

ELEKTTRISCH, ABER RICHTIG

WOZU MOTORENKONSTANTEN GUT SIND

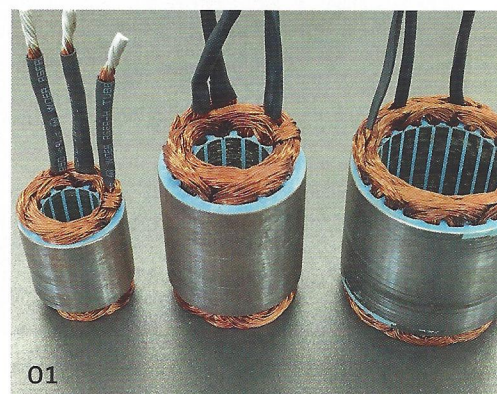
Ob es möglich ist, die für Antriebsberechnungen benötigten Parameter selbst zu ermitteln? Ja, und es ist einfacher als erwartet. Ein Volt- und ein Amperemeter sowie ein Drehzahlmesser genügen. Markus Müller erklärt, wie die grundlegenden Motorenkonstanten einfach ermittelt werden können.

Die drei wichtigsten Motorenkonstanten sind der Windungswiderstand R_i (auch als R_m bekannt), die spezifische Drehzahl K_v und der Leerlaufstrom I_0 . Mit diesen drei Konstanten kann das Leistungsvermögen jedes elektrischen Motors durch entsprechende Simulationssoftware (z.B. *eCalc.ch*) realitätsnah vorhergesagt werden. Je genauer die Konstanten, umso genauer wird die Simulation des spezifisch vorliegenden Motorenexemplars.

R_i (oder R_m) ist der Phasenwiderstand zwischen zwei Motorenanschlüssen. Manch einer wäre nun geneigt sein Multimeter zu zücken, auf Ohm zu stellen und so R_i zu ermitteln. Leider ist es nicht ganz so einfach. Denn die Auflösung des Multimeters ist zu gering und zudem werden mit dieser Methode neben dem sehr geringen Innenwiderstand des Motors auch gleich die Übergangs- und Messkabelwiderstände ermittelt. Mit anderen Worten: Der ermittelte Wert ist falsch!

Um R_i verlässlich zu bestimmen, müssen wir den Widerstand indirekt mittels der Kelvin'schen Vierleitermessung und dem Ohm'schen Gesetz herleiten. Keine Angst, das ist einfacher als es klingt: Dazu benötigen wir zwei Multimeter (Volt- und Amperemeter) einen 1- bis 20-Ohm-Leistungswiderstand (25 Watt oder mehr) und eine Batterie mit sechs bis 12 Volt Nennspannung. Alternativ kann statt des Leistungswiderstands auch eine Autoscheinwerferlampe eingesetzt werden. Der Messaufbau erfolgt wie in **Bild 1** gezeigt. Dabei werden in der höchstmöglichen Auflösung des Messgerätes der Strom (I) durch die Motorwindungen und die Spannung (U) über zwei Motorenanschlüssen gemessen und notiert. Daraus lässt sich nun R_i ermitteln: $R_i [\text{Ohm}] = U / I$.

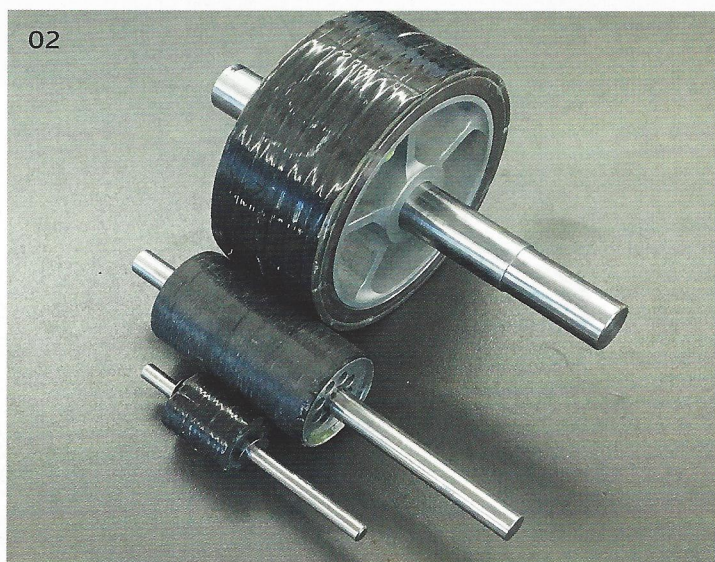
Wer es genau wissen will, kann jeden Motorenanschluss ausmessen und die drei Messungen mitteln. Doch aufgepasst: Der Motor muss den maximalen Strom (= Batteriespannung: Leistungswiderstand) aushalten können, das heißt bei Verwendung eines 10-Ohm-Widerstandes an einem vollen 3s-LiPo kann ein maximaler Strom von knapp 1,3 Ampere erwartet werden. Der Leistungswiderstand kann heiß werden. Denn R_i ist ein Maß für den Kupferverlust, der quadratisch mit zunehmendem Strom ansteigt.



01

Damit haben wir die komplexeste Messung bereit hinter uns! Und kommen zum K_v . Die Ermittlung von K_v ist überraschend einfach und kann auf zwei unterschiedliche Arten gemessen werden: die sogenannte Bohrmaschinen-Methode oder kombiniert mit Leerlaufstrommessung. Die Bohrmaschinenmethode ist wohl die schnellste und einfachste Vorgehensweise, da der Motor weder an einen Akku noch an einen Regler angeschlossen werden muss: Zuerst treiben Sie den Motor mit einer Bohrmaschine mit bekannter und konstanter Drehzahl (RPM [U/min]) an. Messen Sie die erzeugte Wechselspannung (U_{RMS} = Root-Mean-Squared) zwi-

01 | Gewickelte Statoren mit hohem Kupferfüllgrad **02** | Armierte Rotoren für Innenläufer **03** | Die Motorglocke eines Außenläufers mit gut sichtbaren Magneten



02



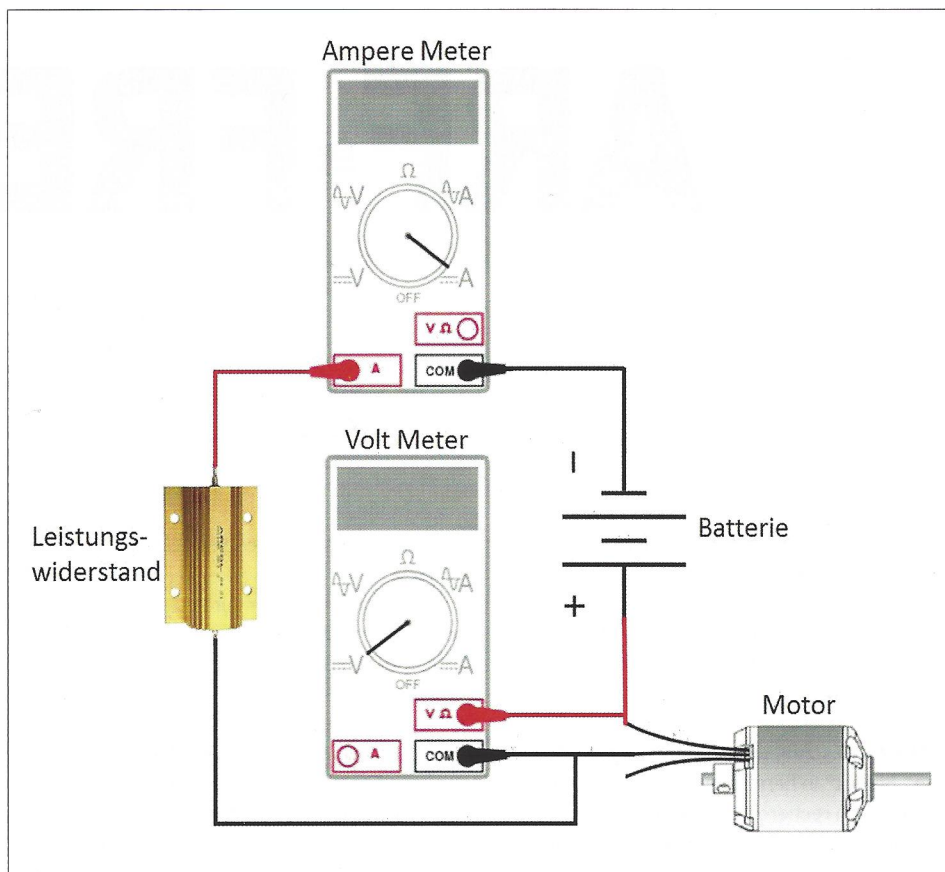
03

Bild 01 | Die Kelvin'sche Vierleiter-messanordnung

schen zwei Motoranschlüssen mit ihrem Multi-meter (Einstellung VAC oder ~V). Kv wird nun durch die Colin-Dedman-Formel ermittelt:
 $Kv [U/V] = RPM / (URMS \times 1.414 \times 0.95)$
 Neben Statordimension und Windungszahl beeinflussen auch die verwendeten Magnete des Rotors das Kv.

Kommen wir zum Leerlaufstrom I_0 . Eine weitere Methode um das Kv zu ermitteln bedingt, dass wir den Motor an einem Akku und Regler ohne Last (Luftschaube) bei maximaler Regleröffnung betreiben. Die Akkuspannung sollte ~10V betragen oder der beabsichtigten Betriebsspannung des Motors entsprechen. Dabei messen wir die Spannung (U) am Akku (Einstellung VDC oder =V), die Motorendrehzahl (RPM) und den Strom (I). Daraus errechnen sich $Kv [U/V] = RPM / (U - I \times Ri)$ und $I_0 [A] = I$. Wählen Sie kurze Messintervalle, da Motoren mit niedriger Induktivität auch im Leerlauf heiß laufen können. Den Leerlaufstrom I_0 erhalten wir quasi als Nebenprodukt der Kv-Messung und entspricht dem oben gemessenen Strom I. I_0 ist ein Maß für den Eisenverlust (Umpolung des Stators) und Reibungsverluste (Lager und/oder Getriebe). I_0 steigt mit zunehmender Drehzahl (Betriebsspannung) und Reibung an.

Weitere für Simulations- und Berechnungsprogramme benötigte Parameter (z.B. Strom-/Leistungsmitelme, Polzahl, Gewicht) können ohne weitere Messungen in Erfahrung gebracht wer-



den. Die nun ermittelte Momentaufnahme der Motorkonstanten gilt ausschließlich für das, uns vorliegende Einzel Exemplar und liefert realitätsnahe Berechnungen. Jedoch gilt es zu beachten, dass durch unvermeidbare Parameterstreuung im Herstellungsprozess die ermittelten Konstanten nur bedingt auf einen anderen Motor des

gleichen Typs angewendet werden können. Über mehrere Exemplare geglättete Mittelwerte (vgl. AUFWIND 1/2015) sind zu bevorzugen, wenn der Motor physisch nicht vorliegt und lediglich eine Kaufabsicht besteht. ■

Markus Müller, www.ecalc.ch

AERO SPORT BECKER

Faszination Fliegen - ohne Limit

High-End Composite Modellbau made in Germany!
 Exclusive Hangflugerlebnisse!
 F3B - Segelflugmodelle für ambitionierte Piloten!

tel: +49/2152/9980382

mail: info@aerosportbecker.de

www.aerosportbecker.de



THERMIK SENSE



Berichtet viermal im Jahr für 20 € über Alles rund um den Freiflug

Immer aktuell auf www.THERMIKSENSE.de

Kennenlern-Angebot: 4 verschiedene Hefte unserer Wahl für 5 Euro

Die Fachzeitschrift für den Freiflugsport

Fuchshofweg 25 - D-73614 Schorndorf - Fax 03212/1091 725 - info@thermiksense.de