

ELEKTRISCH, ABER RICHTIG

ANTRIEBSAUSLEGUNG AN EINEM BEISPIEL

In den vergangenen beiden Ausgaben haben wir uns mit der Leistungsbetrachtung und den Rahmenbedingungen befasst. Nun wollen wir diese Erkenntnisse anwenden und anhand eines Beispiels praxisgerecht umsetzen.

Am Beispiel einer Goldwing-„SBach 342“ (www.goldwingrc.com) wollen wir eine dynamische Kunstflugmaschine mit 3D-Ambitionen auslegen. Das Modell hat 180 Zentimeter Spannweite und ein Leergewicht mit von rund 2,8 Kilogramm. Um die gewünschten Flugeigenschaften zu erreichen, streben wir somit folgende Leistungsmerkmale an (vgl. AUFWIND 4/2014, Seite 55):

- Schub-Gewichtsverhältnis von rund 2.0
- Strömungsgeschwindigkeit am Propeller 80-100 km/h

Die bereits vorhandenen Akkus sollen auch in dem neuen Modell zur Anwendung kommen. Ich verfüge über 4s-Packs mit 3.300 Milliamperestunden (35 C) und mit 4.200 Milliamperestunden (30 C). Mein Flugfeld liegt auf rund 550 Metern über Normalnull und die Komponenten sollen auch an einem heißen Sommertag (Außentemperatur: 30°C) nicht thermisch überlastet werden. Die Bodfreiheit des Modells lässt eine Luftschraube von maximal 22 Zoll zu. Daraus ergeben sich folgende Rahmenbedingungen (vgl. AUFWIND 5/2014, Seite 86):

- vorhandene Akkus, also 8s mit zwei 4s-Packs in Serie
- atmosphärische Bedingungen: 550 Meter Höhe, 30 °C
- Luftschraubengröße maximal 22 Zoll



Ein Kunstflugmodell wie diese Goldwing-„SBach 342“ macht erst mit einem richtig ausgelegten Antrieb Spaß

Dies also sind die Eckdaten der Antriebsauslegung. Mit denen kommen die bei „propCalc“ von „eCalc“ (www.eCalc.ch) verfügbaren Kalkulatoren zum Einsatz. Exklusiv für AUFWIND-Leser haben wir einen freien Zugang (bis 30. November 2014) eingerichtet (Benutzer: propCalc; Passwort: Aufwind). Es gilt nun die definierten Eckdaten einzuarbeiten, beziehungsweise als Resultat zu erhalten. Das Vorgehen ist iterativ und wir arbeiten uns schrittweise an einen vernünftigen Antrieb

heran. Nach erfolgreicher Anmeldung erfassen wir ...

- 1.) ... das Rohbaugewicht von 2.800 g, ohne Antrieb. Der Kalkulator errechnet damit aus den erfassten Komponenten das resultierende Abfluggewicht.
- 2.) ... die atmosphärischen Bedingungen (550 m Höhe, 30 °C).

Bild 01 | Eingaben gemäß Leistungsbetrachtung und Rahmenbedingungen

| | | | | | | | |
|-------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| Generell | Motorikühlung: gut | Anz. Motoren: 1 (an einem Akku) | Modellgewicht: 2800 g 98.8 oz | ohne Antrieb | Flugplatzhöhe 550 m.ü.M 1804 ft.ü.M | Lufttemperatur 30 °C 86 °F | Luftdruck(QNH): 1013 hPa 29.91 inHg |
| Akku-Zelle | Typ (Dauer / max. C) - Ladezustand: Andere - normal | Konfiguration: 8 S 1 P | Kapazität: 4200 mAh | Gesamtkapazität: 4200 mAh | Widerstand: 0.0043 Ohm | Spannung: 3.7 V | C-Rate: 30 C Dauer 45 C max Gewicht: 113 g 4 oz |
| Regler | Typ: max 60A | Dauerstrom: 60 A | max. Strom: 60 A | Widerstand: 0.0045 Ohm | | | Gewicht: 80 g 2.8 oz |
| Motor | Hersteller - Typ (Kv): Leomotion - LEO 4130-0310 (315) suchen... | Kv: 315 U/V | Leerlaufstrom: 1.2 A @ 10 V | Limite (max. 15s): 1690 W | Widerstand: 0.032 Ohm | Gehäuselänge: 58 mm 2.28 inch | Anz. mag. Pole: 14 Gewicht: 378 g 13.3 oz |
| Propeller | Typ - Schränkung Mittelstück: APC Speed E - 0° | Durchmesser: 22 inch | Pitch: 10 inch | Anz. Blätter: 2 | PConst.: 1.08 | Getriebe: 1 : 1 | berechnen |

Anmerkungen:

- Der max. Strom liegt über der Limite des Reglers. Wählen Sie einen stärkeren Regler.
- Die vorhergesagte Gehäusetemperatur ist kritisch (>80°C/175°F). Vorsicht - es besteht ein Überhitzungsrisiko!
- Die max. Leistung liegt über der Limite des Motors. Überprüfen Sie die Herstellerangaben!

| Batterie | Motor @ Optimaler Wirkungsgrad | Motor @ Maximum | Propeller | Gesamter Antrieb |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Belastung: 27.96 C | Strom: 39.64 A | Strom: 117.45 A | Standsschub: 11834 g | Komponenten: 1498 g |
| Spannung: 25.56 V | Spannung: 28.06 V | Spannung: 25.03 V | 417.4 oz | 52.8 oz |
| Nennspannung: 29.60 V | Drehzahl*: 8186 U/min | Drehzahl*: 6500 U/min | Drehzahl*: 6500 U/min | Abfluggewicht: 4298 g |
| Flugzeit Vollgas: 2.1 min | el. Leistung: 1112.1 W | el. Leistung: 2939.9 W | Schub bei Abriss: 10085 g | 152 oz |
| Ø Flugzeit: 3.6 min | mech. Leistung: 1014.9 W | mech. Leistung: 2390.4 W | 355.7 oz | Leistungs-Gewicht: 809 W/kg |
| Gewicht: 904 g | Wirkungsgrad: 91.3 % | Wirkungsgrad: 81.3 % | Pitch Geschw.: 99 km/h | 367 W/lb |
| 31.9 oz | | Temperatur (ca.): 153 °C 307 °F | 61 mph | Schub-Gewicht: 2.75 : 1 |
| | | | Blattspitze: 685 km/h | P(in) @ max: 3476.5 W |
| | | | 425 mph | P(out) @ max: 2390.4 W |
| | | | spez. Schub: 4.03 g/W | Wirkungsgrad @ max: 68.8 % |
| | | | 0.14 oz/W | |

Bild 02 | Das erste (leider noch unbrauchbare) Resultat

| | | | | | | | | |
|-------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---|----------------------------------|--|---------------------------|
| Generell | Motor Kühlung: gut | Anz. Motoren: 1 (an einem Akku) | Modellgewicht: 2800 g 98.8 oz | ohne Antrieb | Flugplatzhöhe: 550 m ü.M 1804 ft ü.M | Lufttemperatur: 30 °C 86 °F | Luftdruck(QNH): 1013 hPa 29.91 inHg | |
| Akku-Zelle | Typ (Dauer / max. C) - Ladezustand: Andere - voll | Konfiguration: 8 S 1 P | Kapazität: 4200 mAh | Gesamtkapazität: 4200 mAh | Widerstand: 0.0043 Ohm | Spannung: 3.7 V | C-Rate: 30 C Dauer 45 C max | Gewicht: 113 g 4 oz |
| Regler | Typ: max 90A | Dauerstrom: 90 A | max. Strom: 90 A | Widerstand: 0.003 Ohm | Gewicht: 115 g 4.1 oz | | | |
| Motor | Hersteller - Typ (KV): Leomotion LEO 5030-0210 (218) suchen... | KV: 218 U/V | Leerlaufstrom: 1.6 A @ 10 V | Limite (max. 15s): 3081 W | Widerstand: 0.023 Ohm | Gehäuselänge: 59 mm 2.32 inch | Anz. mag. Pole: 14 | Gewicht: 627 g 22.1 oz |
| Propeller | Typ - Schränkung Mittelstück: APC Speed E - 0° | Durchmesser: 22 inch | Pitch: 10 inch | Anz. Blätter: 2 | PConst: 1.08 | Getriebe: 1 : 1 | <input type="button" value="berechnen"/> | |

Anmerkungen:

| Batterie | Motor @ Optimaler Wirkungsgrad | Motor @ Maximum | Propeller | Gesamter Antrieb |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Belastung: 16.35 C | Strom: 50.65 A | Strom: 68.67 A | Standsschub: 9296 g | Komponenten: 1811 g |
| Spannung: 29.01 V | Spannung: 29.48 V | Spannung: 28.81 V | 327.5 oz | 63.9 oz |
| Nennspannung: 29.60 V | Drehzahl*: 5988 U/min | Drehzahl*: 5758 U/min | Drehzahl*: 5758 U/min | Abfluggewicht: 4611 g |
| Flugzeit Vollgas: 3.7 min | el. Leistung: 1493.2 W | el. Leistung: 1978.2 W | Schub bei Abriss: 7914 g | 163 oz |
| Ø Flugzeit: 6.2 min | mech. Leistung: 1378.0 W | mech. Leistung: 1816.8 W | 279.2 oz | Leistungs-Gewicht: 467 W/kg |
| Gewicht: 904 g | Wirkungsgrad: 92.3 % | Wirkungsgrad: 91.8 % | Pitch Geschw.: 88 km/h | 212 W/lb |
| 31.9 oz | | Temperatur (ca.): 66 °C 151 °F | 55 mph | Schub-Gewicht: 2.01 : 1 |
| | | | Blattspitze: 606 km/h | P(in) @ max: 2154.6 W |
| | | | 376 mph | P(out) @ max: 1816.8 W |
| | | | spez. Schub: 4.69 g/W | Wirkungsgrad @ max: 84.3 % |
| | | | 0.17 oz/W | |

Bild 03 | Das erste brauchbare Resultat erfolgte auf der Berechnung mit vollen Akkus

3.) ... erst eine 4.000-mAh-Zelle mit 30 C. eCalc füllt die relevanten Daten aus. Nun wählen wir „Andere“ und überschreiben die Kapazität mit 4.200 mAh. Damit wird eine, dem realen Akku entsprechende Flugzeit errechnet.

4.) ... wir die Zellen-Konfiguration: 8s1p.

5.) ... die Luftschraube: sagen wir mal 22x10“, denn große Luftschrauben arbeiten effizienter.

6.) ... einen beliebigen Motor, wie zum Beispiel den Leomotion-„LEO 4130-0310“. Zur einfacheren Veranschaulichung des Vorgehens konzentrieren wir uns vorerst nur auf einen Hersteller.

Die Wahl des Reglers ist vorerst sekundär. Dieser kann bei einer weiteren Berechnung festgelegt werden, wenn der maximale Strom bekannt ist. Die Erfahrung lehrt uns, dass der Regler 20 Prozent oder mehr Reserve zum maximalen Strom aufweisen soll, um nicht mit einem Überhitzungsproblem konfrontiert zu werden.

Nach der Berechnung (vgl. Bild 2) erkennen wir, dass dieser Motor überlastet ist. Mit anderen Worten: die spezifische Drehzahl (KV) des Motors

ist zu hoch und führt zu einem viel zu hohen Vollgasstrom (117A). Im nächsten Berechnungsdurchgang gilt es also einen „größeren“ Motor mit geringerem KV zu wählen. Aus der Motorenliste wählen wir also den nächsten Motortyp mit geringerem KV und wiederholen die Berechnung

fortlaufend. Beim „LEO 5020-0220“ sind wir bei einem Motorentyp angelangt, welche unsere Vorgaben, was Strömungsgeschwindigkeit und Schub-Gewichtsverhältnis angeht, bereits nahe kommt. Lediglich die Motorentemperatur ist noch kritisch. Daraus folgern wir, dass wir also

Bild 04 | Die Suchmaske zum Auffinden eines passenden Motors

| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Hersteller: | Leomotion |
| Motortyp: | |
| KV: | 210 ... 250 U/V |
| min. Leistungsmitte: | 2500 W |
| max. Gewicht: | 620 g |
| sortiert nach: | Hersteller |
| Resultate: 3 | <input type="button" value="suchen"/> |

² die Produktion dieser Motoren wurde eingestellt

| | Hersteller | Motortyp | KV (U/V) | Limite (W) | Gewicht (g) |
|---|------------|------------------|----------|------------|-------------|
| ← | Leomotion | L5038-0230 | 225 | 3600 | 430 |
| ← | Leomotion | LEO 5325-0220 Cp | 222 | 3090 | 565 |
| ← | Leomotion | LEO 5325-0240 Cp | 240 | 3380 | 565 |

| Anmerkungen: | | Motor @ Optimaler Wirkungsgrad | | Motor @ Maximum | | Propeller | | Gesamter Antrieb | |
|-------------------|---------|--------------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|----------------------------|----------|
| Batterie | | Strom: | 37.40 A | Strom: | 68.95 A | Standschub: | 9279 g | Komponenten: | 1742 g |
| Belastung: | 16.42 C | Spannung: | 29.98 V | Spannung: | 28.80 V | | 327.3 oz | | 61.4 oz |
| Spannung: | 29.00 V | Drehzahl*: | 6214 U/min | Drehzahl*: | 5756 U/min | Drehzahl*: | 5756 U/min | Abfluggewicht: | 4542 g |
| Nennspannung: | 29.60 V | el. Leistung: | 1121.1 W | el. Leistung: | 1985.6 W | Schub bei Abriss: | 7908 g | | 160 oz |
| Flugzeit Vollgas: | 3.7 min | mech. Leistung: | 1039.1 W | mech. Leistung: | 1807.3 W | | 278.9 oz | Leistungs-Gewicht: | 476 W/kg |
| Ø Flugzeit: | 6.2 min | Wirkungsgrad: | 92.7 % | Wirkungsgrad: | 91.0 % | Pitch Geschw.: | 88 km/h | | 216 W/lb |
| Gewicht: | 904 g | | | Temperatur (ca.): | 72 °C | | 55 mph | Schub-Gewicht: | 2.04 : 1 |
| | 31.9 oz | | | | 162 °F | Blatts Spitze: | 606 km/h | P(in) @ max: | 2163.5 W |
| | | | | | | | 376 mph | P(out) @ max: | 1807.3 W |
| | | | | | | spez. Schub: | 4.67 g/W | Wirkungsgrad @ max: | 83.5 % |
| | | | | | | | 0.16 oz/W | | |

Bild 05 | Das Resultat in unserem Modellbeispiel ist der „LEO 5325-0220“ mit 22x10-Zoll-Luftschaube

| | | | | | | | | |
|---------------------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|
| Generell | Motorkühlung: gut | Anz. Motoren: 1 (an einem Akku) | Modellgewicht: 2800 g 98.8 oz | ohne Antrieb | Flugplatzhöhe 550 m ü.M 1804 ft ü.M | Lufttemperatur 30 °C 86 °F | Luftdruck(QNH): 1013 hPa 29.91 inHg | |
| Akku-Zelle | Typ (Dauer / max. C) - Ladezustand: Andere - voll | Konfiguration: 8 S 1 P | Kapazität: 4200 mAh | Gesamtkapazität: 4200 mAh | Widerstand: 0.0043 Ohm | Spannung: 3.7 V | C-Rate: 30 C Dauer 45 C max | Gewicht: 113 g 4 oz |
| Regler | Typ: CC Phoenix Edge 100 | Dauerstrom: 100 A | max. Strom: 100 A | Widerstand: 0.006 Ohm | | | Gewicht: 127 g 4.5 oz | |
| Motor | Hersteller - Typ (Kv): Leomotion LEO 5325-0240 Cp (240) suchen... | Kv: 240 U/V | Leerlaufstrom: 1.3 A @ 10 V | Limite (max. 15s): 3380 W | Widerstand: 0.025 Ohm | Gehäuselänge: 55 mm 2.17 inch | Anz. mag. Pole: 14 | Gewicht: 565 g 19.9 oz |
| Propeller | Typ - Schränkung Mittelstück: Fiala - 0° | Durchmesser: 20 inch | Pitch: 12 inch | Anz. Blätter: 2 | PConst.: 1.09 | Getriebe: 1 : 1 | berechnen | |
| Anmerkungen: | | | | | | | | |
| Batterie | | Motor @ Optimaler Wirkungsgrad | Motor @ Maximum | Propeller | Gesamter Antrieb | | | |
| Belastung: | 17.13 C | Strom: 44.96 A | Strom: 71.93 A | Standschub: 9736 g | Komponenten: | 1756 g | | |
| Spannung: | 28.90 V | Spannung: 29.56 V | Spannung: 28.47 V | | | 61.9 oz | | |
| Nennspannung: | 29.60 V | Drehzahl*: 6620 U/min | Drehzahl*: 6209 U/min | Drehzahl*: 6209 U/min | Abfluggewicht: | 4556 g | | |
| Flugzeit Vollgas: | 3.5 min | el. Leistung: 1329.0 W | el. Leistung: 2047.9 W | Schub bei Abriss: 6344 g | | 161 oz | | |
| Ø Flugzeit: | 6.0 min | mech. Leistung: 1230.4 W | mech. Leistung: 1875.1 W | | Leistungs-Gewicht: | 495 W/kg | | |
| Gewicht: | 904 g | Wirkungsgrad: 92.6 % | Wirkungsgrad: 91.6 % | Pitch Geschw.: 114 km/h | | 225 W/lb | | |
| | 31.9 oz | | Temperatur (ca.): 71 °C 160 °F | | Schub-Gewicht: | 2.14 : 1 | | |
| | | | | Blatts Spitze: 595 km/h | P(in) @ max: | 2257.0 W | | |
| | | | | | P(out) @ max: | 1875.1 W | | |
| | | | | spez. Schub: 4.75 g/W | Wirkungsgrad @ max: | 83.1 % | | |
| | | | | | | 0.17 oz/W | | |

Bild 06 | Ein effektiv eingesetzter Antrieb: „LEO 5325-0240“ mit 20x12-Zoll-Luftschaube von Fiala

einen Motor benötigen, welcher ein KV von circa 220 U/V aufweist und zwei Kilowatt locker wegzustecken vermag. Wir gehen also weiter in der Motorenliste zur nächsten Motorengröße und finden den „LEO 5030-0210“. Damit haben wir einen ersten funktionierenden und unseren Vorgaben entsprechenden Antrieb gefunden (vgl. Bild 3). Nun gilt es noch den Regler festzulegen. Ein 90-A-Regler hat genügend Reserve, um auch im Teillastbereich mit erhöhter Verlustleistung den Anforderungen gerecht zu werden.

Basierend auf diesem Antrieb können wir weitere Varianten errechnen und unseren Antrieb

optimieren. So können wir nach einem Motor suchen (vgl. Bild 4), welcher ein KV von rund 220 U/V hat und circa 2,5 Kilowatt leistet. Er soll aber leichter sein als die 627 Gramm, denn jedes eingesparte Gramm verbessert unsere Flugleistung.

Wir werden fündig: der „LEO 5325-0240 Cp“ mit einem 22x10-Zoll-Propeller bringt eine Einsparung von 62 Gramm (vgl. Bild 5). Wem die Luftschaube zu groß ist, der kann den Durchmesser reduzieren und einen Motor mit etwas mehr KV wählen. So kann weiteres Gewicht bei der Luftschaube eingespart werden. Das geht sehr schön, denn mit dem Kalkulator können in kür-

zester Zeit unterschiedliche Setups simuliert, durchgerechnet, verfeinert und optimiert werden. Dieses iterative Vorgehen kann natürlich auf die gesamte Motorendatenbank ausgedehnt werden.

Ich habe mich schließlich für einen „LEO 5325-0240 Cp“ mit einer 20x12-Zoll-Luftschaube entschieden. Die höhere Strömungsgeschwindigkeit verleiht dem Modell einen besseren Durchzug und die Proportionen der Luftschaube passen besser zur Modellgröße (vgl. Bild 6).

Markus Müller
www.ecalc.de

Vertrieb der Voll-GFK Modelle **Starling PRO** und **Falcon EVO**
Bausätze aus eigener Herstellung, Bauservice, Servos,
Brushless, RC etc.

Telefon 0221/88813-65
www.ed-modellbau.de info@ed-modellbau.de



www.gefa-gfk.de

Tel.: 07042/830128 - Fax: 07042/34635

www.aufwind-magazin.de