

## Ausarbeitung — Sensoren und Aktoren

# BLDC-Motoren

### Technische Varianten und Anwendungen

Emil Slomka\*      Tim Hilt<sup>†</sup>

10. Juni 2019

Betreut durch Herrn Professor Reinhard Keller

---

\*emslit01@hs-esslingen.de

<sup>†</sup>tihigl00@hs-esslingen.de



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Namensgebung und Abgrenzung zum bürstenbehafteten Gleichstrommotor</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Technische Varianten</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Typische Anwendungen des BLDC-Motors</b>	<b>4</b>
4.1	Überblick . . . . .	5
4.2	Ausführliches Anwendungsbeispiel . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>7</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>8</b>

# Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau bürstenbehafteter Gleichstrommotor . . . . .	3
---	---	---

# 1 Einleitung

## 2 Namensgebung und Abgrenzung zum bürstenbehafteten Gleichstrommotor

Die englische Bezeichnung „BLDC“ (Brushless-Direct-Current-Motor) bedeutet im Deutschen „bürstenloser Gleichstrommotor“. Um zu verstehen, weshalb der von uns beschriebene Motortyp diesen Namen trägt wollen wir zunächst auf seinen Vorläufer — den bürstenbehafteten Gleichstrommotor eingehen und die beiden Motorentypen im Verlauf der Arbeit weiter voneinander abgrenzen.

Bürstenbehaftete Gleichstrommotoren werden auch als *mechanisch kommutierte Gleichstrommotoren* bezeichnet. Diese „werden als permanenterregte Nebenschlussmotoren ausgelegt. Sie zeichnen sich durch einen linearen Strom–Drehmoment Verlauf aus, der von der Winkellage des Rotors nahezu unabhängig ist“ [1, S.51]. Hier werden mehrere Eigenschaften dieses Motortyps deutlich. Der bürstenbehaftete Gleichstrommotor ist mechanisch kommutiert. Das bedeutet, dass durch Kontaktierung zweier leitender Materialien Strom durch die Motorwicklungen fließen und der Motor sich so drehen kann.

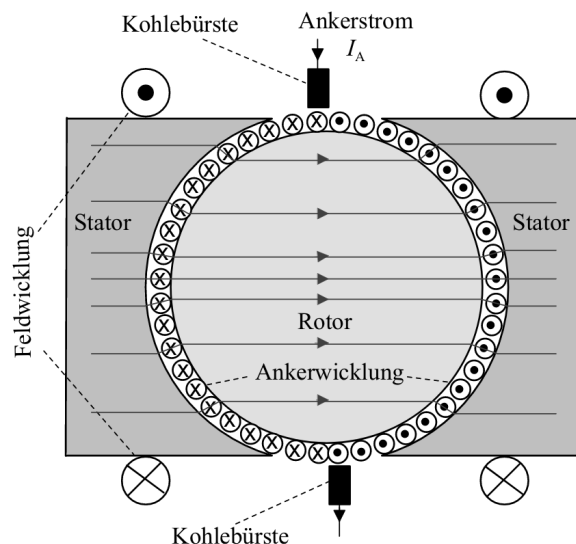


Abbildung 1: Prinzipaufbau des bürstenbehafteten Gleichstrommotors [1, S.51]

Dieser Aufbau hat einige Vorteile. So ist zum Beispiel die Steuerung der Drehzahl und -richtung des Motors durch Variation der Ankerspannung sehr einfach zu realisieren. Auch regelungstechnisch bietet dieser Motortyp aufgrund des linearen Strom-Drehmoment-Verhaltens große Vorteile. Die Herstellung des Motors ist aufgrund insbesondere dieser

beiden Eigenschaften sehr kostengünstig umzusetzen. „Große Drehzahlstellbereiche bis zu 1:10000 und eine hohe Gleichlaufgüte“ [1, S.51] sind weitere positive Eigenschaften, die dem bürstenbehafteten Gleichstrommotor eine klare Daseinsberechtigung bescheinigen.

Der in Abbildung 1 dargestellte Aufbau des bürstenbehafteten Gleichstrommotors zeigt im unteren und oberen Bereich jeweils eine Kohlebürste. Diese aus Graphit bestehenden Bauteile werden mithilfe einer Feder durchgehend auf den Kommutator gedrückt. Beginnt Strom zu fließen, so beginnt sich der Motor zu drehen. Da die Bürsten nach wie vor auf den Kommutator drücken entsteht Reibung und infolgedessen eine mechanische Abnutzung.

„Im Vergleich zu anderen Motorkonzepten ergeben sich die wesentlichen negativen Eigenschaften des bürstenbehafteten Motors aus seinem prinzipiellen Aufbau“ [1, S.52]. Diese negativen Eigenschaften beinhalten zum einen die mechanische Abnutzung und die daraus resultierende Notwendigkeit verschlissene Bürsten zu ersetzen, als auch Reibungsverluste und Probleme mit der Abführung von Abwärme, die durch die mechanische Kommutierung entstehen. Hinzu kommen Nachteile durch unvermeidbare Übergangswiderstände von den Kohlebürsten zum Kommutator. Dadurch wird der maximal mögliche Ankerstrom im Stillstand (Durchbrennen), als auch bei hohen Drehzahlen (Bürstenfeuer) begrenzt [vgl. 1, S.52]. Diese Effekte können insbesondere im explosionsgefährdeten Arbeitsumfeld lebensbedrohlich werden.

Trotz dieser Nachteile wurde der bürstenbehaftete Gleichstrommotor nicht vollständig durch andere Motorenkonzepte verdrängt, denn insbesondere bei Applikationen mit kostenkritischen Anforderungen und wenig mechanischer Belastung können seine Vorteile hervorragend genutzt werden.

Im Folgenden wird nun die Funktionsweise unterschiedlicher *bürstenloser* Gleichstrommotorentypen erklärt

### **3 Technische Varianten**

## **4 Typische Anwendungen des BLDC-Motors**

Viele Funktionen, die früher zum Aufgabengebiet der bürstenbehafteten Motoren gehörten werden mittlerweile von bürstenlosen Gleichstrommotoren erfüllt. Jedoch hindern Kosten und hoher Steuerungsaufwand den Motorentyp daran, seinen Vorgänger vollständig abzulösen.

Trotzdem dominieren BLDC-Motoren heutzutage besonders in Anwendungsgebieten, bei denen ein niedriger Wartungsaufwand, hohe Motordrehzahlen, hohe Zuverlässigkeit und hohe Effizienz zu den Anforderungen gehören. Es folgt ein kurzer Überblick über die typischen Anwendungsgebiete des BLDC-Motors. Danach wird ein detailliertes Anwendungsbeispiel ausgeführt.

## 4.1 Überblick

**Fortbewegungsmittel:** Mittlerweile finden sich bürstenlose Gleichstrommotoren in radgetriebenen Fahrzeugen jeglicher Größe. Vom elektrisch unterstützten Fahrrad [vgl. 2, S.6] bis zum elektrisch angetriebenen Lastkraftwagen werden BLDC-Motoren in nahezu jedem Segment der Fortbewegungs- und Transportmittel eingesetzt. Hier kann besonders von der hohen Effizienz des Motors profitiert werden, da durch diese Eigenschaft höhere Batterielaufzeiten erzielt werden können [vgl. 2, S.4]. Da Elektromotoren hier nicht nur für den Antrieb des Fahrzeugs, sondern auch für Fensterheber, Airbags, Scheibenwischer, Schließmechanismen und vieles mehr genutzt werden können werden in einem durchschnittlichen Personenkraftwagen Dutzende, wenn nicht gar hunderte Elektromotoren verbaut [vgl. 2, S.4].

**Batteriebetriebenes Werkzeug:** Bei Anwendungen im handwerklichen Alltag werden bürstenlose Motoren besonders in Sägen, Bohrmaschinen, Laubgebläsen, Rasentrimmern und vielem mehr verwendet. Von vielen der genannten Maschinen finden sich auf der Baustelle kabelgebundene Versionen, die jedoch einige Nachteile mit sich bringen. Nennenswert wären zum Beispiel Kabelmanagement und die damit verbundene Not einer Stromversorgung, die bei einem Neubau oftmals erst durch einen kommunalen Stromverteiler gelegt werden muss. Durch die Verwendung von BLDC-Motoren verringert sich die Leistungsanforderung des Geräts drastisch, sodass nun Geräte mit Batterieversorgung entwickelt und gebaut werden können, die an einem zentralen Punkt der Baustelle nachgeladen werden können, ohne ein kompliziertes Netzwerk aus Stromverteilern und Verlängerungskabeln aufbauen zu müssen. Ein weiterer Vorteil liegt in der Gewichtsersparnis der Maschinen, denn durch die höhere Leistungsdichte eines BLDC-Motors kann ein kleinerer Motor bei selber Leistung verwendet werden.

**Haushaltsgeräte:** In der letzten Zeit wurden weltweit jährlich etwa 30% mehr Elektromotoren in Haushaltsgeräten verbaut. Mit dem steigenden Lebensstandard der Menschen und dem wachsenden Umweltbewusstsein sind bürstenlose Gleichstrommotoren immer mehr das Mittel der Wahl im alltäglichen Gebrauch; so auch im Haushalt [vgl. 2, S.6].

Lüfter sind ein Anwendungsgebiet, in dem man mittlerweile ausschließlich bürstenlose Gleichstrommotoren vorfindet. Auch hier wird insbesondere von der Leistungersparnis profitiert. Ein weiterer Vorteil im Segment der Lüfter und Ventilatoren (auch Haartrockner, Heizlüfter etc.) besteht in der Tatsache, dass die Lautstärke des Geräts abnimmt, da keine mechanische Reibung bei der Kommutation entsteht.

**Modellfluggeräte:** Das Wachstum der Popularität von ferngesteuerten Modellfluggeräten — insbesondere Drohnen und Quadroptern — wurde maßgeblich durch die Entwicklung des BLDC-Motors angestoßen. Im Bereich der Fluggeräte wurden seither stets kleine Verbrennungsmotoren eingesetzt. In einigen Staaten wurden Verbrennungsmotoren für diese Anwendung mittlerweile verboten, da die Lärmverschmutzung als zu hoch eingestuft wurde. Auch hier zeigen sich die Vorteile des bürstenlosen Gleichstrommotors. Zusätzlich sorgt die Einsetzung dieses neuen Motortyps für eine höhere Reichweite, da ein kleineres Verhältnis von Gewicht und Leistung vorliegt.

**Industrielle Anwendungen:** Im industriellen Umfeld spielt der BLDC-Motor insbesondere in der Produktion, sowie der industriellen Automatisierung eine große Rolle. Bürstenlose Motoren sind für diese Funktionen besonders gut geeignet, da sie sich durch eine hohe Leistungsdichte, hohe Effizienz, große Drehzahlbereiche und niederen Wartungsaufwand auszeichnen. In der Produktion werden sie vor allem für Bewegungsregelung, Positionierung und Aktorik verwendet.

**Bewegungsregelung:** Bürstenlose Gleichstrommotoren werden häufig als Treiber für Pumpen, Lüfter und Spindeln, beispielsweise in CNC-Fräsen eingesetzt. Aufgrund ihrer Konstruktion verfügen BLDC-Motoren über gute thermische Eigenschaften und eine hohe Effizienz. Hinzu kommt die niederere Massenträgheit im Vergleich mit dem bürstenbehafteten Motor. All dies sind Eigenschaften, die den BLDC-Motor für dieses Einsatzgebiet prädestinieren.

**Positionierungs- und Aktuatoriksysteme:** In diesem Anwendungsgebiet trifft man besonders bürstenlose Servo- oder Schrittmotoren an, beispielsweise in Industrierobotern. Darüber hinaus können bürstenlose Gleichstrommotoren auch dazu verwendet werden, Linearaktuatoren anzutreiben.

Im nächsten Abschnitt wird der Einsatz von bürstenlosen Gleichstrommotoren exemplarisch am Beispiel eines Industrierobotersystems vorgestellt.



## **4.2 Ausführliches Anwendungsbeispiel**

## **5 Fazit**

## Literaturverzeichnis

1. PROBST, Uwe. *Servoantriebe in der Automatisierungstechnik: Komponenten, Aufbau und Regelverfahren*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011. ISBN 978-3-8348-8169-4.
2. XIA, Chang-liang. *Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives And Controls*. Singapore: Wiley, 2012. ISBN 978-1-118-18833-0.