



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. 2412 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des Flugzeu-
ges Aquila AT01, HB-SFU,

vom 13. Januar 2022

2.3 km südöstlich des Flugfeldes Hausen
am Albis (LSZN), Gemeinde Hausen am
Albis (ZH)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Gemäss

Artikel 3.1 der 12. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 5. November 2020, zum Übereinkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944, in Kraft getreten für die Schweiz am 4. April 1947, Stand am 18. Juni 2019 (SR 0.748.0);

Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt vom 21. Dezember 1948, Stand am 1. September 2023 (LFG, SR 748.0);

Artikel 1, Ziffer 1 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, in Kraft getreten für die Schweiz am 1. Februar 2012 gemäss einem Beschluss des gemischten Ausschusses der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Union (EU) und gestützt auf das Abkommen vom 21. Juni 1999 zwischen der Schweiz und der EU über den Luftverkehr (Luftverkehrsabkommen);

sowie Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchungen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. September 2023 (VSZV, SR 742.161);

ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen.

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 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 Zeit (MEZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MEZ = UTC + 1 h.

Mit dem vorliegenden Schlussbericht spricht die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle einen Sicherheitshinweis aus (vgl. Kapitel 4.2).

Zusammenfassung

Luftfahrzeugmuster	Aquila AT01	HB-SFU		
Halter	Albis Wings, 8915 Hausen am Albis			
Eigentümer	Albis Wings, 8915 Hausen am Albis			
Fluglehrer	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1957			
Ausweis	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane</i> – CPL(A)) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (<i>European Union Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), mit Berechtigung als Fluglehrer auf Flugzeugen (<i>Flight Instructor</i> – FI(A))			
Flugstunden	insgesamt	9 653 h	während der letzten 90 Tage	64:42 h
	auf dem Vorfalldatum	256:08 h	während der letzten 90 Tage	10:45 h
Flugschüler	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1974			
Ausweis	Keiner (in Ausbildung)			
Flugstunden	insgesamt	52:30 h	während der letzten 90 Tage	4:25 h
	auf dem Vorfalldatum	52:30 h	während der letzten 90 Tage	4:25 h
Ort	2.3 km südöstlich des Flugfeldes Hausen am Albis (LSZN), Gemeinde Hausen am Albis (ZH)			
Koordinaten	230 940 / 683 480 (<i>Swiss Grid</i> 1903) N 47° 13' 27" / E 008° 32' 27" (WGS ¹ 84)		Höhe	ca. 820 m/M
Datum und Zeit	13. Januar 2022, 16:05 Uhr			
Betriebsart	Schulung			
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules</i> – VFR)			
Startort	Flugfeld Hausen am Albis (LSZN)			
Zielort	Flugfeld Hausen am Albis (LSZN)			
Flugphase	Start und Steigflug			
Art des schweren Vorfalles	Leistungsverlust des Motors			
Personenschaden				
Verletzungen	Besatzungsmit- glieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	0	0	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	0	0
Schaden am Luftfahrzeug	Nicht beschädigt			
Drittsschaden	Keiner			

¹ WGS: *World Geodetic System*, geodätisches Referenzsystem: Der Standard WGS 84 wurde durch Beschluss der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) im Jahr 1989 für die Luftfahrt übernommen.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Beim schweren Vorfall handelte es sich um einen Schulungsflug nach Sichtflugregeln. Die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf basiert auf Auskünften des Fluglehrers und des Flugschülers, fortan mit Besatzung bezeichnet. Flugwegaufzeichnungen des im Flugzeug installierten Kollisionswarngerätes Flarm waren keine vorhanden (vgl. Kapitel 1.5).

1.1.2 Vorgeschichte

Der Flugschüler und der Fluglehrer trafen sich am 13. Januar 2022 am frühen Nachmittag auf dem Flugfeld Hausen am Albis (LSZN) für einen Schulungsflug. Nach dem Briefing bereitete die Besatzung das Motorflugzeug Aquila AT01 für den geplanten Flug vor und führte die Vorflugkontrolle durch.

1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

Um 15 Uhr startete die Besatzung mit dem als HB-SFU eingetragenen Motorflugzeug Aquila AT01 auf der Piste 09 des Flugfeldes Hausen am Albis. Der rund 50-minütige Navigationsflug verlief problemlos und die Besatzung stellte an der Motorleistung keine Auffälligkeiten fest. Als die Besatzung zurück in Richtung des Flugfeldes Hausen am Albis flog, entschied sie sich für ein Aufsetzen und einen Durchstart (*touch-and-go*) auf der Piste 09. Nach dem Durchstart im anschliessenden Steigflug traten im Querabflug (*crosswind*) nach dem Ausführen der Checkliste für den Steigflug (*climb check*) auf einer Höhe von rund 200 m über Grund plötzlich starke Vibrationen verbunden mit einem Leistungsverlust des Motors auf. Der Fluglehrer übernahm die Flugzeugführung, reduzierte die Leistung und begann mit dem Sinkflug. Dann schaltete er die Treibstoffpumpe ein und stellte den Propeller auf grosse Steigung. Zeitgleich leitete er eine Umkehrkurve zum Flugfeld in Richtung Piste 27 ein. Danach erhöhte der Fluglehrer nochmals etwas die Motorleistung, doch die Vibrationen nahmen wieder derart stark zu, dass er die Leistung sofort wieder reduzierte. Mit der noch zur Verfügung stehenden Motorleistung flog der Fluglehrer zurück zum Flugfeld und führte einen Anflug auf die Piste 27 durch. Der Fluglehrer landete das Flugzeug ereignislos, der Flugschüler rollte das Flugzeug anschliessend zum Standplatz vor dem Hangar.

Die Anzeigen der Motorinstrumente seien jederzeit im grünen Bereich geblieben und die Vergaservorwärmung sei seit dem vorhergehenden Anflug auf die Piste 09 immer eingeschaltet gewesen.

1.2 Angaben zum Luftfahrzeug

1.2.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	HB-SFU
Luftfahrzeugmuster	Aquila AT01
Charakteristik	Zweisitziges Reise- und Schulflugzeug mit Kolbenmotorantrieb, ausgeführt als Tiefdecker in Faserverbundbauweise mit einem Festfahrwerk in steuerbarer Bugradanordnung.
Hersteller	Aquila Aviation International GmbH, Treppin (D)
Triebwerk	Hersteller: BRP-Rotax GmbH & Co KG, Gunskirchen (A)

Baumuster: Rotax 912 S3-01
Werknummer 9.139.387
Baujahr: 2019
Betriebsstunden. 412:56 h (TSN²)

Zugelassene Treibstoff-
qualität

Autobenzin (*Motor Gasoline* – MOGAS) nach Euro-
norm (EN) 228, Super oder Super Plus, mit einer
Oktanzahl von mindestens 95 ROZ³ oder Flug-
benzin (*Aviation Gasoline* – AVGAS) 100LL

1.2.2 Instandhaltung des Flugzeuges

Die letzten geplanten Instandhaltungsarbeiten wurden am 29. Oktober 2021 bei 4822:36 Betriebsstunden bescheinigt. Dabei wurde eine 100-h-Inspektion an der Zelle und eine 200-h-Inspektion am Motor ausgeführt. Bei der durchgeführten Kompressionsprüfung am Motor lag der Druckverlust bei allen vier Zylindern bei 2 %, was innerhalb der gemäss Motorenhersteller zulässigen Grenzen lag.

Das Flugzeug war seither bis zum schweren Vorfall 25:50 Stunden in Betrieb.

1.2.3 Treibstoff

Das Flugzeug HB-SFU wurde auf dem Flugplatz Hausen am Albis ausschliesslich mit dem bleifreien Treibstoff MOGAS betankt. Gemäss Angaben des Halters konnte es vorkommen, dass auf Flugplätzen, auf denen kein MOGAS verfügbar war, AVGAS 100LL getankt wurde. Die HB-SFU wurde vor dem Zwischenfall, vom 8. – 11. November 2021, für Schulungszwecke ab einem Flugplatz betrieben, wo kein MOGAS zur Verfügung stand. Während dieser Zeit wurden rund 170 Liter AVGAS 100LL getankt und der Motor war rund 10 h in Betrieb. Gemäss Flugschule wurde das Flugzeug über die letzten drei Monate vor dem Zwischenfall mit 25 % AVGAS 100LL betrieben.

Da im Motor das im AVGAS enthaltene Tetraethylblei (*Tetra Ethyl Lead*) nicht vollständig verbrennt, kann es im Verbrennungsraum insbesondere an den Ventilen und an den Zündkerzen zu Ablagerungen kommen, was zu undichten Ventilen und nicht korrekt funktionierenden Zündkerzen führen kann. Zudem kann im Ölsystem Bleischlamm entstehen, der sich in der Überlastkupplung ansammelt und deren ordnungsgemässen Betrieb behindern kann. Gemäss Flughandbuch des Flugzeugherstellers sollte daher nur im Falle von Dampfblasenproblemen oder wenn die anderen Benzinsorten nicht verfügbar sind, AVGAS 100LL verwendet werden.

Der Motorenhersteller schreibt im Instandhaltungshandbuch vor, dass alle 100 Betriebsstunden ein Öl- und Ölfilterwechsel sowie alle 200 h eine Kompressionsprüfung ausgeführt werden muss. Falls der Motor mehr als 30 % der Betriebsstunden mit verbleitem Treibstoff wie AVGAS 100LL betrieben wird, muss der Öl- und Ölfilterwechsel alle 50 Betriebsstunden und die Kompressionsprüfung alle 100 h stattfinden. In der *Service Instruction* SI-912-016 findet sich zudem die Empfehlung, dass ein Öl- und Ölfilterwechsel alle 25 Betriebsstunden ausgeführt werden soll, wenn der Motor vorwiegend mit AVGAS betrieben wird.

Bei der HB-SFU wurde ein Öl- und Ölfilterwechsel alle 100 Betriebsstunden seit Inbetriebnahme des Motors ausgeführt.

² TSN: *Time Since New*, Betriebszeit seit Herstellung

³ ROZ: *Research-Oktanzahl*, die mit dem Einzylinder-Prüfverfahren nach dem *Cooperative Fuel Research Committee* (CFR) der *American Society of Automotive Engineers* (SAE) ermittelte Oktanzahl.

1.3 Befunde am Motor

Am Motor wurde äusserlich nichts Aussergewöhnliches festgestellt. Bei der durchgeführten Kompressionsprüfung liess sich am Zylinder #2 kein Kompressionsdruck aufbauen, was auf ein undichtes Ventil schliessen liess. Mittels *Borescope* wurde ein defektes Auslassventil mit einem ausbruchartigen Bereich erkannt (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: *Borescope*-Aufnahme mit dem defekten Auslassventil des Zylinders #2 (ausbruchartiger Bereich gelb eingekreist).

Nach der Demontage des Zylinders war das Ausmass des Defektes am Auslassventil gut ersichtlich (vgl. Abbildung 2).

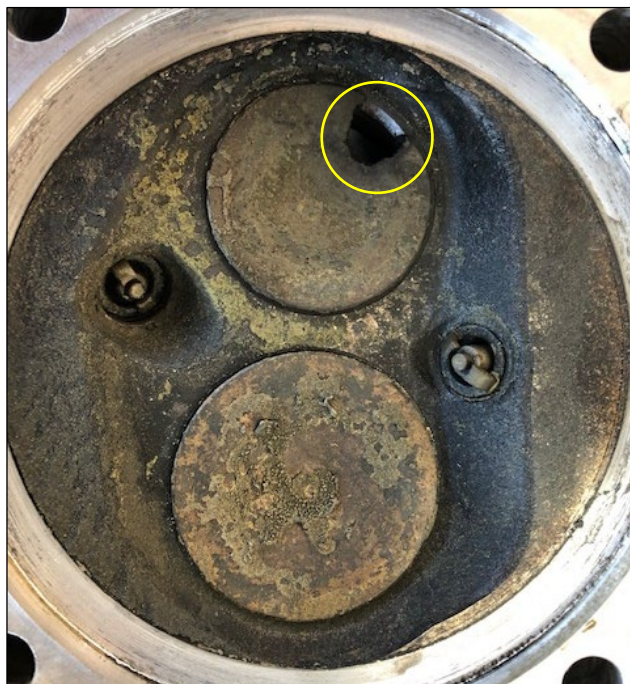


Abbildung 2: Innenansicht des Zylinderkopfes #2 mit dem defekten Auslassventil (ausbruchartiger Bereich gelb eingekreist).

1.4 Versuche und Forschungsergebnisse

1.4.1 Visuelle Untersuchung des Zylinderkopfes

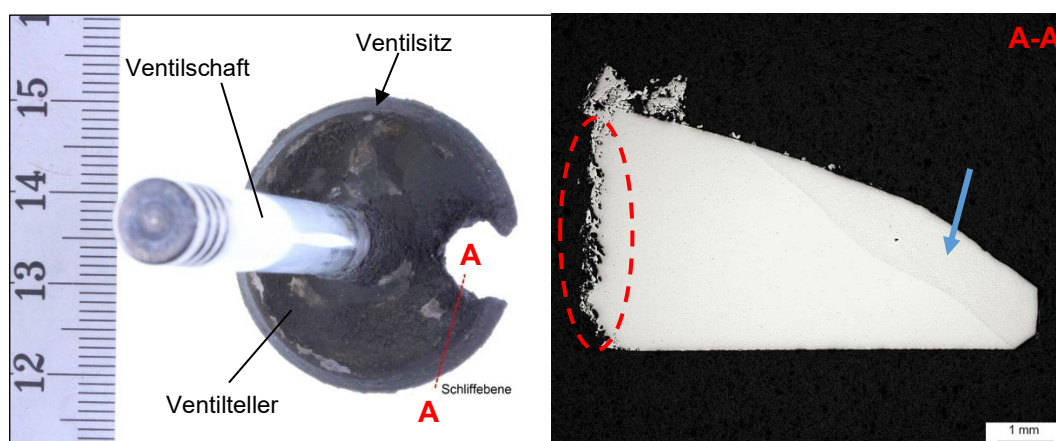
Der Verbrennungsbereich des Zylinderkopfes resp. der Ventilsitze, Ventilteller, Zündkerzen und der Bereiche der Ventilschäfte waren stark mit Ablagerungen belegt. Beim Defekt handelte es sich um einen angeschmolzenen Bereich am Ventilteller des Auslassventils.

1.4.2 Metallkundliche Untersuchungen

Die Ablagerungen konnten zur weiteren mikrofraktografischen Untersuchung nicht bzw. nur teilweise entfernt werden, weshalb eine Auswertung erschwert war. Die Ablagerungen bestanden hauptsächlich aus Verbrennungsrückständen und Blei bzw. Bleiverbindungen. Die defekte Zone im Ventilteller zeigte deutliche Merkmale von Anschmelzungen (vgl. Abbildung 3). Durch diese Defektzone wurde ein metallografischer Anschliff angefertigt.

Im Bereich des Ventilsitzes war eine Sitzpanzerung aus einer Hartlegierung auf Cobalt-Chrom-Basis (Stellite 156) aufgebracht. Es waren deutliche Merkmale von Anschmelzungen der Matrix zu erkennen. Aufgeschmolzenes und wieder erstarrtes Matrixmaterial bzw. Material der Panzerung hafteten auf der Oberfläche des Ventiltellers (ventilschaftseitig). Dies deutet darauf hin, dass Anschmelzungen in Richtung Abgasstrom mitgeführt wurden.

Im untersuchten Bereich waren metallographisch keine Auffälligkeiten der noch intakten Ventiltellerbereiche zu erkennen.



Abbildungen 3: Im linken Bild Ventilteller mit eingezeichneter Schnittebene (A-A) des metallographischen Anschliffs; im rechten Bild Anschmelzung der Matrix (innerhalb der rot gestrichelten Ellipse) sowie die Sitzpanzerung aus Stellite 156 (dunkler Bereich, blauer Pfeil)

1.5 Meteorologische Angaben

1.5.1 Allgemeine Wetterlage

Ein kräftiges Hochdruckgebiet erstreckte sich von Grossbritannien bis nach Mitteleuropa. Es bestimmte das Wetter in der Schweiz mit meist trockener Luft. Einzig über dem Mittelland war die Grundsicht noch etwas feuchter.

1.5.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des schweren Vorfalls

Das Wetter war trocken mit schwachem Ostwind. Die folgenden Angaben zum Wetter zur Zeit und am Ort des Vorfalls basieren auf den Messungen an nahe gelegenen Wetterstationen sowie auf Webcam-Aufnahmen.

Wetter/Wolken	Weniger als 4/8 Cirrus- und Altocumulus-Wolken
Sicht	10 km oder mehr
Wind	90 bis 130 Grad, 2 bis 4 kt, Böen bis 8 kt
Temperatur / Taupunkt	0 bis -2 °C / -3 bis -5 °C
Luftdruck	QNH ⁴ 1038 hPa

1.5.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 228°	Höhe: 7°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.6 Kollisionswarnsystem Flarm

Das Flarm⁵ ist ein Kollisionswarnsystem für die allgemeine Luftfahrt, das vor allem in Leicht- und Segelflugzeugen verwendet wird. Es berechnet den zukünftigen Flugweg und strahlt diesen per Funk an nahe Luftfahrzeuge aus. Gleichzeitig empfängt es die Flugwege umgebender Luftfahrzeuge, die ebenfalls mit einem auf der Flarm-Technologie basierten Kollisionswarngerät ausgestattet sind. Daraus wird für jedes Ziel das Kollisionsrisiko auf Basis eines integrierten Risikomodells berechnet. Bei einer akuten Kollisionsgefahr mit einem anderen Luftfahrzeug generiert dieses System eine akustische und eine optische Kollisionswarnung, jedoch keine Ausweichbefehle. Das Flarm ist nicht in der Lage, Luftfahrzeuge zu erfassen, die ausschliesslich mit einem Transponder ausgerüstet sind. Weiter warnt das Flarm bei Annäherungen von Hindernissen wie Stromleitungen, Seilbahnen oder Antennen, die in einer Datenbank hinterlegt sind.

Das weiterentwickelte PowerFlarm kann im dichten Verkehr auch schnellere Luftfahrzeuge rechtzeitig detektieren. Mit mehr Reichweite, besserer Funkleistung in allen Richtungen und der Integration von ADS-B-*in* und Transponderdaten kann das PowerFlarm wirksam vor einer Annäherung an andere Luftfahrzeuge warnen.

Zusätzlich zu den Verkehrs- und Hinderniswarnungen fungiert das Flarm als Flugdatenschreiber. Dieser ist mit einem internen Speicher für über 100 Stunden Flugdatenaufzeichnung im Intervall von 4 Sekunden ausgestattet.

Im Flugzeug HB-SFU war ein derartiges PowerFlarm eingebaut. Dieses war jedoch seit dem 1. Juni 2020 ausser Betrieb, da die Firmware veraltet war und nie ein Update vorgenommen wurde. Wenn das PowerFlarm eingeschaltet wurde, kam einzig die Aufforderung, die Firmware zu aktualisieren. Der Umstand, dass das PowerFlarm nicht funktionierte, war dem Flugzeughalter wie auch den Piloten bekannt. Das Gerät wurde deshalb von den Piloten gar nicht eingeschaltet.

In den Instandhaltungsdokumenten der HB-SFU war die Aufgabe zur Aktualisierung der Firmware des PowerFlarm nicht enthalten, wie dies auch bei Sicherheitsuntersuchungen der SUST zu anderen Zwischenfällen festgestellt wurde.

⁴ Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO -Standardatmosphäre;
ICAO: *International Civil Aviation Organization*

⁵ Akronym für *Flight Alarm*

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Im vorliegenden Fall wurde der Ventilteller des Auslassventils durch lokale Überhitzung zerstört (vgl. Kapitel 1.4).

Auslassventile sind hohen thermischen und mechanischen Belastungen wie auch korrosiven Einflüssen ausgesetzt. Ein Auslassventil wird während des Öffnens durch die ausströmenden, sehr heissen Verbrennungsgase erhitzt. Die Wärme im Ventil wird vorwiegend über den Ventilsitz zum gekühlten Zylinderkopf abgeleitet, ein kleinerer Teil der Wärme über den Ventilschaft (vgl. Kapitel 1.4.2, Abbildung 3). Schliesst ein Ventil nicht mehr richtig, erhitzen die am Ventilsitz vorbeiströmenden Verbrennungsgase den Ventilteller; es kommt zu einer Überhitzung und schliesslich zu einer Anschmelzung (Durchbrennen) am Ventilteller im Sitzbereich.

Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit kam es aufgrund von Bleiablagerungen zwischen dem Ventilteller und dem Ventilsitz zu einer Undichtheit und schliesslich zur Anschmelzung des Ventiltellers. Die starken bleihaltigen Ablagerungen im Verbrennungsbereich des Zylinderkopfes waren auffällig.

Dem Flugzeug- wie auch dem Motorenhersteller ist die Problematik mit verbleitem Treibstoff wie AVGAS 100LL bekannt und es wird grundsätzlich die Verwendung von bleifreiem Treibstoff wie MOGAS empfohlen. Aus diesem Grund gibt der Motorenhersteller kürzere Intervalle für eine Kompressionsprüfung und einen Öl- und Ölfilterwechsel vor, wenn verbleiteter Treibstoff verwendet wird (vgl. Kapitel 1.2.3).

Bei der HB-SFU zeigten die Ablagerungen im Verbrennungsraum des Motors, dass dieser mit einem Treibstoffgemisch mit erhöhtem Bleigehalt betrieben worden sein musste. Das Flugzeug wurde zwei Monate vor dem schweren Vorfall während mehrerer aufeinanderfolgenden Tage auf einem Flugplatz eingesetzt, wo ausschliesslich AVGAS 100LL getankt wurde. Es ist naheliegend, dass sich in dieser Zeit vermehrt Ablagerungen im Verbrennungsraum des Motors gebildet hatten.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Besatzung

Der Fluglehrer entschied sich unmittelbar nach dem Auftreten der Vibrationen verbunden mit dem Leistungsverlust des Motors, zurück zum Flugfeld Hausen am Albis zu fliegen und entgegen der Startrichtung auf der Piste zu landen. Dieses Vorgehen und der Entscheid des Fluglehrers waren zielführend und sicherheitsbewusst.

2.2.2 Kollisionswarnsystem

Im Flugzeug HB-SFU war ein Kollisionswarnsystem PowerFlarm eingebaut. Da die Firmware seit dem 1. Juni 2020 abgelaufen war, konnte das System über einen Zeitraum von rund 20 Monaten bis zum schweren Vorfall nicht mehr genutzt werden.

Nicht nachvollziehbar ist, wieso ein solch sicherheitsförderndes System nicht regelmässig auf Software-Updates hin überprüft wird, beispielsweise durch einen Verweis in den Instandhaltungsdokumenten, um eine einwandfreie Funktion sicherzustellen. Wie sich gezeigt hat, besteht dieses Defizit auch bei anderen Luftfahrzeugen, in denen ein Kollisionswarngerät der Flarm-Technologie eingebaut ist.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

- Die letzten geplanten Instandhaltungsarbeiten wurden am 29. Oktober 2021 bei 4822:36 Betriebsstunden im Rahmen einer 100-h-Inspektion der Zelle und einer 200-h-Inspektion am Motor bescheinigt.
- Alle Bauteile im Verbrennungsbereich des Zylinderkopfes #2 waren stark mit bleihaltigen Ablagerungen belegt.
- Beim Defekt handelte es sich um einen ausbruchartigen Bereich am Ventilteller des Auslassventils.
- Die defekte Zone im Ventilteller zeigte deutliche Merkmale von Anschmelzungen.
- Das Flugzeug wurde zeitweise mit einem Treibstoffgemisch mit erhöhtem Bleigehalt betrieben.
- Die Besatzung besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Am 13. Januar 2022 traten nach dem Start von Hausen am Albis (LSZN) im Steigflug plötzlich starke Vibrationen verbunden mit einem Leistungsverlust des Motors auf.
- Der Fluglehrer übernahm die Führung des Flugzeuges und landete das Flugzeug entgegen der Startrichtung auf der Piste.
- Die meteorologischen Bedingungen hatten keinen Einfluss auf den schweren Vorfall.

3.2 Ursachen

Eine Sicherheitsuntersuchungsstelle muss sich zum Erreichen ihres Präventionszwecks zu Risiken und Gefahren äussern, die sich im untersuchten Zwischenfall ausgewirkt haben und die künftig vermieden werden sollten. In diesem Sinne sind die nachstehend verwendeten Begriffe und Formulierungen ausschliesslich aus Sicht der Prävention zu verstehen. Die Bestimmung von Ursachen und beitragenden Faktoren bedeutet damit in keiner Weise eine Zuweisung von Schuld oder die Bestimmung von verwaltungsrechtlicher, zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Haftung.

Der schwere Vorfall, bei dem es zu starken Vibrationen und einem Leistungsverlust beim Motor kam, ist darauf zurückzuführen, dass bei einem Auslassventil eines Zylinders ein Defekt auftrat.

Für diesen Defekt waren stark bleihaltige Ablagerungen im Verbrennungsbereich des Zylinderkopfes und explizit an den Ventilen ursächlich, die auf einen Betrieb des Motors mit einem Treibstoffgemisch mit erhöhtem Bleigehalt zurückgeführt werden konnten.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Keine

4.2 Sicherheitshinweise

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen in Form von Sicherheitshinweisen veröffentlichen⁶, 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.

4.2.1 Treibstoff für Rotax-Motoren aller Baumuster

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Bei einem Schulungsflug mit dem Flugzeug des Musters Aquila AT01 traten plötzlich starke Vibrationen verbunden mit einem Leistungsverlust des Motors auf.

Die Untersuchung brachte zu Tage, dass der Ventilteller des Auslassventils eines Zylinders eine ausbruchartige Beschädigung aufwies, bei der es sich um eine Anschmelzung handelte. Für diesen Defekt waren stark bleihaltige Ablagerungen im Verbrennungsbereich des Zylinderkopfes und explizit an den Ventilen ursächlich, die auf einen Betrieb des Motors mit einem Treibstoffgemisch mit erhöhtem Bleigehalt zurückgeführt werden konnten.

Der Motorenhersteller schreibt einen Öl- und Ölfilterwechsel alle 50 Betriebsstunden und eine Kompressionsprüfung alle 100 h vor, falls der Motor mehr als 30 % der Betriebsstunden mit verbleitem Treibstoff wie AVGAS 100LL betrieben wird. In der *Service Instruction* SI-912-016 findet sich zudem die Empfehlung, dass ein Öl- und Ölfilterwechsel alle 25 Betriebsstunden ausgeführt werden soll, wenn der Motor vorwiegend mit AVGAS betrieben wird.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 53

Zielgruppe: Betreiber von Luftfahrzeugen mit Rotax-Motoren

Es sei daran erinnert, dass gemäss der Dokumentation des Motorenherstellers Rotax die Motoren möglichst mit bleifreiem Treibstoff wie z.B. MOGAS zu betreiben seien. Falls über gewisse Zeiträume verbleiter Treibstoff wie z.B. AVGAS 100LL verwendet wird, sollen die Empfehlungen des Motorenherstellers betreffend eine Verkürzung des Intervalls für eine Kompressionsprüfung und einen Öl- und Ölfilterwechsel unbedingt beachtet und im Zweifelsfall konservativ ausgelegt werden.

⁶ Artikel 56 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Februar 2015 (VSZV, SR 742.161)

4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Ein Instandhaltungsbetrieb aktualisierte im Auftrag des Flugzeughalters die Software (Firmware und Hindernisdatenbank) des Kollisionswarngerätes.

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, 23. Januar 2024

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle