von Zermatt	21
2.2.4 Wind in der Umgebung der Signalkuppe	22
2.2.5 Schlussfolgerung	22
<b>2.3 Menschliche und betriebliche Aspekte</b>	<b>23</b>
<b>3 Schlussfolgerungen</b>	<b>24</b>
<b>3.1 Befunde</b>	<b>24</b>
<b>3.2 Ursachen</b>	<b>24</b>
<b>Anlagen</b>	<b>25</b>
<b>Anlage 1</b>	<b>25</b>
<b>Anlage 2</b>	<b>26</b>
<b>Anlage 3</b>	<b>27</b>

## Schlussbericht

Eigentümer	Air Zermatt AG, 3920 Zermatt
Halter	Air Zermatt AG, 3920 Zermatt
Luftfahrzeugmuster	SA 315B
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-XFX
Ort	Signalkuppe, Gemeinde Zermatt/VS, ca. 57 km südöstlich von Sion Koordinaten: 633 313 / 086 250 Koordinaten WGS84: 44° 55' 37.3" / 007° 52' 05.0" Höhe 4320 m/M (14 173 ft AMSL) Landeskarte der Schweiz 1:25 000 Blatt Nr. 1348 Zermatt
Datum und Zeit	10. Juli 2004, 10:57 Uhr

### Allgemeines

#### Kurzdarstellung

Während eines Passagiertransportfluges vom Heliport Zermatt ins Monte Rosa Massiv zum Rifugio Margherita auf 4554 m/M wurde der Helikopter HB-XFX beim harten Aufschlag an einer Bergkante unterhalb der Hütte beschädigt. Daraufhin erlitt das Triebwerk des Helikopters einen völligen Leistungsverlust. Die Maschine fiel auf den tiefer liegenden schneebedeckten Gletscher.

Pilot und Passagiere erlitten erhebliche Verletzungen. Der Helikopter wurde schwer beschädigt.

#### Untersuchung

Der Unfall ereignete sich morgens um 10:57 Uhr. Der Heliport Zermatt, die Telefonnummer 118 und die italienische Wache in Alagna wurden sofort von mehreren Bergsteigern informiert. Die Verletzten konnten innert kürzester Zeit geborgen und ins Spital transportiert werden.

Die Untersuchung durch das BFU in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Wallis wurde um ca. 14:00 Uhr vor Ort eröffnet.

Der Unfall ist auf einen Kontrollverlust über den Helikopter zurückzuführen. Bei der ersten Kollision mit dem Gelände wurde der Helikopter derart beschädigt, dass das Triebwerk ausfiel.

Zum Unfall hat beigetragen:

- Betrieb des Helikopters an der Leistungslimite unter schwierigen Umweltbedingungen.

## 1 Sachverhalt

### 1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

#### 1.1.1 Vorgeschichte

Da sich der Pilot nur spärlich an die Ereignisse vor dem Fluge und überhaupt nicht mehr an den Unfallflug selbst erinnerte, sind nur Angaben von Personen rund um den Einsatz des Piloten der HB-XFX verfügbar.

Am 10. Juli 2004 morgens gegen 08:00 Uhr wurde dem Piloten der HB-XFX das Tagesprogramm ausgehändigt. Er führte die Vorflugkontrolle an seinem zugeteilten Helikopter durch und erkundigte sich über die vorherrschenden Wetterverhältnisse im Internet und mit Hilfe der *livecam*. Die Wetterlage erschien dem Piloten als allgemein gut.

Gemäss seinem Tagesprogramm führte er für die ersten Materialtransporte je eine Rotation ab der Basis Zermatt nach Trift und zur Rothornhütte durch. Beide Aufträge konnten ausgeführt werden. Aufgrund meteorologischer Schwierigkeiten erfolgte die Rückkehr zur Basis Zermatt etwa 10 Minuten verspätet. Ein dritter Flug, bei dem ein Passagier und Material zur Domhütte hätten transportiert werden sollen, wurde vom Kunden aus Wettergründen abgesagt, da am vorgesehenen Landeplatz Nebel, Wind und Schnee herrschten. Der nächste geplante Flug war ein Transportflug von Wissenschaftlern zur Margherita-Hütte am Monte Rosa.

Die Passagiere für diesen Flug trafen gegen 10:00 Uhr am Heliport Zermatt ein. Der Auftrag war einige Tage im Voraus vom Flugdienstleiter mit den Kunden für den 10. Juli 2004 um 10:15 Uhr vereinbart worden.

Nach der Landung schaltete der Pilot das Triebwerk aus und begab sich ins Büro. Gemäss Auskunft des Piloten und entsprechend dem Betankungskontrollheft des Helikopters wurde die Maschine von einem Mechaniker auf etwa 200 l nachgetankt. Der Pilot konnte sich im Übrigen nicht mehr daran erinnern, wie er den Flug vorbereitet hatte.

Als der Pilot zum Helikopter HB-XFX zurückkam, stieg er ein und startete das Triebwerk. Die Passagiere wurden von einem Flughelfer zum Helikopter begleitet. Der Flughelfer war beim Einsteigen und beim Anschnallen der Bauchgurte behilflich.

#### 1.1.2 Flugverlauf

Da sich der Pilot nicht an den Flugverlauf erinnern kann, sind nur ungefähre Informationen über den Flugweg bekannt. Einer der Passagiere hatte während des Fluges eine Serie von Photos gemacht. Dank diesen Bildern und den Aussagen der Augenzeugen konnte ein Teil des Flugweges rekonstruiert werden (Anlage 1).

Der Helikopter HB-XFX startete um 10:43 Uhr. Laut Aussagen der Passagiere verlief der Flug zur Regina Margherita-Hütte normal.

Die Hütte befindet sich auf der Signalkuppe, auf einer Höhe von 4554 m/M.

Der Helikopter näherte sich von Nordwesten her über den Grenzgletscher auf einer Höhe von ca. 4100-4200 m/M und stieg anschliessend westlich der Signalkuppe von Süden nach Norden fliegend bis auf die Höhe der Hütte. Kurz nach dem Passieren der Hütte, d.h. nordwestlich der Signalkuppe, führte er eine Um-

kehrkurve nach links aus und flog sinkend Richtung Süden zurück. Dies entspricht der Durchführung einer Rekognoszierungsvolte. Nun folgte ein Zeitraum, in welchem der Helikopter nicht mehr beobachtet wurde. Kurz danach wurde er südlich der Signalkuppe, eindeutig unter der Hüttenhöhe gesehen. In diesem Moment war die Nase in Richtung Nord-Westen gerichtet und der Helikopter folgte dem Grat.

Gemäss Aussage der Passagiere und der Augenzeugen machte der Helikopter plötzlich eine Bewegung nach unten und kam dabei in Bodenberührung.

Nach dem Aufschlag auf dem Eisfeld auf der Signalkuppe flog der Helikopter Richtung Westen. In etwa 20 m Höhe über dem Gelände schrie der Pilot eine Warnung, die von den Passagieren verschieden interpretiert wurde:

P1: *„Ich glaube in diesem Moment wahrgenommen zu haben, dass der Pilot Sch\*\*\* oder so etwas ähnliches sagte.“*

P2: *„Haltet euch fest“*

P3: *„Wir schlagen auf“*

P4: *„Ich habe auch kein Schreien wahrgenommen ... (...) ... Der Pilot sprach überhaupt nichts, zumindest habe ich nichts wahrgenommen.“*

Der Unfallablauf wurde wie folgt beschrieben:

Augenzeugen:	A1	=	Hüttenwart
	A2	=	Bergführer
	A3	=	Bergführer
	A4	=	Bergführer
	A5	=	Bergführer
	A6	=	Pilot einer italienischen A109
	A7	=	Rettungspilot
Passagiere:	Vorne links	=	P1
	Hinten rechts	=	P2
	Hinten Mitte	=	P3
	Hinten links	=	P4

P1: *„Als der Pilot den Grat rechts der Hütte anfliegen wollte, auf der flachen Seite, hatte ich den Eindruck, als fielen wir in ein Luftloch. Die Distanz von Helikopter zur Schneedecke betrug cirka 5 Meter.“*

P2: *„Als wir dem Grat nach flogen brach der Helikopter plötzlich nach links weg. Es gab aber keinen Ruck oder sonst etwas, was mich auf eine Notsituation hätte schliessen lassen. Auch konnte ich keinen Einfluss von Aussen wie starker Wind oder Böenartige Windstösse ausmachen. Der Helikopter befand sich immer noch im Sinkflug und der Boden kam immer näher. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte ich aber immer noch das Gefühl, dass der Pilot alles unter Kontrolle hat. Dann schlugen wir relativ hart, wie ich mich erinnern kann, auf einem Buckel auf.“*

P3: *„Beim erneuten Ansteigen hat es geschüttelt, dann wurden wir gegen eine Schneekuppe gedrückt ...“*

P4: *„Und als wir über einem Vorsprung waren, wo man dann praktisch den Gletscher gesehen hatte, sind wir kurz danach mit den Kufen auf dem“*

*Schnee oder Eis aufgekomen. Nicht sanft, sondern stark aufgeschlagen. Ich denke mir, dass aufgrund eines Luftloches oder infolge von Luftturbulenzen zum ersten Aufprall kam."*

- A1: *„Subito dopo è sceso verso il colle Sesier, uscendo dalla mia visuale. Pochi attimi dopo l'ho visto spuntare sotto la cresta e fare un movimento di picchiata, scomparendo nuovamente alla mia vista. E' nuovamente tornato nel mio campo visivo e l'ho visto attraversare la normale traccia di salita. Dalla coda usciva del fumo e l'elicottero scendeva rapidamente verso il punto dove ha in seguito impattato."*

Übersetzung: *(Unmittelbar danach stieg er Richtung Seserjoch hinunter und trat aus meinem Sichtfeld. Wenige Augenblicke später sah ich ihn unter dem Kamm eine Sinkbewegung machen und danach verschwand er wieder aus meiner Sicht. Als er erneut in mein Sichtfeld kam, sah ich ihn die normale Aufstiegs spur überqueren. Aus dem Rumpf kam Rauch und der Helikopter sank sehr schnell in Richtung des Punktes wo er später aufprallte).*

- A2: *„Ho visto l'elicottero andare molto vicino al pendio di ghiaccio e urtarlo con il pattino destro. Mi trovavo a circa 100 m di distanza e non posso dare altri dettagli. L'elicottero ha subito girato verso ovest e l'ho visto perdere quota. In seguito è sparito alla mia vista dietro il plateau di neve e non ho visto l'impatto con il suolo. Ho avuto l'impressione che il traliccio di coda fosse piegato."*

Übersetzung: *(Ich sah wie der Helikopter sich stark am mit Eis bedeckten Gefälle näherte und gegen diesen mit der rechten Kufe prallte. Ich befand mich in circa 100 m Entfernung und kann keine weiteren Einzelheiten nennen. Der Helikopter drehte sich sofort Richtung Westen und ich sah wie er an Höhe verlor. Danach verschwand er hinten dem Schneeplateau aus meinem Sichtfeld und ich konnte den Aufschlag mit dem Boden nicht beobachten. Ich hatte den Eindruck, dass der Gitterrumpf gebogen war).*

- A3: *"In seguito l'ho visto spuntare da sud e volare con prua verso lo Zumstein, circa alla mia altezza, forse 50 m più in alto. A metà del Rivetto, a circa 20-30 m di distanza, ha eseguito un movimento brusco con la coda, che si è spostata verso destra. Contemporaneamente ha perso qualche metro di quota e ha urtato il ghiaccio con il pattino destro. Ho avuto l'impressione che avesse toccato anche la bequille ma non posso dirlo con precisione. Al momento dell'urto ho notato dei frammenti di ghiaccio schizzare via. Dopo l'urto ha girato leggermente verso est e ha planato in direzione Grenz. ... omissis ... Ad un certo punto è caduto praticamente in verticale. Ho udito la turbina funzionare e ho visto il rotore principale girare. Il pattino destro era deformato nella sua parte posteriore, mi è sembrato di vedere qualche cosa che pendeva da dietro la copertura del serbatoio e ho visto una scia chiara che usciva da dietro."*

Übersetzung: *(Danach sah ich ihn von Süden her kommen und in Richtung Zumstein fliegen, ungefähr auf meiner Höhe, vielleicht 50 m höher. In der Mitte des Eisfeldes, circa 20 bis 30 m von mir entfernt, führte er eine bruske Bewegung mit dem Rumpf aus, der sich nach rechts bewegte. Gleichzeitig verlor er einige Meter Höhe und prallte mit der rechten Kufe im Eisfeld. Ich hatte den Eindruck, dass er auch mit dem Heckrotorschutzbügel angeschlagen hatte, aber ich kann es nicht mit Sicherheit sagen. Im Augenblick der Berührung bemerkte ich einige Eisbruchstücke wegspringen. Nach der*

*Berührung drehte er leicht nach Osten und glitt in Richtung Grenz. ... (...) ... Plötzlich fiel er praktisch senkrecht runter. Ich hörte die Turbine laufen und sah den Hauptrotor drehen. Der hintere Teil der rechten Kufe war verformt und es schien mir, als hätte ich etwas hinter der Abdeckung des Treibstofftanks hängen sehen. Ich sah einen hellen Schweif, der von hinten austrat).*

- A4: *"Ho visto un elicottero arrivare dal ghiacciaio del Grenz e come al solito ho guardato. In seguito ho continuato a camminare. Per caso, quando ho nuovamente alzato gli occhi, l'ho visto muoversi leggermente a sud della capanna e l'ho visto picchiare contro il ghiaccio e muoversi in modo scomposto. In quel momento il muso dell'elicottero era rivolto verso Zermatt. Ha continuato scendendo lentamente poi è passato sopra di me, ha alzato leggermente il muso ed in seguito è caduto di botto da un'altezza di 20-30 m. Sentivo un sibilo ma mi è sembrato di udire un rumore discontinuo che non posso qualificare. Mi è sembrato che il traliccio fosse leggermente storto verso sinistra come se avesse preso un colpo da destra. Inoltre ho visto che lasciava una scia biancastra dietro di se."*

*Übersetzung: (Ich sah wie ein Helikopter vom Grenzgletscher herkam und ich schaute ihn wie üblich an. Danach setzte ich meinen Marsch fort. Als ich zufälligerweise wieder nach oben schaute, sah ich ihn sich leicht südlich der Hütte bewegen. Ich sah ihn gegen das Eis schlagen und sich danach in ungewöhnlicher Weise bewegen. Dabei schaute die Nase des Helikopters in Richtung Zermatt. Er setzte langsam sinkend sein Flug fort, ist über mich geflogen, hat die Nase leicht gehoben und ist plötzlich von einer Höhe von 20 bis 30 Meter runter gefallen. Ich hörte ein Zischen, aber ich glaube auch ein diskontinuierliches Geräusch zu hören, das ich nicht bezeichnen kann. Es schien mir, dass der Gitterrumpf leicht nach links geknickt sei, als ob er einen Schlag von rechts bekommen hätte. Dazu sah ich eine weissliche Spur hinter ihm).*

- A5: *Ho sentito arrivare l'elicottero e l'ho visto girare attorno alla capanna, un po' più in alto. In seguito l'ho visto arrivare da sud e abbassarsi molto velocemente. Mi è sembrato fuori dall'ordinario e ho pensato che andasse a schiantarsi. Ha eseguito una virata e si è abbassato verso il ghiacciaio del Grenz. Mentre l'osservavo ho visto che lasciava una scia bianca dietro di se, forse olio o cherosene. Ha continuato a scendere verso il ghiacciaio, poi si è fermato ed è precipitato in verticale. Durante la discesa girava normalmente (NdR il rotore), ma quando è caduto al suolo le pale erano ferme e non giravano più."*

*Übersetzung: (Ich hörte wie der Helikopter ankam und ich sah ihn leicht über die Hütte drehen. Danach sah ich ihn von Süden herkommen und sehr schnell sinken. Dies schien mir ungewöhnlich und ich dachte, dass er zerschellen würde. Er führte eine Kurve aus und sank in Richtung Grenzgletscher. Während ich ihn beobachtete, sah ich wie er eine weisse Spur hinter sich liess, möglicherweise Öl oder Kerosin. Er setzte seinen Sinkflug in Gletscherrichtung fort, stoppte und stürzte senkrecht hinunter. Während des Absinkens drehte er normal [Anmerkung BFU: der Rotor], aber als er zu Boden fiel, standen die Rotorblätter still und drehten nicht mehr).*

Der Helikopter stürzte beinahe senkrecht, leicht nach rechts geneigt flach auf den schneebedeckten Gletscher (siehe Anlage 2). Vier der fünf Insassen erlitten erhebliche Rückenverletzungen. Ein Insasse konnte aus dem Wrack aussteigen.

## 1.1.3 Alarmierung und Rettung

Der Heliport Zermatt, die Telefonnummer 118 und die italienische Wache in Alagna wurden sofort von mehreren Bergsteigern informiert.

Eine erste Rettungsequipe traf aus Italien mit einem Helikopter AB412 auf dem Unfallort ein, barg einen der Passagiere und flog diesen in das Spital von Aosta. Ein weiterer Helikopter aus Italien, ein Agusta 109, brachte einen Arzt und einen Bergführer zur Unfallstelle. Die kurz danach mit einem SA315, einem EC135 und zwei AS350 eintreffenden schweizerischen Rettungsmannschaften bargen die restlichen Verunfallten und überflogen diese nach Visp, Bern und Lausanne.

## 1.2 Personenschäden

	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
Tödlich verletzt	---	---	---
Erheblich verletzt	1	4	---
Leicht oder nicht verletzt	---	---	---

## 1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Schwer beschädigt.

## 1.4 Drittschaden

Keiner.

## 1.5 Angaben zu Personen

## 1.5.1 Pilot

Person	Schweizerbürger, Jahrgang 1971
Ausweis	Berufspilot CPL(H), ausgestellt durch das BAZL Ersterwerb am 20.06.2002, gültig bis 13.03.2005. Privatpiloten PPL(H), ausgestellt durch das BAZL Ersterwerb am 16.12.1997, gültig bis 13.03.2006.
Berechtigungen	RTI(VFR), NIT(H), MOU(H)
Eingetragene Flugzeugmuster	AL II, AS 350 Types, B 206/206L, R 22, SA 315B
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, ohne Einschränkungen
Letzte fliegerärztliche Untersuchung	19.02.2004

## 1.5.1.1 Flugerfahrung

Gesamthaft	2123:39	h
Auf dem Unfallmuster	403:36	h
Während der letzten 90 Tage	65:41	h
Davon auf dem Unfallmuster	48:21	h

## 1.5.2 Passagiere

Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1971, keine fliegerische Ausbildung.

Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1962, keine fliegerische Ausbildung.

Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1946, keine fliegerische Ausbildung.

Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1973, keine fliegerische Ausbildung.

**1.6 Angaben zum Luftfahrzeug**

Hersteller	Eurocopter France / Aérospatiale
Muster	SA 315B Lama
Charakteristik	5-plätziger Helikopter
Baujahr / Werknr.	1976 / 2445
Turbine	Turbomeca Artouste III B 1, S/N 2290
Rotorsystem	Hauptrotor mit 3 Blättern, Heckrotor mit 3 Blättern
Ausrüstung	Rettungswindenanlage – Aussenlasttransportanlage
Sauerstoffanlage	Es war kein Sauerstoffsystem an Bord des Helikopters vorhanden. Gemäss FOM Art. 7.8 war ein solches auch nicht vorgeschrieben.
Zulassungsbereich	Gewerbsmässig: VFR bei Tag Nicht Gewerbsmässig: VFR bei Tag und bei Nacht
Betriebsstunden	15 778 h
Masse und Schwerpunkt	Maximal zulässige Abflugmasse: 1950 kg Masse zum Unfallzeitpunkt: ca. 1790 kg Longitudinaler Schwerpunkt: ca. 2.8 m Beide Werte befanden sich innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen.
Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt am 06.06.1995
Unterhalt	Letzte 100 h Kontrolle an Zelle und Triebwerk bescheinigt am 16.05.2004 Letzte Tageskontrolle bescheinigt am 09.07.2004
Treibstoff Spezifikation	Jet A1
Treibstoff an Bord	ca. 170 l
Flugzeitreserve	Knapp 1 Std.

**1.7 Meteorologische Angaben**

## 1.7.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.7.2 und 1.7.3 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

## 1.7.2 Allgemeine Wetterlage

*Ein schwacher Hochdruckausläufer erstreckte sich vom Atlantik bis zu den Alpen. Vorerst wurde mit südwest-westlichen Höhenwinden noch feuchtkühle und labil geschichtete Luft in die Schweiz geführt. Im Verlaufe des Tages fand aber eine Abtrocknung statt.*

## 1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

*Wetter/Wolken 2-3/8 auf 6000 ft/AMSL, 2-3/8 auf 10 000 ft/AMSL, 2-3/8 auf 28 000 ft/AMSL*

*Sicht über 10 km*

*Wind siehe Tabelle*

*Temperatur/Taupunkt -10 °C / -30 °C, 0 °C Grenze auf 8500 ft/AMSL*

*Luftdruck QNH LSZH 1019 hPa, QNH LSZA 1012 hPa*

*Gefahren Mässige Turbulenzen, lokal wechselnde Windverhältnisse möglich*

*Sonnenstand Azimut: 113° Höhe: 50°*

*Messungen um 08:50 UTC:*

<i>Station</i>	<i>Höhe m/M</i>	<i>Höhe Ft/AMSL</i>	<i>Temp.</i>	<i>Taupkt.</i>	<i>Wind- richtung</i>	<i>Windge- schwind.</i>	<i>Wind- spitzen</i>
<i>Gornergrat</i>	<i>3130</i>	<i>10'629</i>	<i>-01</i>	<i>-03</i>	<i>W</i>	<i>2-3 kt</i>	<i>6-7 kt</i>
<i>Diablerets</i>	<i>2966</i>	<i>9'731</i>	<i>-04</i>	<i>-05</i>	<i>WSW</i>	<i>4-8 kt</i>	<i>14-18 kt</i>
<i>Eggishorn</i>	<i>2893</i>	<i>9'491</i>	<i>-03</i>	<i>-03</i>	<i>ESE</i>	<i>5 kt</i>	<i>8 kt</i>
<i>Gr.St.Bernh.</i>	<i>2472</i>	<i>8'110</i>	<i>+00</i>	<i>-00</i>	<i>E</i>	<i>4-11 kt</i>	<i>11-15 kt</i>

*Windwerte auf 4500 m/M in der freien Atmosphäre gemäss Radiosondagen*

<i>Payerne 00 UTC</i>	<i>SW 25 kt</i>	<i>Milano 00 UTC</i>	<i>WSW 30 kt</i>
<i>Payerne 12 UTC</i>	<i>W 25 kt</i>	<i>Milano 12 UTC</i>	<i>W 30 kt</i>

Lokale Winde am Unfallort:

Nach Angaben von MeteoSchweiz wehte der Wind auf 4500 m/M in der freien Atmosphäre aus West bis Südwest.

Die Augenzeugen, welche die Region gut kannten und sich in unmittelbarer Nähe des Unfallortes befanden, sprachen von einem lokalen Wind aus Nordwesten (siehe 1.7.4). Über der Bergkante bildeten sich Windverwirbelungen und Windscherungen.

#### 1.7.4 Wetter gemäss Augenzeugenaussagen

A1: *"Nella zona dove volava l'elicottero, la visibilità era ottima, mentre sul versante italiano vi era una certa nuvolosità. Vi era un vento da Nord-Ovest che soffiava in modo costante a 55-60 km/h come dagli anemometri in mio possesso."*

Übersetzung: *(Im Raum wo der Helikopter flog, war die Sicht ausgezeichnet, auf der italienischen Seite hingegen gab es eine gewisse Bewölkung. Meine Windmesser zeigten einen konstanten Nord-West Wind mit 55-60 km/h an).*

A2: *"Stimavo il vento da una direzione generale da Nord-Ovest con forza variabile e alcune raffiche. Abbiamo avuto occasione di volare sovente nell'ambito del soccorso alpino e reputo che la situazione del momento fosse difficile per l'avvicinamento e l'atterraggio."*

Übersetzung: *(Ich schätzte den Wind generell aus Nordwesten mit veränderlicher Geschwindigkeit und einigen Böen. Während Einsätzen als Bergretter hatten wir häufig die Gelegenheit zu fliegen und ich schätze, dass die momentanen Verhältnisse für Anflug und Landung schwierig waren).*

A3: *Il vento era "... abbastanza forte, con raffiche irregolari e punte da 50 a 70 km/h."*

Übersetzung: *(Der Wind war ... ziemlich stark, mit unregelmässigen Böen und Spitzen von 50 bis 70 km/h).*

A4: *"Mi trovavo in una zona abbastanza riparata. Il vento era continuo e non troppo forte."*

Übersetzung: *(Ich befand mich in einer ziemlich geschützten Gegend. Der Wind war konstant und nicht zu stark).*

A6: Dieser Pilot überflog die Margherita-Hütte um 11:07 h.

*"Io sono decollato da Aosta alle 11:05 e dopo circa 12 minuti ero in zona, sbarcavo il medico e la guida alpina, mi allontanavo in quanto un primo infornuto era pronto ad essere imbarcato dal AB412 decollato prima di me. Durante questa fase di attesa circuitavo in zona ed ho effettuato un'orbita anche nei pressi della capanna. In quel momento il vento era intorno ai 15-20 kts proveniente da nord-ovest. Visibilità ottima. La zona ad est della capanna era completamente coperta da un mare di nubi da sollevamento, la Valsesia era dunque non visibile. Detta copertura, tipica di questa stagione e ora, arrivava ai piedi della capanna e lambiva i colli Sesia e Gnifetti. Sorvolando detta zona ho notato una notevole turbolenza che associata al vento mi impegnava a controllare l'elicottero (A109) con qualche difficoltà."*

Übersetzung: *(Ich bin um 11:05 Uhr in Aosta gestartet und traf ca. 12 Minuten später in der Gegend ein, liess den Arzt und den Bergführer aussteigen und ich entfernte mich, da ein erster Verletzter bereit war um in der vor mir gelandeten AB412 eingeladen zu werden. Während dieser Wartephase kreiste ich in der Umgebung und ich flog auch in der Nähe der Hütte. Bei dieser Gelegenheit blies der Wind von Nordwesten mit ca. 15 bis*

*20 kts. Die Sicht war ausgezeichnet. Die Zone östlich der Hütte war vollständig mit Wolken bedeckt, das Valsesia war also nicht sichtbar. Diese Wolkendecke, typisch für diese Jahres- und Tageszeit, reichte bis unter die Hütte und berührte das Seserjoch und die Signalkuppe. Beim überfliegen dieser Zone bemerkte ich eine bemerkenswerte Turbulenz, welche mit dem Wind gekoppelt mich bei der Führung des Helikopters (A109) stark beschäftigte."*

A7: Ein Rettungspilot, der 35 bis 40 Minuten nach dem Unfall am Unfallort, d.h. bei der Endlage des Wracks auf dem Gletscher gelandet ist, sagte: *„Beim Landeplatz war praktisch kein Wind und ich hatte keine weiteren Probleme.“*

## **1.8 Navigationshilfen**

Nicht betroffen.

## **1.9 Kommunikation**

Es fand kein Funkverkehr statt.

## **1.10 Angaben zum Flughafen**

Nicht betroffen.

## **1.11 Flugschreiber**

Nicht vorgeschrieben und nicht eingebaut.

## **1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle**

### **1.12.1 Wrack**

Der Helikopter stürzte praktisch in einer senkrechten Flugbahn mit leichter Querlage nach rechts ab. Die Wucht des Aufschlags liess den Helikopter einen Meter tief in den weichen Schnee einsinken. Das Wrack war nach Westen ausgerichtet.

Die rechte Kufe war stark nach oben gebogen. Die Rotorblätter waren verhältnismässig wenig beschädigt. Das blaue Rotorblatt war im Rumpfgestell eingeklemmt.

Die Rettungswinde hatte sich von ihrer Befestigung gelöst und wurde auf dem Pilotensitz gefunden.

Ungefähr 270 m von der Unfallstelle entfernt wurde ein Heckrotorblatt gefunden. Auf diesem Blatt wurden graue Farbspuren gefunden. Diese stammten von der Oberfläche der Heckrotorantriebswelle. Die Heckrotorantriebswelle wurde nicht mehr gefunden.



Abb.1: Heckrotor und fehlende Heckrotorantriebswelle.

#### 1.12.2 Unfallstelle

Der vorgesehene Landeplatz der Regina-Margheritahütte befand sich auf 4554 m/M und hatte zu jener Zeit eine Länge von ca. 12 m in Richtung E-W und eine Breite von ca. 8 m in Richtung S-N.

Der Pilot kannte den Landeplatz und war schon öfters dort gelandet.

Der Helikopter kollidierte zuerst mit einem Eisfeld an der Bergkante. Anschließend stürzte er ca. 500 m in west-nordwestlicher Richtung auf den 100 m tiefer gelegenen Grenzgletscher.

Geschätzte Koordinaten der Aufprallstelle: 633 788 / 86 025 4420 m/M

Koordinaten der Unfallstelle: 633 313 / 86 250 4320 m/M

Blatt Nr. 1348 der Landeskarte der Schweiz 1:25 000 Zermatt

#### 1.13 Medizinische Feststellungen

Die Blutuntersuchung des Piloten zeigte keine Spuren von Alkohol, Arzneimittel oder Drogen.

Pilot und Passagiere wurden durch den Aufprall schwer verletzt, unter anderem erlitten sie erhebliche Rückenverletzungen. Der Pilot erlitt zusätzlich eine Hirnerschütterung, die eine retrograde Amnesie zur Folge hatte.

Die Verletzungen des Piloten und der Passagiere waren direkte Folgen des Absturzes.

#### 1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

## 1.15 Überlebensaspekte

Im südöstlichen Hang der Zumsteinspitze hatten sich einige Meter Schnee angesammelt. Dieser Schnee dämpfte den Aufprall des Helikopters.

Die Rettungswinde drang in die Kabine ein. Der Pilot trug einen Helm, der ihn vor grösseren Kopfverletzungen schützte.

## 1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

Das Wrack des Helikopters wurde untersucht. Es konnten keine Defekte gefunden werden, welche auf eine mögliche technische Unfallursache hingedeutet hätten.

### 1.16.1 Untersuchung des Triebwerkes

Das Triebwerk wurde inklusive der dazugehörigen Geräte demontiert und untersucht.

Die Turbine liess sich von Hand ohne schwergängige Stellen und ohne Geräusche durchdrehen. Anlässlich einer Endoskopie wurde nichts Aussergewöhnliches festgestellt. Insbesondere konnten keine Schäden, wie Verformungen, Verfärbungen oder Abbrand nachgewiesen werden. Auf der Prüfbank konnte die korrekte Funktion des Triebwerkes nachgewiesen werden. Es wurden eine Leistungsmessung, sowie diverse Tests mit Drehzahl- und Laständerungen durchgeführt.

Das Triebwerk lieferte die geforderte Leistung in allen Bereichen. Aus diesem Resultat lässt sich schliessen, dass die Förderleistung der Hochdruckpumpe genügend war. Auch bei schnellen und grossen Laständerungen (Drehmoment Änderungen) stabilisierte der Regler die Drehzahl sofort und innerhalb der Toleranzen. Die Vibrationen lagen während des gesamten Prüflaufes immer unterhalb des maximal zulässigen Wertes.

### 1.16.2 Untersuchung am Treibstoffsystem

Das triebwerkseitige Treibstoffsystem war bis auf die Verformung von gewissen Leitungen und Kontroll-Stangen (Leistungshebel) unterhalb des Triebwerkes, welche auf den Aufprall bzw. die Bergung zurückzuführen war, intakt.

Die Untersuchung des zellenseitigen Treibstoffsystems gestaltete sich als schwierig, da bei der Bergung sämtliche Leitungen durchgetrennt wurden. Es gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass vor dem Aufprall technische Mängel bestanden haben.

Aufgefallen war der durchtrennte Treibstoffleitungsanschluss bei der Quellenpumpe. Beim ersten Aufschlag auf dem Eisfeld wurde die rechte Kufe deformiert und der *cargo-swing* nach oben beschleunigt. Das Schutzblech über den *cargo-swing* wurde gegen den Treibstoffleitungsanschluss bei der Quellenpumpe geschlagen und durchtrennte diesen. Daraufhin förderte die Quellenpumpe den Treibstoff ins Freie (siehe Anlage 3).

Die Durchtrennung der Treibstoffleitung führt unweigerlich zum vollständigen Leistungsverlust des Triebwerkes.

Um die Zeit zwischen Durchtrennung der Treibstoffleitung im Bereich des Quellenpumpen-Anschlusses und dem vollständigen Leistungsverlust bei hohem Leistungsbedarf zu bestimmen, wurde ein Versuch an einem Rotorblattprüfstand für Alouette III durchgeführt. Dieser bestand aus einer Konstruktion mit einem

Hauptgerüst, einem Hauptgetriebe, einem Triebwerk Artouste IIIB und einem Rotorsystem. Triebwerk und Rotor wurden auf Nenndrehzahl beschleunigt und die kollektive Blattverstellung auf 0.9 erhöht. Daraufhin wurde die Treibstoffleitung beim Quellenpumpen-Anschluss getrennt und die Zeit bis zum Verlöschen des Triebwerkes gemessen. Aus der Quellenpumpe strömte eine grosse Menge Treibstoff ins Freie. Nach sechs Sekunden stellte das Triebwerk ab. Bei diesem Versuch konnte die Dichtehöhe und das Gesamtgewicht des Helikopters, welche einen direkten Einfluss auf den Treibstoffverbrauch haben, nicht berücksichtigt werden. Der Treibstoffverbrauch während dem Versuch war deshalb höher als während des Unfalls. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die ermittelten 6 Sekunden der minimalen Zeit entsprechen, welche bis zum völligen Leistungsverlust verstrich.

Zusätzlich zum beschriebenen Versuch wurde die Zeit bis zum völligen Leistungsverlust des Triebwerkes rechnerisch bestimmt. Es wurde ein durchschnittlicher Treibstoffverbrauch von 172 l/h und eine verbleibende Treibstoffmenge im Leitungssystem des Helikopters von 0.63 Liter angenommen. Die Berechnung ergab etwa 13 Sekunden bis zum völligen Leistungsverlust des Triebwerkes. Zur Berechnung konnte der effektive Treibstoffverbrauch (evtl. zu tief) und der ausfliegbare Treibstoff (die verbleibende Menge im Filter ist nicht genau bekannt und ein Teil des Treibstoffes könnte aus der Bruchstelle ausgelaufen sein) nicht eindeutig bestimmt werden. Es kann daher angenommen werden, dass die errechneten 13 Sekunden der maximalen Zeit entsprechen, welche bis zum vollständigen Leistungsverlust hätten verstreichen können.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Zeit vom ersten Aufprall bis zum völligen Leistungsverlust des Triebwerkes zwischen 6 und 13 Sekunden lag.

### **1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung**

Keine Angaben.

### **1.18 Zusätzliche Angaben**

#### **1.18.1 Flugvorbereitung**

Es konnte nicht eindeutig festgestellt werden, wie und durch wen die Flugvorbereitung gemacht wurde.

Nach Aussagen des Piloten wurden die Meteoabklärungen mit Hilfe von *livecam* und Internet um 08:30 Uhr von ihm selber gemacht. Er konnte die örtlichen Windverhältnisse nicht genau einschätzen. Weiter beurteilte er die Wetterverhältnisse als insgesamt gut. Die Betankung bis auf eine Totalmenge von 200 l und die Bereitstellung des Helikopters für den Flug zur Margherita-Hütte wurde von einem Mechaniker durchgeführt.

Nach Aussage des Piloten wurde ihm die Berechnung der Masse und der Schwerpunktslage von einem Vertreter des Flugbetriebsunternehmens ausgehändigt.

Nach Angaben des Einsatzleiters wurde die Berechnung der Masse und der Schwerpunktslage vom Piloten selber durchgeführt.

Auf der Unfallstelle konnten keine Dokumente betreffend Masse, Schwerpunkt und Leistungsberechnung sichergestellt werden.

Der Hüttenwart der Margherita-Hütte und der Einsatzleiter hatten mindestens zweimal telephonischen Kontakt und diskutierten dabei über die Windverhältnisse.

Hüttenwart: *„Sì, ho detto che vi era vento teso da ovest con una forza di circa 60 km/h. Ho pure avvertito il mio interlocutore che un elicottero civile italiano aveva dovuto prestare molta attenzione al vento.“*

*"Fino al momento dell'incidente, era piuttosto forte ma regolare. In seguito la forza è diminuita. Era comunque un vento atipico per la nostra regione."*

Übersetzung: Ja, ich sagte, dass ein circa 60 km/h starker Westwind herrschte. Ausserdem habe ich meinem Gesprächspartner mitgeteilt, dass ein italienischer Zivilhelikopter aufgrund des Windes sehr aufpassen musste.

Bis zur Unfallzeit war er ziemlich stark aber regelmässig. Nachher ist er schwächer geworden. Es handelte sich um einen für unsere Region atypischen Wind.

Einsatzleiter: *„Ja, ich selber und zwar zweimal (am Telefon). Die Person, die geantwortet hat, sagte mir es hätte Wind, jedoch hätte ein italienischer Helikopter Material von Italien zur Capanna Margherita transportiert. Beim zweiten Telefonanruf sagte mir dieselbe Person, dass der Wind etwas nachgelassen hätte.“*

Die Aussagen beider Gesprächspartner waren nicht übereinstimmend bezüglich der Windstärke. Nach Aussage des Einsatzleiters gab er diese Information dem Piloten weiter.

Eine Schätzung der Gesamtmasse des Helikopters zur Zeit des Unfalles ergab ungefähr 1790 kg. Bei den herrschenden Verhältnissen wäre der Helikopter bei einer Landung ausserhalb des Bodeneffektes laut Flughandbuch bis auf eine Druckhöhe von ca. 5100 m/M innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen geblieben.

#### 1.18.2 Limitationen gemäss Flughandbuch

Die maximale Seiten- oder Rückenwindkomponente war im Betriebshandbuch des Helikopters AS 315B Lama mit 32 km/h (18 kt) beschrieben.

Die maximale erlaubte Masse im Schwebeflug ausserhalb des Bodeneffektes (HOGE) beträgt 1890 kg.

## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

#### 2.1.1 Triebwerk

Die Durchtrennung der Treibstoffleitung bei der Quellenpumpe erfolgte beim Aufschlag des Helikopters auf dem Eisfeld. Dieses Ereignis war für den Piloten vorerst nicht erkennbar, weil das Triebwerk höchstwahrscheinlich noch während 6 bis 13 Sekunden Leistung abgab.

Mangels einer akustischen Warnung für einen Triebwerkausfall ist ein solcher nur mit einem aktiven *scanning* oder indirekt durch den Abfall der Hauptrotordrehzahl zu erkennen. Die verbleibende Reaktionszeit zur Einleitung einer Autorotation ist sehr kurz.

#### 2.1.2 Heckrotor

Der Unfallhergang deutet darauf hin, dass sich der Heckrotor erst einige Sekunden nach dem ersten Aufprall vom Helikopter getrennt hat. Diese Annahme erhärtet sich aufgrund der Beobachtungen der Zeugen, welche während der Zeit, in welcher das Triebwerk noch Leistung abgab, keine Drehung des Helikopters um die Hochachse beobachtet haben.

#### 2.1.3 Autorotation

Der Beschädigungsgrad der Hauptrotorblätter und die Aufschlagspuren, welche eine dominante vertikale Komponente aufwiesen, lassen den Schluss zu, dass in der Endphase die Rotordrehzahl deutlich unter dem kritischen Bereich für eine Autorotation lag.

Abb. 2:  
Rotorblatt  
im Rumpf eingeklemmt



## 2.2 Meteorologische Aspekte

### 2.2.1 Allgemeine Lage

Mit einer lebhaften Westsüdwestströmung erreichte in der Nacht auf den 10. Juli 2004 frische Polarluft vom Atlantik die Alpen. Nördlich des Alpenkamms baute sich ein Hochdruckausläufer aus. Der Druckanstieg verstärkte im Wallis den Talwind. Auf 4500 m/M wehte der Wind mit rund 25 kt aus West-Südwest. Rückseitenwetter und intensive Sonneneinstrahlung lassen im Talkessel von Zermatt auf annähernd trockenadiabatische Schichtung schliessen. Das bedeutete, dass die Strömung weitgehend dem Terrain folgte.

### 2.2.2 Vertikale Temperaturverteilung

Entgegen der während der Sommermonate im Gebirge regelmässig auftretenden positiven Abweichungen von der ISA, entsprach die vertikale Temperaturverteilung im Fall des 10. Juli 2004 annähernd Standardbedingungen. Der Offset auf 4500 m/M betrug lediglich +1K. Ursache dafür sind der Polarluftvorstoss und die für die Jahreszeit zu kühle Witterung. Die negative Abweichung gegenüber dem langjährigen Mittelwert betrug auf 3000 Metern rund 8K.

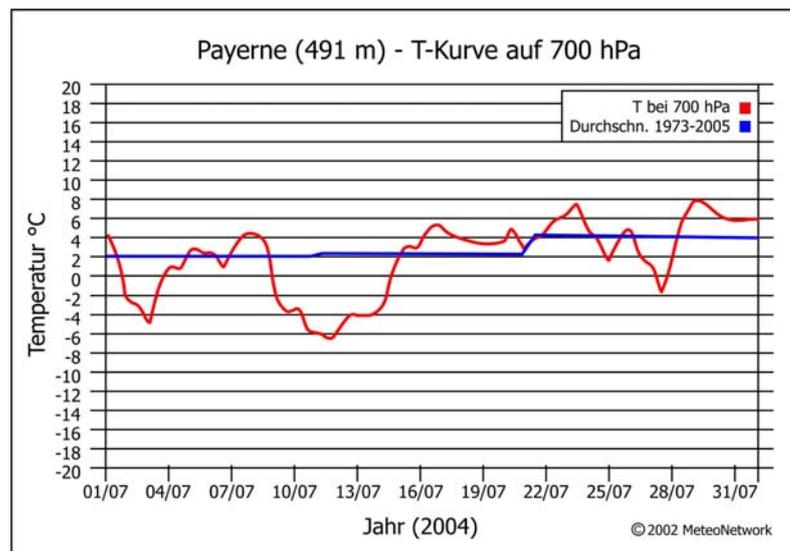


Abb. 3: Radiosondenaufstiege über Payerne (06610). Temperaturverlauf auf 700 hPa (rund 3000 m/M). Deutlich zu erkennen ist der Kälteeinbruch zwischen 8. und 14. Juli 2004. Die Temperatur lag am 10. Juli rund 8K unter dem langjährigen Mittelwert.

### 2.2.3 Wind im Talkessel von Zermatt

Die einfließenden Polarluft sorgte am Vormittag für einen konstanten Druckanstieg. Dieser akzentuierte das Druckgefälle zwischen Genfersee und Sion, sowie zwischen Sion und Zermatt. Dadurch erfuhr der Talwind eine zusätzliche Verstärkung. Intensive Sonneneinstrahlung und Talwind dürften in Bodennähe dominiert haben. Höher gelegene Standorte, wie zum Beispiel die ENET Station Gornergrat, verzeichneten vergleichsweise schwachen Wind aus WSW (3 kt, Böen bis 7 kt). Oberhalb von rund 3500 m/M erfolgte im Verlauf des Vormittags eine Erwärmung, die sich aus Absinken (Subsidenz) und aus der Zufuhr von wärmerer Luft zusammensetzte. Diese Erwärmung führte auf 3500 m/M im Verlauf des Vormittags zu einer Inversion. Es erstaunt daher nicht, dass am Gornergrat nur schwa-

cher Wind verzeichnet wurde. Die lokale Thermik wurde durch die zunehmende Stabilität gedämpft. Gleichzeitig minderte die Inversion den vertikalen Impulsaustausch.

Die grossräumige Anströmung des Gipfelkranzes zwischen Matterhorn und Dufourspitze erfolgte aus WSW. Die Windverhältnisse entlang des Anflugweges über den Grenzgletscher wurden bestimmt aus einer Kombination von grossräumiger Windrichtung, lokaler Kanalisierung und absinkender Luft infolge Lee-Effektes entlang des Liskamms und der Parrotspitze.

#### 2.2.4 Wind in der Umgebung der Signalkuppe

Der Helikopter folgte im Anflug auf das Rifugio Regina Margherita dem Grenzgletscher. Dieser wird im obersten Abschnitt durch den Liskamm gesäumt, der quer zum herrschenden Höhenwind verläuft. Es ist wahrscheinlich, dass der Pilot bereits bei der Annäherung zur Signalkuppe wegen der seitlichen Abwinde vermindertes Steigen verspürte.

Der erste Bodenkontakt erfolgte exakt an der Geländerippe der Punta Gnifetti, an der sich die grossräumige Strömung teilte. Der eine Ast verlief parallel zur Topographie der Signalkuppe. Der andere Ast führte über das Seserjoch. Senken entlang eines Gebirgskamms wirken immer als Winddüsen - *gap flow*. Divergierende Strömung verursacht aus Gründen der Massenerhaltung Absinken. An der Punta Gnifetti verstärkte die Düsenwirkung des Seserjochs die Divergenz und damit das lokale Absinken.

Dieses Absinken scheint durch die Zeugenaussage von Passagier P2 (hinten rechts) bestätigt: *"Auch konnte ich keinen Einfluss von aussen wie starker Wind oder böenartige Windstösse ausmachen. Der Helikopter befand sich immer noch im Sinkflug und der Boden kam immer näher..."*.

Passagier P1 (vorne links) äussert sich präzise zur Lokalität, wo das Sinken am ausgeprägtesten einsetzte: *"Als der Pilot den Grat rechts der Hütte anfliegen wollte, auf der flachen Seite, hatte ich den Eindruck, als fielen wir in ein Luftloch...."*. Der Passagier bestätigt damit die durch den *gap flow* über das Seserjoch ausgelösten Abwinde just über jener Stelle, wo sich die Strömung in zwei Äste teilte.

Um 12:00 UTC haben die Radiosonden von Payerne und Mailand einen Westwind von 25 resp. 30 kt gemessen. Bei Windgeschwindigkeiten von über 20 kt ist in gebirgigem Gelände in Bodennähe erfahrungsgemäss mit starker Turbulenz zu rechnen. Die aus Westen gegen das Monte Rosa Massiv anströmende Luft wurde über dem Grenzgletscher zwischen Liskamm und Zumsteinspitze etwas kanalisiert, was eine Ablenkung auf West/Nordwest zur Folge hatte. Das Gebiet um die Punta Gnifetti wurde daher wahrscheinlich aus West/Nordwest angeströmt. In der Strömung eingelagerte Wirbel bewirkten einen raschen Wechsel zwischen kleinräumigen Auf- und Abwindzonen. In Bodennähe war deshalb starke Turbulenz zu erwarten. Die starke Böigkeit des Windes bei der ersten Aufschlagstelle wird durch die Beobachtung des Bergführers A3 bestätigt.

#### 2.2.5 Schlussfolgerung

Der erste Aufprall des Helikopters ist mit grosser Wahrscheinlichkeit durch Abwinde ausgelöst worden, die aus Gründen der Massenerhaltung über dem *flow split* eintraten. Mit *flow split* ist die Teilung der Luftströmung an einem Hindernis gemeint. Der *flow split* wurde durch die Signalkuppe und den *gap flow* über dem

Seserjoch akzentuiert. Die Gefahr ist durch keine Anzeichen im Gelände ersichtlich. Sie ist nur durch Kenntnisse der Wirkungsweise von *flow split* und *gap flow* frühzeitig und qualitativ zu erkennen.

### 2.3 Menschliche und betriebliche Aspekte

In der Region des Gornergletschers war das Wetter an diesem Tag sonnig. Bei der Margherita-Hütte wehte aber ein Wind bis zu 60 km/h. Die Bergkante vom Seserjoch zur Hütte bildet die Grenze zwischen der Schweiz und Italien. Auf der westlichen Seite war der Himmel klar, auf der östlichen und italienischen Seite herrschte eine starke Wolkenbildung vor mit Leeverwirbelungen und Windscherungen.

Nach Angaben von MeteoSchweiz wehte der allgemeine Wind in der relevanten Höhe aus West bis Südwest. Die Augenzeugen, welche die Region gut kannten und sich in unmittelbarer Nähe des Unfallortes befanden, sprachen von einem lokalen Wind aus Nordwesten. Nach Angabe eines italienischen Helikopterpiloten, welcher die Region unmittelbar nach dem Unfall überflogen hat, bildeten sich über der Bergkante Windverwirbelungen und Windscherungen.

Bei einer West-Südwest Windlage wird normalerweise eine Anflugroute von Norden bevorzugt (Route 1, Anlage 1). Die vom Piloten gewählte Anflugroute von Südwest (Route 2, Anlage 1) wird eher bei Nord-Nordwest Windlage geflogen.

Der Helikopter flog zuerst westlich der Hütte von Süden nach Norden. Neben der Hütte standen zwei Fahnen, welche stark im Wind flatterten. Der Pilot hat die Anflugsrichtung wahrscheinlich anhand der von den Fahnen angezeigten Windrichtung im Moment des Vorbeiflugs gewählt. Zudem muss angenommen werden, dass der Pilot den starken Wind auch fühlen konnte.

Die vorherrschenden Windverhältnisse und der Betrieb des Helikopters an der Leistungslimite liessen wenig Handlungsspielraum.

Eine umfassende Lagebeurteilung und Risikoanalyse ist anspruchsvoll, aber zwingend notwendig. Durchstartmöglichkeiten und Leistungsreserven versus Umwelteinflüsse müssen kritisch in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.

In der Flugplanung muss dem Informationsprozess grosse Bedeutung zukommen. Der verantwortliche Pilot ist der Entscheidungsträger für alle flugrelevanten Entscheidungen. Verfügbare Wahrnehmungen und Einschätzungen von Dritten, wie zum Beispiel dem Hüttenwart, sollten dem Piloten übermittelt werden.

Wie weit sich der Pilot vor dem Flug der möglichen Schwierigkeiten bewusst war und demzufolge unter höherem Stress stand, muss offen bleiben. Zumindest bemerkenswert erscheint die Tatsache, dass beim Einsteigen vor dem Flug keine Besprechung zwischen Pilot und seinen Passagieren stattgefunden hat.

Auch höhenakklimatisierte Personen weisen im Höhenbereich, in welchem der zum Unfall führende Anflug stattfand, eine verminderte mentale Leistungsfähigkeit (*hypoxia*) auf. Wie gross der Einfluss des Sauerstoffmangels auf das Unfallgeschehen war, muss offen bleiben. Bei Flügen über 13 000 ft oder 4000 m/M sollte grundsätzlich zusätzlicher Sauerstoff benutzt werden.

### 3 Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

- Der Pilot besass einen Ausweis für Berufspiloten (Kat. Helikopter).
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen des Piloten vor.
- Der Helikopter war zum Verkehr zugelassen. Seine Gesamtmasse im Moment des Unfalles betrug ca. 1790 kg. Der Helikopter hätte noch bis zu einer Masse von ca. 1890 kg ausserhalb des Bodeneffekts (HOGE) schweben können.
- Masse und Schwerpunkt lagen innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen.
- Es liegen keine Hinweise für technische Mängel, welche zum Unfall beigetragen haben könnten, vor.
- Der Landeplatz befand sich auf 4554 m/M und war ca. 12 m lang und ca. 8 m breit.
- Der Pilot kannte den Landeplatz und war schon öfters dort gelandet.
- Die Aussentemperatur betrug ca. -10 °C und die Dichtehöhe ca. 4673 m/M.
- Das Gebiet um die Punta Gnifetti wurde aus Richtung West/Nordwest angeströmt, die Windgeschwindigkeit betrug 25 bis 30 kt (46 bis 55 km/h). In der Strömung eingelagerte Wirbel bewirkten einen raschen Wechsel zwischen kleinräumigen Auf- und Abwindzonen.
- Der Hüttenwart hatte die Information über die Windverhältnisse dem Flugdienstleiter in Zermatt durchgegeben. Ob diese Information an den Helikopterpiloten weitergegeben wurde, konnte nicht eindeutig abgeklärt werden.
- Es war kein Sauerstoffsystem an Bord des Helikopters vorhanden. Gemäss FOM Art. 7.8 war ein solches auch nicht vorgeschrieben.

#### 3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf einen Kontrollverlust über den Helikopter zurückzuführen. Bei der ersten Kollision mit dem Gelände wurde der Helikopter derart beschädigt, dass das Triebwerk ausfiel.

Zum Unfall hat beigetragen:

- Betrieb des Helikopters an der Leistungslimite unter schwierigen Umweltbedingungen.

Bern, 6. September 2007

Büro für Flugunfalluntersuchungen

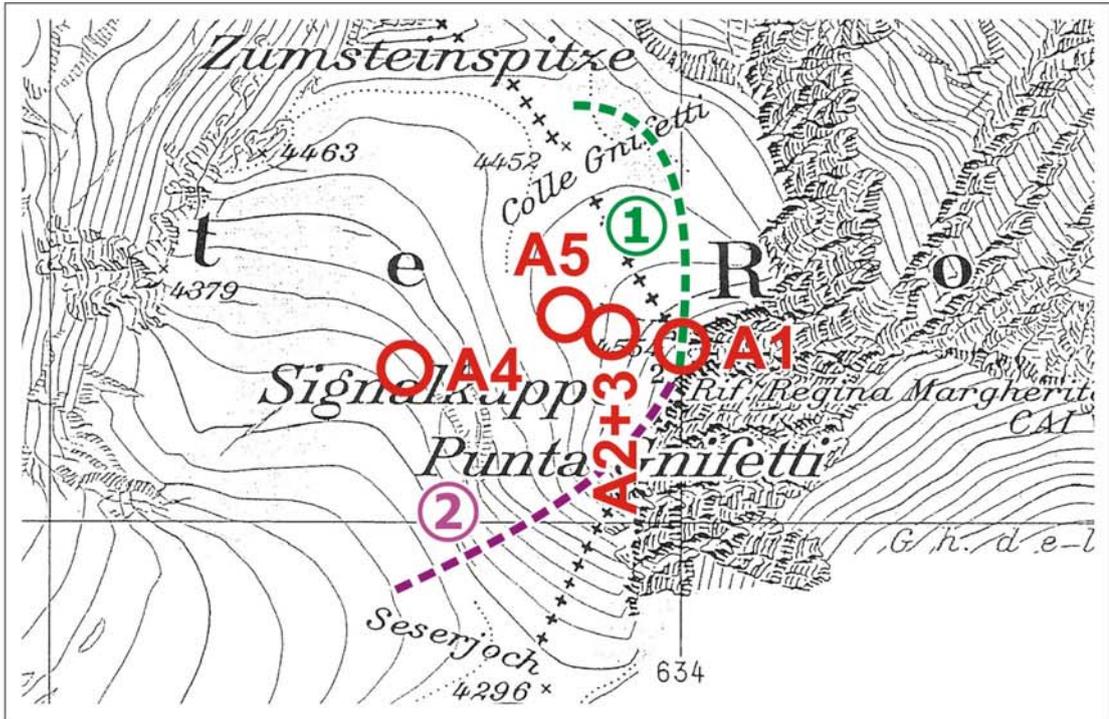
Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des BFU über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Anhang 13 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 künftiger Unfälle oder schwerer Vorfälle. 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.

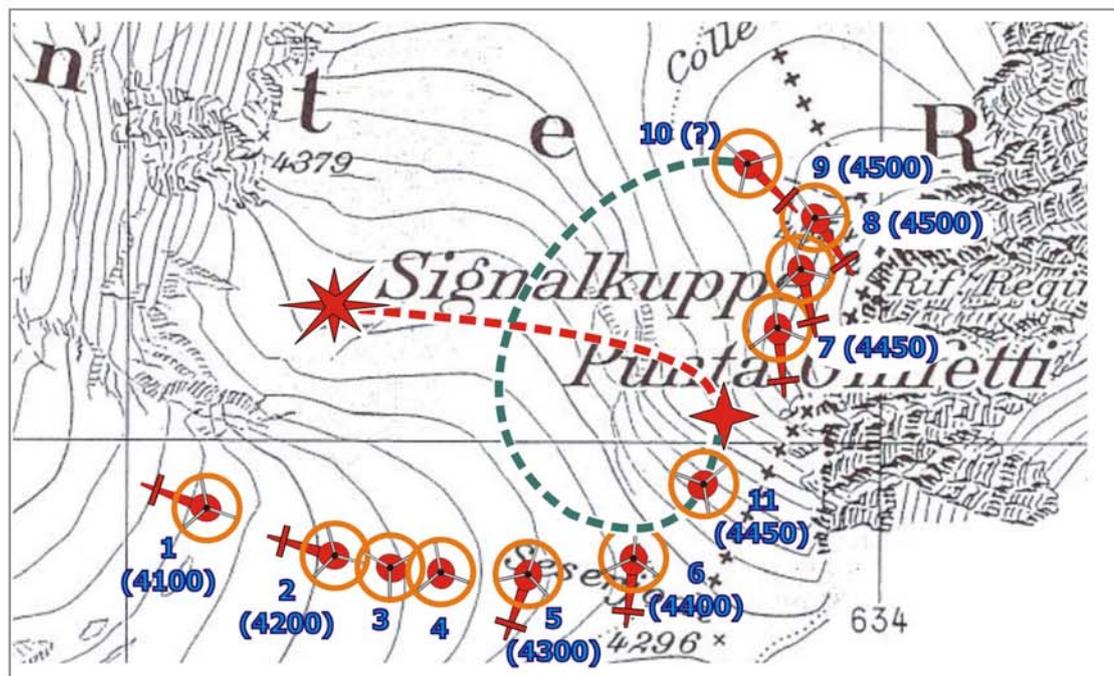
Anlagen

Anlage 1



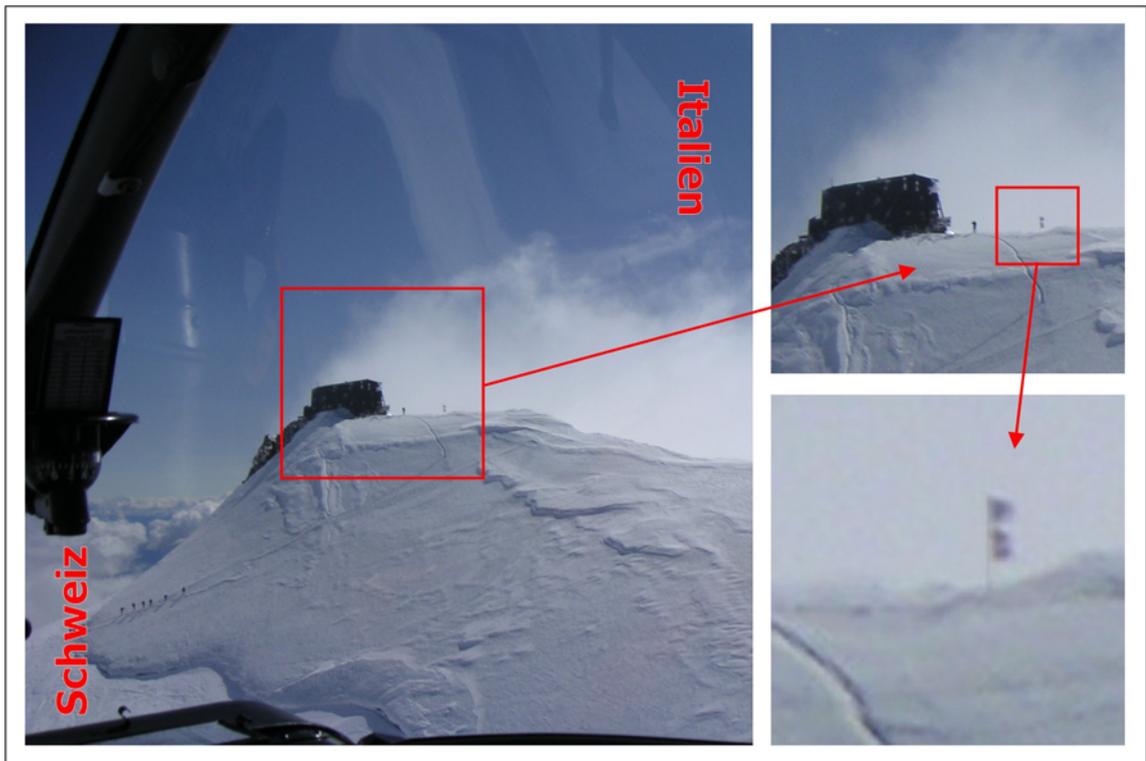
- ① Theoretischer Anflug bei West- Südwestwind
- ② Theoretischer Anflug bei Nord- Nordwestwind

OA1-5 Augenzeugen



- Wahrscheinliche Lage des Helikopters
- Vermutlicher Flugweg zwischen Foto 10 und Foto 11
- Flugweg zwischen ersten Aufprall und Endlage
- Ersten Aufprall
- Endlage
- 1-11** Fotos 1 bis 10 zwischen 10:54 und 10:55 Uhr - Foto 11 um 10:56 Uhr (mit Höhenangaben)

Anlage 2



Windrichtung um 10:55 Uhr



Endlage des Helikopters

## Anlage 3

*Cargo-swing* und durchgetrennter Treibstoffleitungsanschluss bei der Quellenpumpe

