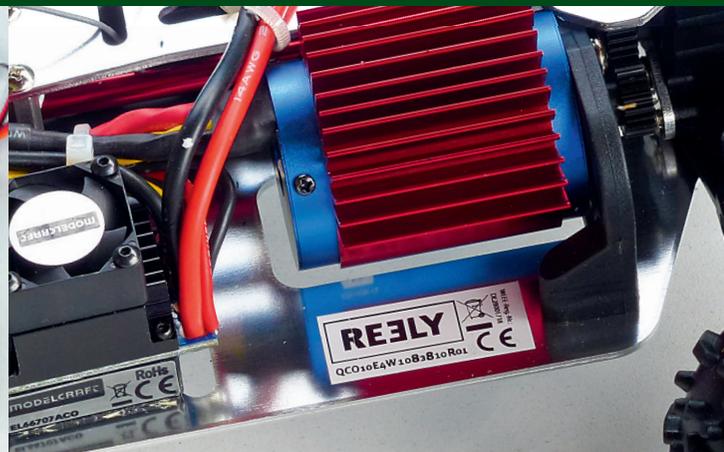




Brushless-Motoren in RC-Cars

richtig einstellen, betreiben und warten



**Brushless-Motoren
in RC-Cars
richtig einstellen,
betreiben und warten**

Thomas Riegler

Brushless-Motoren in RC-Cars

richtig einstellen, betreiben und warten

FRANZIS

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2012 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz & Layout: DTP-Satz A. Kugge, München

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: Himmer AG, Augsburg

Printed in Germany

ISBN 978-3-645-65157-8

Vorwort

RC-Modelle mit Verbrennungsmotoren anzutreiben – das war gestern. Heute ist »elektrisch fahren« angesagt. Kein Wunder, haben doch elektrisch angetriebene RC-Cars zahlreiche Vorteile. Der Umgang mit Zweitaktgemisch oder Nitrotreibstoff hat in der Vergangenheit viele davon abgehalten, mit ferngesteuerten Autos zu fahren. Elektrisch

angetriebene Modelle punkten, im Vergleich zum typischen Verbrennermotor, unter anderem mit wesentlich wartungsfreundlicherer Mechanik und mindestens gleichwertiger Leistung. Elektromodelle sind zudem auch leiser, was Ärger mit der Nachbarschaft vermeidet. Im RC-Modellbau gibt es zwei Arten von Elektromotoren: den Brushed- oder Bürstenmotor,



Abb. 0.1 – RC-Cars mit eingebautem Brushless-Motor sorgen für Fahrspaß in höchster Perfektion.

der heute nur noch ein Schattendasein fristet, und der Brushless- oder bürstenlosen Motor. Er ist heute allgemeiner Standard – egal, ob in Flugzeugen, Helikoptern, Autos oder Booten. Die Typenvielfalt an Brushless-Motoren, aber auch ihr Leistungsspektrum, ist dementsprechend groß. Bei der Auswahl des richtigen Antriebs für ein RC-Car gilt es, auf zahlreiche kleine Details zu achten. Sie entscheiden

darüber, wie viel Spaß man bei der Ausübung seines Hobbys haben wird. Nur bei optimal abgestimmten Einzelkomponenten ist ein störungsloser langfristiger Betrieb gewährleistet. Das erspart Ihnen Ärger und Kosten.

Dieses Buch vermittelt alle Grundlagen und Hintergrundinformationen, die man für den perfekten Umgang mit Brushless-Motoren in RC-Cars benötigt.



Abb. 0.2 – Selbst härtester RC-Buggy-Einsatz stellt den Brushless-Motor vor keine allzu große Herausforderung.

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | RC-Motoren | 11 |
| 1.1 | Bürstenmotoren | 14 |
| 1.1.1 | Vor- und Nachteile | 14 |
| 1.1.2 | Betriebszeiten bei Bürstenmotoren | 15 |
| 1.2 | Brushless-Motoren | 15 |
| 1.2.1 | Vor- und Nachteile | 16 |
| 1.2.2 | Betriebszeiten bei Brushless-Motoren | 16 |
| 1.3 | Verbrennungsmotoren | 17 |
| 1.3.1 | Vor- und Nachteile | 18 |
| 2 | Brushless-Motor – allgemeine Informationen | 21 |
| 2.1 | Welche Modelle eignen sich für Brushless-Motoren? | 21 |
| 2.2 | Aufbau | 25 |
| 2.3 | Wirkprinzip | 26 |
| 2.4 | Drehstrommotor | 27 |
| 2.5 | Polzahl und Motorcharakteristik | 29 |
| 2.6 | Nutzen | 30 |
| 2.7 | Drehrichtung | 30 |
| 2.8 | Typenbezeichnung und Motordimensionierung | 32 |
| 3 | Arten von Brushless-Motoren | 33 |
| 3.1 | Innenläufer | 33 |
| 3.2 | Außenläufer | 34 |
| 3.3 | Innen- oder Außenläufer? | 35 |
| 3.4 | Sensorloser Brushless-Motor | 37 |
| 3.5 | Sensorgesteuerte Brushless-Motoren | 38 |
| 3.6 | Scharfer Motor | 39 |
| 4 | Kennwerte von Brushless-Motoren | 43 |
| 4.1 | Turns | 43 |
| 4.1.1 | Wicklungsdrähte | 43 |
| 4.1.2 | Windungszahl, Drehmoment und Drehzahl | 45 |
| 4.2 | Welcher Motor für welches Einsatzgebiet? | 45 |
| 4.3 | Drehzahlen | 46 |
| 4.4 | Geschwindigkeit | 47 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.5 | Pol- und Nutenzahl | 48 |
| 4.5.1 | Pole oder Polpaare? | 48 |
| 4.5.2 | Anzahl der Nuten | 49 |
| 4.6 | Spezifische Drehzahl | 49 |
| 4.6.1 | Vergleichskriterium | 50 |
| 4.7 | Theorie und Praxis | 50 |
| 4.8 | Innenwiderstand | 51 |
| 4.9 | Drehmoment | 51 |
| 4.10 | Schaltungsarten | 52 |
| 4.10.1 | Sternschaltung..... | 52 |
| 4.10.2 | Dreieckschaltung | 53 |
| 4.10.3 | Stromaufnahme | 53 |
| 4.11 | Leerlauf- und Dauerstrom | 54 |
| 4.11.1 | Dauerleistung | 56 |
| 4.12 | Wirkungsgrad und Erwärmung | 56 |
| 5 | Brushless-Motor vor Überhitzung schützen | 59 |
| 5.1 | Richtig kühlen | 59 |
| 5.2 | Falsche Untersetzung | 63 |
| 6 | Timing | 65 |
| 6.1 | Timing bei Brushless-Motoren | 65 |
| 6.1.1 | Timing einstellen | 65 |
| 6.1.2 | Winkel einstellen | 66 |
| 6.1.3 | Timing im Regler einstellen | 67 |
| 6.1.4 | Timing für nur eine Drehrichtung | 68 |
| 7 | Brushless-Motor warten | 69 |
| 8 | Fahrtregler | 71 |
| 8.1 | Abstimmen auf den Motor | 72 |
| 8.2 | Cogging | 74 |
| 8.3 | Belastbarkeit | 74 |
| 8.4 | Stromstärken | 74 |
| 8.5 | Taktfrequenz | 75 |
| 8.5.1 | Verschiedene Taktfrequenzen..... | 76 |
| 8.6 | BEC | 77 |
| 8.7 | Externer Lüfter | 78 |
| 8.8 | Anlaufverzögerung | 78 |
| 8.9 | Auswahlkriterien | 79 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.10 | Fahrtregler programmieren | 80 |
| 8.10.1 | Programmierbox im Detail | 80 |
| 8.10.2 | Programmieren | 81 |
| 9 | Der Akku | 93 |
| 9.1 | Nickel-Metallhydrid-Akku | 93 |
| 9.1.1 | NiMH-Akkus richtig pflegen | 94 |
| 9.2 | Lithium-Polymer-Akku | 95 |
| 9.2.1 | LiPo-Akkus richtig pflegen | 97 |
| 9.3 | Der richtige Akku | 98 |
| 9.4 | Die Ladestation | 98 |
| 10 | Die Fernsteuerung | 103 |
| 10.1 | Gas programmieren | 104 |
| 10.2 | ABS | 104 |
| 10.3 | Failsave | 106 |
| 10.4 | Einstellbarer Timer | 107 |
| 10.5 | Wichtige Grundregel | 107 |
| 11 | Erstmalige Inbetriebnahme des Brushless-Motors | 109 |
| 11.1 | Ritzelspiel | 109 |
| 11.1.1 | Ritzelspiel feststellen | 110 |
| 11.1.2 | Ritzelspiel einstellen | 110 |
| 11.2 | Schraubsicherung | 113 |
| 11.2.1 | Welche Arten von Schraubensicherungen? | 114 |
| 11.3 | Weitere Überprüfungen am Modell | 114 |
| 11.4 | Brushless-Motor starten | 114 |
| 12 | RC-Car mit Kamera ausrüsten | 117 |
| 12.1 | Montage der Kamera | 117 |
| 12.2 | Action! | 117 |



1 RC-Motoren

Bis weit in die 90er-Jahre führte im RC-Modellbau kein Weg am Verbrennungsmotor vorbei. Inzwischen wurden sie jedoch großteils von Elektromotoren abgelöst. Diese sind leichter zu handhaben, erfordern nicht den Umgang mit teuren Brennstoffen und sind auch weitaus leiser. Allein die minimale Lärmentwicklung von elektrisch getriebenen Modellen hat an vielen Orten erst möglich gemacht, dass noch dem Modellsport nachgegangen werden kann und darf. Die Toleranz der Anwohner in Sachen Lärmentwicklung bei RC-Modellen hat während der letzten Jahre stark abgenommen.

RC-Elektromotoren und damit insbesondere Brushless-Motoren haben sich im Modellbau längst etabliert. Zuerst haben sie die Fliegerei erobert – nicht nur, weil sie leiser sind, sondern weil ihre Leistungsfähigkeit längst die der Verbrennungsmotoren überschritten hat. Davon können vor allem RC-Hubschrauber-Kunstflugpiloten berichten. Noch vor wenigen Jahren war für sie ein Modell mit Verbrennungsmotor das A und O. Bei ihnen kam der Wechsel zum Elektroantrieb von einer Flugsaison zur nächsten, und alle waren von Anfang an begeistert. Das Einzige, was bedauert wurde, war, den Wechsel nicht schon früher in Angriff genommen zu haben.

Interessant ist auch, dass sich Brushless zuerst in der RC-Königsklasse, dem Fliegen von Modell-Hubschraubern und -Flächenflugzeugen, durchgesetzt hat. Schließlich sind hier die Anforderungen an die abzugebende Leistung und die Betriebssicherheit am höchsten. Man

stelle sich nur vor, was passieren würde, wenn der Motor eines hoch fliegenden Hubschraubers plötzlich zu arbeiten aufhörte. Ein teurer Totalschaden wäre wahrscheinlich.

Es ist keine Frage, dass das, was sich in der RC-Fliegerei bewährt, auch für andere Einsatzgebiete des RC-Modellbaus bestens geeignet ist. Gegenwärtig ist der Brushless-Motor dabei, RC-Cars zu erobern. Wie bei den anderen RC-Modellbaufraktionen ist hier sein Einsatz nicht auf kleine bis mittelgroße Modelle beschränkt. Selbst für Großmodelle wie bis zu rund 30 kg schwere Flugzeuge oder Hubschrauber ist der Elektroantrieb längst nichts Besonderes mehr. Das Gleiche gilt auch für RC-Autogroßmodelle in den Maßstäben 1 : 6 und sogar 1 : 5.

Der Elektromotor soll die ihm zugeführte elektrische Energie mit möglichst geringen Verlusten in mechanische umwandeln. Die Motoren sind in Leistungsklassen aufgeteilt und für verschiedene Betriebsspannungen vorgesehen.

Für den RC-Modellsport werden zahlreiche Typen von Brushless-Motoren angeboten, die für unterschiedlichste Einsatzgebiete ausgelegt sind. Sie spannen den Bogen vom RC-Car über den Schiffbereich zu den RC-Helikoptern und Flächenflugmodellen.

Elektromotoren sind für den Betrieb an einem Akkupack mit einer bestimmten Zellenzahl konstruiert. Viele Brushless-Motoren werden auch für Spannungsbereiche wie z. B. 7,2 bis 14,8 V oder 14,8 bis 24 V verwendet. Die Hersteller gehen von einer Zellennennspannung von 1,2 V aus. Ein Motor mit einer Nennspan-

nung von 7,2 V ist z. B. für einen 6-zelligen NiMH-Akku gedacht. Die Motoren arbeiten aber auch mit etwas höheren Spannungen zuverlässig. Diese Toleranzen sind insofern wichtig, als moderne Lithium-Akkus über

andere Zellenspannungen verfügen. Ein 2-zelliger Lithium-Polymer(LiPo)-Akku liefert beispielsweise eine Nennspannung von 7,4 V. Alle für RC-Modelle infrage kommenden Elektromotoren lassen sich in zwei Arten unterteilen:



Abb. 1.1 – Es ist noch gar nicht so lange her, dass RC-Cars mit Benzin- oder Nitromotoren angetrieben wurden. Heute dominiert der Brushless-Motor.



Abb. 1.2 – Brushless-Buggys in den Maßstäben 1 : 8 und 1 : 10



Abb. 1.3 – Brushless-Motoren sind inzwischen den alten Verbrennermotoren durchweg überlegen. Sie erlauben Fahrspaß in vollendeter Perfektion.