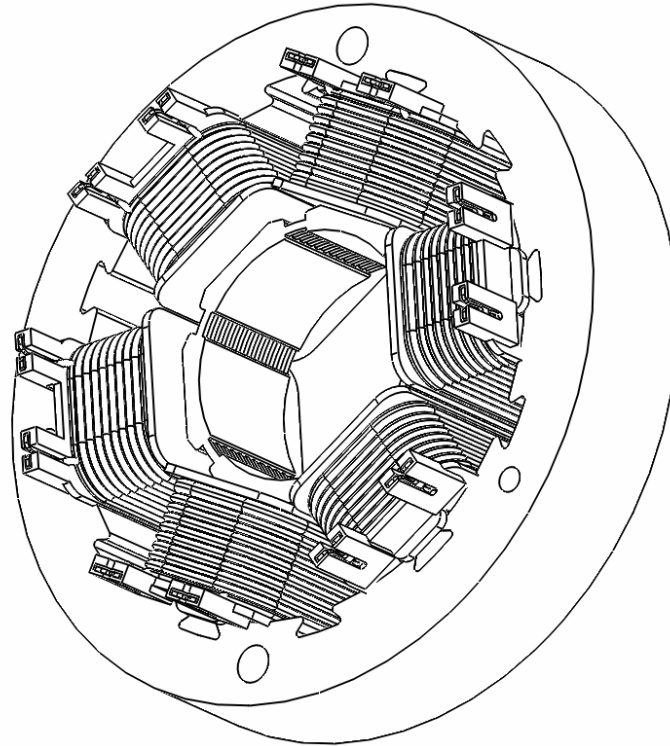


Dr.-Ing. Wolfgang Jordan

Technologie kleiner Elektromaschinen

Teil 4



Wissensspeicher für Produktentwickler, Techniker und Kaufleute

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	
1.0 Konische Stator/Rotor-Paarung.....	7
1.1 Modifizierung Rondenschneid- u. Einzelnutungsverfahren.....	8
1.2 Nutenschneidanlage für Blechsätze Konusläufermotor.....	9
1.2.1 Station 1 Beschickung der Anlage mit Ronden.....	10
1.2.2 Station 2 Ausrichtung des Achsloches der Ronden.....	10
1.2.3 Station 3 Stanzen der Statornuten.....	11
1.2.4 Station 4 Ausgabe loser Statorblechpaket-Stapel...	13
1.2.5 Station 5 Läuferblech nutzen.....	13
1.2.6 Station 6 Läuferbleche ab stapeln.....	14
1.3 Verschweißen Statorpaket u. Vergießen Läuferpaket.....	15
1.4 Isolieren der Statornuten.....	16
1.5 Einziehtechnische Bewicklung des Stators.....	16
1.6 Bild einer modernen Nutenschneidstanze.....	17
2.0 Gebläsemotor für Staubsauger.....	18
2.1 Stator- und Läuferblechpaket.....	19
2.2 Isolieren des Stators.....	20
2.3 Stator bewickeln und kontaktieren.....	21
2.4 Fügen von Stator und Läufer mit Lagerschildern...	23
2.5 Komplettieren des Gebläsemotors.....	26
2.5.1 Fügen von NS-Lagerschild und Kugellager.....	27
2.5.2 Aufsetzen der Luftleitscheibe.....	27
2.5.3 Aufsetzen des Lüfterrades.....	28
2.5.4 Aufsetzen von Lüftergehäuse und Geberscheibe...	28
3.0 Anwendungen bipolarer Hybrid-Schrittmotoren.....	29
3.1 Die Stator-Paketierung.....	30
3.2 Die Stator-Isolierung.....	32
3.3 Bewicklung des Stators.....	33
3.3.1 Die wickeltechnische Aufgabe.....	33
3.3.2 Die ausrüstungsseitige Lösung.....	33
3.4 Schalten der Wicklung.....	35
3.5 Die Herstellung des Läufers.....	36
3.6 Endmontage.....	37
3.6.1 Stufe 1 Läufer in Lagerschild NS fügen.....	37
3.6.2 Stufe 2 Stator kpl. In Lagerschild NS fügen.....	38

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

3.6.3	Stufe 3 SS-Lagerschild bestücken und fügen.....	39	6.0	Rückspiegelantrieb für Kraftfahrzeug.....	57
3.6.4	Varianten mit verfahrbarer Gewindespindel.....	40	6.1	Die Motoren- und Getriebe-Anordnung.....	58
4.0	Außenläufermotor als Tretlagerantrieb für Fahrrad.....	41	6.2	Eingesetzte Verstellmotoren.....	59
4.1	Innenstator.....	42	6.3	Läufer-Fertigung.....	60
4.1.1	Statorblechpaket.....	42	6.4	Endmontage von Motor und Spiegelantrieb.....	62
4.1.2	Fügen des Achskörpers.....	42	7.0	Akku-Rasenmäher-Motor Bosch Rotak 43-Li.....	64
4.1.3	Isolieren und Bewickeln des Stators.....	43	7.1	Statorfertigung.....	65
4.1.4	Anschließen und Verschalten der Statorwicklung.....	45	7.1.1	Statorblechpaket.....	65
4.2	Außenläufer.....	47	7.1.2	Isolieren der Vollpolpakete.....	66
4.3	Endmontage des Tretlagermotors.....	48	7.1.3	Bewickeln der isolierten Vollpolpakete.....	67
5.0	Magnetfreier Synchron-Reluktanzmotor IE4	49	7.1.4	Fügen der bewickelten Vollpolpakete zum Stator.....	67
5.1	Entwicklungsziel.....	49	7.1.5	Schalten der Wicklung.....	68
5.2	Statorfertigung.....	50	7.2	Läufer-Fertigung.....	71
5.2.1	Blechpaket.....	50	7.3	Endmontage des Motors.....	72
5.2.2	Gehäuse.....	51	8.0	EC-Motor als Direktantrieb einer Kettensäge.....	73
5.2.3	Fügen und Anschließen des Stators.....	52	8.1	Das Bauteilspektrum des Motors.....	74
5.3	Fertigung des Läufers für Frequenzumrichterbetrieb...	53	8.2	Stator-Fertigung.....	75
5.4	Endmontage-Folge.....	55	8.2.1	Innenstatorträger.....	75
5.5	Fertigung eines Läufers mit Anlaufkäfig.....	56	8.2.2	Innenstator-Blechpaket.....	75
			8.2.3	Umspritzung des Innenstator-Blechpakets.....	76

Inhaltsverzeichnis (Fortsetzung)

8.2.4	Bewicklung des Innenstators.....	76
8.2.4.1	Kontaktierung der Wicklung auf Platine.....	76
8.2.4.2	Herstellen der Wicklung.....	77
8.3	Fügen der Hauptbaugruppe Stator.....	78
8.4	Fügen der Hauptbaugruppe Läufer.....	78
8.5	Endmontage des Motors.....	79
9.0	Wickeltechnik für e-Mobilitäts-Motorenprojekte.....	80
9.1	Maschine eingerichtet für Stator-Bewicklung.....	81
9.1.1	Statorblechpaket isoliert.....	82
9.1.2	Stator eingespannt und Windungsumlauf-Phasen.....	83
9.1.3	Stator bewickelt.....	84
9.2	Maschine eingerichtet für Läuferwickeln.....	85
	Der Autor.....	86
	Inhaltsverzeichnis Teil 1.....	87
	Inhaltsverzeichnis Teil 2.....	90
	Inhaltsverzeichnis Teil 3.....	93
	Sachwortverzeichnis.....	
	Quellenverzeichnis.....	
	Impressum.....	

1. Konische Stator / Rotor - Paarung

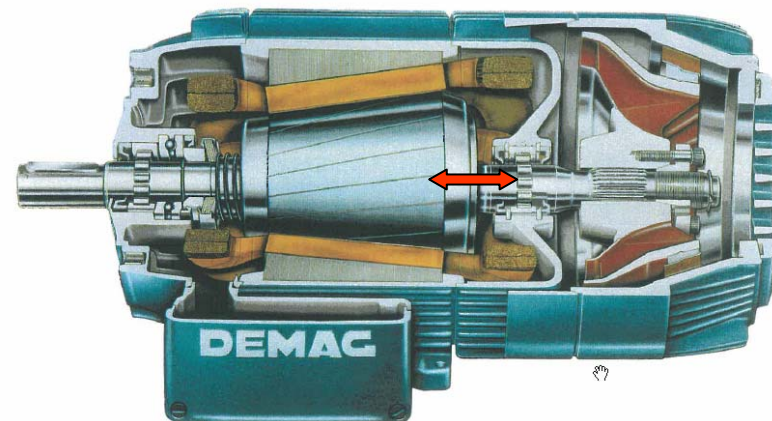
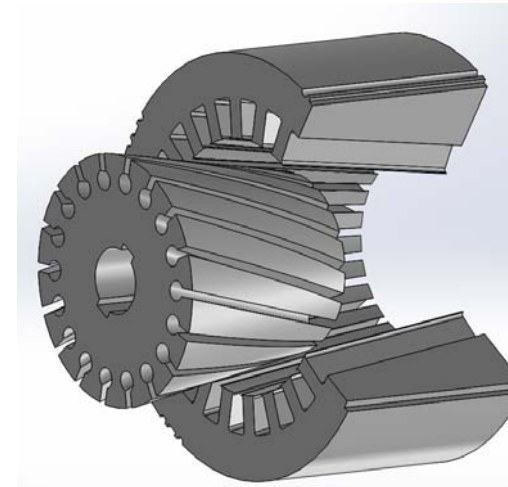
Den Grundgeometrien von Stator/Rotor-Blechkpaketsätzen [1] ist eine zylindrische Innenbohrung gemeinsam. Die zur Paketbildung aneinander gereihten Blechlamellen haben gleiches Schnittbild.

Anders verhält es sich bei den Konusläuferbremsmotoren, deren Schnittbilder von Stator/Rotor-Blechsatz und Komplettmotor die nebenstehenden Bilder zeigen. Diese Motoren werden in Hebezeugen wie kabinengesteuerten Kranen und flurgesteuerten Laufkatzen eingesetzt. Bei Abschaltung muss eine Haltebremse sie sofort sicher stillsetzen. Beim Einschalten müssen sie sofort wieder anlaufen. Das erreicht man mit dem axial verschiebbaren konischen Läufer, der bei Abschaltung durch ein Federpaket an eine Bremsscheibe gedrückt und gehalten wird. Beim Einschalten überwindet die induktiv erzeugte axiale Anzugskraft zwischen dem Läufer (früher: Anker) und dem bestromten Stator die Federkraft und zieht den Läufer in ausgerichtete Position zum Stator in die konische Bohrung. Man sprach daher von Verschiebeankerbremsmotoren.

Die Herstellung der konischen Paketsätze bedingt eine spezielle Lamellen-Schneidtechnik, weil jede axial folgende Lamelle im Paket andere Luftspaltdurchmesser und ein ihnen angepasstes Nutbild verlangt.

Das lässt sich mit einer speziellen Variante der Nutstanztechnik realisieren, die nachfolgend beschrieben wird.

Der als Beispiel verwendete Motortyp [2] hat einen Stator-AussenØ von 128 mm, einen größten BohrungsØ von 76 mm, einen kleinsten BohrungsØ von 55,8 mm, mithin 9,21° Schrägung bei einer Paketlänge von 65 mm.



[1] Teil 1 Technologie kleiner Elektromaschinen, S. 7

[2] Typ KBA 80 A2 der Terex MHPS GmbH Uslar

2.0 Gebläsemotor für Staubsauger

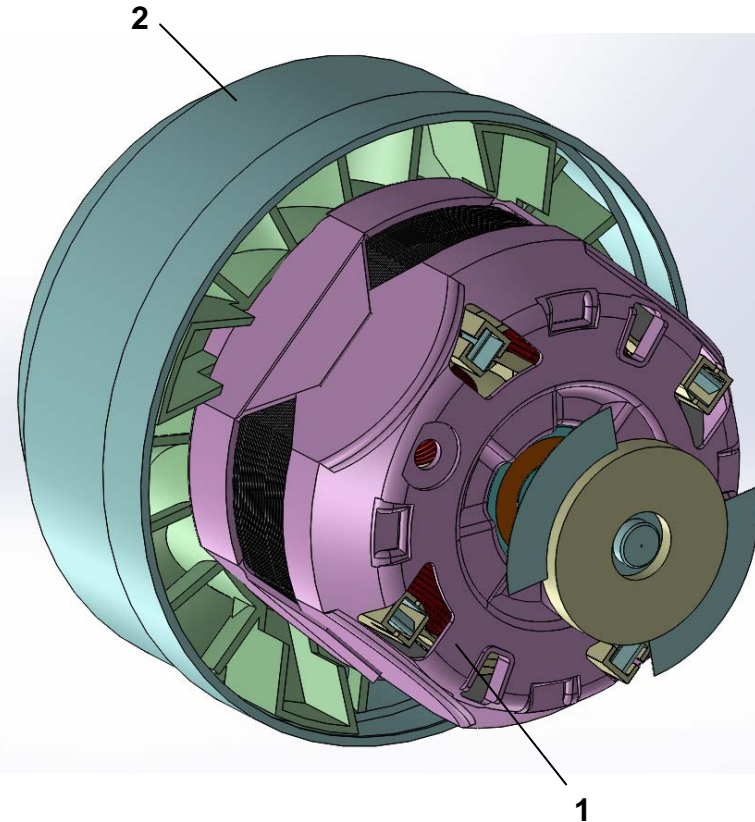
Staubsauger-Gebläsemotoren sind eine typische Gattung der kleinen Elektromaschinen. Fast alle namhaften Elektrogeräte-Hersteller haben Staubsauger im Produktprogramm. Das ergibt eine Vielfalt spezifischer Lösungen. Da Staubsauger schon in privaten Haushalten zur Standardausstattung gehören sind die hergestellten Stückzahlen jedes Herstellers dennoch groß und gestatten ausgereifte Fertigungstechnologien.

Der hier vorgestellte Gebläsemotor [1], nebenstehend abgebildet, besteht aus dem Elektromotor **(1)** und dem an ihm angeflanschten Gebläseteil **(2)**.

In der Modelldarstellung ist ein noch auf der freien Stirnseite des Motors aufsitzendes Stecker-Anschlusssteil [2] zur Verbindung mit der Ansteuerung weggelassen.

Mit einem Motor-Aussendurchmesser von 61 mm und einem Aussendurchmesser des Gebläseteils von 80 mm sowie einer axialen Länge von 100 mm passt er so bequem in eine Hand.

Wie die Bezeichnung der zitierten Patentschrift verrät, handelt es sich bei dem Motor um einen Reluktanzmotor, genauer um einen geschalteten Reluktanzmotor, im englischen Sprachraum als „switched reluctance motor“ (abgekürzt SRM) bezeichnet. Vorteilhaft für seinen Einsatzfall ist es, daß die Drehzahl zum Einstellen der gewünschten Saugleistung über das Muster der Pulsmodulation seiner Bestromung gestellt werden kann. Es sind Drehzahlen bis zu 30 000 U/min ausführbar, abhängig vom Design des Magnetkreises und der Ansteuerung.



[1] Hersteller : Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG Wuppertal

[2] Gebrauchsmusterschrift DE 20 2009 005 531 U1 „Reluktanzmotor“

3. Anwendungen bipolarer Hybrid-Schrittmotoren

Schrittmotoren darf man als Wegbereiter in der Nutzung digitaler Wicklungsansteuerung bezeichnen, optimiert in der Version bipolarer Schrittmotoren waren sie z.B. Typenradantriebe elektronischer Schreibmaschinen

Schrittmotoren wurden bereits eingangs dieser Fachbuchreihe [1] als eine von acht Grundgeometrien für Magnetkörperpaarungen aufgeführt. Ihre Statorwicklungs-Bestromung über ein steuerbares Frequenzmuster digitaler Signale erzeugt im Verein mit der Geometrie von Stator-und Läuferblechpaket eine präzise Schrittwinkel-Folge.

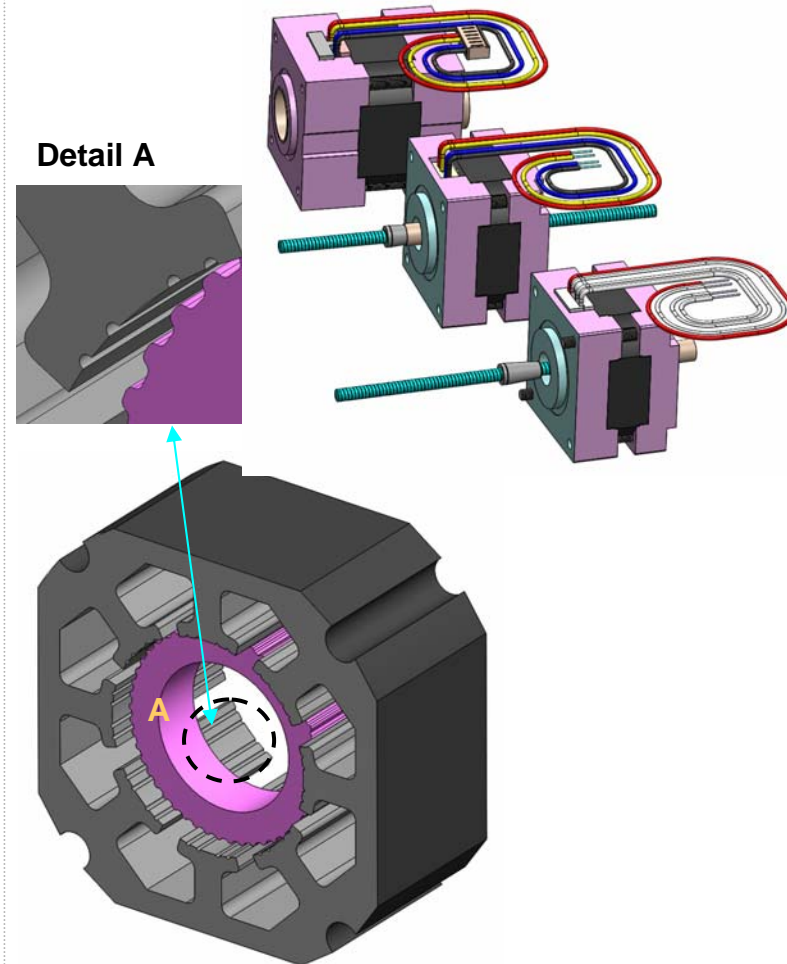
Der Hersteller [2] der hier vorgestellten Schrittmotoren nutzt eine bereits langjährig produzierte Baureihe auch für Linearlösungen.

Auf die Beschreibung der Wirkungsweise der bipolaren Hybrid-Schrittmotoren wird unter Hinweis auf einschlägige Literatur [3] verzichtet.

Den drei Anwendungsbeispielen gemeinsam ist die Verwendung einer Magnetkörperpaarung wie nebenstehend gezeigt, lediglich der Wellenbohrungs-Durchmesser des Läuferblechpakets variiert.

Der Stator ist quadratisch mit 39 mm und einer Paketbreite von 12 bzw.17 mm. Sein InnenØ 22 mm. Er hat wie gezeigt acht ausgeprägte Pole. Der Läuferteil besitzt ein paariges geblechtes Polrad mit Außenzahnung (50 Polzähne) und einer aufmagnetisierten Mittelscheibe.

Zur Optimierung der Schrittwinkelgröße haben die Statorpolschuhe eine weitere Nutgeometrie, wie das Bild erkennen lässt (Detail A)



[1] Technologie kleiner Elektromaschinen Teil 1 S. 7 [2] Microstep GmbH Sömmerda [3] Stöling / Kallenbach Handbuch Elektrische Kleinantriebe Hanser Verlag

4.0 Außenläufermotor als Tretlagerantrieb für Fahrrad

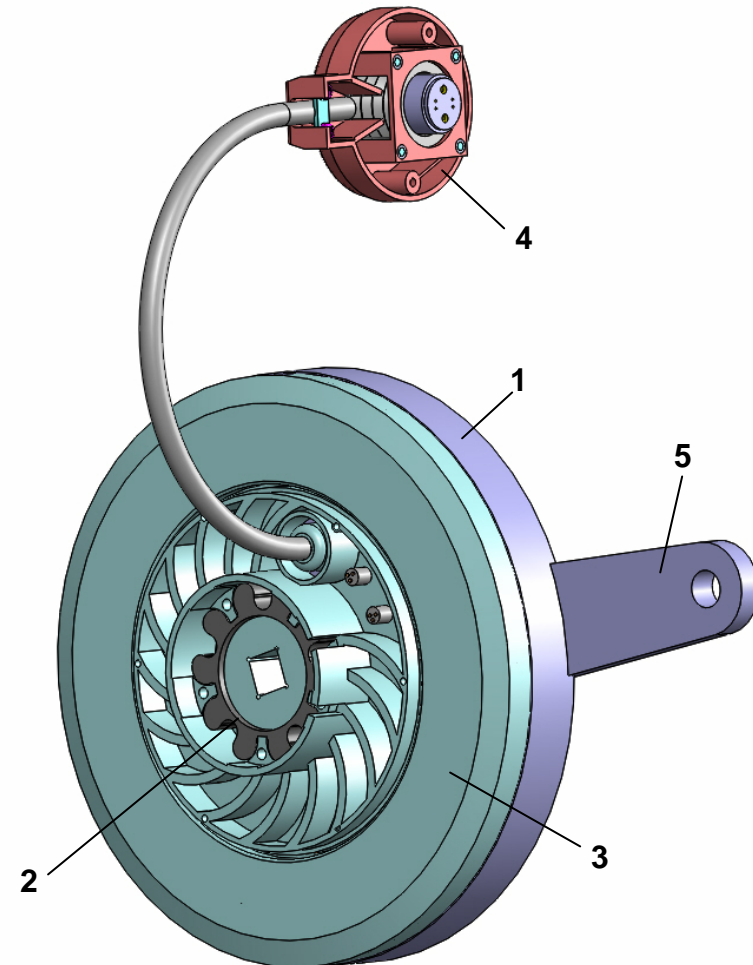
Die Anfang der 90er Jahre als Umbausätze erhältlichen Fahrrad-Elektroantriebe [1] setzten den Motor in das Hinterrad, wo er mit seinen beiden Flanschen eingespeicht wurde. Der Akku kam auf oder unter den Gepäckträger und die Steuerungsleitungen zum Lenker wurden am Fahrradrahmen dorthin verlegt.

Eine neuzeitliche Lösung [2] plazierte den Motor als Tretlagerantrieb. Also dort, wo der Radfahrer sowieso in die Pedalen tritt. Und nun durch den Elektromotor dabei unterstützt werden kann.

Das nebenstehende Bild zeigt einen solchen Tretlagermotor. Es ist ein bürstenloser EC-Motor mit 250 W Leistung nominal in Außenläuferbauart. Als Antriebseinheit wird er auf der linken Seite des Tretlagers montiert. Der Außendurchmesser von 205 mm entspricht etwa dem des Kettenrades auf der rechten Seite, mit dem er über ein Meßtretlager verbunden wird.

Die nebenstehende Antriebseinheit besteht aus dem mit Magneten bestückten Außenläufer (1), dem bewickelten Innenstator mit Wicklungsansteuerung (2), einem Deckelring (3) und einer Anschlussleitung zum Akku (4). Am Gehäuseboden des Läufers ist der linke Pedalarm (5) angegossen.

Alle übrigen Komponenten der Gesamtlösung findet man beschrieben unter [3].



[1] Heinzmann GmbH & Co. KG Schönau [2] Pendix GmbH Zwickau

[3] pendix _2015_Montageanleitung_V1.0.6.pdf

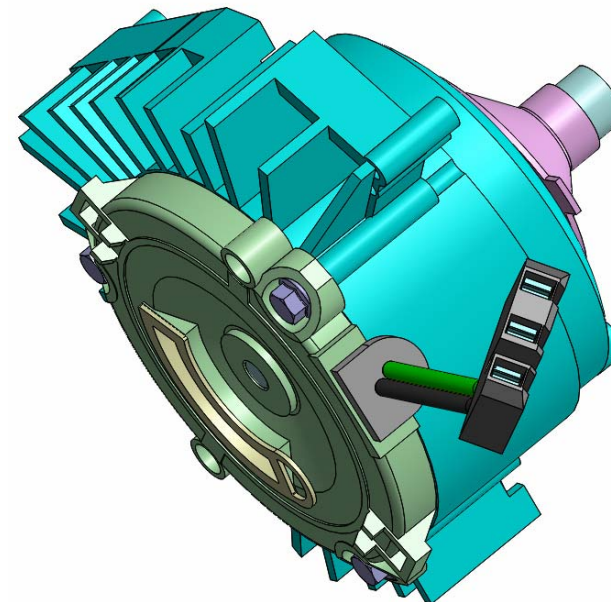
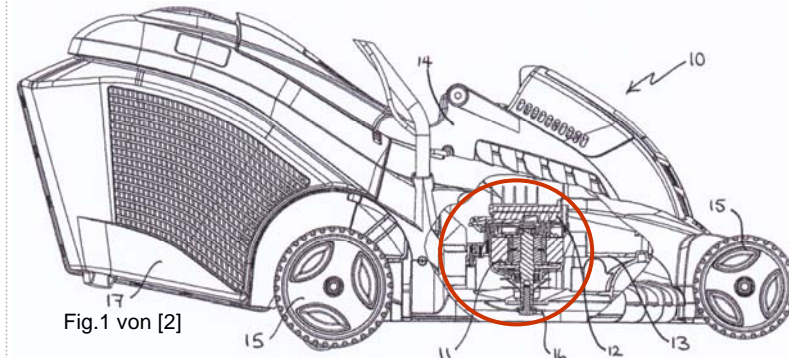
7.0 Akku- Rasenmäher-Motor Bosch Rotak 43-Li

Mit dem akkubetriebenen Rasenmäher hat der Hersteller [1] nach den marktüblichen Varianten Benzin-Rasenmäher sowie dem an Netzkabel gebundenen Elektrorasenmähern eine dritte und benutzerfreundliche, weil ergonomische Lösung für die Rasenpflege geschaffen.

Der patentierte [2] Rasenmäher vereint das günstige Leistungsgewicht des Elektromotors mit der unbeschränkten Bewegungsfreiheit eines Benzinrasenmähers. Über die Anwendung bei einem Rasenmäher hinausgehend eignet sich das EC-Motor-Konzept auch für weitere Vegetations-Pfleegeräte wie Kantenschneider, Vertikutierer, Heckentrimmer oder Kettensäge.

In Fig.1 von [2] ist die Einbaustelle und vertikale Achslage des Motors im Rasenmäher markiert. Sie lässt dort auch einen Aufsatz mit der Elektronikbaugruppe erkennen, die aber in der nachfolgenden Beschreibung des Motors selbst nicht dargestellt wird.

Rechts unten ist der EC-Motor in einer Gesamtansicht seines 3D-Modells zu sehen. Das zylindrische Gehäuse hat einen Aussendurchmesser von 105 mm, die radialen Kühlrippen kommen mit 20...30 mm Länge hinzu. Die axiale Gesamtlänge beträgt rd. 110 mm. Er wird mit der Akkuspannung einer Li-Ionen-Batterie von 36 V betrieben.



[1] Robert Bosch GmbH Power Tools Leinfelden-Echterdingen

[2] EP 2 214 296 B1 Elektronisch geschaltetes Motoraggregat