

# Wie suche ich den richtigen Brushless Motor für mein Flugzeug aus?

Als erstes gilt es zu bestimmen, wofür das Flugzeug eingesetzt werden soll. Kunstflug, 3D, gemütliches Feierabendfliegen, Segler effizient auf Höhe bringen, Motorschlepp machen, Heizen bis zum abwinken, kurzer Bodenstart, Messerflug etc.

Dazu schauen wir uns erst mal an, was an Leistung überhaupt notwendig ist. Das Problem dabei ist, dass jeder Hersteller andere Angaben macht. Der eine Verkäufer spricht von einem 900 Watt Motor, und ein anderer Hersteller wird einen ähnlichen, praktisch baugleichen Motor als einen 1300 Watt Motor bezeichnen.

Das liegt daran, dass der eine Hersteller bei einem Lipo pro Zelle von 4,2 Volt ausgeht, und ein anderer davon, dass ein Lipo unter Last auf rund 3,3 Volt pro Zelle einbricht.

$3,3 \text{ (Lipo unter Last)} * 6 \text{ (6er Lipo)} * 50 \text{ Ampere} = 990 \text{ Watt}$   
 $4,2 \text{ (Vollgeladener Lipo)} * 6 \text{ (6er Lipo)} * 50 \text{ Ampere} = 1260 \text{ Watt}$

Die Angaben liegen schon mal von Anfang an gut 30% auseinander, beim gleichen Motor.

- Dann gibt der eine Hersteller die Angaben bei Dauerbelastung an, und ein anderer die maximale Kurzzeitbelastung.
- Weiterhin werden dann noch Wirkungsgrade angegeben, die teilweise schlecht nachvollziehbar sind, bzw. schlichtweg schwer zu berechnen sind.
- Zudem stellt sich noch die Frage ob der Motor in einen Segler mit schlechter Lüftung kommt, oder wie bei einer YAK 54 voll im Fahrtwind ist.
- Der eine Hersteller wird einen Motor also mit 600 Watt angeben, und ein anderer Hersteller einen vergleichbaren Motor bei 1000 Watt! Was stimmt denn nun?

**Man braucht also eine Berechnungsgrundlage, wo man jeden Motor selber durchrechnen kann, und so verschiedene Motoren verschiedener Hersteller selber vergleichen kann.**

Ich bin dafür diese Berechnung möglichst konservativ und realistisch zu machen. Daher gehe ich immer davon aus, dass ein Lipo unter Last auf 3,3 Volt pro Zelle einbricht. Klar ein 4000er Lipo (bei z.B. 10C Belastung) bricht weniger ein, als ein 2000 Lipo (bei 20C) am gleichen Motor. Aber das ist jetzt weniger wichtig. Wir gehen einfach von 3,3 Volt pro Zelle aus.

Um einen weiteren Maßstab zu setzen, gehen wir immer von Leistung pro Kilo Flugzeuggewicht aus.

Strom \* Spannung = Leistung  
Ampere \* Volt = Watt

Um einen Bodenstart sauber zu schaffen, braucht man ein Minimum von 80 Watt pro Kilo. Doch bei einer Graspiste reicht das nicht mehr aus.

Einfacher Kunstflug: Minimum 160 Watt pro Kilo

Doch das sind minimale Zahlen. Leistung bedeutet Sicherheit. Bei einem verrissenen oder verschätzten Landeanflug, wenn es etwas windiger ist, oder wenn der Baum doch näher ist als man dachte.

Ich empfehle daher einen Flieger **niemals mit unter 170 Watt pro Kilo Flugzeuggewicht** zu befeuern. Nichts ist schlimmer, als wenn man den Flieger im Boden versenkt, weil die Leistung im kritischen Moment nicht da war.

Segler: 180 Watt pro Kilo. Klar, man kann auch mit 80 Watt pro Kilo einen Handstart machen. Doch mit 180 Watt pro Kilo kann man schon ganz schön schräg nach oben hin wegsteigen. Wird erst ein bisschen Fahrt aufgenommen, dann kann man auch ein paar Sekunden senkrecht oder fast senkrecht steigen. Man hat dann nach 20 - 30 Sekunden Motorlaufzeit eine sehr gute Ausgangshöhe für die Thermiksuche.

**Langsamer Oldtimer:** 200 - 230 Watt pro Kilo

**Dynamischer Kunstflug:** Ab 230 Watt pro Kilo.

**3D Flug:** Ab 330 Watt pro Kilo. Geht schon ab 280 Watt pro Kilo. Wenn der Flieger aber mal abkippt, dann kann man mit der Leistung von 280 Watt nicht mehr im Messerflug die Figur retten. Man riskiert das Modell unnötig. Ideal 330 bis 400 Watt pro Kilo.

**Pylon:** Je nach Flugstil 250 – 600 Watt und mehr pro Kilo Flugzeuggewicht.

**Hotliner:** 300 Watt bis 1500 Watt und mehr pro Kilo Flugzeuggewicht.

Den Strom mißt man am Besten mit einem Zangenamperemeter. Dazu muss man keine Kabel aufschneiden. Man legt einfach die Zange um ein Kabel an der Batterie, und über das erzeugte

Magnetfeld des laufenden Flugzeugmotors, kann der erzeugte Strom vom Zangenamperemeter berechnet werden. Somit hat man mehr Kontrolle, und verhindert dass der Lipo, Regler oder Motor unnötig vernichtet wird. Das Zangenamperemeter muss Gleichstrom messen können, und kostet teils unter 50 - 60 Euro. Also schnell die Kosten die man hat, wenn Elektronik vernichtet wird.

Bei der Spannung geht man einfach von 3,3 Volt pro Lipozelle aus, und nicht von 4,2 Volt. Also der Spannung auf die ein Lipo unter Last einbricht. Damit hat man realistische Zahlen. Jedenfalls stützen sich hier alle Berechnung auf diese Grundlage.

1er Lipo: 3,3 Volt  
2er Lipo: 6,6 Volt  
3er Lipo: 9,9 Volt  
4er Lipo: 13,2 Volt  
5er Lipo: 16,5 Volt  
6er Lipo: 19,8 Volt  
7er Lipo: 23,1 Volt  
8er Lipo: 26,4 Volt

Mit dieser Information wird es jetzt richtig einfach den eigenen Antrieb selber sinnvoll zu berechnen. Man hat vor allem immer die gleiche Berechnungsgrundlage. Den Strom misst man mit dem Zangenamperemeter oder bekommt die Angabe in der Produktbeschreibung.

Strom \* Spannung = Leistung  
Ampere \* Volt = Watt

**Beispiel Segler:** Ein 1,7 Kilo Segelflieger soll motorisiert werden. Dabei soll der Segler recht steil steigen können, muß aber nicht senkrecht hoch steigen können. Man will einfach wieder recht zügig auf Höhe kommen. Wie wird dieser sinnvoll motorisiert?

12\*8 Klappschraube  
30 Ampere (gemessen mit Amperemeter) \* 9,9 Volt (3er Lipo) = ca. 300 Watt

1,7 Kilo = 300 Watt  
1 Kilo = 300 / 1,7 = 176 Watt pro Kilo Flugzeuggewicht.

### **Beispiel Depron 3D Flieger**

Ein Depron 3D Flieger soll problemlos einen 3D Flug hinlegen können.  
Dieser ist 250 Gramm leicht. Es wird ein 2er Lipo verwendet. Der Motor dreht bei ca 1350 Umdrehungen. 9\*5 Schraube. 15 Ampere werden gemessen.

330 – 350 Watt pro Kilo Flugzeuggewicht werden benötigt.

$6,6 \text{ Volt} * 15 \text{ Ampere} = 99 \text{ Watt}$

Mit der Zahl kann man erst etwas anfangen, wenn man diese auf 1000 Gramm hochrechnet. Also  $4 * 250 \text{ Gramm} = 1 \text{ Kilo}$

Oder im Dreisatz:

$250 \text{ Gramm} = 99 \text{ Watt}$

$1 \text{ Gramm} = 99 \text{ Watt} / 250 \text{ Gramm}$

$1000 \text{ Gramm} = 0,396 * 1000$

$= 396 \text{ Watt pro Kilo}$

$99 \text{ Watt} * 4 = 396 \text{ Watt pro Kilo}$ . Eine absolute Hammerpower für den Flieger.

**3D Kunstflieger:** Eine 2,8 Kilo Extra 260 soll auch Torquen können. Dazu braucht man also ca. 1000 Watt bei 2,8 Kilogramm.

$1000 \text{ Watt} / 2,8 \text{ Kilogramm} = 357 \text{ Watt pro Kilogramm}$ .

## Welcher Propeller passt zu meinem Modell und meinem Motor?

Die Frage die man erst stellen muss, ist die Frage nach dem eigenen Flugstil und was der Flieger können muss?

Es gibt Modellflieger die dauernd auf Vollgas fliegen. Dann gibt es Modellflieger die dauernd zwischen viel Gas und wenig Gas hin und her steuern. Natürlich muss ein Antrieb passend zu dem Flugstil ausgewählt werden, bzw. ausgelegt werden.

Ein Fliegerkollege hat den Dauernd-Vollgas-Flugstil. Kein Wunder dass seine 3 Kilogramm Yak 54 den Motor völlig überbeansprucht hat. Plötzlich wurde der Motor leise. Die Magnete im Motor wurden überhitzt und dauerhaft beschädigt. Der 220 Gramm Motor wäre eigentlich ein der Lage gewesen diesen Flieger problemlos anzutreiben, wenn der eigene Flugstil angepasst worden wäre. Zudem liegt der Motor bei einer Yak 54 voll im Fahrtwind, wird also sehr gut gekühlt. Doch der Motor war völlig überbelastet. Bei einer Temperatur von rund  $80 + \text{Grad Celsius}$  werden die Magnete im Motor dauerhaft beschädigt. Der Motor ist schrottreif. Gleich zweimal machte er den gleichen Fehler. Das Modell hat es nicht überlebt.

Er hatte ein  $13 * 4$  Schraube genutzt. Was zur Folge hatte, dass er dauernd Vollgas fliegen musste, um überhaupt über der Abrißgeschwindigkeit zu fliegen. Flog er bei Halbgas, wurde der Flieger aufgrund der geringen Propellergeschwindigkeit zu langsam und zappelig.

### **Zur genaueren Erklärung:**

Die Propellerbezeichnung besteht im Wesentlichen aus zwei Zahlen. Die erste Zahl gibt den Schub an, die zweite Zahl die Geschwindigkeit. Ein 13\*4 Propeller bringt also viel Schub aber wenig Geschwindigkeit mit sich.

Die Zahl 13 gibt den Durchmesser, also Schub an. Die Zahl 4 die Steigung, also die Geschwindigkeit. Ein langsamer Doppeldecker oder eine Bleriot braucht also einen Propeller, der wie ein Traktor zieht und nicht wie ein Rennwagen Speed aufbaut. Z.B. einen 13\*4 Propeller. Die Flugeigenschaften dieser Modell passen zu einem solchen Propeller.

**1 Zahl = Durchmesser bzw. Schub**

**2 Zahl = Steigung bzw. Geschwindigkeit**

Eine Yak 54 ist ein typischer Kunstflieger. Mein Fliegerkollege wollte einen dynamischen Kunstflug fliegen. Dazu braucht man einen Propeller, der richtig Schub bringt, so dass man auch mal steil nach oben ziehen kann. Wie ein Traktor soll der Propeller das Flugzeug nach oben ziehen. Man will aber auch Geschwindigkeit haben. Nicht zu schnell, aber auch nicht zu langsam. Deswegen ist z.B. ein 12\*8 Propeller sinnvoll. Warum ist das so?

Je höher die erste Zahl um so höher der Schub.

Je höher die zweite Zahl um so höher die Geschwindigkeit.

### **Zur einfachen Berechnung:**

Man teilt die Steigung durch den Schub. Also die zweite Zahl durch die erste Zahl. In diesem Beispiel wo die Yak 54 für den Kunstflug eingesetzt werden soll, die 8 geteilt durch die 12.

$$8/12 = 0,66$$

Was bedeutet diese Zahl 0,66?

**Würde die YAK 54 zum 3D Flug eingesetzt werden,** dann will man sehr viel Schub haben, um die Flieger auch gut auf der gleichen Höhe halten zu können. Man will eine relativ geringe Geschwindigkeit haben. So dass der Flieger nicht gleich im Torquen nach oben schießt wenn man etwas Gas gibt. Man will also ein Verhältnis von 0,5 oder weniger zum torquen haben.

Z.B. Eine Schraube mit dem Maß 13\*6,5

$$6,5/13 = 0,5$$

Mit 0,5 hat man ein ideales Verhältnis von Schub und Geschwindigkeit um schön zu torquen, bzw. einen 3D Flug zu bewerkstelligen.

Ein schneller Pylonflieger oder ein Hotliner will eine möglichst hohe Geschwindigkeit bei sehr viel Schub erreichen. Eine Schraube bei einem Pylonflieger hat z.B. die Bezeichnung 5\*5.

Steigung (5) geteilt durch Durchmesser (5):  $5/5 = 1$

Mit dem Verhältnis von 1 hat man ein ideales Verhältnis von Schub und Geschwindigkeit für einen schnellen Pylonflieger.

Man hat einen relativ geringen Schub und eine sehr hohe Geschwindigkeit. Man braucht für einen Pylonflieger recht wenig Schub, da man eh nicht auf großer Höhe fliegt. Aber man will viel Geschwindigkeit. So kann ein Pylonflieger schnell die 200km/h erreichen, aber mit dem gleichen Antrieb nicht senkrecht steigen!

Ein Hotliner hat z.B. eine Schraube von 16\*16. Viel Schub und viel Geschwindigkeit. Jedoch ist der Strom der dabei fließt so groß, dass der Motor nur 3 – 5 Sekunden an sein darf, da dieser sonst überhitzt. Wenn man aber mit 50 Meter pro Sekunde steigt, hat man in 4 Sekunden einen Höhengewinn von 200 Metern. Länger braucht der Motor also auch nicht an zu sein.

Kommen wir zurück zu der Yak 54 von meinem Fliegerkollegen. Mit der 13\*4 Schraube hatte er ein äußerst ungünstiges Verhältnis von Steigung / Geschwindigkeit im Bezug auf den eigenen Flugstil.

$4 / 13 = 0,3$

4 geteilt durch 13 von 0,3. Ein Verhältnis von 0,3 ist aber eigentlich viel mehr im Bereich eines 3D Fliegers anzusetzen, oder eines Slowflyers. Also nicht für einen Piloten der dauernd auf Vollgas fliegt und langgezogene Loopings fliegen will. Er wäre als besser mit einer 12\*8 oder 13\*10 Schraube dran gewesen. Und natürlich mit einem größeren Motor, der nicht dauernd an der Belastungsgrenze arbeitet.

Sie haben jetzt also gesehen, wie man den passenden Propeller zum eigenen Flugstil auswählen muss.

### **Hier nochmal die Zusammenfassung.**

Steigung / Durchmesser = Geschwindigkeit / Schub

**Verhältnis von unter 0,5:** Z.B. Langsame Oldtimer wie Bleriot oder Sopwith Pub die in der Luft fast stehen bleiben.

**Verhältnis 0,5:** Ideal für einen 3D Flieger. Egal ob man eine 3 Meter Extra 260 fliegt oder einen Shockflyer.  
z.B.

10\*5

11\*5,5

12\*6  
13\*6,5  
14\*7  
usw.

**Verhältnis von ca. 0,6 – 0,8:** Geeignet für einen dynamischen Kunstflug. Für einen 3D Flug ungeeignet. Auch ideal für Segelflieger.

z.B.  
12\*8  
12\*10  
13\*10  
usw.

**Verhältnis von 1:** Pylonflieger und Hotliner.

**Bei der Auswahl des Motors geht es also darum zu fragen wieviel Leistung man braucht? Entsprechend dazu sucht man einen Propeller aus.**

Wenn man einen Flieger mit 350 Watt pro Kilo motorisiert, dann sagt das erst mal gar nicht viel aus. Mein Depronflieger wird mit 350 Watt pro Kilo von der leichtesten Brise davongeweht. Einen Pylonflieger mit 350 Watt pro Kilo kann man bei Windstärke 7 problemlos mit Rückenwind an sich vorbei zischen lassen.

Es ist also alles eine Mischung aus der richtigen Kombination von Propellerdurchmesser zu Steigung des Propellers. Also Schub und Geschwindigkeit. Dazu kommt dann die richtige Drehzahl des Motors. Und das richtige Motorgewicht!

Wenn ich also einen Motor für ein Flugzeug auswähle, dann schaue ich als erstens auf das Gewicht des Flugzeugs. **Und als Richtlinie sage ich dann, dass der Motor rund 10% des fertig aufgebauten Flugzeugs haben darf / soll.** Flugzeuggewicht geteilt durch 10. Ganz egal ob Segler oder Kunstflieger.

Bei Powermaschinen, egal ob Pylon, Hotliner, Kunstflieger oder Shockflyer sind es dann rund 15% des Flugzeuggewichts. Flugzeuggewicht geteilt durch ca. 5 – 6.

- Natürlich gibt es immer Ausnahmen. Bei Superleicht-Fliegern beim Hallenflug wo man auch gut unter den 10% liegen kann, oder wenn man einen Pylonflieger (über 20%) übermotorisiert. Es geht jetzt erst mal um einen Daumenwert.
- Und wenn man Super viele Lipos z.B. 8er Lipo an einen Antrieb hängt, dann kann das Motorgewicht eventuell auch niedriger sein, da man nicht einen so hohen Strom fahren muss um die notwendige Leistung zu erreichen. Voraussetzung ist natürlich, dass die Leistungsgrenze des Motors nicht überschritten wird.

**Das Gewicht des Motors ist eine Kennzahl die ganz oft vernachlässigt wird.**

Jetzt kommt der eigene Flugstil auch noch zum Tragen. In diesem Brushless-Motor-Minikurs hatte ich von meinem Fliegerkollegen erzählt, der seine 3 Kilogramm Yak 54 mit einem 220 Gramm Motor betrieben hatte. Der Motor hatte also rund 7,5% Gewichtsanteil am komplett aufgebauten Flugzeug. Bei seinem Dauer-Vollgas-Flugstil eindeutig zuwenig. Kein Wunder dass der Motor zu heiß wurde, die Magnete aufgaben. Viel besser hätte er den Motor so ausgewählt, dass dieser 11 – 14% des Flugzeuggewichtes ausgemacht hätte, weil er ein Dauer-Vollgas-Flieger ist.

**Wer einen Dauer-Vollgas-Flugstil hat, sollte also bei der Motorauswahl etwas über den 10% liegen.** Wo das Gewicht des Motors auch deutlich über 10% des ganzen Flugzeuggewichtes liegt. Oder man wählt einfach eine etwas kleinere Schraube.

**Hier mal ein Beispiel:**

Ein 310 Gramm Motor soll in einen Kunstflieger eingebaut werden, der 2,5 Kilogramm schwer ist. Dieser Flieger kann für den normalen oder den 3D Kunstflug genutzt werden. Schauen wir uns mal die Berechnungen für einen

**1. Spiel-am-Gas-Piloten und einen**

**2. Dauer-Vollgas-Piloten.**

**1. Spiel-am-Gas-Pilot:** Ein Pilot der gerne mal mit Vollgas noch oben fliegt, aber dann auch mit Null oder wenig Gas nach unten fliegt, kann ruhig den Propeller so auswählen, dass dieser bei Vollgas im kurzfristigen Maximalbereich liegt. Einfach weil dieser Maximalbereich kaum genutzt wird.

5er Lipo  
13\*6,5 Schraube  
59 Ampere bei Vollgas

Spannung \* Strom = Leistung  
 $3,3 * 5 \text{ (5er Lipo unter Last)} * 59 \text{ Ampere} = 973 \text{ Watt}$

$973 \text{ Watt} / 2,5 \text{ Kilogramm} = 389,4 \text{ Watt pro Kilogramm}$

Man kann also problemlos 3D Kunstflug fliegen.

Der Propeller hat auch ein Steigung zu Durchmesser Verhältnis von 0,5. (Siehe vorhergehende Seiten.)

6,5 geteilt durch 13 = 0,5 . Also optimal für einen 3D Kunstflug. Vollgas wird nur im Notfall genutzt oder nur sehr kurzfristig. Der Motor kann also schon im Flug wieder abkühlen.

**2. Der Dauer-Vollgas-Pilot** würde den Motor mit der gleichen Konfiguration immer im Maximalbereich betreiben und eventuell, ja sogar sehr wahrscheinlich beschädigen. Dass kann im



Herbst bei 8 Grad Celsius eventuell problemlos möglich sein so zu fliegen. Doch bei 32 Grad im Sommer muss man damit rechnen, dass man den Motor vernichtet. Bei 32 Grad Aussentemperatur, darf der Motor nur rund 45 Grad Celsius wärmer werden. Wird mehr erwärmt nimmt dieser Schaden. Bei 8 Grad Celsius hat man noch rund 70 Grad Celsius Spielraum, bis der Motor im absoluten Grenzbereich ist. Ein überlasteter Motor hat aber einen schlechten Wirkungsgrad, egal wie hoch oder tief die Aussentemperatur ist.

Dieser Dauer-Vollgas-Pilot könnte den gleichen Motor jetzt mit einer 12\*6 Schraube oder einem 4er Lipo betreiben.

Einfach nur einen 4er anstatt eines 5er Lipos nutzen. Dann würde er bei einer 13\*6,5 Schraube bei z.B. 44 Ampere bei Vollgas liegen.

Spannung \* Strom = Leistung

$3,3 * 4 \text{ (4er Lipo unter Last)} * 44 \text{ Ampere} = 580 \text{ Watt}$

$580 \text{ Watt} / 2,5 \text{ Kilogramm Flugzeuggewicht} = 232 \text{ Watt pro Kilogramm Flugzeuggewicht.}$

Doch halt, weil er einen 4er anstatt eines 5er Lipos braucht spart er ca. 100 Gramm an Gewicht ein. Also rechnen wir:

$580 \text{ Watt} / 2,4 \text{ Kilogramm Flugzeuggewicht: } 241 \text{ Watt pro Kilo Flugzeuggewicht.}$

Damit kann der Dauer-Vollgas-Pilot problemlos einen weiträumigen Kunstflug hinlegen. Zwar kann man damit nicht endlos senkrecht steigen. Dazu braucht man mindestens 300 Watt pro Kilo Flugzeuggewicht. Doch weil der Flieger eh aufgrund des Flugstils immer schnell unterwegs ist, kommt man mit dem Schwung problemlos senkrecht bis an die praktische Sichtgrenze heran. Wo man eh nicht höher fliegen will, weil der Flieger zu klein wird. Man braucht die 300 Watt pro Kilo also gar nicht.

Alternativ könnte der Dauer-Vollgas-Pilot auch den 5er Lipo nehmen, und dafür eine 12\*8 Schraube. Doch damit wäre er auch bei 59 Ampere. Also braucht er eine kleinere Schraube.

### **Hier noch eine Daumenregel:**

Verringert man den Durchmesser um eine Größe, und erhöht man die Steigung um eine Größe, misst man ungefähr den gleichen Strom. Ausnahmen gibt es natürlich immer. Am besten selber mit dem Zangenamperemeter messen.

Beispiel:

13\*6,5 Schraube = 59 Ampere

12\*8 Schraube = 59 Ampere

Also könnte der Dauer-Vollgas-Pilot eine 12\*6 Schraube nehmen, und würde somit bei ca. 45 Ampere liegen. Der Dauer-Vollgas-Pilot kann also eine kleinere Schraube nehmen, oder einfach einen 4er anstatt eines 5er Lipos nehmen.

Noch mal Zusammenfassend: Der gleiche Motor im gleichen Flieger, der unterschiedlich ausgelegt wurde, weil die zwei Piloten einen völlig verschiedenen Flugstil haben.

## **Überlegen Sie mal was für einen Flugstil Sie haben? Ob Sie eventuell mitten drin liegen.**

Wie findet man jetzt heraus ob ein Motor überlastet ist oder nicht? Denn nicht jeder Modellflieger hat ein Zangenamperemeter. Und selbst wenn man ein Zangenamperemeter hat, muss man ja wissen wie sehr man einen Motor belasten kann. Eventuell will man diesen auch über den Herstellerangaben belasten, da man dem Motor mehr zutraut.

Da hilft nur eins. Ich nutze die Finger-Verbrenn-Methode, für die ich ausdrücklich jede Haftung ablehne. (Nichts für Opfer und Warmduscher.)

Kurz fliegen und dann halte ich den Finger nach der Landung an den Motor. Ist dieser Handwarm dann ist es OK. Dann hat man in der Regel auch einen anständigen Wirkungsgrad. Zu heiß, richtig AUA, dann fliege ich nicht weiter, sondern lege den Antrieb anders aus. Achtung man kann sich hier eine ansehnliche Blase holen. Eventuell fehlt es nur an richtiger Lüftung. Oder der Motor ist schlichtweg überlastet. Ab rund 80 Grad Celsius nehmen die Magnete (und erst recht der Finger) Schaden. Man kann auch ein Thermometer nutzen. Allerdings man kann die Messsonde nur schlecht in den Motor zwischen die Wicklungen bringen. Tipp: Manche Zangenamperemeter haben schon ein Thermometer mit Fühlerkabeln integriert. Ein heißer Motor zeigt, dass sehr viel Leistung in die Entwicklung von Wärme geht, das ist nicht sinnvoll.

- Einfach den gesunden Menschenverstand nutzen.
- Gerade bei Pylonmotoren sollte man mal 7 - 8 Sekunden laufen lassen, und erst nach ca. einer halben Minute den Motor anfassen. Denn die entwickelte Hitze wandert nicht so schnell an die Aussenwand des Motors. Hält man den Motor in der Hand, kann man fühlen wie die Wärme von innen nach aussen wandert, obwohl der Motor schon aus ist.
- Wird ein Motor sehr heiß, dann geht der Wirkungsgrad auch drastisch runter. Viel Energie geht dann einfach in die Wärmeentwicklung. Abhilfe schafft man mit einem größeren Motor, einem kleineren Schraubendurchmesser, einer kleineren Steigung, oder einer schwächeren Batterie. Mehr Kühlung steigert den Wirkungsgrad nicht wirklich, die Wärme wird weiterhin produziert, wird nur abgeführt.

**Eine weitere Hilfe kann es sein, wenn man sich die Geschwindigkeit mal selber ausrechnet mit der man unterwegs ist.**

1 Zoll = 2,54 Zentimeter

13\*13 Schraube auf einem Hotliner

Die zweite Zahl ist für die Steigung, also Geschwindigkeit verantwortlich.

Für eine ganze Umdrehung der Schraube, arbeitet sich die Schraube also 13 Zoll vorwärts.

$13 \text{ Zoll} * 2,54 = 33,02 \text{ cm}$

Pro Umdrehung der Schraube, bewegt sich diese theoretisch 33,02 Zentimeter nach vorne.

**Beispiel:**

Ein Motor mit 4400 Umdrehungen pro Volt und einem vorgelagerten Getriebe (Untersetzung 6,7 : 1)

$4400 : 6,7 = 657 \text{ Umdrehungen pro Volt}$

Man nimmt bei Hotlinern hochdrehende Motoren, die auch mit dem hohen Stromfluß zurechtkommen. Dann wird die Drehzahl mit dem Getriebe untersetzt, so dass der Propeller langsam dreht, und man einen größeren Propeller nutzen kann.

Mit einem 4er Lipo:  $3,3 \text{ Volt (Lipo unter Last)} * 4 = 13,2 \text{ Volt}$

$13,2 \text{ Volt} * 657 \text{ Umdrehungen} = 8672 \text{ Umdrehungen}$

Die Schraube hat eine Steigung von 13 Zoll

$8672 * 13 \text{ Zoll} * 2,54 \text{ cm} = 286349 \text{ cm Distanz pro Minute}$

$286349 \text{ cm pro Minute} = 2863,49 \text{ Meter pro Minute}$

$2863,49 / 60 \text{ Sekunden} = 47,72 \text{ Meter pro Sekunde}$

$(1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h})$

$47,72 \text{ m/s} * 3,6 = 171,7 \text{ km/h}$

Luftwiderstand, Wirkungsgrad etc. wird hier nicht berücksichtigt.

Minus 10% ist ungefähr die realistische Geschwindigkeit. Je höher die Geschwindigkeit, um so höher der Widerstand

### **Geschwindigkeitsberechnung: Beispiel 3 Kilo Extra260 als 3D Flieger**

5er Lipo, Motor mit 500 Umdrehungen pro Volt, 16\*8 Luftschraube und 5er Lipo

5er Lipo = ca. 16,5 Volt unter Last

500 Umdrehungen / Volt \* 16,5 Volt = 8250 Umdrehungen pro Minute

8 \* 2,54 cm = 20,32 Zentimeter Vorwärtsbewegung pro Umdrehung.

20,32 \* 8250 Umdrehungen / Minute = 167640 cm / Minute = 1676,40 Meter / Minute

1676,40 / 60 Sekunden = 27,94 Meter pro Sekunde

(1 m/s = 3,6 km/h)

27,94 Meter pro Sekunde \* 3,6 km/h = 100,584 km/h

Minus ca. 10% um eine realistische Geschwindigkeit zu bekommen.

**Man kann auch einfach die Drehzahl bei Vollgas messen, um genauere Daten zu bekommen.**

### **Mein Motor liefert andere Daten als der Hersteller angibt? Liegt es an minderwertiger Qualität?**

An jedem Flugzeug liefert ein montierter bürstenloser Motor andere Daten. Zieht der Motor im Prüfstand mit einer 12\*8 Schraube 30 AMP, dann kann dieser an einem Flugzeug bei 28 Amp liegen, und im nächsten bei 33 Ampere. Das liegt an der Nase die ein Flugzeug hat bzw. an der Aerodynamik. Eine Yak-54 mit einer großen offenen Motorhaube, erzeugt einen höheren Widerstand als beispielsweise bei der Pitts Special, wo der Luftstrom viel sauberer an der Nase vorbeiströmt. Andererseits, wird der Motor bei der Yak-54 sehr gut durch den Luftstrahl des Propellers gekühlt, da der Motor nicht hinter einer Motorwand versteckt ist.

Ein Motor der im Prüfstand z.B. 25 Amp zieht, wird z.B. 10 bis 20 cm vor einer Wand montiert, wird schnell 60 , 70 oder gar 100 Amp ziehen. Es entsteht so etwas wie ein Staueffekt. Wird natürlich innerhalb Sekunden durchbrennen. Und dieser Effekt besteht in ganz kleinem Maß bei jedem Flugzeug. Je aerodynamischer die Flugzeugnase ist, um so effizienter. Logisch? Logisch!

Ein Pylonflieger mit einem 1600 mAh 3S und 25C Lipo bricht mehr ein als ein 2100 mAh 3s und 30 C Lipo. An der gleichen Schraube wird beim ersten Motor z.B. 34 Ampere gemessen, beim zweiten Lipo sind es dann 37 Ampere. Einfach weil der kleinere Lipo mehr einbricht. Das ist

normal, und daran kann man nichts ändern.

Und ein Lipo der schon 20 % entladen ist, kann auch schnell mal 5% weniger Strom am Zangenamperemeter anzeigen. Das liegt einfach in der Natur der Dinge.

Es liegt also weniger an Fertigungstoleranzen oder Qualitätsunterschieden beim gleichen Motor, wenn der gemessene Strom so unterschiedlich ausfällt. Ein nagelneuer Lipo hat in der Regel auch eine höhere Spannungslage als ein Lipo der schon 20 Zyklen hinter sich hat. Ist die Spannungslage anfangs pro Zelle nur 0,2 Volt mehr, dann sind das bei einem 3er Lipo 0,6 Volt mehr. Macht ein Motor 3300 Umdrehungen pro Volt, dann sind das schon mal 1320 Umdrehungen weniger die der Antrieb liefert. Der Propeller erzeugt weniger Widerstand und damit weniger Strom. Kein Wunder können die Lesungen am Zangenamperemeter so verschieden sein.

### **Schlechte Magnete im Brushless Motor?**

Die Magnete im Brushless Motor sind in der Regel Samarium-Cobalt Magnete, es gibt aber kaum Herstellerangaben dazu. Daher auch der hohe Preis von bürstenlosen Motoren. Somit bekommt man ein so starkes Magnetfeld auf einen so kleinen Raum. Es gibt Samarium-Cobalt Magnete die bis zu einer Temperatur von 250 bis 350 Grad Celsius problemlos funktionieren, je nach Materialdichte, ohne dass der Wirkungsgrad drastisch nachlässt. Der Wirkungsgrad steigert sich in der Regel bei einer Temperatur von unter 20 Grad Celsius. Die Neodym Materialien sind halt extrem schlagempfindlich. In der Industrie sagt man, dass man einen beschädigten Magneten nicht unbedingt auswechseln muss, dieser somit keine Ausschussware ist. Natürlich darf durch den Schaden keine mechanische Sperre entstehen. Das jedoch nur als Hintergrundwissen, gehen Sie einfach davon aus, dass der Motor ab 80 Grad Celsius einen Schaden nimmt, damit sind Sie auf der sicheren Seite. Gerne wird von hochwertigen Magneten gesprochen. Die Magnete die eine solche hohe Temperatur vertragen, sind extrem schlagempfindlich. Magnete welche die hohe Temperatur (z.B. nur bis 250 Grad Celsius) vertragen, haben eine geringere Dichte, sind aber weniger schlagempfindlich. Was ist nun der höherwertige Magnet? Egal, solange der Motor zuverlässig läuft.

### **Kalte Lötstellen**

**Ich empfehle immer, die Stecker am Motor und Regler selber zu überprüfen bzw. nachzulöten**, ganz besonders wenn ein Strom von über 40 Ampere fließt. Im Prinzip ist es die große Schwachstelle am Brushless Motor. Es ist möglich, dass ein Propeller absolut rund läuft, doch dass eine Phase nicht mitkommt, sobald höherer Strom fließt. Wenn also ein Stecker in einer Goldbuchse noch so gerade drinhängt. Die Folge ist, dass der Motor plötzlich ausschaltet und es ein Kreischen gibt, als würde der Propeller auf der Welle rutschen. Man zieht also den Propeller fester an, eventuell mit einer Kontermutter, aber damit ist das Problem nicht gelöst. Am Boden läuft der Propeller dann wieder rund. Erst bei Kunstflug oder bei schneller Motorbeschleunigung kann das Problem wiederauftreten. Kreischen, man nimmt Gas weg und gibt wieder etwas Gas. Der Motor läuft eventuell problemlos weiter. Ein echt dummes Problem, daher hier die Lösung.

Die Kalte Lötstelle kann entstehen, wenn z.B. zuwenig Fett beim Löten genutzt wurde. Oder einfach zuwenig Lötzinn. Oder wenn der Fabrikarbeiter z.B. keine Lust bei der Arbeit hatte.

Das große Problem dabei ist, dass ein gewaltiger Staustrom im Regler entsteht, und die Transistoren auf der Platine in Sekundenschnelle durchbrennen können. Dumm ist, wenn der Lipo dazu kurzschließt und dieser dann auch drauf geht. Der Motor überlebt das in der Regel unbeschadet, doch das Modell muss gekonnt gelandet werden. Dies geht natürlich nur noch mit externem BEC oder einer separaten Empfängerbatterie, wenn der Regler mal durchgebrannt ist.

**Wenn beim Gas geben der Propeller zittert und zuckt, aber nicht richtig dreht, dann auf keinen Fall mehr Gas geben. Höchstwahrscheinlich ist einer der Stecker am Motor abgerutscht.**

**Also, Schrumpfschlauch entfernen, nachlöten, neuer Schrumpfschlauch drauf. Sicher ist sicher.**

Ganz wichtig ist die Lüftung in einem Flugzeug. Gerade bei Seglern verzichtet man schnell darauf, weil man Angst hat den Segler damit zu verschandeln. Richtig verschandelt wird der Segler in der Regel allerdings, wenn der Motor durchbrennt und man daraufhin die Landung versemmt. Es ist wie beim Fahrradhelm. Der sieht unheimlich doof aus, aber noch doofer sieht ein Kopf aus, der gerade mit der Bordsteinkante Bekanntschaft geschlossen hat.

Als Faustregel kann man sagen, dass der Auslass rund doppelt so groß sein soll wie der Lufterinlaß.

Viel Spaß!

Ich hoffe dies hat Ihnen weiter geholfen, mehr Spaß beim elektrischen Modellflug zu erleben.

Ihr Markus Trauernicht

PS: Ihre Fliegerfreunde und die Sicherheit am Platz sind Ihnen natürlich dankbar, wenn Sie dieses Schreiben weiterleiten!

Umsetzung, Haftung etc. liegt natürlich bei Ihnen. Fehler können sich hier im Text natürlich eingeschlichen haben. Ich bin kein Profi, sondern ein begeisterter Modellflieger.