

## IECA – Stammtisch

Fortbildung – Thema „ Der Flugmotor “

1. Die Lagerung der Triebwerke – Flugbetriebliche Konservierungsaspekte
2. Die Einlaufphase neuer Triebwerke oder nach Zylinderüberholung.
3. Der Winterbetrieb und seine Besonderheiten.
4. Die Gemischregelung in sinnvoller Anwendung.
5. Aspekte die beim Flugbetrieb mit Mogas bekannt sein sollen.

### EINLEITUNG

Der heutige Themenkreis wurde von Eurem Präsidenten gewählt und mit der Bitte an mich Euch einen kleinen Vortrag darüber zusammen zustellen. Wahrscheinlich sind meine Beiträge eher in ihrer Aussage manchmal eher ernüchternd und keine unmittelbare Erleichterung im Flugbetrieb! Meine über viele Jahre gesammelten Erfahrungen und Kenntnisse der Herstellerbelange, zwingen mich als eingeladenener Fliegerkamerad offen und ehrlich alles auf zu zeigen!

Wenn wir gelten lassen können, dass „Fliegen“ eine physikalische Angelegenheit ist, und die Gesetze der Physik und Chemie unverrückbar sind, fällt es uns gleich leichter verschiedene Auflagen und Regeln zu akzeptieren!

Gemessen an Euren erbrachten Anstrengungen im Selbstbau von LFZ ist der Erhalt und der richtige Betrieb wohl angebracht! Leider ist unsere Ausbildung als Pilot bei weitem nicht für die wirklichen Anforderungen ausgerichtet! Weder das alte System noch die neuen Richtlinien sind für mich in diesem Sinne befriedigend im Inhalt!

Auf keinen Fall möchte ich den Eindruck erwecken ich hätte das Fliegen erfunden, nein ich bin froh nach so vielen Jahren es nun besser zu verstehen! Meine Beiträge technischer Natur sind als Wart selbstverständlich und nur eine Vermittlung der Herstellerinformationen! Der ausgeübte Doppelberuf als Wart und Pilot hat mir natürlich sehr geholfen verschiedene Probleme schneller verstehen und lösen zu können! Trotzdem war auch mein Weg zu meinen heutigen Wissensstand viel zu lang und manchmal sehr frustrierend!

Zu Beginn unserer Themen möchte ich noch auf einige allgemein sehr oft begangene Fehler hinweisen. Alle LFZ Kolbentriebwerke sind in der Regel von großem Hubvolumen und dadurch nicht mit dem KFZ Motoren vergleichbar! Darüber hinaus ist das Einsatzgebiet und der Betrieb anders gestaltet! Somit ist jeder Vergleich nicht sachlich und deshalb unfair! Alle Anstrengungen Automotoren (Benzin oder Diesel) luftfahrttauglich zu modifizieren sind eher kläglich gescheitert (Porsche / Thielert).

Die Frage ob Diesel Motoren in der Luftfahrt Verwendung finden können ist nur mit großen Aufwand beweisbar! Nicht einmal die Diesel Motoren im zweiten Weltkrieg haben sich ohne Probleme gezeigt (und jene wären nur für diese Verwendung ausgelegt gewesen)!

## 1. Die Lagerung der Triebwerke – Konservierungsaspekte im allgemeinen.

Triebwerke auch wenn neu oder grundüberholt haben bereits schädliche Rückstände von der Prüflaufphase angesammelt! Es gibt keinen Weg und Mittel diese ganz zu beseitigen! Die nachfolgende Konservierung auch wenn noch so aufwendig kann nur eine Unterbindung der programmierten Korrosion bedeuten!

- **Die Lagerung grundüberholter oder neuer Triebwerke** – unterscheidet sich nicht. Die Anforderungen an den Lagerort sind nicht außergewöhnlich, solange das Triebwerk in der Transportkiste Luft- und Wasserdicht verpackt bleibt. Triebwerke nach Grundüberholung in Europa werden nur nach Absprache mit dem Overhaul Shop ohne Konservierung ausgeliefert. Alle aus Übersee angelieferten Triebwerke sind Langzeit konserviert. Eine fachkundige Nachkonservierung ist unumgänglich und zu dokumentieren! Garantieansprüche bei fehlen solcher Bestätigungen sind dann ein Problem! Die Firma Lycoming hat in vorbildlicher Art und Weise in einer Service Instruction (SI # 1472) und einem Service Letter (SL # 180B) alle Schritte gut dargestellt. Leider ist TCM Continental in diesem Umstand sehr locker unterwegs! Ich empfehle daher die Lycoming Verfahren voll inhaltlich anzuwenden!
- **Flugbetriebliche Konservierungsaspekte:**
  - Bereits installierte Triebwerke bedürfen besonderer Konservierung Verfahren die wiederum von den jeweiligen Herstellern in ihren Engine Operator Manuals genau definiert sind! Es wird logischerweise eine Zeitstaffelung berücksichtigt! Dabei wird zwischen der Möglichkeit die Flugbereitschaft aufrecht zu erhalten und einer wirklichen Konservierung klar unterschieden!
  - Es soll nicht unerwähnt bleiben, die beste Konservierung wäre einmal wöchentlich mindestens 30 Minuten bei normalen Betriebstemperaturen zu fliegen!
  - In Anbetracht der heutigen hohen Anschaffungspreisen neuer Triebwerke und den teuren Folgen einer schlechten Betreuung ist den jeweils notwendigen Verfahren unbedingt nach zu kommen!
  - Nur das Motoröl Shell W15W50 und W100Plus bieten seit kurzem einen gewissen Korrosionsschutz der für bestimmte Betriebsarten (Arbeits und Schulflüge) eine gute Lösung ist. Kurze Flüge mit schnellen Abstiegen bilden durch Kondensation im Motorinneren beachtliche Mengen von Wasser! Selbst intensivster Einsatz (50 Stunden in 3 Wochen) bildet hier keine Ausnahme! Die Folge ist eine Korrosion an den ungeschützten Stahlteilen! Das neue Shell Öl wird diese Problematik sicherlich entschärfen.

- Zur Erinnerung bei der Verbrennung im Zylinder kommt es immer zu einer unvermeidbaren Bildung von Wasserdampf der im geringfügigen Ausmaß an den Kolbenringen vorbei in das Kurbelgehäuse eindringt und sich mit dem Motoröl vermischt. Unsere KFZ zeigen uns dies sehr deutlich im Winter, selbst nach kilometerlangen Betrieb durch saubere Wassertropfen am Auspuffendrohr! Die von außen einwirkende Kälte auf das Auspuffsystem löst diese Kondensation aus. Doch wieder zurück zu unseren Öl Thema. Nach Kondensation des Dampfes bildet das Wasser durch die Verbrennungsrückstände eine Säure die für Metalle schädlich ist. Darüber hinaus findet eine gewisse Oxidation des Motoröles statt und die Schmierleistung sinkt! Somit ist es logischerweise zu akzeptieren das Motoröl in bestimmten Kalender und Stundenintervallen zu wechseln! Wird diesen Intervallen nicht nach gekommen sind bei Überschreitung selbst Korrosionsschäden in den Kurbelwellenlagerungen zu befürchten!!! Leider ist in Europa nie die Markteinführung des voll synthetischen Motoröles des höheren Preises erfolgt (in der USA seit 1965 erhältlich).
- Um einer fortschreitenden Akkumulation von Kondenswasser im Motoröl entgegen zu wirken, muss unbedingt die Öltemperatur auf über 80°C für mehr als 30 Minuten gehalten werden!!!
-

## 2. Die Einlaufphase neuer Triebwerke oder nach Zylinderüberholung-

Lycoming und TCM Continental gehen sehr ausführlich auf diesen Vorgang ein. Allerdings sind die Publikationen nicht im gleichen Standard veröffentlicht! So muss jeder Hersteller spezifisch berücksichtigt werden! Nachstehend einige Informationen und Begriffe die für beide Hersteller gelten.

- **Break in Phase** – ist der Begriff der Einlaufphase (Kolbenringe schleifen sich an der Zylinderwand ein).
- **Einlauf Öl** – ist in der Regel ein Mineral Öl ohne Zusätze (Ausnahme oil additive für die Nockenwelle bei Lycoming Triebwerken). Der Viskositätsgrad muss den Temperaturverhältnissen angepasst werden! Ein zu dickes Öl verzögert das Einlaufen! Maximale Kalenderzeit des Öles darf 4 Monate übersteigen! Ölwechsel Intervall ist auf 25 Stunden reduziert!
- **Power Settings** – die gesetzte Leistung sollte in der Einlaufphase im Bereich von 75% liegen. Das Kraftstoffgemisch darf nicht abgemagert werden!!! Steigflüge sollen flach ausgeführt werden!!! Der bewusst raue Betrieb ist unbedingt notwendig ansonsten die Kolbenringe sich nicht einschleifen! Der Begriff **DON'T BABY THE ENGINE** in der Einlaufphase erklärt alles! Schul und Arbeitsflüge sind demnach ausgeschlossen! Sinkflüge mit kleiner Leistung sollen vermieden werden!
- **Dauer der Einlaufphase** – hängt vom ermittelten Ölverbrauch (muss sich stabilisiert haben) und den Resultaten der Zylinderverlust Messung ab! Bei TCM Continental Triebwerken ist auch der Kurbelgehäusedruck als Referenz angegeben! Eine freiwillige Öl Spektro Analyse ist sinnvoll!
- **Korrosionsanfälligkeit in der Einlaufphase** – ist besonders bei Lycoming Triebwerken mit nitrierten Zylinderlaufbüchsen gegeben!
- **Einlauf Hinweise Dokumentation Lycoming:**  
Engine Operators Manual – Overhaul Manual - SI – SL - SB  
Lycoming Flyer Manual
- **Einlauf Hinweise Dokumentation TCM Continental:**  
Engine Operators Manual – Overhaul Manual - SB  
TCM - Tips on Engine Care (Handout)

### 3. Der Winterbetrieb und seine Besonderheiten:

Der Betrieb unserer LFZ in der kalten Jahreszeit setzt konsequentes eingehen auf die geänderten Verhältnisse voraus! Die Bordbatterie hat bei diesen Verhältnissen weniger Kapazität und sollte aber wegen der größeren Viskosität des Öles (mehr Reibung) stärker sein. Nicht Berücksichtigung der besonderen Umstände führt zu großen Verschleiß – Frustration und eventuell sogar zum Personenschaden beim Anlassen der Triebwerke!!! Nachstehend einige Faktoren und Erklärungen (speziell auf die Triebwerke bezogen):

- **ÖL WAHL:** - für die niedrigen Start Temperaturen ist ein Mehrbereichsöl zB das von Shell vertriebene W15W50 zu empfehlen. Auf jeden Fall muss der Viskositätsgrad angepasst sein!
- **WINTER KITS** – die Reduzierung des Kühlluftstromes für die Zylinder und ev. des Ölkühlers ist eine kritische Entscheidung! Ein Abflug aus einem Kaltluft See in eine mögliche Inversion kann sehr schnell zu einem Problem werden!!! Eine Rücklandung ist nicht auszuschließen!
- **OAT** – und die Abstellung bzw Unterbringung (statische Temperatur des Triebwerkes) entscheiden über die notwendigen Schritte! Bei Temperaturen unter  $-5^{\circ}\text{C}$  sollte eine Vorwärmung ein Standard sein!!!
- **Startbatterie (GPU)** – wäre genauso günstig!!!
- **Startschwierigkeiten** – sind seitens des zu langsam drehenden Starters und der schlechteren Kraftstoffverdampfung bei niedrigen Temperaturen förmlich vorprogrammiert!!!
- **Feuerlöscher** – sollte griffbereit sein (Kohlensäurelöscher wäre anzustreben)!
- **PIC** – ist für alles verantwortlich!!! Herum stehende Passagiere können schnell zum Problem werden!!! Vergaserbrände im Winter sind nicht ungewöhnlich und sind aber relativ leicht zu löschen (die genaue Untersuchung auf Schäden nach Brand ist unerlässlich)!!! Bei seltenen Propeller - Startversuchen (mit Hand anreißen) ist eine klare Kommando Situation unumgänglich!!!
- **Warmlauf Phase – und die Zeitdauer** muss unbedingt lt. AFM und Bezug auf die OAT erfolgen!!! Die Erwärmung der kalten Metallmasse sollte durch das Öl erfolgen! Eine Beschleunigung durch höhere gesetzte RPM ist äußerst schädlich!!!
- **ÖLDRUCK** – ist bei niedrigen Temperaturen im Vollgasbetrieb sehr schnell am Maximum und zur Gefahr werden (bersten des Ölkühlers)!!!
- **CONSTANT SPEED PROPELLER** – soll beim Abflug mit warmen Öl versorgt sein (mehrmalig als sonst betätigen) !
- **STATIC RPM** – wird bei guter Luftdichte mitunter nicht erreicht (zuviel Luftwiderstand des Propellers – jedoch gute Leistung).
- **Flugdauer** - soll nicht unter 30 Minuten liegen und Normaltemperaturen müssen erreicht werden! Kürzere Flüge und nicht Erreichen der Betriebstemperaturen fördern die Korrosion!!!
- **Elektrische Heizmatten** – viele Operator in den nordischen Ländern haben ihre Triebwerke an der Ölwanne aufgeklebt permanent modifiziert. Es ist in der kalten Jahreszeit dort zum Standard geworden die Triebwerke elektrisch vor zuwärmen. Anfänglich war man der Meinung die Triebwerke kontinuierlich auf Temperatur zu halten, diese Idee hat sich als kontraproduktiv erwiesen und wurde wieder aufgeben.

- **Postflight Check** – die sogenannte Nachflug Kontrolle kann einigen Schaden minimieren! Wenn möglich (planbar) ist der Ölverschluss im Hangar für ein paar Stunden offen zu lassen. Dies ermöglicht das Ausdunsten von Feuchtigkeit im beträchtlichen Ausmaß! Anschließend ist eine Verklebung des Kurbelgehäuse Entlüftungsrohres des oder der Auspufferohre(s) und des Ansaugfilters empfehlenswert. Eine Sichtbarmachung der erfolgten Maßnahmen ist unbedingt notwendig! Die Operators Manuals unterscheiden die Abstellung der LFZ in bestimmten Zeiträumen! Der Ausbau der Bordbatterie ist Standard in vielen kalten Ländern! Jene sogar das Motoröl ablassen und einlagern!

Eine Stilllegung des LFZ in der Winterperiode und eine fachgerechte Konservierung des Triebwerkes ist bei unsicherer Verwendung des Flugplatzes wohl die beste Lösung!

#### 4. Die manuelle Gemischregelung in sinnvoller Anwendung.

Dieses Thema wird sehr oft von nicht kompetenten Quellen kommentiert. Alle Publikationen die dem Triebwerkshersteller Verfahren widersprechen, sollen mit großer Vorsicht Anwendung finden!

Um die manuelle Gemischregelung etwas übersichtlicher zu gestalten schränke ich mich auf die luftgekühlten Triebwerke der unteren PS Klasse ein. Sowohl Lycoming und TCM Continental haben ihre eigenen Verfahren entwickelt, diese allerdings auf den Aspekt Kraftstoff zu sparen ausgelegt sind! Meine über in 4 Jahrzehnten gesammelte Erfahrung im Flugbetrieb und in der Instandhaltung brachte so manche Ernüchterung mit sich. Meistens waren Fehlinterpretationen das Grundübel unserer Probleme! Die Anwendung der Gemischregelung sollte den Triebwerken zuliebe anders angesetzt sein, wobei sich die Kraftstoffersparnis als positiver Nebeneffekt ergibt! Eine wesentliche Unterscheidung der Verfahren besteht durch den Umstand der Einbindung der Abgastemperatur Messung(en). Mit der Markteinführung der „Engine Analyzers Systems“ (Messung der Abgas- und Zylinder Temperatur der einzelnen Zylinder) war die Verwirrung komplett, nur wenige Halter waren in der Lage mit dieser Ausrüstung sinnvoll um zu gehen.

Nachstehend eine kleine Auflistung zu beachtender Begriffe und Umstände die von Bedeutung sind:

- **EGT Indication System** - die Abgastemperatur als Referenz zur Gemischregelung ist ohne Leistungsbezug nicht möglich bzw sehr gefährlich (in der Regel nur mit weniger als 75% Leistung). Der Energie Durchsatz pro Zeiteinheit ist Erklärung und sollte der Schlüssel für die weitere sinnvolle Erweiterung der Verwendung bei kleineren Leistungseinstellungen sein!
- **Engine Analyzer System** – die Verwendung dieser Systeme setzt gute Kenntnisse und notwendige Zeit im Flug voraus! Hier ist sehr schnell der Umstand eines „Fliegenden Labors“ auf Kosten des falsch behandelten Triebwerkes gegeben! Der mögliche Nutzen wird zum Misserfolg! Die Triebwerks- und Zellen Hersteller gehen in der Regel auf diese Systeme nicht ein!
- **Best Economy** - Lycoming und TCM Continental definieren den Bereich der besten Wirtschaftlichkeit in unterschiedlicher Weise! Der Betrieb in diesen Bereich ist freigegeben, aber in der Physik gibt es nichts umsonst, so müssen wir mit erhöhten Verschleiß der Auspuffanlage rechnen (Ersatz ist auch nicht gerade kostengünstig)!
- **Best Power** – ist Ca 150°F (6 Teilstriche) unter dem Peak. Hier wird die größte Leistung entwickelt. Bei gegenständlichen Triebwerken ist ein Verbleib in diesem Bereich nicht limitiert und im Zweifelsfall sofort aufzusuchen (wenn keine ausreichende Zeit zur genauen Einstellung gegeben ist). Der einzige Schaden ist die geringfügige Einbuße der Reichweite!

- **Peak** – ist die maximale erreichbare Abgastemperatur für jede gesetzte Leistung und wird als Referenz zur Gemischregelung verwendet. Die absolute Peak Größe ist nach oben limitiert (Ca 1650°F = 899°C) und die mögliche erreichbare sinkt mit Leistungsverringern.
- **Fuel Cooling** – ist auf der reichen Seite (Überfettung) der EGT Kurve gegeben. Bei Triebwerken mit Luftkühlung ist diese bewusste Überfettung im Vollgasbetrieb unerlässlich!!! Der Grad an Überfettung steigt mit der Literleistung sehr progressiv an!
- **Air Cooling** – ist eine Abmagerung über den Peak hinaus und somit eine Innenkühlung der Verbrennungsräume mit Luftüberschuss erreicht wird. Dieser Art von Gemischregelung ist nicht bei allen Triebwerken freigegeben!!! Es ist interessant, dass der selbe Temperaturwert links vom Peak (fuel cooling) verglichen zu dem gleichen Temperaturwert rechts vom Peak (air cooling) zwei sehr unterschiedliche Betriebszustände sind.
- **EGT Gages** (ohne absoluter Temperatur Skala) – diese Systeme weisen meistens eine Referenz Marke bei 4/5 der Skala oder einen vom Piloten verstellbaren Zeiger auf.
- **EGT Gage – Red Line** – diese Temperatur Anzeige Systeme sind als sehr kritisch ein zu stufen! Es ist bekannt das mit der Alterung diese Systeme ein Absinken der Anzeige einher geht und zu falschen Bezügen führt! Eine simple Überprüfung seitens des Piloten sollte der Standard sein! Dies ist bei bekannter Leistung (unter 65%) durch Peak Ermittlung leicht möglich.
- **Detonation** (ungesteuerte schlagartige Verbrennung) – jene tritt unweigerlich bei zu mageren Gemischbildung und großer Leistungssetzung auf und führt je nach Grad bis zum unmittelbaren Ausfall der Triebwerke! Bei luftgekühlten Triebwerken ist deswegen der Energie Durchsatz (Kraftstoff) auf maximal 75% Leistung und Reisegeschwindigkeit limitiert! Die notwendige Innenkühlung bei größerer Leistung als 75% kann nur durch Überfettung erreicht werden!

Nun zu der anfangs erwähnten weiteren sinnvollen Einbindung der manuellen Gemischregelung (idealer weise mit Abgastemperatur Messung kombiniert):

- Bei Sinkflügen kann trotz mittlerer gesetzter Leistung kaum die Zylinderkopf Temperatur im Bereich gehalten werden. Eine Abmagerung auf erreichbaren Peak wäre ohne Schaden zu empfehlen. Das äußere Verhältnis (Geschwindigkeit – OAT – Niederschlag) ist mittels Gemischregelung zum Teil kompensierbar. Bei luftgekühlten Triebwerken ist der Pilot hoffentlich immer als Thermostat tätig!!! Also sollten wir die Einsatz des Kraftstoffes sowohl zur Leistungsentwicklung – Innenkühlung und als Mittel die Betriebstemperatur zu halten gelten lassen!!!
- Bei niedriger Luftdichte (Alpenflugplätze) kann die notwendige Gemisch Anpassung wie vom Hersteller mittels EGT Gage unterstützt werden.

Messung der Abgastemperatur zur Beurteilung des Triebwerkszustandes sollte nicht unerwähnt bleiben:

- Bei LFZ mit Manifold Pressure Indication kann bei ca 1000 RPM die Leerlauf Gemisch Einstellung ermittelt werden. Ein zu fettes Gemisch lässt den MP Wert ansteigen! Eine Optimierung des Gemisches hält die Zündkerzen sauber!
- Wird bei der Zündungsüberprüfung (lt.Hersteller) das EGT Gage mit beobachtet, kann der Abfall der einzelnen Magnete durch die Anzeige weiter erhärtet werden. Je größer der Abfall desto größer die EGT Anzeige!
- Höhere EGT Anzeigen als gewöhnlich sind ernst zu nehmen! Eine Fehlanzeige ist fast auszuschließen! Somit liegt ein Verbrennungsproblem (Nachverbrennung im Auspuffsystem) vor! Undichtiges Auspuffventil – schlechte Gemischsaufbereitung – schlechte Zündleistung können die Ursache sein!

## 5. Aspekte die beim Flugbetrieb mit Mogas bekannt sein sollten.

### • Triebwerks und Zellen Hersteller Reaktion auf die Markteinführung von MOGAS:

- Lycoming und Teledyne Continental raten aus mehreren Gründen von der Verwendung in jeder Kombination ab! Garantie Ansprüche sind bei MOGAS Betrieb sowieso erloschen!
- Viele Zellen Hersteller reagieren genauso ablehnend!
- Meine persönlich gemachten Zwangserfahrungen sind auch allesamt negativ! Die bei der Instandhaltung und im Flugbetrieb aufgetretenen Probleme bestätigen die Vorbehalte der Hersteller!
- Die seitens der Luftfahrtbehörden gemachten Zugeständnisse bringen den Normalverbraucher natürlich in Verlegenheit die Situation zu verstehen. Nach meinen jahrelangen Erfahrungen mit diesem Problemkreis kann ich jeden ernsthaften Halter vom MOGAS Betrieb mit STC abraten!
- Die Vorgabe MOGAS nur bei kleineren Triebwerken mit verbundenen Auflagen verwenden zu können läßt bereits ahnen das der Betrieb kritisch ist! Tatsächlich ist das gesamte Luftfahrzeug negativ betroffen! Als unmittelbare Gefahr ist die Dampfblasenbildung mit nachfolgenden Triebwerksausfall aufzuzeigen! Die Triebwerke sind im Verbrennungsraum mehr verschleißanfällig! Alle mit Kraftstoff in Berührung kommenden Kunststoffe Dichtungen und Schlauchmaterialien können angegriffen und werden zur Gefahr!
- Luftfahrzeuge die bereits seitens der Konstruktion für die Verwendung von MOGAS ausgelegt sind in der Regel ohne Probleme. Allerdings sind dies kleinere Triebwerke (**modifizierte Automotoren**). Wird eine logische PS Größe überschritten ist selbst mit größtem Aufwand (siehe Porsche Flugmotor) diese Problematik nicht einwandfrei beherrschbar!
- Selbst wenn das LFZ für die Verwendung von MOGAS ausgelegt wurde, die beschränkte Lagerfähigkeit und unterschiedliche saisonale Zusammensetzung sollte nicht außeracht gelassen werden!

Nach all diesen Anmerkungen ist der Betrieb mit MOGAS und mit damit verbundenen Risiken gründlich zu überlegen! Ein nicht geplante Instandhaltung bringt sehr schnell alle im Sinne gehabten Einsparungen in Frage!