

# Berechnung der benötigten Windungs-Zahl, Drahtstärke und Drahtlänge

Nun muss spätestens jetzt entschieden werden, wie der Motor später eingesetzt werden soll. Durch Vorgabe von verschiedenen Parametern wie Anzahl der Akkuzellen, maximal zugeführte elektrischer Leistung, verwendeter Luftschraube, Betriebsdrehzahl, gewünschter Motorlaufzeit usw. lässt sich ziemlich genau die optimale Wicklung berechnen.

Um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen, sollte generell versucht werden, so viel wie möglich Kupfer in den Statornuten zu verstauen und den elektrischen Widerstand der Wicklung so niedrig wie möglich zu halten, d.h. einen möglichst grossen Drahtquerschnitt zu verwenden.

Diese beiden Eigenschaften widersprechen sich jedoch in manchen Fällen, so dass es oftmals sinnvoll ist, mehrere Drähte (gleichzeitig) parallel zu wickeln. Das erlaubt die Herstellung von grösseren Leitungsquerschnitten bei Verwendung von dünneren, flexibleren Drähten.

Dem "Wickel-Anfänger" sei empfohlen, keine Drahtdurchmesser grösser als 0.8mm zu verwenden, und nicht mehr als 2 Drähte parallel zu wickeln - auch das ist für den Anfang schon genügend Herausforderung.

Ein genaues, rekursives Excel-Berechnungs-Programm ist zum Download bereitgestellt :

[Welche\\_wicklung30.zip](#)

In dem Excel befinden sich verschiedene Mappen, um Motoren von tm280-xx über tm350-xx bis 430-30 zu berechnen. Bitte auf die Beschreibung in jede Mappe achten.

## Beispielberechnung für ein tm350-20

Die Nachfolgenden Formeln erlauben es aber, ohne theoretische Kenntnisse mit Hilfe eines Taschenrechners die Wicklungsdaten seines Wunschmotors selbst zu berechnen.

Hierzu mussten einige Vereinfachungen vorgenommen werden, was die Genauigkeit des Ergebnisses auf ca. 10% reduziert. Abweichungen in dieser Grössenordnung lassen sich aber durch Anpassen der Luftschraube problemlos kompensieren.

### Vorgegebene Parameter :

**Z** - Anzahl der NiCd oder NIMH Zellen

**P** - gewünschte Leistung in Watt

**n** - Drehzahl der Luftschraube pro Minute (aus dem Aeronaut Graph ermitteln)

**H** - Statorlänge in mm

Beispiel: Z=10, P=400W, n=7100rpm, H=20mm

Gesucht :

N - Windungszahl pro Zahn in einem Dreiecksystem mit seriellen, gegenüberliegenden Spulen

Vorgehensweise :

Aus dem Aeronaut-Graph eine für das Modell etwa passende Luftschraube auswählen (Fluggeschwindigkeit, Rumpfqerschnitt usw. berücksichtigen), und die zur Leistung P zugehörige Drehzahl n ablesen.

### 1. Berechnung des Arbeitsstromes :

$$I = P / ( Z * 1.05 )$$

Beispiel :  $I = 400 / (10 * 1.05) = 38A$

### 2. Berechnung der EMK-Spannung des Motors

$$U_{emk} = Z * 1.26 - I * ( Z * 0.006 + 0.03 )$$

Beispiel:  $U_{emk} = 10 * 1.26 - 38 * ( 10 * 0.006 + 0.03 ) = 9.18 V$

### 3. Berechnung der Drehzahl pro Volt

$$n_s = n / U_{emk} + 4 * I$$

Beispiel:  $n_s = 7100 / 9.18 + 4 * 38 = 925/V/min-1$

### 4. Berechnung der Windungszahl pro Zahn

$$N = 200000 / ( H * n_s )$$

Beispiel:  $N = 200000 / ( 20 * 925 ) = 10.8 \sim 11$  Windungen/ Zahn

### 5. Berechnung des Drahtquerschnittes A

$$A = 13.5 / N$$

Beispiel:  $S = 13.5 / 11 = 1.22 \text{ mm}^2$

### 6. Berechnung des Drahtdurchmessers D bei Einzeldraht-Wicklung :

$$D = 1.13 * \text{Wurzel}(A)$$

Beispiel:  $D = 0.8 * \text{Wurzel} ( 1.22 ) = 1.25 \text{ mm}$

bei 2 parallelen Drähten :

$$D = 0.8 * \text{Wurzel} ( A )$$

Beispiel:  $D = 0.8 * \text{Wurzel} ( 1.22 ) = 0.88 \text{ mm}$

Der Motor im obigen Beispiel muss also mit 1x 1.25mm oder 2x 0.88mm Cu-Lackdraht bewickelt werden, um die gewünschte Leistung bei den gegebenen Parametern zu bringen. Da jedoch ein 1.25mm-Draht bei diesem Blechschnitt nicht mehr sauber verlegt werden kann ohne die Statorbleche zu beschädigen, bleibt nur die Parallelwicklung von 2 Drähten. Theoretisch könnten auch mehrere noch dünnere Drähte parallel gewickelt werden, allerdings wird dabei der Füllgrad der Nuten schlechter und ein sauberer Wicklungsaufbau nahezu unmöglich.

Tabelle mit maximalen Windungszahlen (Erfahrungswerte) :

Draht-Durchmesser	0.65mm	0.70mm	0.75mm	0.80mm	0.85mm
Windungen / Zahn	40	36	32	28	26

Bei Parallelbewicklung halbieren sich die maximalen Windungszahlen in obiger Tabelle !

Ermittlung der etwa benötigten Drahtlänge L pro Wicklung (= 2 Zähne) :

$$L = 2 * X * [((2 * H_g) + 20\text{mm}) * N + 2 * L_a]$$

H<sub>g</sub> = Gesamthöhe Statorpaket (= H + 2mm)

N = Anzahl der Windungen/Zahn

X = Anzahl der parallel gewickelten Drähte

L<sub>a</sub> = Anschlussdrahtlänge pro Seite (empfohlen 100mm)

Für obiges Rechenbeispiel ( H<sub>g</sub> = 22mm, N = 11Wdg., P = 2, L<sub>a</sub> = 100mm) ergibt sich dann eine Drahtlänge L = 2\*2\*[((2\*22mm) + 20mm) \* 11 + 2\*100mm] = 3616mm = 3,62m . Es empfiehlt sich etwas Sicherheit einzubauen und auf 3.8m aufzurunden. Insgesamt sind also 3\* 3,8m = 11.4m Cu-Draht mit 0.88mm Durchmesser erforderlich. Sollte der genaue Durchmesser nicht verfügbar sein, wird zum nächstliegenden Wert auf- oder abgerundet.

[zurück zu Peters LRK-Hauptseite](#)