



## Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden Unfalls wurde eine summarische Untersuchung gemäss Artikel 46 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. September 2023 (SR 742.161) durchgeführt. Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Unfalls 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. Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand Rechnung zu tragen.

<b>Luftfahrzeug</b>	Diamond Aircraft DA40	HB-SDF		
<b>Halter</b>	Motorfluggruppe Chur, Obere Gasse 35, 7000 Chur			
<b>Eigentümer</b>	Motorfluggruppe Chur, Obere Gasse 35, 7000 Chur			
<b>Pilot</b>	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1960			
<b>Ausweis</b>	Privatpilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Private Pilot Licence Aeroplane</i> – PPL(A)) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit ( <i>European Union Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)			
<b>Flugstunden</b>	<b>insgesamt</b>	700:56 h	<b>während der letzten 90 Tage</b>	08:23 h
	<b>auf dem Unfallmuster</b>	189:52 h	<b>während der letzten 90 Tage</b>	08:23 h
<b>Ort</b>	Flugplatz Bad Ragaz (LSZE)			
<b>Koordinaten</b>	---	<b>Höhe</b>	---	m/M
<b>Datum und Zeit</b>	30. Juli 2021, 11:25 Uhr (LT <sup>1</sup> = UTC <sup>2</sup> + 2 h)			
<b>Betriebsart</b>	Privat			
<b>Flugregeln</b>	Sichtflugregeln ( <i>Visual Flight Rules</i> – VFR)			
<b>Startort</b>	Flugplatz Münster (LSPU)			
<b>Zielort</b>	Flugplatz Bad Ragaz (LSZE)			
<b>Flugphase</b>	Landung			
<b>Unfallart</b>	Unkontrollierter Bodenkontakt			
<b>Personenschaden</b>	<b>Besatzungsmitglieder</b>	<b>Passagiere</b>	<b>Drittpersonen</b>	
	Leicht verletzt	0	0	0
	Nicht verletzt	1	0	nicht betroffen
<b>Schaden am Luftfahrzeug</b>	Schwer beschädigt		Propeller, Bugfahrwerk	
<b>Drittsschaden</b>	keiner			

<sup>1</sup> LT: *Local Time*, Normalzeit

<sup>2</sup> UTC: *Universal Time Coordinated*, koordinierte Weltzeit

## Sachverhalt

### Hergang

Am 30. Juli 2021 um 09:45 Uhr startete der Pilot mit dem als HB-SDF eingetragenen Motorflugzeug Diamond DA40 vom Flugplatz Bad Ragaz (LSZE) zu einem privaten Flug nach dem Flugplatz Münster (LSPU). Nach einer kurzen Pause in Münster erfolgte der Rückflug. Kurz vor der Landung auf der Piste 12 des Flugplatzes Bad Ragaz, auf einer Flughöhe von 50 ft über Grund, betrug die Geschwindigkeit über Grund (*Ground Speed* – GS) 79 kt<sup>3</sup>. Kurz vor der Pistenschwelle betrug die GS noch 75 kt. Um 11:25 Uhr setzte das Flugzeug innerhalb des ersten Pistendrittels auf. Bei Passieren der Pistenmitte betrug die GS noch 63 kt. Im weiteren Verlauf knickte das Bugfahrwerk ein, so dass es zur Bodenberührung des Propellers kam.

### Spuren auf der Piste

Die Hartbelagpiste, die eine Länge von 495 m aufweist, wies Schleifspuren der Bugradverschalung auf. Diese waren abschnittsweise und erstmals 120 m nach der Pistenschwelle zu erkennen und erstreckten sich bis nach der Pistenmitte. Danach waren Spuren des laufenden Propellers zu erkennen, die abschnittsweise bis zum Pistenende und in den daran anschließenden Rollweg reichten.

### Feststellungen am Flugzeug

Der Bug des Flugzeuges lag abgesenkt auf dem Bugfahrwerkbein auf, weil der Dämpfer des Bugfahrwerks versagt hatte (vgl. Kapitel «Technische Untersuchung»). Alle drei Blattspitzen des Propellers waren durch den Bodenkontakt stark beschädigt. Die Bugradverschalung wies auf der Unterseite markante Abriebspuren auf, dies sowohl vor wie auch hinter dem Bugrad. Diese Abriebspuren stimmten mit den Spuren auf der Piste überein.

### Meteorologische Angaben

Auf dem Flugplatz Bad Ragaz war das Wetter schön und windschwach. Kurz vor dem Zeitpunkt des Zwischenfalls wurden die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wetter/Wolken	Sonnig / leicht bewölkt	
Sicht	10 km oder mehr	
Wind	3 – 6 kt aus Südosten	
Temperatur/Taupunkt	23 °C / 16 °C	
Luftdruck	1013 hPa (QNH <sup>4</sup> Flughafen Zürich)	
Sonnenstand	Azimut: 128°	Höhe: 52°

### Angaben zum Luftfahrzeug

Die Diamond DA40 ist ein einmotoriges, viersitziges Motorflugzeug in Faserverbundbauweise mit Kolbenmotor und Festfahrwerk. Die HB-SDF wurde 2004 gebaut und wies zum Zeitpunkt des Zwischenfalls 4042 Betriebsstunden und 8027 Landungen auf. Die letzten Instandhaltungsarbeiten wurden am 18. Juni 2021 bei 4004 Betriebsstunden im Rahmen einer 100-h-Inspektion bescheinigt.

Die Anfluggeschwindigkeit wird im Luftfahrzeugflughandbuch (*Aircraft Flight Manual* – AFM) für Landungen mit der maximal zulässigen Landemasse von 1092 kg und voll ausgefahrenen Landeklappen mit 67 KIAS angegeben. Für die aktuelle Landemasse von rund 900 kg wird ein

<sup>3</sup> Unter Berücksichtigung der meteorologischen Angaben und des Positionsfehlers lassen sich für angezeigte Geschwindigkeiten (*Knots Indicated Airspeed* – KIAS) annähernd dieselben Zahlenwerte ermitteln.

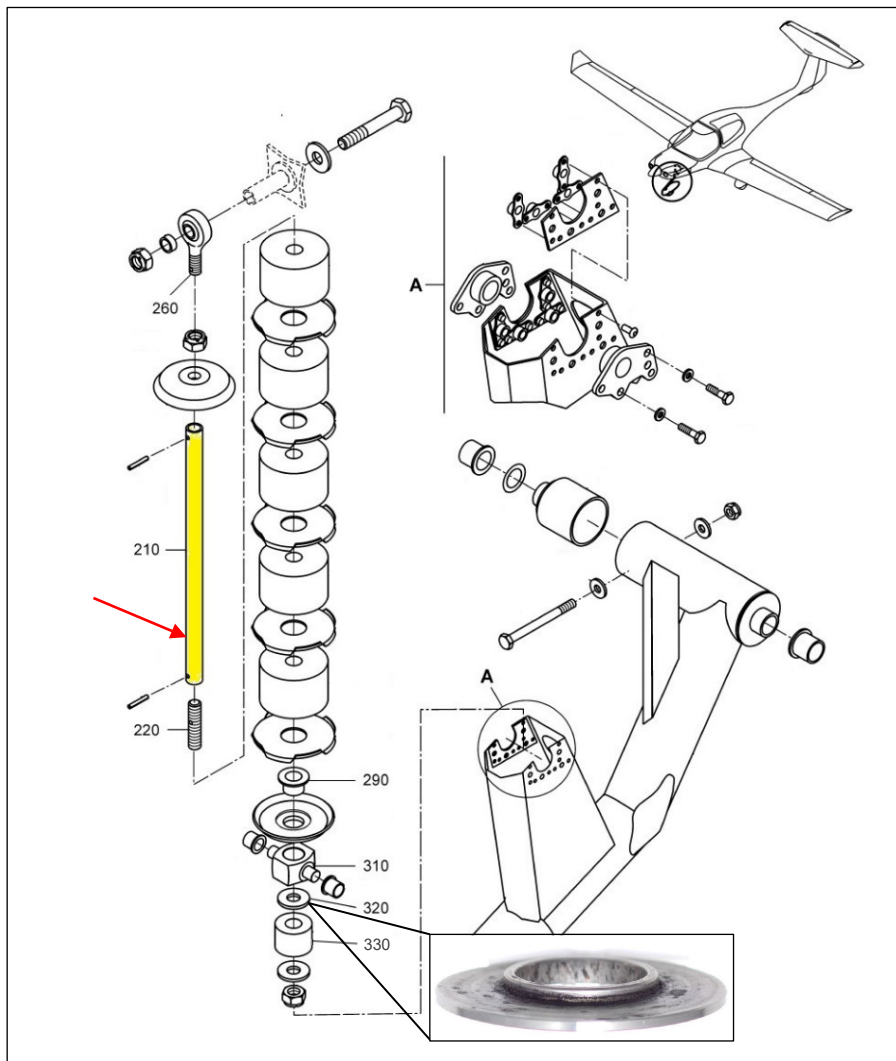
<sup>4</sup> QNH: Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre; ICAO: *International Civil Aviation Organization*

Wert von 60 KIAS angegeben. Die Checkliste der Motorfluggruppe Chur enthielt die Angabe einer Anfluggeschwindigkeit von 70 KIAS.

Die Landerollstrecke und die Landestrecke über 50 ft werden im AFM für Landungen mit der maximal zulässigen Landemasse mit 300 m bzw. 640 m angegeben, für die aktuelle Landemasse mit 250 m bzw. 530 m. Das AFM enthält zudem folgenden Hinweis: «Für die sichere Durchführung einer Landung sollte die verfügbare Landestrecke (LDA) mindestens der Landestrecke über ein 50 ft (15 m) hohes Hindernis entsprechen».

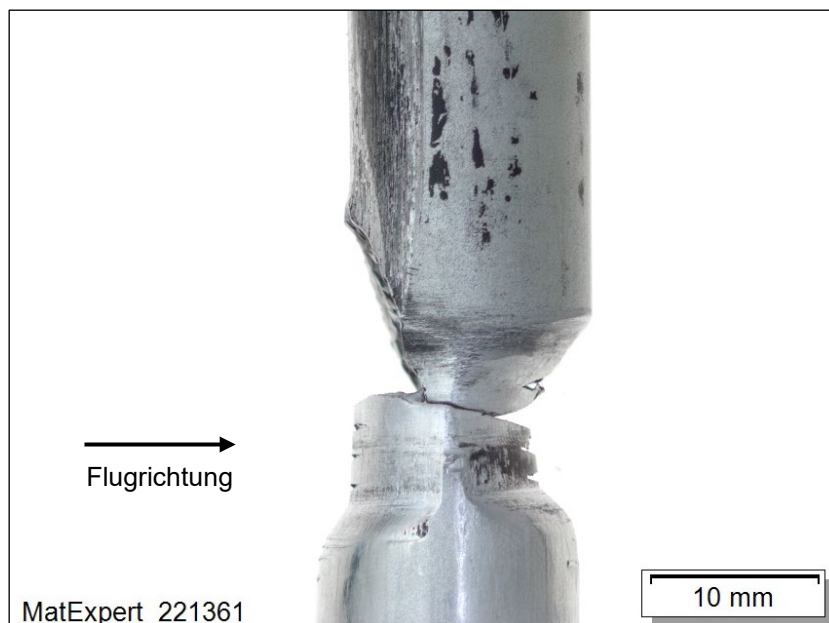
### Technische und metallkundliche Untersuchung

Der Dämpfer (Elastomer-Federpaket) des Bugfahrwerks versagte, weil das als Federführungsstange fungierende Zentralrohr (*centre tube*, vgl. Pos. 210 in Abbildung 1) brach. Dieses war aus einer bleihaltigen Aluminiumlegierung gefertigt und entsprach vollumfänglich den Zeichnungsangaben. Das Rohr wies eine Länge von 300 mm, einen Aussendurchmesser von 16 mm und eine Wandstärke von 3 mm auf. In beide Rohrenden war ein Gewinde M12 geschnitten, in dem auf der Oberseite des Rohres ein Gelenkkopf (Pos. 260) und auf der Unterseite ein Gewindebolzen (Pos. 220) eingeschraubt war. Das Zentralrohr wurde durch ein Gleitlager (Pos. 290) und eine Führungsscheibe mit Flansch (*guidance washer with flange*, Pos. 320) im *end fitting* (Pos. 310) geführt.



**Abbildung 1:** Explosionszeichnung des Dämpfers des Bugfahrwerks aus dem Teilekatalog des Flugzeugherstellers, bearbeitet durch die SUST. Der Bruch des Zentralrohrs (gelb markiert) befand sich im Bereich des unteren Gewindes oberhalb des Gewindebolzens (roter Pfeil).

Der Bruch des Zentralrohrs erfolgte in dem Bereich, in dem sich das Zentralrohr im *end fitting* (Pos. 310) bewegt. Hier zeigte sich am Rohr eine starke Querschnittsreduktion sowie fehlendes Material und starker Verschleiss. Diese Mängel wurden verursacht durch abrasiven<sup>5</sup> und adhäsiven<sup>6</sup> Verschleiss und stellten eine mit laufendem Betrieb zunehmende Vorschädigung des Dämpfers dar (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Bruchstelle des Zentralrohrs

Das Zentralrohr wies eine Eloxalschicht auf<sup>7</sup>. Die Schichtdicke betrug 4 – 8 Mikrometer, was für eine mechanisch beanspruchte Eloxalschicht aussergewöhnlich dünn ist und zu einer reduzierten Verschleissfestigkeit führte. Die Eloxalschicht war ausserdem rau, weil das Zentralrohr vor der Oberflächenbehandlung asymmetrisch korrodiert war. Der Verschleiss der Eloxalschicht erzeugte stark abrasive Partikel, die den Verschleiss noch beschleunigten.

Die Führungsscheibe mit Flansch (Pos. 320) war, erkennbar an Spuren am kleinen Elastomer-Element (Pos. 330), verkehrt herum montiert. Somit war der Flansch der Führungsscheibe nicht im *end fitting* zentriert. Dies ermöglichte einen Kontakt zwischen dem Zentralrohr und dem aus Stahl gefertigten und chemisch mit Nickel überzogenen *end fitting*, was neben dem Verschleiss im Gleitlager zu einem hohen zusätzlichen Verschleiss am Zentralrohr führte. Dieser hohe zusätzliche Verschleiss verursachte die auffällig hohe Querschnittsreduktion des Rohrs.

Die grossen Elastomer-Elemente (Pos. 270) waren optisch in einem guten Zustand. Das kleine Elastomer-Element (Pos. 330) hingegen wies Versprödung und Risse auf und war somit werkstoff- und funktionstechnisch defekt. Es ist daher denkbar, dass die grossen Elastomer-Elemente einmal durch Neuteile ersetzt wurden, auch wenn dies aus den technischen Akten des Flugzeuges nicht hervorgeht (vgl. Kapitel «Instandhaltung»).

<sup>5</sup> Abrasiver Verschleiss: Abtrag eines Materials durch Reiben oder Schleifen.

<sup>6</sup> Adhäsiver Verschleiss: Übertragung von Material von einer Oberfläche auf eine andere. Tritt typischerweise bei schlecht geschmierten Gleitbewegungen auf. Am Material entsteht Abrieb, es können Risse an der Oberfläche auftreten und im schlimmsten Fall können sich die beiden Reibpartner festfressen.

<sup>7</sup> Die Eloxalschicht dient dem Korrosionsschutz und der Erhöhung der Verschleissfestigkeit. Sie wird erzeugt durch anodische Oxidation. Dies ist ein elektrochemischer Vorgang, der die Oberfläche von Aluminium in Aluminiumoxid umwandelt. Dabei ist die Oxidschicht fest mit dem Aluminium verbunden und die Schichtdicke kann innerhalb eines bestimmten Bereiches gewählt werden.

## Instandhaltung

Zum Zeitpunkt des Zwischenfalls war das Instandhaltungshandbuch (*Aircraft Maintenance Manual* – AMM) für das Flugzeug DA40 mit der letzten Revision vom 1. April 2013 gültig. Zusätzlich existierten 31 temporäre Revisionen<sup>8</sup> zum AMM.

In der temporären Revision AMM-TR-MÄM-40-808 «*Inspection of NLG Elastomer Pack Center Tube*» vom 8. Juli 2015 wird neu verlangt, dass alle 1000 Betriebsstunden der Dämpfer vom Bugfahrwerk zerlegt wird und folgende Kontrollpunkte ausgeführt werden:

- Zentralrohr auf Anzeichen von Verformung kontrollieren und gegebenenfalls ersetzen.
- Zentralrohr auf Verschleisserscheinungen kontrollieren und ersetzen, wenn die radiale Verschleissgrenze von 0.8 mm überschritten ist.
- Elastomer-Elemente auf Verschleiss und Risse kontrollieren und gegebenenfalls ersetzen.

Am 16. Dezember 2015 publizierte der Flugzeughersteller zusätzlich das *Service Bulletin* RSB 40-082/1. Damit sprach er die Empfehlung aus, bei allen Flugzeugen der DA40-Serie mit mehr als 1000 Betriebsstunden innerhalb der nächsten 200 h oder innerhalb von einem Jahr, je nach dem, was zuerst eintritt, das Zentralrohr und die Elastomer-Elemente zu kontrollieren und gegebenenfalls zu ersetzen.

In den technischen Akten der HB-SDF waren keine Nachweise vorhanden zu Inspektionen des Dämpfers. Letztmals wäre eine solche Inspektion bei der 1000-h-Inspektion im Oktober 2016 fällig gewesen, als das Flugzeug 3000 Betriebsstunden aufwies. Anlässlich der letzten Instandhaltungsarbeiten vom 18. Juni 2021 bei 4004 Betriebsstunden wurde eine 100-h-Inspektion ausgeführt; für die 1000-h-Inspektion bestand eine Toleranz von 50 h.

## Analyse und Schlussfolgerungen

### Technische Aspekte

Der Dämpfer des Bugfahrwerks wies eine mit dem laufenden Betrieb zunehmende Vorschädigung auf, die früher oder später zu seinem Versagen führen musste. Bei der vorliegenden Landung erfuhr der vorgeschädigte Dämpfer eine ausserordentliche Belastung (vgl. Kapitel «Betriebliche Aspekte») und versagte.

Die Vorschädigung entstand durch die Falschmontage einer Führungsscheibe mit Flansch. Zu welchem Zeitpunkt diese erfolgte, bleibt offen. Ob diese Vorschädigung anlässlich der 3000-h-Inspektion bereits erkennbar gewesen wäre, bleibt ebenfalls offen.

### Betriebliche Aspekte

Auf einer Höhe von 50 ft über Grund lag die Anfluggeschwindigkeit 19 KIAS über der Vorgabe des Flugzeugherstellers von 60 KIAS. Kurz vor der Pistenschwelle betrug die Geschwindigkeit noch 75 KIAS. Damit war ein Aufsetzen auf dem Hauptfahrwerk («*main wheels first*») nicht mehr in einer Landedistanz zu erwarten, die ein Anhalten vor dem Ende der nur 495 m langen Piste ermöglicht.

---

<sup>8</sup> Temporäre Revisionen werden von einem Hersteller herausgegeben, um Informationen zu veröffentlichen, die nicht bis zur nächsten Gesamtrevision des Handbuches warten können. Jede temporäre Revision bleibt so lange gültig, bis diese in die nächste Gesamtrevision des Handbuches eingearbeitet oder, falls zusätzliche Änderungen bei einer temporären Revision erforderlich sind, eine neue temporäre Revision herausgegeben wird. Im AMM müssen alle gültigen temporären und Gesamtrevisionen des Handbuches aufgeführt sein.

Die Notwendigkeit eines Durchstarts war damit schon vor der Pistenschwelle evident. Trotzdem wurde das Aufsetzen herbeigeführt. Das Aufsetzen erfolgte wegen der überhöhten Geschwindigkeit in einer dafür ungeeigneten Fluglage, was den Spuren auf der Piste zufolge ein *porpoising*<sup>9</sup> zur Folge hatte. Ein solcher Vorgang ist durch Korrekturen am Höhensteuer kaum zu stoppen, kann aber mit einem Durchstart entschärft werden.

Bern, 16. November 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

---

<sup>9</sup> Landeverläufe, bei denen es wie vorliegend zu einer sich aufschaukelnden Bewegung um die Querachse mit mehrmaligem Aufsetzen (*porpoising*) kommt, ereignen sich vergleichsweise häufig. Gelegentlich kommt es dabei zu Beschädigungen durch ein hartes Aufsetzen auf dem Bugfahrwerk. Die theoretischen Grundlagen dazu sind dargestellt im [summarischen Bericht](#) zum vergleichbaren Unfall der HB-DFK vom 11. Juni 2020.