

Seagull Telemetrie von Eagle Tree Systems

Erfahrungsbericht – Echtzeit Daten aus dem Impeller Jet

Das Telemetrie-System «Seagull» von Eagle Tree Systems erlaubt dem ambitionierten Modellbauer eine Fülle an Parameter seines Modellflugzeugs in Echtzeit während dem Flug zu überwachen und die Daten über die benutzerfreundliche Software auf dem Computer im Detail auszuwerten. Kann das System halten, was die Werbung verspricht?

Im letzten Sommer war ich mit dem Bau meiner neuen Impeller F/A-18 beschäftigt, als ich auf das Telemetrie System von Eagle Tree Systems aufmerksam wurde. In amerikanischen Foren wurde periodisch über dieses neue Telemetrie System bereits berichtet, als bei uns im deutschsprachigen Raum immer noch die konventionellen Daten-Logger im Gespräch waren. Neu an diesem System ist die Möglichkeit alle Flugdaten in Echtzeit – also während dem Flug – einzusehen. Genaue Abklärungen ergaben, dass neben einer Vielzahl an Modelldaten auch die «verbrannte» Akkukapazität (mAh) ermittelt werden kann. Dies ist für den eJet Piloten doppelt interessant. Einerseits kann er dadurch seine Flugzeit den aktuellen Gegebenheiten anpassen, andererseits kann ein ungewolltes «auslutschen» der LiPo-Zellen verhindert werden, was seinerseits die Lebensdauer der Zellen massgeblich erhöht. Erst schreckte mich der Preis des Seagull Systems ab. Ich liess mich dann aber eines Besseren belehren. Flugdatenrekorder und Dashboard sind eine einmalige Investition. Der Flugdatenrekorder kann einfach und schnell in Minuten von einem Modell ins andere transferiert werden. Pro Modell müssen also lediglich einzelne, wesentlich preiswertere Sensoren zugekauft werden. Für meine Anwendung bedeutet dies, dass ich lediglich den unzugänglichen Motortemperatursensor nicht weiterverwenden kann. Dieser ist jedoch für wenige Euro ersetzbar.

Im November machte ich mir selbst ein Geburtstagsgeschenk: Das Standard Seagull Telemetrie System.

Seagull Varianten

Das Seagull Telemetrie System gibt es in den drei Varianten «Standard», «PRO» und «Sailplane».

Das PRO System deckt den gesamten Modellbaubereich ab und eignet sich auch hervorragend für den Betrieb einer Kerosen-Turbine. Der FDR verfügt über ein Interface zu den gängigen Engine Control Units (ECU) und ermöglicht die Messung der EGT bis 1093°C. Der Static Port ist im Gegensatz zur Standard Version nicht im Flugdatenrekorder (FDR) integriert, sondern herausgeführt. Dies ermöglicht bei wechselnden Druckverhältnissen im Modell eine genauere Messung von Höhe und Steig- bzw. Sinkrate. Der Datenspeicher ist viermal grösser als bei der Standard-Version.

Die Sailplane Variante verfügt über ein internes akustisches Variometer im Dashboard, welches energetisch kompensiert ist (Knüppelthermik wird eliminiert). Beide Varianten basieren auf nachfolgend erläuterten Standard Version.

Lieferumfang Standard Seagull System

Das Seagull System besteht aus zwei Hauptkomponenten: dem Flugdatenrekorder (FDR) und einer Anzeigeeinheit (Dashboard). Der 20g schwere Flugdatenrekorder wird im Modellflugzeug zusammen mit allfällig optionalen Sensoren installiert. Während dem Flug werden die gewünschten Parameter einerseits intern aufgezeichnet und gespeichert, andererseits über einen kleinen externen Sender (433MHz, 6g) direkt und in Echtzeit zum Dashboard gesendet. Das Dashboard zeigt die aktuellen Flugdaten an und gibt akustische Warnsignale ab, falls die zuvor definierten Limiten über- oder unterschritten werden.

Das Standard-Paket dieser Telemetrie besteht aus folgendem Lieferumfang:

- Flugdatenrekorder mit externem Sender
- Anzeigeeinheit (Dashboard) mit eingebautem Empfänger
- ein Temperatursensor (Ringform)
- ein Drehzahlsensor mit Magnet
- Pitot Tube für Staudruckmessung
- vier Y-Servokabel
- USB-Kabel zur Kommunikation mit dem Computer
- Windows CD mit Software
- englische Bedienungsanleitung



Mit dieser Grundausstattung lassen sich bereits zahlreiche Flugdaten erfassen: Fluggeschwindigkeit, Flughöhe, Steigrate, Spannung der Empfängerbatterie, Servo-Bewegungen und -störungen, Drehzahl, Temperatur, Signalstärke und -qualität der Telemetrie.

Der Stromverbrauch des Flugdatenrekorders (inkl. Sender und Sensoren) wird mit weniger als 60 mA pro Stunde spezifiziert. Somit wird der Empfängerakku nur unwesentlich höher belastet.

Optionale Sensoren

Der Flugdatenrekorder kann modular den spezifischen Bedürfnissen mit optionalen Sensoren erweitert werden:

- Optischer Drehzahlsensor (bis 65500 U/min)
- Temperatursensoren in unterschiedlicher Form (bis 200°C)
- G-Beschleunigungssensor (bis +/-38g)
- Abgastemperatur (bis 1093°C)
- Stromsensoren (100A, 140A und 300A in Ringbauweise) mit integrierter Akkuspannungsmessung (bis 50V ~ 12s-LiPo, 70V FDR optional erhältlich)
- GPS-Modul

Um meine spezifischen Bedürfnisse abzudecken, entscheide ich mich für die Standard Seagull Telemetry. Neben einem Tropfen-Temperatursensor schaffe ich auch den 140A-Stromsensor an. Dieser misst den Strom kontaktlos mit Hilfe des Hall-Effekts, d.h. analog einem Zangenamperemeter. Diese Messmethode ist im Gegensatz zur Messmethode mit Shunt-Widerständen gängiger Logger absolut verlustfrei.

Flugdatenrekorder

Das Herzstück des Telemetry Systems ist der 20g schwere Flugdatenrekorder. Mit seinen Abmessungen von 49x34x17 mm findet er in jedem gewünschten Modell platz. Die Steckplätze der externen Sensoren sind klar und unmissverständlich beschriftet. Augenfällig ist der Anschluss der Pitot Tube (im Zentrum), die rote Steuertaste und die rote Kontrollleuchte. In der Standard Version ist der Static Port im FDR integriert. Ich bin dann gespannt, wie sich die Druckänderungen meines impeller-getriebenen Modells sich auf die Höhenmessung auswirken wird.



Sobald der Flugdatenrekorder mit Strom versorgt wird, beginnt die Aufzeichnung der zuvor konfigurierten Parameter und dessen Funk-Übermittlung ans Dashboard. Die Datenaufzeichnungszeit hängt von der Anzahl Parametern und der eingestellten Abtastrate (10 Messungen pro Sekunde bis 1 pro 5 Minuten) ab. Bei maximaler Anzahl Parameter und bester Abtastrate wird jedoch immer noch eine minimale Aufzeichnungsdauer von 20 Minuten erreicht (Angaben Hersteller). Bei entsprechend geringerer Anzahl Parameter und/oder Abtastrate lässt sich die Aufzeichnungsdauer auf mehrere Stunden ausdehnen. Alle Grundeinstellungen erfolgen einfach und komfortabel via USB-Kabel auf dem Computer. Auf dem Prüfstand (am Boden) kann der FDR auch direkt über USB mit dem Computer verbunden werden. Der sogenannte «LiveMode» erlaubt die direkte Aufzeichnung und Darstellung auf dem Computer. Dadurch ist die Aufzeichnungszeit beinahe unbegrenzt. Der FDR schaltet sich zum Schutz der Empfängerbatterie automatisch ab, sobald die Versorgungsspannung unter 4.5V fällt.

Dashboard

Während dem Flug können die aktuellen Messungen auf dem Dashboard abgelesen und überwacht werden. Die Anzeige der gewünschten Parameter auf dem Dashboard sind frei definierbar. Insgesamt können auf dem Dashboard 20 Parameter (4 Parameter auf 5 Anzeigeseiten) ausgegeben werden. Wenn Schwellenwerte mit akustischen Warnsignal definiert sind und die Schwelle erreicht ist, zeigt das Dashboard automatisch die entsprechende Seite mit der überschrittenen Limite an. Die Messdaten können metrisch oder in englischen Masseinheiten dargestellt werden. Die Programmierung des Dashboards erfolgt einfach und komfortabel über den Computer. Die LiveMode-Aufzeichnung kann auch hier direkt auf den Computer erfolgen via USB-Kabel vom Dashboard.



Genauigkeit der Sensoren

Wie lautet die Grundregel bei messtechnischen Auswertungen? «Wer misst, misst Mist». Einzelne Sensoren - wie etwa die Hoch-Strom/Spannungssensoren - lassen sich mit Hilfe von unabhängigen Messgeräten kalibrieren. Um die Genauigkeit der übrigen Sensoren abschätzen zu können, führe ich einige «Versuchsmessungen» durch.

Temperatursensoren: Die Messungen des Tropfen-Temperatursensor überprüfe ich mit dem Infrarot-Thermometer. Vom FDR gemessene 75° zeigt das Thermometer mit 73.8°C an.

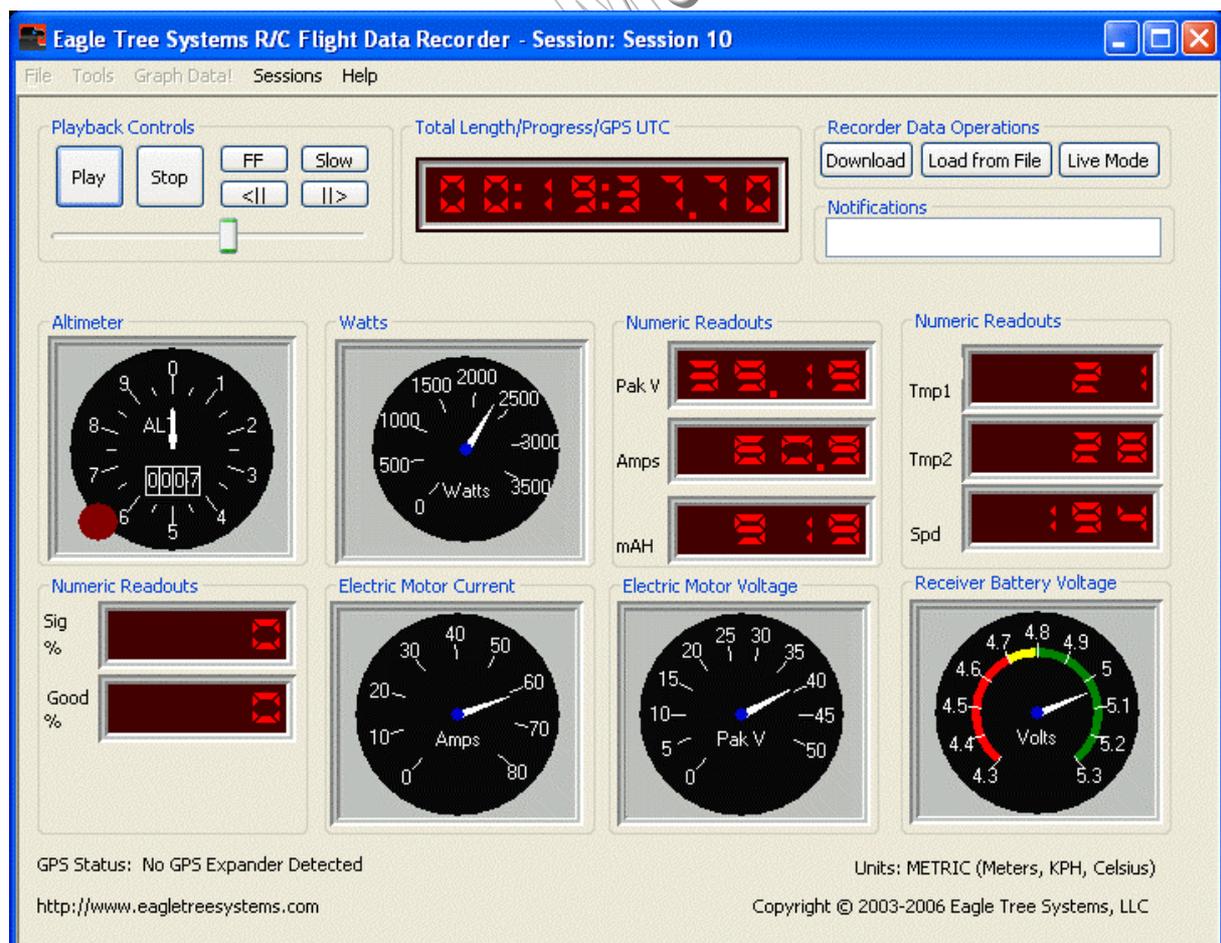
Geschwindigkeit mit Pitot Tube (Staudruckmesser): Um die Genauigkeit der Pitot Tube ermitteln zu können, musste ich mir etwas einfallen lassen. Ich habe die Pitot Tube an einem langen Stab befestigt. Auf einer einsamen langen Landstrasse bat ich meine Frau möglichst genau 80km/h mit unserem Auto zu fahren, dabei hielt ich den Stab aus dem Fenster. Da das Auto Groundspeed anzeigt, die Pitot Tube aber Airspeed (mit Windeinfluss!) misst, mussten wir also die Messstrecke zweimal abfahren – einmal hin und her. Dabei hat die Pitot Tube gegen den Wind 89km/h, mit dem Wind 65km/h gemessen. Somit lässt sich sagen, dass die gemittelte Geschwindigkeit ohne Windeinfluss 76km/h beträgt. Der Messfehler von 4km/h kann nicht genau eingeordnet werden, da ich über keinerlei Informationen zur Genauigkeit unseres Autotachos habe. Die Messgenauigkeit liegt wohl unter 3%.

Höhe: Bei der Höhenmessung war's dann wieder einfacher. Ich nehme eine 1:25'000 Landkarte und fahre mit dem Auto einen bekannten Referenzpunkt mit Höhenangabe an. Auf dem Beifahrersitz ist mein Laptop und der FDR im LiveMode zur Messung bereit. Ich fahre also vom Referenzpunkt (514m ü.M.) los auf unseren Hausberg (1110.2m ü.M.). Der FDR zeigte dabei 2 Meter weniger Höhendifferenz an.

«Verbrannte» mAh: Die auf dem Prüfstand verbrannten 3540mAh werden vom Ladegerät mit 3630 mAh nachgeladen. Diese Messung wird natürlich indirekt von der Genauigkeit der zuvor erfolgten Kalibrierung des 140A-Sensors beeinflusst. Diese Messungen sind natürlich nicht mit hochpräzisen Methoden erfolgt, helfen aber bestimmt die Genauigkeit der Sensoren zu veranschaulichen.

Installation im eJet

Die Software ist kompatibel zu allen Windows-Systemen ab Windows 98 SE. Die Installation ab CD ist einfach und selbsterklärend.

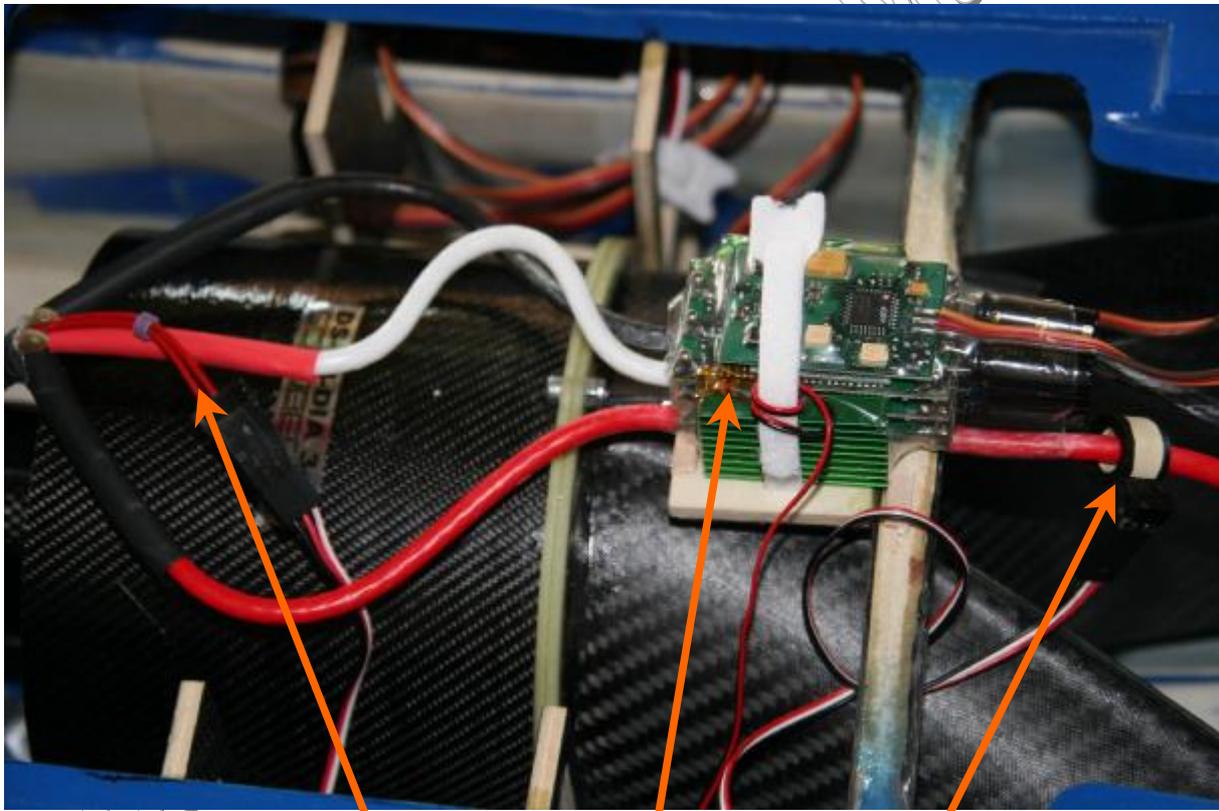


Cockpit-Ansicht der Computer-Software

Über das Menü «Tools» von der Hauptansicht lassen sich alle möglichen Einstellungen, des Flugdatenrekorders und des Dashboards einfach und schnell über das USB-Kabel erledigen. Zu Beginn ist das Tool «Seagull Wireless Dashboard Setup Wizard» sehr hilfreich. Er führt mich Schritt für Schritt mit Erklärungen durch alle nötigen und gewünschten Einstellungen. Auf Anhieb ist mein FDR und das Dashboard meinen Wünschen entsprechend eingestellt.

Der Einbau des Telemetrie Systems in meine F/A-18 ist denkbar einfach und erfolgt ohne grossen Aufwand. So kann ich nun die von mir gewünschten Parameter aufzeichnen: Fluggeschwindigkeit, -höhe, Antriebsstrom, -spannung, -leistung, «verbrannte» mAh, Motor- und Reglertemperatur.

Bei wichtigen Parametern – wie Empfängerakkuspannung, Regler-, Motortemperatur und minimale Fluggeschwindigkeit – habe ich Schwellenwerte definiert, welche mir eine sichere Landung innerhalb der zulässigen Limiten erlauben. Werden diese Schwellenwerte erreicht, zeigt dies das Dashboard mit unterschiedlichen akustischen Warnsignalen an. Dadurch gewinne ich weitere Sicherheit gegen Unterspannung, Überhitzung und zu geringe Anfluggeschwindigkeit.



Kabel zum Motor-Temperatursensor / Regler-Temperatursensor / 140A-Stromsensor

Bei der Installation des 140A-Stromsensors ist mir jedoch eine Ungereimtheit aufgefallen. Erst wurde die Akkuspannung nicht angezeigt, bis ich feststellte, dass dazu gemäss Anleitung ebenfalls der Akku-Minuspol am Flugdatenrekorder angeschlossen werden muss. Das machte mich stutzig, da ich einen galvanisch getrennten Opto-Regler (ohne BEC) verwende. Nach einer kurzen Anfrage an den Eagle Tree Support via eMail wurden meine Befürchtungen bestätigt. Durch die nötige Verbindung des Akku-Minuspools entsteht eine gemeinsame Masse mit dem Empfänger, was seinerseits die galvanische Trennung überbrückt. Dies macht den Empfänger anfälliger auf Störeinflüsse des Antriebsstrangs. Eagle Tree hat jedoch das Problem erkannt und entwickelt nun einen neuen Sensor, welcher die galvanische Trennung gewährleistet. Bis zur Auslieferung des neuen Sensors verzichte

ich während dem Flugeinsatz aus Sicherheitsgründen auf die Messung der Akkuspannung, in dem ich den Akku-Minuspol vom Flugdatenrekorder trenne und damit die galvanische Trennung wieder gewährleistet ist..

Der eMail-Kontakt mit dem Support von Eagle Tree Systems war übrigens vorbildlich. Bei jeder Anfrage erhielt ich innerhalb von 24 Stunden eine kompetente Auskunft.



F/A-18 auf dem Prüfstand – Datenaufzeichnung im LiveMode

Daten überwachen und aufzeichnen

Vor dem Flug führe ich ein Reichweitentest durch um allfällige Interferenzen mit der Fernsteuerung zu erkennen. Alles funktioniert einwandfrei – der ersten Flugdaten-Aufzeichnung steht somit nichts mehr im Wege.

Während dem Flug herrscht um mich herum ungläubiges Staunen. Alle – ausser mir – starren auf das Dashboard und verfolgen die Entwicklung der Flugdaten. Ein Raunen geht durch die Reihen als die F/A-18 mit über 200 Sachen über die Piste schiesst.



Low-Pass der F/A-18

Meine Flugzeit richtet sich nun nicht mehr nach eingestelltem Timer am Senderpult, sondern nach effektiv «verbrannter» Akkukapazität. Dadurch lässt sich auch bei unterschiedlichem Flugstil eine optimale Flugzeit erreichen. Bei verbrannten 75% der Akkukapazität setze ich

zur Landung an, was mir eine Restkapazität von 15% nach der Landung garantiert und damit die Lebensdauer der LiPo-Akkus positiv beeinflusst (keine ungewollte Tiefentladung durch zu geringe Restkapazität).

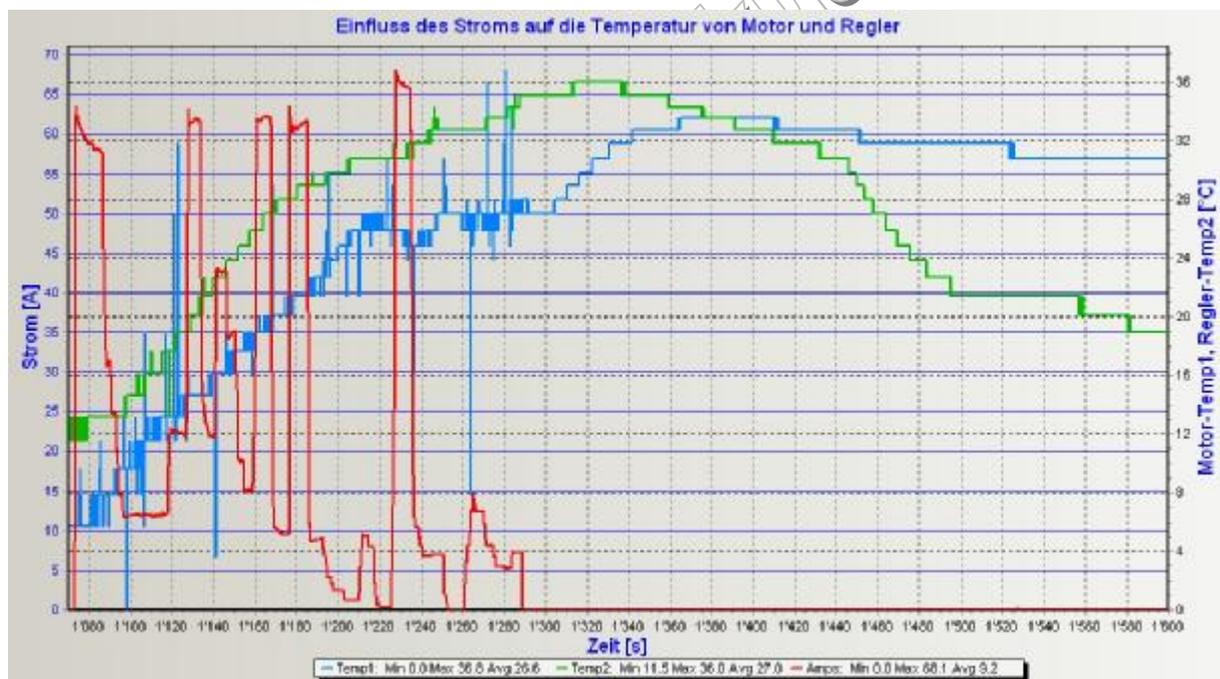
Daten auswerten

Zuhause angekommen, hole ich den Laptop hervor und stecke ihn am FDR an. Die Messreihe wird nun zur Auswertung vom FDR auf den Computer heruntergeladen. Mit Hilfe der Software können die gesammelten Flugdaten nun vielseitig ausgewertet werden.

Die Wiedergabe der Flugdaten erfolgt in zeitlicher Abfolge im «Cockpit». Dabei sind die Daten auch in Zeitraffer abspielbar. Die Uhren- und numerischen Instrumente zeigen die exakten Werte an. Der Flug kann so noch einmal in aller Ruhe mitverfolgt und einzelne Passagen genau analysiert werden.

Meiner Meinung nach sind aber die grafischen Auswertungen wesentlich interessanter und aufschlussreicher. Alle gemessenen Daten können in der Y-Achse (vertikal) miteinander verglichen werden. Die Daten können auf der X-Achse (horizontal) wahlweise der Zeit, dem Strom oder der Leistung gegenübergestellt werden.

Die Grafiken sind im höchsten Masse den eigenen Bedürfnissen flexibel anpassbar. Farben, Beschriftungen, Skaleneinteilung und vieles mehr sind analog zu einer Excel-Grafik individualisierbar. Die grafische Auswertung ist wahrlich ein mächtiges Instrument um zu verstehen was genau im Flugzeug vor sich geht.



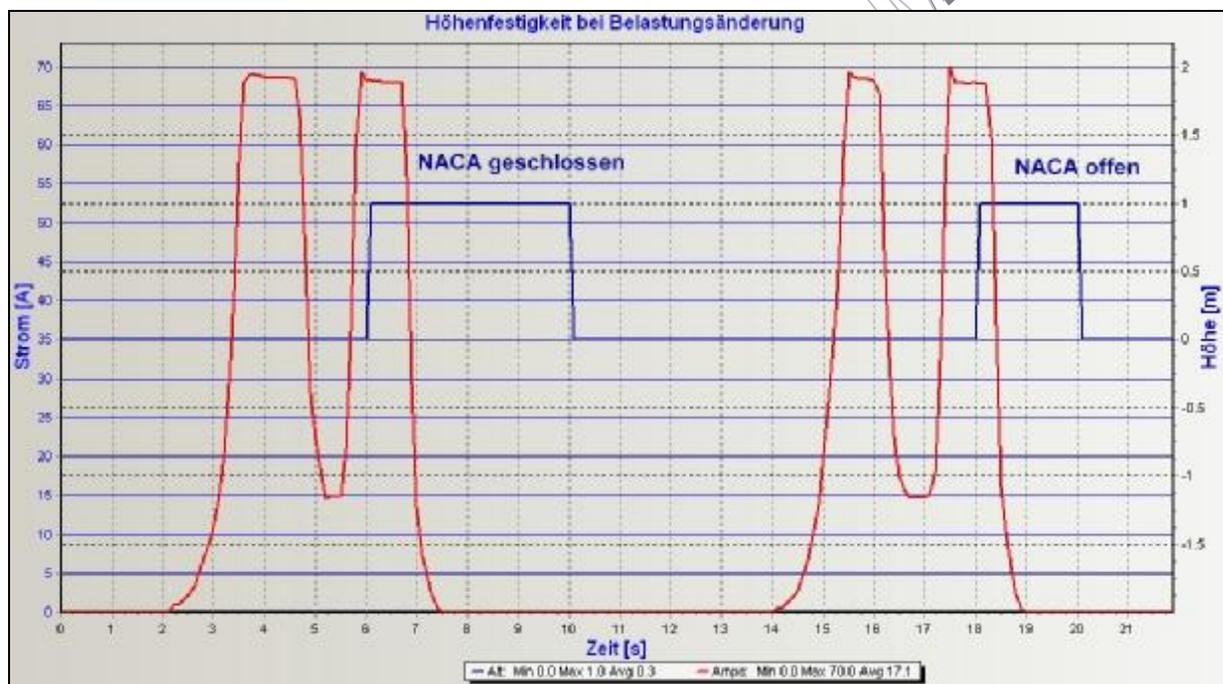
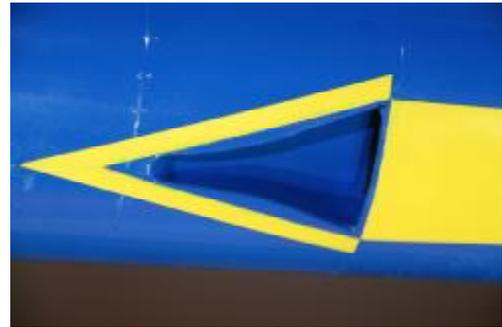
Einfluss der Leistung auf die Regler- und Motortemperatur (Flugdauer 4min, Aussentemperatur 8°C)

Diese Grafik zeigt schön den Temperaturverlauf am Motor und Regler. Am Regler steigt die Temperatur (grün) erwartungsgemäss mit zunehmender elektrischer Energie (proportional zur roten Kurve, Energie = Strom * Spannung * Zeit) an und fällt erst wieder ab, wenn keine Energie mehr ins System gepumpt wird.

Bei der Motorentemperatur (blau) scheint sich da ein Widerspruch zu ergeben: Wird Energie ins System geleitet sinkt teilweise die Temperatur (vgl. bei 1230 Sekunden)! Der vermeintliche Widerspruch ist in der Bauweise des Impellers begründet. Wird Energie ins System gepumpt, ist die Kühlung des Motor durch den anliegenden Luftstrom wesentlich effektiver, als wenn der Rotor steht und der Motor mit weniger frischer Luft durchflutet wird. Nach dem Flug ist auch eine erneute deutliche Temperaturzunahme am Motor zu verzeichnen infolge fehlendem Luftstrom. Die nachfolgende Abkühlung erfolgt am Regler wesentlich schneller als im Motor.

Das Einlaufhosenrohr ist vor der Impeller-Zusammenführung und gegen die Zelle hin offen. Schubänderungen bewirken damit eine Druckänderung innerhalb des Modells. Vorne am Rumpf befindet sich ein NACA-Einlass, welcher die Druckänderung möglichst schnell ausgleichen sollte. Aber welchen Einfluss wird nun diese Druckänderung auf die Qualität der Höhenmessung haben?

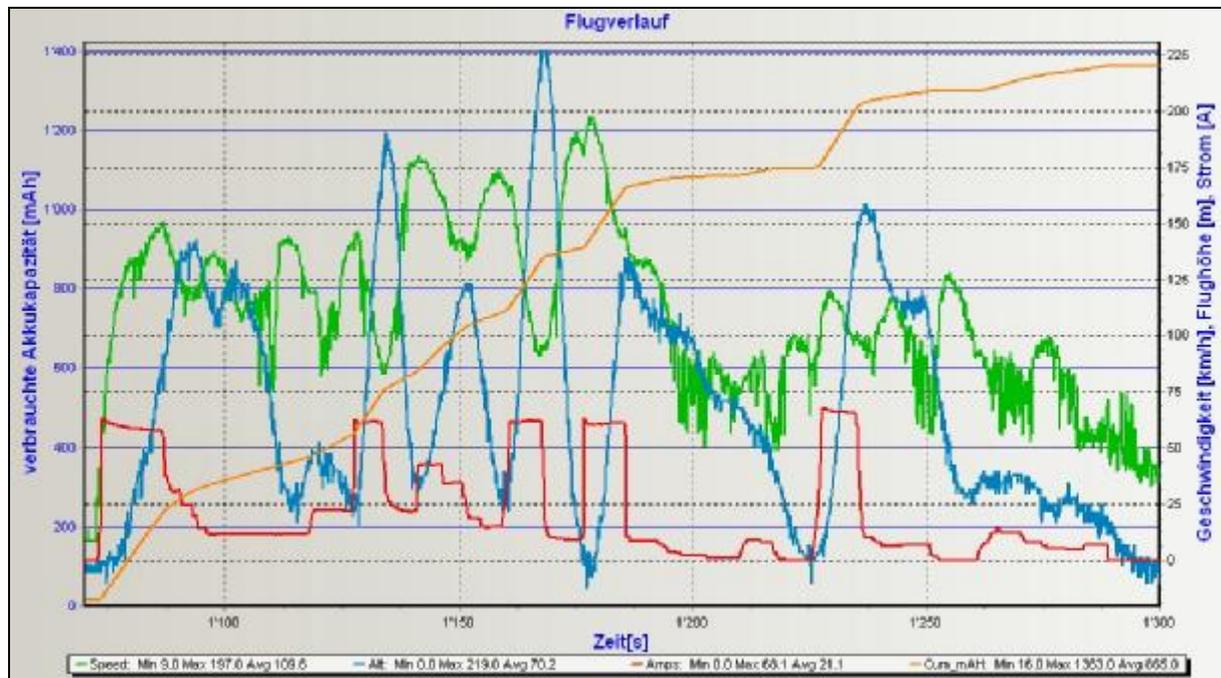
Um dies zu testen führte ich eine Messung auf dem Prüfstand durch. Bei gleicher physischer Höhe ändere ich periodisch die Gasstellung – einmal mit offenem NACA-Einlass, einmal bei geschlossenem Einlass. Die anschließende grafische Auswertung zeigt, dass die Höhe im Extremfall während der Schubänderung bei geschlossenem, wie auch bei offenem NACA-Einlass um lediglich 1m variiert – infolge Druckänderung im Rumpf. Die Höhe (blau) steigt beim abrupten Anschieben des Gashebels (rot) an in Folge der Druckänderung, pendelt sich aber unterschiedlich schnell wieder auf dem korrekten Wert ein. Der Messfehler ist somit für mich unbedeutend.



Test des Static Ports

Mich persönlich interessierte auch, ob der Schubüberschuss ausreicht um die F/A-18 senkrecht beschleunigen zu können. Um dies festzustellen fliege ich das Modell am unteren Geschwindigkeitsbereich langsam über den Platz (vgl. 1220 bis 1240 Sekunden). Das Gas wird bis zum Anschlag angeschoben (rot) und die F/A-18 in die Vertikale gebracht (blau). Die Geschwindigkeit (grün) nimmt dann senkrecht tatsächlich zu. Als ich nun die F/A-18 noch zusätzlich senkrecht rollen lasse, nimmt die Geschwindigkeit wieder ab.

Meine Flugzeit richtet sich nicht mehr nach der Uhr sondern nach der effektiv verbrauchten Akku-Kapazität, welche in diesem Diagramm als orange Kurve zu erkennen ist. Für diesen gemächlichen Testflug von vier Minuten wurden gerade mal 1370mAh «verbrannt». Bei einem Power-Flug über vier Minuten werden da gerne mal 3000mAh verbraucht. Mit dem Eagle Tree System kann ich somit die maximale Flugzeit erreichen, unabhängig ob ich gemächlich oder mit hohem Energiebedarf fliege.



Flugverlauf

Bei der Diskussion mit Impeller-Kollegen stelle ich immer wieder fest, dass niemand genau weiss, um wie viel sich der Strom im Flug zu jenem auf dem Prüfstand verringert. Da werden Zahlen bis 20% rumgeboten. Bei Prüfstandmessungen erreichte meine F/A-18 einen maximalen Strom von 74A, im Flug waren es noch 68A. Dies entspricht einer Reduktion von lediglich 8.1% – weniger als ich schlecht hin angenommen habe. Meine Schätzungen lagen jeweils bei 10% bis 15%.

Fazit

Die Telemetrie von Eagle Tree überzeugt durch ihr geringes Gewicht, den modularen Aufbau, den vielseitigen Einsatzbereich und die zuverlässige und einfache Aufzeichnung bzw. Übertragung einer Vielzahl von Modelldaten. Die Sensor-Daten erachte ich als genau und nur mit geringem Messfehler behaftet.

Die Installation ist denkbar einfach und die (englische) Anleitung gut verständlich. Das Dashboard verführt den Piloten vermehrt seinen Blick vom Modell abzuwenden um Daten abzulesen. Um der Versuchung nicht zu erliegen, bitte ich meist einen Vereinskollegen mein Copilot zu sein und mir bei Bedarf einzelne Parameter verbal wiederzugeben.

Mit der vielseitigen und beinahe uneingeschränkten individualisierbaren Grafiken hält der ambitionierte Pilot ein mächtiges Instrument in der Hand, um Vorgänge im Modell zu visualisieren und auszuwerten.

Die Druckänderung im Jettrumpf infolge unterschiedlichem Schub und die damit verbundene fehlerbehaftete Höhenmessung beträgt lediglich 1m. Damit wird der Messfehler beinahe unbedeutend.

Sollte mal ein Problem auftreten oder eine technische Frage auftauchen, steht der eMail-Support von Eagle Tree Systems immer schnell und kompetent zur Verfügung. Auch neue Software oder Firmware Versionen lassen sich über die Website herunterladen und dies alles zum Null-Tarif.

Einziges Vermutstropfen ist die ungewollte Überbrückung der galvanischen Trennung zwischen Empfänger- und Antriebsstromkreis beim Betrieb mit einem Opto-Koppler-Regler. Eagle Tree Systems hat das Problem jedoch erkannt und entwickelt zur Zeit eine neuen entkoppelten Sensor zur Messung der Antriebsspannung.

Seagull Telemetrie in Kürze

Datenrekorder: 20g, max. 60 mAh
 Sender: 6g, 433 MHz

Limiten für Messungen

Höhe: -600m / +9000m
 Steigleistung: +/-2999m/min
 Geschwindigkeit: 466 km/h
 Temperatur: 200°C / EGT 1093°C
 Drehzahl: 65'535 U/min
 Spannung: 50V (70V optional)
 Strom: 300A
 Kapazität: 9999mAh
 Beschleunigung: +/-38g

Hersteller: Eagle Tree Systems
 Bezug bei: www.stemotec.ch

Die F/A-18C Hornet in Kürze

Spannweite: 1148mm
 Länge: 1697mm
 Fluggewicht: 4350g
 Flugzeit: ca. 6min
 Hersteller: Schreiner GFK Modell
 Bezug bei: www.insider-modellbau.ch

Antrieb:

Akku: Hyperion 2100CL 12s2p
 Regler: Phönix 110-HV
 Motor: NeuMotors 1521-2Y-8mm
 Impeller: Schübeler DS-94-DIA 3ph
 max. Strom: 74A @ 41.4V
 Standschub: ~5200g
 Bezug bei: www.eflight.ch



electric power – what else ?!
www.s4a.ch/eflight

Dieser Artikel erschien im Modellflug-Magazin «Aufwind 3/2007»

Markus Müller – alias eJet