



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 SIS
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Bereich Aviatik

Zwischenbericht der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Flugzeuges DynAero
MCR-ULC, HB-WAR,

vom 13. Dezember 2015

auf dem Flugplatz Locarno/TI

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Zwischenbericht wurde nach Artikel 44 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) erstellt.

Gemäss Artikel 3.1 der 10. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt 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 Flugunfalluntersuchung. 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.

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

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 Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) lautet:

LT = MEZ = UTC + 1 h.

Zwischenbericht

Luftfahrzeugmuster	DynAero MCR-ULC			HB-WAR
Halter	Gruppo volo a vela Ticino, 6600 Locarno			
Eigentümer	Gruppo volo a vela Ticino, 6600 Locarno			
Pilot	Schweiz Bürger, Jahrgang 1952			
Ausweis	Privatpilotenlizenz für Flächenflugzeuge (<i>private pilot license airplane</i> – PPL(A)) nach der Europäische Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)			
Flugstunden	insgesamt	1069 h	während der letzten 90 Tage	11:28 h
	auf dem Unfallmuster	81 h	während der letzten 90 Tage	10:00 h
Ort	Flugplatz Locarno/TI (LSZL)			
Koordinaten	--	Höhe	--	
Datum und Zeit	13. Dezember 2015, 11:53 Uhr			
Betriebsart	Privat			
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>visual flight rules</i> – VFR)			
Flugphase	Start			
Unfallart	Motorausfall			
Personenschaden				
Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	1	0	0	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	0	0	0
Schaden am Luftfahrzeug	Schwer beschädigt			
Drittschaden	Geringer Flurschaden			

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

Der Pilot des Schleppflugzeuges, ein Segelfluglehrer und mehrere Segelflugschüler der Segelfluggruppe Tessin (*gruppo volo a vela Ticino* – GVVTT) trafen sich am Morgen des 13. Dezember 2015 auf dem Flugplatz Locarno. Es war vorgesehen, auf einem Segelflugzeug mit den Schülern mehrere Schulungsflüge im Flugplatzbereich durchzuführen. Nach den üblichen Flugvorbereitungen und einer Fluganmeldung beim C-Büro bereitete der Pilot die Schleppmaschine DynAero MCR-ULC mit dem Kennzeichen HB-WAR für den Einsatz vor und betankte das Flugzeug.

Um 09:58 Uhr erfolgte auf der Graspiste 26L der erste Start der HB-WAR mit dem Segelflugzeug im Schlepp. Weitere sieben Schleppflüge folgten, bei denen sich das Segelflugzeug jeweils auf einer Höhe von rund 500 m/M ausklinkte, der Schlepppilot im Sinkflug das Schleppseil mittels der eingebauten elektrischen Winde einzog und das Schleppflugzeug wieder auf der Piste 26L landete. Am Boden zwischen den Flügen liess der Schlepppilot den Motor der HB-WAR jeweils laufen, um das Landen des Segelflugzeuges und dessen Bereitstellen mit wechselnden Flugschülern abzuwarten.

Für den letzten Flug reihte sich der Schleppzug wie üblich auf der Piste 26L auf und der Pilot rollte das Schleppflugzeug langsam vorwärts, bis sich das Schleppseil zum Segelflugzeug gespannt hatte. Die Landeklappen der HB-WAR waren für den Start gesetzt und die elektrische Treibstoffpumpe (*fuel pump 2*) eingeschaltet. Nach dem Setzen der Startleistung um 11:53 Uhr beschleunigte der Schleppzug wie gewöhnlich.

Wenige Sekunden nach dem Abheben des Schleppzugs bemerkte der Schlepppilot, wie der Flugzeugmotor unregelmässig zu laufen begann und gleichzeitig die Sicherungsautomaten (*circuit breaker* – CB) des Funkgeräts und der Zigarettenanzünder-Steckdose im Instrumentenbrett heraussprangen. Er versuchte erfolglos, die beiden CBs wieder hineinzudrücken. Wenige Sekunden später versagte der Motor der HB-WAR auf einer Flughöhe von rund 20 m über Grund.

Der Fluglehrer im Segelflugzeug bemerkte die Verringerung der Steigrate und entschied sich zum sofortigen Ausklinken und für eine sichere Aussenlandung auf einer gemähten Wiese, die rechts der Abflugroute in der Verlängerung der Graspiste 26C in etwa 100 m nach deren Pistenende lag. Das Segelflugzeug blieb dabei unbeschädigt.

Der Schlepppilot flog geradeaus weiter und landete in einer Wiese ungefähr 310 m nach dem Ende der Piste 26L. Nach weiteren 55 m Ausrollstrecke kollidierte das Flugzeug mit geringer Geschwindigkeit mit einem leicht erhöhten Feldweg, der quer zur Pistenverlängerung verlief. Dabei brach das Bugfahrwerk ab, die beiden untenstehenden Propellerblätter knickten ab und beide Flügelenden wurden beschädigt.

Der Schlepppilot konnte das Wrack sofort und unverletzt verlassen.

Es entstand weder ein Brand am Flugzeug auf noch trat Kraftstoff aus. Es entstand ebenfalls kein Flurschaden.

1.2 Angaben zum Luftfahrzeug

1.2.1 Allgemeines

Eintragungszeichen	HB-WAR
Luftfahrzeugmuster	MCR-ULC
Charakteristik	Einmotoriger, zweisitziger Tiefdecker der Kategorie Ecolight ¹ in Verbundwerkstoffbauweise mit Festfahrwerk in Bugradanordnung.
Hersteller	DynAero S.A., Darois, Frankreich
Baujahr	2007
Werknummer	349
Zulassungsbereich	VFR bei Tag
Höchstzulässige Abflugmasse	472.5 kg
Triebwerk	Aufgeladener Vierzylinder-Ottomotor in Boxeranordnung des Baumusters Rotax 914 UL2, ohne mechanische Treibstoffpumpe.

1.2.2 Elektrisches System

Das elektrische System der HB-WAR basiert auf einem Gleichstromsystem (*direct current* – DC) mit 12 V Spannung, das durch einen Wechselstromgenerator (*alternator*) mit Spannungsregler (*regulator*) und eine Batterie mit einer Kapazität von 8.0 Ah versorgt wird.

Die Flugzeugstruktur besteht grösstenteils aus Faserverbundwerkstoffen und ist deshalb elektrisch nicht leitend. Der Massenpol zwischen der Batterie, der Metallbeschichtung des Motorspans, dem *alternator* und den elektrischen Verbrauchern wird durch elektrische Kabel übertragen.

Vom elektrischen System werden unter anderem die beiden elektrischen Kraftstoffpumpen versorgt: Die eine Kraftstoffpumpe (*fuel pump 1*) ist permanent mit dem Haupt-Stromverteiler (+14 V *bus*) verbunden und wird nach Einschalten des Hauptschalters (*master switch*) über den *alternator* versorgt. Die zweite Kraftstoffpumpe (*fuel pump 2*) wird über einen Schalter im Instrumentenbrett eingeschaltet und von der Batterie versorgt (vgl. Abbildung 1). Somit ist gemäss Flugbetriebsbuch (*aircraft flight manual* – AFM) sichergestellt, dass immer mindestens eine Pumpe betrieben werden kann, auch wenn eine der beiden Stromquellen ausfällt.

Um den Betrieb des Motors Rotax 914 zu gewährleisten, muss immer mindestens eine dieser Kraftstoffpumpen in Betrieb sein, damit die Treibstoffzufuhr zu den Vergasern gewährleistet ist. Beim Ausfall des *alternator*, der im Normalbetrieb die Batterie über den Spannungsregler lädt, können gemäss AFM bei vollständig geladener Batterie und mit Ausschalten der übrigen elektrischen Verbraucher die Treibstoffpumpen für weitere 30 Minuten betrieben werden. Nach dem Ausfall der Treibstoffpumpen stellt anschliessend der Motor wegen mangelnder Treibstoffzufuhr ab.

In der DynAero MCR-ULC ist keine Ladekontrolllampe für den Spannungsregler eingebaut, weshalb ein Ausfall des *alternator* oder des Spannungsreglers nur über

¹ Anerkennung in der Schweiz als Ecolight-Flugzeug vom 28. April 2011, gemäss Kennblatt Nr. 61207 des deutschen Luftsportgeräte-Büros (DAeC) und Kennblatt Nr. E 01-01 des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL).

das Instrument für die Spannungsanzeige und die Warnlampe bei zu geringer Spannung (*low voltage*) erkannt werden kann.

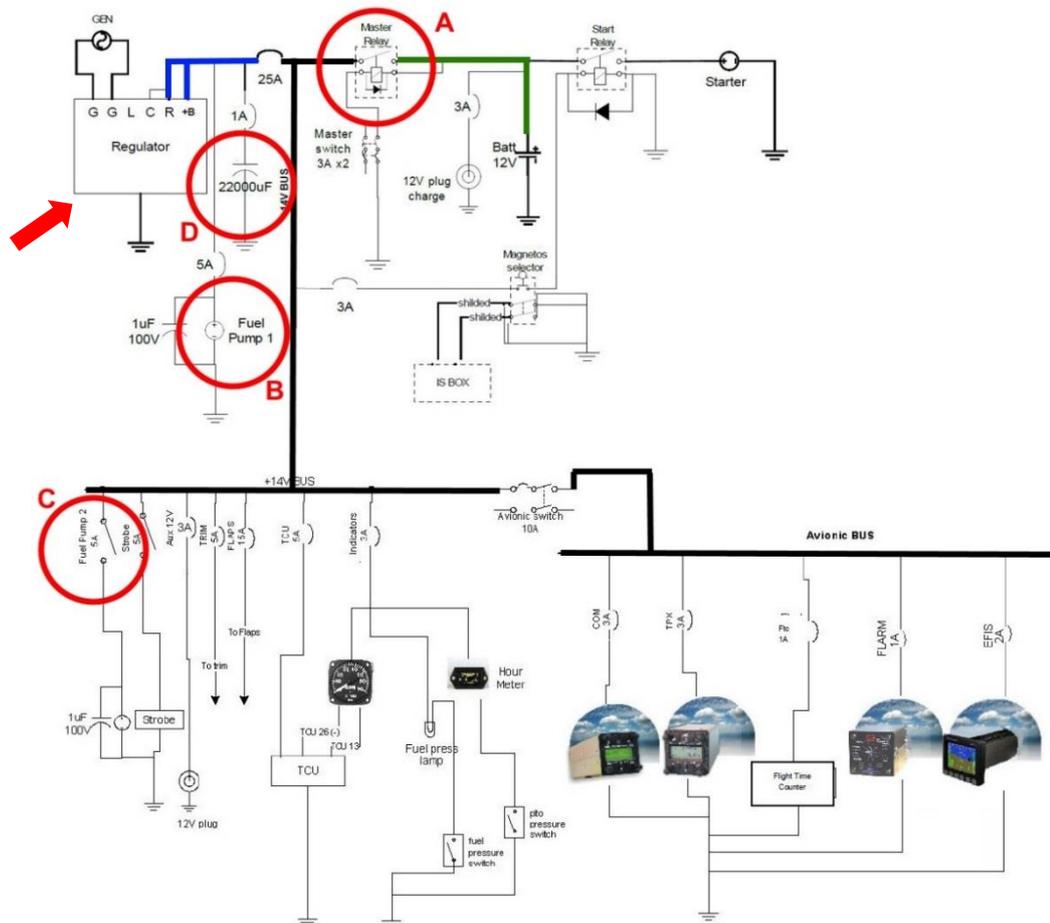


Abbildung 1: Elektrisches System der MCR-ULC (Auszug aus dem Luftfahrzeug-Flughandbuch (*aircraft flight manual* - AFM)) mit A: Hauptrelais (*master relais*), B: Treibstoffpumpe 1 (*fuel pump 1*) und C: Treibstoffpumpe 2 (*fuel pump 2*) sowie D: Kondensator. Der rote Pfeil zeigt auf den *regulator*.

1.2.3 Spannungsregler

Die Aufgabe des Spannungsreglers (*regulator*), der extra für den Gebrauch mit dem Rotax 914 Motor entwickelt wurde, besteht darin, den Wechselstrom des Generators in Gleichstrom mit einer Mindestspannung von 13.8 V umzuwandeln. Um die Spannungsschwankungen möglichst vollständig auszugleichen, ist zwischen dem Ausgang des Spannungsreglers und dem Erdungssignal zusätzlich ein Kondensator geschaltet.

Der Spannungsregler besitzt folgende sechs Anschlüsse (vgl. Abbildung 1):

- G/G: Anschluss Eingang Generator (*alternator*);
- L: Anschluss Ladekontrolllampe;
- C: Eingang Regelspannung von der Batterie;
- R und B+: Ausgang Ladestrom zur Batterie.

Gemäss Hersteller muss auf dem Eingang C des Spannungsreglers eine gleichmässige Spannung von mindestens +6 V Gleichstrom anliegen, damit über den Ausgang R/B+ Strom ausgegeben wird. Bei Unterschreiten dieses Wertes schaltet

der Regler die Ausgänge R/B+ aus, um Beschädigungen am Spannungsregler oder an anderen elektrischen Komponenten zu vermeiden. Beim Trennen der Batteriespannung vom Eingang C treten gemäss Hersteller kurzfristig starke Über- und Unterspannungen an den Ausgängen R/B+ auf, bevor der Spannungsregler sich automatisch selber ausschaltet. Gemäss Hersteller ist es dabei nicht ausreichend, dass die Ausgänge R/B+ (Ladestrom) mit dem Eingang C (Regelspannung) verbunden werden: Der Spannungsregler ist nicht selbsterhaltend, sondern benötigt zwingend eine externe Spannungsquelle am Eingang C (Batterie).

Auf dem Gehäuse des Reglers ist eine entsprechende Warnung eingraviert, die ausdrücklich das Trennen der Batterie vom Spannungsregler bei laufendem Motor untersagt.

1.3 Angaben zum Wrack

Das Wrack lag in Flugrichtung gegen die Böschung eines Feldweges. Durch den Aufprall mit der Böschung wurde das Bugfahrwerk abgebrochen, die beiden unten stehenden Propellerblätter abgeknickt und die beiden Flügelspitzen beschädigt.

Das Schleppseil war komplett herausgezogen, die Landeklappen standen auf der Startstellung (*take off*).

Der Zündschlüssel wurde in der Position *both* vorgefunden.

Der Hauptschalter (*master switch*) befand sich in der Stellung *off*, und die Sicherungsautomaten für das Funkgerät (COM) sowie die Zigarettenanzünder-Steckdose in herausgezogener, geöffneter Position.

Der Deckel der Zigarettenanzünder-Steckdose war offen.

Nach dem Einschalten des Hauptschalters zum Prüfen des Benzinstandes öffnete sich zusätzlich der CB für den Transponder (ATC).

Um die Bergung vorzunehmen, wurde das Gesamtrettungssystem (*ballistic recovery system* – BRS) durch einen Spezialisten ausgebaut und das Wrack zur Untersuchung in einen Hangar transportiert.

Bei der detaillierten Untersuchung konnten folgende Feststellungen gemacht werden:

- Die Batteriespannung lag bei 12.2 V Gleichstrom. Die Batterie war zwischenzeitlich kurz benutzt worden, um das Schleppseil aufzurollen.
- Dem Haupttank konnten gesamthaft 19 Liter Bleifreibenzin entnommen werden. Es wurde keine Verunreinigung oder Wasserkontamination im Treibstoff festgestellt.
- Im Haupttank wurden Späne aus hartem plastischem Material und Reste von O-Ringen aus Gummi gefunden, die aber den Treibstofffluss durch den Ansaugnapf nicht beeinflussen konnten.
- In den Kraftstoffleitungen strömungsabwärts hinter den beiden Kraftstoffpumpen mit Rückschlagventilen war sehr wenig bzw. kein Kraftstoff vorhanden.
- Die Schwimmergehäuse der Vergaser waren nur teilweise mit Kraftstoff gefüllt.
- Die beiden elektrischen Kraftstoffpumpen funktionierten einwandfrei.
- Die Warnlampe, die bei zu geringer Spannung (*low voltage*) anspricht, funktionierte und schaltet sich unterhalb einer gemessenen Spannung von 11.8 V Gleichstrom ein.

- Der Transponder war elektrisch beschädigt und konnte nicht in Betrieb genommen werden.
- Alle weiteren Geräte befanden sich in funktionstüchtigem Zustand.
- Das Hauptrelais (*master relay*), das den Haupt-Stromverteiler (+14 V bus) von der Batterieversorgung trennt, wies an einem elektrischen Anschluss Verbrennungen durch Kurzschluss auf (vgl. Abbildung 1 und 2).

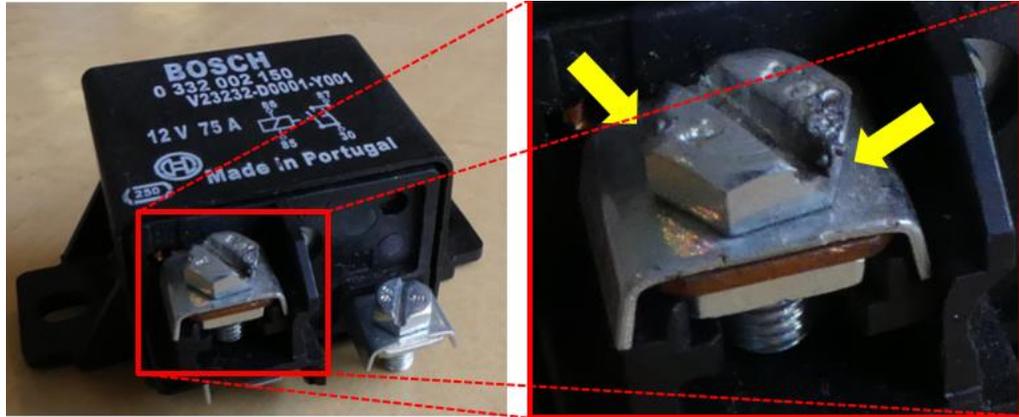


Abbildung 2 und 3: Ausgebautes Hauptrelais (*master relais*) mit Schmor Spuren an einem der elektrischen Anschlüsse.

- Die Stoppmutter auf dem Schraubbolzen, der die Verbindung des Erdungssignals zwischen der Batterie und dem Spannungsregler, Hauptrelais und weiteren elektrischen Komponenten sicherstellt, war nicht festgezogen (vgl. Abbildung 4). Die Unterlagscheiben, zwischen denen sich die Ringanschlüsse des Erdungskabels befanden, wiesen Lochfrasskorrosion (*pitting corrosion*) auf, die bei schlechter, elektrischer Verbindung mit nachfolgendem Funkenschlag auftritt.



Abbildung 4: Unvollständig festgezogene Stoppmutter am Erdungsbolzen mit durch Lochfrasskorrosion beschädigten Unterlagscheiben und Kabelschuh.

2 Analyse

Der vorliegende Zwischenbericht enthält keine detaillierte Analyse.

Aus den bis zum jetzigen Zeitpunkt vorliegenden Fakten kann jedoch geschlossen werden, dass der Motorausfall eine Folge mangelnder Treibstoffzufuhr war, weil die Stromzufuhr zu den beiden Treibstoffpumpen (*fuel pump 1* und *fuel pump 2*) unterbrochen wurde.

Folgende Gründe können zum Unterbruch der Stromzufuhr geführt haben:

- Bei defektem oder ausgeschaltetem Hauptrelais (*master relais*) wird die Batterie vom Hauptverteiler (+14 V *bus*) getrennt. Dadurch ist der Eingang C des Spannungsreglers nicht mehr mit der Batterie verbunden, sondern wird nur noch über die Ausgänge R und B+ des Spannungsreglers versorgt. Der Hersteller des Spannungsreglers hat bestätigt, dass sich in diesem Fall der Spannungsregler nach wenigen Sekunden selber ausschaltet, um interne Beschädigungen zu vermeiden, und folglich die komplette Stromzufuhr verloren geht.
- Ein Unterbruch der Erdungskabel zwischen Batterie und Spannungsregler, der zum Beispiel wegen der unvollständig festgezogenen Stoppmutter am Erdungsbolzen auftreten kann, führt zum gleichen Verhalten wie oben beschrieben: Die Spannungsversorgung durch die Batterie zum Eingang C des Spannungsreglers fällt ab mit nachfolgendem komplettem Verlust der Stromzufuhr.

Beide Fälle zeigen, dass die Auslegung des elektrischen Bordsystems der MCR-ULC mit einem Rotax-Motor vom Typ 914 nicht die nötige Redundanz in der Stromversorgung aufweist, um eine ausreichende Treibstoffzufuhr zu gewährleisten.

Ausserdem ist wegen der fehlenden Ladeadekontrolllampe ein Ausfall des Spannungsreglers für den Piloten praktisch nicht erkennbar. Erst mit dem Abfallen der Batteriespannung unter 11.8 V DC leuchtet die eingebaute Warnlampe *low voltage* auf. Zu diesem Zeitpunkt ist die Batterie aber bereits stark entladen und kann den Betrieb der Treibstoffpumpen nicht mehr wie im AFM beschrieben für 30 Minuten sicherstellen.

Ein Vergleich mit anderen in der Schweiz registrierten Flugzeugmuster, die ebenfalls mit einem Rotax-Motor vom Typ 914 ausgestattet sind, zeigt, dass die Stromversorgung gleich wie bei der MCR-ULC ausgelegt ist. Entsprechend zeigt sich auch bei diesen Flugzeugmustern eine fehlende Redundanz in der Stromversorgung, weshalb von der SUST eine Sicherheitsempfehlung und ein Sicherheitshinweis ausgesprochen werden.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

- Im Haupttank befanden sich 19 Liter Bleifreibenzin. Es wurde keine Verunreinigung oder Wasserkontamination im Treibstoff festgestellt.
- In den Kraftstoffleitungen strömungsabwärts hinter den beiden Kraftstoffpumpen mit Rückschlagventilen war sehr wenig bzw. kein Kraftstoff vorhanden.
- Die Schwimmergehäuse der Vergaser waren nur teilweise mit Kraftstoff gefüllt.
- Die beiden Kraftstoffpumpen funktionierten einwandfrei.
- Es war keine Ladekontrolllampe für den Spannungsregler eingebaut.
- Die Warnlampe, die bei zu geringer Spannung (*low voltage*) anspricht, funktionierte und schaltet sich unterhalb einer gemessenen Spannung von 11.8 V Gleichstrom ein.
- Das Hauptrelais (*master relay*), welches den Haupt-Stromverteiler (+14 V *bus*) von der Batterieversorgung trennt, wies an einem elektrischen Anschluss Verbrennungen durch Kurzschluss auf.
- Die Stoppmutter auf dem Schraubbolzen, der die Verbindung des Erdungssignals zwischen der Batterie und dem Spannungsregler, Hauptrelais und weiteren elektrischen Komponenten sicherstellt, war nicht festgezogen.
- Die Unterlagscheiben, zwischen denen sich die Ringanschlüsse des Erdungskabels befanden, wiesen Lochfrasskorrosion (*pitting corrosion*) auf, die bei schlechter, elektrischer Verbindung mit nachfolgendem Funkenschlag auftritt.

3.2 Ursachen

Der Zwischenbericht verzichtet auf eine detaillierte Beschreibung von Ursachen und beitragenden Faktoren dieses Unfalls. Diese werden im Schlussbericht entwickelt.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Sicherheitsempfehlungen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) sowie Artikel 17 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 richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, welche darüber zu entscheiden hat, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

„Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

¹ Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

² Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

³ Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter www.sust.admin.ch und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

Sicherheitshinweise

Als Reaktion auf während der Untersuchung festgestellte Sicherheitsdefizite kann die SUST Sicherheitshinweise veröffentlichen. Sicherheitshinweise werden formuliert, wenn eine Sicherheitsempfehlung nach der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 nicht angezeigt erscheint, formell nicht möglich ist oder wenn durch die freiere Form eines Sicherheitshinweises eine grössere Wirkung absehbar ist. Sicherheitshinweise der SUST haben ihre Rechtsgrundlage in Artikel 56 der VSZV:

„Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Motorausfall aufgrund fehlender Redundanz in der Stromversorgung bei Luftfahrzeugen mit Rotax-Motoren des Baumusters 914

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Treibstoffzufuhr in der MCR-ULC mit Rotax 914 Motor wird mittels zweier elektrischer Treibstoffpumpen sichergestellt. Ein Ausfall von beiden Treibstoffpumpen, der unter anderem durch einen kompletten Ausfall der Stromversorgung auftreten kann, führt zum Motorausfall.

Der Spannungsregler, der den Wechselstrom des Generators gleichrichtet und regelt, benötigt für den korrekten Betrieb eine konstante Eingangsspannung von der Batterie. Bei Ausfall der Batterie schaltet sich der Spannungsregler automatisch aus, um interne Beschädigungen und starke Schwankungen der Regler-Ausgangsspannung mit nachfolgenden Schäden an weiteren elektrischen Systemen zu vermeiden. Folglich sind die Spannungsversorgungen im elektrischen System der MCR-ULC bestehend aus Generator mit Spannungsregler und Batterie nicht redundant ausgelegt.

Das Trennen der Batterie vom elektrischen Bordnetz, etwa durch einen Kurzschluss, durch einen Unterbruch in der Masseverkabelung, durch einen Ausfall des Hauptrelais oder einfach durch Ausschalten des Hauptschalters (*master switch*), führt zum Ausfall beider Treibstoffpumpen und anschliessend zum Ausfall des Motors aufgrund Treibstoffmangel.

Ein Vergleich mit anderen in der Schweiz registrierten Flugzeugmustern, die mit einem Rotax-Motor vom Typ 914 ausgestattet sind, zeigt, dass die Stromversorgung gleich wie bei der MCR-ULC ausgelegt ist. Entsprechend zeigt sich auch bei diesen Flugzeugmustern das Risiko eines Motorausfalls aufgrund der fehlenden Redundanz in der Stromversorgung.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 511

Die Europäische Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency – EASA*) und das Bundesamt für Zivilluftfahrt (*BAZL*) sollten durch geeignete Massnahmen sicherstellen, dass das elektrische System der mit Rotax-Motoren des Baumusters 914 betriebenen Luftfahrzeuge mit einer redundanten Spannungsversorgung der beiden elektrischen Treibstoffpumpen ausgerüstet ist.

4.2 Sicherheitshinweise

4.2.1 Verbesserung der Überwachung der Stromversorgung von Luftfahrzeugen mit Rotax-Motoren des Baumusters 914

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Treibstoffzufuhr in der MCR-ULC mit Rotax 914 Motor wird mittels zweier elektrischer Treibstoffpumpen sichergestellt. Ein Ausfall von beiden Treibstoffpumpen, der unter anderem durch einen kompletten Ausfall der Stromversorgung auftreten kann, führt zum Motorausfall.

Der Spannungsregler, der den Wechselstrom des Generators gleichrichtet und regelt, benötigt für den korrekten Betrieb eine konstante Eingangsspannung von der Batterie. Bei Ausfall der Batterie schaltet sich der Spannungsregler automatisch aus, um interne Beschädigungen und starke Schwankungen der Regler-Ausgangsspannung mit nachfolgenden Schäden an weiteren elektrischen Systemen zu vermeiden. Folglich sind die Spannungsversorgungen im elektrischen System der MCR-ULC bestehend aus Generator mit Spannungsregler und Batterie nicht redundant ausgelegt.

Das Trennen der Batterie vom elektrischen Bordnetz, etwa durch einen Kurzschluss, durch einen Unterbruch in der Masseverkabelung, durch einen Ausfall des Hauptrelais oder einfach durch Ausschalten des Hauptschalters (*master switch*), führt zum Ausfall beider Treibstoffpumpen und anschliessend zum Ausfall des Motors aufgrund Treibstoffmangel.

Ein Vergleich mit anderen in der Schweiz registrierten Flugzeugmuster, die mit einem Rotax-Motor vom Typ 914 ausgestattet sind, zeigt, dass die Stromversorgung gleich wie bei der MCR-ULC ausgelegt ist. Entsprechend zeigt sich auch bei diesen Flugzeugmustern das Risiko eines Motorausfalls aufgrund der fehlenden Redundanz in der Stromversorgung.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 10

Subjekt: Warnlampe für den Spannungsregler

Zielgruppe: Halter und Eigentümer von Luftfahrzeugen mit Rotax 914 Motor

Die Zielgruppe soll über das beschriebene Sicherheitsdefizit informiert werden und sicherstellen, dass das elektrische System in ihren Luftfahrzeugen keine Mängel aufweist.

Weiter wird empfohlen, dass das elektrische System aller Luftfahrzeuge mit Rotax 914 Motor mit einer Warnlampe für den Spannungsregler auszurüsten, um einen Ausfall des Spannungsreglers oder *alternator* und das Entladen der Batterie frühzeitig zu erkennen.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat die bekannten Halter und Eigentümer der MCR-ULC Flugzeugtypen über das Sicherheitsdefizit informiert.

Payerne, 14. Juli 2016

Untersuchungsdienst der SUST

Dieser Zwischenbericht 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, 13. Juli 2016