



Einstellung der Untersuchung

Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen.¹

Bezüglich des vorliegenden schweren Vorfalls wurde von der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle am 2. Februar 2024 eine Untersuchung eröffnet, in deren Verlauf sich allerdings zeigte, dass der Motorenhersteller zwischenzeitlich risikovermindernde Massnahmen getroffen hat. Damit ist der präventive Nutzen der Untersuchung beschränkt, weshalb diese hiermit eingestellt wird.

Ort, Datum und Zeit: Flugplatz Speck-Fehrlitorf (LSZK), 21. Januar 2024, 14:20 Uhr

Luftfahrzeug

Immatrikulation: HB-TDA

Muster: Cessna Aircraft Company, C172S «Skyhawk SP»

Halter: Flugsportgruppe Zürcher Oberland FGZO, Flugplatz Speck, 8320 Fehrlitorf

Eigentümer: Flugsportgruppe Zürcher Oberland FGZO, Flugplatz Speck, 8320 Fehrlitorf

Pilot: 1

Passagiere: 0

Flug

Flugregeln: Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*)

Betriebsart: Privat

Startort: Flugplatz Speck-Fehrlitorf (LSZK)

Zielort: Flugplatz Speck-Fehrlitorf (LSZK)

Schäden

Besatzung: Keine

Passagiere: Keine

Drittpersonen: Keine

Luftfahrzeug: Leicht beschädigt

Drittschaden: Keine

¹ Artikel 3.1 der 13. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 28. November 2024, zum Übereinkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944, in Kraft getreten für die Schweiz am 4. April 1947, Stand am 28. November 2024 (SR 0.748.0)

Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt vom 21. Dezember 1948, Stand am 1. Januar 2025 (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)

Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchungen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Januar 2025 (VSZV, SR 742.161)

Verlauf des schweren Vorfalls

Der Pilot beabsichtigte, am 21. Januar 2024 einen Flug vom Flugplatz Speck-Fehrlorf (LSZK) nach Wangen-Lachen (LSPV) durchzuführen. Es herrschten gute Sichtflugwetterbedingungen. Dazu betankte er das Flugzeug und führte die Vorflugkontrolle ohne Auffälligkeiten durch. Kurz darauf startete der Pilot ungefähr um 14:20 Uhr mit dem Motorflugzeug Cessna 172S, eingetragen als HB-TDA, auf der Piste 30. Dabei habe er nach eigenen Angaben 100 % Motorleistung gehabt. Kurze Zeit später, auf einer geschätzten Flughöhe von rund 2000 ft über dem mittleren Meeresspiegel (*Above Mean Sea Level – AMSL*), setzten Vibrationen und ein spürbarer Leistungsrückgang auf etwa 60 bis 70 % ein, gefolgt von einem einmaligen akustischen Warnton und der Anzeige tiefen Öldrucks, obwohl der Leistungshebel unverändert auf der Stellung für vollen Schub stand. Nach Angaben des Piloten war trotz der anhaltenden Vibrationen die verbleibende Motorleistung stabil und es bestand die Möglichkeit, den Steigflug mit geringer Steigrate fortzusetzen. Der Pilot entschied sich für eine Umkehrkurve und landete kurz darauf ereignislos auf der Piste 30 des Startflugplatzes. Die Unterseite des Flugzeuges war stark ölverschmiert durch ausgetretenes Motorenöl, das über die Motorgehäuseentlüftung entwichen war.

Bei der Cessna 172S «Skyhawk SP» handelt es sich um ein einmotoriges Kleinflugzeug in Metallbauweise mit einem Festfahrwerk in Bugradanordnung. Bei der HB-TDA mit Baujahr 2011 wurde im Jahr 2019 der ursprünglich eingebaute Motor mittels ergänzender Musterzulassung (STC – *Supplement Type Certificate*) durch einen 4-Zylinder-Dieselmotor des Musters TAE-125-02-114² des Herstellers Technify Motors GmbH³ ausgetauscht. Zugelassener Treibstoff nebst Diesel ist Flugpetrol Jet A-1, mit dem der Motor der HB-TDA, wie üblich bei Flugzeug-Dieselmotoren, betrieben wurde. Der Motor wies zum Zeitpunkt des Zwischenfalls rund 1717 Betriebsstunden auf. Bei maximal 2100 Betriebsstunden werden diese Motoren grundüberholt. Die letzten geplanten Instandhaltungsarbeiten im Rahmen einer 100-h-Inspektion wurden bei einer Betriebszeit des Motors von 1708:54 h bescheinigt.

Feststellungen

Der Motor wurde beim Motorenhersteller zerlegt. Dabei wurde bei den Kolben #2, #3 und #4 jeweils ein Riss vom Kolbenboden bis zum Muldenradius festgestellt (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2). Am Kolben #4 lag im Bereich der Mulde zusätzlich ein Durchbrand vor. Der Riss am Kolben #2 hatte noch nicht die Ausprägung von Kolben #3 erreicht. Am Kolben #1 war mittels Mikroskopie kein Riss feststellbar.

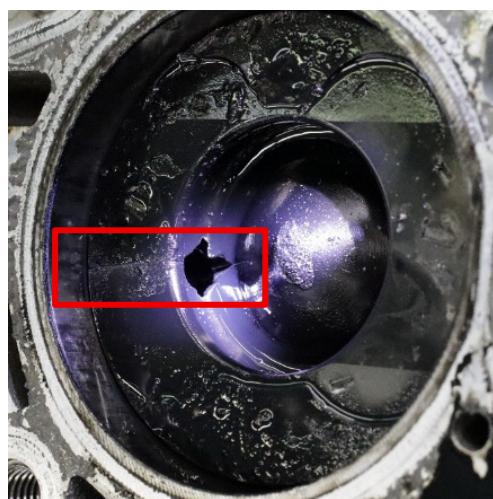


Abbildung 1: Kolben #4 mit Riss und Durchbrand im Bereich der Mulde (rot eingerahmt).



Abbildung 2: Kolben #2 mit Riss (rot eingerahmt).

² Heutige Motorbezeichnung CD155

³ Heute Continental Aerospace Technologies GmbH, Deutschland

Das Motorenöl, das seit dem letzten Ölwechsel bei 1708:54 Betriebsstunden des Motors rund 8 Stunden in Betrieb war, wurde im Zuge der Motorzerlegung analysiert. Aus dem Laborbericht der Ölanalyse ging hervor, dass der Aluminiumgehalt deutlich erhöht war; der Kraftstoffgehalt war ebenfalls erhöht. Weiter wurden aufbewahrte Ölproben⁴ von früheren Ölwechseln über die letzten 300 Betriebsstunden verglichen (vgl. Tabelle 1):

Probe	#1	#2	#3
Motor-Betriebsstunden	1499:15 h	1600:13 h	1708:54 h
Betriebsstunden seit letztem Ölwechsel	94:52 h	100:58 h	108:41 h
Befunde	Hoher Magnesium- und Zinkgehalt (<i>advanced warning</i>). Erhöhter Wassergehalt (<i>early warning</i>).	Hoher Magnesium- und Zinkgehalt (<i>advanced warning</i>).	Hoher Magnesium- und Zinkgehalt (<i>advanced warning</i>). Erhöhter Eisengehalt (<i>early warning</i>). Erhöhte Viskosität.

Tabelle 1: Ölanalyse dreier Ölproben in Abhängigkeit der Motor-Betriebsstunden

Weitere Fälle

Dem Motorenhersteller Continental Aerospace Technologies GmbH sind weltweit insgesamt 15 Fälle von Rissen in Kolben bei Motoren des Musters TAE-125-02-114 (CD 155) bekannt, wovon 5 Fälle in der Schweiz⁵. Bei den erwähnten Fällen wiesen die Motoren über 1000 Betriebsstunden auf und waren hauptsächlich in Schulungsflugzeugen des Musters Cessna 172 verbaut.

Untersuchung und risikovermindernde Massnahmen des Motorenherstellers

Eine interne Untersuchung des Motorenherstellers ergab, dass bei 95 % von den zurückgelieferten Motoren des Musters TAE-125-02-114 (CD 155) mit erreichter Betriebszeit von 2100 Stunden keine Risse in den Kolben festgestellt worden waren.

Der Motorenhersteller führte Testläufe von Motoren desselben Musters über längere Betriebszeiten durch und untersuchte die Kolben und Zylinder detailliert. Dabei wurden folgende Befunde und Erkenntnisse gemacht:

- Beschädigung der Zugfeder des Ölabstreifings, was zur Funktionseinschränkung und zu Ölrückständen und schliesslich zur Ablagerungsbildung in der Zylinderlaufbuchse führte;
- Ablagerungen führen zur Erhöhung der Verbrennungstemperatur, was zu einer Wärmeentwicklung und zusätzlicher Belastung führt. In Verbindung mit Lastzyklen können thermisch bedingte Risse im Kolben oder anderweitige Kollenschäden entstehen;
- Erhöhter Abstand (Nutstossspiel) der Kompressionsringe, was zu höherem Ölverbrauch führte;
- Ovale Form der Zylinderbohrungen;
- Undichtheit der Auslassventile #3 und #4 lag über den Grenzwerten;
- Leicht höheres Einspritzvolumen bei den Injektoren;
- Durchbrand im Bereich der Mulde beim Kolben #4, was zu einem undichten Ölkühlkanal führte und dadurch Öl in den Brennraum gelangte, was zu Folgeschäden führte.

⁴ Gemäss Instandhaltungshandbuch soll bei jeder 100-h-Inspektion oder alle 12 Monate, was zuerst eintrifft, eine Ölprobe entnommen und aufbewahrt werden, damit bei einem Vorfall mit dem Motor diese zu Untersuchungszwecken verwendet werden können. Wenn der Motor während seiner gesamten Lebensdauer einwandfrei funktioniert, können die Proben entsorgt werden.

⁵ Die drei Schwesterflugzeuge der HB-TDA derselben Flugsportgruppe waren ebenfalls betroffen.

Alle dem Motorenhersteller seit 2018 vorgelegenen Flugzeugdaten wurden überprüft, um den Ölverbrauch jedes Motors zu berechnen. Dabei ist bei Motoren ab ungefähr 1100 Betriebsstunden ein Anstieg des Ölverbrauchs feststellbar.

Ein Aufsetzen und Durchstarten (*touch-and-go*) erzeugt einen thermischen Effekt auf den Motor, da während des Landeanflugs nur eine sehr geringe Motorleistung erforderlich ist und damit die Belastung gering bleibt, wodurch sich das Ansaugsystem abkühlen kann, und anschliessend während des Durchstartens wieder eine plötzliche, hohe Belastung auftritt. Thermische Zyklusprüfungen an Motoren unter Worst-Case-Bedingungen haben gezeigt, dass solche Lastwechsel im Allgemeinen nicht die Ursache für die Risse in den Kolben sind.

Aufgrund der Untersuchungs- und Testergebnissen geht der Motorenhersteller davon aus, dass die Ursache in einer Kombination aus einem unzweckmässigen Motorbetrieb, insbesondere einer unzureichenden Warmlaufphase, und einem gewissen Zylinderverschleiss liege.

Um künftige Verformungen der Zylinderbohrungen zu verhindern, wurde der Produktionsprozess optimiert und im Juli 2024 für alle Motoren der CD1XX-Serie umgesetzt. Weiter erhielten Flugzeuge mit einem Motor des Musters TAE-125-02-114 (CD 155) bereits ein Software-Update, bei dem die Einspritzparameter in den Übergangsphasen vom Leerlauf bis zur Volllast angepasst wurden. Der Motorenhersteller arbeitet daran, weitere Änderungen am Motor, insbesondere am Kolben umzusetzen, um die Empfindlichkeit bezüglich der Kohlenstoffablagerungen sowie die Spitzentemperatur der Kolben zu verringern.

Bern, 16. Dezember 2025