

Vermehrte Motorstörungen mit Rotax Motoren II. Stand Mai 2024:

Das **LBA** vermutete als mögliche Ursache u. a. der enge Bauraum der Triebwerke innerhalb der Verkleidung. Auch das Abgas-System sowie die Treibstoffversorgung, die Treibstoffqualität und der Zündmechanismus stehen im Fokus. Für das Schweizer **BAZL** kommen u. a. in Frage Dampfblasenbildung bei MoGas, zu enge Biegeradien der Benzinleitungen, Vergaser- Einstellung, Abgasgegendruck, Kühlung, Kraftstoffverunreinigungen. Beide Luftfahrtbehörden sind noch nicht zu einem abschließenden Ergebnis gekommen.

Die **AOPA** berichtet in (Letter 01/24): Auf die gemeinsam mit dem **DULV** durchgeführte Umfrage gab es **22** Rückmeldungen, Einspritzmotoren waren nicht betroffen, keine Signifikanz in den einzelnen Jahreszeiten, Tiefdecker waren häufiger betroffen. Bei den Störungen die am Boden nicht reproduzierbar waren, **ist Dampfblasenbildung** möglich. In der UL- Community ist das Dampfblasenproblem bekannt und durch **entsprechende Vorkehrungen** offensichtlich im Griff.

Der **aerocurier (DAeC)** berichtet: Motoren mit **Einspritzung** sind von den Störungen **nicht** betroffen. Vermutete Ursachen: Dampfblasenbildung, reduzierter Benzinfluss, falsche Vergasereinstellung, Kühlprobleme, verunreinigter Kraftstoff, zu starker Abgasdruck. Bristell untersagt für die B23 die Verwendung von UL91. Die Motorstörungen waren bei Überprüfungen und Tests nicht reproduzierbar, die **Verbände bieten Expertise an**.

In den **Luftfahrtzeitschriften: Flügel der Welt, AOPA, Luftsport, Fliegermagazin, aerocurier, OUV News 01/24**, wird ausführlich über das Thema berichtet, die ganze Palette der möglichen Ursachen (wie von LBA, BAZL und Rotax vermutet) werden genannt, zum Teil gab es auch sehr interessanten Informationen.

Flügel der Welt: Rotax nimmt die Meldungen sehr ernst, die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass es eine Vielzahl **nicht- motorbezogene** Ursachen geben kann. In einigen Fällen kam es durch Überlastung zum **Klopfen**.

Luftsport (Februar / März 2024): Rotax Manager Marc Becker sieht als **ursächlich** für die Probleme **Klopfen, Dampfblasen-Bildung**, ungleiche Leistungsentwicklung in den Zylinderreihen genannt. **Potentielle Ursachen** sind: ungeeigneter und verunreinigter Kraftstoff, unzureichender Wartungszustand, falsche Vergasereinstellung, EGT- Probleme durch unsachgemäßen Gebrauch der Vergaservorwärmung im Vollgas Steigflug und falsche Bedienung des Verstell- Propellers.

Klopfen wegen falscher Leistungseinstellung wird in der **Luftsport** sehr gut beschrieben. Von den Störungen betroffen sind überwiegend Rotax 912- Vergasermotoren der 100 PS Version, lt. Rotax kann es bei hoher Leistungsabgabe und niedrigerer Drehzahl (Verstell Propeller) zum Klopfen kommen.

Fliegermagazin: Die meisten Störungen ereigneten sich in der **Startphase** und beim **Touch und Go-Betrieb** in einer Höhe bis zu 1.000 ft – Beobachtet wurden Vibrationen und etwa 30% Leistungsverlust. Betroffen ist die **Rotax 912** Serie mit Vergasern.

Motoren mit Einspritzung sind bisher noch **nicht betroffen**. In einigen Fällen kam es auch zum vollständigen Leistungsausfall. Nach der **EU- Durchführungsverordnung 2015/1018** sind Motorausfälle binnen 72 Stunden zu melden und der LFZ- und Motorhersteller zu informieren.

Zusammenfassung: Betroffen sind mehrheitlich Tiefdecker der 100 PS Rotax 912-Vergaser Version. Es treten Leistungs-Einbrüche um 30% gehäuft im **Vollgas- Steigflug** und im **Touch und Go-Betrieb** in einer Höhe bis zu **1.000 ft** auf. **Die Leistungseinbrüche** sind am Boden **nicht reproduzierbar**.

Scheinbar wurde das typisch bei **Vergaservereisung** und **Dampfblasenbildung** auftretende **Problem**, nicht **richtig** verstanden. *Vergaservereisung tritt im Vollgas Steigflug nicht auf, - die Rotax 912 Einspritzversion kennt keine Dampfblasenbildung.*

Bleibt für Rotax 912 Vergasermotoren nur noch Dampfblasenbildung als **Ursache**. Damit scheidet die ganze Palette der möglichen Ursachen (*enger Bauraum der Triebwerke innerhalb der Verkleidung, das Abgassystem, Zündmechanismus und unzureichende Wartung*) aus. Denn die sind am Boden nachprüfbar und können reproduziert werden. **Wer** dann **systematisch** und **analytisch** vorgeht, nimmt das Kraftstoffsystem der betroffenen Luftfahrzeuge genauer unter die Lupe, hinterfragt die Brennstoffsorte und wie hoch die Bodenlufttemperatur vor dem Start, bei den gemeldeten Ereignissen war.

Anforderung an UL- Kraftstoffanlagen:

LTF-UL951: die KS- Anlage muss so ausgeführt sein, dass **keine** Dampfblasenbildung auftreten kann.

LTF-UL995 (2): Der Leitungsabschnitt zwischen dem Kraftstoff - Absperrhahn und dem Vergaser muss **so kurz wie möglich** sein

Beschreibung des üblichen Rotax- Kraftstoff Systems mit einer mechanischen und einer elektrischen Kraftstoffpumpe:

- Die Schwimmervergaser haben einen **Überlauf** aber **keine Entlüftung**, Luft oder Gas in der Schwimmerkammer wird man nur sehr schwer los. Überschüssiger Kraftstoff **wird** auf der Druckseite vor den Vergasern, in einen Tank zurückgeleitet.
- Die mechanische Kraftstoffpumpe ist bis zu **500mm selbstansaugend**. Die elektrische Kraftstoffpumpe ist **nicht** selbstansaugend, kann aber gefüllt eine Höhendifferenz bis **500mm** halten. bei Tiefdeckern sollte sie unterhalb der Tankentnahme installiert sein.
- Der Leitungsabschnitt zwischen Absperrhahn und Vergaser (etwa 1,90m) steht im **Widerspruch** zu LTF-UL995(2). Sehr lange Wege von den **Tanks** zum **Absperrhahn** und **weiter** zu den **Vergasern**: die mechanische Brennstoffpumpe ist vorne am Getriebe in Propellernähe positioniert und muss bei Tiefdeckern einen **Höhenunterschied** von etwa **500 mm** überwinden. Die **3m lange DN8- Brennstoffleitung** wird von den Tanks, durch den warmen Motorraum, zum Propeller - und dann in

Gegenrichtung zum Verteiler mit Rücklauf und dahinter zu den Vergasern (nahe Brandschott) geführt. Eine unerwünschte Brennstoffwärmerückführung, auf dem Weg durch den engen heißen Bauraum des Triebwerkes innerhalb der Verkleidung, kann wegen der kurzen Verweildauer (11 Sek. bei Vollgas und etwa 22 Sek. bei Reizeleistung) vernachlässigt werden. Der Kraftstoff kann beim langem Abstellen in der prallen Sommersonne und dunkel lackierten Flügeltanks auf $>30^{\circ}\text{C}$ aufgeheizt werden.

- d) Wird überschüssiger Kraftstoff **nicht** in einen Tank zurückführt, sondern auf kurzem Weg wieder in die Saugseite eingespeist, wird man Dampfblasen **nicht mehr los**. Die eingebaute el. Brennstoffpumpe war nicht selbstansaugend. Wenn sie in Höhe der Tankentnahme positioniert ist, kann einsetzende Dampfblasenbildung etwas verzögert werden.
- e) Die **Verbrennungsluft** wird bei Motoren **ohne** Vergaser- Vorwärmung, oben vor dem Brandschott angesaugt. An heißen Tagen ist die angesaugte Verbrennungsluft **zu warm**, was sich negativ bei der Vollgasleistung im Steigflug auswirkt. An kalten Tagen reicht die angesaugte Lufttemperatur nicht aus, um **Vergaservereisung** zu verhindern.

Auszug aus einem Prüfbericht Umbau des KS- Systems, eines Mustergeprüften UL: Tiefdecker, Brennstoffrückführung in den linken Tank, eine mechanische und eine elektrische Brennstoffpumpe. Lokaler Flug am 09.07.23, linker Tank 15 Liter und rechter Tank 25 Liter, Bodentemperatur 38°C . Nach 13 Minuten hat der Pilot die elektrische Brennstoffpumpe abgeschaltet, der Brennstoffdruck brach zusammen und erholte sich nicht mehr. Mit wieder eingeschalteter elektrischer Brennstoffpumpe und umschalten auf den rechten Tank konnte der Flug fortgesetzt werden.

Ursache: Es kam zu viel zusammen: TL= 38°C am Boden, 500mm Ansaughöhe begünstigen Dampfblasenbildung.

Aber weshalb kam es trotz vorhandener Brennstoffrückführung zu Dampfblasenbildung und Leistungseinbruch?

- a) Bei TL = 38°C ist vermutlich der Kraftstoff in den Flügeltanks auf $> 30^{\circ}\text{C}$ bzw. $>35^{\circ}\text{C}$ aufgewärmt.
- b) Zu viele Einbauten in der Saugleitung (Armaturen, Filter, Durchflussmesser, Adapter etc.) mindern die Saugleistung.
- c) **Leitungsverlauf:** von den Tanks zum Tankwahlschalter in der Kabine **aufwärts**, - zum Gascolator **abwärts**, zum Fuel-Flow-Sensor **aufwärts**, zur el. Brennstoffpumpe **aufwärts**, zur mech. Brennstoffpumpe, Verteiler und Vergasern **horizontal**.
- d) Die vom LFZ- Hersteller im KS- Systems installierten Pumpen und Fittings hatten Luftfahrtqualität. LTF-UL995 (2) die Leitung von Tankwahlschalter bis Vergaser so kurz wie möglich wurde nicht erfüllt.
- e) Die elektrische Brennstoffpumpe ist **nicht** selbstansaugend, ist die Brennstoffsäule abgerissen dreht die Pumpe durch. Beim Ausfall der mech. Pumpe ist die el. Pumpe wegen physikalischer Grenzen (Saughöhen) kein Ersatz.
- f) Beide Brennstoffpumpen befanden sich im Motorraum und teilen sich die Ansaugleitung.

Mit großem Arbeitsaufwand wurde das KS- System mit alten und neuen Teilen neu aufgebaut. Die Bodenerprobung mit auf 60°C aufgewärmten Kraftstoff und ein Werkstattflug am 19.07.23 (Bodentemperatur 33°C) waren erfolgreich.

Verdampfungsbedingungen können vor dem Start erfüllt sein: Heißer Tag Lufttemperatur $>30^{\circ}\text{C}$, parken in der prallen Sonne, dunkel lackierte Flügeltanks $\frac{1}{4}$ gefüllt, langer Rollweg, Run up. **Siedebeginn:** MoGas und E5 $>30^{\circ}\text{C}$ - AvGas $>35^{\circ}\text{C}$.

Wenn der Tankinhalt auf Siedetemperatur durchgewärmt ist, genügt bei Tiefdeckern der Ansaugunterdruck um in geringeren Höhen als erwartet (MoGas und E5 im Sommer $<10.000\text{ft}$, im Winter $<3.200\text{ft}$ - AvGas $<19.000\text{ft}$.) um Dampfblasenbildung auszulösen. Hat in der langen Ansaugleitung der mech. Pumpe Dampfblasenbildung eingesetzt, dann hat eine elektrische Zusatzpumpe, wenn sie im Motorraum installiert ist, das gleiche Problem. Rotax 912 Motoren sind für EN228E5, MoGas und AvGas geeignet. MoGas und E5 gibt es in **drei** unterschiedlichen Zusammensetzungen: Sommer/ Übergangs/ Winterqualität.

Verdampfungsbeginn, Siedebeginn und Zündtemperatur verändern sich: wenn der Kraftstoff lange im Flügeltank gelagert, oder eine andere Kraftstoffsorte nachgetankt oder bei Kraftstoff- Mix. Wer alten lange gelagerten Kraftstoff, einen Kraftstoff- Mix, oder Winterkraftstoff am ersten warmen Frühjahrestag im Tank hat, **sollte auf Flüge $>3.000\text{ft}$ verzichten**.

Der gleiche LFZ Typ wie im Prüfbericht wird 3mal in der BAZL FOCA Stand 2023-003 erwähnt. In den LBA Ereignismeldungen sind LFZ Typen leider nicht aufgelistet. LFZ- Hersteller, Musterbetreuer, DULV und DAeC sollten bei der nächsten Jahresnachprüfung, das Design der Kraftstoffsysteme ihrer Muster prüfen, ob neben den Vorgaben der Motor- / Pumpen- / Adapter- Hersteller (Saughöhen, Brennstoffrückführung, Leitungsverlauf) auch die Grenzen der Physik beachtet wurden.

W. Schmidt OUV Mitglied
18.05.2024