



## Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden schweren Vorfalles wurde eine summarische Untersuchung gemäss Art. 45 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Februar 2015 (SR 742.161) durchgeführt. Dieser Bericht wurde mit dem Ziel erstellt, dass aus dem vorliegenden Zwischenfall etwas gelernt werden kann.

<b>Luftfahrzeug</b>	PA-28-161 Cadet	HB-PQI	
<b>Halter</b>	Fliegerschule Birrfeld AG, Flugplatz Birrfeld, Postfach 133, 5242 Lupfig		
<b>Eigentümer</b>	Fliegerschule Birrfeld AG, Flugplatz Birrfeld, Postfach 133, 5242 Lupfig		
<b>Fluglehrerin</b>	Schweizer Staatsangehörige, Jahrgang 1953		
<b>Ausweis</b>	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Commercial Pilot License Aeroplane</i> – CPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Union Aviation Safety Agency</i> – EASA) ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)		
<b>Flugstunden</b>	<b>Insgesamt</b> 7381:41 h	<b>während der letzten 90 Tage</b> 75:25 h	
	<b>mit dem Vorfalldatum</b> 1574:21 h	<b>während der letzten 90 Tage</b> 72:38 h	
<b>Flugschüler</b>	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1975		
<b>Ort</b>	Lupfig (AG), rund 1.5 km westlich von Birrfeld (LSZF)		
<b>Koordinaten</b>	---	<b>Höhe</b> ---	
<b>Datum und Zeit</b>	10. August 2015, 13:48 Uhr (LT <sup>1</sup> = UTC <sup>2</sup> + 2 h) Alle Angaben in diesem Bericht in Lokalzeit		
<b>Betriebsart</b>	Schulung		
<b>Flugregeln</b>	Sichtflugregeln ( <i>Visual Flight Rules</i> – VFR)		
<b>Abflugort</b>	Flugplatz Birrfeld (LSZF)		
<b>Bestimmungsort</b>	Flugplatz Birrfeld (LSZF)		
<b>Flugphase</b>	Start und Steigflug		
<b>Art des schweren Vorfalles</b>	Aussenlandung infolge Motorausfall		
<b>Personenschaden</b>	<b>Besatzung</b>	<b>Passagiere</b>	
		<b>Drittpersonen</b>	
Leicht verletzt	0	0	
Nicht verletzt	2	0	
		Nicht betroffen	
<b>Schaden am Luftfahrzeug</b>	Nicht beschädigt	Keine äusserlich erkennbaren	

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

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

**Drittschaden**                      Keine

## Hergang

Am 10. August 2015 um 13:47 Uhr startete das Motorflugzeug des Musters Piper PA-28-161 Cadet, eingetragen als HB-PQI, zu einem Schulungsflug auf der Piste 26 des Flugplatzes Birrfeld. Gemäss Angaben der beiden Insassen brachte der Flugschüler das Flugzeug nach der Hälfte der Pistenlänge in die Startlage, worauf es vom Boden abhob. Der Flugschüler gab an, dass der Steigflug mit einer angezeigten Geschwindigkeit (*Indicated Air Speed – IAS*) von 63 kt, und nach dem Einfahren der Landeklappen mit einer IAS von 79 kt erfolgte.

Nach dem Eindrehen in den Queranflug nahm die Leistung des Motors ab und dieser fing an zu stottern. Die Fluglehrerin übernahm die Kontrolle und korrigierte die Fluglage des Flugzeuges in den Gleitflug. Schliesslich fiel der Motor aus. Das manuelle Umschalten auf FADEC B<sup>3</sup> zeigte keine Veränderung der Motorleistung.

Die Fluglehrerin entschied sich um 13:48 Uhr für eine Aussenlandung auf einem Feld. Das Flugzeug kam unbeschädigt zum Stillstand. Die Insassen blieben unverletzt und konnten das Flugzeug aus eigener Kraft verlassen.

## Weitere Abklärungen

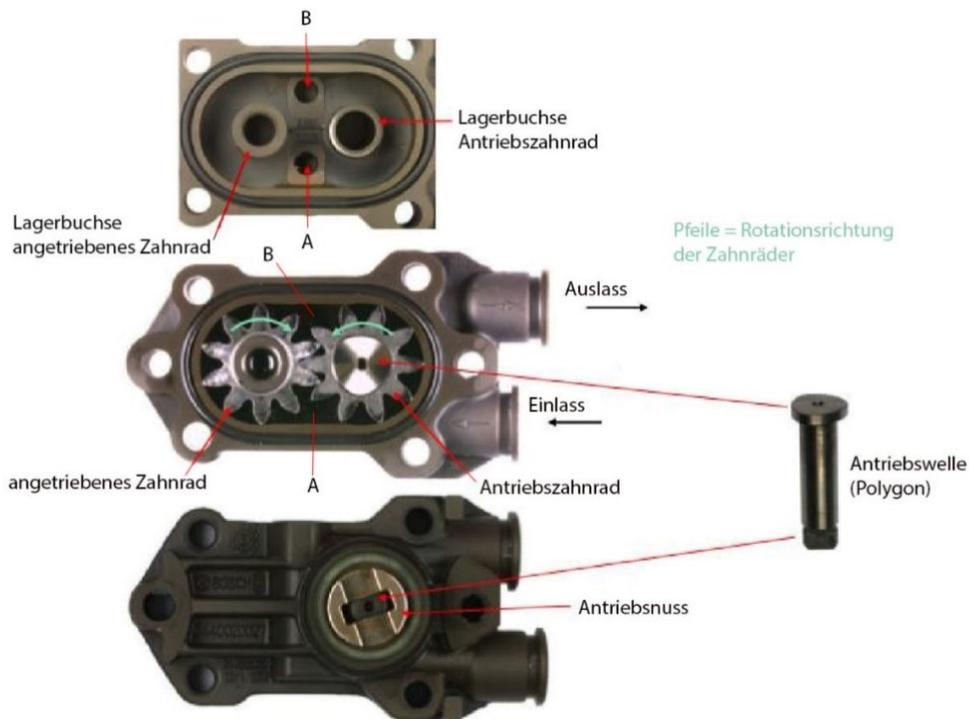
Die Kraftstoff-Förderpumpe ist eine mechanisch angetriebene Zahnradpumpe, welche die Hochdruckpumpe mit Jet A-1 versorgt. Der Betriebsdruck beträgt 3 bis 5 bar (entsprechend 43.5 PSI bis 72.5 PSI<sup>4</sup>). Sie wurde demontiert und metallkundlich untersucht.

Die Hauptkomponenten der Pumpe umfassen ein Gehäuse und zwei gegenläufige Zahnräder, die beim Rotieren ineinandergreifen. Kraftstoff dringt durch den Einlasskanal A in das Pumpengehäuse ein, füllt die Zahnücken der Zahnräder und wird auf diese Weise auf den gegenüberliegenden Auslasskanal B befördert (vgl. Abbildung 1). Das Antriebszahnrad ist mit einer Antriebswelle (Polygonwelle) verbunden, die durch den Motor über eine Antriebsnuss angetrieben wird.

---

<sup>3</sup> Der Motor und bestimmte Systeme werden durch ein Motorsteuerungssystem (*Full Authority Digital Engine Control – FADEC*) gesteuert und überwacht. Das FADEC ist redundant konstruiert und in einer Box installiert (FADEC A und FADEC B). Im Normalbetrieb arbeitet nur FADEC A. FADEC B dient dazu, beim Ausfall des FADEC A dessen Aufgaben automatisch zu übernehmen.

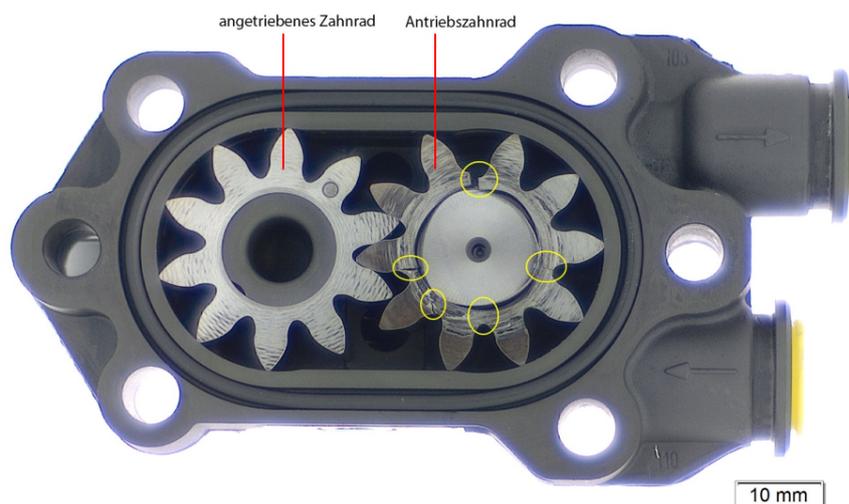
<sup>4</sup> PSI : pound per square inch



**Abbildung 1:** Darstellung der Kraftstoff-Förderpumpe

Bei der Untersuchung der Kraftstoff-Förderpumpe wurden unter anderem folgende Defekte festgestellt:

- Das aus Sinterstahl bestehende Antriebszahnrad der Kraftstoffpumpe zeigte mehrere Risse und einen markanten Totalbruch (vgl. Abbildung 2). An der Totalbruchstelle waren Schwingbruchanteile (Ermüdungsbruch) feststellbar. Die Risse und Brüche des Antriebszahnrades sind primär an den Kraftübertragungsstellen des Polygons entstanden und auf Sinterfehler zurückzuführen. Die Sinterqualität war in Bezug auf Homogenität ungenügend.

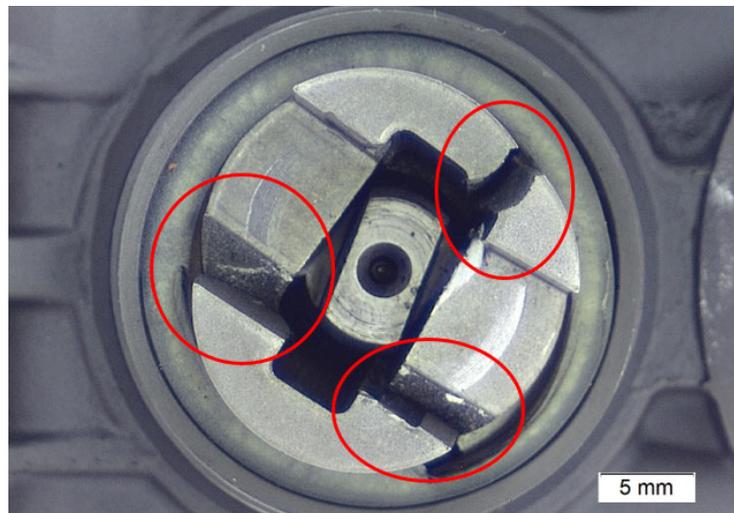


**Abbildung 2:** Brüche und Risse des Antriebszahnrades (gelbe Kreise)

- An den Flächen des Polygons konnten Adhäsionsverschleisszonen und Erosionsverschleiss festgestellt werden. Beim Adhäsionsverschleiss handelte es sich eindeutig um einen Aufbau vom Antriebszahnrad-Sinterwerkstoff.
- Die ebenfalls aus Sinterstahl bestehende Antriebsnuss zeigte Sekundärbrüche, welche sich vorwiegend an Sinterfehler orientieren (vgl. Abbildung 3). Zudem waren markante

reibungsbedingte Schäden in den Kraftübertragungsflächen zur Polygonwelle und denjenigen gegenüber der Kupplung erkennbar. Schwingbruchanzeichen konnten nicht lokalisiert werden. Die Sinterqualität war in Bezug auf Homogenität ebenfalls ungenügend.

- An der Wellenführung im Gehäusekörper waren Verschleisspuren erkennbar, die durch die Rotation der Polygonwelle verursacht wurden.



**Abbildung 3:** Bruchstellen der Antriebsnuss

## Analyse und Schlussfolgerungen

Die Pumpenkomponenten, die analysiert wurden, sind werkstofftechnisch für Dauerbetrieb nur beschränkt geeignet. Solche Pumpen können nach einer gewissen Betriebszeit mechanisch instabil werden und ausfallen.

Im Zeitraum von 2009 bis 2012 gab es mehrere vergleichbare Vorfälle in Frankreich, die durch die französische Untersuchungsbehörde *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA) genauer analysiert und in einem Bericht<sup>5</sup> im Juni 2015 publiziert worden sind.

Auch beim vorliegenden Zwischenfall muss davon ausgegangen werden, dass sich bei den Kraftübertragungspunkten der Polygonwelle am Zahnrad Schwingungsrisse bildeten. Diese Risse pflanzten sich über eine gewisse Betriebszeit fort, bis es zum festgestellten Totalbruch und Klemmen des Zahnrad kam. Der Defekt der Kraftstoff-Förderpumpe führte in der Folge zum Motorausfall.

Der auf den Polygonflächen aufgebaute Sinterwerkstoff und die Erosionsspuren zeigen, dass sich in diesen Zonen durch die Rissbildung geometrische Veränderungen einstellten, die zu zunehmendem Spiel im kraftübertragenden System führten. Es ist durchaus möglich, dass Schmierprobleme diese tribologischen<sup>6</sup> Schäden unterstützten.

Mit Blick auf diese Ergebnisse kommt die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) zum Schluss, dass bezüglich des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls keine weiteren Ergebnisse zu erwarten sind, die für die Verhütung eines solchen Zwischenfalls ziel-

<sup>5</sup> Etude de sécurité sur les défaillances de pompes carburant basse pression P/N 05-7312-K007301 des moteurs Thielert Aircraft Engines TAE 125-02-99

<sup>6</sup> Tribologie ist die Wissenschaft und die Anwendung der Prinzipien von Reibung, Verschleiss und Schmierung.

führend wären. Deshalb verzichtet die SUST gestützt auf Art. 45 VSZV auf weitere Untersuchungshandlungen und schliesst die Untersuchung mit dem vorliegenden summarischen Bericht ab.

Bern, 2. Dezember 2020

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle