



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. 2402 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des Flugzeu-
ges Tecnam P2008 JC, HB-KMJ,

vom 19. Juli 2019

auf dem Flugfeld Sitterdorf (TG)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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.¹

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

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

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

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

LT = MESZ = UTC + 2 h.

¹ 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. Mai 2022 (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. Februar 2015 (VSZV, SR 742.161)

Zusammenfassung

Luftfahrzeugmuster Tecnam P2008 JC HB-KMJ

Halter Flugschule Basel AG, 4030 Basel

Eigentümer BS Business Aviation AG, 4132 Muttenz

Pilot Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1986

Ausweis Privatpilotenlizenz für Flugzeuge (*Private Pilot Licence Aeroplane – PPL(A)*) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)

Flugstunden	insgesamt	122:21 h	während der letzten 90 Tage	9:14 h
	auf dem Muster P2008 JC	104:48 h	während der letzten 90 Tage	9:14 h

Ort Flugfeld Sitterdorf (LSZV)

Koordinaten --- **Höhe** ---

Datum und Zeit 19. Juli 2019, 16:50 Uhr

Flugregeln Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*)

Betriebsart Privat

Startort Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein (LSZR)

Zielort Flugfeld Sitterdorf (LSZV)

Flugphase Landung

Art des schweren Vorfalles Fahrwerkbruch

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 Leicht beschädigt

Drittschaden Keiner

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf basiert auf den Angaben des Piloten, von Augenzeugen und einer GPS-Aufzeichnung. Es handelte sich um einen privaten Passagierflug.

1.1.2 Vorgeschichte

Der Pilot des Motorflugzeuges Tecnam 2008 JC, eingetragen als HB-KMJ, war am Vortag von Basel herkommend auf dem Flugplatz Sitterdorf (LSZV) gelandet, um dort eine Passagierin aufzunehmen und nach Deutschland weiterzufliegen. Am Tag des Zwischenfalls sollte die Rückreise nach Basel erfolgen, mit Zwischenlandungen auf den Flugplätzen St. Gallen-Altenrhein (LSZR) und Sitterdorf.

1.1.3 Flugverlauf

Nach einem ereignislosen Flug von St. Gallen-Altenrhein flog der Pilot in die Platzrunde der Piste 25 des Flugplatzes Sitterdorf ein. Der Anflug verlief normal. Beim Überflug der Pistenschwelle der 480 m langen Graspiste betrug die Geschwindigkeit des Flugzeuges über Grund 63 kt. Rund 140 m nach der Pistenschwelle wurden noch 57 kt aufgezeichnet.

Nach dem Aufsetzen brach das Bugfahrwerk weg und blieb auf der Piste zurück, so dass sich die Nase des Flugzeugs auf die Piste absenkte. Das Flugzeug rollte noch einige Meter weiter, bevor es zum Stillstand kam (vgl. Abbildung 1). Die Insassen blieben dabei unverletzt. Am Flugzeug entstand leichter Sachschaden. Betriebsstoffe liefen keine aus, und es entstand kein Drittschaden.



Abbildung 1: Die HB-KMJ in ihrer Endlage auf der Graspiste des Flugfeldes Sitterdorf mit Blickrichtung nach Osten. Am linken Bildrand ist das Bugfahrwerk auf der Piste erkennbar.

1.2 Meteorologische Angaben

Ein flaches Hoch bestimmte das Wetter über Mitteleuropa. Am Ort und zum Zeitpunkt des Zwischenfalls war das Wetter vorwiegend sonnig, trocken und wind-schwach:

Wind	3 kt aus 240 Grad
Sicht	40 km
Wolken	1/8 – 2/8 um 6000 ft über Grund 3/8 – 4/8 um 24 000 ft über Grund

Temperatur / Taupunkt	27 °C / 13 °C
Luftdruck (QNH)	1016 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ² -Standardatmosphäre)

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeine Angaben

Luftfahrzeugmuster	Tecnam P2008 JC
Hersteller	Costruzioni Aeronautiche TECNAM S.R.L., Italien
Charakteristik	Einmotoriger, zweisitziger Hochdecker der Kategorie CS-VLA ³ , mit Festfahrwerk in Bugradanordnung
Baujahr	2015
Seriennummer	1044
Triebwerk	Rotax 912
Propeller	Hoffmann Zweiblatt-Fixpropeller
Höchstzulässige Masse	650 kg
Beladung	Masse und Schwerpunktlage befanden sich innerhalb der gemäss AFM ⁴ zulässigen Grenzen
Betriebszeiten seit neu	Zelle: 1418 Stunden, 4690 Landungen Triebwerk: 1817 Stunden
Unterhalt	Die 100-h-Kontrolle wurde am 18. Juni 2019 bei 1377 Betriebsstunden und die 50-h-Kontrolle am 17. Juli 2019 bei 1413 Betriebsstunden bescheinigt.

1.3.2 Relevante Verfahrensvorgaben

Der Endanflug ist gemäss AFM des Herstellers mit voll ausgefahrenen Landeklappen und einer Geschwindigkeit von 55 KIAS⁵ auszuführen.

1.3.3 Landeleistung

Die Flugleistungsangaben für Landungen basieren auf einer Endanfluggeschwindigkeit von 54 KIAS auf 50 ft über Grund und maximalem Landegewicht. Für den vorliegenden Fall lassen sich aus diesen Angaben eine Landedistanz über ein 50 ft-Hindernis von mindestens 390 m und eine Landerollstrecke von mindestens 180 m bestimmen.

Um wahrscheinliche Abweichungen vom optimalen Lande- und Bremsvorgang zu berücksichtigen, schlägt der Hersteller in Anlehnung an die Regeln der gewerbmässigen Luftfahrt einen Sicherheitsfaktor von 1.67 vor. Damit war für den vorliegenden Fall mit einer Landedistanz von 650 m und einer Landerollstrecke von 300 m zu rechnen.

1.3.4 Angaben zum Bugfahrwerk

Das Bugrad des Flugzeugs ist um eine vertikale Achse (Schwenkachse) frei drehbar am Bugfahrwerksbein angebracht (vgl. Abbildung 2). Die Richtungssteuerung

² ICAO: *International Civil Aviation Organization*

³ CS-VLA: *Certification Specifications for Very Light Aeroplanes* der EASA

⁴ AFM: *Aircraft Flight Manual*, Luftfahrzeugflughandbuch

⁵ KIAS: *Knots Indicated Air Speed*, angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten

des Flugzeugs am Boden erfolgt aerodynamisch durch das Seitensteuer und, sofern dessen Wirkung dazu nicht ausreicht, durch asymmetrische Betätigung der Radbremsen (*differential braking*).

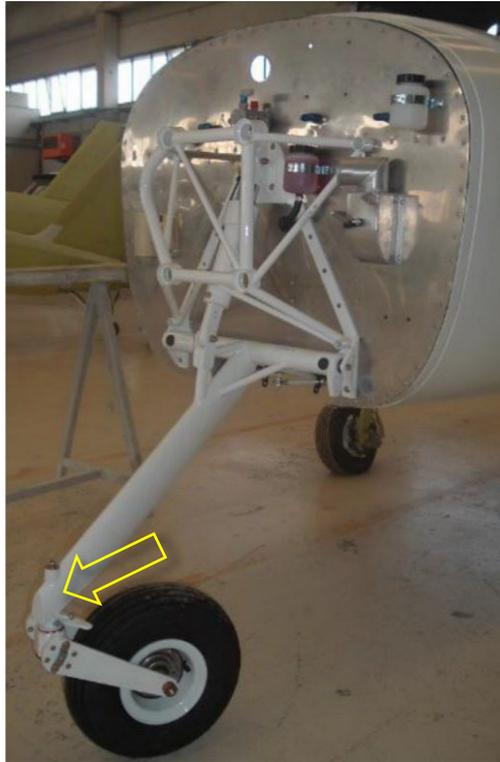


Abbildung 2: Ansicht des Bugfahrwerks einer Tecnam P2008 JC (Foto aus dem Instandhaltungshandbuch des Herstellers). Der Pfeil bezeichnet die Bruchstelle.

Nach einem vergleichbaren Zwischenfall vom 27. September 2015, bei dem das Bugfahrwerksbein der HB-KMJ während des Rollens auf dem Flughafen Basel nach einer Betriebszeit seit neu von 128 Stunden im oberen Bereich gebrochen war, wurde dieses nach Angaben des Instandhaltungsbetriebs durch ein nicht baugleiches und verstärktes Neuteil ersetzt.

Weitere Zwischenfälle, bei denen es bei Flugzeugen desselben Musters zu einem Versagen des Bugfahrwerks kam, sind dokumentiert. So geht aus einem Schlussbericht der französischen Untersuchungsbehörde BEA zu einem Zwischenfall aus dem Jahr 2020 hervor, dass sich seit 2015 alleine in Frankreich sechs vergleichbare Zwischenfälle ereigneten.⁶

Am 2. November 2015 publizierte der Hersteller die Service Bulletin (SB) SB215-CS, worin er eine jeweils nach 25 Betriebsstunden durchzuführende visuelle Inspektion insbesondere des oberen Bereichs des Bugfahrwerksbeins mit Augenmerk auf die Schweißnähte empfahl. Bis Ende 2021 wurden fünf weitere SB publiziert, die das Bugfahrwerk betreffen.

Der Hersteller brachte zudem im Laufe der Zeit bei der Produktion verschiedene Verstärkungen am Bugfahrwerk an. Die heute ausgelieferten Bugfahrwerke sind sowohl im oberen als auch im unteren Fahrwerksbereich verstärkt.

⁶ Schlussbericht der BEA zum Unfall der F-HOOS vom 20. Juli 2020

1.4 Feststellungen am Bugfahrwerk

Im vorliegenden Fall erfolgte der Bruch im Unterschied zum vorhergehenden Zwischenfall der HB-KMJ im unteren Bereich des Bugfahrwerksbeins, nahe dessen geschweisster Verbindung zum Schwenkachsenlager (vgl. Abbildung 3). Beide Teile wurden einer metallkundlichen Untersuchung zugeführt. Diese zeigte, dass der primäre Bruch in der Schweissnaht erfolgte (vgl. Kapitel 1.5).

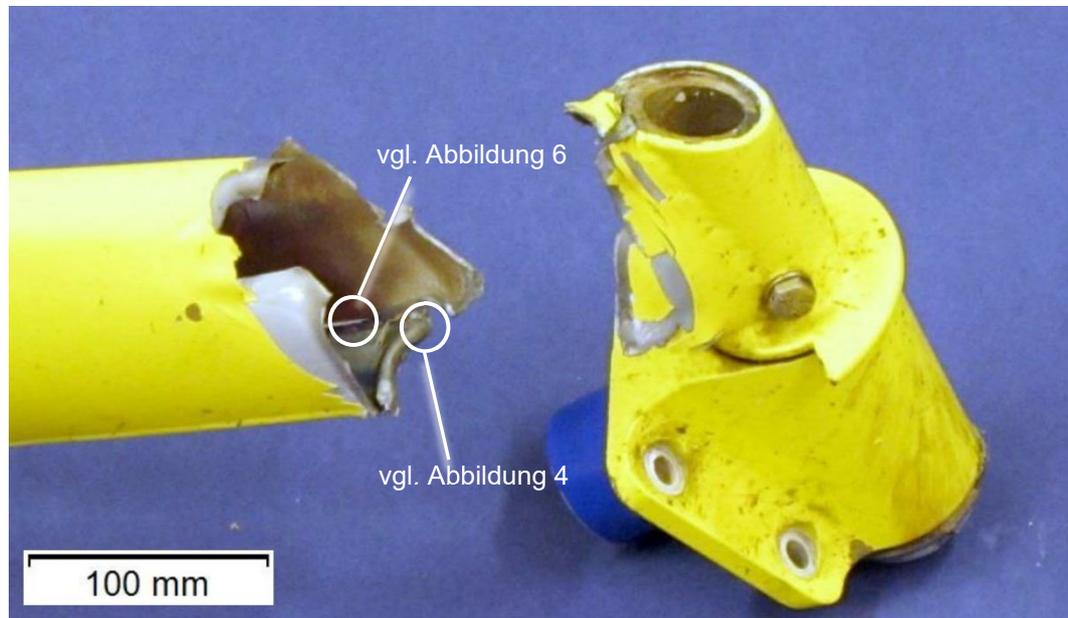


Abbildung 3: Bruchstelle am unteren Ende des Bugfahrwerksbeins der HB-KMJ (links) und abgebrochenes Schwenkachsenlager (rechts, ohne Bugradgabel). Der Bruch ging von der unteren Schweissnaht aus.

Eine Überprüfung des Gesamtzustandes des Fahrwerks ergab zudem, dass die Drehbewegung der Bugradgabel aufgrund eines zu hohen Anzugsmoments einer Schraubverbindung stark behindert war, was die Beanspruchung der Schweissverbindung erhöhte. Der Hersteller gab allerdings kein Anzugsmoment vor, sondern wies auf die Notwendigkeit der Freigängigkeit hin.

1.5 Metallkundliche Untersuchung

1.5.1 Allgemeines

1.5.2 Das Bugfahrwerksbein bestand unter anderem aus einem Rohr aus Stahl mit einer Wandstärke von zirka 1.20 mm. Das untere Ende war an die Lagerbüchse der Schwenkachse des Bugfahrwerks angeschweisst. In diesem Anschlussbereich war die Rohrunterseite ausgeschnitten und anstelle des Ausschnittes ein 1.75 mm starker Stahlblechspickel eingeschweisst. Dieser war ebenfalls durch eine Schweissnaht mit der Lagerbüchse verbunden.

1.5.3 Mechanische Eigenschaften und Oberflächenzustand

Durch Härtemessungen nach Vickers wurden die mechanischen Eigenschaften des Rohrs, des Stahlspickels wie auch des Schweissmaterials bestimmt. Die gemessenen Werte sind für diese Art Bauteile üblich. Die äusseren Oberflächen der untersuchten Teile waren sandgestrahlt und lackiert. Die inneren Oberflächen waren etwas korrodiert, eine Oberflächenbehandlung war nicht nachweisbar. Die Gestaltsfestigkeit der Konstruktion war durch die vorgefundene Korrosion nicht beeinträchtigt.

1.5.4 Chemische Zusammensetzung

Gemäss der chemischen Analyse handelt es sich beim Rohr wie auch beim Blechspickel um Vergütungsstahl. Aufgrund des aus der chemischen Analyse errechneten Kohlenstoffäquivalents müssen solche Bauteile beim Schweissprozess vorgewärmt werden.

1.5.5 Fraktographische Untersuchungen

Die Bruchfläche wurde optisch und mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) fraktographisch analysiert. Der primäre Bruch erfolgte in der Schweissnaht, mit welcher der Stahlblechspickel mit der Lagerbüchse verbunden war. Dieser Bruchbereich war stark deformiert. In der anschliessenden Bruchzone zwischen dem Spickel und der Rohrwand im Bereich der beiden Schweissnähte waren interkristalline Anrisse und Schwingstreifen deutlich nachweisbar (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5).

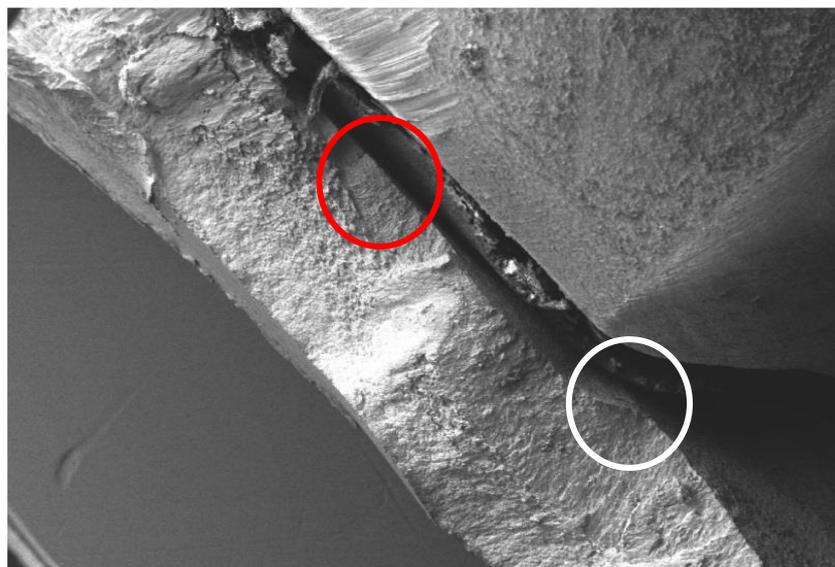


Abbildung 4: Die beiden Kreise zeigen die Schwingbruchzonen. In der Zone des roten Kreises wurden zusätzlich interkristalline Anrisse festgestellt (vgl. Abbildung 5: Zone mit interkristallinem Anriss (roter Pfeil)).

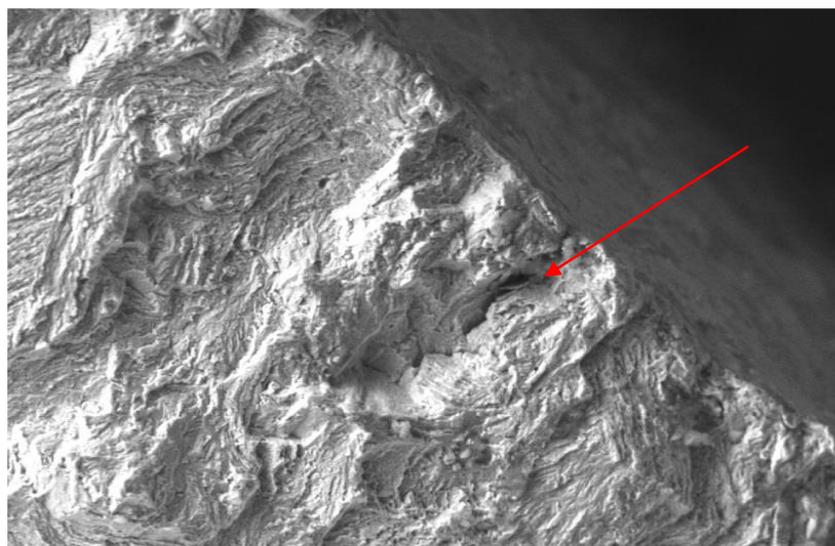


Abbildung 5: Zone mit interkristallinem Anriss (roter Pfeil).

Bei der restlichen blanken Bruchfläche (Restbruchfläche) handelt es sich um eine Gewaltbruchfläche mit einer Scherwabencharakteristik.

All diese Feststellungen weisen eindeutig auf ein Versagen infolge Materialermüdung hin, dabei erfolgte der primäre Bruch in der Schweissnaht, mit welcher der Stahlblechspickel mit der Lagerbüchse verbunden war.

1.5.6 Metallographische Analyse

Nahe zur Bruchzone wurde das Rohr mit dem eingeschweissten Blechspickel zur weiteren Untersuchung quer zur Rohrachse geschnitten. Diese Schnittfläche wurde mit Augenmerk auf die Schweissverbindungen des Blechspickels zur Rohrwand metallographisch analysiert. Die Untersuchungen zeigen Heissrisse und interkristalline Schädigungen in der Schweisswurzel sowie interkristalline Anrisse im Schweissgut (vgl. Abbildung 6).

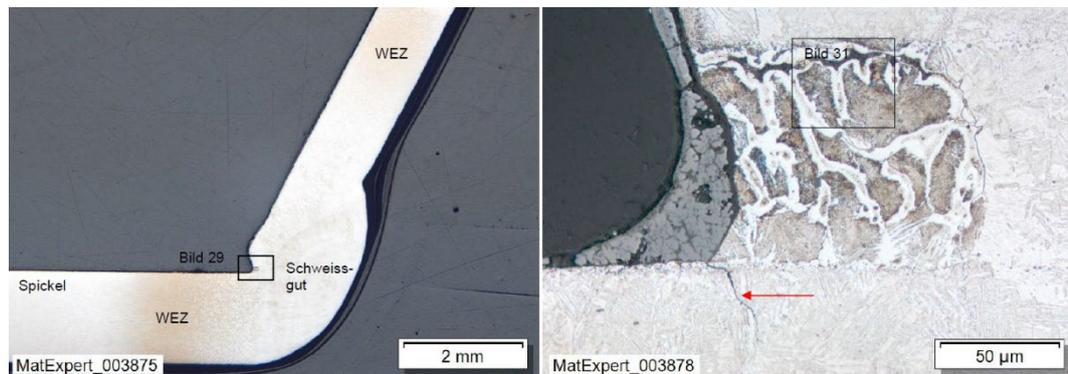


Abbildung 6: Ausschnitt eines Querschliffs durch das Bugfahrwerksbein nahe der Bruchzone mit einer Schweissnaht und zugehörigen Wärmeeinflusszonen (WEZ, linkes Bild). In der Vergrößerung sind Anrisse erkennbar (rechts, roter Pfeil).

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Das Versagen des Bugfahrwerkbeins entstand nicht durch eine einmalige Überlastung, sondern war die Folge einer Vorschädigung infolge Ermüdung. Die metallkundliche Untersuchung zeigte, dass es sich beim vorliegenden Bruch um einen durch Schweißfehler initiierten Ermüdungsbruch (Schwingbruch) handelte, der über einen gewissen Belastungszeitraum gewachsen war, bis es am Tag des Zwischenfalls zum Totalversagen (Spontanbruch) kam.

Weitere vergleichbare Zwischenfälle, bei denen es bei Flugzeugen desselben Musters zu einem Versagen des Bugfahrwerks kam, sind dokumentiert (vgl. Kapitel 1.3.4). Um das Sicherheitsdefizit zu adressieren, publizierte der Flugzeughersteller in der Folge mehrere Service Bulletins und brachte bei der Produktion verschiedene Verstärkungen am Bugfahrwerk an.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Über der Pistenschwelle betrug die Geschwindigkeit des Flugzeuges 62 KIAS, berechnet unter Berücksichtigung des Positionsfehlers. Sie lag damit höher als die Verfahrensvorgabe von 55 KIAS für den Endanflug. Mit Blick auf die zu erwartende Landeleistung und die Pistenlänge war damit schon über der Pistenschwelle zu erkennen, dass eine Landung entweder zu lang oder in ungünstiger Fluglage erfolgen würde.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach VFR zugelassen.
- Masse und Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.
- Beim Bruch des Bugfahrwerksbeins handelte es sich um einen Ermüdungsbruch (Schwingbruch), der durch Schweißfehler initiiert worden war.
- Der Hersteller publizierte im Zeitraum vor und nach dem Zwischenfall mehrere Service Bulletins (SB), die das Bugfahrwerk betreffen.

3.1.2 Besatzung

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

3.1.3 Flugverlauf

- Vom Start vom Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein bis in den Endanflug der Piste 25 des Flugfeldes Sitterdorf verlief der Flug ereignislos.
- Zu Beginn des Landevorgangs wies das Flugzeug eine gegenüber der Herstellervorgabe erhöhte Endanfluggeschwindigkeit auf.
- Nach dem Aufsetzen auf der 480 m langen Piste kam es zum Bruch des Bugfahrwerksbeins.
- Das Flugzeug kam nach kurzer Rollstrecke auf Hauptfahrwerk und Nase stehend zum Stillstand.
- Die Insassen blieben unverletzt. Das Flugzeug wurde leicht beschädigt.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf die Entstehung des Zwischenfalls.

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 ist auf einen Bruch des Bugfahrwerksbeins während der Landung zurückzuführen. Ursächlich dafür war eine mangelhafte Schweißverbindung.

- 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, 16. Mai 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle