



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. 2384 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des Flugzeu-
ges PA-28-181, LX-AVA,

vom 19. Juli 2020

rund 2 km westlich des Flugplatzes
St. Gallen-Altenrhein (LSZR)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Artikel 3.1 der 12. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 5. November 2020 zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt (LFG; SR 748.0) vom 21. Dezember 1948 (Stand am 1. Januar 2022) ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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

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

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

In diesem Bericht wird aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes für alle natürlichen Personen unabhängig von ihrem Geschlecht die männliche Form verwendet.

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

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Zusammenfassung

Luftfahrzeugmuster	PA-28-181	LX-AVA		
Halter	Avia Sport a.s.b.l., Route de Trèves, L-1110 Findel, Luxemburg			
Eigentümer	Avia Sport II, Aéroport du Findel, L-1110 Findel, Luxemburg			
Pilot	Luxemburgischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1968			
Ausweis	Privatpilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Private Pilot Licence Aeroplane – PPL(A)</i>) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch die Luxemburgische Zivilluftfahrtbehörde (<i>Direction de l'aviation Civile – DAC</i>)			
Flugstunden	insgesamt	234:20 h	während der letzten 90 Tage	9:54 h
	auf dem Vorfalldatum	234:20 h	während der letzten 90 Tage	9:54 h
Ort	Rund 2 km westlich des Flugplatzes St. Gallen-Altenrhein (LSZR)			
Koordinaten	261 580 / 757 560 (<i>Swiss Grid 1903</i>)		Höhe	475 m/M
	N 47° 29' 10" / E 009° 31' 46" (WGS ¹ 84)			
Datum und Zeit	19. Juli 2020, 18:10 Uhr			
Betriebsart	Privat			
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)			
Startort	St. Gallen-Altenrhein (LSZR)			
Zielort	Luxemburg (ELLX)			
Flugphase	Start und Steigflug			
Art des schweren Vorfalles	Leistungsverlust			
Personenschaden				
Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	1	1	2	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	1	2	0
Schaden am Luftfahrzeug	Nicht beschädigt			
Drittschaden	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

Für die Beschreibung des Hergangs standen die Angaben des Piloten und des Passagiers, der ebenfalls über eine gültige Lizenz und Klassenberechtigung für einmotorige Kolbenmotorflugzeuge (*single engine piston*) verfügte, sowie die Radar- und Sprechfunkaufzeichnungen zur Verfügung.

1.1.2 Vorgeschichte

Der Flug, bei dem sich der schwere Vorfall ereignete, war Teil eines Tagesausfluges von Luxemburg (ELLX) nach St. Gallen-Altenrhein (LSZR). Der Hinflug mit dem vierplätzigem, einmotorigen Flugzeug Piper PA-28-181, eingetragen als LX-AVA, verlief ohne Auffälligkeiten, und das Flugzeug landete um etwa 16:15 Uhr am Tagesziel.

Nach einem Aufenthalt von rund zwei Stunden traten der Pilot und der Passagier den Rückflug an; letzterer übernahm dabei den Sprechfunk mit der Flugverkehrsleitung.

1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

Nach der Vorflugkontrolle (*preflight check*) startete der Pilot den Motor und führte die Funktionskontrolle des Motors (*run up*) ohne Auffälligkeiten durch. Auch beim Startlauf auf der Piste 28 erkannten die beiden Insassen keine Auffälligkeiten anhand der Anzeigen der Bordinstrumente. Die LX-AVA hob um 18:25 Uhr mit rund 60 KIAS² vom Boden ab. Nach der Beschleunigung auf 85 KIAS erfolgte rund eine Minute nach dem Abheben in einer Höhe von 1550 ft QNH³, rund 250 ft über dem See, ein merklicher Leistungsabfall, verbunden mit einem Stottern des Motors. Obwohl der Pilot das Flugzeug unverzüglich in einen Horizontalflug überführte, verringerte sich die Geschwindigkeit zusehends auf 68 KIAS (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Flugweg der LX-AVA (rote Linie) nach dem Start in St. Gallen-Altenrhein (LSZR) auf der Piste 28, gefolgt von einer Umkehrkurve und anschließender Landung auf der Piste 10. Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie.

² KIAS: *Knots Indicated Air Speed*, angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten

³ QNH: Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre

In der Folge betätigte der Pilot den Tankwählschalter (*fuel selector*) und überprüfte die korrekte Stellung des Zündschlüssels (*ignition key*), der Leistungssetzung (*thrust lever*) sowie des Kraftstoff-Luftgemisches (*mixture lever*) und sah, dass sich der Schalter der elektrischen Kraftstoffpumpe in der Position «ON» und die Vergaservorheizung (*carburetor heat*) in Stellung «OFF» befand. Die Anzeigen der Motoreninstrumente befanden sich im grünen Bereich und keiner der Sicherungsautomaten (*circuit breaker*) hatte ausgelöst. Das Stottern des Motors hielt an, weshalb der Pilot eine Umkehrkurve nach rechts einleitete, während der Passagier um 18:25:55 Uhr in knappen Worten über Funk mitteilte, dass der Motor stottere und dass sie umkehren würden. Daraufhin bestätigte der Platzverkehrsleiter den Ernst der Lage und erwiderte, dass ihnen ohne Einschränkung für die Landung die Piste 10 zur Verfügung stehen würde. Der Passagier fügte in der Folge an, dass sie landen müssten und setzte eine Notlage ab. Daraufhin erteilte der Platzverkehrsleiter die Landefreigabe, worauf die LX-AVA um 18:27:47 Uhr auf der Piste landete. Das Flugzeug blieb unbeschädigt. Keiner der Insassen wurde verletzt.

1.2 Angaben zum Luftfahrzeug

Bei der Piper PA-28-181 handelt es sich um ein einmotoriges, vierplätziges Motorflugzeug, ausgeführt als freitragender Tiefdecker in Ganzmetallbauweise mit Festfahrwerk in Bugradanordnung. Das Flugzeug ist bestückt mit einem luftgekühlten Vier-Zylinder Viertaktboxermotor O-360-A4M des Herstellers Lycoming mit einer Startleistung von 180 PS bei 2700 Umdrehungen pro Minute auf Meereshöhe.

1.3 Meteorologische Angaben

Ein flaches Bodenhoch und ein Rücken in der Höhe bestimmten das Wetter im Alpenraum. Das Wetter war sonnig und es wehte zum Zeitpunkt der Landung ein schwacher Wind mit 5 kt aus 280 Grad.

1.4 Technische Feststellungen

Die letzten Instandhaltungsarbeiten an der LX-AVA fanden am 17. Juli 2020 bei 6798:36 Betriebsstunden der Zelle bzw. rund 1500 h seit der letzten Grundüberholung des Motors, im Rahmen einer 100-Stunden-/Jahresinspektion statt. Die dabei durchgeführte Überprüfung der Kompression (Druckverlustmessung) aller Zylinder bei einem Eingangsluftdruck von 80 PSI ergab folgende Werte (vgl. dazu auch Kapitel «Angaben zur Instandhaltung»).

Zylinder N° 1	Zylinder N° 2	Zylinder N° 3	Zylinder N° 4
78 PSI	76 PSI	70 PSI	78 PSI

Tabelle 1: Druckverlustmessung der Zylinder vom 17. Juli 2020

Die LX-AVA wies bei der Landung nach dem Vorfall 6801:36 Betriebsstunden auf.

Die am 30. Juli 2020 am Flugzeug durchgeführte Überprüfung ergab, dass die Kompression beim Zylinder Nr. 3 sehr gering war. Der Kolben mit den zugehörigen Kolbenringen zeigte keinerlei Beschädigungen. Im Zylinder Nr. 3 waren an den Ein- und Auslassventilen übliche Verbrennungsrückstände ersichtlich (vgl. Abbildung 2 auf der Folgeseite).

Nach dem Austausch durch einen neuen Zylinder inklusive Ventile, Kolben und Kolbenringen gab der Motor beim anschliessenden Prüflauf die geforderte Leistung ab.



Abbildung 2: Verbrennungsrückstände an den Ein- und Auslassventilen des Zylinders Nr. 3.

1.5 Angaben zur Instandhaltung

Während Zylinder-Kompressionsprüfungen im *Lycoming Operator's Manual* nicht verlangt werden, empfiehlt das Instandhaltungshandbuch von Piper eine Überprüfung der Zylinder-Kompression alle 100 Stunden. Im Weiteren empfiehlt die *Service Instruction* Nr. 1191A des Motorenherstellers, bei einem Leistungsverlust, bei steigendem Ölverbrauch oder bei einem anderweitigen unerklärlichen abnormalen Betrieb des Motors eine Zylinder-Kompressionsprüfung durchzuführen. Die Entscheidung zur Ausführung solcher Instruktionen liegt beim Halter des Luftfahrzeuges respektive bei der Organisation zur Führung der Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit (*Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*).

In der *Service Instruction* Nr. 1191A ist Folgendes festgehalten:

«3. Interpretation of the results of the test is highly dependent on the skill and judicious opinion of the tester; however, the following observations cover the principle factors to be noted:

- a. Pressure readings for all cylinders should be nearly equal; a difference of 5 PSI is satisfactory; a difference of 10 to 15 PSI indicates an investigation should be made.*

NOTE

Unless the pressure difference exceeds 15 PSI the investigation should not necessarily mean removal of the cylinder; often a valve will reseat itself and result in acceptable compression during a later check which should be made within the next 10 hours of operation.

- b. If the pressure reading for all cylinders is equal and above 70 PSI; the engine is satisfactory; less than 65 PSI indicates wear has occurred and subsequent compression checks should be made at 100 hour intervals to determine rate and amount of wear. If the pressure reading is below 60 PSI or if the wear rate*

increases rapidly, as indicated by appreciable decrease in cylinder pressure, removal and overhaul of the cylinders should be considered.»

In die deutsche Sprache übersetzt: «3. Die Interpretation der Prüfergebnisse hängt in hohem Masse vom Fachwissen und seiner Beurteilung ab; die folgenden Bemerkungen umfassen jedoch die wichtigsten zu beachtenden Faktoren:

- a. *Die Druckmesswerte sollten bei allen Zylindern ähnlich sein; eine Differenz von 5 PSI ist akzeptabel; bei einer Differenz von 10 bis 15 PSI sollte eine Untersuchung durchgeführt werden.*

HINWEIS

Sofern der Druckunterschied nicht mehr als 15 PSI beträgt, ist ein Ausbau des Zylinders nicht zwingend notwendig, da ein Ventil sich oft neu setzt. Durch eine erneute Druckmessung innerhalb der nächsten 10 Betriebsstunden sind akzeptable Werte nachzuweisen.

- b. *Wenn der Druckmesswert bei allen Zylindern gleich ist und über 70 PSI liegt, ist der Motor in einem zufriedenstellenden Zustand; weniger als 65 PSI zeigt an, dass Verschleiss aufgetreten ist und Kompressionsprüfungen alle 100 Stunden durchgeführt werden sollten, damit der Fortschritt und der Umfang des Verschleisses bestimmt werden kann. Wenn die Druckanzeige unter 60 PSI liegt oder wenn sich der Verschleissfortschritt schnell erhöht, was durch einen spürbaren Abfall des Zylinderdrucks angezeigt wird, sollte der Ausbau und die Überholung der Zylinder in Betracht gezogen werden.»*

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Der Kompressionsverlust beim Zylinder Nr. 3. war auf ein undichtes Ein- oder Auslassventil zurückzuführen. Dafür ursächlich sind hauptsächlich Verbrennungsrückstände wie Kohlenstoffpartikel oder Blei bei der Nutzung von Flugbenzin (*Aviation Gasoline – AVGAS*), die zwischen der Ventilfläche und dem Ventilsitz haften bleiben und dadurch ein komplettes Verschliessen der Ventile verhindern können. In Ausnahmefällen können auch verbrannte oder verzogene Ventile für eine Undichtigkeit verantwortlich sein, was im vorliegenden Fall jedoch eher ausgeschlossen werden kann.

Undichte Ventile aufgrund von Verbrennungsrückständen zwischen der Ventilfläche und dem Ventilsitz können plötzlich auftreten, vorwiegend jedoch bei Motoren mit vielen Betriebsstunden, wie im vorliegend untersuchten Fall. Der Motor der LX-AVA wurde zwei Tage zuvor einer Jahresinspektion unterzogen und bei allen Zylindern die Kompression überprüft. Bis auf den Zylinder Nr. 3 mit einem Druckverlust von 10 PSI waren die Messwerte bei den übrigen Zylindern gut bis sehr gut. Beim Zylinder Nr. 3 waren gemäss *Service Instruction* Nr. 1191A keine Sofortmassnahmen notwendig.

Der vorliegende Fall zeigt jedoch, dass es nur wenige Betriebsstunden nach der letzten Kompressionsprüfung, bei dem die Messwerte noch innerhalb der Toleranz des Motorenherstellers lagen, zu einem Leistungsverlust kommen kann. Daher erscheint beispielsweise eine zeitnahe Kompressionsprüfung oder eine *borescope-inspection* sinnvoll. Weiter können allfällige Aufzeichnungen von Motordaten Rückschlüsse über den Zustand des Motors liefern.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Nach einer kurzen Analyse einer möglichen Ursache für den teilweisen Leistungsverlust im Steigflug entschied sich der Pilot in 250 ft AGL, eine Umkehrkurve einzuleiten und unter Meldung einer Notlage trotz leichtem Rückenwind auf der Piste 10 zu landen. Dieses Vorhaben wurde durch den Platzverkehrsleiter gut unterstützt; allerdings bergen Umkehrkurven in Bodennähe hohe Risiken und enden nicht selten in einem Kontrollverlust.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*) zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) zulässigen Grenzen.
- Die letzten Instandhaltungsarbeiten an der LX-AVA fanden am 17. Juli 2020 bei 6798:36 Betriebsstunden der Zelle bzw. rund 1500 h seit der letzten Grundüberholung des Motors im Rahmen einer 100-Stunden-/Jahresinspektion statt.
- Die dabei überprüfte Kompression (Druckverlustmessung) aller Zylinder waren bis auf den Zylinder Nr. 3 gut bis sehr gut.
- Beim Zylinder Nr. 3 waren gemäss *Service Instruction* Nr. 1191A keine Sofortmassnahmen notwendig.
- Die am 30. Juli 2020 nach 6801:36 Betriebsstunden durchgeführte Kompressionsprüfung ergab, dass die Kompression beim Zylinder Nr. 3 sehr gering war.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen des Piloten während des schweren Vorfalls vor.

3.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

- Das vierplätzig Motorflugzeug Piper PA-28-181, eingetragen als LX-AVA, hob um 18:25 Uhr von der Piste 28 des Flugplatzes St. Gallen-Altenrhein (LSZR) ab.
- An Bord befanden sich der Pilot und ein des Fliegens kundiger Passagier, der den Sprechfunk mit der Flugverkehrsleitung übernahm.
- Rund eine Minute nach dem Abheben in einer Höhe von 1550 ft QNH, rund 250 ft über dem See, erfolgte ein merklicher Leistungsabfall, verbunden mit einem Stottern des Motors.
- Nach einer kurzen Problem-Analyse entschied sich der Pilot, eine Umkehrkurve einzuleiten, und landete unter Meldung einer Notlage erfolgreich auf der Piste 10.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf die Entstehung des schweren Vorfalls.

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 Leistungsverlust des Motors im Steigflug und somit der schwere Vorfall ist auf einen Kompressionsverlust beim Zylinder Nr. 3 infolge eines undichten Ein- oder Auslassventils zurückzuführen.

- 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen**
- 4.1 Sicherheitsempfehlungen**
Keine
- 4.2 Sicherheitshinweise**
Keine
- 4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen**
Keine

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

Bern, 18. Januar 2022

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle