



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

Schlussbericht Nr. 2334 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des
Flugzeuges Aero AT-3, HB-SRC,
in Zusammenhang mit dem
Helikopter Robinson R66, HB-ZOK,

vom 12. August 2016

Flughafen Bern (LSZB)

Causes

L'incident grave, lors duquel la chute d'un avion léger a été évitée de justesse suite à une perte de contrôle, est dû au vol de ce dernier dans les turbulences de sillage d'un hélicoptère.

Le manque de conscience du danger relatif aux turbulences de sillage d'un hélicoptère, tant de la part du contrôle du trafic aérien que de l'équipage de conduite, a été déterminé comme causal.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Artikel 3.1 der 10. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

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

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in der für das Gebiet der Schweiz gültigen Normalzeit (*Local Time* – LT) angegeben, die zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Zusammenfassung

Luftfahrzeug 1	Aero AT-3			HB-SRC
Halter	Alp-Aircraft GmbH, 3123 Belp			
Eigentümer	Alp-Aircraft GmbH, 3123 Belp			
Fluglehrer	Schweizer Bürger, Jahrgang 1957			
Ausweis	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane</i> – CPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)			
Flugstunden	insgesamt	2086 h	während der letzten 90 Tage	106 h
	auf dem Vorfallmuster	555 h	während der letzten 90 Tage	46 h
Flugschülerin	Schweizer Bürgerin, Jahrgang 1971			
Ausweis	Keiner			
Flugstunden	insgesamt	11 h	während der letzten 90 Tage	11 h
	auf dem Vorfallmuster	11 h	während der letzten 90 Tage	11 h
Betriebsart	Schulung			
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules</i> – VFR)			
Startort	Flughafen Bern (LSZB)			
Zielort	Flughafen Bern (LSZB)			
Flugphase	Start und Steigflug			
Luftfahrzeug 2	Robinson R66			HB-ZOK
Halter	Mountain Flyers 80 Ltd., Flugplatz/Hangar 7, 3132 Belp			
Eigentümer	Mountain Flyers 80 Ltd., Flugplatz/Hangar 7, 3132 Belp			
Fluglehrer	Schweizer Bürger, Jahrgang 1973			
Ausweis	Berufspilotenlizenz für Helikopter (<i>Commercial Pilot Licence Helicopter</i> – CPL(H)) nach der EASA, ausgestellt durch das BAZL			
Flugstunden	insgesamt	4615 h	während der letzten 90 Tage	10 h
	auf dem Vorfallmuster	18 h	während der letzten 90 Tage	4 h
Flugschüler	Schweizer Bürger, Jahrgang 1984			
Ausweis	Privatpilotenlizenz für Helikopter (<i>Private Pilot Licence Helicopter</i> – PPL(H)) nach der EASA, ausgestellt durch das BAZL			
Flugstunden	insgesamt	261 h	während der letzten 90 Tage	42 h
	auf dem Vorfallmuster	24 h	während der letzten 90 Tage	10 h

Betriebsart	Schulung			
Flugregeln	VFR			
Startort	Flughafen Bern (LSZB)			
Zielort	Flughafen Bern (LSZB)			
Flugphase	Anflug			
Ort	Flughafen Bern (LSZB)			
Koordinaten	-		Höhe	- m/M
Datum und Zeit	12. August 2016, 11:35 Uhr			
Art des schweren Vorfalles	Kontrollverlust			
Personenschaden				
Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	4	0	4	Nicht zutreffend
Gesamthaft	4	0	4	0
Schaden an den Luftfahrzeugen	Nicht beschädigt			
Drittschaden	Keiner			

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Das Flugzeug des Musters Aero AT-3, eingetragen als HB-SRC, ist ein einmotoriges, zweisitziges, als Tiefdecker ausgeführtes Leichtflugzeug mit einer maximalen Abflugmasse von 582 kg. Die Flugbesatzung, bestehend aus einem Fluglehrer und einer Flugschülerin, führte mehrere Landungen als Vorbereitung der Flugschülerin auf ihren ersten Alleinflug durch.

Beim Helikopter des Musters Robinson R66, eingetragen als HB-ZOK, handelt es sich um einen einmotorigen Helikopter mit Turbinenantrieb mit einer maximalen Abflugmasse von 1225 kg. Die Flugbesatzung, bestehend aus einem Fluglehrer und einem Flugschüler, führte einen Flug zur Gebirgsausbildung in die Region der Blüemlisalp/BE aus.

Für die Untersuchung standen die Auskünfte der Flugbesatzungsmitglieder und des Platzverkehrsleiters (*Aerodrome Control Officer* – ADCO) sowie die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs zur Verfügung. Der Flugweg des Helikopters wurde mittels eines mitgeführten Tablet-Computers aufgezeichnet.

1.1.2 Verlauf des schweren Vorfalls

Das Flugzeug HB-SRC startete um 11:23 Uhr auf der Piste 14 des Flughafens Bern zu Platzrundenflügen mit Aufsetzen und Durchstarten (*touch and go*). Vier Minuten später drehte das Flugzeug in den Queranflug ein und erhielt vom ADCO die Freigabe für das erste *touch and go*, zusammen mit einer Windangabe von 4 Knoten aus 110 Grad.

Um 11:28 Uhr nahm die Besatzung der HB-ZOK über Riggisberg Kontakt zum ADCO auf und erhielt von diesem wie erwünscht die Freigabe für einen Anflug via den Sektor West und den Meldepunkt Hotel-Whiskey (HW).

Um 11:30:17 Uhr befand sich die HB-SRC am Anfang des linken Gegenanfluges. Der Fluglehrer erbat von der Flugverkehrsleitung, einen abgekürzten Endanflug (*short approach*) fliegen zu dürfen. Wegen einer auf die Piste 14 anfliegenden Cessna 172 wurde er angewiesen, einen Vollkreis zu fliegen. Die Freigabe zum *short approach* erhielt er um 11:32:07 Uhr. Kurz darauf meldete sich die Besatzung der HB-ZOK über dem Meldepunkt HW und erhielt vom ADCO die Anweisung, anfänglich in Richtung Graspiste weiterzufliegen und auf die Bewilligung für das Überfliegen der Hartbelagpiste zu warten.

Um 11:33:43 Uhr erhielt die Besatzung des Helikopters die Freigabe zum zügigen Überfliegen der Pistenachse: „*Cross the axis, expedite.*“ Gleichzeitig wurde eine Windangabe von 5 Knoten aus 080 Grad übermittelt. Unmittelbar anschliessend folgte die Bewilligung, direkt zum Rollweg Kilo zu fliegen und diesem zu folgen (vgl. Abbildung 1).

Um 11:34:00 Uhr erhielt die Besatzung der HB-SRC den Verkehrshinweis, dass sich ein Helikopter über der Graspiste befände, der im Begriff sei, die Hartbelagpiste in Richtung Vorfeld zu überqueren. Der Fluglehrer meldete, dass er den Helikopter in Sicht habe, und erhielt in der Folge die Freigabe für ein *touch and go*, zusammen mit einer Windangabe von 3 Knoten aus 130 Grad. Um 11:34:20 Uhr überflog der Helikopter die Pistenachse der Graspiste. Um 11:34:23 Uhr las der Fluglehrer an Bord der HB-SRC die soeben erhaltene Freigabe zurück und fügte an, der Helikopter solle sich bitte beeilen: „*Can the helicopter expedite, please.*“ Der ADCO antwortete, dass der Helikopter dies eigentlich tun sollte: „*Affirm, it should.*“

Um 11:34:33 Uhr überflog der Helikopter die Pistenachse der Hauptpiste. Der Fluglehrer an Bord der HB-ZOK schätzte die Flughöhe zu diesem Zeitpunkt auf 20 m über Grund und die angezeigte Geschwindigkeit auf 25 Knoten. Eine Abschätzung aufgrund der Flugwegaufzeichnung ergab eine Höhe von rund 10 m über Grund bei einer Geschwindigkeit von etwa 30 Knoten gegenüber Grund.

Der Fluglehrer an Bord der HB-SRC erwog das Einleiten eines Durchstarts, um über den Helikopter hinwegzusteigen. Im Hinblick auf einen allfälligen plötzlichen Steigflug des Helikopters verzichtete er jedoch darauf. Nachdem der Helikopter die Piste überflogen hatte, beurteilte der Fluglehrer die Kollisionsgefahr als gebannt und setzte aufgrund dessen den Anflug zum *touch and go* fort.

Nach dem Überfliegen der Piste flog der Helikopter über dem zwischen Piste und Rollweg Kilo gelegenen Wiesland annähernd parallel zur Piste 14 weiter in Richtung der Helipads. Dabei betrug die Geschwindigkeit gegenüber Grund durchschnittlich 25 Knoten. Den Rollweg Delta überflog die HB-ZOK um 11:34:47 Uhr, in einem Abstand von 44 m von der Pistenmittellinie.

Die HB-SRC führte in der Folge ein *touch and go* auf der Piste 14 aus. Das Aufsetzen erfolgte gemäss Angaben des Fluglehrers auf Höhe des Rollwegs Bravo, das Abheben zwischen den Rollwegen Charlie und Delta (vgl. Abbildung 1). Auf Höhe des Rollwegs Delta und auf einer Flughöhe von rund 10 m über Grund rollte das Flugzeug schlagartig bis auf eine Schräglage von 70° um seine Längsachse nach links. Der Fluglehrer übernahm das Steuer und konnte einen Absturz nur knapp verhindern.

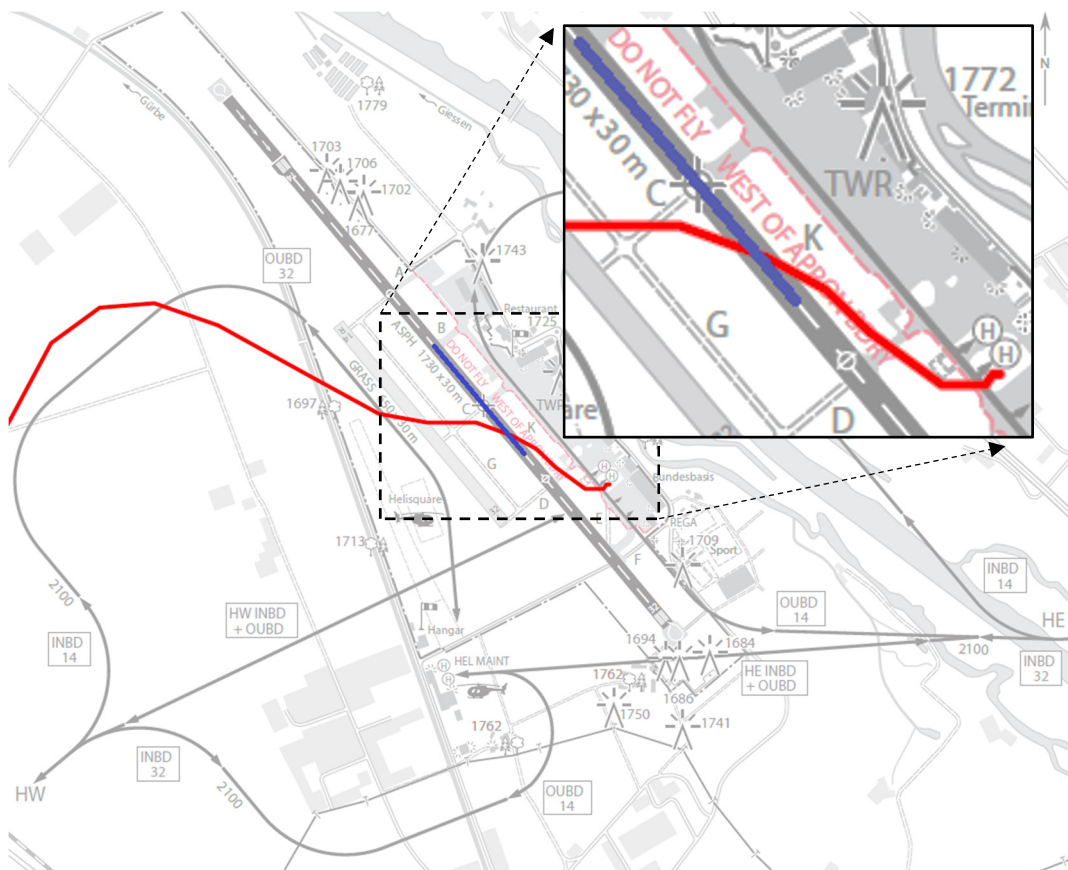


Abbildung 1: Die zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls gültige Sichtanflugkarte für Helikopter des Flughafens Bern mit aufgezeichnetem Anflugweg der HB-ZOK (rot). Der auf der Piste rollend zurückgelegte Teil des Flugweges der HB-SRC (blau) basiert auf Angaben des Fluglehrers.

Dem Fluglehrer an Bord der HB-ZOK fiel ein sich bewegender Schatten auf. Er erblickte hinter sich die HB-SRC in einer ungewöhnlichen Fluglage. Er war erstaunt darüber, dass ihnen das Flugzeug bereits so nahegekommen war, und beurteilte die zwischen dem Überqueren der Piste und dem Erblicken des Flugzeuges verstrichene Zeit als auffallend kurz. Um 11:35:20 Uhr erfolgte die Landung des Helikopters auf dem Helipad H2.

Zeitgleich mit der Landung des Helikopters meldete der Fluglehrer an Bord der HB-SRC, dass alles unter Kontrolle sei. Der Flugverkehrsleiter fragte nach, ob Nachlauf turbulence (*wake turbulence*) vorhanden gewesen sei, was vom Fluglehrer bejaht wurde. Nach einer weiteren Platzrunde erhielt die HB-SRC um 11:39 Uhr die Landefreigabe, zusammen mit einer Windangabe von 4 Knoten aus 070 Grad, und landete auf der Piste 14.

Befragungen nach dem schweren Vorfall zeigten, dass die mit der Nachlauf turbulence des Helikopters einhergehende Gefahr weder dem Flugverkehrsleiter noch den beiden Besatzungen bewusst war.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeine Wetterlage

Ein Ausläufer des Azorenhochs reichte vom Ostatlantik bis nach Süddeutschland. In der Höhe stiess Warmluft von der Iberischen Halbinsel nach Dänemark vor und sorgte für mittelhohe Wolkenfelder.

1.2.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des schweren Vorfalles

Das Wetter war trocken und windschwach. Die ausgedehnte *altocumulus*-Bewölkung war weitgehend transparent, sodass zeitweise die Sonne schien.

Wind	130 Grad, 4 Knoten, variierend zwischen 50 und 190 Grad
Sicht	20 km
Wetter	Trocken
Wolken	5/8 – 7/8 auf 6000 ft über Flugplatzhöhe
Temperatur / Taupunkt	19 °C / 12 °C
Luftdruck (QNH)	1028 hPa (Luftdruck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ¹ -Standardatmosphäre)
Gefahren	Keine

1.2.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 132°	Höhe: 49°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.3 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen den Besatzungen und der Flugverkehrsleitung wickelte sich ordnungsgemäss und in englischer Sprache ab.

¹ ICAO : *International Civil Aviation Organization*

1.4 Angaben zum Flughafen

Der Flughafen Bern verfügt über eine Hartbelagpiste 14/32 von 1730 m Länge sowie zwei Graspisten (vgl. Abbildung 1). Landungen von einmotorigen Flugzeugen erfolgen auf Höhe der Rollwege Alpha bzw. Delta, um deren Aufenthaltsdauer auf der Piste zu verkürzen (vgl. Abbildung 1, weisse Kreise auf der Piste). Anflüge von Helikoptern erfolgen über die Meldepunkte Hotel-Whiskey (HW) und Hotel-Echo (HE).

1.5 Publikationen zum Thema Nachlaufturbulenzen bei Helikoptern

1.5.1 Bericht der amerikanischen Luftwaffe

Ein im Juli 1979 publizierter Bericht der amerikanischen Luftwaffe enthält Angaben, die eine Abschätzung der Lage und Stärke von Helikopter-Nachlaufturbulenzen gestatten.² Damit sollte eine Beurteilung bestehender Betriebsverfahren von Flugplätzen ermöglicht werden, auf denen Flächenflugzeuge und Helikopter gemischt verkehren. Der Bericht enthält unter anderem folgende Feststellungen:

- Piloten unterliegen aufgrund der vorhandenen Ausbildungsmittel verbreitet der Fehlvorstellung, dass eine Gefährdung durch Nachlaufturbulenzen nur für Kleinflugzeuge bestehe, die in Nachlaufturbulenzen von Grossflugzeugen geraten („*David and Goliath syndrome*“).
- Nachlaufturbulenzen von Helikoptern im Vorwärtsflug sind vergleichbar mit denjenigen von Flächenflugzeugen, sind jedoch bei gleicher Flugmasse stärker. So entspricht die Nachlaufturbulenz einer Sikorsky HH-53 mit einer maximalen Abflugmasse von rund 19 000 kg bei einer Fluggeschwindigkeit von 60 Knoten etwa derjenigen einer Boeing 707 im Landeanflug mit einer üblichen Landemasse von rund 90 000 kg.
- Die Wirkungsdauer von Nachlaufturbulenzen hängt von einer Vielzahl atmosphärischer Bedingungen ab, in erster Linie vom Wind. Bei Flugzeugen kann sie bis zu 4 Minuten betragen, sofern die Windgeschwindigkeit unter 6 Knoten liegt. Bei Helikoptern ist sie geringer und beträgt maximal 2 Minuten.
- Die beiden von einem Helikopter im Vorwärtsflug erzeugten Wirbelzöpfe der Nachlaufturbulenz driften mit der Zeit auseinander. Bei der Benutzung einer Piste durch einen Helikopter kann deshalb ein leichter Seitenwind dazu führen, dass einer dieser beiden Wirbelzöpfe stationär über der Piste verharrt: „*The real problem occurs if there is a slight side wind [...] such that one of these vortices becomes stalled over the runway.*“

1.5.2 Bericht der amerikanischen Luftfahrtbehörde

Die amerikanische Luftfahrtbehörde (*Federal Aviation Administration – FAA*) publizierte im Februar 1996 einen Bericht zu einer Flugversuchsreihe, die zur Ermittlung der Gefährlichkeit von Helikopter-Nachlaufturbulenzen durchgeführt worden war.³ Aufgrund der gemessenen Wirkungsdauer von Helikopter-Nachlaufturbulenzen wurden darin folgende Empfehlungen bezüglich der Separation von Leichtflugzeugen formuliert:

- Die Separation von Leichtflugzeugen hinter mittelschweren Helikoptern wie der Sikorsky S-76A oder Bell UH-1 mit Abflugmassen von knapp 5000 kg sollte im Bereich von 90 Sekunden liegen.

² *Air Force Flight Dynamics Laboratory et al., A Method for Assessing the Impact of Wake Vortices on USAF Operations*, ADA072967, www.dtic.mil

³ *FAA, Flight Test Investigation of Rotorcraft Wake Vortices in Forward Flight*, DOT/FAA/CT-94/117, www.faa.gov

- Bei schweren Helikoptern wie der Boeing CH-47D (maximale Abflugmasse rund 22 000 kg) oder der Sikorsky CH-53E (maximale Abflugmasse 33 300 kg) sollte die Separation 120 Sekunden betragen.
- Auf Seite der Flugsicherung sollten Regeln eingeführt werden für den Fall, dass Endanflüge von Helikoptern gemischt werden mit dem Betrieb von Flächenflugzeugen.
- Informationen zur Gefährdung durch Helikopter-Nachlauf-turbulenzen sollten in das *Aeronautical Information Manual* und das *Wake Vortex Advisory Circular* aufgenommen werden (vgl. Kapitel 1.5.3 bzw. 1.5.4).

1.5.3 Aeronautical Information Manual der FAA

Das *Aeronautical Information Manual* (AIM) der FAA enthält ausführliche Erklärungen zu Nachlauf-turbulenzen. In Bezug auf Helikopter enthält es den Hinweis, dass Piloten von Leichtflugzeugen hinter startenden und landenden Helikoptern Vorsicht walten lassen sollten. Es enthält demgegenüber keine Angaben zu Mindeststaffelungen von Leichtflugzeugen zu Helikoptern.⁴

1.5.4 Advisory Circular der FAA

Das Luftfahrtinformationsrundsreiben (*Advisory Circular – AC*) mit dem Titel „*Aircraft Wake Turbulence*“ der FAA enthält die Empfehlung, zu Helikoptern im Schwebeflug eine Separation von mindestens drei Rotordurchmessern einzuhalten (vgl. Abbildung 2). Distanz- oder zeitbasierte Mindeststaffelungen von Leichtflugzeugen zu Helikoptern in anderen Flugzuständen sind nicht enthalten. Zu Nachlauf-turbulenzen von Helikoptern wird allgemein festgehalten, dass Piloten das Durchfliegen von Nachlauf-turbulenzen von Helikoptern vermeiden sollten.⁵

1.5.5 Aeronautical Information Circular der englischen Luftfahrtbehörde

Die englische Luftfahrtbehörde (*Civil Aviation Authority – CAA*) publizierte ein Luftfahrtinformationsrundsreiben (*Aeronautical Information Circular – AIC*) mit dem Titel „*Wake Turbulence*.“ Zu Nachlauf-turbulenzen von Helikoptern enthält dieses unter anderem folgende Angaben:⁶

- Es liegen Hinweise vor, dass Helikopter bei gegebener Masse und gegebener Geschwindigkeit stärkere Nachlauf-turbulenzen verursachen als Flächenflugzeuge.
- Flugverkehrsleiter und Piloten sollten die Nachlauf-turbulenzen von Helikoptern berücksichtigen, wenn diese eine Piste überqueren, und dabei passende Staffelungskriterien anwenden („*apply the appropriate wake turbulence separation minima*“).

⁴ FAA, *Official Guide to Basic Flight Information and ATC Procedures*, <http://www.faa.gov/atpubs>

⁵ FAA, AC 90-23G vom 10. Februar 2014

⁶ AIC P 001/2015, <http://www.ais.org.uk>

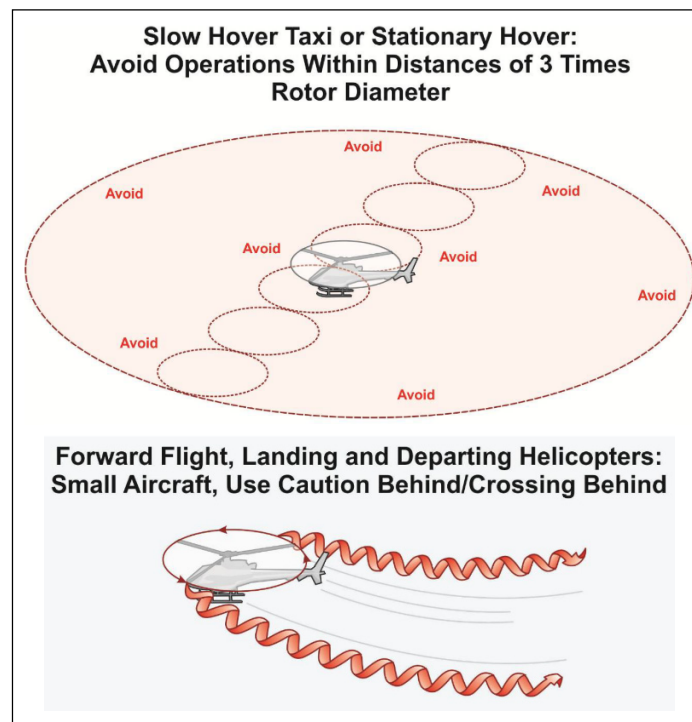


Abbildung 2: Illustration aus dem *Advisory Circular* der FAA.

1.6 Angaben zu verschiedenen Organisationen

1.6.1 Flugverkehrsleitung

Separationskriterien zur Vermeidung von Zwischenfällen im Zusammenhang mit Nachlauf-turbulenzen sind im Flugverkehrsmanagement-Handbuch (*Air Traffic Management Manual – ATMM*) der Schweiz festgehalten. Darin finden sich folgende Vorgaben:

- Zwei weniger als 760 m voneinander entfernte Pisten, oder ein Helipad im Abstand von weniger als 760 m von einer Piste, sind bei der Anwendung von Separationskriterien als eine Piste zu betrachten.
- Für an- und abfliegende Luftfahrzeuge der Kategorie *light*⁷ ist eine Staffelung zum vorausfliegenden Luftfahrzeug erst dann vorgesehen, falls es sich bei diesem um ein Luftfahrzeug der Kategorie *medium* oder schwerer handelt.

In Bezug auf Helikopter-Nachlauf-turbulenzen wird Folgendes festgehalten:

- An Ort schwebende oder im Schwebeflug sich fortbewegende Helikopter sollten ferngehalten werden von Leichtflugzeugen („*Helicopters should be kept well clear of light aircraft when hovering or while air taxiing*“). Helikopter verursachen Nachlauf-turbulenzen. Es liegen Hinweise vor, dass Helikopter bei gegebener Masse stärkere Nachlauf-turbulenzen verursachen als Flächenflugzeuge.

1.6.2 Flugschulen

In den Flugschulen in der Schweiz sind keine über die Vorgaben der Flugsicherung hinausgehenden Separationskriterien gebräuchlich.

⁷ Kategorien nach ICAO: *light* bis 7000 kg maximale Abflugmasse, *medium* bis 136 000 kg, *heavy* über 136 000 kg

1.7 Vergleichbare Zwischenfälle

1.7.1 Piper PA-28 Cadet, G-BPJT

Am 12. Juli 1992 startete ein Fluglehrer zusammen mit einem Flugschüler mit einem Flugzeug des Typs Piper PA-28 Cadet auf der Piste 27 des Flugplatzes Oxford (UK) zu einer Reihe von Platzrunden. Der erste Anflug auf die Piste 27 erfolgte hinter einem Helikopter des Typs Sikorsky S-61N, der eine maximale Abflugmasse von rund 8600 kg aufweist. Der Wind wehte mit 8 Knoten aus 260 Grad.

Der Helikopter überflog die Pistenschwelle 27 auf einer Höhe von rund 100 ft. Rund 200 m danach ging er in den Schwebeflug über und verliess den Pistenbereich nach links. Im kurzen Endanflug leitete die Piper Cadet einen Durchstart ein und rollte auf einer Höhe von rund 30 ft über Grund schlagartig um ihre Längsachse nach rechts. Sie erreichte dabei eine Schräglage von annähernd 90° und stürzte ab. Beide Piloten an Bord wurden tödlich verletzt.

Der Schlussbericht der AAIB⁸ nennt als einen ursächlichen Faktor die Nachlauf-turbulenz des Helikopters. Er enthält insgesamt fünf Sicherheitsempfehlungen, die im Wesentlichen auf die Erforschung dieser Effekte und auf die Ausbildung zielen.⁹

1.7.2 Piper PA-28 Cherokee, G-BRWO

Am 26. September 2009 flog eine Piper PA-28 Cherokee mit einem Piloten an Bord hinter einem Helikopter des Typs Sikorsky S-76 (maximale Abflugmasse rund 4700 kg) auf die Piste 26 des Flugplatzes Humberside (UK) an. Der Wind wehte mit 8 Knoten aus 250 Grad. Kurz vor der Landung rollte das Flugzeug um seine Längsachse nach rechts und schlug auf der Piste auf. Es kam mit abgetrenntem rechten Flügel auf dem Rücken zum Stillstand. Der Pilot wurde schwer verletzt.

Der Schlussbericht der AAIB nennt die Nachlauf-turbulenz des Helikopters als wahrscheinliche Ursache für den Kontrollverlust des Flugzeuges. Er enthält eine Sicherheitsempfehlung zur Verbesserung des Bewusstseins („*clear advice*“) für die Gefährdung von Flächenflugzeugen durch Nachlauf-turbulenzen von Helikoptern derselben Gewichtsklasse.¹⁰

1.7.3 Robin DR-400, D-EEOP

Am 9. September 2012 kam es auf dem Flugplatz Backnang-Heiningen (D) zum Unfall einer Robin DR-400, die bei Windstille 39 Sekunden hinter einer Antonov AN-2 (maximale Abflugmasse rund 5500 kg) gestartet und in deren Wirbelschleppe geraten war. Die Robin rollte nach dem Start um ihre Längsachse bis auf eine Schräglage von 90° nach rechts und stürzte ab. Dabei wurden ein Insasse schwer und drei tödlich verletzt.

Nachforschungen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) konnten als Unfallursache das Einfliegen der Robin in die Wirbelschleppe der AN-2 bestätigen. Dieser Unfall steht zwar in Zusammenhang mit den Nachlauf-turbulenzen eines Flächenflugzeuges, illustriert aber die Gefährdung, welche von Flugzeugen derselben Kategorie ausgeht.¹¹ Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

⁸ AAIB: *Air Accidents Investigation Branch*, englische Sicherheitsuntersuchungsbehörde

⁹ AAIB, Aircraft Accident Report 1/93

¹⁰ AAIB, Bulletin 7/2010

¹¹ <https://www.bfu-web.de>, Aktenzeichen BFU 3X134-12

(BFU) publizierte aufgrund dessen eine Flugsicherheitsinformation mit zugehörigem Video¹².

1.7.4 Diamond DA20, N959DA

Am 29. Januar 2014 startete ein Flugzeug des Typs Diamond DA20 mit einem Fluglehrer und einem Flugschüler an Bord auf der Piste 13 des Flugplatzes Butts Army Airfield (USA). Kurz zuvor war ein Helikopter des Typs Sikorsky UH-60 (maximale Abflugmasse 10 660 kg) von der Pistenmitte aus gestartet, der vom Fluglehrer als leichtere Bell UH-1 (maximale Abflugmasse 4100 kg) wahrgenommen wurde. Der Wind wehte mit 3 Knoten aus 170 Grad. Nach dem Abheben rollte das Flugzeug um seine Längsachse nach links und schlug auf dem Boden auf. Dabei wurde die Flugbesatzung leicht verletzt und das Flugzeug stark beschädigt.

Als Unfallursache nennt das NTSB¹³ den durch die Nachlaufturbulenz des Helikopters verursachten Kontrollverlust. Als beitragende Faktoren werden die fehlerhafte Identifizierung des Helikoptertyps durch den Fluglehrer sowie das Fehlen von Staffelungskriterien genannt.¹⁴

1.7.5 Cirrus SR20, N407ND

Am 5. Dezember 2014 flog ein Flugzeug des Typs Cirrus SR20 mit einem Flugschüler an Bord auf die Piste 33 des Flugplatzes Fort Collins (USA) an, von der rund 30 Sekunden zuvor ein Helikopter des Typs Sikorsky UH-60 (maximale Abflugmasse 10 660 kg) gestartet war. Der Wind wehte mit 3 Knoten aus 110 Grad. Kurz vor der Landung rollte das Flugzeug um seine Längsachse nach links und schlug neben der Piste auf. Der Flugschüler wurde schwer verletzt. Der Unfallhergang wurde von einer Überwachungskamera des Flugplatzes aufgezeichnet.¹⁵

Als Unfallursache nennt das NTSB das fehlende Bewusstsein des Flugschülers für die Gefährdung durch Nachlaufturbulenzen von startenden Helikoptern („*the student pilot's failure to comprehend the significance of the wake turbulence that a preceding helicopter would generate during departure*“). Als beitragender Faktor wird das Fehlen von Staffelungskriterien genannt.¹⁶

1.7.6 Gleitschirm Ozone Mojo 4 S

Am 23. Juni 2016 flog ein Gleitschirm-Flugschüler auf einen Landeplatz in Waserauen (AI) an. Beim Eindrehen in den Endanflug klappte sein Gleitschirm komplett ein, worauf er aus rund 10 bis 15 m zu Boden stürzte und sich schwere Verletzungen zuzog. Rund 45 Sekunden zuvor hatte ein Helikopter des Typs AW109SP (maximale Abflugmasse 3175 kg) bei schwachwindigen Verhältnissen dieselbe Stelle im Landeanflug passiert.

Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle untersuchte den Absturz des Gleitschirms. In ihrem Schlussbericht nennt sie als Unfallursache das Einfliegen des Gleitschirm-Flugschülers in die Nachlaufturbulenz des Helikopters. Als systemisch ursächlich wurde das fehlende Bewusstsein für die von Nachlaufturbulenz ausgehende Gefahr bei Helikopter- und Gleitschirmpiloten ermittelt.¹⁷

¹² https://www.bfu-web.de/DE/Service/V180-Video/V180-Video_node.html, BFU Flugsicherheitsinformation V180

¹³ NTSB: *National Transportation Safety Board*

¹⁴ NTSB Identifikation: CEN14TA126

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=l8EwvDTJeNs>

¹⁶ NTSB Identifikation: CEN15LA069

¹⁷ Schlussbericht Nr. 2335, www.sust.admin.ch

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

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

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Die These, dass der Kontrollverlust des Motorflugzeuges HB-SRC von der Nachlauf­turbulenz des Helikopters HB-ZOK verursacht wurde, lässt sich anhand der folgenden Punkte erhärten:

- Die Art des Kontrollverlustes, nämlich das schlagartige und die Steuerwirksamkeit übersteigende Rollen um die Längsachse, ist eine typische Folge des Einfliegens in einen parallel zum Flugweg verlaufenden Wirbelzopf einer Nachlauf­turbulenz.
- Nach dem Überfliegen der Piste flog der Helikopter im Vorwärtsflug weiter in Richtung der Helipads; der Übergang in den Schwebeflug erfolgte erst später. Damit war neben dem Rotorabwind (*downwash*) auch Nachlauf­turbulenz (*wake turbulence*) zu erwarten (vgl. Abbildung 1).
- Der Helikopter flog annähernd parallel und in geringem Abstand nördöstlich der Piste. Zusammen mit der schwachen Windkomponente aus östlicher Richtung waren damit die Bedingungen gegeben, dass ein Wirbelzopf der Nachlauf­turbulenz des Helikopters nicht nur über der Piste, sondern auch in deren Achse verweilen konnte.
- Der zeitliche Abstand am Ort der Kreuzung der beiden Flugwege kann anhand der Zeitpunkte der aufgezeichneten Funksprüche und der räumlichen Verhältnisse auf rund 30 Sekunden geschätzt werden, was deutlich innerhalb der Wirkungsdauer von Helikopter-Nachlauf­turbulenz liegt.
- Weitere äussere Einflüsse, die den Kontrollverlust erklären würden, lagen nicht vor.

Die genannten Punkte lassen daher nur den Schluss zu, dass der Kontrollverlust des Motorflugzeuges durch die Nachlauf­turbulenz des Helikopters verursacht wurde.

Sowohl die Flugbesatzungen als auch der Flugverkehrsleiter waren auf das Kollisionsrisiko fokussiert. Der Gefährdung durch allfällige Nachlauf­turbulenzen des Helikopters waren sie sich hingegen nicht bewusst.

2.3 Verfahrensvorgaben und Ausbildung

Die Gefährlichkeit von Helikopter-Nachlauf­turbulenzen ist seit langer Zeit bekannt, was in den zitierten Forschungsarbeiten, Schlussberichten und amtlichen Publikationen zum Ausdruck kommt (vgl. Kapitel 1.5 und 1.7). Darin werden einerseits das Fehlen von Staffelungskriterien moniert, andererseits das unzureichende Bewusstsein für diese Problematik. Diese beiden Aspekte waren auch im vorliegenden Fall von Bedeutung.

Auf Seite der Verfahrensvorgaben ist festzustellen, dass die Problematik der Helikopter-Nachlauf­turbulenz zwar in Form unpräziser Hinweise Eingang gefunden hat (vgl. Kapitel 1.6.1). Das Bewusstsein und das Wissen, in welchem Umfang sich die Nachlauf­turbulenz manifestiert, sind hingegen ungenügend vorhanden.

Die vorliegende Untersuchung wie auch Untersuchungen zu vergleichbaren Zwischenfällen (vgl. Kapitel 1.7) zeigen, dass hinsichtlich der Gefährdung von Leichtflugzeugen durch die Nachlauf­turbulenz eines Helikopters deutliche Defizite in der

Ausbildung aller am Flugbetrieb beteiligter Personen bestehen. Aus diesem Grund spricht die SUST mit dem vorliegenden Schlussbericht eine Sicherheitsempfehlung aus (vgl. Kapitel 4.1.1).

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Die Luftfahrzeuge waren zum Verkehr zugelassen.
- Es liegen keine Hinweise auf vorbestehende Mängel vor, die den schweren Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

3.1.2 Besatzungen

- Die Besatzungen waren zur Durchführung der jeweiligen Flüge berechtigt.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der beteiligten Personen vor.

3.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

- Ein Leichtflugzeug führte Platzrundenflüge mit *touch and go* auf der Piste 14 des Flughafens Bern (LSZB) aus. Ein Helikopter befand sich im Anflug via Riggisberg und den Meldepunkt Hotel-Whiskey.
- Im Gegenanflug erhielt das Flugzeug auf eigenen Wunsch die Freigabe für einen abgekürzten Endanflug. Kurz darauf überflog der Helikopter den Meldepunkt Hotel-Whiskey und wurde angewiesen, die Piste noch nicht zu überqueren.
- Der Helikopter erhielt kurz darauf die Freigabe zum Überqueren der Piste.
- Das Flugzeug erhielt einen den Helikopter betreffenden Verkehrshinweis, gefolgt von der Landebewilligung.
- Der Helikopter überflog die Piste und flog dann annähernd parallel zur Piste weiter in Richtung der Helipads.
- Das Flugzeug führte einen *touch and go* auf der Piste 14 aus. Es kreuzte den Flugweg des Helikopters in einem zeitlichen Abstand von rund 30 Sekunden.
- Kurz nach dem Abheben rollte das Flugzeug schlagartig bis auf eine Schräglage von 70° nach links. Der Fluglehrer übernahm das Steuer und konnte einen Absturz nur knapp verhindern.
- Das Flugzeug flog eine weitere Platzrunde und landete auf der Piste 14.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Zum Zeitpunkt der Erteilung der Landebewilligung an das Flugzeug wehte der Wind mit 3 Knoten aus 130 Grad.

3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall, bei dem es aufgrund eines Kontrollverlustes beinahe zu einem Absturz eines Leichtflugzeuges kam, ist auf dessen Einfliegen in die Nachlauf-turbulenz eines Helikopters zurückzuführen.

Als kausal wurde das unzureichende Bewusstsein der Flugverkehrsleitung und der Besatzungen für die Gefährdung durch Nachlauf-turbulenz eines Helikopters ermittelt.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Nachlauferturbulenz von Helikoptern

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Ein Leichtflugzeug flog nach einem *touch and go* kurz nach dem Abheben in die Nachlauferturbulenz (*wake turbulence*) eines kurz zuvor vorbeigeflogenen Helikopters ein. In der Folge konnte ein Absturz nur knapp verhindert werden. Als kausal wurde das unzureichende Bewusstsein der Flugverkehrsleitung und der Besatzungen für die Gefährdung durch Nachlauferturbulenzen eines Helikopters ermittelt.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 542

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte in Zusammenarbeit mit Flugschulen und anderen betroffenen Verkehrskreisen sicherstellen, dass Piloten und andere am Flugbetrieb beteiligte Personen betreffend Nachlauferturbulenz von Helikoptern und den davon ausgehenden Gefahren instruiert und sensibilisiert werden.

4.2 Sicherheitshinweise

Keine

4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Keine

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

Bern, 14. August 2018

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle