

Mehr wissen und verstehen vom Flugmotor!

**Teil 2 zu dem Bericht „Gemischverarmung - aber richtig!“
aus dem AOPA-Letter 2/2001, Seite 46-48**

von Michael Schlereth

- Pflégliche, schonende Behandlung eines Flugtriebwerks in der fliegerischen Praxis und regelmäßige, korrekte Wartung gehören untrennbar zusammen. Eine ganze Reihe von Flugzeughaltern nimmt einfachere Wartungsarbeiten am Flugmotor selbst vor und nutzt dabei gleich mehrere Vorteile: man lernt "sein" Triebwerk besser kennen; verfolgt gewissermaßen den Lebenslauf des Motors und lernt mit der Zeit, die individuellen Äußerungen des Triebwerks richtig zu interpretieren. Recht oft lassen sich Motorstörungen oder gar Schäden dadurch vermeiden, dass man im Rahmen sorgfältiger Wartung vorbeugende Abhilfe schafft. Die Fälle, in denen ein Flugtriebwerk womöglich im Reiseflug überraschend aufgrund eines mechanischen Schadens ausfällt, sind glücklicherweise sehr selten - im Regelfall kündigen sich zu erwartende Unregelmäßigkeiten beim Betrieb eines Flugmotors lange vorher an!
- Ein wichtiges Thema für Betrieb und Wartung eines Flugtriebwerks dreht sich ums Stichwort "Öl". Irgendwann, lang ists her, hat man ja bei der PPL-Ausbildung auch etwas über Flugmotorenöl erfahren. Die grundsätzliche Aufgabe des im Motor umlaufenden Öls ist die Schmierung der mechanischen Komponenten, also die Verringerung der mechanischen Reibung. Daneben erfüllt Motorenöl eine ganze Palette weiterer Zwecke: es dient der Feinabdichtung zwischen Kolbenringen und Zylinderwand; es transportiert Wärme aus den "heißen" Zonen des Triebwerks zum Ölkühler; dient in den Gleitlagern der Kurbelwelle gar als "Ölkeil", also als Auflagefläche, auf der die Welle gewissermaßen schwimmt und übernimmt schließlich die wichtige Aufgabe der Reinigung des Triebwerks von innen; löst Schmutzteilchen und Verbrennungsrückstände von den Metalloberflächen und transportiert diese und den unvermeidlichen Metallabrieb zum Ölfilter oder zum Ölsieb, wo Fremdkörper aus dem Ölkreislauf entfernt werden.



Regardless of the EGT value, the CHT must be maintained below the maximum limit. In some situations, you may not be able to lean to best power on the EGT, but will need to operate the engine with a significantly richer mixture.

- Der erste Ansatzpunkt, anlässlich eines Ölwechsels etwas über den mechanischen Zustand des Flugmotors erfahren zu können, liegt in der sorgfältigen Kontrolle von Ölfilter bzw. Ölsieb. Je nach Ausführung des Motors gibt es entweder einen Hauptsrom-Ölfilter in Form einer am Geräteträger angeschraubten Ölfilterpatrone, so wie man sie vom Automotor her kennt; oder aber, vor allem bei älteren Triebwerken, findet man zwei Ölsiebe: eines, relativ grobmaschig, als Ölrücklaufsieb im Bereich der Ölwanne; ein weiteres,

feinmaschig, auf der Druckseite der Ölpumpe und meist in einem Gehäuse am Geräteträger untergebracht. Man fliegt das Flugzeug vor dem Ölwechsel für eine oder zwei Platzrunden, um das Öl auf normale Betriebstemperatur zu bringen; danach läßt man das Altöl ablaufen, bevor man die Ölfilterpatrone abschraubt oder die Ölsiebe "zieht"; d. h. aus ihren Gehäusen herausschraubt. Im Rücklaufsieb darf ein wenig Ölkohle in Form feiner Ölkohlebröckchen auftreten; man prüft die Partikel sorgfältig, um sicherzugehen, dass auf keinen Fall Metallstückchen im Sieb vorhanden sind: sie würden ein Alarmsignal darstellen! Im feinmaschigen Sieb im Bereich der Ölpumpe darf außer ein wenig Ölschlamm keinerlei Fremdkörper zu finden sein. Vor dem Wiedereinbau reinigt man die Ölsiebe sorgfältig durch Auswaschen in Benzin.

- Ist der Flugmotor mit einer Ölfilterpatrone ausgestattet, so kann durchaus zusätzlich ein Ölrücklaufsieb vorhanden sein, das wie oben beschrieben sorgfältig zu kontrollieren ist. Die Ölfilterpatrone selbst kann mit einer Art Dosenöffner aufgeschnitten werden; man erkennt auf dem Filtermaterial abgelagerten Abrieb am metallischen Glanz; ein bestimmtes Maß an Abrieb ist unvermeidlich.

- Welches Öl füllt man nun zweckmäßigerweise in den wertvollen Flugmotor ein?

Früher war diese Frage einfach zu beantworten: handelte es sich um ein neues oder grundüberholtes Triebwerk in den ersten 50 bis 100 Stunden Betriebszeit, so verwendete man sog. "unlegiertes" Öl. Nach der Einlaufphase wurde dann meist "umgestellt" auf sog. "legiertes" Öl. Bei allen Ölarten handelte es sich bis vor etwa fünfzehn Jahren ausschließlich um Einbereichsöle; im Sommer nutzte man die Viskositätsklasse "100"; das entspricht der (Automobil-) Viskositätsklasse "SAE 50"; in den Wintermonaten verwendete man das ein wenig dünnflüssigere "80"er Öl; entsprechend der SAE-Einstufung "SAE 40".

- Nach wie vor verwendet man zum Einlaufen bzw. in den ersten ca. 50 bis 100 Betriebsstunden unlegiertes Einbereichsöl. Es wird manchmal auf dem Kanister mit "Straight Mineral Oil" bezeichnet; die Viskositätsbezeichnung erscheint ohne Zusatzbuchstaben; also als "80" oder "100". Sog. "unlegiertes" Öl enthält nur wenige reibungsmindernde Zusätze und erreicht nicht die Schmierwirkung von "legiertem" Öl. Es enthält darüber hinaus auch kaum der Innenreinigung des Triebwerks dienende Zusätze. Als echtes Flugmotorenöl erfüllt es jedoch die wichtige Anforderung, die ein Flugmotor an ein Öl stellt: es verbrennt weitestgehend rückstandsfrei; was vor allem für die thermisch hoch belastete "Ringzone" im Bereich von Kolbenringen, Kolbenboden und Zylinderwand von großer Bedeutung ist.

- "Legiertes" Öl zeichnet sich, auch als Einbereichsöl durch eine Anzahl von Zusätzen aus, die die Eigenschaften des Öls im Betrieb verbessern. Die Schmierwirkung ist ausgeprägter als beim unlegierten Öl; daneben sind vor allem zweierlei Zusätze von Bedeutung: "Detergentien", also der Innenreinigung des Triebwerks dienende Substanzen; sowie "Emulgatoren"; sie helfen, gelöste Schmutzteilchen in der Schwebelage zu halten, um sie im Feinfilter schließlich abzulagern. In den letzten Jahren kamen vermehrt auch für Flugmotoren Mehrbereichsöle in Gebrauch; also "hoch" legierte Öle, die einen ganzen Viskositätsbereich von z. B. SAE 20

bis SAE 50 überdecken können. Dazu versieht der Ölhersteller ein dünnes Grundöl (SAE 20) mit Zusätzen, die das Öl mit zunehmender Erwärmung zähflüssiger werden lassen. Der (theoretische) Vorteil besteht in einer geringen Reibung beim Kaltstart und einem stabilen Ölfilm beim betriebswarmen Triebwerk. Zur Praxis dieser Zusammenhänge später einwenig mehr..! Noch kurz ein paar Worte zur Ölkennzeichnung: legiertes Einbereichsöl trägt die Viskositätsklasse mit den Zusatzbuchstaben "HD" oder einfach "D" "HD" bedeutet "Heavy Duty"; also geeignet für erhöhte Beanspruchung; ganz frei kann man HD mit "legiert" gleichsetzen. Mehrbereichsöl wird heute fast nur noch gemäß der von der "Society of Automotive Engineers" (SAE) definierten SAE-Definition bezeichnet; also z. B. SAE 20-50. Erscheint ein "W" in der Bezeichnung, so bedeutet dies schlicht "wintergeeignet".

- Unsere Flugmotoren wurden vor ca. fünfzig Jahren, teilweise noch früher, konstruiert; die Flugmotorenöle dagegen blieben keineswegs seither auf dem damaligen technischen Entwicklungsstand, sondern wurden kontinuierlich weiterentwickelt. In der Verwendung "modernen" Öls im konservativen Flugmotor liegen aber nicht alleine Chancen, sondern durchaus auch ein paar Probleme.
- Zunächst zu den positiven Aspekten: Modernes Flugmotorenöl enthält Zusätze, die die Oxydation des Öls bei Temperaturen verhindern bzw. verlangsamen. Dadurch bleiben die guten Eigenschaften eines Öls länger erhalten. Insgesamt bieten moderne Flugmotorenöle einen hervorragenden Verschleißschutz und eine konstant hohe Produktqualität. Doch nun zu den problematischen Aspekten:

Als die Mehrzahl der heute verbreiteten Flugmotoren konstruiert wurde, waren höher legierte Öle noch unbekannt. Man sah es als wünschenswert und ausreichend an, wenn ein Öl Schmutz, Verbrennungsrückstände und Metallabrieb, der beim Betrieb des Triebwerks anfiel, in die Ölwanne transportierte; der größte Teil der Rückstände setzte sich auf dem Wannenboden ab und wurde auf diese einfache Weise dem Schmierstoffumlauf entzogen. Häufige Ölwechsel waren üblich; auf diese Weise wurde sowohl der relativ rasch erfolgenden Alterung des Öls Rechnung getragen als auch der Notwendigkeit, die sich in der Ölwanne ansammelnden Rückstände zu entfernen. Feinst-Ölfilter kamen erst später in Gebrauch, so daß das Öl im Umlauf ausgefiltert wurde und länger einsatzfähig blieb.

- Betreibt man einen Flugmotor, der nicht mit einem Feinstfilter; d.h. mit einer Ölfilterpatrone ausgestattet ist, mit modernem Öl, so sollte man bedenken, daß diese Öl Schmutzteilchen und Abrieb in der Schwebel hält und im Umlauf mit durch das Triebwerk transportiert, wo diese Verunreinigungen womöglich Schaden anrichten könnten. Der früher vorherrschende Effekt einer Ablagerung von Fremdstoffen in der Ölwanne ist bei modernem, legierten Öl nicht mehr so ausgeprägt. Die Ölfilter die eigentlich nur Siebe zur Zurückhaltung größerer Partikel darstellen, können keine öltreinigende Wirkung ausüben.

Die Verwendung legierten Einbereichsöls in Triebwerken ohne Feinstfilter ergab in jahrzehntelanger Erfahrung keine Probleme. Die Schlußfolgerung aus dem oben Dargelegten lautet jedoch, bei derartigen Triebwerken auf eine Verlängerung der Ölwechselintervalle zu verzichten- regelmäßige Ölwechsel in den vom Her-

steller vorgeschriebenen Betriebsstundenabständen garantieren reines, frisches Öl und reduzieren den unvermeidlichen, betriebsbedingten Verschleiß im Triebwerk auf ein Minimum.

Die Verwendung von Mehrbereichsöl dagegen setzt praktisch immer das Vorhandensein eines Feinstfilters (Ölfilterpatrone, Mikronfilter) voraus. Triebwerke ohne einen solchen Filter erfahren durch die Verwendung von Mehrbereichsöl kaum Vorteile. Dagegen bringt die Eigenschaft dieser hoch legierten Öle, Schmutz und Abrieb in der Schwebel zu halten, möglicherweise sogar die Gefahr erhöhten Verschleißes mit sich. Nicht wenige erfahrene Motorenspezialisten in den Wartungsbetrieben raten daher von der Verwendung von Mehrbereichs-Flugmotorenöl in Motoren ohne Feinstfilter ab! Auch die Mineralölindustrie bringt in letzter Zeit neue Einbereichsöle auf den Markt, nachdem in den letzten Jahren der Schwerpunkt zunehmend auf der Vermarktung von Mehrbereichsöl gelegen hatte!

- Abschließend gibt es eine weitere Eigenschaft von Mehrbereichsöl zu bedenken, die im Flugmotor mit seinen konstruktionsbedingt recht großen Laufspielen, die wiederum ein hochviskoses, also zähflüssiges Öl erfordern, einer Verlängerung der Ölwechselintervalle entgegen steht: das "Grundöl", eines Mehrbereichsöls ist stets ein recht dünnflüssiges Öl, Zusätze bewirken bei Erwärmung im Betrieb eine zunehmende Zähflüssigkeit – diese Zusätze verlieren im Laufe des Einsatzes im Triebwerk jedoch zunehmend an Wirksamkeit. Dies bedeutet, daß ein über viele Betriebsstunden im Motor befindliches Mehrbereichsöl tendenziell "zu sehr dünnflüssig" wird und die vom Motorenhersteller geforderte Viskositätsklasse nicht mehr erfüllt.

Folge: erhöhter Verschleiß!

- Wer seinem Flugmotor etwas Gutes tun möchte, handelt richtig, wenn er die vom Motorenhersteller vorgegebenen Ölwechselintervalle genau einhält und die vom Hersteller empfohlenen Ölsorten bzw. Viskositätsklassen entsprechend beachtet. Eine Verkürzung der Ölwechselintervalle z.B. beim Betrieb des Triebwerks unter erschwerten Einsatzbedingungen schadet dagegen auf keinen Fall! Solche Einsatzbedingungen sind z.B. Platzrunden-Schulbetrieb bei stets vollreichem Gemisch; Schleppflüge; Betrieb des Triebwerks in sand- oder staubreicher Umgebung, oder auch vorwiegend kurze Triebwerksbetriebszeiten, wenn das Triebwerk nicht oder nur knapp seine Betriebstemperatur erreicht. Ohnehin sollte ein Kurzlauf eines Flugmotors die Ausnahme darstellen- setzt man einen Flugmotor in Betrieb, so sollte er mindestens eine volle Stunde in Betrieb sein, damit im Öl befindliches Kondensat verdampft und sich nicht etwa im Motor anreichert, wo es Korrosion fördern und die verschleißhemmende Wirkung des Motoröls beeinträchtigen würde.

- Vom Thema "Öl" zum Thema "Verschleiß": viele private Flugzeughalter freuten sich zunächst, als vor wenigen Jahren per NfL für eine Vielzahl von Triebwerken die als recht starr empfundenen TBO-Betriebszeiten durch eine liberalere Regelung ersetzt wurden. Auf die rechtlichen Aspekte soll hier nicht eingegangen werden, ausschließlich sollen hier ein paar rein technische Überlegungen diskutiert werden:

Die TBO-Empfehlungen der Motorenhersteller beruhen in der Regel

auf optimistischen Erfahrungswerten. Dies bedeutet, daß ein Flugmotor seine ihm zugedachte TBO bei günstigen Betriebsbedingungen erreichen kann; bei sehr günstigen Betriebsbedingungen sogar überschreiten kann. Unter "günstigen Betriebsbedingungen" versteht man einen möglichst hohen Anteil Reiseflug bei konstanten Temperaturen; das weitgehende Vermeiden von Bedienfehlern, stets frisches Öl, saubere Ölfilter, hochwertige Luftfilterung und möglichst keine Flüge unter einer Stunde Flugdauer. Hinzu kommt ein zusätzlicher Gesichtspunkt: die Vermeidung von Korrosion!

- Genau hier liegt häufig ein Problem: die Betriebszeit von ca. 2000 Stunden als Zeit zwischen zwei Grundüberholungen verteilt sich bei privat genutzten Flugzeugen nicht selten auf Zeiträume, die mehr als zwanzig Jahre umfassen. In vielen Fällen müßte es "Stehzeuge" heißen; nämlich dann, wenn pro Jahr weniger als 50 Stunden geflogen werden. Die langen Betriebspausen fördern Korrosion im Triebwerk, zumal in den seltensten Fällen eine Konservierung des Triebwerkes vorgenommen wird, bevor man das Flugzeug für einen längeren Zeitraum nicht benutzt.

Sieht man einmal von durch Korrosion bedingten Schäden, die in erster Linie die Zylinderbaugruppe betreffen und sich dort in erhöhten Verschleißerscheinungen niederschlagen, ab, so bleibt die Frage interessant, an welchen Baugruppen des Flugmotors betriebsbedingter Verschleiß schwerpunktmäßig auftritt und bewirken könnte, daß ein Triebwerk die ihm zugedachten TBO möglicherweise nicht erreicht.

- Vor allem die Zylinderbaugruppe eines Flugtriebwerks ist von betriebsbedingten Verschleiß betroffen. Innerhalb des Zylinders finden hin und hergehende Bewegungen des Kolbens, der Kolbenringe in Kontakt zur Zylinderwand sowie der Ventile in ihren Führungen statt. Dabei ist ein gewisses Maß an Verschleiß unvermeidlich. Es kommt hinzu, daß in der heißen Ringzone jegliche Schmierung problematisch ist; allzuviel Öl ist hier gar nicht erwünscht; es würde zur Ölkohlebildung in den Kolbenringnuten führen, was wiederum zu festsetzenden Kolbenringen und zum Kompressionsverlust und/oder zum Brechen der Kolbenringe und zur Zerstörung des Zylinders führen könnte.

- Zylinder haben ein langes Leben, wenn sie möglichst konstanten Betriebsbedingungen unterworfen sind. Häufig Kaltstarts bedeuten ebenso erhöhten Zylinderverschleiß wie lange Steigflüge mit unzureichender Kühlung. Die Motorenhersteller legen Wert auf die Einhaltung bestimmter Zylinderkopftemperaturen, die nach Möglichkeit nicht überschritten werden sollen. So nennt Lycoming z. B. für die O-360-Baureihe eine maximale Zylinderkopftemperatur von 500° Fahrenheit, allerdings mit dem einschränkenden Hinweis, daß für eine "höchstmögliche Triebwerkslebensdauer" 150° - 400° Fahrenheit (das sind 65 bzw. 205° Celsius) nicht überschritten werden sollen.

Triebwerksfachleute erwarten, was die Lebensdauer von Zylinderbaugruppen betrifft, normalerweise kein Wunder. Wird ein Flugmotor über die Dauer von z. B. 15 Jahren hinweg betrieben, so kann man, ganz grob verallgemeinert, von einer Zylinderlebensdauer von 1500 Stunden oder mehr ausgehen. Je mehr Stunden ein Triebwerk dagegen in kurzer Zeit in Betrieb ist, um so höher ist die Wahrscheinlichkeit dafür, hohe Zylinderlaufleistungen zu

erreichen. Wie oben bereits ausgeführt, spielen die Betriebsbedingungen aber die entscheidende Rolle! Die Wahrscheinlichkeit eines langen "Zylinderlebens" steigt also mit möglichst vielen Betriebsstunden, die in möglichst wenigen Jahren erfliegen werden und mit schonender Triebwerksbehandlung besonders im Hinblick auf die – entscheidenden – Zylinderkopftemperaturen.

- Allgemein gilt die Kurbeltrieb eines Flugmotors als wenig auffällig. Tatsache ist, daß die durchweg gleitgelagerten Kurbelwellen eigentlich höhere Laufleistungen erwarten lassen, als die empfohlenen TBO definiert. Lagerschalen können allenfalls dann Schaden erleiden, wenn verschmutztes Treibwerksöl über einen längeren Zeitraum einwirkt und Fremdpartikel zwischen Lagerzapfen und Lagerschale gelangen könnten. Im Normalfall ist diese Art von Verschleiß jedoch wenig wahrscheinlich. Ein bedeutend größeres Problem könnte darin liegen, daß Kurbelwellenzapfen, die innen hohl sind, von interner Korrosion betroffen sein könnten und gewissermaßen die Festigkeit der Welle von innen heraus beeinträchtigen. Auch dieser Umstand betrifft vor allem Motoren, die über lange Jahre hinweg wenig in Betrieb sind.

Hin und wieder kommt es vor, daß ein Flugzeughalter wegen verschlissener Zylinderbaugruppen sämtliche Zylinder ersetzt. Sicher, das Triebwerk ist dann wieder "fast neu"; aber eben nur "fast". Bei Flugtriebwerken, die mehr als 1000 Betriebsstunden aufweisen, sollte in einem solchen Fall zumindest die Ölpumpe geöffnet und die Komponenten der Pumpe auf Verschleiß geprüft werden – in den meisten Fällen muß hierzu das Triebwerk ausgebaut werden, da der Geräteträger sonst kaum zugänglich ist.

- Noch ein Wort zum Thema "Nockenwellen": vor ein paar Jahren erregten Nockenwellenschäden bei verhältnismäßig neuen Triebwerken erhebliches Aufsehen. Grundsätzlich dürfen die – gehärteten – Laufflächen der Nocken keinen Verschleiß zeigen; Nockenwellenschäden kennen nur zwei Ursachen: Herstellungs- bzw. Härtefehler oder aber gravierenden Schmierungsmangel durch Zusammenbruch des Ölkreislaufs! Eine korrekt gefertigte und gehärtete Welle wird nicht als Verschleißteil betrachtet und darf keinen Anlaß zur Beanstandung während eines normalen Flugmotorenlebens bieten...!

- Flugmotoren sind ein unerschöpfliches Thema – dennoch soll das oben ausgeführte erst einmal genügen. In einer zukünftigen Folge wollen wir uns den Themen "Zündung" und "Zündkerzen" widmen und die vorbeugende Vermeidung von Motorschäden noch ein wenig beleuchten.

Michael Schlereth

Aluminium im Spiegel neuer Anwendungen

Die Potenziale von Aluminium sind bei weitem noch nicht ausgereizt: Innovative Legierungsverfahren und Oberflächentechniken, Aluminiumschäume und Verbundlösungen eröffnen neue Einsatzgebiete und Märkte.

Die LIGHT METAL WORLD auf der MATERIALICA 2001 zeigt das Spektrum der aktuellen Anwendungen.

Werkstoffentwicklungen und Werkstoffanwendungen gehen im-

mer Hand in Hand: Innovationen auf der Werkstoffseite bieten dem Konstrukteur zusätzlichen Spielraum für neue Anwendungen. Umgekehrt führen neue konstruktive Anforderungen zu verstärkten Anstrengungen auf der Werkstoffseite.

Das Konzept der MATERIALICA ist, dieses Wechselspiel aufzugreifen und zu präsentieren. Dass dies werkstoffübergreifend geschieht, ist nicht nur sinnvoll, sondern unabdingbar: Dem Konstrukteur und Designer ist es zunächst einmal gleichgültig, ob seine Problemlösung mit Kunststoff, Edelstahl, Aluminium oder einem anderen Material gelingt. Das führt zu einem gesunden Wettbewerb der Materialien, der seit einigen Jahren ständig zunimmt. Die MATERIALICA versteht sich hier als Marktplatz aller Lösungen. Was hat Aluminium in dieser Hinsicht zu bieten? Das Leichtmetall befindet sich seit einigen Jahren unübersehbar im Aufwind. Der Aluminiumanteil im Automobil steigt steil an; Aluminium ist zum bevorzugten Werkstoff für Schienenfahrzeuge geworden. Im Schiffbau, in der Möbelbranche, dem Maschinenbau und vielen anderen Bereichen legt der Werkstoff ebenfalls zu.

Innovationspotenzial Leichtmetalle

Aluminium ist damit sicherlich das Kernthema der LIGHT METAL WORLD im Rahmen der MATERIALICA, die etablierte und künftige Einsatzfacetten der Leichtmetalle Aluminium, Magnesium und Titan aufzeigt. Besondere Bedeutung besitzt dabei nach wie vor die konventionelle Werkstoffentwicklung, die bei Aluminium keineswegs ausgeschöpft ist. Heute reicht der Einsatz eines erprobten Werkstoffes vielfach nicht mehr aus. Es kommt darauf an, das Eigenschaftsspektrum eines Materials möglichst genau auf die jeweiligen Beanspruchungen abzustimmen. Werkstofffachleute und Anwenderindustrien suchen gemeinsam nach neuen, effizienten Lösungen.

So werden derzeit zum Beispiel Flugzeugstrukturen mit erheblichem Fertigungsaufwand als Integralbauteile aus einem massiven Aluminiumblock spanend herausgearbeitet. Nicht selten beträgt das Bauteilgewicht nur noch rund 10 Prozent des Ausgangsgewichtes oder weniger. Wirtschaftlicher wäre es, derartig komplex geformte Bauteile aus einzelnen Elementen zusammenzuschweißen. Bislang war dies nicht möglich, weil eine Schweißnaht als "Schwachstelle" die Sicherheit des Flugzeuges beeinträchtigen würde. Dieses Manko könnten zum Beispiel Aluminium-Magnesium-Scandium-Legierungen beheben. Diese völlig neue Legierungsvariante zeichnet sich durch ihre gute Schweißbarkeit und Korrosionsbeständigkeit aus und verspricht auch bei den mechanischen Eigenschaften gute Ergebnisse.

Aluminiumschäume im Vormarsch

Bei der Werkstoffentwicklung stoßen Aluminiumschäume, die bereits auf der letztjährigen MATERIALICA hohe Aufmerksamkeit fanden, nach wie vor auf großes Interesse. Hier ist jetzt die praktische Anwendung dieser extremen Leichtbaumaterialien in den Mittelpunkt gerückt. Heute werden von verschiedenen Firmen bereits Formteile aus Aluminiumschaum angeboten, die Automobilindustrie zählt zu den ersten Praxisanwendern. Weiterhin befasst man sich mit der Herstellung und der Bearbeitung von Aluminiumschaum-Bauteilen, die im Fahrzeugbau der Zukunft eine zunehmend wichtige Rolle spielen werden.

Auch Bauteile auf pulvermetallurgischer Basis sind auf dem Weg zum praktischen Einsatz weiter vorangekommen. Es ist bekannt, dass Bauteile aus unter hohen Drücken und Temperaturen gesinteren Metallpulvern ein völlig neues Eigenschaftsspektrum bieten. Vor allem erreicht man so Warmfestigkeiten, wie sie auf konventionellem Wege nicht darstellbar sind. Heute bewähren sich diese Bauteile bereits in ihrem ersten Serieneinsatz als Zylinderwandungen in allen V-Motoren von DaimlerChrysler-Modellen.

Neue Anwendungsgebiete durch Verbundwerkstoffe

Ein weiterer erfolgversprechender Ansatz der Werkstoffentwicklung sind Verbundwerkstoffe auf Aluminiumbasis. Auch bei dieser Technik geht es letztlich darum, unzulängliche Werkstoffeigenschaften des Aluminiums so zu verbessern, dass neue Anwendungsgebiete erschlossen werden. Auch hinter diesen Entwicklungen steht das Bestreben, das geringe Gewicht des Aluminiums auch dort zu nutzen, wo der Werkstoff selbst versagen würde.

Dazu wird mit faserverstärkten Aluminiumwerkstoffen experimentiert, bei denen in das Material eingelagerte Fasern aus Al_2O_3 , Kohlenstoff oder SiC zu höherer Beanspruchbarkeit des Aluminiumbauteiles führen. Nachdem die Grundlagen dieser Technik ausgereift sind, konzentriert sich das Interesse inzwischen zunehmend auf die praktischen Aspekte der Bauteilherstellung. Ziel ist, faserverstärkte Einsätze zu verwenden, anstatt das gesamte Bauteil aus faserverstärktem Material zu konstruieren - und das zu günstigen Herstellungskonditionen.

Widerstandsfähiger durch Beschichtung

Um die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten geht es letztlich auch bei der Oberflächentechnologie der Aluminiumwerkstoffe. Derzeit werden immer neue Verfahren entwickelt, die Aluminium widerstandsfähiger gegen abrasive oder andere Beanspruchung machen. Die Oberflächenbehandlung ist deshalb ein bevorzugter Ansatzpunkt, weil die Beanspruchung meist an der Oberfläche ansetzt. Neben erprobten Verfahren wie Hartverchromen, Chemisch Nickel und anderen treten heute neue Technologien wie beispielsweise das Emaillieren von Aluminiumbauteilen, das Beschichten mit quasikristallinem Aluminium oder galvanisch aufgebrachte Chromschichten. Bei letzteren ist - anders als bisher - die verchromte Oberfläche nicht glatt, sondern sie weist halbkugelförmige Oberflächenerhebungen auf, deren Größe und Verteilung durch das patentierte Verfahren exakt eingestellt und reproduziert werden können.

Die genannten Beispiele geben nur einen ersten Überblick über die vielfältigen Ansätze zur aktuellen Entwicklung der Aluminiumwerkstoffe. Sie lassen allerdings die dynamische Entwicklung auf diesem Sektor erkennen.

Eine vollständige Leistungsschau sowie Informationen zu den Details dieser Innovationen findet der Fachbesucher auf der LIGHT METAL WORLD der MATERIALICA 2001. Die MATERIALICA 2001, 4. Internationale Fachmesse für Werkstoffanwendungen, Oberflächen und Product-Engineering mit Kongress MATERIALS WEEK findet vom 1. - 4. Oktober 2001 auf der neuen Messe München statt. Weitere Informationen sind im Internet unter www.materialica.de abrufbar.

AQUILA A210, Pilot Report

- Man braucht nicht unbedingt das Große Latein, um zu wissen, dass der Name AQUILA nichts mit Wasser zu tun hat, obwohl es davon in und um Berlin genug gibt. Vielmehr stellt dieser Name den Bezug zu Brandenburgs Wappentier, dem roten Adler her (dabei ist die Farbe rot nicht politisch gemeint). Der Adler aus Brandenburg erhob sich im März 2000 zum ersten mal über den Sand und die dunklen Kiefernwälder im Süden von Berlin.
- Das Flugzeug wurde von den drei Ingenieuren Peter Grundhoff, Alfred Schmiderer und Markus Wagner, alles ehemalige Mitglieder der Akademischen Fliegergruppe Berlin, entwickelt. Alle hatten vorher schon für andere Flugzeugprojekte gearbeitet und so war zu erwarten, dass dieses neue Flugzeug bei der Erprobung wenig Probleme machen würde. Als "Alter Herr" der Akaflieg habe ich gern die Erprobung dieses vielversprechenden Flugzeuges übernommen. Inzwischen ist die Flugerprobung abgeschlossen und die hochgesteckten Ziele bezüglich Leistungen und Eigenschaften haben sich erfüllt.
- Die Firma ist vor wenigen Monaten aus der provisorischen Werkstatt in ein schönes 2000m² großes neues Gebäude am Verkehrslandeplatz Schönhagen umgezogen. Hier hat bereits die Serienfertigung begonnen.
- Das Flugzeug ist in CFK/GFK-Bauweise aufgebaut. Die Formen der Großbauteile wurden bei dem Spezialisten Jörg Streifeneder auf der Albkante gefräst. Kleinere Formen für Spante, Rippen usw. können auf der eigenen 3-Achs-Fräse nach den CAD-Daten selbst hergestellt werden. Das Flugzeug wird in der E-Klasse nach JAR-VLA zugelassen. Als Antrieb dient der ROTAX 912 S mit 74 KW (100 PS). Der von Mühlbauer gelieferte, hydraulische constant speed, Propeller hat 175 cm Durchmesser und dreht bei Startleistung mit 2260 U/min (Motordrehzahl 5500 U/min).

Die Lärmmessung nach Kap. X ergab mehr als 7 DbA unter ICAO, d.h. erhöhter Lärmschutz.

- Die maximale Abflugmasse beträgt 750 kg. Bei einer Leermasse von 495 kg (mit kompletter CVFR-Ausrüstung) hat das Flugzeug bei vollen Flügeltanks (120 Liter) noch genug Zuladung für zwei 86 kg-Piloten. Das Cockpit ist so breit wie das einer Cessna 182 und hinter den verstellbaren Sitzen befindet sich ein 500l großer Gepäckraum, der durch eine seitliche Tür gut zugänglich ist. Der Einstieg erfolgt über die Flügelhinterkante. Eine Trittstufe hinter dem Flügel ist beim Einstieg hilfreich. Die Haube wird nach vorn geklappt und ist beim Einstieg nicht im Wege. Die Sitze sind auf einer schiefen Ebene verstellbar und lassen sich an alle

gängigen Pilotengrößen bis hin zu 2m-Riesen anpassen.

Die Steuerung erfolgt über Knüppel. Die Hebel für die Triebwerksbedienung, der Kraftstoffhahn und der Schalter für die elektrische Trimmung sind auf der Mittelkonsole angeordnet. Das Flugzeug hat eine Bugradsteuerung und normale Fußspitzenbremse. Das Bugrad mit 5"-Reifen ist sehr solide ausgeführt. Das Hauptfahrwerk hat eine Stahlschwinge die größere Stöße problemlos wegsteckt. Die Instrumentierung ist für CVFR ausgelegt und hat zusätzlich ein GPS mit Map-Display.

- Beim Rollen am Boden fällt die sehr gute Manövrierbarkeit auf. Die Radien, die man erreicht, sind erstaunlich eng; allerdings sind dadurch die Pedalkräfte relativ hoch. Im Start muß man deutlich rechts vorhalten. Die Startrollstrecke bei maximaler Abflugmasse beträgt 250m, die Startstrecke bis 15m Höhe, 470 m. Die Abhebegeschwindigkeit liegt bei 55 KIAS (102 km/h). Der Steigflug wird mit einer Drehzahl von 5500 U/min. durchgeführt. Diese hohen Drehzahlen sind gewöhnungsbedürftig, an der Luftschraube sind das aber nur 2260 U/min. Die Steigrate bei ISA-sealevel und max. Abflugmasse beträgt 750 ft/min bei einer Fluggeschwindigkeit von 65 KIAS. Die Steigzeit auf 5500 ft beträgt ~9 min, bis FL 95 ist man ~19 min unterwegs. Als Dienstgipfelhöhe (100 ft/min Reststeigen) wurden 14.500 ft erfliegen. Beim ROTAX 912 S wird die maximale Dauerleistung - voller Ladedruck und 5500 U/min in ISA-sealevel - als 100% Leistung definiert. Mit dieser Einstellung wird der Steigflug durchgeführt. Öl- und Wassertemperatur bleiben auch an sehr warmen Tagen (38° in sealevel) weit vom Limit entfernt.

- In 2000 ft erreicht die AQUILA A210 bei maximaler Dauerleistung eine true airspeed von 128 KTAS (237 Km/h). Dabei beträgt der Verbrauch 23 Liter/h Autokraftstoff. Bei 75% der max. Dauerleistung fliegt man mit 120 KTAS bei 20 Liter/h. Eine Steigerung dieser Werte wird durch noch durchzuführende kleine aerodynamische Verbesserungen erwartet. Zum Vergleich: Eine Cessna F 152 ist im Handbuch für gleiche Bedingungen mit 101



KTAS angegeben und das bei 15% höherem Verbrauch an AV-GAS. Will man richtig sparen, so sind 55% bei 100 KTAS und 16 Liter/h möglich. Ein guter Wert für die Platzrunde im Schulbetrieb. Man muß dann in der Platzrunde nicht ständig vorausfliegende Cessnas und Pipers überholen. Die Reichweite bei 75%, 120 KTAS und 20 L/h beträgt bei vollem Tank und Reserve 650 nm oder 1200 Km. Bei geringerer Leistung erhöht sich die Reichweite auf über 1300 Km. Aber die Leistungen sind nur ein Aspekt dieses neuen Flugzeuges die Flugeigenschaften sind der andere. Der relativ kleine Flügel mit 10,3 m Spannweite und 10,5 m² Flügelfläche ist für die Forderung von einer V_{so} von 45 KCAS (83 Km/h) ausgelegt. Das modifizierte HQ- Profil minimiert den Widerstand im Reiseflug und die großen Fowler-Klappen sorgen für den nötigen Auftriebsbeiwert, um die Forderung nach V_{so}=45 KCAS bei Leerlauf zu erfüllen. Die kleinen Winglets verbessern noch einmal das C_a und die laterale Stabilität beim Überziehen. Wie gut die Klappen wirken, zeigt sich in dem Unterschied von V_s, Leerlauf ohne Klappen mit 52 KCAS und mit Klappen von 43 KCAS.

- Bei Annäherung an den Stall beginnt ein leichtes Schütteln auf den Zustand hinzuweisen. Die Nase nickt leicht nach unten. Das Flugzeug lässt sich mit Seitenruder und Querruder noch gut halten. Wird der Knüppel freigegeben, ist der Zustand sofort beendet. Bleibt man im überzogenen Zustand, so beginnt das Flugzeug leicht um die Längsachse zu taumeln und kippt dann nach mehreren Taumelbewegungen moderat über den Flügel ab. Auch in diesem Falle beendet das Freigeben des Knüppels den Zustand sofort. Das Flugzeug trudelt in der gesamten Envelope relativ steil und schnell. Das Ausleiten ist mit der Standard-Methode immer in weniger als einer zusätzlichen Umdrehung möglich.

Die AQUILA wird jedoch - wie Flugzeuge in der Normalkategorie - nicht für Trudeln zugelassen. Die Längsstabilität wurde durch eine Down Spring auf sehr angenehme Knüppelkraft-anstiege verbessert. Das Flugzeug hält die getrimmte Längsneigung sehr gut. Man kann das Flugzeug ohne Probleme für kurze Zeit "unbeaufsichtigt" lassen, ohne dass sich Höhenänderungen einstellen. Die Rollraten übertreffen die Forderungen fast um den Faktor 2. Schnelle Kurvenwechsel lassen sich fast ohne Seitenruder fliegen. Werden Gierschwingungen angeregt, so beruhigt sich die Schwingung in weniger als 2 Zyklen. Dadurch neigt das Flugzeug auch bei Böigkeit nicht zu den häufig beobachteten Gier-Roll-Schwingungen. Auch der schnelle Reiseflug bleibt dadurch immer sehr komfortabel. Der Landeanflug erfolgt immer mit vollen Klappen (35°). Im Normalfall wird mit 65-70 kts angefliegen. Will man Höhe abbauen, so sind 80 KCAS ein günstiger Wert. Im Flugversuch wurden Anflüge mit 55 KCAS ohne Probleme durchgeführt. Auch slippen ist - übungshalber - problemlos möglich. Dabei reicht das Seitenruder, um Hängewinkel von ~15° auszusteuern.

- Zusammenfassend lässt sich sagen, das dieses Flugzeug sowohl für Flugschulen und Vereine als auch für Privatafflieger bestens geeignet ist. Im Schulbetrieb ist es auch für CPL-Schulung gut einzusetzen. Bei Verwendung von Autokraftstoff werden die Flugstundenpreise auf ein erträgliches Maß reduziert. Das Handbuch ist nach GAMA aufgebaut und erlaubt ein leichtes umgewöhnen auf weiterführende Muster. Nach Abschluß der Zulas-

sung im September 2001 wird ein Autopilot mit Höhenhaltung zertifiziert, der dann beliebig nachrüstbar ist. Eine Zulassung für Segelflugschlepp ist ebenfalls geplant.

Der Preis von DM 255.000.- incl. MwSt ist für eine Neuentwicklung mit diesen Flugleistungen und Eigenschaften durchaus angemessen.

Die Aquila hat seit dem 21.09.2001 die Musterzulassung erhalten.

Heiner Neumann

SUPER XIMANGO auf einem Flug um die Welt

Der erste Flug eines Motorseglers rund um die Erde begann am 23. Juni dieses Jahres.

Während der General Aviation Messe in Sorocaba startete das Flugzeug mit dem Piloten Gerard Moss zu diesem Abenteuer.

Die Route führt durch den Luftraum von 40 Ländern in 101 Tagen wobei etwa 45.000 km zurück gelegt werden. Leider muss Russland umflogen werden, da für den Flug über Russland ein russischer Beobachter mitfliegen sollte, was aus Platz- und Gewichtsgründen nicht möglich ist. Gerard Moss fliegt auf der gesamten Strecke allein.

Für diesen Flug mussten an der Super Ximango, die in der brasilianischen Firma Aeromot in Porto Alegre gebaut wird, einige Modifizierungen durchgeführt werden. Zuerst wurden 2 zusätzliche Benzintanks eingebaut die die Standardmenge von 901 auf 2901 erhöhten. Speziell wurden installiert: Navigationsbeleuchtung und Landescheinwerfer, Mikro-Kameras auf den Flächen und im Leitwerk, Antenne für Satelliten-Kommunikation, zusätzliche elektr. Stromversorgung, zusätzliche Systeme zur Lokalisierung und Kommunikation, Wetterradar, Laptop um Nachrichten empfangen und senden zu können, Bildübertragungs-Sender, Überlebensausrüstung, Motor Rotax 912S4, 1 OOHP und einen Hoffmann Propeller HOV-62R- 1/ 1 70F.

Längere Versuche gingen diesem Flug voraus. So wurden mehrere verschiedene Motoren unter den geplanten Bedingungen geprüft. Alle Modifizierungen wurden unter Aufsicht der FAA durchgeführt. Die Beladung mit einem Piloten, Spezieller Ausrüstung und 2901 Benzin erreichten 1050 kg MTOW. Die grosse Distanz zwischen Cabo Verde und Fernando de Noronha von 2310 km erforderte diese Massnahmen. Das Flugzeug wurde intensiv getestet. Die Super Ximango AMT-200S mit dem Kennzeichen PT-ZAM erreichte bei einer Aussentemperatur von 20 Grad Celsius eine Steigrate von 450fpm.

Detaillinformationen, aktuelle Routenangaben und Terminplanung, Reise-Fotos sowie die Sponsorenliste lassen sich im Internet unter "asadovento.com.br" und "wingsofwind.com" (engl.) abrufen.

Anfang September ist von Gerard Moss auch eine Landung in Deutschland geplant. Wir wünschen ihm auf seinem Flug rund um die Erde allzeit passende Wetterbedingungen und "happy landings".

