



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

Bereich Aviatik

Schlussbericht Nr. 2286 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Flugzeuges
Aero AT-3 R100, HB-SRB,

vom 7. April 2015

Egg, Riggisberg/BE

Causes

L'accident est dû à la défaillance du moteur en vol de croisière suivi d'un atterrissage d'urgence en raison d'une alimentation insuffisante d'huile de lubrification entraînant le serrage du moteur.

Les éléments suivants ont été identifiés jouant un rôle causal dans la défaillance du moteur :

- la crépine manquante a constitué la condition préalable à l'interruption de l'alimentation en huile ;
- le tube d'aspiration dans le réservoir d'huile ne présentait pas de fente permettant ainsi à la plaque amovible d'interrompre le circuit de lubrification ;
- les propriétés du dispositif de vidange du réservoir d'huile ont empêché la découverte de l'absence de la crépine dans son emplacement.

Les éléments suivants ont joué un rôle dans l'accident :

- les procédures de maintenance du constructeur du moteur n'ont pas été respectées ;
- le mécanicien était soumis à des contraintes de temps en plus d'une charge de travail importante.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

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 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.

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 Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) lautet: $LT = MESZ = UTC + 2 \text{ h}$

Schlussbericht

Luftfahrzeugmuster Aero AT-3 R100 HB-SRB

Halter Alp-Air Bern AG, 3123 Belp

Eigentümer Alp-Air Bern AG, 3123 Belp

Pilot (Fluglehrer) Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1954

Ausweis Berufspilotenlizenz für Flugzeuge (*commercial pilot licence aeroplane* – CPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency* – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)

Flugstunden	insgesamt	3124:42 h	während der letzten 90 Tage	46:27 h
	auf dem Unfallmuster	ca. 600 h	während der letzten 90 Tage	24:29 h

Flugschüler Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1996

Ausweis Keiner

Flugstunden	insgesamt	0 h	während der letzten 90 Tage	0 h
	auf dem Unfallmuster	0 h	während der letzten 90 Tage	0 h

Ort Egg, Riggisberg/BE

Koordinaten 603 850 / 184 030 **Höhe** 761 m/M

Datum und Zeit 7. April 2015, 08:37 Uhr

Betriebsart Sichtflugregeln (*visual flight rules* – VFR), Schulung

Flugphase Reiseflug

Unfallart Motorausfall mit anschliessender Notlandung

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	0	2	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	2	0

Schaden am Luftfahrzeug Schwer beschädigt

Drittschaden Keiner

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Vorgeschichte

Am 7. April 2015 kurz nach 7 Uhr traf der Fluglehrer auf dem Flughafen Bern-Belp (LSZB) ein. Es folgte die Besprechung des Tagesablaufs zusammen mit einem Fluglehrerkollegen und fünf Flugschülern. Die Schulungsflüge des Tages sollten im Rahmen eines Sphair¹-Kurses stattfinden.

In der Folge wurde das Flugzeug Aero AT-3 R100, eingetragen als HB-SRB, für den ersten Flug des Tages vorbereitet. Dabei wurden auch 2 dl Motoröl nachgefüllt.

1.1.2 Flugverlauf

Nachdem das Flugzeug für den Flug vorbereitet worden war, nahmen Fluglehrer und Flugschüler im Cockpit Platz. Für den Flugschüler war es der erste Flug an den Steuern eines Luftfahrzeuges.

Der Fluglehrer startete um 08:20 Uhr mit der HB-SRB und dem Flugschüler mit an Bord von Piste 14 des Flughafens Bern-Belp. Kurz nach dem Start übergab der Fluglehrer dem Flugschüler die Steuer des Flugzeuges. Der Steigflug führte in Richtung Süden (vgl. Abbildung 1). Nachdem in der Region Wattenwil die vorgesehene Reiseflughöhe von rund 5500 ft QNH erreicht worden war, wurde der Flug in westlicher Richtung fortgesetzt.

Als sich die HB-SRB etwa zwei Kilometer ost-südöstlich von Rüscheegg befand, stellte der Fluglehrer Schwankungen der Motordrehzahl in der Grössenordnung von 200 bis 300 Umdrehungen pro Minute fest. Auch nach dem Einschalten der Vergaservorwärmung blieben die Drehzahlschwankungen bestehen. Nur wenige Augenblicke später fiel der Motor aus und der Propeller blieb stehen.

Der Fluglehrer übernahm die Steuer und leitete eine Umkehrkurve in Richtung Nordosten ein. Um 08:33:41 Uhr setzte der Fluglehrer über Funk einen Notruf an die Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Bern-Belp ab. Der Platzverkehrsleiter gab die HB-SRB umgehend für einen direkten Anflug zurück zum Flughafen frei. Der Fluglehrer antwortete, dass eine Rückkehr zum Flughafen wohl nicht möglich sei und er vermutlich im Gürbetal eine Aussenlandung machen müsse.

Versuche des Fluglehrers, den Motor wieder in Betrieb zu setzen, blieben erfolglos. Als der Fluglehrer feststellen musste, dass die verbleibende Höhe auch für einen Gleitflug ins Gürbetal nicht ausreichen würde, entschied er sich für eine Notlandung im Gebiet von Riggisberg. Die Notlandung auf einer flachen Wiese mit kurzem Gras erfolgte um 08:37 Uhr und verlief nach Angaben des Fluglehrers nahezu wie eine normale Landung.

Bei der Landung blieben die Insassen unverletzt und das Flugzeug wurde nicht zusätzlich beschädigt.

¹ Bei Sphair handelt es sich um ein Programm der Schweizer Luftwaffe für die Eignungsabklärung von interessierten Jugendlichen, die an einer Karriere in der zivilen oder militärischen Luftfahrt interessiert sind.

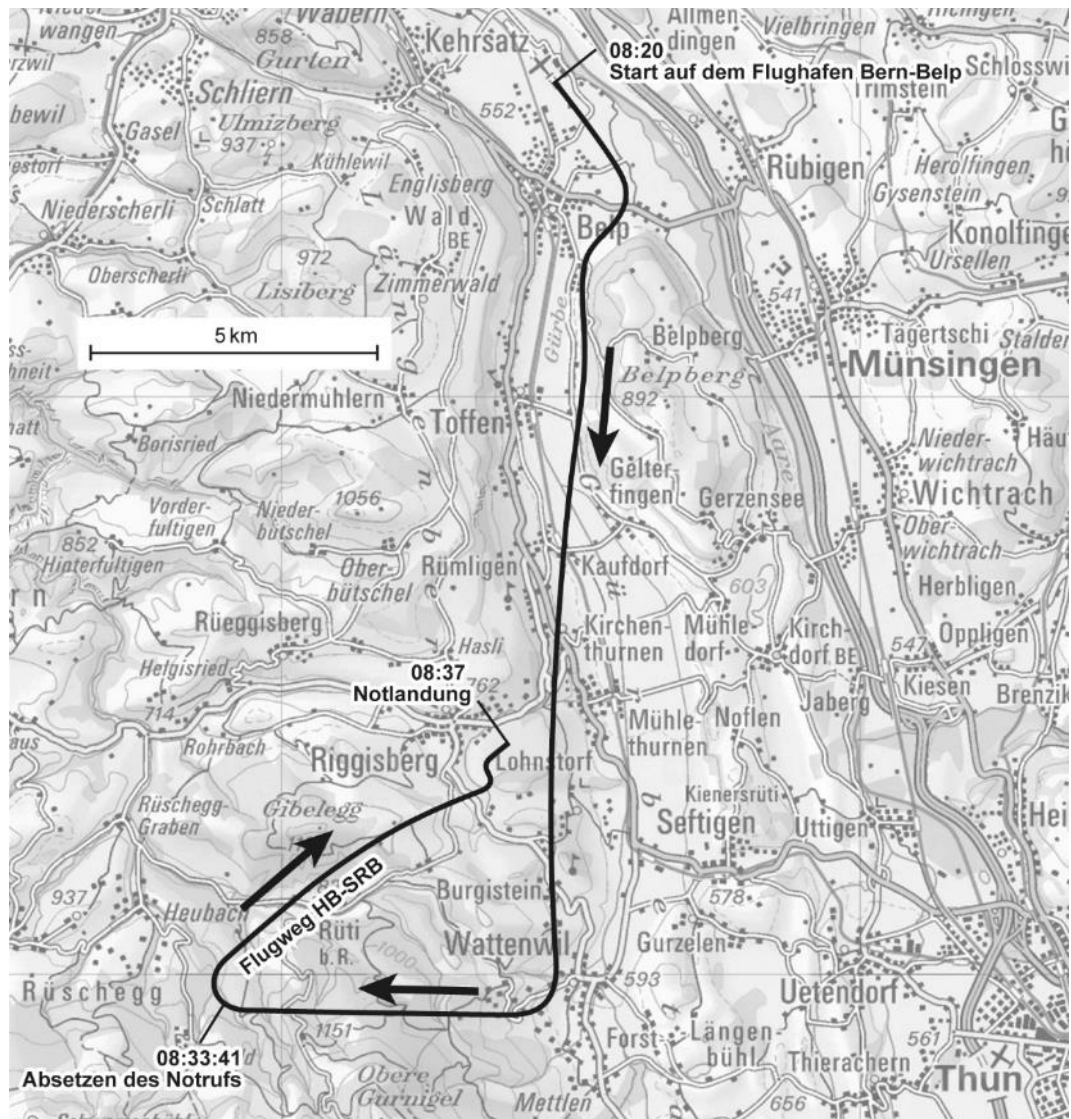


Abbildung 1: Flugweg der HB-SRB während des Unfallfluges am 7. April 2015 (schwarze Linie) mit den wichtigsten Ereignissen. Der Motorschaden ereignete sich zwischen Wattenwil und Rüscheegg. Basiskarte reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie (JA150149).

1.2 Meteorologische Angaben

Die Schweiz befand sich am Rande eines Hochs, das sich von den Britischen Inseln bis nach Süddeutschland erstreckte. Es herrschte Bise. Der Himmel war weitläufig wolkenlos, die Sichtweite betrug um 20 km.

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeines

Eintragungszeichen	HB-SRB
Luftfahrzeugmuster	AT-3 R100
Charakteristik	Einmotoriges, doppelsitziges Flugzeug mit Festfahrwerk in Bugradanordnung, ausgeführt als Tiefdecker.
Hersteller	Aero Sp. Z o.o., Mielec, Polen

Baujahr	2009
Werknummer	052
Eigentümer	Alp-Air Bern AG, 3123 Belp
Halter	Alp-Air Bern AG, 3123 Belp
Zertifikationsbasis	EASA <i>certification specification for very light aircraft</i> (CS-VLA).
Triebwerk	<p>Charakteristik: Vierzylinder-Viertakt-Ottomotor in Boxeranordnung mit zentraler Nockenwelle, flüssigkeitsgekühlten Zylinderköpfen und luftgekühlten Zylindern.</p> <p>Hersteller: BRP Powertrain GmbH & Co KG, Gunskirchen, Österreich</p> <p>Baumuster: Rotax 912 S2</p> <p>Baujahr: 2012</p> <p>Werknummer: 4.924.434</p>
Betriebsstunden	<p>Zelle: 1903:56 h TSN²</p> <p>Triebwerk: 788:33 h TSN</p>
Unterhalt	Die letzte geplante Unterhaltsarbeit, eine 100-Stunden-Kontrolle, wurde am 26. März 2015 bei 1900:53 h TSN (Zelle) bescheinigt.
Technische Einschränkungen	Zwischen der letzten 100-h-Kontrolle und dem Unfall vom 7. April 2015 wurden fünf Flüge mit total 11 Landungen durchgeführt. Für keinen dieser Flüge wurden im Flugreisebuch (<i>technical/ journey log</i>) technische Einschränkungen vermerkt.
Treibstoff	<p>Die AT-3 R100 kann mit den folgenden Treibstoffsorten mit einer minimalen Oktanzahl von 95 ROZ verwendet werden:</p> <ul style="list-style-type: none">• Benzin Bleifrei 95• Benzin Bleifrei 98• AVGAS 100LL <p>Beim verwendeten Treibstoff handelte es sich um Benzin Bleifrei 98.</p>

1.3.2 Auslegung des Schmiersystems des Triebwerks

1.3.2.1 Allgemeines

Die Motorschmierung dient der Verringerung der Reibung zwischen beweglichen Motorteilen sowie der Wärmeabführung aus den Lagerstellen und vom Kolben mittels Schmieröl. Darüber hinaus sollen mögliche Verschleisspartikel, Verbrennungsrückstände und sonstige Verschmutzungen vom Ölfilter ausgefiltert werden.

Die Nummern der nachfolgenden Beschreibung beziehen sich auf Abbildung 2.

² TSN: *time since new*, Betriebsstunden seit Herstellung

Die Schmierung des Rotax 912 S2 erfolgt mit einer Trockensumpf-Druckschmierung und ist mit einer Trochoid³-Ölpumpe (3) mit integriertem Druckregler (1) und Öldrucksensor (2) ausgerüstet. Die Ölpumpe saugt das Motoröl über das Ansaugrohr⁴ aus dem Ölbehälter (4) über den Ölkühler (5) und fördert es durch den Ölfilter (6) zu den einzelnen Schmierstellen im Motor.

Das aus den Schmierstellen austretende Motoröl fließt zum Kurbelgehäuseboden und wird von dort durch den ständig herrschenden Überdruck im Kurbelgehäuse zurück zum Ölbehälter gedrückt. Der Überdruck im Kurbelgehäuse ist bei Kolbenmotoren normal; ursächlich dafür sind Leckgase aus den Verbrennungsräumen der Zylinder.

Mit dem Motoröl gelangen auch diese Leckgase in den Ölbehälter. Sie werden dort abgeschieden und über die Entlüftungsleitung (7) ins Freie abgeführt. Die Entlüftungsleitung endet an der Rumpfunterseite.

Der Öltemperatursensor (8) befindet sich am Ölpumpengehäuse.

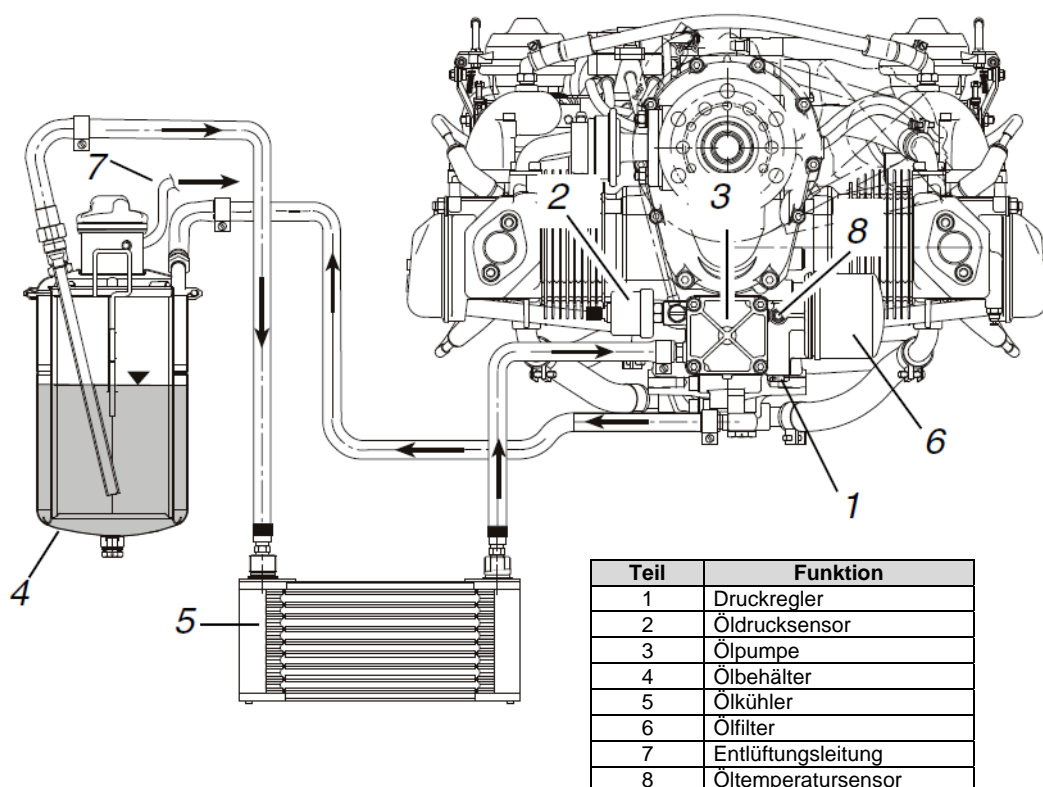


Abbildung 2: Übersicht über das Schmiersystem. Abbildung aus dem Betriebshandbuch des Motorenherstellers.

³ Trochoid: Geometrische Form des Pumpenrotors

⁴ Die Begriffe „Ölansaugrohr“ und „saugen“ sind physikalisch nicht korrekt: Das Öl wird nicht das Rohr heraufgesaugt, sondern durch den Atmosphärendruck das Rohr hinaufgedrückt. Ein Ansaugrohr wird deshalb oft auch als Steigrohr bezeichnet.

1.3.2.2 Beschreibung des Ölbehälters

Die Nummern der nachfolgenden Beschreibung beziehen sich auf Abbildung 3.

Das vom Motor zurückfliessende Öl wird tangential über den Rücklaufanschluss (9) in den äusseren Teil des Ölbehälters eingespeist. Das Öl fliesst in der Folge durch den siebartigen runden Schwalleinsatz (6) hindurch nach innen in das Hauptvolumen des Ölbehälters. Dabei wird das Öl entgast. Die Gase gelangen über den Entlüftungsanschluss (11) ins Freie.

Das entgaste Öl wird vom Ölsaugrohr (13) angesaugt und gelangt durch Pumpendruck erneut zum Motor. Der Schwalleinsatz (6) wird unten durch die eingelegte runde Zwischenwand (7) und oben durch den Deckel des Ölbehälters (4) in der korrekten Position gehalten.

Die Distanz zwischen der Ansaugöffnung des Ölsaugrohrs und der runden, flachen Zwischenwand (7) beträgt 12 mm. Diese Distanz wird durch den eingelegten Schwalleinsatz bei allen Fluglagen sichergestellt.

Der Aussendurchmesser des Ansaugrohres beträgt am unteren Ende 12 mm, der Innendurchmesser 9 mm.

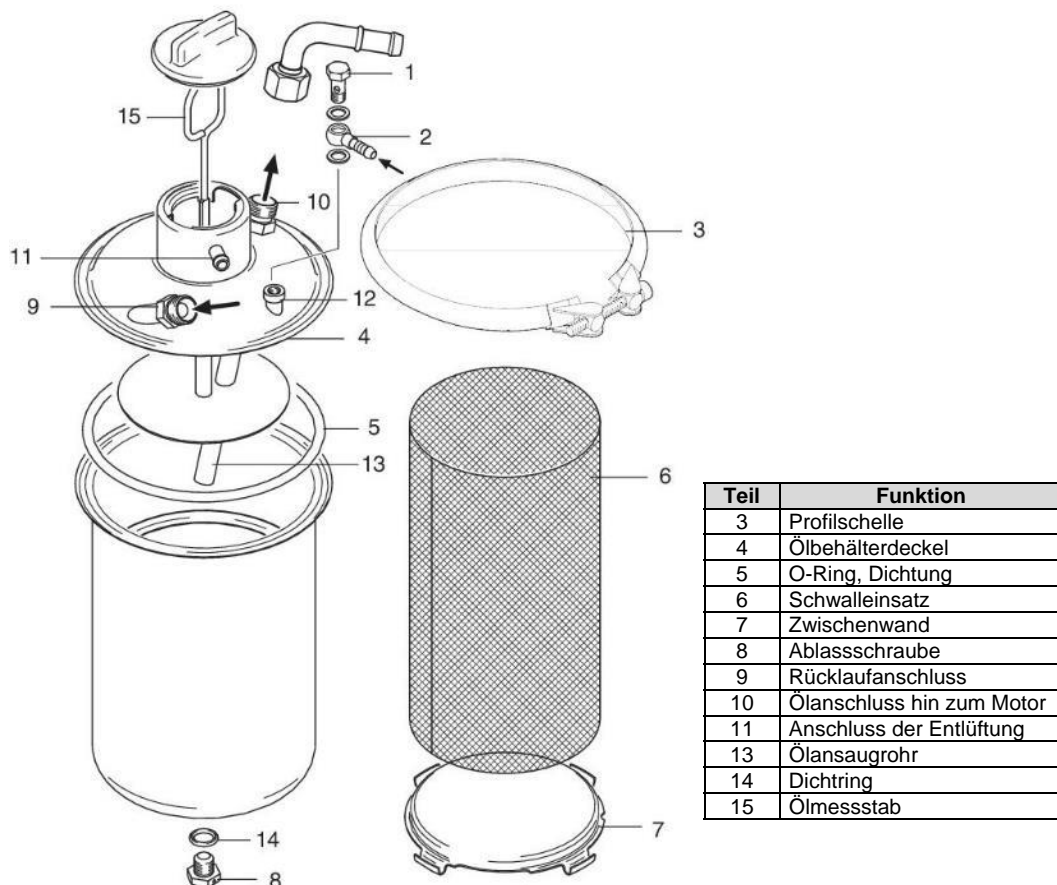


Abbildung 3: Explosionszeichnung des Ölbehälters (links) mit Komponenten. Schwalleinsatz (6) und Zwischenwand (7) werden beim Zusammenbau in den Ölbehälter eingesetzt und zwischen Ölbehälterboden und Ölbehälterdeckel (4) eingeklemmt. Abbildung aus dem Wartungshandbuch des Motorenherstellers.

1.3.2.3 Schema der Schmierölversorgung

Aus nachfolgender Schnittzeichnung (Abbildung 4) ist die Schmierölversorgung im Motorinnern ersichtlich. Das Öl wird von der Pumpe (5) zum Ölfilter gefördert und gelangt anschliessend über die Verteilleitungen (11, 23) zu den Schmierstellen im Motorinnern.

Das Kurbelwellenlager (29) und sehr ausgeprägt das Pleuellager des Zylinders Nr. 1 (30) weisen im Vergleich zu den anderen Lagerstellen im Motor die längsten Ölversorgungswege auf.

Im Ölfilter werden Verschleisspartikel und andere Verunreinigungen ausgefiltert. Im Ölkreislauf ist zudem eine Magnetschraube integriert; an ihr bleiben Stahlspäne und andere magnetische Partikel hängen.

Der Zustand des Ölfilters und der Besatz an der Magnetschraube ist ein wichtiger Indikator für den Zustand des Motors; beides wird bei der Wartung überprüft.

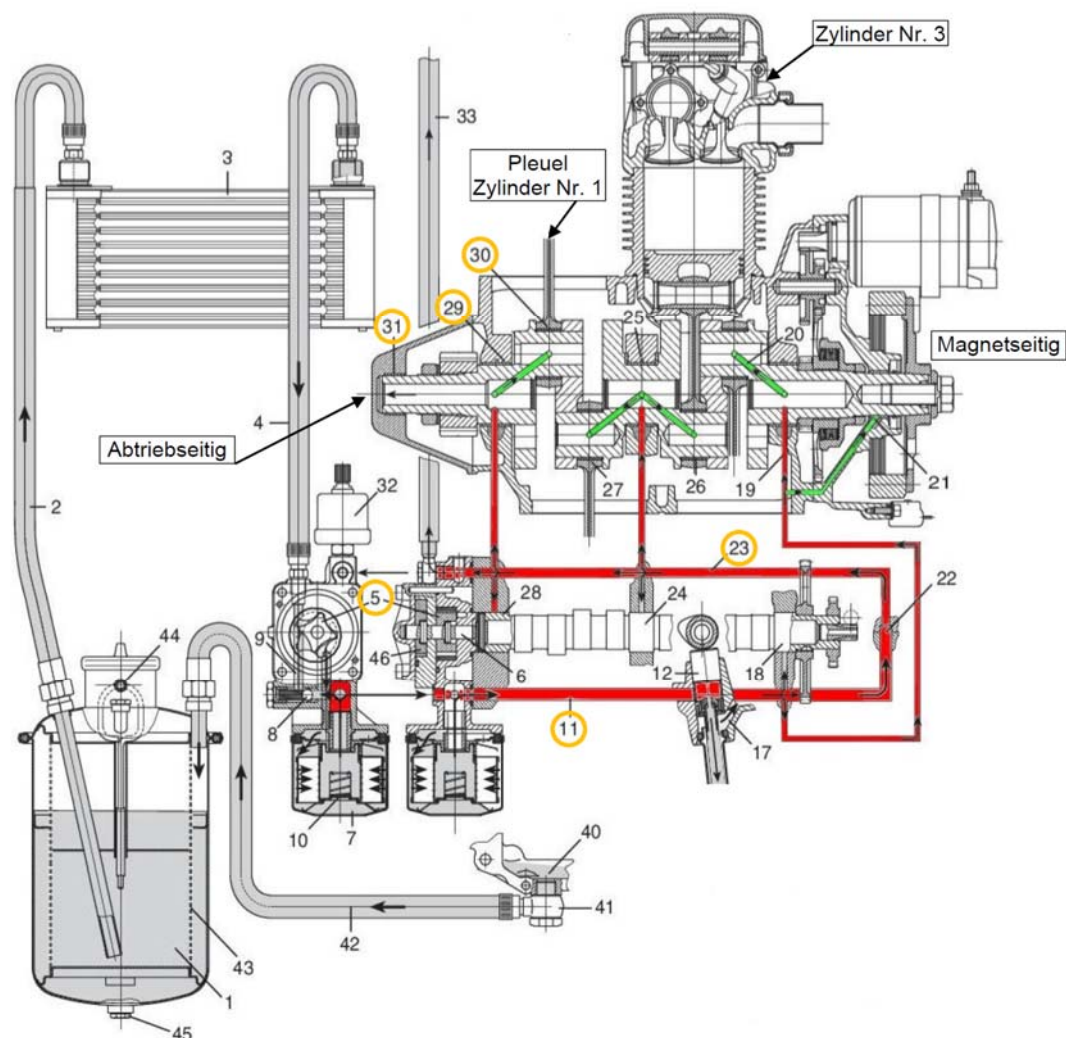


Abbildung 4: Schema der Schmierölversorgung im Kurbelgehäuse und zu den Pleuellagern (grün) sowie Schmierölversorgung zu den Pleuellagern (rot). Die Funktion der gelb eingekreisten Bauteile wird im obigen Text beschrieben. Das Lager des Pleuels von Zylinder Nr. 1 befindet sich am Ende der Schmierölversorgung. Abbildung adaptiert vom Motorenhersteller.

1.4 Untersuchungen und Versuche an Flugzeug und Triebwerk

1.4.1 Erste Feststellungen am Notlandeplatz

Am Notlandeplatz wurden an der HB-SRB erste Untersuchungen vorgenommen. Dabei wurde unter anderem Folgendes festgestellt:

- Der Propeller liess sich von Hand nicht drehen.
- Die obere Innenseite und der Ölmesstab des Ölbehälters waren stark ölverschmiert, der Füllstand im Ölbehälter konnte deshalb nicht zuverlässig festgestellt werden.
- Die Rumpfunterseite war hinter der Austrittsöffnung der Entlüftungsleitung über einen längeren Bereich ölverschmiert.
- Im Bereich des Pleuels des Zylinders Nr. 1 war das Kurbelgehäuse auf der Oberseite deformiert.
- An der Zelle und am Propeller waren keine Beschädigungen sichtbar.
- Die ausgebauten Zündkerzen zeigten keine Anomalitäten.
- Die elektrische Treibstoffpumpe und die Schwimmerkammern der beiden Vergaser enthielten Treibstoff.
- Aus dem Rumpftank konnten 42 l Treibstoff abgelassen werden. Die später durchgeführte Analyse einer Treibstoffprobe ergab, dass es sich dabei um Benzin Bleifrei 98 handelte.

1.4.2 Zusätzliche Untersuchungen am Triebwerk

Am Motor der HB-SRB wurden weitere Untersuchungen vorgenommen. Dabei wurde unter anderem Folgendes festgestellt:

- Das Filterpapier des aufgeschnittenen Ölfilters enthielt einige rötliche metallische Partikel.
- An der vom Motor demontierten Magnetschraube war der Spänebesatz sehr gross.
- Der Ölbehälter wurde entleert und enthielt ungefähr 3 Liter Öl; d.h. es fehlte nur wenig Öl bis zum Normalfüllstand. Der siebartige, runde Schwalleinsatz (vgl. Abbildung 3, Position 6) befand sich nicht im Ölbehälter; die runde, flache Zwischenwand (vgl. Abbildung 3, Position 7) war jedoch eingelegt (vgl. Abbildung 5).
- Auf der Oberseite der Zwischenwand wurde eine Schicht ziemlich gleichmässig verteilter, feiner Metallpartikel vorgefunden.
- Verborgen unter der Schicht feiner Metallpartikel fand sich ein Muster kreisförmiger Kratzspuren mittig auf der Zwischenwand (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 5: Sicht von oben in den Ölbehälter. Die eingelegte Zwischenwand ist am unteren Ende sichtbar, der Schwalleinsatz fehlt.



Abbildung 6: Das Muster kreisförmiger Kratzspuren mittig auf der Zwischenwand.

- Die Randpartien des Zylinders Nr. 1 wie auch des dazugehörigen Kolbens waren pleuelseitig ausgebrochen (vgl. Abbildung 7, links). Die Bruchstücke wurden im Kurbelgehäuse aufgefunden.
- Das Pleuellager wie auch das Pleuelreststück des Pleuels des Zylinders Nr. 1 waren mit der Kurbelwelle verschweisst (vgl. Abbildung 7, rechts). Dadurch blockierte der Motor.
- Der Pleuel und das Pleuellager des Zylinders Nr. 1 waren durch eine starke Überhitzung beschädigt.
- Die mittleren Hauptlagerschalen der Kurbelwelle zeigten einen massiven Materialabtrag der ersten Weissmetallschichten.
- Das Stummellager (vgl. Abbildung 4, Position 31) der Kurbelwelle war auf der Oberfläche teilweise durch Metallspäne verrieben.
- Die gleiche Schädigung wies das Stützlager der Propellerwelle auf.
- Im Getriebegehäuse wurden viele grössere und kleinere Partikel aus Buntmetall vorgefunden.
- Bei der Ölpumpe wurden weder Beschädigungen noch abnormaler Verschleiss festgestellt.
- Die übrigen Bauteile des Motors, wie Nockenwelle, Zylinderköpfe, u. a. m. waren nicht beschädigt.



Abbildung 7: Links: Kolben des Zylinders Nr. 1 mit abgebrochenen Randpartien (z. B. bei A) und Reste des defekten Pleuellagers (B). Rechts: Mit Kurbelwelle verschweisstes Lager und Reststück (C) des Pleuels des Zylinders Nr. 1.

1.4.3 Rekonstruktion mittels Versuchen im Labor

Im Labor wurde die Auswirkung auf den Ölkreislauf bei einem nicht montierten Schwalleinsatz untersucht.

Bei den Versuchen wurde der Ölbehälter einerseits mit und andererseits ohne Schwalleinsatz in einen Ölkreislauf eingebaut. Der Ölkreislauf entsprach demjenigen der HB-SRB. Beide Versuchsanordnungen wurden jeweils unterschiedlichen Erschütterungen ausgesetzt. Die Versuche ergaben folgende Resultate:

- Erschütterungen auf einen Ölbehälter mit montiertem Schwalleinsatz hatten keinen Einfluss auf den Öldurchsatz; d. h. der Öldurchsatz wurde durch die Erschütterungen nicht beeinträchtigt.
- Solange der Ölbehälter keinen Erschütterungen ausgesetzt wurde, gab es beim Ölbehälter ohne montierten Schwalleinsatz keine Beeinträchtigung des Öldurchsatzes.

- Wurde der Ölbehälter ohne montierten Schwalleinsatz Erschütterungen ausgesetzt, so konnte – hervorgerufen durch eine Erschütterung – der Ölkreislauf komplett unterbrochen werden. Ausschlaggebend dafür war die lose eingelegte Zwischenwand, die an das Ansaugrohr angesaugt wurde (vgl. Abbildung 8). War der Ölkreislauf einmal unterbrochen, blieb der Unterbruch bis zum Abschalten der Ölpumpe bestehen.

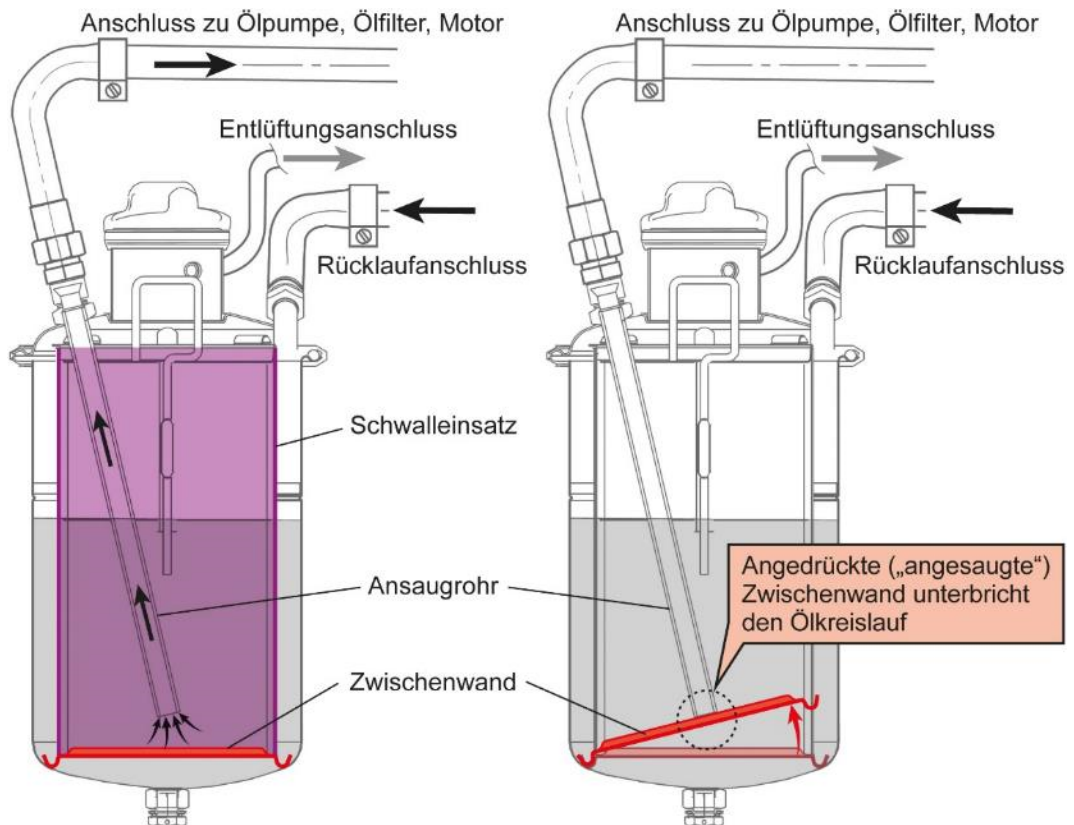


Abbildung 8: Schnitzzeichnungen des Ölbehälters der HB-SRB. Links: Ölbehälter mit eingebautem Schwalleinsatz (violett). Der Ölkreislauf wird nicht beeinträchtigt. Rechts: Ölbehälter mit fehlendem Schwalleinsatz und angesaugter Zwischenwand. Der Ölkreislauf wird dadurch unterbrochen. Grössenreferenz: Der Aussendurchmesser des Ölbehälters beträgt 15 cm. Adaptiert aus dem Wartungshandbuch des Motorenherstellers.

1.5 Wartung

1.5.1 Vorgaben des Herstellers für den Ölwechsel

Das Wartungshandbuch für die Rotax-Motortype-912-Serie sieht vor, dass bei vorwiegendem Gebrauch von Bleifrei-Benzin 98 alle 100 Betriebsstunden das Motoröl wie auch der Ölfilter gewechselt wird. Die entsprechenden Arbeitsschritte lauten gemäss dem Wartungshandbuch (*Wartungshandbuch [line maintenance]* für Rotax-Motortype-912-Serie, Ausgabe 3, Revision 2, Stand vom 1. Februar 2015) wie folgt:

- „Schritt 1 Motor von Hand durchdrehen, um das Öl aus dem Kurbelgehäuse zu fördern. [...]
- Schritt 2 Drahtsicherung lösen und Ölablassschraube aus dem Ölbehälter entfernen, Altöl ablassen und vorschriftsmässig entsorgen.
- Schritt 3 Bei jedem Ölwechsel ist der Ölfilter zu wechseln und die Anschraubfilterbauteile [sind zu] kontrollieren. [...]

- Schritt 4 Nach der Kontrolle die Anschraubfilterbauteile ordnungsgemäss entsorgen.*
- Schritt 5 Ölablassschraube samt neuer Dichtung [vgl. Abbildung 3, Position 14] und Drahtsicherung montieren. Anzugsdrehmoment 25 Nm.*
- [...]
- Schritt 6 Neuen Anschraubfilter montieren.*
- Schritt 7 Ca. 3 Liter Frischöl einfüllen.*
- Schritt 8 Nach durchgeführtem Ölwechsel ist der Motor mit der Hand in der Motordrehrichtung durchzudrehen (ca. 20 Umdrehungen) um den gesamten Ölkreislauf wieder vollständig zu befüllen.“*

1.5.2 Vorgaben des Herstellers für die Reinigung des Ölbehälters

Das Wartungshandbuch für die Rotax-Motortype-912-Serie sieht vor, dass bei vorwiegendem Gebrauch von Bleifrei-Benzin 98 alle 200 Betriebsstunden zusätzlich zum Ölwechsel der Ölbehälter kontrolliert und bei Verschmutzung gereinigt wird. Die entsprechenden Arbeitsschritte lauten gemäss dem Wartungshandbuch (Wartungshandbuch [*line maintenance*] für Rotax-Motortype-912-Serie, Ausgabe 3, Revision 1, Stand vom 1. Januar 2015) wie folgt; die Nummern beziehen sich auf Abbildung 3:

- „Schritt 1 Profilschelle [3] lösen und den Ölbehälterdeckel [4] samt O-Ring [5] und Ölleitungen abnehmen.*
- Schritt 2 Innenteile des Ölbehälters wie Schwalleinsatz [6] und Zwischenwand [7] ausbauen.*
- Schritt 3 Ölbehälter und Innenteile [6, 7] reinigen und auf Beschädigungen prüfen.*
- ACHTUNG Falsche Montage der Ölbehälterkomponenten und der Schläuche kann zu Motorstörungen oder Motorschaden führen.*
- Schritt 4 Sk-Schraube [Ablassschraube, 8] M12x12 mit neuem Dichtring [14] montieren. Anzugsdrehmoment 25 Nm.*
- Schritt 5 Mit Sicherungsdraht sichern.*
- Schritt 6 Montage des Ölbehälters in umgekehrter Reihenfolge der Zerlegung.*
- Schritt 7 Ölsystem entlüften.“*

1.5.3 Wartungsunternehmen

Betrachtet mit der letzten geplanten Unterhaltsarbeit (100-Stunden-Kontrolle und Reinigung des Ölbehälters vom 26. März 2015) war das Wartungsunternehmen Air-matec AG am Flughafen Bern-Belp. Die Airmatec AG war nach Anhang II (Teil-145) der Verordnung (EG) Nr. 2041/2003 zertifiziert und ermächtigt, an Rotax-Motoren des Typs 912 S Wartungsarbeiten in den Bereichen *line maintenance* und *heavy maintenance* auszuführen. Nach Firmenangaben sind etwa 15 % der gewarteten Flugzeuge mit Rotax-Motoren ausgerüstet.

1.5.4 Ausbildung und Erfahrung des Flugzeugmechanikers

Der Flugzeugmechaniker, der die Reinigung des Ölreservoirs am 26. März 2015 durchgeführt hatte, war wie folgt qualifiziert:

- Flugzeugmechaniker seit 1989

- Flugzeugmechanikerberechtigungen verschiedenster Flugzeugmuster der allgemeinen Luftfahrt mit einem oder mehreren Kolbenmotor- bzw. Turbinentriebwerken
- Grund- und Refresherkurse für Rotax-Motoren absolviert

Der betroffene Flugzeugmechaniker gab an, etwa zwei- bis dreimal pro Jahr zwecks Wartung einen Ölbehälter aus einer Aero AT-3 aus- und wieder einzubauen.

1.5.5 Reinigung des Ölbehälters beim Wartungsunternehmen

Gemäss Aussage des Flugzeugmechanikers, der die Reinigung des Ölreservoirs am 26. März 2015 durchgeführt hatte, wurde und wird nach wie vor beim Wartungsunternehmen der ganze Ölbehälter zu dessen Reinigung inklusive des Schwalleinsatzes aus dem Flugzeug ausgebaut. Danach wird der Ölbehälter über einem grossen Trichter ausgeleert. Das Öl fliesst durch den Trichter in einen grossen Altölbehälter, der sich direkt unterhalb des Trichters befindet (vgl. Abbildung 9). Während des Abtropfens des Ölbehälters widmet sich der Flugzeugmechaniker in der Regel für eine Weile einer anderen Aufgabe, bevor er wieder zum Altölbehälter zurückkehrt und den Ölbehälter aus dem Trichter nimmt. Dann werden Ölbehälter und Schwalleinsatz gereinigt und wieder im Flugzeug eingebaut.

Gemäss den Aussagen des Wartungsunternehmens sei man sich bewusst, dass diese Praxis nicht den vorgesehenen Verfahren des Motorenherstellers entspricht. Der Motorenhersteller sieht vor, den Ölbehälter zu dessen Reinigung – sowie auch für den Ölwechsel – im Flugzeug zu belassen und das Öl via Öffnung der Ablassschraube aus dem Tank abzulassen (vgl. Kapitel 1.5.1 und 1.5.2). Der Grund für diese vom Wartungsunternehmen vorgenommene Verfahrensänderung sei der Ölschlamm, der sich oftmals am Boden des Ölbehälters ansammle. Dieser Schlamm könne einfacher, gründlicher und schneller entfernt werden, wenn der ganze Ölbehälter aus dem Flugzeug ausgebaut sei. Des Weiteren ist der Ölbehälter strukturell lediglich mittels zweier Schellen an der Zelle befestigt, der Ausbau des Ölbehälters dauere weniger als eine Minute. Ausserdem habe man Bedenken, dass sich im Bereich der Ablassschraube mit der Zeit Risse bilden könnten, wenn diese Schraube regelmässig ab- und wieder angeschraubt würde.

Der Verantwortliche des Wartungsunternehmens gab weiter an, sich vor dem Unfall nicht im Klaren darüber gewesen zu sein, was eine lose im Ölbehälter liegende Zwischenwand für eine Auswirkung haben kann.

Der Altölbehälter, in den der Ölbehälter aus dem Flugzeug entleert wird, reicht bei einem durchschnittlich grossen Menschen bis etwa Brusthöhe, die Oberkante des Trichters bis knapp unter Schulterhöhe (vgl. Abbildung 9). Steht man direkt vor dem Altölbehälter, muss der Arm gestreckt werden, damit der Ölbehälter über dem Trichter ausgeleert werden kann. Das Innere des Trichters ist dabei nur teilweise einsehbar. Hilfsmittel wie beispielsweise ein Podest oder eine Trittleiter wurden für das Ausleeren des Ölbehälters über dem Trichter jeweils nicht verwendet. Direkt vor dem Altölbehälter am Boden befanden sich im Zeitraum vom 26. März 2015 einige kleinere Ölfässer.



Abbildung 9: Zu erkennen sind der grosse Altölbehälter (1) und der Trichter (2), in den der Ölbehälter der HB-SRB zwecks dessen Reinigung entleert wurde. Die Oberkante des Trichters reicht knapp unter Schulterhöhe. Die Aufnahme entstand nach dem Unfall.

1.5.6 Durchgeführte Wartungsarbeiten am Schmiersystem

Am 14. September 2012 wurde der Motor fabrikneu in die HB-SRB eingebaut. Am 28. Februar 2013 – bei 74:38 h TSN – fand das Wartungsunternehmen Metallspäne im Ölfilter. Bei den nachfolgenden vier 100- bzw. 200-Stunden-Kontrollen wurden keine Späne mehr festgestellt. Bei der darauffolgenden 100-Stunden-Kontrolle des Motors – am 20. August 2014 bei 582:46 h TSN – wurden wiederum Späne im Ölfilter gefunden. Auf Grund dieser Feststellungen wurden der Motor und das Schmiersystem gemäss den Vorgaben des Motorenherstellers durchgespült.

Bei den nächsten beiden Kontrollen – d. h. 50 wie auch 100 Betriebsstunden nach der Durchspülung – wurden nur noch wenige Späne im Ölfilter vorgefunden.

Bei der nachfolgenden 100-Stunden-Kontrolle am 26. März 2015 – bei 785:30 h TSN des Motors, d.h. 3:03 Betriebsstunden vor dem Unfall – haftete an der Magnetschraube eine gewisse Menge magnetischer Partikel, die als unbedeutend und akzeptabel eingestuft wurde. Im Ölfilter wurden keine Späne festgestellt. Aus der *work order* vom 26. März 2015 geht hervor, dass auch der Ölbehälter gereinigt wurde.

1.5.7 Auffinden des fehlenden Schwalleinsatzes

Nach dem Unfall wurde der fehlende Schwalleinsatz des Ölbehälters aufgefunden. Er befand sich im grossen Trichter des Altölbehälters (vgl. Kapitel 1.5.5).

1.5.8 Arbeitsbelastung des Flugzeugmechanikers

Der Flugzeugmechaniker, der am 26. März 2015 die 100-Stunden-Kontrolle durchgeführt hatte, gab bezüglich seiner Arbeitsbelastung an, dass er an besagtem 26. März unter einem grossen zeitlichen Druck und unter hoher Anstrengung gestanden habe. Es seien in dieser Zeit bei knappem Personalbestand viele Aufträge abzuwickeln gewesen. Die Kunden übten viel Druck auf die Firma aus und zusätzlich hätten auch Papierarbeiten stark zur Belastung beigetragen. Er selbst habe während langer Zeit auch an Wochenenden gearbeitet. Retrospektiv bezeichnete sich der Flugzeugmechaniker für den Zeitraum um den 26. März 2015 als deutlich überarbeitet.

1.6 Zwischenfall in Kanada

Gemäss Angaben des Motorenherstellers ereignete sich im Jahr 2010 in Kanada ein Zwischenfall mit einem Rotax-Motor der Baureihe 912. Bei der Wartung eines Flugzeuges sei beim Ölwechsel der Schwalleinsatz (vgl. Abbildung 3, Position 6) nicht wieder in den Ölbehälter eingebaut worden. Dieser Umstand soll dann dazu geführt haben, dass die unten im Ölbehälter eingelegte Zwischenwand (vgl. Abbildung 3, Position 7) vom Ölsaugrohr angesaugt wurde und dadurch die Ölzufuhr zum Motor unterbrochen wurde.

1.7 Vereinheitlichung der Ölbehälter

Beim Rotax-Motor 912 S2 handelt es sich um einen nach FAR 33 zertifizierten Vierzylinder-Saugmotor. Er ist mit zwei Vergasern und einer kontaktlosen Magnet-Kondensator-Doppelzündung bestückt.

Seit März 2012 wird ein auf der 912-Serie basierender Motor als Muster 912 iS neu mit einem voll redundanten elektronischen Motormanagementsystem (EMS) mit Treibstoffeinspritzung und Kennfeldzündung angeboten. Bei den beiden Motoren – 912 S2 und 912 iS – wurden ursprünglich unterschiedliche Ölbehälter verbaut.

Im Jahr 2013 kam es zu einer Vereinheitlichung der Ölbehälter der beiden Motoren: Der Ölbehälter des Motors 912 iS hatte schon immer eine Vertiefung in der Zwischenwand. Die Zwischenwand der Motors 912 S2 war bis Mitte 2013 flach (vgl. Abbildung 10, links). Ab Mitte 2013 wurde nun auch die Zwischenwand des Motors 912 S2 mit einer Vertiefung versehen (vgl. Abbildung 10, rechts). Des Weiteren sei im Zuge dieser Vereinheitlichung das untere Ende des Ölsaugrohres mit einem Schlitz versehen worden (vgl. Abbildung 10, rechts), um bei einem unvorhergesehenen Ansaugen der Zwischenwand die Ölzufuhr nicht zu unterbinden. Laut Hersteller sei dieser Schlitz derart bemessen worden, dass eine ausreichende Ölzufuhr zum Motor selbst bei vollständigem Ansaugen der Zwischenwand noch gewährleistet bleibt.

Diese Modifikation am Ansaugrohr sei laut Motorenhersteller im Sinne einer Weiterentwicklung und Optimierung des Schmiersystems für neue Motoren implementiert worden. Ein rückwirkender Tausch der veränderten Bauteile bei sich im Feld befindenden Motoren ist aus Sicht des Motorenherstellers nicht notwendig, da es bei vollständigem Wiedereinbau aller Teile und bei korrekter Wartung gemäss den Rotax-Handbüchern zu keiner kritischen Situation kommen könne.



Abbildung 10: Links: Zwischenwand und Ansaugrohr des Ölbehälters des Motors 912 vor der Vereinheitlichung der Ölbehälter. Rechts: Zwischenwand und Ansaugrohr des Ölbehälters nach der Vereinheitlichung der Ölbehälter (roter Pfeil zeigt Schlitzkontur).

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Motor

Bereits auf dem Notlandeplatz wurde festgestellt, dass sich der Propeller von Hand nicht mehr drehen liess und dass im Bereich des Pleuels des Zylinders Nr. 1 das Kurbelgehäuse deformiert war. Diese Feststellungen und die Schilderung der Besatzung liessen vermuten, dass der Motor aus irgendeinem Grund während des Fluges blockierte. Diese Vermutung konnte durch die Untersuchung bestätigt werden.

Bei der Zerlegung des Motors wurde festgestellt, dass das Pleuellager des Zylinders Nr. 1 auf der Kurbelwelle blockiert und mit dieser verschweisst war. Beschädigt wurden ferner Lagerstellen der Kurbel- und der Propellerwelle.

Diese Lagerschäden wurden durch eine fehlende beziehungsweise mangelnde Ölversorgung des Motors an den Lagerstellen verursacht.

Der Schaden am Kurbelgehäuse, die Zerstörung des Pleuels und die Schäden an Zylinder und Kolben Nr. 1 sind Folgeschäden des blockierten Pleuellagers. Während des Zerstörungsvorganges im Motor gelangten metallische Partikel in den Ölkreislauf. An der Magnetschraube war der Spänebesatz sehr gross, im Ölfilter wurden einige Partikel gefunden.

Aus den festgestellten Hitzeschäden am Pleuellager und am Pleuel kann gefolgert werden, dass während des Blockierens des Pleuellagers auch die Gase im Kurbelgehäuse stark erhitzt wurden. Dies führte zu einer raschen Expansion der Gase und damit auch zu einem Anstieg des Druckes im Kurbelgehäuse. Dieser Überdruck entwich über die Ölrücklaufleitung in den Ölbehälter und anschliessend ins Freie. Dabei wurde aus dem Ölbehälter etwas Öl mitgerissen, was die ölverschmierte Unterseite des Flugzeugrumpfs erklärt.

An der Ölpumpe des Motors wurden weder Verschleiss noch Beschädigungen vorgefunden. Ein Ausfall der Ölpumpe als Ursache des Motorausfalls kann ausgeschlossen werden.

2.1.2 Ölbehälter

Während des Unfallfluges fehlte der siebartige, runde Schwalleinsatz im Ölbehälter. Die runde, flache Zwischenwand (vgl. Abbildung 3, Position 7) war jedoch eingelegt. Der fehlende Schwalleinsatz hatte zur Folge, dass die Zwischenwand nicht mehr durch den Schwalleinsatz in Position gehalten wurde, d.h. die Zwischenwand lag lose und in geringem Abstand zur Ölansaugöffnung unten im Ölbehälter.

Gemäss dem physikalischen Energieerhaltungsgesetz ergibt sich im Strömungsbereich einer Flüssigkeit in Bezug zur benachbarten nicht strömenden Flüssigkeit ein statischer Unterdruck. Es kann gefolgert werden, dass infolge dieses Unterdrucks die lose im Ölbehälter eingelegte Zwischenwand vom Ölansaugrohr angesaugt wurde und so den Ölfluss unterbrach (vgl. Abbildung 8). Diese Erklärung wird durch eine Versuchsreihe (vgl. Kapitel 1.4.3 und 2.1.3) sowie durch die Kratzspuren auf der Zwischenwand belegt (vgl. Abbildung 6). Diese Kratzspuren, die mittig auf der Zwischenwand gefunden wurden, entsprachen in Form und Grösse dem unteren Ende des Ölansaugrohrs (vgl. Kapitel 1.3.2.2).

Zusätzlich ist ein ähnliches Vorkommnis bekannt, das sich mit einem Rotax-Motor der Serie 912 im Jahr 2010 in Kanada ereignet hatte (vgl. Kapitel 1.6).

2.1.3 Versuche im Labor

Die Auswirkung eines nicht montierten Schwalleinsatzes auf den Ölkreislauf wurde im Labor untersucht.

Bei fehlenden Erschütterungen war der Öldurchsatz ohne Schwalleinsatz im Ölbehälter nicht beeinträchtigt. Wenn der Ölbehälter hingegen Erschütterungen ausgesetzt wurde, konnte die lose Zwischenwand an das Ölsaugrohr angesaugt und dadurch der Ölkreislauf unterbrochen werden. Einmal ausgelöst, blieb dieser Unterbruch bis zum Abschalten der Ölpumpe bestehen.

Die Versuche im Labor zeigen, dass es möglich ist, bei fehlendem Schwalleinsatz über eine gewisse Zeit zu fliegen, ohne dass es zu einem Blockieren des Motors kommen muss. Je nach den im Flug auftretenden Erschütterungen kann es jedoch spontan zu einem Unterbruch der Ölversorgung und in der Folge zu einem Motorausfall kommen.

2.1.4 Vereinheitlichung der Ölbehälter

Im Jahr 2013 vereinheitlichte der Motorenhersteller die Ölbehälter der Motormuster 912 S2 und 912 iS. Dabei wurde das Ölsaugrohr mit einer Schlitzkontur versehen und anstelle der flachen Zwischenwand eine solche mit einer Vertiefung eingebaut. Die Schlitzkontur wurde gemäss Motorenhersteller derart bemessen, dass auch bei angesaugter Zwischenwand eine ausreichende Ölversorgung des Motors gewährleistet bleibt.

Eine solche technische Modifikation, insbesondere die Schlitzkontur, hätte den Motorausfall und damit den Unfall verhindert (vgl. Abbildung 10).

2.1.5 Späne im Ölfilter

Nach dem Einbau des neuen Motors wurden nach 74:38 Betriebsstunden im Ölfilter Metallspäne gefunden. Nach 582:46 Betriebsstunden kamen wiederum Späne zum Vorschein. Nach dieser Feststellung wurden der Motor und das Schmiersystem durchgespült. Mit dieser Massnahme wurde die Ursache der Störung beseitigt. Es wird gelegentlich beobachtet, dass vor allem zu Beginn der Nutzung eines Motors, aber auch während des späteren Betriebs, eine geringe Anzahl Metallspäne im Ölfilter gefunden wird. In solchen Fällen wird der Motor durchgespült und nochmals überprüft. Im vorliegend untersuchten Unfall konnte ein Zusammenhang zwischen diesen Metallspänen und dem Motorausfall ausgeschlossen werden.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Wartungsverfahren

Für den Ölwechsel, wie auch für die Kontrolle bzw. die Reinigung des Ölbehälters sind die auszuführenden Arbeitsschritte im Wartungshandbuch des Motorenherstellers vorgegeben. Gemäss diesen Anweisungen ist das Öl nach dem Lösen der Ölablassschraube (vgl. Abbildung 3, Position 8) abzulassen, dabei wird der Ölbehälter nicht ausgebaut.

Bei der letzten Wartung vor dem Unfall wurde der Ölbehälter aus dem Flugzeug demontiert und das Öl in den Einfülltrichter des Altölbehälters ausgeleert. Dabei gelangte der Schwalleinsatz unbemerkt in den Einfülltrichter. Die Zwischenwand verblieb dabei eher zufällig im Ölbehälter. Der Ölbehälter wurde anschliessend ohne den Schwalleinsatz, jedoch mit der nun lose im Ölbehälter liegenden Zwischenwand wieder ins Flugzeug eingebaut.

Gemäss Wartungshandbuch des Motorenherstellers müssen zur Reinigung des Ölbehälters nach dem Ablassen des Öls der Deckel des Behälters samt Dichtung

und die Ölleitungen abgenommen werden. Danach sehen die Verfahren des Herstellers vor, den Schwalleinsatz und die Zwischenwand auszubauen, den Behälter wie auch die ausgebauten Teile zu kontrollieren und nach Bedarf zu reinigen. Anschliessend sind vor dem Einfüllen des neuen Öls die Komponenten des Ölbehälters wieder ein- bzw. anzubauen. Die Verfahren des Motorenherstellers betreffend Ölwechsel und Reinigung des Ölbehälters sehen nicht vor, dass der Ölbehälter aus dem Flugzeug ausgebaut wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Schwalleinsatz beim Zusammenbau vergessen geht, wenn nach dem Verfahren des Motorenherstellers vorgegangen wird, wird als wesentlich geringer eingeschätzt, als wenn der Ölbehälter samt Innenteilen über dem schlecht einsehbaren Trichter des Altölbehälters ausgeleert wird.

Das Wartungsunternehmen wich bewusst von den vom Motorenhersteller vorgesehenen Wartungsverfahren ab (vgl. Kapitel 1.5.5).

Das Abweichen von den Verfahren des Herstellers wurde seitens des Wartungsunternehmens mit einer höheren Effektivität und Effizienz bei der Wartung begründet. Es ist nachvollziehbar, dass die Reinigung des Ölbehälters einfacher und gründlicher erfolgen kann, wenn dies in ausgebautem Zustand geschieht. Allerdings war man sich nicht bewusst, dass durch dieses Vorgehen neue Risiken entstehen können. Dementsprechend wurden auch keine mitigierenden Massnahmen ins Auge gefasst. Es ist jedoch festzuhalten, dass im Licht der Erkenntnisse des Motorenherstellers betreffend die Modifikationen (vgl. Kapitel 1.7) der Hinweis im Wartungshandbuch „*ACHTUNG Falsche Montage der Ölbehälterkomponenten und der Schläuche kann zu Motorstörungen oder Motorschaden führen*“ sehr generisch gehalten ist und z. B. keinen konkreten Hinweis auf die Auswirkungen eines fehlenden Schwalleinsatzes gibt.

Abschliessend ist festzuhalten, dass das Abweichen von dem vom Motorenhersteller vorgesehenen Wartungsverfahren dazu beitrug, dass der Motor ohne Schwalleinsatz betrieben wurde, was eine wesentliche Voraussetzung für den Motorausfall schuf.

2.2.2 Ergonomie und Zeitdruck

Der Altölbehälter wies vom ergonomischen Standpunkt her verschiedene Mängel auf (vgl. Kapitel 1.5.5): Die Oberkante des Trichters, in den der Ölbehälter entleert wird, reichte etwa bis auf Schulterhöhe. Ausserdem wurde auf die Zuhilfenahme eines Podestes oder einer Trittleiter verzichtet. Damit war das Innere des Trichters nur schwer einsehbar. Die Tatsache, dass sich der vordere Trichterrand etwa 40 cm hinter der Vorderwand des Altölbehälters befand und dass der Zugang zum Altölbehälter durch einige kleinere Ölfässer teilweise versperrt war, erschwerte das Einsehen des Trichters weiter. Diese Eigenheiten verhinderten, dass erkannt wurde, dass der Schwalleinsatz hinausgefallen war.

Der erfahrene Mechaniker realisierte beim Zusammenbau des Ölbehälters nicht, dass der Schwalleinsatz fehlte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass er diese Art von Wartungsarbeit nur zwei- bis dreimal pro Jahr ausführte (vgl. Kapitel 1.5.4), er überarbeitet war und unter grossem Zeitdruck stand (vgl. Kapitel 1.5.8), was als beitragender Faktor gewertet wird.

2.2.3 Flugbesatzung

Für den Fluglehrer und den Flugschüler waren weder der Wartungsfehler noch der sich anbahnende Motorausfall erkennbar. Sie waren auch nicht in der Lage, etwas dagegen zu unternehmen. Als der Motor überraschend keine Leistung mehr abgab, handelte der Fluglehrer sicherheitsbewusst, indem er unverzüglich die Platzverkehrsleitstelle über die Notlage informierte und damit eine rasche Alarmierung

der Rettungskräfte sicherstellte. Als er erkannte, dass ein Wiederanlassen des Motors nicht möglich war und die verbleibende Flughöhe für einen Gleitflug zum Flughafen Bern-Belp nicht ausreichen würde, entschloss er sich zu einer Notlandung, wählte ein hindernisfreies Feld aus und konnte das Flugzeug auf diesem ohne Gefährdung der Insassen landen. Dieses umsichtige Handeln hat die gefährliche Situation, die durch den Motorausfall entstanden war, entschärft und weiteren Schaden verhindert.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Besatzung

- Die Besatzung besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Besatzung während des Fluges vor.

3.1.2 Flugverlauf

- Der Fluglehrer und der Flugschüler starteten um 08:20 Uhr an Bord einer Aero AT-3 R100 eingetragen als HB-SRB, von Piste 14 des Flughafens Bern-Belp (LSZB).
- Ungefähr 12 Minuten nach dem Start stellte der Fluglehrer Schwankungen der Motordrehzahl fest. Wenige Augenblicke später fiel der Motor aus und der Propeller blieb stehen. Der Motor liess sich nicht wieder in Betrieb setzen.
- Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt etwa zwei Kilometer ost-süd-östlich von Rüschegg auf einer Höhe von rund 5500 ft QNH.
- Nachdem der Fluglehrer der Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Bern-Belp die Notsituation mitgeteilt hatte, beabsichtigte er zunächst, im Gürbetal eine Notlandung auszuführen.
- Als der Fluglehrer feststellte, dass die verbleibende Höhe für einen Gleitflug ins Gürbetal nicht ausreichen würde, entschied er sich für eine Notlandung im Gebiet von Riggisberg.
- Bei der Notlandung blieben beide Insassen unverletzt und das Flugzeug wurde nicht weiter beschädigt.

3.1.3 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach VFR zugelassen.
- Masse und Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Grenzen.
- Im Ölbehälter fehlte während des Unfallfluges der Schwalleinsatz, der die Zwischenwand an der vorgesehenen Position halten sollte.
- Infolge des fehlenden Schwalleinsatzes konnte die lose eingelegte Zwischenwand – ausgelöst durch Erschütterungen – vom Ansaugrohr angesaugt werden und so die Ölversorgung unterbrechen.
- Bei der letzten Wartung 3:03 Betriebsstunden vor dem Unfall, wurde der Ölbehälter aus dem Flugzeug demontiert. Dabei gelangte der Schwalleinsatz unbenutzt in den Einfülltrichter des Altölbehälters. Der Ölbehälter wurde anschliessend ohne den Schwalleinsatz ins Flugzeug eingebaut.
- Der im Flugzeug eingebaute Ölbehälter entsprach der ursprünglich eingebauten Ausführung aus dem Jahr 2009 mit der eingelegten flachen Zwischenwand und einem Ansaugrohr ohne Schlitzkontur.
- Im Jahr 2013 vereinheitlichte der Motorenhersteller die Ölbehälter der Motormuster 912 S2 und 912 iS. Dabei wurde das Ölansaugrohr mit einer Schlitzkontur versehen und anstelle der flachen Zwischenwand eine solche mit einer Vertiefung eingebaut.

- Infolge der fehlenden Schmierung wurden das Pleuellager wie auch das Pleuelreststück des Zylinders Nr. 1 mit der Pleuellagerwelle verschweisst und der Motor blockierte.
- Der Pleuel des Zylinders Nr. 1 durchschlug dabei fast das Pleuellagergehäuse. Teile des zugehörigen Zylinders und Pleuellagers brachen aus.
- Der Pleuel und das Pleuellager waren durch eine starke Überhitzung beschädigt.
- Das Pleuellager und die mittleren Hauptlagerschalen der Pleuellagerwelle wie auch das Pleuellager der Pleuellagerwelle waren ebenfalls beschädigt.
- Bei der Pleuellagerpumpe wurden weder Beschädigungen noch abnormaler Verschleiss festgestellt. Die übrigen Bauteile des Motors, wie Pleuellagerwelle, Pleuellagerköpfe, u. a. m. waren nicht beschädigt.
- Als Folge der raschen Erwärmung und Expansion der Gase im Pleuellagergehäuse wurde die Pleuellagerunterseite durch Öl verschmiert.
- Ein Zusammenhang zwischen dem vorliegenden Motorausfall und den in der Zeit vor dem Unfall im Pleuellager gefundenen Metallspänen konnte ausgeschlossen werden.

3.1.4 Wartungsaspekte

- Bei der letzten Wartung wurde der Ölbehälter aus dem Flugzeug demontiert, was nicht den Vorgaben des Herstellers entspricht.
- Der Mechaniker, der die Wartungsarbeiten an der HB-SRB ausgeführt hatte, stand unter hohem zeitlichem Druck und hatte eine grosse Arbeitslast zu bewältigen.
- Der Trichter, in den das Öl des Ölbehälters samt Schwalleinsatz ausgeleert wurde, war schwierig einzusehen. Das Herausfallen des Schwalleinsatzes blieb daher unbemerkt.

3.1.5 Rahmenbedingung

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Unfall.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf einen Motorausfall im Reiseflug mit anschliessender Notlandung zurückzuführen, weil der Motor infolge ungenügender Pleuellagerölvorsorgung blockiert hatte.

Als kausal für den Motorausfall wurde Folgendes ermittelt:

- Der fehlende Schwalleinsatz schuf die Voraussetzung für den Unterbruch der Pleuellagerölvorsorgung.
- Das Ansaugrohr im Ölbehälter wies keine Schlitzkontur auf, so dass die Zwischenwand den Ölkreislauf unterbrechen konnte.
- Die Eigenheiten der Vorrichtung zum Entleeren des Ölbehälters verhinderten, dass der herausgefallene Schwalleinsatz entdeckt wurde.

Folgende Faktoren haben zum Unfall beigetragen:

- Es wurde von den Wartungsverfahren des Motorenherstellers abgewichen.
- Der Mechaniker stand unter Zeitdruck und einer hohen Arbeitsbelastung.

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, die 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**

Keine

4.2 Sicherheitshinweise

4.2.1 Modifikation der Ölbehälter

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Am 7. April 2015 blockierte während eines Schulungsfluges der Motor eines Flugzeuges Aero AT-3 R100, was zu einer Notlandung führte. Im Rahmen der Sicherheitsuntersuchung wurde festgestellt, dass bei Rotax-Motoren der Serie 912, deren Ölbehälter ein Ansaugrohr ohne Schlitzkontur aufweist, durch einen Wartungsfehler eine Situation entstehen kann, die zu einem plötzlichen Ausfall des Motors führt.

Der Motorenhersteller liefert seit dem Jahr 2013 die Rotax-Motoren der Serie 912 mit modifizierten Ölbehältern aus, deren Ölansaugrohr eine Schlitzkontur und eine vertiefte Zwischenwand aufweisen. Diese Modifikation verhindert das Ansaugen der Zwischenwand und den damit einhergehenden Unterbruch der Ölversorgung.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 5

Thema: Modifikation der Ölbehälter

Zielgruppe: Betreiber von Rotax-Motoren der Serie 912

Auch wenn man sich auf den Standpunkt stellen könnte, dass es bei vollständigem Wiedereinbau aller Teile und bei korrekter Wartung gemäss den Vorgaben des Herstellers zu keiner kritischen Situation kommen könne, so stellt die Modifikation doch eine einfache und kostengünstige Optimierung des Schmiersystems dar. Aus diesem Grund empfiehlt die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle die Nachrüstung der entsprechenden Motoren.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Das Wartungsunternehmen, das an der HB-SRB die letzte 100-Stunden-Kontrolle ausgeführt hatte, gab an, die kleinen Ölfässer, die damals den Zugang zum Altölbehälter erschwert hatten (vgl. Kapitel 1.5.5), mittlerweile entfernt und ein kleines Podest vor dem Altölbehälter errichtet zu haben. Ausserdem würden Angaben über die im Unternehmen verfügbaren Ressourcen nun konsequenter in den Prozess von Auftragsannahme und Arbeitsplanung einfließen und es sei zusätzliches Personal eingestellt worden.

Payerne, 16. Dezember 2016

Untersuchungsdienst der SUST

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, 25. Oktober 2016