

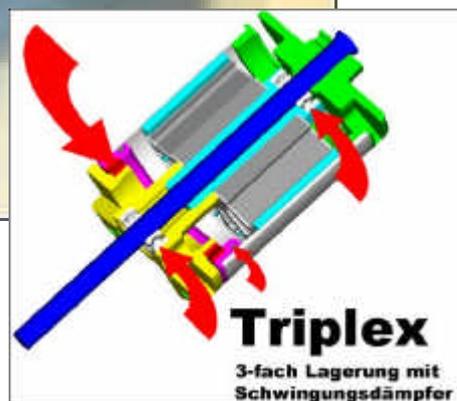
Montageanleitung

für die Bausatzmontage von bürstenlosen

High-Torque-Motoren

Typen: HT350-20/25/30 Triplex
HT430-20/25/30 Triplex

10- oder 14-polig



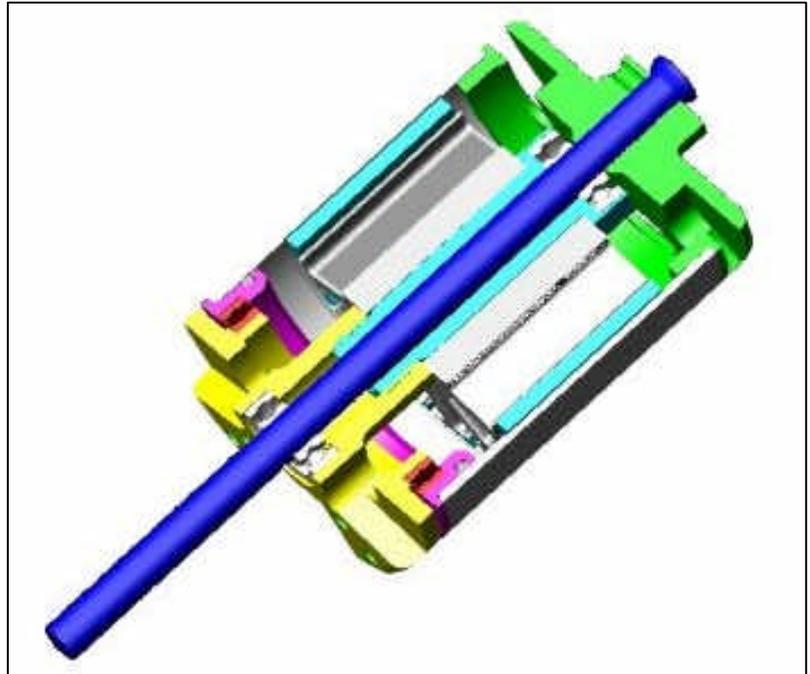
Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ALLGEMEINES | 3 |
| 1.1 | ARBEITSSCHUTZ..... | 3 |
| 1.2 | BAUSATZEINZELTEILE, HILFSMITTEL BZW. AUSRÜSTUNGEN..... | 4 |
| 2 | MONTAGE STATORPAKET | 5 |
| 2.1 | ZUSAMMENFÜGEN DER STATORBLECHE | 5 |
| 2.2 | STATORISOLIERUNG | 6 |
| 2.3 | BEWICKELN | 7 |
| 3 | MONTAGE DES RÜCKSCHLUßRINGS | 10 |
| 3.1 | EINKLEBEN DES HINTEREN SCHILDES | 10 |
| 3.2 | EINKLEBEN DER MAGNETE | 11 |
| 4 | GESAMTMONTAGE | 13 |
| 4.1 | MONTAGE DES VORDERES LAGERSCHILD /STATORPAKET..... | 13 |
| 4.2 | EINKLEBEN DER WELLE / FESTLEGEN DER EINBAUWEISE | 13 |
| 4.3 | FÜGEN STATORPAKETE UND MAGNET-EISENRÜCKSCHLUßRING..... | 14 |

1 Allgemeines

Der Zusammenbau eines High-Torque Motors bedeutet für den etwas geübten Modellbauer keine Schwierigkeiten. Man sollte sich zuerst einmal mit allen Einzelteilen aus dem Bausatz vertraut machen und die Funktion und den Einsatzort der jeweiligen Teile im Motor an Hand der CAD-Schnittdarstellung ermitteln. Da die Dimensionierung des High-Torque Motors in einem weiten Bereich den späteren Einsatzbedingungen (Leistung, Größe des Modells, Zellenzahl, usw.) exakt angepaßt werden kann, sollte im Vorfeld mit uns die konkrete Auslegung des Motors (Durchmesser/Länge des Motors, Polzahl, Drahtstärke, Anzahl der parallelen Drähte und Anzahl der Windungen) abgesprochen und definiert werden.

Die Bauanleitung gilt für die Motorentypen HT350-430 der Typenreihe Triplex, 10- oder 14- polig.



Die Bauanleitung geht zum Teil sehr in die Details, um weniger Geübten ein Hilfsmittel für die sichere Montage zu geben. Diejenigen, die bereits Erfahrungen im Motorenbau gesammelt haben, können natürlich eigene Kreativität walten lassen und von dem beschriebenen Verfahrensweg abweichen.

In jedem Falle übernimmt der Vertreiber auf Grund der Eigenmontage keine Gewährleistung für den zusammengebauten Motor und mögliche Folgeschäden.

Alle bekannten Sicherheitsbestimmungen beim Umgang mit Elektromotoren und rotierenden Luftschrauben sind zu beachten.

1.1 Arbeitsschutz

Alle Arbeiten haben vorsichtig und umsichtig zu erfolgen. Bei Arbeiten mit Azeton ist für gute Belüftung zu sorgen. Die Magnete haben eine sehr hohe Haltekraft und können beim unkontrollierten „Davonschnippen“ zerbrechen. Dabei entstehen kleine, scharfkantige Splitter, die Verletzungen erzeugen können. Es empfiehlt sich, eine Schutzbrille zu tragen.

Beim Zusammenfügen des Statorpaketes mit dem fertigen Magnet-Eisenrückschlußringes treten sehr hohe magnetische Anziehungskräfte auf. Halten Sie alle Teile gut fest und lassen Sie sie langsam aufeinander gleiten. Achten Sie auf Ihre Finger, es besteht Quetschgefahr.

Da der High-Torque Motor ein klassischer Außenläufer mit hohem Drehmoment ist, muß jegliche Inbetriebnahme, auch für Probezwecke, in einem montierten Zustand erfolgen, niemals den Motor oder dessen Zuleitungen im Betrieb nur mit der Hand festhalten.

Bitte beachten Sie, daß beim ersten Betrieb des Motors Fett aus den Lagern herausgeschleudert werden kann.

Der Zusammenbau geschieht in zwei wesentlichen Schritten: dem Fügen und Bewickeln des Statorpaketes und der Montage des Magnet-Eisenrückschlußrings.

1.2 Bausatz Einzelteile, Hilfsmittel bzw. Ausrüstungen

Bevor man anfängt, sollte man sich die Bauanleitung in Ruhe durchlesen und versuchen, alle Bauabschnitte zu verstehen. Zu prüfen ist, ob alle Einzelteile vollständig vorhanden sind. Die unten aufgeführten Hilfsmittel und Ausrüstungen sollten bereit liegen, um zügig arbeiten zu können.

Folgende Bestandteile müssen im Bausatz enthalten sein :

- 5mm Stahlwelle
- Eisenrückschlußring
- Vorderes Al-Lagerschild
- Hinteres Al-Schild
- O-Ring-Trägerring Al
- O-Ring
- Statorpaket
- Statorhülse
- 14 oder 20 Magnete für 14- oder 10-poligen Motor
- 2 Kugellager
- 1 großes Dünnringkugellager
- Madenschrauben M3
- Schrumpfschlauch
- GFK-Isolierscheiben
- Isolierpapier
- Kupferlackdraht



Zusätzliche Hilfsmittel bzw. Ausrüstungen sollten bereitliegen:

- Loctite (Füge Welle Nabe Nr. 648; erhältlich bei Conrad)
- Uhu Endfest 300
- Azeton
- Glasperlen zum Andicken der Vergußmasse
- 480er Schleifpapier
- Kiefernleiste für das Fixieren der Cu-Wicklung
- 2-4mm Balsareste
- Schraubstock
- Durchgangsprüfer
- 5er bzw. 6er Rundstahl oder ähnliches
- Haushaltsgummis
- Folienstift
- Heißluftpistole oder Feuerzeug
- Lötkolben, Lötzinn
- Lagerfett
- Messer

2 Montage Statorpaket

2.1 Zusammenfügen der Statorbleche

Beginnen wir mit der Montage der Statorwicklung. Zuerst muß das Statorpaket ausgerichtet und verklebt werden. Da die einzelnen Statorbleche bereits einseitig mit Backlack beschichtet sind, können die Bleche unter Druck im Ofen verklebt werden. Wichtig dabei ist die exakte Ausrichtung der Bleche und das Zusammenpressen zu einem kompakten Paket im Ofen. Da die Bleche durch den Stanzprozess immer eine leichte Wölbung haben, sollten sie in der gleichen Wölbrichtung aufeinander liegen, um später eine spaltfreies Statorpaket zu erhalten.

Die Bleche werden dazu auf die gefettete Statorhülse aufgefädelt (ohne Iso-Scheiben!!) und mit Hilfe des vorderen Lagerschildes leicht fixiert, jedoch noch nicht festgezogen. Nun müssen die Bleche noch ausgerichtet werden. Dazu am besten zwei Rundstäbe \varnothing 5-6mm (Wellen, Al Rohr, gerader Buchenstab o.ä.) durch zwei gegenüber liegende Statornuten schieben und in einer Flucht zusammenpressen. Durch die keilförmigen Nuten wird das Paket ausgerichtet und kann nun festgezogen werden. Im Ofen wird das Paket nun bei 150°C für 45 Minuten zusammen gebacken.

Durch die oben beschriebene Methode werden die Statorzähne ausreichend gut zusammen gepreßt und verklebt. Die spätere straffe Bewicklung sorgt für das weitere Zusammenziehen der einzelnen Zähne, wenn ein wenig Luftspalt entstanden sein sollt..



Wer jedoch etwas mehr Aufwand betreiben will, sollte sich zwei Preßplatten aus ca. 5mm Sperrholzresten anfertigen. Zwischen diese wird dann das Statorpaket mittels Statorhülse und 4 Schrauben gespannt wird. Zunächst fädelt man die Bleche und die Pressplatten auf die HT-Stahlhülse und fixiert die Bleche mittels einer Mutter mit Unterlegscheibe (Achtung: M 10 Feingewinde, es haben sich die Mutttern von den Hülsen für die Befestigung von alten Lampenfassungen bewährt). Die Mutter wird jedoch noch nicht festgezogen. Durch zwei gegenüberliegenden Statornuten legt man zwei Rundstäbe (z.B. Zylinderstifte) und spannt diese Stifte straff mittels Haushaltsgummis links und rechts neben dem Statorpaket. Dadurch wird das Paket auf der Stahlhülse ausgerichtet, die Nuten müssen parallel zur Achse verlaufen. Nun zieht man die Mutter vorsichtig fest. Die Spannstifte werden entfernt und die vorbereiteten Preßplatten können mittels der 4 Schrauben durch die Statornuten links und rechts montiert werden. Somit ergibt sich ein gleichmäßiger Druck auf den gesamten Statordurchmesser und es werden auch sicher die Statorzähne verklebt.



Dünne gefettete AL-Folie zwischen Blech und Preßplatte sowie das vorherige leichte Fetten der Statorhülse verhindert ein späteres Festkleben der Teile am Blechpaket.

Da es im weiteren Montageprozess noch zu einigen Klebearbeiten kommen wird, sei hier darauf hingewiesen, daß die Statorhülse zu jeder Zeit wieder demontierbar sein muß, um später beim Zusammenbau keine Probleme zu bekommen.



Nun kann das Paket wie bereits oben beschrieben, im Ofen bei 150°C ca. 45 Minuten „zusammengebacken“ werden. Auch hier sollte zwischendurch die Schraubenspannung kontrolliert werden.



2.2 Statorisolierung

Nach dem Auskühlen sollte man ein festes, ausgerichtetes Statorpaket in den Händen halten. Befreit von allen Schrauben und Preßplatten, können nun die Iso-Scheiben aufgeklebt werden. Wer es eilig hat, verwendet Sekundenkleber. Auf Grund der leichten Wölbung des Paketes müssen die Sterne ein wenig angedrückt werden. Beim Auftragen des



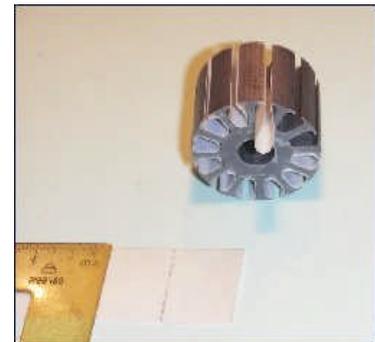
Sekundenklebers sieht man sofort durch die dunkle Verfärbung, wo der Kleber bereits hingelaufen ist. Wer die Prozedur mit dem Sekundenkleber umgehen will, bestreicht die Flächen sehr dünn mit Epoxi, und legt die Sterne sauber auf. Die Sterne müssen exakt auf dem Statorpaket ausgerichtet sein, um spätere Kurzschlüsse an den Kanten zu verhindern. Übergequollener angehärteter Kleber in den Nuten mit einem Skalpell vorsichtig wieder

entfernen. Es ist darauf zu achten, daß wirklich alle Zähne der Iso-Scheiben festgeklebt sind. Ansonsten würde sich beim späteren Bewickeln die Isolierung wegdrücken und der Draht könnte die Kante des Statorpaketes berühren, mit der möglichen Gefahr des Masseschlusses.

Anschließend müssen die Statorzähne isoliert werden, um beim Bewickeln und beim späteren Betrieb des Motors Kurzschlüsse über den Stator zu vermeiden. Dabei wird Iso-Papier aus dem professionellen Motorenbau verwendet. Aus dem mitgelieferten Isolierpapier werden Streifen geschnitten, so daß nach Einlegen des Papiers in die Statornuten jeweils ca. 1mm am den seitlichen Rändern und am Umfang des Stators übersteht. Mit einem Schraubendreher das Papier entsprechend der Nut formen. Bei stärkerem Papier gelingt das nicht vollständig, jedoch beim späteren Bewickeln legt sich das Papier an die Zähne-Wandung an. Auch der seitliche Überstand wird durch das straffe Bewickeln „umgebügelt“ und



isoliert somit die gefährlichen Kanten. Wer es ganz exakt betreiben will, fixiert das Isolierpapier noch mit Sekundenkleber, indem das Papier an die Wandung der Nut angedrückt wird. So kann man sicher ausschließen, dass beim Wickeln die Isolierung verrutscht. Aber achten sie unbedingt darauf, dass die Statorhülse nicht festgeklebt wird. Am besten, man entfernt sie vor den Klebearbeiten.



Das später überstehende Iso-Papier am Umfang des Stators wird nach dem Bewickeln mit einem Cuttermesser oder einer Schere abgeschnitten.

Eine andere Möglichkeit ist das Formen des Isolierpapiers zu einem Röhrchen (z.B. über einem Bleistift), welches in die Statornuten eingeschoben wird. Dann wird die Wicklung nicht mehr durch die Nut eingelegt, sondern wird durch das Röhrchen gefädelt. „Wickeln“ geht ev. ein wenig schneller, „fädeln“ unterstützt das ordentliche Aufbringen der Wicklung und hilft, sich nicht zu verzählen. In der Produktion von High-Torque wird „gefädelt“

Man sollte vorher noch alle Zähne fortlaufend von 1-12 mit Folienstift nummerieren, um beim Bewickeln keine Fehler zu machen.

Dann kann der Stator zum Bewickeln in einen Schraubstock eingespannt werden. Die Stahlhülse schafft dabei den notwendigen Freiraum für die Wickelköpfe.

2.3 Bewickeln

Mit der Wicklung legt man im wesentlichen die Leistungsdaten des Motors fest. Art der Wicklung, Verdrahtung der Spulen, Drahtstärke und Windungszahlen sind entscheidend für den zu erwartenden Arbeitspunkt des Motors. Dies rechnen wir mit Ihren Angaben über Zellenzahl, Prop- Größe oder bei Hubschraubern Typ und Rotordurchmesser gerne für Sie aus.

Auch wenn man es am Anfang nicht glaubt, es hat sich schon fast jeder beim Zählen der Windungen verzählt. Aus diesem Grund kann hier nur die Empfehlung gegeben werden, sämtliche Störgrößen wie Radio, Ehefrau oder Kinder auszuschalten und in Ruhe das Bewickeln anzugehen.

Man rechnet sich grob die notwendige Drahtlänge je Wicklung aus und gibt noch genügend Sicherheit dazu. Als Richtgröße hat sich bewährt:

W: Anzahl der Windungen je Zahn

L: Länge des Statorpaketes in mm

S: Spulendrahtlänge in m

$$S = (2 \cdot W \cdot (2 \cdot L + 5) + 400) / 1000$$

Da eine Spule immer aus einem gegenüberliegenden Spulenpaar besteht, wird die Spulendrahtlänge für beide Einzelspulen inklusive Verbindungsstück um die Statorhülse und den herausstehenden Drahtenden berücksichtigt. Das oben genannte Berechnungsprogramm liefert auch für die Drahtlänge etwa gleiche Zahlen.

Ab einer Drahtstärke von 0,7-0,8mm Durchmesser beim HT350 und ab 1mm beim HT430 sollte man die Zwei- oder Dreifach-Wicklung verwenden, d.h. es werden 2 oder 3 parallele Drähte mit einem Gesamtquerschnitt des ursprünglich berechneten Drahtdurchschnittes bewickelt. Das Bewickeln geht dann leichter von der Hand, da sich der dünnere Draht an den Wickelköpfen besser anlegt. Eine entsprechende Umrechnungstabelle für die äquivalenten Drahtstärken bei Mehrfachwicklungen finden sich ebenfalls innerhalb des Berechnungsprogramms.

Nach Festlegen der Drahtlänge werden nun 3, 6 oder 9 Drähte vom mitgelieferten Drahtwickel abgelängt (entsprechend Einfach-, Zweifach- oder Dreifach-Wicklung). Dabei das Drahtende fixieren und den Draht durch das Drehen der Spule abwickeln. Somit wird ein Drall im Draht verhindert, der Draht wird keine Schlaufen bilden. Alle Drahtlängen nun leicht strecken und exakt auf gleiche Länge schneiden. Die exakte Mitte des Drahtes zu einer leichten Schlaufe legen und ein Stück Schrumpfschlauch aufschumpfen. Die Länge des Schrumpfschlauches ist abhängig vom Statordurchmesser und muß die Länge haben, die notwendig ist, um den Draht von dem Fußpunkt einer Spulenseite auf den Fußpunkt der andere Spulenseite um die Stahlhülse herum legen zu können. Dieser Teil des Drahtes bildet später das Verbindungsstück zwischen einem Spulenpaar um die Statorhülse herum.

Sicherheitshalber sollte man das Stück Schrumpfschlauch noch mit einem Tropfen Sekundenkleber fixieren, damit es später nicht verrutschen kann. Alle Drahtenden müssen mit einem Messer vom Lack abisoliert werden, um einen Durchgangsprüfer anschließen zu können.

Nun muß noch festgelegt werden, ob Einzelzahn- oder Doppelzahnwicklung angewendet werden soll. Bei der klassischen Doppelzahnwicklung wird die volle Windungszahl auf einen Zahn aufgebracht, der Nachbarzahn bleibt frei. Jedoch gerade bei kurzen Statorlängen <20mm ist der uneffektive Drahtanteil der Wickelköpfe deutlich meßbar und man sollte die etwas aufwendigere Einzelzahnwicklung bevorzugen. Dabei wird jeweils die Hälfte der Windungszahlen auf zwei benachbarte Zähne mit entgegengesetztem Wickelsinn aufgebracht (siehe Wickelschema)



Die Spulen werden von der Mitte des Drahtes aus in die eine Richtung und dann in die andere Richtung bewickelt. Das hat den Vorteil, daß zu Beginn nicht die ganze Drahtlänge bewegt werden muß, um die erste Wicklung zu erstellen. Außerdem kann am Ende durch die Länge der übrig gebliebenen Drahtenden kontrolliert werden, ob alle Zähne die gleiche Windungszahl erhalten haben. Tritt eine Längenabweichung um ca. die doppelte Statorlänge auf, kann man sicher sein, sich verzählt zu haben. Dann muß die betreffende Wicklung abgewickelt und von vorne begonnen werden.

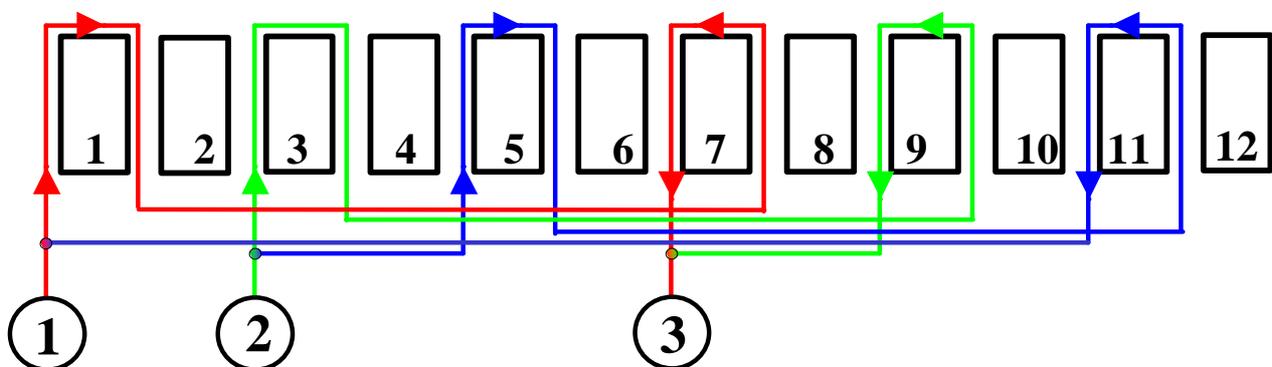


Das jeweils nicht zu wickelnde Drahtende sowie der Stator (oder Schraubstock) werden mit einem akustischen Durchgangsprüfer verbunden. So kann während des Wickelns bereits kontrolliert werden, ob es zu einem Masseschluß kommt. Sollte dies der Fall sein, kann man vorsichtig die beschädigte Stelle mit Isolierlack bestreichen und aushärten lassen. Tritt der Masseschluß häufiger auf, hilft nur das Abwickeln und das verwenden eines neuen Drahtstückes. Unvorsichtige Experimente können nicht nur die Funktion des Motors gefährden sondern auch die Zerstörung der Regler und somit des gesamten Modells bewirken.

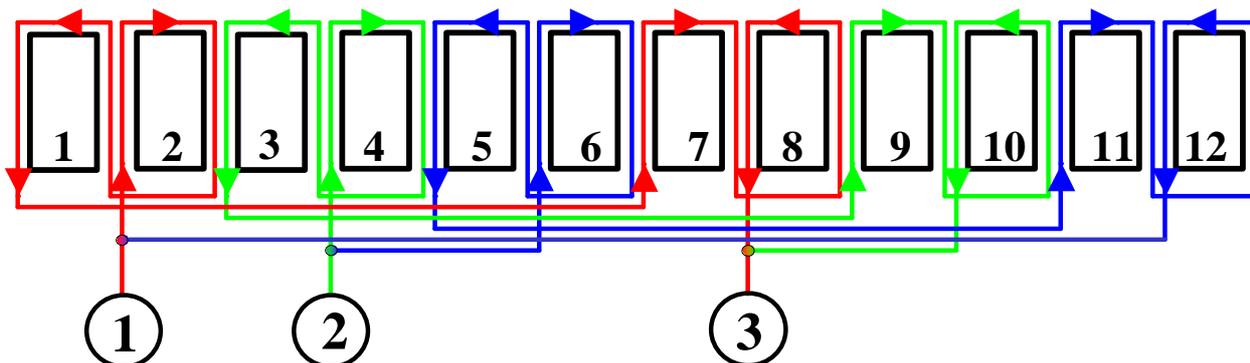
Die Abbildungen zeigen das Bewickeln eines HT430 mit 1mm Einfachdraht in Einzelzahnwicklung.

Entsprechend des festgelegten Wickelschemas (A: Doppelzahn- oder B: Einzelzahn -Bewicklung) wird nun das erste Windungspaar aufgebracht. Bei der Doppelzahnwicklung wird nur jeder zweite Zahn bewickelt im Gegensatz zur Einzelzahnwicklung, wo jeder Zahn jeweils die Hälfte der Windungen, jedoch in entgegengesetzter Richtung bekommt.

A: Bei der Doppelzahnwicklung wird von der Drahtmitte ausgehend am Fußpunkt des Zahnes 1 begonnen, die festgelegte Windungszahl aufzubringen. Danach wird der Stator umgespannt und die zweite Drahthälfte auf Zahn 7 in gleicher Richtung gewickelt (Kennzeichnung 1/7). Dabei muß die mittige Drahtisolierung sauber und locker um die Statorhülse herumgelegt werden.

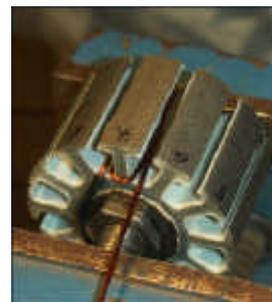


B: Bei der Einzelzahnwicklung wird ebenfalls von der Drahtmitte, jedoch bei Zahn 1 begonnen, um dann nach der Hälfte der Windungen auf den benachbarten Zahn 2 zu gehen und die fehlenden Windungen der ersten Drahthälfte aufzubringen. Diese werden entgegengesetzt von Zahn 1 ausgeführt. Die zweite Drahthälfte wird in gleicher Weise auf die Zähne 7 und 8 aufgewickelt. (Kennzeichen 1-2/7-8).



Das eben beschriebene Wickel-Verfahren klingt schwieriger, als es in Wirklichkeit ist. Man sollte zu Beginn in Ruhe das Wickelschema studieren und dessen Symmetrie begreifen. Wenn das erste Wicklungspaar aufgebracht worden ist, erkennt man schnell das System und kann fast ohne weiteren Blick auf das Wickelschema die restlichen Wicklungen aufbringen.

Ein dünner Lederhandschuh schützt die Hände beim Straffziehen der Wicklung. Ziel ist es, einen möglichst hohen und gleichmäßigen Wickelbefüllungsgrad zu erreichen. Die Wicklung sieht nicht nur besser aus, sondern der Wirkungsgrad wird dadurch nicht unwesentlich bestimmt. Nur gleichmäßig, Lage um Lage ausgeführte Wicklungen garantieren höchsten Wirkungsgrad. Vorbereitete Kiefernleisten helfen, die Wicklungen nach jeder Lage an die Statorzähne zu drücken. Auch bei der Zweifach oder Dreifach-Wicklung sollten alle Drähte geordnet nebeneinander liegen. Besonders gefährdet auf Masseschluß sind die Wicklungen an den oberen Zähneköpfen, dort nicht zu kräftig ziehen.



In gleicher Weise verfährt man mit den anderen beiden Wicklungsparen, für die Zähne 3/9 (bzw. 3-4/9-10) sowie 5/11 (bzw. 5-6/11-12) bis der gesamte Stator bewickelt wurde.

Noch einmal sei an dieser Stelle betont, dass man sich beim Bewickeln wirklich Zeit lassen sollte. Auch wenn die Windungszahlen nicht so hoch erscheinen mögen, so wird man doch ab und zu inne halten wollen, sei es, um sich auszuruhen oder um Wicklungen zu kontrollieren bzw. mit einem Kiefernholzstäbchen die Drähte an die Zähne anzudrücken. Spätestens an dieser Stelle fragt man sich, wie viele Windungen nun schon drauf sind.



Also sollte man sich ein strenges Regime auferlegen: Strichliste für jede Wicklung, gleichmäßiges und konzentriertes Arbeiten, nicht ablenken lassen.



Nach erfolgreichem Befüllen des Stators können die Wicklungen provisorisch mittels Tesafilm am Umfang des Stators gesichert werden. Alle Wicklungen sollten noch einmal gegeneinander und über den Stator auf Kurzschluß überprüft werden. Anschließend werden die Drahtenden noch einmal beschnitten, abisoliert und entsprechend des Wickelschemas miteinander verdrahtet, verzinnt und mit Schrumpfschlauch isoliert. Zusätzlich sollte der Gewebe-Isolierschlauch über die Anschlußdrähte gezogen werden um Kurzschlüsse beim Herausführen der Drähte aus dem Motor auszuschließen.



Abschließend wird der Stator montiert. Das Kugellager in die Statorhülse wird mit Loctite gesichert. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß das Loctite nicht in das Lager eindringt. Am besten, man gibt einen Tropfen Loctite auf ein Blatt Papier und rollt das Lager durch den zerlaufenden Tropfen.

Später, nach einem ersten Test und nach Überprüfung der wesentlichen Leistungsdaten des Motors muß die Wicklung noch mit Harz vergossen werden. Zwar bewegt sich die

Wicklung bei einem Außenläufer nicht, dennoch ist die Wicklung den Schwingungen des gesamten Motors ausgesetzt. Um Windungsschluß oder Masseschluß auf Dauer auszuschließen, sollen die Windungen mit Epoxi fixiert werden. Um sicher zu stellen, dass das Harz möglichst den gesamten Wickelraum benetzt, sollte die Wicklung und das Harz auf einer Heizung leicht angewärmt werden, um ein gutes Fließverhalten zu gewährleisten. Danach wird die Wicklung mit dem dünnflüssigen Harz betupft oder mittels Kanüle eingespritzt.



Der erste, aber auch schwierigste Bauabschnitt ist vollbracht, herzlichen Glückwunsch dazu.

3 Montage des Eisenrückschlußrings

Als zweiten wesentlichen Bauabschnitt wenden wir uns nun der Montage des Eisenringes und dem Einkleben der Magneten zu.

3.1 Einkleben des hinteren Schildes

Der Eisenring weist auf der einen Seite eine deutliche Fase auf. Diese dient der leichteren Montage über den O-Ring des vorderen Lagerschildes. Aus diesem Grund muß das hintere Schild auf der entgegengesetzten Seite aufgesetzt werden. Zuvor wird das Schild am Paßsitz etwas mit Uhu Endfest oder Loctite bestrichen. Da es sich um einen Paßsitz handelt, muß das Schild sehr gerade auf den Rückschlußring aufgesetzt und vorsichtig eingedrückt werden. Notfalls mit einem Gummihammer am Rand des Schildes nachhelfen, niemals auf die Mitte des Schildes schlagen, um Deformationen zu vermeiden. Überquellender Kleber wird wieder mit einem Azeton befeuchteten Lappen abgewischt.



Um den zukünftigen Magneten auch eine axiale Anlage zu ermöglichen, die sicher stellt, dass die Magnete die gleiche axiale Lage wie das Statorpaket erhalten, sollte man vor dem Einkleben der Magnete sich ein Bezugsmaß schaffen. Dazu schneidet man sich ähnlich der Abstandshalter aus dünnem 1,5mm Balsa einen Balsastreifen, der in Abhängigkeit des zu bauenden Motors folgende Maße haben sollte:

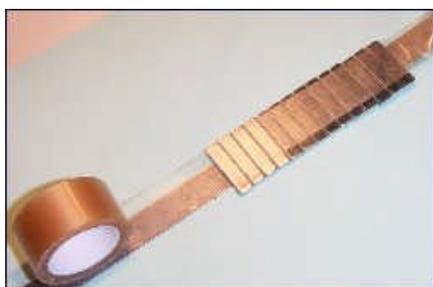
HT350-XX: 2,5mm x 125mm

HT430-XX: 2,0mm x 151mm

Diesen Streifen weicht man in Wasser ein, um in dann innerhalb des Eisenringes an das hintere Lagerschild mit Sekundenkleber anzukleben. An diesen Anschlag werden dann die Magnete angelegt.

3.2 Einkleben der Magnete

Da Magnete polarisierte Elemente sind, ist die richtige Nord-Süd-Orientierung beim Einbauen zwingend notwendig. Die Magnete werden polwendend, d.h. jeweils mit entgegengesetzter Polarität aneinander reihend in die Stahlhülse eingebracht. Beim Umgang mit den Neodymmagneten ist äußerste Vorsicht



walten zu lassen. Das seltene Erden-Material ist sehr spröde und kann leicht brechen. Je länger die Magneten sind, um so größer ist die Bruchgefahr, wenn durch unvorsichtiges Handling einem ein Magnet mal aus den Fingern schnipsen sollte. Die Anziehungskraft ist enorm, auch für alle herumliegenden Metallteilchen, späne usw. Um keinen Fehler zu machen, sind folgende Schritte zu empfehlen:



Der Arbeitsplatz sollte sauber und frei von herumliegenden Kleinteilen sein. Alle Magnete werden der Reihe nach auf ein sauberes, fettfreies Stahlblech o.ä. aufgelegt, so daß sich alle Magnete anziehen. Mit feinem Sandpapier wird eine Oberfläche angeschliffen und anschließend der Schmirgelstaub mittels Tesafilm „abgetupft“. Auch die Innenseite der Stahlhülse sollte zwecks besserer Kleberhaftung angeraut werden.

Um ganz sicher zu gehen, werden nun die Magnete gewendet und mit Folienstift abwechselnd mit Nord (N) und Süd (S) beschriftet. Mit welcher Polarität man anfängt, ist egal, wichtig ist nur, das sich anziehende Magnete die jeweils entgegen gesetzte Polarität haben.

Bei einem 14-poligen Motor werden die Magnete in dieser Reihenfolge dann in den Eisenring eingelegt (N-S-N-S-usw.). Bei 10 poligen Motoren würden die Magneten zu breit werden, als das man sie im Einzelstück verkleben kann. Aus diesem Grund werden bei 10-poligen Motoren 20 gleiche Magnete geliefert, wobei zwei Magnete immer gleichpolig dicht nebeneinander gelegt werden und als ein Magnet betrachtet werden (NN-SS-NN-SS-usw.).



Entsprechend der vorgegebenen Reihenfolge werden nun die Magnete in den Stahlring eingelegt. Zuvor müssen aber noch passende nichtmagnetische Abstandshalter gesucht oder angefertigt werden. Bei einem 14-poligen 350-er Motor mit 6mm breiten Magneten ergibt sich ein Abstand von ca. 2,3mm, Kleine Kabelbinder haben genau diese Breite. Bei einem 10-poligen 430-er mit 2x5mm breiten Magneten ergibt sich ein Abstand von ca. 4,2mm. Man sich den richtigen Abstand auch ausrechnen:

A: Anzahl der Magnete (10 oder 14)

B: Breite der Magnete (in mm)

D: Durchmesser Statorpaket (in mm)

Magnetabstand (in mm) = $(3,14 \cdot (D+1) - A \cdot B) / A$



Für die Berechnung des Magnetabstandes muß beim 10-Poligen dann in die Gleichung die doppelte Einzelmagnetbreite eingegeben werden.

Hat man keine passenden Abstandsstücke gefunden, fertigt man sich aus festem 2mm- oder 3mm-Balsa mittels Leistenmesser kleine Balsastreifen. Auf das 2 oder 3mm Balsa klebt man vor dem Schneiden so viele Tesafilmlagen, bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Sicher wird man 2-3 mal den Stahlring „trocken“ belegen müssen, um gleichmäßige Magnetabstände zu realisieren. Zur Sicherheit kann man nach Einlegen des letzten Magneten mit einem weiteren Magneten über die innere Oberfläche des Magnetringes streifen. Der Magnet sollte

abwechselnd angezogen und abgestoßen werden.

Das Einlegen der Magnete für einen 14-poligen HT ist sehr einfach, da sich alle Magnete untereinander anziehen und durch die Abstandshalter voneinander getrennt werden.

Da beim 10-Poligen sich jedoch die Magneten in gleicher Orientierung abstoßen, muß das Einlegen etwas anders gehandhabt werden, da der Gesamtverbund sich erst beim Einlegen aller Magnete und Abstandshalter ergibt. Am besten man fixiert den ersten Abstandshalter mittels Sekundenkleber lotrecht. Somit hat man sich eine Basis geschaffen, an die dann die weiteren Magnete (NN-SS-NN-....) angelegt werden. Beim Einlegen des letzten Magneten muß die gesamte Magnetreihe gegen den Widerstand der sich abstoßenden Magnete zusammen geschoben werden, um den Platz für den letzten Magneten zu erhalten.



Ist man sich sicher, alles richtig vorbereitet zu haben, entfernt man noch einmal alle Magnete aus dem Ring und säubert Ring und zukünftige Klebeseite der Magnete mit Azeton. Auf eine gute Klebekraft ist zu achten. Wer schon einmal im Flug einen herausgeschlagenen Magneten erlebt hat, wird verstehen, daß das Anrauchen und penibles Säubern der Klebeflächen wichtig ist. Vor allem bei plötzlichen Aussetzern der Regler entstehen hohe Zugkräfte, die an den Magneten zerren und nicht unterschätzt werden sollten.

Aus diesem Grund ist auch vom Einkleben mittels Sekundenkleber dringend abzuraten. Da die Magnete nur als Sehne mit zwei Kanten den Stahlring berühren, ist die Kontaktfläche für Sekundenkleber zu gering.

Bewährt hat sich Uhu- Endfest 300. Nach dem Entfernen der Magnete wird der Eisenring dünn mit dem angerührten Kleber bestrichen. Somit wird auch der Hohlraum unter den Magneten gefüllt und wirkt als Klebefläche. Nach dem erneuten Einsetzen der Magneten und Abstandshalter wird alles ausgerichtet. Alles muß parallel zur gedachten Welle fluchten und am vorderen Lagerschild bzw. am eingeklebten Balsastreifen anliegen.



Beim 14-poligen können die Abstandshalter nun vorsichtig wieder entfernt werden. Da die Magnete nun im gleichen Abstand zueinander liegen, haben auch alle die gleichen Anziehungskräfte zueinander. Deshalb werden sie nicht zusammen rutschen. Beim 10-poligen müssen die Abstandshalter im Aushärteprozeß vor Ort bleiben, ansonsten würden die Magnete wieder auseinander rutschen. Nun legt man den kompletten Eisenrückschlußring für 30 min bei 50 Grad in den Ofen, um den Kleber auszuhärten. Bitte stellen Sie sicher, daß der Ofen keine höhere Temperatur aufweist. Moderne Elektroöfen mit Umluft sind relativ genau in ihrer Temperaturanzeige, jedoch ältere Exemplare oder gar Gasöfen weisen große Temperaturunterschiede auf. Die Magnete dürfen unter keinen Umständen mehr als 110°C ausgesetzt werden, ansonsten setzen irreversible Entmagnetisierungsprozesse ein.

Beim 10-Poligen sollten die Abstandshalter nach dem Aushärten noch vorsichtig herausgestoßen werden. Wozu ?

Nach dem Aushärten kann man sich entscheiden, ob man den Motor zu Probezwecken schon einmal laufen lassen will oder ob die restlichen Verklebearbeiten schon durchgeführt werden sollen. Wenn Sie

ein Neueinsteiger sind oder es nicht erwarten können, die ersten Laufversuche zu starten, denn beginnen Sie mit der Gesamtmontage. Ansonsten wird mit dem weiteren Vergießen des Magnet-Eisenrückschlußrings und des Statorpaketes fortgefahren.

Die Magnete sollten später in dem Eisenring in jedem Fall noch vergossen werden. Dazu rührt man wieder etwas Uhu Endfest an, jedoch kann die Masse mit viel Glasperlen-Pulver zu einer stark pastösen, knetbaren Masse angedickt werden. Diese wird dann in die Zwischenräume der Magnete gestrichen. Abschließend werden die Magnete mit einem Azeton befeuchtete Lappen wieder sauber gewischt und übertretendes Harz wieder entfernt.

Das ganze kann dann wieder im Ofen oder einfach über Nacht ausgehärtet werden.

4 Gesamtmontage

4.1 Montage des vorderes Lagerschild /Statorpaket

Zunächst muß das große und kleine Lager auf das vordere Lagerschild mit Loctite geklebt werden. Es ist darauf zu achten, daß kein Klebstoff in die Lager eindringt. Das kleine Lager wird wieder außen dünn mit Loctite eingestrichen und sauber und gerade in die vordere Paßbohrung eindrücken. Das große Lager wird rückwärtig auf den Bund des Lagerschildes geklebt. Anschließend wird der Al-O-Ringträger auf den Außenring des Großlagers aufgeklebt.



Anschließend kann das Statorpaket montiert werden, indem die Statorhülse und die Statorwicklung mit dem vorderen Lagerschild verschraubt werden. Vorher müssen die Anschlußdrähte der Wicklung durch eine entgratete Öffnung des Lagerschildes gefädelt werden.



4.2 Einkleben der Welle / Festlegen der Einbauweise

An dieser Stelle entscheidet sich, ob der Motor in klassischer Weise hinter dem Modellspant befestigt werden soll oder ob der Motor vor den Spant geschraubt wird. Entsprechend muß die Welle am vorderen oder hinteren Lagerschild herausstehend montiert werden.

Vorsicht ist geboten beim Überschieben des Magnet-Eisenrings über den Stator, da sehr hohe Anziehungskräfte die beiden Teile aneinander ziehen und die Lager bzw. einklemmende Finger beschädigen können.

Soll der Motor hinter den Spant montiert werden, so kann der angeformte Bund auf der Welle belassen werden. Da in der Herstellung dieses Bundes die Welle gestaucht wird, ist das letzte Wellenende ebenfalls leicht aufgedickt, so dass das Lagerschild nicht sauber bis zum Bundende gleitet. Am besten man schneidet sich einen 10mm breiten Schleifpapier-Streifen mit feiner Körnung, spannt die Welle in eine Ständerbohrmaschine ein und schleift vorsichtig die Welle an dem Bundende soweit ab, bis ein Kugellager als Kontrollmaß bis zum Bund rutscht. Anschließend schiebt man die Welle durch das Lagerschild und klebt mit Loctite 438 (Welle/Narbe) die Welle fest. Die Madenschrauben werden vor dem Aushärten des Klebers nicht angezogen, damit die Welle sich auf dem Kleberfilm zentrieren kann. Sicherheitshalber sollten die Madenschrauben noch nicht eingesetzt werden, damit sie nicht versehentlich festkleben.

Ein spätere Lösen der Klebeverbindung stellt kein Problem dar. Die Verbindungsstelle muß nur mit einem Heißfön auf über 120°C lokal erhitzt werden, dann löst sich das Loctite.

Im Falle der beim Außenläufer üblich gewordenen vorderen Befestigungsmethode wird der Motor vor dem Motorspant montiert. Diese Methode entspricht eher dem tatsächlichen Flugzeugbau, wo die Antriebseinheit möglichst nahe an die stabilen Rumpfzelle montiert wird. Der Nachteil dabei besteht darin, dass die Schrauben von hinten durch den Rumpf geschraubt werden müssen. Wo der Rumpf diese Methode jedoch erlaubt, ist sie zu empfehlen, weil sie eine höhere Gesamtsteifigkeit des Systems mit sich bringt und sich oft ein zusätzlicher Motorträger erübrigt.

Zu diesem Zwecke wird die Welle zuerst durch das Statorpaket, geschoben, so daß der Wellenbund am vorderen Lagerschild anliegt. Anschließend wird der Eisenring aufgesetzt und in oben beschriebener Weise geklebt und fixiert. Nachteilig ist dabei, daß der Motor ohne Lösen der Klebeverbindung nicht demontiert werden kann. Wer diesen Nachteil umgehen will, sollte das angeprägte Bundende der Welle noch vor der Aufdickung abtrennen und anstatt dessen ein Stellring verwenden. Die Welle muß dann für die Madenschrauben des Stellrings angeschliffen werden, um ein Lösen im Flug auszuschließen.

Es empfiehlt sich in jedem Falle, die Welle mit dem jeweiligen Lagerschild zu verkleben. Zwar besitzt das Lagerschild einen Bund mit zwei Madenschrauben zur Fixierung der Welle. Jedoch bei höheren Leistungen mit damit verbundenen höheren zu übertragenden Drehmomenten sind die Madenschrauben nicht ausreichend. Weiterhin verbessert das Einkleben des Lagerschildes den Rundlauf des Magnetrings zur Welle.

4.3 Fügen Statorpakete und Magnet-Eisenrückschlußring

Bevor der Eisenring über den O-Ring geschoben wird, sollte dieser noch einmal leicht gefettet werden, um die Montage oder spätere Demontage zu erleichtern.

Nach dem Zusammenfügen dreht man den Motor langsam mit der Hand. Abgesehen von leichten magnetischen Rastmomenten dürfen keine schleifenden Geräusche oder Widerstände bemerkt werden. Der Eisenring darf nirgendwo an der Wicklung oder dem Stator schleifen.

Läuft alle rund und leicht, steht dem ersten Probelauf nichts mehr im Wege. Wie eingangs erwähnt, muß der Motor jedoch an einen Motorträger montiert werden. Niemals den Motor in der Hand in Betrieb setzen.

Das große Dünnringlager hat auf Grund des Lagerfettes zu Beginn einen erhöhten Reibwert. Dieser macht sich anfangs durch eine erhöhte Temperaturentwicklung und einen höheren Leerlaufstrom bemerkbar. Deshalb sollte man den Motor vor dem ersten Einsatz zunächst mit niedrigen, später dann mit hohen Drehzahlen einlaufen lassen. Dabei wird das Fett herausgeschleudert. Achten Sie bitte dabei auf Ihre Kleidung.

Wer die Einlaufprozedur vermeiden will, sollte das Großlager vor der Montage in Spiritus legen und somit das Fett herauswaschen. Anschließend muß es wieder leicht geölt werden. Das Lager muß sehr leichtgängig laufen um hohe Reibverluste zu vermeiden.

Bevor der Motor endgültig in ein Modell eingebaut wird, sollte er gründlich und vor allem unter maximalen Lastbedingungen getestet werden. Unter Verwendung der geplanten Luftschaube und der Zellenzahl werden die wichtigsten Leistungsdaten wie Stromaufnahme, Akkuspannung und Drehzahl ermittelt. Liegt alles im erwarteten Bereich, kann man davon ausgehen, dass der Motor voll funktionstüchtig ist und ein störungsfreier Betrieb gewährleistet wird.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß mit Ihrem neuen Motor. Allzeit Holm- und Rippenbruch.