

Vermehrte Motorstörungen bei Rotax Vergaser Motoren

Das BAZL informiert FOCA SAND 2023-003 über **19 Fälle** vermehrte Motorstörungen mit Rotax 912 und 914 Motoren (*plötzlicher Leistungsverlust*). Betroffen sind überwiegend Tiefdecker. Des LBA berichtet am 14.08.23 ebenfalls über vermehrte Störungen bei Flugzeugen mit Rotax- Vergaser Motoren. Von **86 Ereignissen** ereigneten sich **50** in der Startphase, die Ursachen sind bislang noch nicht abschließend geklärt. Ein Pilotenbericht mit Video, dessen Ablauf für die meisten Störungen stehen soll beschreibt die Störung: *Nach dem Start in 1000 ft rauer Motorlauf übergehend in Schütteln, - Vergaser- Vorwärmung und Änderung der Propeller Einstellung brachten keine Änderung, - Rücknahme der Leistung beruhigte den Lauf etwas,- normale Landung.*

Der Pilotenbericht klingt nach **Störung der Brennstoffversorgung**, typisch für beginnende Vergaser Vereisung bzw. Dampfblasenbildung. Vergaser Vereisung scheidet aus, der Flieger ist mit einer Vergaser Vorwärmung ausgerüstet.

Im Juristischen Sinne reichen die bisher vom LBA und BAZL veröffentlichten Erkenntnisse für einen Anfangsverdacht gegen Rotax. Für eine Technische Bewertung fehlen Informationen über Jahreszeit, Flughöhe, Lufttemperatur in der Luft und am Boden..

Das LBA hat zusammen mit Instandhaltungsbetrieben einen Fragebogen entwickelt, um mögliche Muster zu erkennen. Auf 15 Seiten werden viele Informationen abgefragt wie (*Wem gehört das LFZ, wer hat das Ereignis erlebt: Eigentümer, Flugschüler, Charterer*). Beim Kraftstoff wird nicht nach Sommer / Winterkraftstoff, frisch getankt / alt gefragt. Es wird auch nicht gefragt ob überschüssiger Kraftstoff, wie von Rotax gefordert in den Tank zurückgeführt wird, ob sich elektrische Pumpe unmittelbar hinter dem Tank, oder im Motorraum befindet. Bei Störungen die am Boden nicht reproduzierbar sind liegt es doch nahe, das Kraftstoffsystem auf Konzeptfehler, wie sinnvolle Verlegung, Isolierung, Brennstoffrückführung und Tank- Be / Entlüftung unter die Lupe zu nehmen.

In der OUV NEWS 03/21 „**Schicksalsflug am 04.08.18**“ wurde über Erfahrungen mit dem Red-Cube FT-60 Flow Transducer mit einem **Rotax 912, AVGAS** und weitere Flüge berichtet, die Flüge wurden die mit EMS sehr gut dokumentiert.. In der OUV News 01/22 ein weiterer Bericht über Motorstörungen wie beim Schicksalsflug, mit **MOGAS** und einem **Rotax 914**. Nach einem längeren e Mail Austausch waren wir uns einig, dass **Dampfblasenbildung** vorlag, hauptverantwortlich aber ein **Konzeptfehler** des KS- Systems.

Im veröffentlichten Video des LBA hatte die Störung den gleichen Ablauf, vermutlich ist der Auslöser wie beim Schicksalsflug, Dampfblasenbildung in Verbindung mit einer Konzeptschwäche des KS – Systems.

Verdampfungsdruck und Siedebeginn

Der Pilot ist dafür verantwortlich, den für den Motor und der Jahreszeit geeigneten Kraftstoff zu tanken. Wichtig sind Oktanzahl, Siededruck, Temperatur des Siedebeginns. Informationen über die Kraftstoffsorte an Flugplätzen findet man u. a. Im Flieger Taschenkalender und in Flugnavigation Apps. *Wo erfährt man am Flugplatz Siededruck, Siedetemperatur und ob Sommer / Winterkraftstoff angeboten wird? Haben Sie schon einmal versucht, bei einer Tankstelle an der Kasse, oder im Tower, Siede- Druck, Siedetemperatur, ob Sommer/ Winterkraftstoff zu erfahren?*

EN228 legt fest, welche Benzinbestandteile in welcher maximalen Konzentration zulässig sind, welche (ROZ = Research-Oktan-Zahl) die unterschiedlichen Benzine (Normal, Super und Super Plus) haben müssen, welchen Dampfdruck sie haben dürfen bzw. haben müssen, wie der Siedeverlauf aussehen muss, in welchem Bereich sich die Dichte bewegen muss.

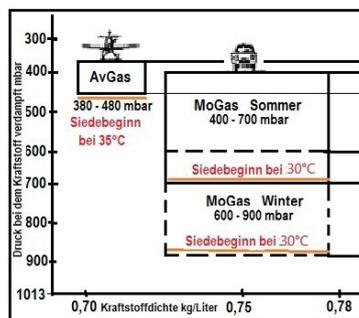
Ethanol erhöht die Klopfestigkeit, verändert aber aufgrund einer Anomalie drastisch den Dampfdruck, was zur Dampfblasenbildung führen kann. Infolge dessen springen warm gefahrene Motoren (vor allem im Sommer) nach einem Neustart schlecht wieder an. Um dies zu vermeiden, muss das mineralische Grundbenzin einen niedrigeren Dampfdruck besitzen und anders zusammengesetzt sein, um die Vorgaben der EN228 einzuhalten. Das bringt die Raffinerien in die Bredouille denn Rohöl enthält nur einen bestimmten Prozentsatz an Kohlenwasserstoffen, die sowohl ausreichend klopfest sind und einen Dampfdruck besitzen, der im gewünschten Bereich liegt.

Autobenzin nach EN228 E5 darf < 5% und **E10** < 10% Methanol zugesetzt werden, Siedebereich = 25 – 210°C.

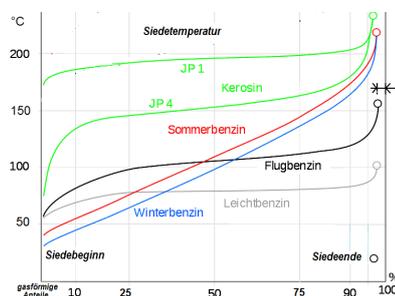
(unterschiedliche Angaben in verschiedenen Datenblättern)

Autobenzin Super nach EN228 enthält <1% Methanol, Siedebereich = 30 - 215°C.

Als **MoGas** werden als Flugkraftstoff zugelassene Auto Super Benzinsorten bezeichnet, mit Benzol 0- 1% Siedebereich = 30-215°C (Siedebereich lt. Wikipedia 25 - 250°C)



Auszug Neues vom Amt OUV - Journal 3/02



Dampfdruck / Siedebeginn

So = Sommer Wi = Winter ÜB = Übergang - k. A. = keine Angaben

Wirtz Super Plus98: So = 55,7 / ÜB: 64,8 Wi = 76,8 / ÜB = 64,9 kPa

Siedebeginn: **25°C**

MoGas: So = 40 – 70 kPa Wi: 60 – 90 kPa

Siedebeginn: **30°C**

VIA Energie So = 45,0 – 60kPa, ÜB = 45,0- 90 kPa, Wi = 60 - 90 kPa

Super (E5) Siedebeginn: keine brauchbare Angabe

EN228 E5 /E10: So = 40- 70 kPa, Wi 60- 90 kPa Siedebeginn: **30°C**

Aral E5 Super: Siededruck:35- 90 kPa Siedebeginn: **30°C**

BP Super Plus: Siededruck:45- 90 kPa Siedebeginn: **30°C**

Total Super Plus: Siededruck: < 100 kPa Siedebeginn: **30°C**

AvGas 100LL: Siededruck 38- 48 kPa Siedebeginn: **35°C**

AvGas 91UL: Siededruck 38- 49 kPa Siedebeginn: **37,8°C**

Auszüge aus Sicherheitsdatenblättern

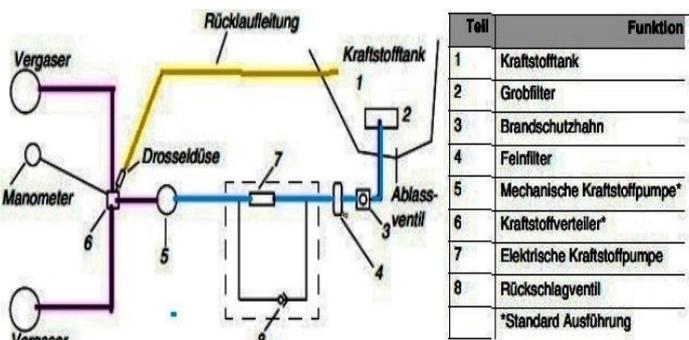
Aus Sicherheitsdatenblättern habe ich nachfolgend Siedebeginn und Verdampfungsdruck zusammengefasst. Wie bewertet der Pilot nun bei Aral, BP und Total den Verdampfungsdruck? Es gibt nur eine Kraftstoffsorte, die bei 30°C Kraftstofftemperatur zwischen 900 und 350 mbar Druck verdampfen kann? dann sollte man besser die Finger von den 3 Sorten lassen. Vermutlich gibt es eine Abgrenzung zwischen Sommer und Winterqualität – aber leider nicht im Datenblatt.

An heißen Sommertagen (längeres Parken am Boden) kann sich bei farbigen Flügeln der Kraftstoff in den Flügeltanks schnell auf 25 - 30°C aufheizen (siehe Seite 3), dann kann es schon in der Platzrunde zu Mötörstörungen kommen.

Auszüge aus Sicherheitsdatenblättern

Luftdruck mbar	MoGas So	W	Aral Super E5	BP Super E5 Plus	Total Super Plus	VIA Energy So	E5 Wi	Wirtz Plus E5 So / Wi	EN228 So	E5/E10 Wi	AvGas 100LL	AvGas 91UL	Temp. °C	Höhe Fuss
380			350								380	380	-30,6	22.275
400	400													22.165
420														21.095
440					450									
460							440							-24,6
480											480			18.119
500												500		17.553
520														16.299
540													-14,7	15.432
560								557						14.587
580														14.356
600		600					600	600						12.974
620														12.200
640														11.445
660								649	648				- 5	10.711
680														10.000
700	700										700			9.292
720														8.577
740														7.935
760														7.281
780													+ 1,1	6.640
800														6.011
820														5.397
840							900							4.793
860														4.200
880														3.621
900		900	900	900							900		,1	3.050
Siedebeg:	30°C	30°C	30°C	30°C		30°C	keine Angabe	25°C	25°C	30°C	30°C	35°C	37,8°C	

Rotax macht 3 Vorschläge für das KS – System



- Die mech. Kraftstoffpumpe (5) ist vorne am Getriebe positioniert.
- a) **Nur die mechanische Pumpe:** Brennstoffrückführung in den Tank zwingend, Länge der Saugleitung etwa 3 m Gesamtlänge 3,7 m.
 - b) **Mechanische und elektrische Pumpe:** (links) Brennstoffrückführung, Ansauglänge der mech. Pumpe unverändert, sie saugt im Alleinbetrieb über das Rückschlagventil (8) aus dem Tank (1). Wenn die el. Pumpe an der tiefsten Position des Flügeltanks bzw. Rumpftanks positioniert ist, ist der Ansaug- Unterdruck im Alleinbetrieb der elektrischen Pumpe zu vernachlässigen.
 - c) **Rotax 914:** zwei in Reihe geschaltete el. Kraftstoffpumpen mit Brennstoffrückführung in den Tank. Die Gesamt- Länge der KS- Leitung ist erheblich kürzer als bei (a + b) wenn die Pumpen am tiefsten Punkt der Tanks positioniert sind ist der Ansaugunterdruck im KS- System zu vernachlässigen.

Das Rotax KS- System: Die Saugleitung (DN8= 50,24mm²) vom Brandhahn (3) zur mechanischen Pumpe (5) ist etwa 1,70 m lang und muss 500 mm Höhenunterschied überwinden. Die Druckleitung führt dann etwa 0,70m durch den Motorraum und wieder zurück zu den Vergasern. Das Rohrleitung vom Brandhahn (3) bis zum Vergaser (vor dem Brandschott) ist etwa 1,90m lang. Der 912 konsumiert bei **Vollast** rund (30Liter : 3.600= 0,00833L/s) Vol. Brandhahn/ Vergaser (50,24 x1.900 = 0,095Liter) Verweilzeit = 0,095 : 0,00833 = **11,59S**. Die mechanische Pumpe (5) (vorne am Getriebe) saugt den Kraftstoff vom Tank (1) durch den Brandhahn (3) durch die Umgehung (8) und drückt den Kraftstoff durch den Verteiler (6) zu den Vergasern (kurz vor dem Brandschott). Über die Drossel- düse (6) wird überschüssiger Kraftstoff zum Ausgasen in den Tank zurückgeführt. Tiefdecker mit Flügel- oder Rumpftank haben eine Höhendifferenz zwischen Tank und Vergaser von etwa - 500 mm, die von der Kraftstoffpumpe ausgeglichen wird, das ist ein **Höhenminus** von etwa 500 ft.

Wenn es nach Benzin riecht, findet **Verdampfung** statt. Wenn im Rotax KS- System die Brennstoffleitung gut isoliert ist, wird sich der Brennstoff wenn er den warmen Motorraum passiert hat, wegen der kurzen Verweildauer (11 Sek. bei Vollgas / 22 Sek. im Reiseleistung) nur unwesentlich erwärmt haben, der weitaus größere Kraftstoff - Erwärmung findet beim längeren parken in der prallen Sonne statt.

In einem geschlossenen KS- System, wenn die Brennstoff- Temperatur in den Tanks 25° bzw. 30°C überschreitet und der Saug- Unterdruck sich dem unteren Verdampfungsdruck nähert, wird sich der Kraftstoff in der Pumpe (Ventile) oder im Vergaser (Düsen Schwimmer Kammer) entspannen und aufschäumen (wie eine Flasche Selters beim öffnen). Bei gleicher Gasstellung kommt es dann zu einer **Unterversorgung**. Drehzahl und der Brennstoffdruck im KS- System werden schwanken, der Motor wird rau laufen, evtl. stottern.

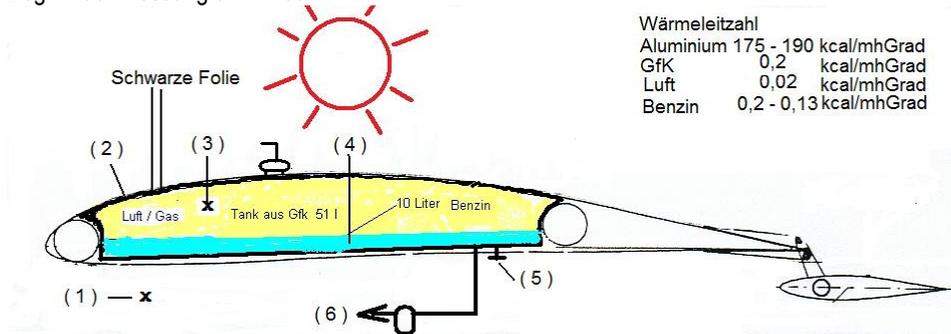
Wird überschüssiger Kraftstoff über die Drosseldüse (6) in der Tank zurückgeführt, kann sich die Situation beruhigen. Speist man überschüssigen Kraftstoff auf der Saugseite der Brennstoffpumpe **wieder ein**, wird man die Blasen nicht mehr los, der Motor fängt an zu rütteln, wenn man Glück hat dreht er noch im Leerlauf.

Elektrische Zusatzpumpen sind nicht selbst ansaugend, ist sie tiefer als die Entnahmestelle des Flügel oder Rumpftanks positioniert, *wird frischer Kraftstoff in die 2,5 – 3 Meter lange Benzinleitung gepumpt. Der Motor vorher muss mindestens 0,075 Liter mit Dampfblasen angereichertem Kraftstoff verbrauchen, dafür wird mehr als 10 Sekunden Vollgas benötigt, Bei Reiseleistung oder Leerlauf dauert es einiges länger, bis er aufhört zu rütteln.*

W. Schmidt 27.01.24

Bei der Zulassung in der beschränkten Sonderklasse sollte geprüft werden, ob durch Sonneneinstrahlung ein zu ¼ gefüllter Gfk- Flügel- Tank, innerhalb von 4 Stunden auf 43°C aufheizt.

Warmer Sommertag (um 10.00 Uhr, 28°C in 1,50 m über dem Boden) der Flügeltank wird einer schwarzen Folie abgedeckt und mit 10 Liter frischen Brennstoff 15 °C gefüllt. Beginn der Messung um 11:30



Temperaturen im ruhenden System

Uhrzeit	(1) Luft 1,5 m über Boden °C	(2) unter der Folie und Flügel	(3) Benzin- Dampf Im Tank °C	(4) Benzin Im Tank an Oberfläche	(5) Benzin Temperatur am Drain *	(6) Benzin Temperatur a. Gasc. **
11:30	28	44	25	24	22	
11:45	28	44	28	25	22	
12:00	29	45	32	26	22	
12:15	29	45	34	27	23	
12:30	29	46	36	28	23	
12:45	29	46	37	30	23	
13:00	29	48	38	32	23	
13:15	29	48	39	33	24	27
13:30	29	48	39	34	25	28
13:45	29	47	39	35	25	29
14:00	28	47	39	35	26	30
14:15	28	48	38,5	35	26	31
14:30	28	47	38	35	26	31

* 50 ml abgelassen ** 500 ml abgelassen

Versuchsbeurteilung: mindestens 29°C in 1,50 m über dem Boden (1) wurde erfüllt. (2) die Oberflächentemperatur des mit schwarzer Folie abgedeckten Tank hat 43°C überschritten. (3) Das Gasgemisch oberhalb des Brennstoffspiegels, (4) die Brennstofftemperatur im Tank, und (5+6) die Ablass-tests haben **43°C nicht erreicht**.

Anmerkung:

- 1) **Nur mit MoGas – Sommer darf im Sommer bis 6.000 ft. geflogen werden**
mit Mogas - Winter kann bei sommerlichen Temperaturen **ab 3.500 ft** Dampfblasenbildung eintreten.
- 2) Gummiteile die für Avgas entwickelt wurden quellen bei Mogas auf und verengen den Querschnitt.
Ob sich DIN 73379S Gummiteile mit Avgas vertragen, muss hinterfragt werden.
- 3) Bei Problemen mit der Motorleistung an warmen Tagen in großen Höhen, sollte einmal der Brennstoffdurchlauf vor dem Vergaser, mit und ohne Pumpenleistung gemessen werden.

W. Schmidt August 2003

(1) OUV Journal 3/02 *Neues aus der Amtsstube*
 (2) JAR-VLA 955 *Messung des Kraftstoffdurchflusses*