



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. 2302 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST**

über den Unfall (Kollision) zwischen  
dem Flugzeug T210L, HB-CXK, und  
dem Flugzeug PA-28-181, HB-OQW,

vom 24. August 2014

über Rickenbach (TG) bei Wil

**Causes**

L'accident est dû à la collision de deux avions à moteur en raison d'un manque de surveillance proactive de l'espace aérien. Les pilotes des deux avions ont par la suite effectué un atterrissage d'urgence.

Le fait qu'aucun des deux avions n'était équipé d'un système d'alerte anticollision a été identifié comme facteur jouant un rôle systémique causal.

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Art. 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.

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

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in der für das Gebiet der Schweiz gültigen Normalzeit (*local time* – LT) angegeben, die zum Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

## Schlussbericht

<b>Luftfahrzeug 1</b>	Cessna T210L	HB-CXK	
<b>Haupthalter</b>	Dünser & Partner GmbH, Postfach 166, 8915 Hausen am Albis		
<b>Haupteigentümer</b>	Privat		
<b>Pilot 1</b>	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1989		
<b>Ausweis</b>	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Commercial Pilot License Aeroplane</i> – CPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)		
<b>Flugstunden</b>	<b>Insgesamt</b>	308:22 h <b>während der letzten 90 Tage</b>	13:49 h
	<b>auf dem Unfallmuster</b>	34:14 h <b>während der letzten 90 Tage</b>	13:49 h
<b>Luftfahrzeug 2</b>	Piper PA-28-181	HB-OQW	
<b>Halter</b>	Motorfluggruppe Thurgau, Flugplatz, 9506 Lommis		
<b>Eigentümer</b>	Motorfluggruppe Thurgau, Flugplatz, 9506 Lommis		
<b>Pilot 2</b>	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1944		
<b>Ausweis</b>	Beschränkte Berufspilotenlizenz auf Flächenflugzeugen (BB(A)) nach RFP <sup>1</sup> , ausgestellt durch das BAZL		
<b>Flugstunden</b>	<b>Insgesamt</b>	3056:54 h <b>während der letzten 90 Tage</b>	47:32 h
	<b>auf dem Unfallmuster</b>	> 300 h <b>während der letzten 90 Tage</b>	10:05 h
<b>Ort</b>	Rickenbach / TG		
<b>Koordinaten</b>	720 872 / 257 003 ( <i>Swiss Grid</i> ) N 47° 27' 10" E 009° 02' 29" (WGS 84)	<b>Höhe</b> ca. 3500 ft AMSL <sup>2</sup>	
<b>Datum und Zeit</b>	24. August 2014, 14:45 Uhr		
<b>Betriebsart</b>	Luftfahrzeug 1: VFR, privat Luftfahrzeug 2: VFR, gewerbsmässig		
<b>Flugphase</b>	Reiseflug		
<b>Unfallart</b>	Kollision		

### Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	1	1	0
Erheblich	1	4	5	0
Leicht	1	0	1	0
Keine	0	0	0	nicht betroffen
Gesamthaft	2	5	7	-

**Schaden am Luftfahrzeug** Luftfahrzeug 1: schwer beschädigt  
Luftfahrzeug 2: zerstört

**Drittschaden** Flurschaden

<sup>1</sup> RFP: nationales Reglement über die Ausweise für Flugpersonal

<sup>2</sup> AMSL: *above mean sea level*, Höhe über dem mittleren Meeresspiegel

## 1 Sachverhalt

### 1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

#### 1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aufzeichnungen der Radardaten sowie die Aussagen der Piloten, der Passagiere und von Augenzeugen verwendet.

Beide Flüge wurden nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules* – VFR) durchgeführt. Es lagen keine betrieblichen oder technischen Einschränkungen vor.

#### 1.1.2 Vorgeschichte

Der Pilot des Flugzeuges Piper PA-28-181, eingetragen als HB-OQW, war am Sonntag, 24. August 2014, dem Rundflugdienst auf dem Flugfeld Lommis (LSZT) zugeteilt. Aufgrund der Wettersituation wurde beschlossen, den Rundflugbetrieb erst am Nachmittag aufzunehmen. Der Flugdienstleiter bot an diesem Tag drei Passagiere, einen Vater mit seiner Tochter sowie eine weitere männliche Person, auf 13:00 Uhr auf, so dass der Start um 13:30 Uhr stattfinden könne.

Der Pilot der HB-OQW fand sich frühzeitig auf dem Flugplatz ein, um das Flugzeug bereitzustellen. Er führte die Vorflugkontrolle durch und betankte das Flugzeug auf der Basis der vom Flugdienstleiter bereits im Vorfeld abgeklärten Gewichte der Passagiere. Nach dem Eintreffen der Passagiere wurde die Flugroute besprochen und man legte fest, dass der Flug östlich an Andelfingen vorbei, dem Rhein entlang bis zum Rheinfall, weiter über Schaffhausen, Diessenhofen, Stein am Rhein, Untersee, Märwil/Affeltrangen und Zuzwil, den Wohnorten der Passagiere, vorbeiführen sollte. Der Pilot machte die Passagiere anlässlich eines Rundgangs um das Flugzeug mit diesem vertraut und erklärte dabei auch den Gebrauch der Karten mit den Sicherheitsinformationen (*safety cards*), des Feuerlöschers und der Türverriegelung. Die Passagiere wurden nicht mit der Aufgabe der Luftraumüberwachung betraut. Nach Einschätzung des Piloten könne man sich nicht auf sie verlassen.

Nachdem der Vater auf dem hinteren linken, die Tochter auf dem hinteren rechten Sitz und der Mann neben dem Piloten vorne rechts Platz genommen hatten, startete die HB-OQW um 14:08 Uhr zum geplanten Rundflug.

Kurze Zeit später, um 14:10 Uhr, startete in Lommis die HB-DGG, eine silbrig bemalte Mooney M20J, zu einem privaten Rundflug an den Bodensee und den Säntis. Es befanden sich der Pilot und drei Passagiere an Bord.

Am gleichen Tag traf sich der verantwortliche Pilot (*Pilot in Command* – PIC) des Flugzeuges Cessna T210L, eingetragen als HB-CXK, mit einem befreundeten Piloten im General Aviation Center am Flughafen Zürich (LSZH). Letzterer zog in Betracht, auf dieses Flugzeugmuster umzuschulen. Mit dabei war eine in der fliegerischen Ausbildung stehende Bekannte des PIC. Es wurde vereinbart, dass der Flug vom Flughafen Zürich über die Ausfluroute „Echo“ in die Ostschweiz, dann über Maur weiter zum Flugplatz Hausen am Albis (LSZN) führen sollte.

Der verantwortliche Pilot setzte sich auf den Pilotensitz links, der befreundete Pilot nahm den rechten vorderen Sitz ein. Die Bekannte des PIC nahm auf dem rechten Sitz in der mittleren Sitzreihe Platz.

Es liegen gegenteilige Aussagen darüber vor, ob im Rahmen einer Vorflugbesprechung (*Briefing*) das Thema der Luftraumüberwachung angesprochen wurde.

Nach einer ausführlichen Vorflugkontrolle, die unter anderem die Reinigung der Frontscheibe beinhaltete, startete die HB-CXK um 14:33 Uhr auf der Piste 28 des Flughafens Zürich.

### 1.1.3 Flugverlauf

Nach dem Start um 14:08 Uhr auf der Piste 24 des Flugfeldes Lommis (LSZT) folgte die als HB-OQW eingetragene PA-28-181 der vorgängig mit den Passagieren abgesprochenen Flugroute (vgl. Kapitel 1.1.2) in einem Höhenband von 2500 ft bis 2900 ft Höhe über dem mittleren Meeresspiegel (*above mean sea level* – AMSL) zum Rheinfall und von dort in einer Rechtskurve in Richtung Schaffhausen. Nach dem Überflug des Munots folgte die HB-OQW dem Rhein flussaufwärts bis zur Insel Reichenau im Untersee in Höhen von 2400 ft bis 2800 ft AMSL. Über der Insel Reichenau flog der Pilot der HB-OQW eine Rechtskurve Richtung Süden und begann einen Steigflug bis auf 3500 ft AMSL. Der mit LED ausgerüstete Landescheinwerfer blieb während des gesamten Fluges eingeschaltet.

Die Cessna T210L mit Eintragungszeichen HB-CXK drehte kurz nach dem Abheben um 14:33 Uhr von der Piste 28 des Flughafens Zürich (LSZH) nach links und folgte der Ausflugroute „Echo“ in Richtung Osten auf ca. 3000 ft AMSL. In der Nähe des Ausflugs punktes „Echo“, der beim Autobahnkreuz Attikon bei Winterthur liegt, nahmen die beiden vorderen Insassen der HB-CXK ein anderes Flugzeug wahr, das sie als die Segelflug-Schleppmaschine aus Winterthur identifizierten. Kurz nach dem Ausflugs punkt „Echo“ sah der verantwortliche Pilot noch mindestens zwei weitere Flugzeuge. Nach dem Verlassen der Kontrollzone des Flughafens Zürich flog der Pilot weiter in Richtung Osten und leitete einen Steigflug auf 3500 ft AMSL ein.

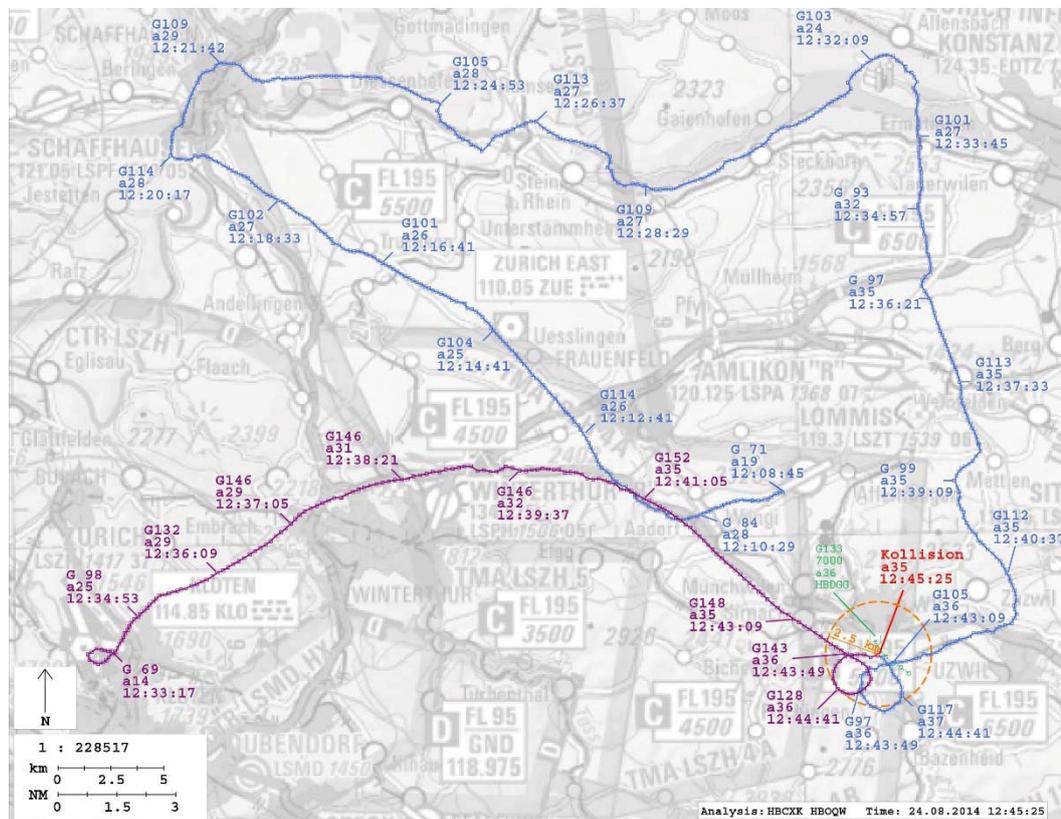
Der Pilot der HB-OQW überflog das Dorf Frittschen, den Wohnort der einen Passagiere auf einer Flughöhe von 3500 ft AMSL, wobei er den rechten Flügel etwas hängen liess, damit die Passagiere ihr Wohnhaus sehen konnten. Anschliessend flog der Pilot der HB-OQW weiter in südlicher Richtung nach Zuzwil, dem Wohnort des anderen Passagiers. Über Zuzwil flog die HB-OQW eine Rechtskurve Richtung Westsüdwest, um zum Einflugs sektor Süd des Flugplatzes Lommis zu gelangen. Kurz vor Erreichen des Einflugs sektors beschloss der Pilot der HB-OQW, eine Schlaufe links Richtung Süden zu fliegen, da noch 8 bis 9 Minuten Flugzeit ausstanden bis zum Erreichen der vereinbarten Rundflugzeit von 40 Minuten. Diese Linkskurve begann der Pilot der HB-OQW um 14:43 Uhr und flog sie auf 3500 ft AMSL mit variierender Querlage zwischen 10 und 20 Grad. Knapp eine Minute später erreichte die HB-OQW den südlichsten Punkt dieser Kurve und drehte weiter in Richtung Nordnordwest, um zum Einflugs sektor Süd des Flugplatzes Lommis zu gelangen (vgl. Abbildung 1). Noch vor Wil führte der Pilot die Prüfliste für den Anflug (*approach check*) durch. Nach dem Abarbeiten dieser Prüfliste erkannte er die über ihm fliegende Mooney HB-DGG, die kurz nach der HB-OQW in Lommis gestartet war.

Als die HB-CXK südlich von Wil/SG war, leitete der verantwortliche Pilot einen Vollkreis nach rechts ein, den er mit gerechneten 32 Grad Querlage flog (vgl. Abbildung 1). Der Landescheinwerfer war dabei ausgeschaltet. Beide vordere Insassen der HB-CXK suchten vor dem Einleiten dieses Kreises den Luftraum nach möglichen Flugzeugen ab. Der Passagier vorne rechts gab an, im Verlauf des Vollkreises seinen Blick auf den künstlichen Horizont und auf den Höhenmesser gerichtet gehabt zu haben. Anschliessend stellte der PIC am Funkgerät die Frequenz des Flugplatzes Dübendorf ein, auf der die automatische Tonaufzeichnung ablief, dass die Kontrollzone Dübendorf inaktiv sei. Zur selben Zeit erblickte der Passagier vorne rechts ein Flugzeug auf entgegengesetztem Kurs, das er etwa 1000 ft höher schätzte.

Dabei handelte es sich um die Mooney HB-DGG. Diese befand sich zu diesem Zeitpunkt rund einen Kilometer nordöstlich oberhalb der HB-OQW auf rund 3800 ft AMSL im Sinkflug ebenfalls Richtung Einflugs sektor Süd. Der Pilot der Mooney

HB-DGG meldete sich unmittelbar darauf am Funk auf der Platzfrequenz von Lommis und erwähnte, er habe die Piper zu seiner Linken in Sicht. Der Pilot der Mooney reduzierte die Leistung bewusst nicht, um im Sinkflug schnell zu bleiben und somit den Abstand zur Piper zu vergrössern. Da die Mooney HB-DGG ein wesentlich schnelleres Flugzeug ist als die Piper HB-OQW meldete der Pilot der HB-OQW auf derselben Funkfrequenz, er habe die Mooney in Sicht und werde ihr folgen. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die HB-OQW über Wilen, Gemeinde Rickenbach/TG. Die Mooney HB-DGG setzte daraufhin ihren Sinkflug Richtung Lommis fort, ohne die Cessna 210 jemals gesehen zu haben.

Der Pilot der HB-CXK beabsichtigte zu dieser Zeit, einen Vollkreis nach links zu fliegen. Bevor er nach links schauen konnte, ob der Luftraum frei sei, nahm er auf der rechten Seite zwischen dem Instrumentenbrett und dem Türpfosten (A-Säule) in einer Distanz von etwa 50 Metern und geschätzte 100 ft tiefer die Piper HB-OQW wahr. Der Insasse vorne rechts der HB-CXK schaute auf die Mooney HB-DGG, als in seinem rechten Blickwinkel der Flügel der HB-OQW von unten rechts auftauchte. Der verantwortliche Pilot der Cessna leitete umgehend ein Ausweichmanöver nach links oben ein.



**Abbildung 1:** Radaraufzeichnungen der HB-CXK (violett) und der HB-OQW (blau) vom Start bis zum Zeitpunkt der Kollision sowie der HB-DGG (grün) im Sinkflug in Richtung Lommis (LSZT) mit Angaben zu Geschwindigkeit (G) über Boden in Knoten, Höhen (a) in Hektometern QNH und Zeit in UTC sowie ein Kreis (orange) um den Kollisionspunkt (rot) mit einem Durchmesser von 5 km, Basiskarte reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

Zeitgleich erkannte der Pilot der HB-OQW die Cessna HB-CXK von links her auf derselben Höhe in einem geschätzten Abstand von 50 Metern auf die HB-OQW zuzufiegen. Er leitete sofort eine Linkskurve ein mit der Absicht, hinter der Cessna durchzufiegen. Von den übrigen Insassen der HB-OQW sah niemand die heranahende Cessna.

Während des von beiden Piloten eingeleiteten Ausweichmanövers kam es zwischen der Piper HB-OQW und der Cessna HB-CXK um 14:45 Uhr zur Kollision auf rund 3500 ft AMSL.

Bei der Kollision brach das äusserste Drittel der rechten Tragfläche der HB-OQW ab. Keiner der Insassen wurde dabei verletzt. Nach der Kollision beurteilte der Pilot der HB-OQW die Flugfähigkeit und Steuerbarkeit seines Flugzeuges als zu stark eingeschränkt für eine Rückkehr auf den Flugplatz Lommis und suchte darum in der Flugachse des schwer beschädigten Flugzeuges ein geeignetes Notlandefeld. Im Sinkflug meldete der Pilot der HB-OQW über Funk auf der Platzfrequenz von Lommis, dass er eine Kollision gehabt habe. Daraufhin instruierte er die Passagiere, die Türe des Flugzeuges zu entriegeln. Gemäss Aussage des Piloten war das Flugzeug beim Anflug auf das Notlandefeld kaum steuerbar, da keine Kurven mehr kontrolliert fliegbar gewesen seien. Auch das Höhenruder habe eine eingeschränkte Wirkung gezeigt und Veränderungen der Motorleistung hätten die Querlage stark beeinflusst. Die Notlandung erfolgte auf einer Wiese nordwestlich des Weilers Trungen bei Bronschofen/SG. Bei der Notlandung wurden alle vier Insassen der HB-OQW schwer verletzt und das Flugzeug zerstört (vgl. Kapitel 1.5).

Der Pilot der Mooney HB-DGG hörte am Funk die Kollisionsmeldung des Piloten der HB-OQW, brach seinen Anflug nach Lommis ab und kehrte in die Gegend zurück, in der er die HB-OQW vermutete. Er konnte die Notlandestelle der HB-OQW orten und diese nach der Landung auf dem Flugplatz Lommis dem Flugdienstleiter auf der Karte genau zeigen.

Bei der HB-CXK wurden die Front- sowie die Seitenscheibe auf der rechten Seite zertrümmert. Die rechte Flügelintrittskante und die rechte A-Säule wurden deformiert und das rechte Höhenleitwerk wurde abgetrennt. Die Insassen auf der rechten Seite wurden bei der Kollision mit der HB-OQW schwer verletzt. Der verantwortliche Pilot auf dem linken Sitz wurde dabei leicht verletzt. Er setzte am Funk auf der Frequenz des Flugplatzes Dübendorf einen Notruf ab und beabsichtigte eine unmittelbare Notlandung östlich von Wil/SG. Im Sinkflug realisierte der Pilot, dass die Flugzeugsteuerung und der Motor noch funktionierten. Die Steuerung fühlte sich teilweise streng und eingeschränkt an und der Motorlauf erzeugte ungewöhnliche Vibrationen.

Das Gelände des gewählten Feldes erschien ihm aus der Nähe nun doch nicht geeignet für eine Notlandung. Deshalb leitete der verantwortliche Pilot einen Durchstart ein und flog weiter in östlicher Richtung auf einer Höhe von rund 2000 ft AMSL. Der zweite Versuch einer Notlandung erfolgte kurze Zeit später auf einer Landstrasse. Diesen brach der Pilot erneut ab, weil sich Passanten auf der Strasse befanden. Nach dem zweiten Durchstart erkannte der Pilot auf dem Navigationssystem der Cessna in unmittelbarer Nähe den Flugplatz Sitterdorf (LSZV), auf dem er früher bereits einmal mit einem anderen Flugzeug gelandet war, und entschied sich für die Notlandung auf diesem Flugplatz. Diese verlief ohne weitere Schäden am Flugzeug. Nach der Landung rollte der Pilot zum Parkfeld, stellte den Motor und die Flugzeugsysteme ab und holte Hilfe.

Der Notruf aus Sitterdorf erfolgte mit einer präzisen Ortsangabe um 14:54 Uhr direkt an die REGA. Die Bergung der Insassen gestaltete sich dank der geglückten Notlandung ohne besonderen Aufwand und Zeitverlust. Der Abtransport der Verletzten war abgeschlossen bevor die Feuerwehr vor Ort eintraf.

Der erste Notruf betreffend die HB-OQW erfolgte von Passanten um 14:59 Uhr an die Kantonale Notrufzentrale des Kantons St. Gallen mit ungenauer Ortsangabe. Die Feuerwehr fand das Wrack dank herbeigeeilter Ersthelfer und musste die Verletzten aufwändig aus dem Wrack bergen, in dem noch verschiedene Geräte liefen.



**Abbildung 2:** Zustand der HB-CXK nach der Landung in Sitterdorf, aufgenommen am 27. August 2014 mit abgetrenntem rechtem Höhenleitwerk (rote Markierung)

Die Passagierin der HB-OQW erlag in der Nacht auf den 27. August 2014 ihren Verletzungen.

## 1.2 Meteorologische Angaben

### 1.2.1 Allgemeine Wetterlage

Bei westlichem Höhenwind erstreckte sich ein Hochdruckausläufer von der Biskaya bis Mitteleuropa.

### 1.2.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort der Kollision

Das Wetter war trocken und der Himmel leicht bewölkt mit Quellwolken, deren Basis auf 6300 bis 8300 ft AMSL lag. Zwischen der Topografie und der Wolkenbasis wehte der Wind mit rund 10 Knoten aus Sektor West.

Wolken	3/8–4/8 um 6300 ft AMSL
Wetter	trocken
Sicht	10 km oder mehr
Wind	270 Grad, 5–10 kt auf 3600 ft AMSL
Temperatur/Taupunkt	12 °C / 5 °C auf 3600 ft AMSL
Luftdruck QNH <sup>3</sup>	1021 hPa
Gefahren/Trend	Keine wesentliche Änderung

### 1.2.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 210 Grad	Höhe: 50 Grad
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

<sup>3</sup> QNH: Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der Standardatmosphäre

## 1.2.4 Webcam-Aufnahmen



**Abbildung 3:** Webcam-Aufnahme von Gündlikon/ZH in südöstlicher Richtung um 14:30 Uhr; der Kollisionspunkt liegt rund 20 km weit entfernt (rote Markierung).



**Abbildung 4:** Webcam-Aufnahme vom Kronberg/Al auf rund 1650 m/M in nördlicher Richtung um 14:59 Uhr; der Kollisionspunkt liegt weiter westlich, ausserhalb des Bildausschnittes.

## 1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

### 1.3.1 HB-CXK

Luftfahrzeugmuster	T210L (Turbo Centurion)
Charakteristik	Einmotoriger sechssitziger freitragender Schulterdecker in Ganzmetallbauweise mit Einziehfahrwerk in Bugradanordnung
Hersteller	Cessna Aircraft Company, Wichita, USA
Relevante Ausrüstung	Kein Kollisionswarnsystem Transponder Mode-S

Masse und Schwerpunkt	Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch ( <i>Aircraft Flight Manual – AFM</i> ) zulässigen Grenzen.
Zulassungsbereich	Privat
Bemalung	Weisser Grund mit grünem Längsstreifen
Visualisierung	



1.3.2	HB-OQW	
	Luftfahrzeugmuster	PA-28-181 (Archer II)
	Charakteristik	Einmotoriger viersitziger Tiefdecker in Ganzmetallbauweise mit festem Fahrwerk in Bugradanordnung
	Hersteller	Piper Aircraft Corporation, Vero Beach, USA
	Relevante Ausrüstung	Kein Kollisionswarnsystem Transponder Mode-S
	Masse und Schwerpunkt	Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch ( <i>Aircraft Flight Manual – AFM</i> ) zulässigen Grenzen.
	Zulassungsbereich	Gewerbsmässig
	Bemalung	Weiss-blauer Grund mit goldenen Streifen
	Visualisierung	



## 1.4 Rekonstruktion der Sichtverhältnisse und der Kollision

### 1.4.1 Allgemeines

Zur Ermittlung der Kollisionskonfiguration der beiden Flugzeuge wurden diese spurenkundlich untersucht. Weiter wurden die Flugzeuge mit einem Laser-Scanner vermessen (*scanning*) und daraus entsprechende 3-D-Modelle erstellt, um deren Lage im Raum zum Zeitpunkt der Kollision zu rekonstruieren.

Der Innenraum des Cockpits der HB-CXK wurde gescannt und in das 3-D-Modell des Flugzeuges integriert; anstelle der zerstörten HB-OQW wurden die gleichen Schritte an einem Flugzeug gleichen Musters ausgeführt. Zur Rekonstruktion der geometrischen Sichtverhältnisse nahm der jeweilige Pilot im entsprechenden Flugzeug vorne links Platz. Dabei wurde die Sitzeinstellung wie während des Unfallfluges gewählt. Die Blickrichtung wurde im 3-D-Modell dabei parallel zur Flugzeuglängsachse angenommen.

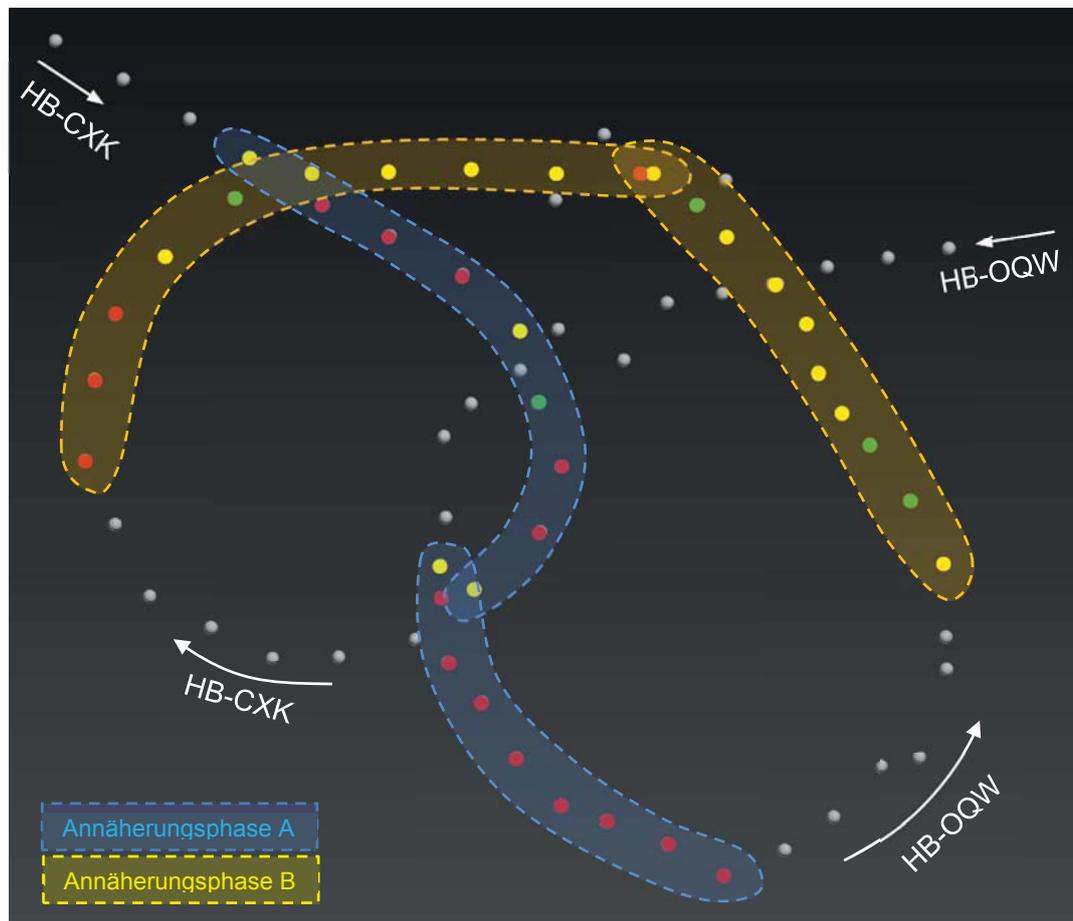
Anhand der erhobenen Piloten-Scandaten auf dem jeweiligen Pilotensitz wurde ein 3-D-Modell erstellt mit dem Ziel, die geometrischen Sichtverhältnisse mit allfälligen Einschränkungen aus dem jeweiligen Cockpit zu bestimmen. Unter diesen Rahmenbedingungen ergibt sich so ein theoretisches Sichtfeld.

Die Radaraufzeichnungen zeigen eine Annäherung in einem flachen Winkel (vgl. Abbildung 1), d. h. die HB-OQW näherte sich der HB-CXK in Flugrichtung gesehen von vorne rechts. Aus diesem Grund wurden auch die Sichtverhältnisse vom jeweiligen Passagiersitz vorne rechts unter Verwendung der erhobenen Scandaten des jeweiligen Piloten rekonstruiert.

#### 1.4.2 Rekonstruktion der geometrischen Sichtverhältnisse

Die Analyse der geometrischen Sichtverhältnisse konzentrierte sich auf die Zeitspanne, in welcher der Pilot der HB-CXK einen Vollkreis nach rechts flog und der Pilot der HB-OQW eine lang gezogene Linkskurve geringer Querlage durchführte (vgl. Abbildung 5). Diese zeigt gemäss den Radaraufzeichnungen alle 4 Sekunden die jeweilige Position der HB-CXK bzw. der HB-OQW.

Dabei wurde zwischen zwei Annäherungsphasen (A und B) unterschieden, in denen die Möglichkeit für eine geometrische Sichtbarkeit erörtert wurde.



**Abbildung 5:** Zeitgleiche Position der HB-CXK und der HB-OQW, wobei grüne Punkte eine gemäss 3-D-Modell vollständige Sichtbarkeit, gelbe Punkte eine teilweise und rote Punkte eine nicht vorhandene Sichtbarkeit zum jeweils andern Flugzeug bedeuten.

Die etwa 32 s dauernde Phase A, von 12:43:49 UTC bis 12:44:21 UTC, beschreibt die erste Annäherung der beiden Flugzeuge. Während sich die HB-CXK anfangs in einer Geradeausbewegung befand und dann eine Rechtskurve flog, befand sich die HB-OQW bereits in einer Linkskurve.

In der etwa 38 s dauernden Phase B, von 12:44:49 UTC bis 12:45:25 UTC, erfolgte die zweite Annäherung, die schliesslich zur Kollision führte. Während sich die HB-CXK anfangs in einer Rechtskurve befand und dann in einen Geradeausflug überging, befand sich die HB-OQW in einer Linkskurve und ging dann ebenfalls in einen nahezu geraden Flug über. Letztlich bewegten sich die zwei Flugzeuge im Horizontalflug auf ungefähr gleicher Flughöhe aufeinander zu.

Die Ergebnisse aus der Rekonstruktion der geometrischen Sichtverhältnisse in der Phase A können wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Anlage 1):

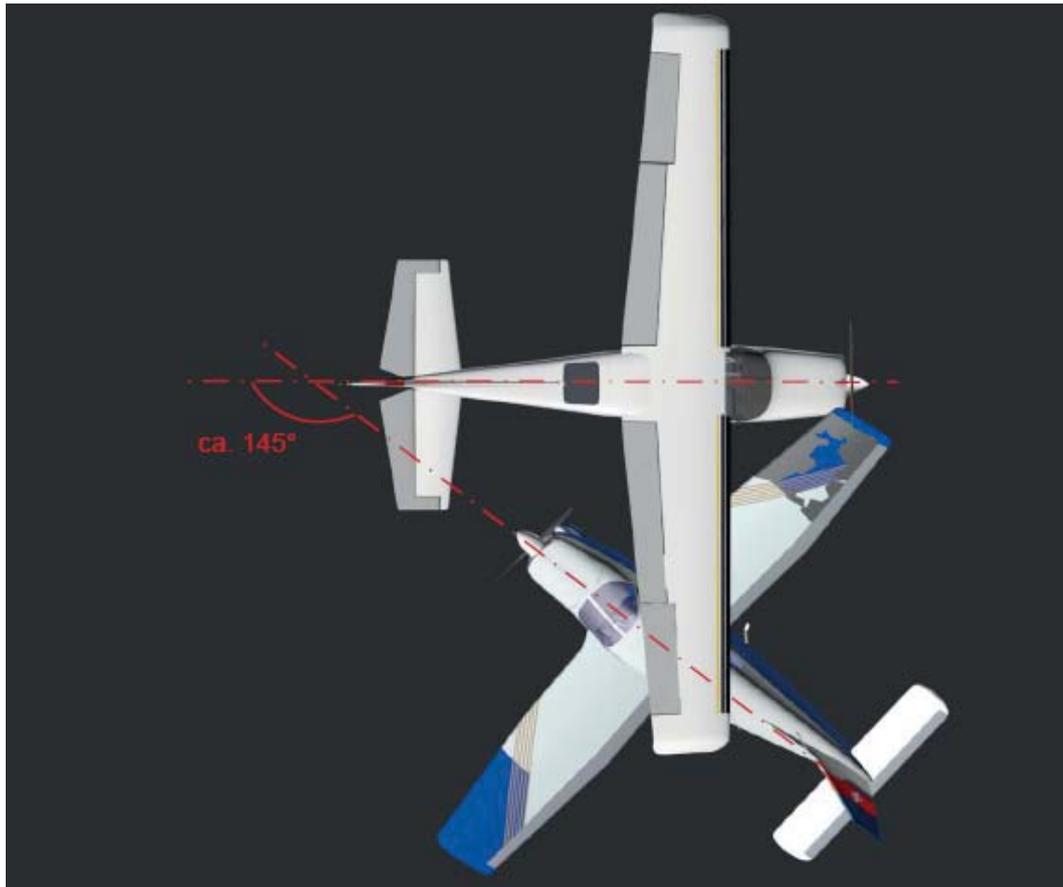
- Die Distanz zwischen den beiden Flugzeugen bewegte sich zu Beginn um einen Wert von rund 1750 m und verringerte sich aber während der letzten etwa 10 Sekunden auf einen Wert von rund 1350 m.
- Für den Piloten der HB-CXK war die HB-OQW nur zweimal während weniger Sekunden theoretisch sichtbar.
- Für den Passagier vorne rechts in der HB-CXK bot sich insgesamt nur dreimal die Möglichkeit, die HB-OQW theoretisch zu sehen.
- Für den Piloten der HB-OQW war die HB-CXK nur zu Beginn während weniger Sekunden theoretisch sichtbar.
- Für den Passagier vorne rechts in der HB-OQW war die HB-CXK theoretisch nicht sichtbar.

Die Ergebnisse aus der Rekonstruktion der geometrischen Sichtverhältnisse in der Phase B lassen sich folgendermassen zusammenfassen (vgl. Anlage 1):

- Die Distanz zwischen den beiden Flugzeugen lag zu Beginn bei mehr als 3300 m und nahm bis zur Kollision kontinuierlich ab. Anfangs lag die Annäherungsgeschwindigkeit bei rund 30 m/s, ab 12:45:05 UTC erhöhte sich diese auf rund 125 m/s.
- Für den Piloten der HB-CXK wurde die HB-OQW erst rund 25 Sekunden vor der Kollision während höchstens 8 Sekunden in einer Distanz von zwischen 3000 m und 2500 m theoretisch sichtbar.
- Für den Passagier vorne rechts in der HB-CXK wurde die HB-OQW in den letzten rund 20 Sekunden theoretisch sichtbar. In den letzten Sekunden vor der Kollision war die Sicht auf die HB-OQW teilweise durch das Instrumentenpanel eingeschränkt (vgl. Anlage 2).
- Für den Piloten der HB-OQW war die HB-CXK in den letzten rund 15 Sekunden theoretisch uneingeschränkt sichtbar (vgl. Anlage 3).
- Für den Passagier vorne rechts in der HB-OQW war die HB-CXK erst rund 30 Sekunden vor der Kollision während höchstens 15 Sekunden in einer Distanz von zwischen 3300 m und 2500 m theoretisch sichtbar, so auch in den letzten Sekunden vor der Kollision (vgl. Anlage 3).

#### 1.4.3 Kollisionsgeometrie

Die spurenkundliche Untersuchung ergab, dass die Längsachsen der beiden Flugzeuge beim Kontakt des rechten Randbogens der HB-OQW mit dem Propeller der HB-CXK einen Winkel von etwa 145 Grad zueinander aufwiesen (vgl. Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Die Längsachsen der beiden Flugzeuge wiesen beim ersten Kontakt einen Winkel von etwa 145 Grad auf.

Nimmt man als Referenz an, dass sich die HB-CXK im horizontalen Geradeausflug befand, so zeigte die HB-OQW eine Fluglage von ungefähr 15 Grad *airplane nose up* (ANU). Beim Kontakt des rechten Randbogens der HB-OQW mit dem Propeller der HB-CXK zeigten die beiden Flugzeuge hinsichtlich ihrer Querneigungswinkel (*bank angle*) eine Differenz von etwa 30 Grad (vgl. Abbildung 7).

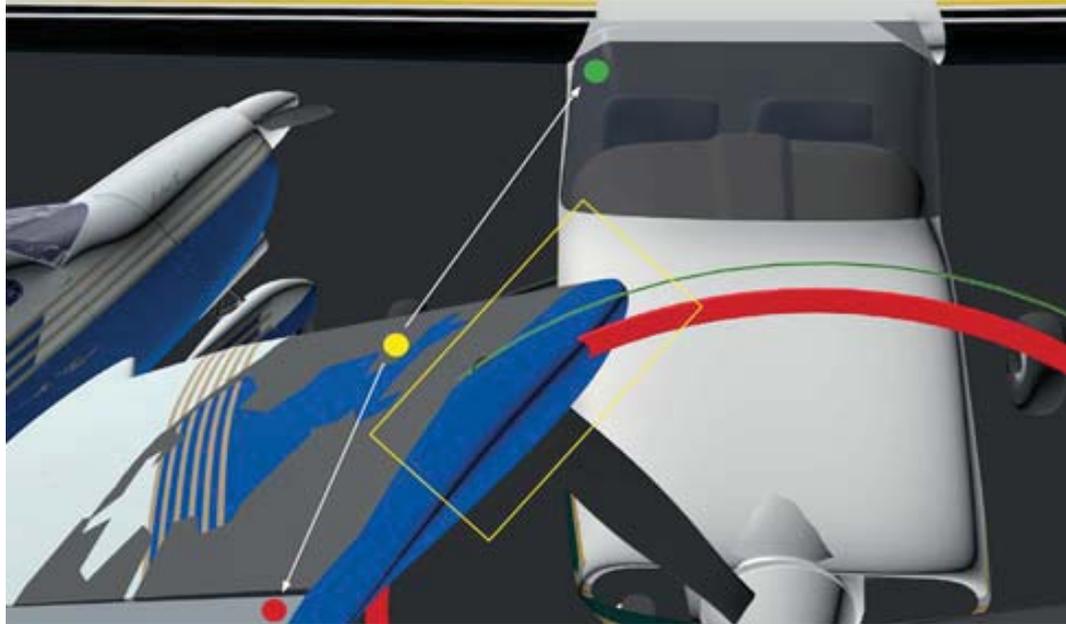


**Abbildung 7:** Die beiden Flugzeuge trafen sich beim ersten Kontakt mit einer Differenz hinsichtlich ihrer Querneigungswinkel (*bank angle*) von etwa 30 Grad.

Es ist festzuhalten, dass die Angaben sowie die zugehörigen Abbildungen im vorliegenden Kapitel relative Grössen bzw. Darstellungen sind; letztere können unter Umständen von den Positionen gegenüber dem natürlichen Horizont abweichen.

Der erste Kontakt mit dem Propeller (Spitze des Propellerblattes 3) der HB-CXK erfolgte am rechten Randbogen der HB-OQW. Dabei wurde dieser linear resp. schräg verlaufend durchtrennt (vgl. Abbildung 8, gelbes Rechteck).

Anschliessend kollidierte die blau lackierte Zone etwa im ersten Drittel innerhalb des Randbogens (vgl. Abbildung 8, gelber Punkt) mit der Eintrittskante der rechten Flügelwurzel und der A-Säule bzw. dem Kabinendach der HB-CXK (vgl. Abbildung 8, grüner Punkt).



**Abbildung 8:** Zweite Kollisionszone zwischen der Eintrittskante der HB-OQW und der rechten Flügelwurzel, der A-Säule und dem Kabinendach der HB-CXK

Diese zweite Kollisionszone weist gegenüber dem ersten Kontakt zwischen dem Randbogen der HB-OQW und dem Propeller der HB-CXK nur geringe Distanzen auf, weshalb die Kollisionsgeometrie zwischen den beiden Flugzeugen nahezu identisch blieb, wie in Abbildung 6 bzw. in Abbildung 7 dargestellt.

Die besagte Tragflügelzone bzw. das blau lackierte Blechteil wurde aus der Verankerung gerissen und nach hinten gedrückt, wo es mit dem äusseren Ende des rechten Querruders der HB-OQW (vgl. Abbildung 8, roter Punkt) zusammengepresst wurde. Diese beiden Teile wurden vom rechten Tragflügel der HB-OQW separiert und zusammengepresst an der HB-CXK haftend bis zum Flugplatz Sittendorf mitgenommen.

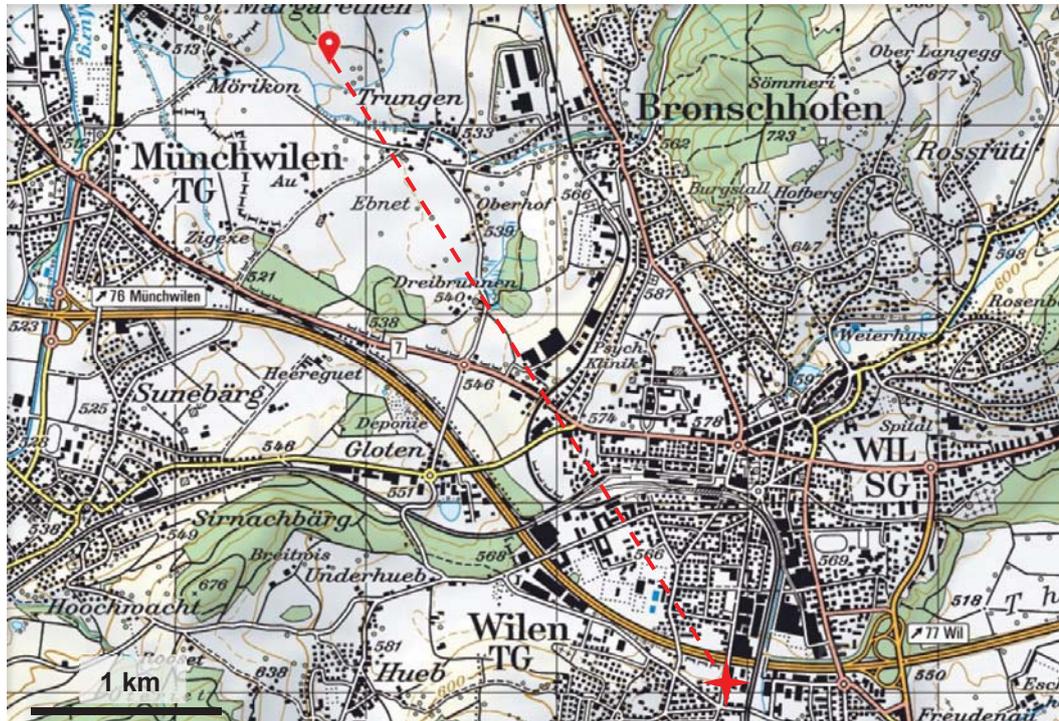


**Abbildung 9:** Stark gekürzter rechter Flügel der HB-OQW nach der Kollision

Ferner belegen schwarze Aufriebsspuren im Bereich der Trennstelle der Eintrittskante des noch an der HB-OQW verbliebenen rechten Flügelstumpfes, dass diese Zone mit der schwarzen Eintrittskante des rechten Höhenleitwerks der HB-CXK Kontakt hatte. Dieser erfolgte gemäss der Form und den Mikrospuren im Bereich der Wurzel des rechten Höhenleitwerks der HB-CXK.

## 1.5 Notlandung der HB-OQW und Fundort der Trümmerteile

Die Notlandung der HB-OQW erfolgte auf einer Wiese rund 700 m nordwestlich des Weilers Trungen bei Bronschhofen/SG auf rund 520 m/M (vgl. Abbildung 10).



**Abbildung 10:** Ungefäher Flugverlauf (rot gestrichelte Linie) vom Kollisionspunkt (roter Stern) bis zur Notlandestelle (rote Boje) nordwestlich des Weilers Trungen, Karte reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

Das Spurenbild im Erdreich sowie die Erdanhaftungen am Wrack lassen den Schluss zu, dass der Erstkontakt mit dem Gelände in einer Querlage nach rechts erfolgte. Der rechte Flügel wurde dadurch vom Rumpf abgetrennt und lag rund 100 m südöstlich des Hauptwracks. Nach dem Verlust des rechten Flügels drehte sich der Rumpf um die Längsachse nach rechts, schlug auf der Wiese auf und schlitterte auf der rechten Seite bis zum Stillstand. Das Leitwerk wurde bei der Notlandung aus der Verankerung gerissen. Der obere Abschluss des Seitenleitwerks und das Endteil des rechten Höhenleitwerks wurden vom Rumpf separiert. Das Wrack kam auf der rechten Seite liegend zum Stillstand. Auf dieser Seite befindet sich die einzige Türe zur Fluggastzelle.

Der linke Tragflügel der HB-OQW befand sich in einem nahezu intakten Zustand; der betreffende Tragflügel wies einige wenige Dellen und Erdanhaftungen auf.

Die Sicherheitsgurte hielten beim Aufprall der Belastung stand.

Der automatische Notsender (*emergency locator transmitter* – ELT) wurde bei der Landung ausgelöst und sandte von 14:46:50 bis 15:31:51 Uhr ein Signal aus.

Trümmerteile beider Flugzeuge wurden in der Nähe der Bahnlinie, die in nord-südlicher Richtung zwischen den Ortschaften Rickenbach und Wilen bei Wil/TG verläuft, südlich der Autobahn A1 gefunden. Es handelte sich dabei um die rechte Flügelspitze inklusive Querruder der HB-OQW sowie das rechte Höhenleitwerk (*stabilizer*) inklusive Höhenruder der HB-CXK.

## 1.6 Bergung und Rettung

Etwa 10 Minuten nach der Kollision respektive rund fünf Minuten nach der Landung auf dem Flugplatz Sitterdorf erfolgte der Notruf an die Schweizerische Rettungsflugwacht (REGA); ein Rettungshelikopter von der Basis St. Gallen traf etwa 13 Minuten später in Sitterdorf ein. Die Bergung der schwer verletzten Insassen gestaltete sich ohne besonderen Aufwand und Zeitverlust. Noch vor Eintreffen der Feuerwehr vor Ort, rund 32 Minuten nach der Notlandung, befanden sich die Schwerverletzten bereits auf dem Weg in umliegende Spitäler.

Der erste Notruf betreffend die HB-OQW erfolgte von Passanten rund 12 Minuten nach der Kollision respektive etwa 10 Minuten nach der Notlandung unter ungenauer Ortsangabe an die Kantonale Notrufzentrale des Kantons St. Gallen. Die Feuerwehr, welche die notgelandete HB-OQW dank herbeigeeilter Ersthelfer fand, traf rund 20 Minuten nach der Notlandung dort ein. Nach Eintreffen der Rettungssanitäter, rund 26 Minuten nach der Notlandung, wurden die Verletzten erstversorgt. Danach wurden sie aufwändig aus dem Wrack geborgen, weil das Flugzeug auf der rechten Seite, und somit auf der einzigen Tür, zu liegen kam. Weiter wurde ein Flugzeugspezialist durch die Feuerwehr beigezogen, weil im Flugzeugwrack verschiedene elektrische Geräte noch in Betrieb waren.

Zusammenfassend kann im vorliegenden Fall festgehalten werden, dass die Notlandung auf einem Flugplatz die Bergung beschleunigt hat.

## 1.7 Angaben zu einem früheren Unfall

Am 6. Juni 2013 kam es im Raum Gisliflue, Gemeinde Auenstein/AG, zu einer Kollision zwischen einem Segelflugzeug und einem Motorflugzeug. Die Untersuchung der SUST kam im Bericht Nr. 2238 zum Schluss, dass die Kollision auf die zu wenig aktive Luftraumüberwachung beider Besatzungen zurückzuführen sei. Als systemische Ursache wurde ermittelt, dass das Motorflugzeug nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet war und die Transpondersignale des Motorflugzeuges nicht durch das Kollisionswarnsystem des Segelflugzeuges empfangen werden konnten. Der Pilot der HB-OQW war an der damaligen Kollision beteiligt.

## 1.8 Angaben zu Kollisionswarnsystemen

Die verfügbaren Kollisionswarnsysteme für die Luftfahrt und deren Kompatibilität wurden im Bericht Nr. 2238 der SUST über die Kollision vom 6. Juni 2013 in Gisliflue, Gemeinde Auenstein/AG, ausführlich vorgestellt.

Allen Kollisionswarngeräten gemeinsam sind die Positionsbestimmung mittels GPS oder Empfangsfeldstärke sowie eine grafische Darstellung der umliegenden Luftfahrzeuge, sofern diese mit einem kompatiblen Gerät ausgerüstet sind. Kontinuierliche Weiterentwicklungen ermöglichen heute eine bessere Kompatibilität der gegenwärtigen Kollisionswarnsysteme.

Die beiden an der Kollision beteiligten Flugzeuge waren je mit einem Transponder Mode-S, jedoch nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet.

## 1.9 Organisation und deren Führung

### 1.9.1 Allgemeines

Der gewerbliche Rundflugbetrieb in Lommis wird von der Motorfluggruppe Thurgau (MFGT) durchgeführt. Der Betrieb ist im Betriebshandbuch (*Operations Manual – OM*) A geregelt; dieses wird den Rundflugpiloten elektronisch zur Verfügung gestellt.

Zusätzlich publiziert die MFGT in unregelmässigen Abständen sogenannte *Safety Bulletins*, die auf der Internetseite der MFGT öffentlich einsehbar sind.

### 1.9.2 Reaktion auf den Unfall vom 6. Juni 2013

Im Anschluss an den früheren Unfall (vgl. Kapitel 1.7) publizierte die MFGT ein *Safety Bulletin*. Darin wird unter anderem auf die Problematik der Luftraumüberwachung und die Absetzung einer Dringlichkeitsmeldung am Funk hingewiesen. Ebenso wird in diesem *Safety Bulletin* die Absicht erwähnt, dass in naher Zukunft alle Flugzeuge der MFGT mit einem Kollisionswarngerät des Typs Power-Flarm ausgerüstet werden sollen.

Zwischenzeitlich rüstete die MFGT die folgenden vier Flugzeuge mit einem Kollisionswarngerät aus: HB-KOF, HB-KFV, HB-KFW, HB-WYC.

Am 28. März 2014 wurde der Antrag ans BAZL für einen Finanzierungsbeitrag an den Einbau eines Flarm in die HB-OQW eingereicht. Die definitive Zusage zu den Beiträgen vom BAZL lag rund ein halbes Jahr nach dem Unfall vor.

### 1.9.3 Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betreffend Rundflüge

Im Vorfeld zu Passagierrundflügen finden sich im OM-A keine Vorgaben betreffend Luftraumüberwachung generell oder als Diskussionspunkt im Rahmen der Vorflugbesprechung (*Briefing*) mit den Passagieren.

## 1.10 Angaben zu Flugplätzen

### 1.10.1 Flugfeld Lommis

Das Flugfeld Lommis (LSZT) befindet sich 19 NM östlich des Funkfeuers Kloten. Der Flugbetrieb wird vorwiegend auf Vereinsbasis durchgeführt. Über dem Luftraum des Flugfeldes erstreckt sich der Nahkontrollbezirk (*Terminal Control Area – TMA*) des Flughafens Zürich, dessen Untergrenzen zwischen 4500 ft und 6500 ft AMSL liegen.

Die Graspiste des Flugfeldes Lommis weist folgende Abmessungen auf:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Piste
06/24	615 × 30 m	1539 ft AMSL

### 1.10.2 Flugfeld Sitterdorf

Das Flugfeld Sitterdorf (LSZV), rund 30 NM östlich des Funkfeuers Kloten, verfügt über eine Graspiste mit folgenden Abmessungen:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Piste
08/26	480 × 20 m	1660 ft AMSL

## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

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

### 2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

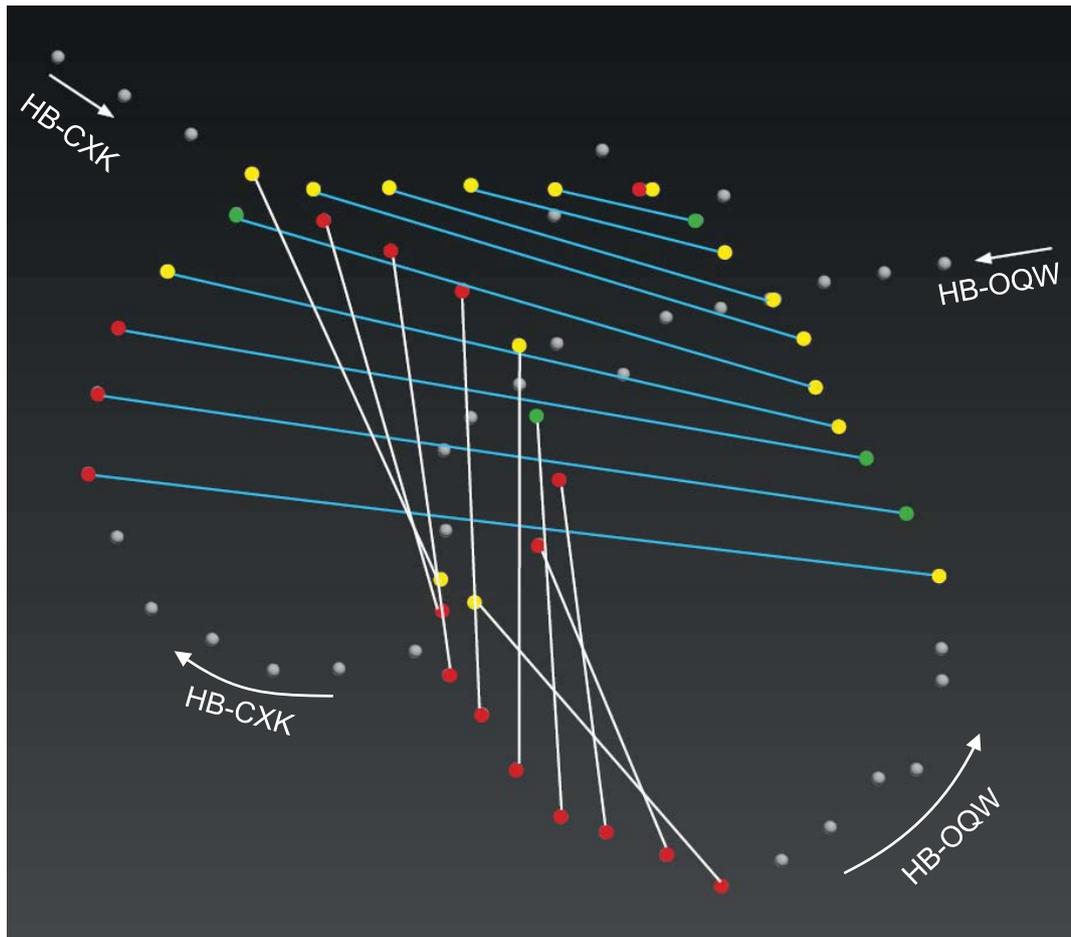
#### 2.2.1 Modellierte Sichtbarkeit

Die Analyse der geometrischen Sichtverhältnisse konzentrierte sich auf die Zeitspanne, in welcher der Pilot der HB-CXK einen Vollkreis nach rechts flog und der Pilot der HB-OQW eine lang gezogene Linkskurve geringer Querlage durchführte (vgl. Abbildung 5). In dieser Phase betrug die Distanz zwischen den beiden Flugzeugen weniger als 5 km, so dass sie grundsätzlich für das menschliche Auge auch ausserhalb des Bereiches des zentralen Scharfsehens (foveales Sehen) sichtbar waren. Dieses umfasst beim Menschen einen Winkel von nur rund 2 Grad. Das Auflösungsvermögen und die Sehschärfe sind ausserhalb dieses Bereiches, d. h. abseits der Blickrichtung resp. im sogenannten peripheren Gesichtsfeld, stark vermindert. Die Wahrnehmungsgrenze von Form- sowie von Helligkeits- und Farbkontrasten im peripheren Blickfeld liegt bei ca. 10 Grad. Ausserhalb dieses Bereiches werden nur noch Bewegungen wahrgenommen.

In der Annäherungsphase A bot sich gemäss den modellierten Sichtverhältnissen in beiden Flugzeugen (vgl. Kapitel 1.4.2) sowohl dem Piloten als auch dem Passagier auf dem vorderen rechten Sitz für nur jeweils wenige Sekunden eine geometrische Sichtbarkeit des jeweils anderen Flugzeuges. Dabei wurde eine Blickrichtung der Insassen parallel zur Flugzeuglängsachse angenommen. Im Verlauf dieser Phase befand sich die HB-CXK anfangs in einer Geradeausbewegung und flog dann eine Rechtskurve, während sich die HB-OQW in einer Linkskurve befand. Aus der HB-CXK gesehen, flog die HB-OQW im Verlauf dieser Phase mehrheitlich im vorderen oder primären Sichtbereich, wobei sich deren Relativposition von ungefähr 2 Uhr allmählich im Gegenuhrzeigersinn bis 9 Uhr veränderte. Die weissen Verbindungslinien in Abbildung 11 verdeutlichen die Relativbewegungen der beiden Flugzeuge zueinander. Aus der HB-OQW gesehen, befand sich die HB-CXK in dieser Zeitspanne mehrheitlich im hinteren oder sekundären Sichtbereich, d. h. zwischen einer 5-Uhr-Position und einer 8-Uhr-Position.

Auch wenn diese Relativbewegungen zwischen den Flugzeugen in dieser Zeitspanne für die visuelle Wahrnehmung grundsätzlich hilfreich sind, ist es mit Blick auf die mehrheitlich eingeschränkte Sichtbarkeit nicht erstaunlich, dass in dieser etwa 32 s dauernden Phase A keiner der betroffenen Insassen das jeweils andere Flugzeug wahrnahm, zumal sich die HB-CXK für die Insassen der HB-OQW im hinteren Sichtbereich befand, also ausserhalb der angenommenen starren Blickrichtung. Im Weiteren gab der Passagier in der HB-CXK vorne rechts an, im Verlauf des Vollkreises seinen Blick auf den künstlichen Horizont und auf den Höhenmesser, also ins Cockpitinnere gerichtet gehabt zu haben.

Im Verlauf der Annäherungsphase B gingen beide Flugzeuge aus einem Kurven in einen Geradeausflug über und bewegten sich in den letzten rund 15 Sekunden vor der Kollision auf ungefähr gleicher Flughöhe mit einer Annäherungsgeschwindigkeit von rund 125 m/s aufeinander zu. In diesen Sekunden vor der Kollision bewegten sich die beiden Flugzeuge unter einem annähernd konstanten Winkel (stehende Peilung) aufeinander zu, d. h. aus dem Blickwinkel der Insassen blieb die Position des jeweils anderen Flugzeuges unverändert, wie anhand der blauen Linien in Abbildung 11 gut zu erkennen ist.



**Abbildung 11:** Die Überschneidungen der weissen Verbindungslinien zwischen zeitgleicher Position der HB-CXK und der HB-OQW verdeutlichen die Relativbewegungen zwischen den beiden Flugzeugen in der Phase A. Die blauen Verbindungslinien zeigen in Phase B geringe Relativbewegungen. Grüne Punkte bedeuten eine gemäss 3-D-Modell vollständige Sichtbarkeit, gelbe Punkte eine teilweise und rote eine nicht vorhandene Sichtbarkeit zum jeweils andern Flugzeug.

Die HB-OQW war für den Piloten der HB-CXK nur während seiner Rechtskurve in einer Distanz zwischen 3000 m und 2500 m, für höchstens 8 Sekunden theoretisch sichtbar. Danach blieb die HB-OQW durch das Instrumentenpanel verdeckt (vgl. Anlage 2). Aufgrund der stehenden Peilung<sup>4</sup> ändert sich bei wiederum starrer Blickrichtung an diesen geometrischen Sichtverhältnissen bis unmittelbar vor der Kollision nichts. Der Pilot stellte in dieser Phase die Frequenz des Flugplatzes Dübendorf ein, wozu er seinen Blick ins Innere des Cockpits richtete.

Für den Passagier vorne rechts in der HB-CXK war die HB-OQW in den letzten rund 20 Sekunden theoretisch sichtbar. Sie befand sich in Flugrichtung gesehen weniger als 60 Grad rechts von ihm und war somit für das menschliche Auge bei einer Distanz von weniger als 3 km sichtbar. Wie der Passagier angab, richtete er vor der Kollision seinen Blick auf die über ihnen entgegenfliegende Mooney HB-DGG, als in seinem rechten Blickwinkel der Flügel der HB-OQW von unten rechts auftauchte. Es ist naheliegend, dass er beim Anblick der Mooney nicht mit einem weiteren Flugzeug rechnete, das sich auf Kollisionskurs befand.

<sup>4</sup> Jedes der auf einander zu fliegenden Flugzeuge sieht das andere in nahezu gleichbleibender Richtung und somit auf Kollisionskurs.

Ähnliche Sichtverhältnisse trafen auch für den Piloten der HB-OQW zu, für den die HB-CXK während der letzten rund 15 Sekunden theoretisch uneingeschränkt sichtbar war (vgl. Anlage 3), wobei sich die HB-CXK um weniger als 60 Grad links von ihm auf ihn zubewegte und somit für das menschliche Auge sichtbar war. Wie der Pilot angab, führte er vor Wil die Prüfliste für den Anflug (*approach check*) durch, wozu er seinen Blick ins Innere des Cockpits richtete. Danach erkannte er ebenfalls die Mooney HB-DGG und entschied sich, ihr zu folgen. Es ist daher naheliegend, dass er in diesem Moment nicht ein weiteres Flugzeug in unmittelbarer Nähe erwartete.

Für den Passagier vorne rechts in der HB-OQW wurde die HB-CXK erst in den letzten Sekunden vor der Kollision theoretisch sichtbar (vgl. Anlage 3). In der Zeitdauer von rund 30 Sekunden bis ungefähr 15 Sekunden vor der Kollision war die HB-CXK auf einer 9- bis 10-Uhr Position für ihn theoretisch sichtbar, allerdings in einer Distanz von zwischen 3300 m und 2500 m und auf der ihm abgewandten Seite.

Die modellierten Sichtverhältnisse aus den beiden Flugzeugen auf ungefähr gleicher Flughöhe im Geradeausflug machen in den letzten rund 15 Sekunden vor der Kollision deutlich, dass die Problematik eines Schulterdeckers mit nach oben eingeschränkten Sichtverhältnissen und eines Tiefdeckers mit nach unten eingeschränkten Sichtverhältnissen im vorliegenden Fall nicht im Vordergrund stand.

Gemäss Aussage der beteiligten Piloten war der Landescheinwerfer der HB-CXK im Reiseflug ausgeschaltet, derjenige der HB-OQW eingeschaltet. Der Landescheinwerfer der HB-OQW war mit LED-Lichtern ausgestattet. Diese besitzen eine hohe Leuchtkraft und erhöhen entsprechend die Sichtbarkeit. Ob eingeschaltete LED-Lichter bei der HB-CXK die Aufmerksamkeit des Piloten der HB-OQW rechtzeitig erlangt hätten, muss im vorliegenden Fall offenbleiben. Gerade bei diffusen Lichtverhältnissen ist jedoch das Einschalten von Scheinwerfern der frühen Erkennbarkeit förderlich.

### 2.2.2 Luftraumüberwachung

Beide an der Kollision beteiligten Flugzeuge waren nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*) unterwegs, wonach im Luftverkehr zur Kollisionsvermeidung das Prinzip *see and avoid* zur Anwendung kommt. Dabei ist das Erkennen anderer Luftfahrzeuge die notwendige Voraussetzung, um aus deren Position, Kurs und Geschwindigkeit zielführende Massnahmen ableiten zu können.

Nebst der stehenden Peilung in den letzten Sekunden vor der Kollision kamen in beiden Annäherungsphasen A und B die zeitweise eingeschränkten Sichtverhältnissen erschwerend hinzu, wie sie sich im Modell aus den starren Blickrichtungen parallel zur Flugzeugslängsachse, d. h. ohne Kopfbewegungen der vorderen Insassen ergaben.

Üblicherweise lassen sich Sichtbeeinträchtigungen durch Streben, Türpfosten, Instrumentenbrett oder Innendach beim Kurvenflug durch eine aktive Luftraumbeobachtung mit bewussten Bewegungen des Kopfes oder Oberkörpers verhindern.

Zum Thema „*Bessere Erkennbarkeit kleiner Luftfahrzeuge als Schutz vor Kollisionen*“ wurde im Abschlussbericht des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen<sup>5</sup> u. a. festgehalten, dass das Erkennen anderer Luft-

---

<sup>5</sup> BEKLAS - Erkennbarkeit von Segelflugzeugen und kleinen motorisierten Luftfahrzeugen (Forschungsbericht FE-Nummer L - 6 / 2002 – 50.0300 / 2002), Deutsches Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Mai 2004

fahrzeuge wesentlich durch die Erwartungshaltung des Beobachters beim Absuchen (*scanning*) beeinflusst werden; diese muss zu jeder Zeit während eines Fluges der jeweiligen Situation neu angepasst werden, insbesondere bei Kurswechseln wie im Kurvenflug.

Diese Erwartungshaltung kann bereits bei der Flugplanung sowie bei der anschliessenden Durchführung des Fluges thematisiert und die entsprechenden Schlüsse daraus gezogen werden. Diese können die Ortswahl für die Durchführung eines Flugmanövers (*air work*) oder der Flugroute in der Nähe von Flugplätzen massgeblich beeinflussen.

Im vorliegenden Fall ist bemerkenswert, dass beide Piloten Sekunden vor der Kollision mit anderen Tätigkeiten als der Luftraumüberwachung beschäftigt waren, was ihr Augenmerk zeitweise ins Innere des Cockpits lenkte. Abarbeiten von Prüflisten, Wechseln von Frequenzen am Funkgerät oder auch das Navigieren anhand von Luftfahrt- oder Anflugkarten sind wiederkehrende Tätigkeiten eines Piloten im Flug, die eine Ablenkung von der Luftraumüberwachung darstellen. Dies erfordert eine vorausschauende Prioritätensetzung, um die Verweilzeit des Blickes ins Innere des Cockpits (*head down time*) so gering wie möglich zu halten.

Passagiere können einen Piloten ebenfalls von der Luftraumüberwachung ablenken. Sie können demgegenüber auch in die Luftraumüberwachung miteinbezogen werden. Dies setzt jedoch eine diesbezügliche Vorflugbesprechung (*Briefing*) voraus. Hierzu liegen vor Antritt des Fluges in der HB-CXK gegenteilige Aussagen vor, während der Pilot der HB-OQW angab, dass er die Passagiere nicht mit der Aufgabe der Luftraumüberwachung betraute, weil man sich nicht auf sie verlassen könne. Auch in den Betriebshandbüchern der Motorfluggruppe Thurgau (MFGT) betreffend Rundflüge finden sich keine Vorgaben hinsichtlich der Luftraumüberwachung als Diskussionspunkt im Rahmen des *Briefings* mit den Passagieren. Dadurch wurde die Möglichkeit eines weiteren Sicherheitsnetzes im Vorfeld ungenutzt gelassen.

In den letzten rund 90 Sekunden vor der Kollision befanden sich die beiden Flugzeuge innerhalb einer Distanz von weniger als 5 km zueinander (vgl. Abbildung 1 oranger Kreis). Aufgrund der modellierten Sichtbarkeit (vgl. Anlage 1) war das jeweils andere Flugzeug in diesem Zeitraum zeitweilig theoretisch sichtbar. Die Untersuchung kommt daher zum Schluss, dass die Luftraumüberwachung zu wenig aktiv erfolgte.

Die beiden an der Kollision beteiligten Flugzeuge waren nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet (vgl. Kapitel 1.8). Solche Geräte bieten ein gutes Sicherheitsnetz, insbesondere bei Tätigkeiten, bei denen der Pilot *head down* ist, da die Kollisionswarnsysteme akustische Signale erzeugen, die den Piloten auf eine mögliche gefährliche Annäherung hinweisen. Im Weiteren sind solche Systeme in der Lage, gleichzeitig vor mehreren Luftfahrzeugen zu warnen.

Vorausgesetzt, die beiden Flugzeuge wären mit einem kompatiblen Kollisionswarnsystem ausgerüstet gewesen, hätte sich die Wahrscheinlichkeit einer Kollision bei angemessener Reaktion beider Piloten massiv reduziert. Die Untersuchung kommt daher zum Schluss, dass das Fehlen eines Kollisionswarnsystems an Bord beider Flugzeuge systemisch-ursächlich ist.

### 2.2.3 Kollisionsgeometrie und Notlandungen

Die spurenkundliche Untersuchung ermöglicht nur eine Aussage zur relativen Kollisionsgeometrie, d. h. zu relativen Grössen, die unter Umständen von den tatsächlichen Positionen gegenüber dem natürlichen Horizont abweichen können (vgl. Kapitel 1.4.3). So zeigten die beiden Flugzeuge hinsichtlich ihrer Querneigungswinkel (*bank angle*) eine Differenz von etwa 30 Grad (vgl. Abbildung 7), als der rechte

Randbogen der HB-OQW mit dem Propeller der HB-CXK in Kontakt kam. Dieser Befund steht im Einklang mit den Angaben beider Piloten, wonach diese unmittelbar vor der Kollision ein Ausweichmanöver nach links eingeleitet hätten. Es ist jedoch anhand der vorliegenden Angaben nicht möglich, die jeweiligen Anteile des eingeleiteten Manövers zu quantifizieren.

Nach der Kollision behielt der Pilot der HB-OQW den Steuerkurs bei und suchte in der Flugachse nach einem geeigneten Notlandefeld. In den verbleibenden etwa 85 Sekunden gelang es dem Piloten noch, einen Funkspruch betreffend die Kollision abzusetzen und die Passagiere zu instruieren, die Türen des Flugzeuges zu entriegeln. Nach einem Sinkflug mit einer durchschnittlichen Sinkrate von rund 1300 ft/min schlug das Flugzeug in einer Distanz von knapp 4 km nordwestlich des Kollisionspunktes hart auf. Inwiefern aufgrund der Kollision die Flugfähigkeit und die Kontrollierbarkeit des Flugzeuges beeinträchtigt waren, lässt sich nicht abschliessend beurteilen.

Der Pilot der HB-CXK realisierte nach der Kollision, dass die Flugzeugsteuerung noch funktionierte, wenn auch schwergängig und eingeschränkt; ebenso lief der Motor weiterhin, jedoch unter Vibrationen. In der Folge hielt er nach einem geeigneten Notlandefeld Ausschau, was der Situation angepasst war. Er behielt die Übersicht und bewahrte Ruhe, als er zweimal hintereinander einen Durchstart einleiten musste, weil ihm das jeweilige Notlandefeld als nicht geeignet erschien.

Ergänzend ist festzuhalten, dass nach einer Kollision eine umfassende Schadensanalyse im Flug nur schwer möglich ist. Es ist jederzeit damit zu rechnen, dass sich der Grad der Beschädigung im weiteren Flugverlauf zunehmend negativ auf die Flugeigenschaften auswirken kann.

### 3 Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

##### 3.1.1 Technische Aspekte

- Beide an der Kollision beteiligten Flugzeuge waren zum VFR-Verkehr zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt beider Flugzeuge befanden sich zum Unfallzeitpunkt innerhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) zulässigen Grenzen.
- Beide Flugzeuge waren mit je einem Transponder Mode-S, jedoch nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den Unfall hätten beeinflussen können.

##### 3.1.2 Besatzung

- Die Piloten besaßen die für den geplanten Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Piloten während des Unfallfluges vor.

##### 3.1.3 Flugverlauf

- Um 14:08 Uhr startete der Pilot der HB-OQW mit drei Passagieren in Lommis (LSZT) zu einem gewerbsmässigen Rundflug.
- Zwei Minuten später startete der Pilot der HB-DGG ebenfalls in Lommis zu einem privaten Rundflug.
- Um 14:33 Uhr startete der Pilot der HB-CXK mit zwei Passagieren zu einem privaten Flug vom Flughafen Zürich (LSZH) zum Flugplatz Hausen am Albis (LSZN).
- Gegen Ende des Rundflugs, kurz vor Erreichen des Einflugsektors, beschloss der Pilot der HB-OQW, eine Kurve nach links zu fliegen, da noch einige Minuten Flugzeit bis zum Erreichen der vereinbarten Flugdauer ausstanden.
- Südlich von Wil/SG leitete der Pilot der HB-CXK einen Vollkreis nach rechts ein und stellte anschliessend am Funkgerät die Frequenz des Flugplatzes Dübendorf ein.
- Vor Erreichen von Wil/SG führte der Pilot der HB-OQW den *Approach Check* durch und erkannte kurz darauf die HB-DGG, die nach ihm in Lommis gestartet war.
- Der Passagier vorne rechts in der HB-CXK erkannte die HB-DGG, die sich im Sinkflug Richtung Einflugsektor des Flugplatzes Lommis befand.
- Weder der Pilot der HB-OQW noch der Pilot der HB-CXK haben in den letzten rund 90 Sekunden, während deren sich die beiden Flugzeuge innerhalb einer Distanz von weniger als 5 km zueinander befanden, das jeweils andere Flugzeug wahrgenommen.
- Beide Piloten erkannten das sich annähernde Flugzeug auf Kollisionskurs erst in einer Distanz von ungefähr 50 Metern.

- Beide Piloten leiteten umgehend ein Ausweichmanöver nach links ein.
- Um 14:45 Uhr kollidierten die beiden Flugzeuge auf einer Höhe von rund 3500 ft AMSL.
- Die Längsachsen der beiden Flugzeuge wiesen beim ersten Kontakt einen Winkel von etwa 145 Grad zueinander auf.
- Die beiden Flugzeuge trafen sich beim ersten Kontakt mit einer Differenz hinsichtlich ihrer Querneigungswinkel (*bank angle*) von etwa 30 Grad.
- Beide Flugzeuge wurden bei der Kollision schwer beschädigt.
- Bei der Kollision wurden die Insassen der HB-CXK zum Teil erheblich verletzt.
- Bei der nachfolgenden Notlandung der HB-OQW auf einer Wiese nordwestlich des Weilers Trungen bei Bronschofen/SG wurden die vier Insassen erheblich verletzt und das Flugzeug wurde zerstört.
- Die Passagierin der HB-OQW erlag in der Nacht auf den 27. August 2014 ihren Verletzungen.
- Die Notlandung der HB-CXK auf dem Flugplatz Sitterdorf (LSZV) erfolgte ohne weitere Schäden.

#### 3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Hergang des Unfalls.
- Der erste Notruf betreffend die HB-OQW erfolgte etwa 10 Minuten nach der Notlandung unter einer ungenauen Ortsangabe. Die Bergung gestaltete sich aufwändig.
- Die Bergung und die Hospitalisierung der Insassen der HB-CXK gestalteten sich ohne besonderen Aufwand und Zeitverlust.

### 3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf eine Kollision zwischen zwei Motorflugzeugen zurückzuführen, weil der Luftraum zu wenig aktiv überwacht wurde. In der Folge führten die Piloten beider Flugzeuge eine Notlandung durch.

Die Tatsache, dass keines der Flugzeuge mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet war, wurde als systemische Ursache ermittelt.

## 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

### Sicherheitsempfehlungen

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

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

#### „Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

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

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

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

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

### Sicherheitshinweise

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

#### „Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

### 4.1 Sicherheitsempfehlungen

#### 4.1.1 Luftraumüberwachung und Kollisionswarnsystem

##### 4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Am 24. August 2014 kam es über Rickenbach/TG bei Wil zu einer Kollision zwischen zwei Motorflugzeugen. Dabei wurde ermittelt, dass die beiden Piloten den

Luftraum zu wenig aktiv überwachen. Die Tatsache, dass keines der Flugzeuge mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet war, wurde dabei als systemische Ursache ermittelt.

Im Vorjahr kam es am 6. Juni 2013 im Raum Gisliflue, Gemeinde Auenstein/AG, zu einer Kollision zwischen einem Segelflugzeug und einem Motorflugzeug (vgl. Schlussbericht Nr. 2238), bei der eine zu wenig aktive Luftraumüberwachung sowie ein nicht vorhandenes Kollisionswarnsystem als ursächlich ermittelt wurden.

Ebenso wurden bei der Kollision zwischen einem Segelflugzeug und einem Motorflugzeug vom 31. Mai 2015 in der Region Oensingen/SO (vgl. Schlussbericht Nr. 2291) eine zu wenig aktive Luftraumüberwachung sowie ein nicht vorhandenes Kollisionswarnsystem als Ursache festgehalten.

Am 1. Juli 2015 kam es über dem südlichen Ufer des Silvaplanersees zu einer Fastkollision zwischen zwei Helikoptern (vgl. Schlussbericht Nr. 2271), die durch die späte gegenseitige visuelle Erkennung sowie das Fehlen eines Kollisionswarnsystems an Bord eines der beiden Helikopter entstanden war.

Die vorgenannten Beispiele zeigen, dass das vorliegende Sicherheitsdefizit grundsätzlich alle Luftfahrzeugkategorien betrifft. Ihnen gemeinsam war, dass die Verkehrsteilnehmer den Luftraum zu wenig aktiv überwachten und ein Kollisionswarnsystem nur einseitig oder gar nicht vorhanden war.

#### 4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung

Das im vorliegenden Fall erneut erhobene Sicherheitsdefizit ist mit den Sicherheitsempfehlungen Nr. 498 und Nr. 499 des Schlussberichtes Nr. 2238 bereits aufgegriffen worden:

*„Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte in Zusammenarbeit mit den Anspruchsgruppen alle Besatzungen über die Kollisionsrisiken sensibilisieren und die Aus- und Weiterbildung von Besatzungen in der Anwendung des Prinzips ‚see and avoid‘ und der Kollisionswarnsysteme intensivieren.“*

*„Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte in Zusammenarbeit mit den Anspruchsgruppen und der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) ein Konzept für die Einführung von kompatiblen, auf Standards der Internationalen Zivilluftfahrt basierenden Kollisionswarnsystemen für die allgemeine Luftfahrt erarbeiten und einen Aktionsplan für die kurz-, mittel- und langfristige Umsetzung erstellen und umsetzen.“*

Die SUST verzichtet anlässlich der vorliegend untersuchten Kollision darauf, eine weitere Sicherheitsempfehlung in diese Richtung zu formulieren, da das beschriebene Sicherheitsdefizit hinreichend bekannt ist und durch die Umsetzung der bereits ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen verringert werden könnte.

## 4.2 Sicherheitshinweise

Keine

## 4.3 Seit dem Unfall 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, 2. Mai 2017

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

## Anlage 1: Analyseergebnis der modellierten Sichtverhältnisse

## Annäherungsphase A

Zeit [UTC]	Höhe Cessna	Sicht Pilot Cessna auf Piper	Sicht vorne rechts Cessna auf Piper	Distanz zwischen Cessna und Piper	Höhe Piper	Sicht Pilot Piper auf Cessna	Sicht vorne rechts Piper auf Cessna
12:43:49	3600 ft	Nein	Ja	ca. 1720 m	3500 ft	Ja	Nein
12:43:53	3600 ft	Nein	Nein	ca. 1710 m	3500 ft	Nein	Nein
12:43:57	3600 ft	Nein	Nein	ca. 1740 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:01	3600 ft	Nein	Nein	ca. 1765 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:05	3600 ft	Nein	Ja	ca. 1730 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:09	3600 ft	Ja	Ja	ca. 1625 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:13	3600 ft	Nein	Nein	ca. 1485 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:17	3600 ft	Nein	Nein	ca. 1365 m	3500 ft	Nein	Nein
12:44:21	3600 ft	Ja	Nein	ca. 1390 m	3500 ft	Nein	Nein

## Annäherungsphase B

Zeit [UTC]	Höhe Cessna	Sicht Pilot Cessna auf Piper	Sicht vorne rechts Cessna auf Piper	Distanz zwischen Cessna und Piper	Höhe Piper	Sicht Pilot Piper auf Cessna	Sicht vorne rechts Piper auf Cessna
12:44:49	3500 ft	Nein	Nein	ca. 3330 m	3500 ft	Ja	Nein
12:44:53	3500 ft	Nein	Nein	ca. 3290 m	3600 ft	Ja	Ja
12:44:57	3500 ft	Nein	Nein	ca. 3155 m	3600 ft	Ja	Ja
12:45:01	3500 ft	Ja	Nein	ca. 2910 m	3600 ft	Nein	Ja
12:45:05	3600 ft	Ja	Ja	ca. 2500 m	3600 ft	Nein	Ja
12:45:09	3600 ft	Nein	Ja	ca. 2055 m	3600 ft	Ja	Nein
12:45:13	3500 ft	Nein	Ja	ca. 1610 m	3600 ft	Ja	Nein
12:45:17	3500 ft	Nein	Ja	ca. 1110 m	3500 ft	Ja	Nein
12:45:21	3500 ft	Nein	Ja	ca. 580 m	3500 ft	Ja	Ja
12:45:25	3500 ft	Nein	Teilweise	ca. 80 m	3500 ft	Ja	Nein
12:45:25 +	3500 ft	Nein	Teilweise	ca. 30 m	3500 ft	Ja	Teilweise
12:45:25 ++	3500 ft	Teilweise	Ja	Kollision	3500 ft	Teilweise	Teilweise

Bemerkung: Eine vollständige Sichtbarkeit für beide Insassen gemäss 3-D-Modell sind in Abbildung 5 resp. Abbildung 11 als grüne Punkte dargestellt, eine teilweise Sichtbarkeit als gelbe Punkte und rote Punkte markieren eine nicht vorhandene Sichtbarkeit für beide Insassen.

## Anlage 2: Sicht aus der HB-CXK vor der Kollision



**Abbildung 12:** Modellierte Sichtbedingungen vom Pilotensitz, rot eingekreist die eingeblendete Position der HB-OQW.



**Abbildung 13:** Modellierte Sichtbedingungen vom Passagiersitz vorne rechts, rot eingekreist die eingeblendete Position der HB-OQW

**Anlage 3: Sicht aus der HB-OQW vor der Kollision****Abbildung 14:** Modellierte Sichtbedingungen vom Pilotensitz**Abbildung 15:** Modellierte Sichtbedingungen vom Passagiersitz vorne rechts, rot eingekreist die eingeblendete Position der HB-CXK