

Patrick Leiner

# RACERDROHNEN

## SELBER BAUEN

In nur 16 Schritten zum eigenen  
FPV-Racercopter – ganz ohne  
Vorkenntnisse



Zusatz-  
material zum  
Download



- Schritt für Schritt selbst gebaut
- Komplet in Farbe
- First Person View Racing
- und vieles mehr

FRANZIS

Patrick Leiner

**RACERDROHNEN  
SELBER BAUEN**

Patrick Leiner

# RACERDROHNEN

## SELBER BAUEN

In nur 16 Schritten zum eigenen  
FPV-Racercopter – ganz ohne  
Vorkenntnisse



Zusatz-  
material zum  
Download



- Schritt für Schritt selbst gebaut
- Komplet in Farbe
- First Person View Racing
- **und vieles mehr**

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.

© 2017 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.

**Herausgeber:** Ulrich Dorn

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

**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

ISBN 978-3-645-25402-1

# Vorwort

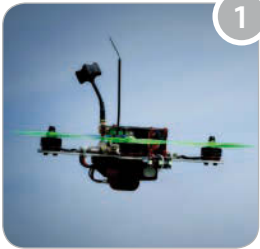
Wer hat als Kind nicht schon einmal davon geträumt, fliegen zu können? FPV-Racing begeistert heute jeden, der sich für schnelle Flugzeuge, Rennevents und Multicopter interessiert. Ist das Fliegen aus der Ich-Perspektive der neue Trendsport? Über den großen Teich herübergeschwappt ist die Faszination FPV-Racing schon längst. Die Drone Racing League ist jedem in der Szene ein Begriff. In geradezu atemberaubender Geschwindigkeit nimmt der Bekanntheitsgrad dieser neuen Sportart zu – nicht zuletzt, weil Experten bereits von der »Formel 1 der Zukunft« sprechen und heute den besten FPV-Piloten schon sechsstellige Gehälter gezahlt werden. Droneracing wird wohl der Techniksport schlechthin werden. Lassen wir uns überraschen und bleiben wir gespannt darauf, was uns noch alles erwartet.

Als vor nicht allzu langer Zeit die ersten FPV-Rennen in Deutschland durchgeführt wurden, hat mich diese Art des Fliegens fasziniert. Die Idee, wie früher in einem Videospiel mithilfe der Multicoptertechnik mit dem eigenen Fluggerät durch einen Parcours zu fliegen, und das nicht virtuell, sondern in der Realität – welch ein genialer Einfall. So befasste ich mich mit diesem Thema und baute meinen ersten FPV-Copter. Das Gefühl, wenn man die Brille aufsetzt, die Fern-

steuerung in die Hand nimmt und sich buchstäblich in das Fluggerät begibt und abhebt, ist unvergleichlich. Das macht diesen Sport so faszinierend, denn man fühlt sich frei wie ein Vogel, während man mit High Speed durch den Parcours rast, an Flaggen und Hindernissen vorbei durch das nächste Gate fliegt und den Nervenkitzel spürt, den Copter nicht gegen das nächste Hindernis zu crashen. Und wenn es doch einmal passiert: Forget it – fix it – fly it! Auch das Bauen und Reparieren macht Spaß, und man freut sich wieder auf die nächste Runde.

Die Faszination für das FPV-Fliegen, aber auch das Wissen weiterzugeben, wie solch ein Copter aufgebaut ist, auf was man achten muss und vor allem wie man ihn selbst bauen kann, bewegte mich dazu, dieses Buch zu schreiben. Wieso sollen nicht auch Sie in wenigen Tagen einen eigenen FPV-Racer bauen können? Wer beginnt, der hat schon gewonnen, denn solch einen Copter zu bauen und zu fliegen macht auf jeden Fall eines: sehr viel Spaß. Ich hoffe, Sie für dieses neue Thema begeistern zu können, denn es bereitet viel Freude an der Technik, am Basteln und Bauen und natürlich die Faszination des Fliegens.

Patrick Leiner



1

**Die Welt der FPV-Rennen..... 11**

Was ist FPV-Racing? ..... 13

Die Drone Racing League..... 14

Ablauf eines FPV-Rennens ..... 15

Verschiedene Rennklassen ..... 16

Was wird alles benötigt?..... 17



2

**Einzelteile eines Racecopters..... 21**

Der Rahmen und seine Bestandteile ..... 22

    Wie der Rahmen aufgebaut ist..... 22

    Materialanforderungen an den Rahmen..... 23

    Rahmengröße und Einsatzzweck..... 24

Die Motoren ..... 25

    Gleichstrombürstenmotoren ..... 26

    Brushlessmotoren..... 27

    Innen- und Außenläufer..... 28

    Kennzahlen von Brushlessmotoren..... 29

    Wartung von Brushlessmotoren..... 33

Der Brushlessregler ESC..... 34

    Funktionsweise des Brushlessreglers ..... 34

    P-FET oder N-FET — der effiziente Unterschied ..... 35

    SimonK-Software..... 37

    BLHeli-Software ..... 37

    OneShot125-Protokoll ..... 37

    BEC oder Opto..... 38

    Ampere (A) — die Belastbarkeit..... 39

    Spannung (V) und Zellenzahl (S)..... 40

    UBEC — Spannungsversorgung ohne ESC..... 41

    PDB — Energieversorgung auf kleinstem Raum ..... 42

Die Luftschraube ..... 42

    Kunststoff, Glasfaser oder Carbon? ..... 43

    Wichtige Kennzahlen einer Luftschraube ..... 44

    Unterschiedliche Montagemöglichkeiten ..... 44

    Auswahl geeigneter Luftschrauben ..... 46

    H/D-Verhältnis der Luftschraube..... 47

    Auswahl der Luftschraube..... 48



Der LiPo-Akku: Spannung pur.....	50
Vorteile von LiPo-Akkus.....	50
Kompatibilität der Anschlüsse.....	52
Nachteile von LiPo-Akkus.....	52
Synchronschwimmen im LiPo-Pack.....	54
Aufgebläht! — Achtung, Brandgefahr.....	55
LiPos in Zahlen und Fakten.....	56
Parallel- und Reihenschaltung.....	58
Lagerung und Wartung.....	58
Das richtige Ladegerät.....	59
Die richtige Leistung des Ladegeräts.....	61
Ladegerät mit mehreren Betriebsmodi.....	63
Ein eigenes Ladekabel löten.....	63
Ladegeräte für mehrere Akkus.....	64
Laden mit 12 und mit 230 Volt.....	64
Der Flightcontroller.....	65
Funktionsweise des Flightcontrollers.....	65
Sensoren des Flightcontrollers.....	67
Flugposition erfassen und stabilisieren.....	68
Ultraschallsensor als Erweiterung.....	69
Verschiedene Flightcontroller-Platinen.....	70
Die Flightcontroller-Software.....	71
Cleanflight.....	72
Betaflight.....	82
LibrePilot.....	85
RC-Fernsteueranlage.....	104
Funktionsweise einer RC-Anlage.....	105
Lehrer-Schüler-Modus.....	106
RC-Anlage für Racecopter.....	106
2,4-GHz-Fernsteueranlagen.....	107
Die Steuermodi 1 bis 4.....	108
PPM, SUMD & Co.....	109
Auswahl einer Fernsteuerung.....	111
Steuerachsen eines Multicopters.....	112
Simulatoren — Fliegen ohne Risiko.....	113



3

## Das FPV-System ..... 117

Komponenten einer FPV-Anlage.....	119
FPV-Kamera .....	120
FPV-Sender und -Empfänger .....	122
FPV-Brillen.....	126
Antennentypen und ihre Merkmale.....	129
Bauarten von FPV-Antennen .....	130



4

## Aufbau eines Racetracks ..... 135

Parcours voller Hindernisse.....	136
Gates durchfliegen .....	137
Turnflags für Richtungswechsel .....	138
Streckenhütchen zur Abgrenzung.....	138
Freestyle-Cube durchfliegen.....	139



5

## PID-Werte verstehen und einstellen..... 141

Der Aufbau des internen Regelkreises .....	142
Der P-Wert .....	143
Der I-Wert .....	144
Der D-Wert.....	144
PID-Werte richtig einstellen.....	144



6

## Antriebsleistung und Flugzeit ..... 151

Grundlegende Berechnungen .....	152
Gewichtsberechnung des Copters .....	152
Grobe Berechnung des Rahmengewichts.....	154
Benötigte Schubkraft ermitteln .....	156
Verhältnis von Gesamtgewicht zu Schubkraft .....	156
Geeignete Motoren finden .....	157
Auswahl einer geeigneten Rotorkombination .....	158
Berechnung über eine Kalkulationssoftware .....	159
Daten und Parameter der Komponenten.....	159



ESC-Auswahl und C-Wert .....	160
Maximaler Stromfluss durch den Motor .....	160
Flugzeitberechnung durchführen .....	161

## Gesetzes- und Rechtslage ..... 165



7

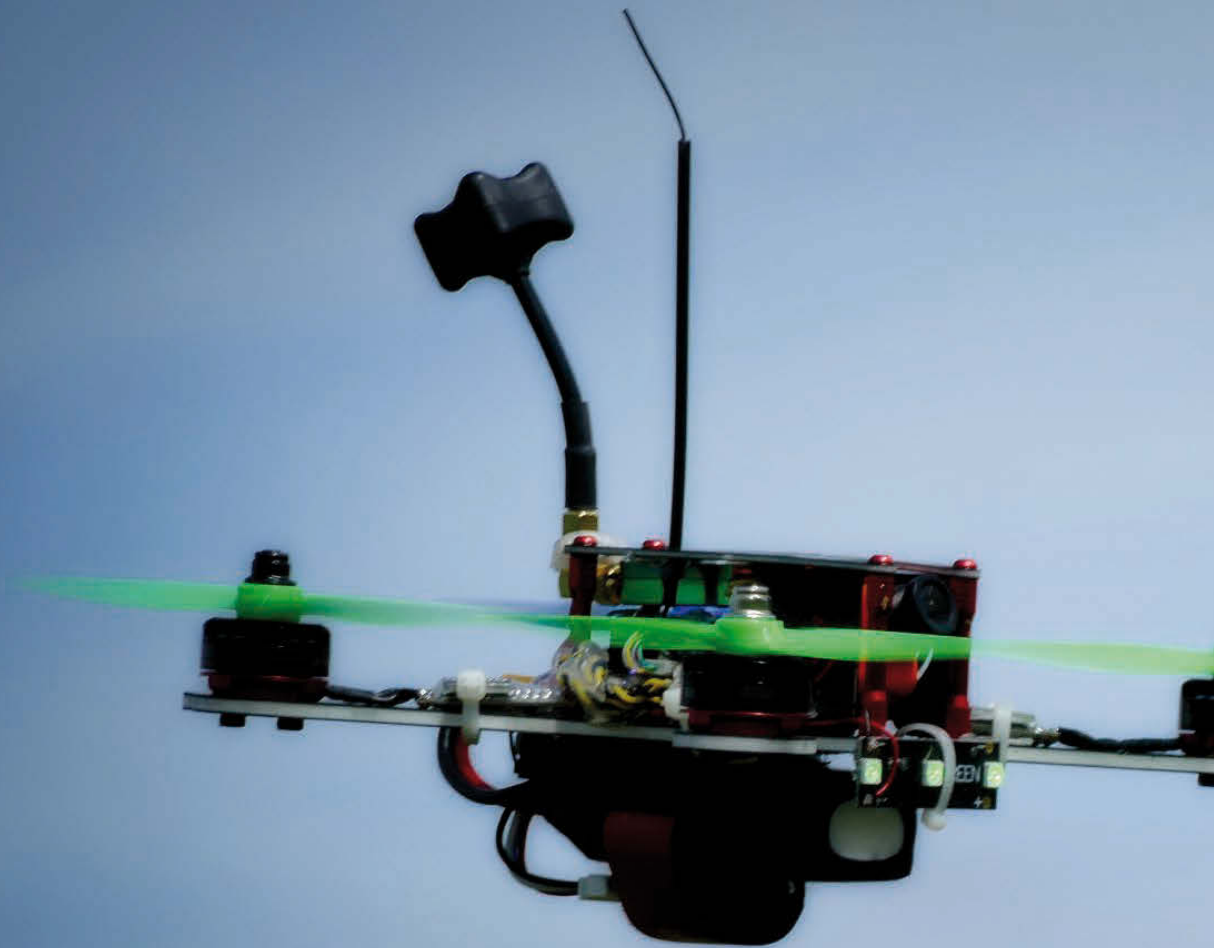
Gesetze und Versicherung.....	166
UAV oder Modellflugzeug? .....	167
Modellflugversicherung abschließen.....	167
Luftfahrtrecht und Luftraumklassen .....	169
Rechtsvorschriften und die neue Drohnen-Verordnung .....	173
Ausnahme speziell für FPV-Flieger .....	176

## Bauen Sie Ihren FPV-Racecopter ..... 179



8

Welchen Racecopter möchten Sie bauen?.....	180
Bauteileberechnung und Auswahl.....	181
Überblick über die benötigten Bauteile .....	190
Zusammenbau des Racecopters.....	193
1. Den Flightcontroller einsatzbereit machen .....	194
2. Einbau des Power Distribution Board.....	196
3. Montage der Motoren.....	197
4. ESCs auf den Auslegern anbringen .....	199
5. Den Akku mit dem PDB verbinden .....	201
6. ESCs am Stromverteiler anschließen.....	203
7. Den Flightcontroller mit Spannung versorgen.....	205
8. Strom für Sender, LEDs und Kamera.....	208
9. LED-Streifen am Rahmen anbringen .....	211
10. Einbau des Flightcontrollers .....	214
11. ESCs in der richtigen Reihenfolge anschließen.....	215
12. Montage der FPV-Kamera.....	217
13. Empfänger für Montage vorbereiten .....	219
14. Montage des FPV-Senders.....	221
15. Flightcontroller und Empfänger verkabeln .....	224
16. Fernsteuerung auf den Copter einstellen .....	228
Fertig machen zum Jungfernflug.....	246



A small FPV drone with green propellers is flying in the sky on the left side of the page.

# 1

## Die Welt der FPV-Rennen

Was ist FPV-Racing? .....	13
Die Drone Racing League .....	14
Ablauf eines FPV-Rennens.....	15
Verschiedene Rennklassen .....	16
Was wird alles benötigt? .....	17

■ Erfahren Sie in diesem Kapitel alles über das FPV-Racing, die Drone Racing League, aus welchen Dingen eine FPV-Strecke besteht, welche Rennen es gibt und was Sie grundsätzlich benötigen, um in die rasante Welt der FPV-Rennen einzusteigen. FPV-Racing ist der aktuelle Techsport schlechthin. Schnelle Flugzeuge, enge Parcours und die Sicht aus dem Cockpit wie in einem Videospiel – besser geht es nicht. Wenn wir von FPV-Racing sprechen, ist die faszinierende Multicopter-technik gemeint, bei der der Pilot durch eine Brille das Livebild der Kamera in seinem Copter sieht und diesen live steuert.



Ein unglaubliches Gefühl, denn man sitzt sozusagen selbst im Copter und fliegt mit durch das markierte Tor.

Diese neue Sportart hat sich sehr schnell verbreitet. In den USA und auch in Deutschland gründen sich immer mehr Vereine und Verbände, deren Mitglieder dieses Hobby ausüben. Allerdings trifft in manchen Ligen das Wort Hobby gar nicht mehr zu, denn teilweise werden schon Pilotenge-

hälter im sechsstelligen Bereich gezahlt. Der Trend entwickelt sich also zunehmend zu einem ernstzunehmenden Sport.

## WAS IST FPV-RACING?

FPV steht für *First Person View* und bezeichnet das Fliegen aus der »Ich-Perspektive«. Es kommen Multicopter zum Einsatz, die mit einer speziellen Kamera und einem Videosender ausgestattet sind und extrem schnell fliegen können. Es handelt sich überwiegend um vierrotorige Quadrocopter. Die kleinen Fluggeräte erreichen Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 130 km/h.



FPV-Racecopter im Flug.

Das Livebild der Kamera, die am Copter selbst sitzt, wird ohne Verzögerung an den Piloten am Boden weitergeleitet, der das Videobild durch eine FPV-Brille sehen kann.



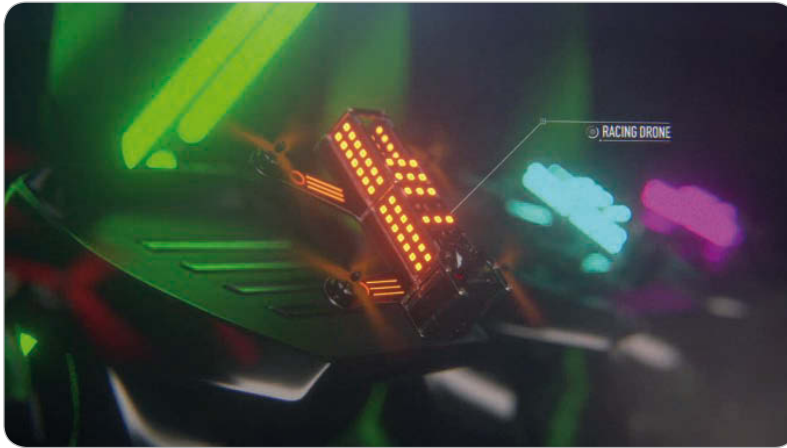
Der Parcours mit seinen Hindernissen.

Der FPV-Pilot steuert seinen Racecopter live durch einen Parcours von Hindernissen und Gates, durch die er hindurchfliegen muss. Dabei treten meist sechs Piloten gegeneinander an und duellieren sich in einem echten Drohnenbattle. Ab und an wird das eine oder andere Fluggerät gecrasht, aber genau das macht die Ganze aus – Spaß am Bauen, am Fliegen und auch am Reparieren und Tunen des Flugsportgeräts. Noch schnellere, noch bessere Rundenzeiten – beim FPV-Racing fühlt man sich wie bei der Formel 1.

## DIE DRONE RACING LEAGUE

Da das FPV-Racing gerade ein richtiger Trend wird, ist es nicht verwunderlich, dass bunt beleuchtete, extrem schnelle Racecopter, die durch einen ebenfalls knallbunt beleuchteten Parcours sausen, eine gewisse mediale Wirkung haben. Sehr bekannt wurde die *Drone Racing League* (DRL). Die Liga hat es geschafft, aus dem einst hobbymäßigen FPV-Fliegen eine Sportart zu machen, die fast weltweit Berühmtheit erlangt hat und deren Rennen in viele Länder übertragen werden – in Deutschland über den TV-Sender ProSieben MAXX.





Blick auf den DRL-Simulator.

Die Drone Racing League ist heute die meistbekannteste Rennliga im FPV-Bereich und wächst zusehends. Hier werden den besten Piloten tatsächlich bereits Gehälter bis in den sechsstelligen Bereich hinein gezahlt. Auch viele Sponsoren und Unterstützer wie die Allianz oder Sky Sports sind schon mit an Bord, und ein Ende ist nicht in Sicht. Die Rennevents finden an stilvollen Orten statt, etwa in alten und verlassenem Kaufhäusern und Industrieanlagen oder sogar in großen Sportarenen. Die Leistung der in dieser Liga geflogenen Racecopter kann sich auch sehen lassen. Das neueste Modell der Liga – der RACERX – bringt es auf eine Geschwindigkeit von sagenhaften 266 km/h. Wer sich für das Thema interessiert, kann also gespannt sein, was uns in Zukunft noch so alles erwartet.

## ABLAUF EINES FPV-RENNENS

Der Ablauf eines FPV-Rennens ist fast identisch mit einem richtigen Rennsportwochenende. Die offiziellen Rennen, bei denen sich die Piloten für immer höhere FPV-Rennen qualifizieren können, werden meist an einem Wochenende durchgeführt. Die Rennstrecken, oft auf einem Sportplatz aufgebaut, stehen den Piloten schon zwei bis drei Tage vor der Veranstaltung für Übungsflüge zur Verfügung. Das Rennwochenende selbst besteht aus einem Qualifikationsrennen und dem eigentlichen FPV-Race. Während des Qualifyings fliegen die Piloten nicht gegeneinander, sondern auf Zeit. Die schnellsten Piloten in diesem Zeitrennen qualifizieren sich für das eigentliche FPV-Rennen, sozusagen die Finalrunde.



Im Mainevent eines FPV-Rennens fliegen meist vier Piloten im K.-o.-System gegeneinander, wobei der erste oder die ersten beiden schnellsten Piloten eine Runde weiterkommen und dem Ziel, Champion zu werden, näherücken. Letztlich fliegen in der letzten Finalrunde die vier schnellsten Piloten gegeneinander und kämpfen um die Krone im FPV-Racing.

## VERSCHIEDENE RENNKLASSEN

Es wäre natürlich ein wenig unfair, wenn Racecopter, egal welcher Leistungs- und Größenklasse sie angehören, gegeneinander antreten würden. Der eine weist mehr Gewicht auf, der andere einen größeren Rahmen, und es gibt viele weitere Merkmale, in denen sich die Racecopter unterscheiden. Aus diesem Grund werden FPV-Rennen in verschiedenen Rennklassen durchgeführt. Dies bezieht sich in erster Linie auf die Rennen, die in Deutschland und Umgebung stattfinden.

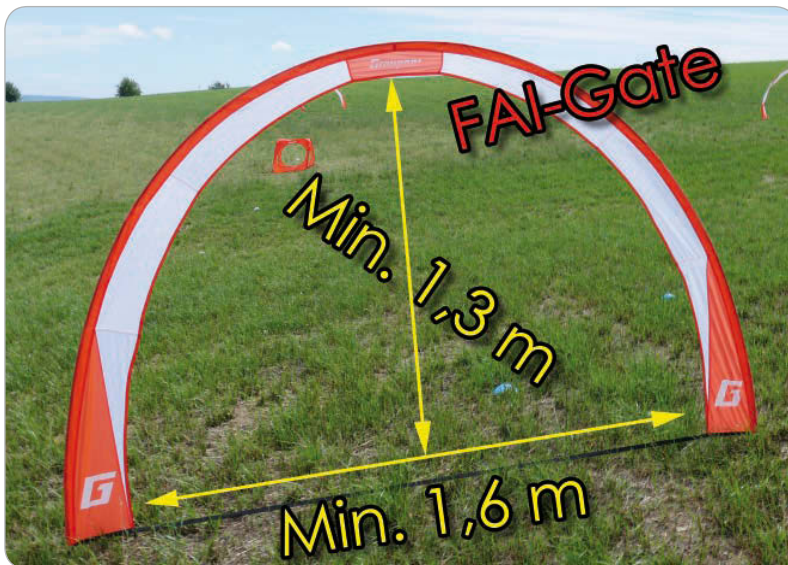
In der Königsklasse, der Drone Racing League, existiert nur eine Klasse, in der alle Copter gleich aufgebaut sind. Das bedeutet, alle Copter besitzen exakt die gleichen Leistungs- und Größenparameter. Bei diesen Rennen kommt es also tatsächlich ausschließlich auf das Können der Piloten an. In Rennen wie beispielsweise den German Masters in Bexbach sorgen dagegen verschiedene Rennklassen für eine gewisse Chancengleichheit unter den Piloten, die ähnliche Racecopter über die Rennstrecke jagen. Hier werden die Rennklassen nach Coptergröße oder nach Coptergewicht eingeteilt.

Bei der Größeneinteilung werden die Multicopterrahmen von einem Motormittelpunkt zum gegenüberliegenden vermessen. Für eine Rennklasse wie beispielsweise die 250er-Klasse bedeutet das also, dass der Copter in seiner Diagonale von Motor zu Motor nicht größer als 250 mm sein darf. Auch das Gewicht kann in Klassen unterteilt werden, beispielsweise bis 250 oder 500 Gramm. In einer Liga oder einem Verband können auch mehrere Beschränkungen zusammengeführt werden, was die Auswahl der Copter einschränkt.

Die FAI (Welt Flugsport Verband) hat beispielsweise ein Regelwerk für FPV-Rennen aufgestellt, das beinhaltet, dass die Copter bis maximal 1.000 Gramm wiegen und 330 mm Rahmengröße aufweisen sowie nur im Acro-Modus – ohne Selbststabilisierung – und mit maximal vierzelligen LiPo-Akkus betrieben werden dürfen. Auch die Rotorgröße und weitere Eigenschaften werden dort für die Rennliga eingrenzt. Neben der Einteilung auf Basis von Größe oder Gewicht ergibt sich eine weitere Rennklas-

se, in der alles offen und nichts beschränkt ist. Diese bezeichnet man als »offene Klasse«. Hier können Racecopter jeder Art teilnehmen. Alle Regelungen der FAI finden Sie unter der URL [www.fai.org/ciam-our-sport/drone-racing](http://www.fai.org/ciam-our-sport/drone-racing).

Die FAI macht auch Angaben darüber, wie groß ein FPV-Gate sein darf. Hersteller wie etwa Graupner bieten deshalb für FPV-Rennen spezielle Gates in der entsprechenden Größe an.



FAI-Gate von Graupner.

## WAS WIRD ALLES BENÖTIGT?

Um in die aufregende und spannende Welt des FPV-Racings einsteigen zu können, wird natürlich umfangreiches Equipment benötigt, das je nach Qualität und Leistungsanspruch einen kleineren oder größeren finanziellen Aufwand bedeutet. Die Spanne reicht von einem kleinen Low-Cost-Copter für weniger als 200 Euro bis hin zum High-End-Racecopter mit 130 km/h Spitzengeschwindigkeiten, der deutlich über 500 Euro liegen kann. Aber nicht nur der Copter selbst wird für das FPV-Racing benötigt. Um die Spannung eines Copterrennens aus der Ich-Perspektive erleben zu können, gehört auch eine FPV-Anlage sowie eine Fernsteuerung zum Equipment eines Racingpiloten.

Ein Racecopter besteht aus den folgenden FPV-Komponenten:

- ▶ Rahmen
- ▶ Motoren
- ▶ Motorregler
- ▶ Akku
- ▶ Flightcontroller (Flugsteuerung)
- ▶ RC-Anlage
- ▶ FPV-Kamera
- ▶ FPV-Sender



Der Pilot selbst benötigt noch eine FPV-Brille zum Empfangen des Videobilds und eine Fernsteuerung.

Da die Piloten durch einen Parcours mit Hindernissen und Gates fliegen, wird natürlich auch das Streckenmaterial benötigt, das auf einem größeren Feld aufgebaut werden kann. Es besteht meist aus Gates zum Durchfliegen, Flaggen, an denen die Flugrichtung gewechselt wird, sowie kleinen Pylonen, die zur Abgrenzung der Strecke dienen.



Gates zum Durchfliegen und Flaggen, an denen die Flugrichtung gewechselt wird, sowie kleine Pylone für die Streckenabgrenzung.

## SYMBOLE

2,4 GHz 107

250er-Klasse 16

Dreiblatlluftschrauben 47

## A

Abfluggewicht 51, 154, 182, 189

Accelerometer 68

Acro 79

Acro Mode 80

Acro+ Mode 97, 102

Air Mode 79, 80

Akku 18

Akkuanschluss fixieren 202

Akkuberechnung 152

Akkuklettband einziehen 196

Akkustecker 201

Ampere 39

Angle 79

Angle Mode 80

Anker 26

Antennenarten 129

Anti Gravity 79

Antriebsberechnung 152

Arm 79

Arming 96

Attitude Mode 97, 100

Aufnahmefunktion 122

Auftrieb 43

Ausleger 22

Außenläufer 29

Autolevel-Funktion 100

Autoleveling 99

Autopilot. Siehe Flightcontroller

AUX 230

Axis Lock Mode 103

## B

Balanceranschluss 53, 63

Balancerstecker 52

Barometer 68, 234

Baudrate 184

Bauteile 22

Bauteileberechnung 181

BEC 38, 216

Beschleunigung 46

Beschleunigungssensor. Siehe Accelerometer

Betaflight 82

  Einstellungen 84

  flashen 83

  Installation 83

  Unterschiede zu Cleanflight 84

Betriebspunkt 161, 162

Bewegungsenergie 25

Bexbach 16

Bildauflösung 128

Binding 107, 223

BLHeli 37, 184

Brushlessmotor 27, 184

  Motorgewicht 158

  Schubkraft 33, 158

Brushlessregler 184. Siehe ESC

Bürstenmotoren 26

Buzzer 53

bcvp 168

## C

Carbon 154, 182

Carbonfaserverstärkter Kunststoff 24

Carbonrahmen 180

CCW 44, 198

Centerplate 22

CFK 24

Chrome-Browser 232

Cleanflight 72, 185, 232

  Acro 79

  Air Mode 79

  Angle 79

  Anti Gravity 79

  Arm 79

  Flugmodi 79, 239

  Gtune 80



Headadj 79  
Headfree 79  
Horizon 79  
Installation 72  
MAG 79  
Motor 81  
PID Tuning 76  
RC Expo 76  
Receiver 77, 238  
Startmenü 74  
Cloverleaf-Antenne 131, 244  
COM-Port 234  
CW 44, 198  
C-Wert 57, 63, 189

## D

Deckungssumme 168  
Deutsche Flugsicherung 172  
Diversity 126  
Diversity-Empfänger 188  
Drehstrom 28  
Drehzahlangabe 30  
Drive Calculator 49  
DRL 14, 114  
Drohnen-Verordnung 173, 175  
Drone Racing League 12, 16. Siehe DRL  
Dual Panel 128  
D-Wert 144

## E

eCalc 49  
Einbau, Flightcontroller 196, 214  
Empfänger 187, 220, 226  
vorbereiten 219  
Energiedichte 50  
ESC 184, 199  
Ampere 39  
BEC 38  
BLHeli 37  
Elektromagnetische Kraft 34

flashen 36  
FPV-Racing 90  
MOSFET 35  
N-FET 35  
OneShot 37  
Opto 38  
Optokoppler 39  
P-FET 35  
PWM 35  
SimonK 37  
UBEC 41  
Wiederholungsrate 36  
ESC-Gaswegkalibrierung 240  
anschließen 215

## F

FAI 16  
Fatshark 188  
First Person View. Siehe FPV  
Flashen 36, 233  
Flightboard. Siehe Flightcontroller  
Flightcontroller 18, 65, 184, 195, 224, 233  
Cleanflight 72  
einbauen 214  
einsatzbereit machen 194  
Pinbelegung 207  
Platinen 70  
Sensoren 67  
Software 71  
Verbindungsschema 67  
Flugbeschränkungsgebiet 169  
Flugmodi 79, 96  
programmieren 239  
Flugsimulorkabel 115  
Flugsimulator USB-Dongle 115  
Flugsteuerung. Siehe Flightcontroller  
Flybar 103  
FPV 13, 118  
FPV-Anlage 119, 187  
Antennenarten 129

Diversity 126  
Fliegen und Recht 176  
Frequenzen 123  
Kanäle 123, 125  
Kombination von Antennen 132  
Raceband 125  
FPV-Antenne 187, 222  
FPV-Brille 13, 126, 187  
FPV-Freerider 114  
FPV-Gate 17  
FPV-Kamera 187, 208, 227  
    montieren 217  
FPV-Komponenten 18  
FPV-Racecopter 249  
    Bau 180  
FPV-Racer 156  
FPV-Racing 12, 14, 16, 90, 118  
FPV-Rennen. Siehe FPV-Racing  
FPV-Sender 187, 205, 208, 221, 227, 245  
    montieren 221  
FPV-Sender und -Empfänger 122  
Freestyle-Cube 139

## **G**

Gates 136, 137  
Gefahrengebiet 169  
German Masters 16  
Gesamtgewicht 182  
Geschwindigkeit 15  
Gesetze 166  
Gewichtsberechnung 188  
Gewicht-Schubkraft-Verhältnis 49, 51  
Glasfaser 154, 182  
Global Shutter 120  
Google-Chrome-Browser 72  
GPS 68  
Gtune 80  
Gyroskop 67

## **H**

Haftpflichtversicherung 166  
Handsender 106  
H/D-Verhältnis 47  
Headadj 79  
Headfree 79  
Headtracking 129  
Horizon 79  
Horizon Mode 81  
Hotprops 114  
Hovern 48

## **I**

ICAO-Karten 171  
Immersion 118  
Innenläufer 28  
I-Wert 144

## **K**

Kabel  
    anlöten 207  
    verlegen 217  
Kalkulationssoftware 159  
    drivecalc 162  
Kalte Lötstelle 195  
Kamera 18  
Kenntnisnachweis 175  
Kennzeichnungspflicht 175  
Kippschalter 230  
Kombination von Antennen 132  
Kommunikationsprotokoll 37  
KV-Zahl 29

## **L**

Ladegerät 59  
    12 Volt/230 Volt 64  
    Betriebsmodi 63  
Ladekabel 63

Ladestrom 61  
Leistung 61  
LiPo 63  
Ladekabel 63  
Latenzzeit 125  
LED 205, 208, 213  
LED-Streifen 186, 211  
Leveling 99  
LibrePilot 85  
  Arming 96  
  CONNECTION DIAGRAM 90  
  Einstellungsparameter 103  
  Empfänger 88  
  ESC 89  
  ESC-Gasweg 92  
  Flugmodi 96  
    aktivieren 97  
  Installation 86  
  Kalibrierung 91  
  Motoren kalibrieren 93  
  Softwareeinstellung 87  
  Vehicle Setup 87  
LIFTOFF 114  
Li-Ion-Akku 51  
LiPo 50, 242  
  Aufbau 57  
  Balanceranschluss 53  
  Balancerstecker 52  
  Brand 55, 56  
  Buzzer 53  
  C-Wert 57, 63  
  Energiedichte 50  
  Homogenität 54  
  Ladekabel 63  
  Lagerung 58  
  LiPo-Checker 53  
  LiPo-Warner 54  
  Memory-Effekt 51  
  Nachteile 52  
  Parallelschaltung 56, 58  
  Reihenschaltung 56, 58

Spannungsgrenzen 53  
Vorteile 50  
Zahlen 56  
Zellspannung 52  
LiPo-Akku  
  Explosionsgefahr 52  
  Ladestrom 61  
  LiPo-Checker 53  
  LiPo-Warner 54, 243  
  Lithium-Metalloxid 55  
  Lithium-Polymer-Akku. Siehe LiPo  
  Löten 196, 211  
  LötKolben 194  
  Luftraum 169, 170  
  Luftraumklassen 169  
  Luftschrauben 42, 184  
    Auftrieb 43  
    Auswahl 48  
    CCW 44  
    CW 44  
    Dreiblatt- 47  
    Gewicht-Schubkraft-Verhältnis 51  
    H/D-Verhältnis 47  
    Kennzahlen 44  
    Montagemöglichkeiten 44  
    Schubkraft 49  
    Strahlgeschwindigkeit 47  
    Zoll 44  
  Luftsperrgebiet 169

## **M**

MAG 79  
Magnetometer 68, 234  
Manual Mode 97, 103  
Maximalschub 183  
Memory-Effekt 51  
Metallschrauben 196  
Modellflugversicherung 167, 168  
Modellflugzeug 167  
MOSFET 35  
Motorachsenabstand 181

Motoren 18, 25, 198, 231, 241

Anker 26

Außenläufer 29

Betriebsspannung 32

Brushlessmotor 27

Bürstenmotoren 26

Elektromagnetische Kraft 34

Framework 30

Innenläufer 28

Kennzahlen 29

Kennzeichnung 30

Kohlebürsten 27

KV-Zahl 29

Lager 33

montieren 197

Nuten 30

Pole 26, 30

Sprengring 33

Stromaufnahme 32

Stromlast 160

Turns 31

Unwucht 34

Wartung 33

Watt 32

Motorconfiguration. Siehe Framework

Motorlayout 215

Motorregler 18

Multicopter 13

MZ-24 187

## **N**

Neigungswinkel 100

NEODYM 28

Newton 49

N-FET 35

NiCd 51

Nickel-Metallhydrid-Akku 51

NiMh 51

NTSC 121

## **O**

OneShot 37, 72, 74, 90, 235

Opto 38

Optokoppler 39

## **P**

PAL 121

Parallelschaltung 56

Patchantenne 131

PDB 25, 42, 185, 196, 197, 203, 205, 209

PDB CC3D 185

Permanentmagnete 26

P-FET 35

PID-Regler 142

PIDs einstellen 144

PID-Werte 142

Pinbelegung, Flightcontroller 207

Pins

    anlöten 196

    isolieren 195

Platinenkamera 121

Pole 26

Potenziometer 106

Power Distribution Board 196

PPM 105, 109

Prä-Flight-Checkliste 247

ProSieben MAXX 14

Pulsweitenmodulation. Siehe PWM

Pultsender 106

P-Wert 143

PWM 35

## **Q**

Quadrocopter 13

## **R**

Raceband 125

Racecopter

    Bauteile 22

flugfertig machen 248  
Racingrahmen 23  
Rahmen 18, 22, 187  
    Carbonrahmen 180  
    Material 23  
    Rahmengröße 24  
Rahmengewichtsfaktor 154, 182  
Rahmenkonstruktion 182  
Rate Mode 79, 97, 98  
Rate Trainer 97  
Rate Trainer Mode 100  
Rattitude Mode 97, 101  
RC-Anlage 18, 104, 228  
    2,4 GHz 107  
    Auswahl 111  
    Binding 107  
    Funktionsweise 105  
    Handsender 106  
    Lehrer-Schüler-Modus 106  
    Potenziometer 106  
    PPM 105  
    Pultsender 106  
    Simulator 113  
    Steuermodi 1 bis 4 108  
    Trägerfrequenz 105  
RC Expo 76  
Real Drone Simulator 114  
Rechtslage 166  
Refreshrate 89  
Reihenschaltung 56  
Rennklassen 16  
RMZ 169  
Rolling Shutter 120  
Rotorkombination 158  
Rotorleistung 162  
Rotorschubkraft 162  
RSSI 224  
RunCam Swift 187

## S

Sandwich-Carbon 181  
Schubberechnung 157, 181  
Schubdaten 159, 183  
Schubkraft 33, 156  
Sender 18  
Sensordrift 68  
SimonK 37  
Simulator 113  
Single Panel 128  
Skyfool 172  
Software, flashen 233  
Spitzengeschwindigkeiten 13  
Spulen 26  
Stabantenne 130  
Steuerachsen 112  
Steuerfunktionen 111  
Steuerkanäle, Zuordnung 230  
Steuerknüppelfunktion überprüfen 248  
Steuermodi 1 bis 4 108  
Steuerverhalten 249  
Strahlgeschwindigkeit 47  
Streckenhütchen 138  
Streckenmaterial 136  
Stromfluss 40  
Stromlast 160  
Stromversorgung 204  
    Flightcontroller 206  
Stromverteiler. Siehe PDB  
Stromverteiler anschließen 203  
Stromwender. Siehe Kollektor  
SUMD 109, 237

## T

TBS 187  
TBS-Cloverleaf-Antenne 244  
TBS Tango 112  
TMZ 169

Trägerfrequenz 105  
Turnflags 138  
TVL 120

## **U**

UAV 167  
UBEC 41  
Ultraschallsensor 69  
Unwucht 34

## **V**

VirtualBar Mode 97, 103  
Volt 40

## **W**

Watt 32  
Weak Leveling Mode 97, 102

## **X**

XT60 201

## **Z**

Zellspannung 52  
Zoll 44



Patrick Leiner

# RACERDROHNEN

## SELBER BAUEN

In nur 16 Schritten zum eigenen FPV-Racercopter – ganz ohne Vorkenntnisse

FPV-Racing begeistert heute jeden, der sich für schnelle Flugzeuge, Rennevents und Multicopter interessiert. Das Fliegen aus der Ich-Perspektive ist der neue Trendsport aus den USA und wird das nächste Big Thing in der Sportwelt. Die Drone Racing League ist jedem in der Szene ein Begriff. In geradezu atemberaubender Geschwindigkeit nimmt der Bekanntheitsgrad dieser neuen Sportart zu – nicht zuletzt, weil Experten bereits von der »Formel 1 der Zukunft« sprechen. Drone Racing ist der neue Techniksport schlechthin!



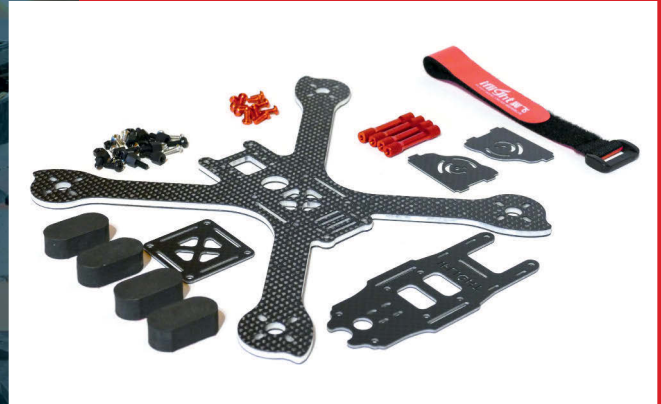
Bauen Sie Ihre eigene Racerdrohne – zahlreiche Tipps helfen Ihnen bei der Optimierung der Flugeigenschaften.

In diesem Buch erfahren Sie alles über die Grundlagen der Multicoptertechnik, was sie ausmacht, aus welchen Bauteilen ein Copter aufgebaut ist und welche Eigenschaften die einzelnen Bauteile haben. Danach steigen Sie direkt in die Welt der DYS-Technikprojekte ein: Ein detailliert beschriebenes Selbstbauprojekt zeigt Ihnen, wie Sie mit viel Spaß und überschaubarem Aufwand eine Racerdrohne planen und in nur 16 Arbeitsschritten selber zusammenbauen.

Steuern Sie Ihren fertigen Copter live durch einen Parcours und lassen Sie ihn in einem spannenden Drohnenbattle antreten. Für noch bessere Rundenzeiten bietet das Buch Ihnen viele Tipps und Tricks zur Optimierung des Flugverhaltens.

## HIGHLIGHTS

- Willkommen in der Welt der FPV-Rennen
- Alle Einzelteile einer Racerdrohne
- Rahmen, Motoren und Luftschrauben
- Brushless-Motoren warten
- LiPo-Akkus in Zahlen und Fakten
- Funktionsweise des Flightcontrollers
- Flugposition erfassen und stabilisieren
- Software: Cleanflight, Betaflight und LibrePilot
- Funktionsweise der RC-Fernsteueranlage
- Simulatoren: Fliegen ohne Risiko
- Komponenten einer FPV-Anlage
- Aufbau eines Racetracks
- PID-Werte verstehen und einstellen
- Berechnungen: Antriebsleistung und Flugzeit
- Alles zur aktuellen Gesetzes- und Rechtslage
- Bauteileberechnung und Auswahl
- Zusammenbau der Racerdrohne in 16 Schritten
- Fertig zum Jungfernflug



Mit Schritt-für-Schritt-Anleitung für den Bau einer eigenen Racerdrohne.

## ÜBER DEN AUTOR

Patrick Leiner, geboren in Zweibrücken, ist gelernter Technischer Produktdesigner in der Fachrichtung Maschinen- und Anlagentechnik. Nach seiner Ausbildung absolvierte er ein Studium der Wirtschaftswissenschaften im Fachbereich Technische Betriebswirtschaft. Seit 15 Jahren ist er begeisterter Modellpilot und beschäftigt sich umfassend mit der RC-Modellbautechnik. Schon im Rahmen seines Studiums setzte Leiner eigene Multicopter-Projekte um; auch seine Bachelorthesis und weitere wissenschaftliche Arbeiten befassen sich mit der Entwicklung und dem Bau von Multicoptern.

Zusatzmaterial auf [www.buch.cd](http://www.buch.cd)

Besuchen Sie unsere Website:  
[www.franzis.de](http://www.franzis.de)

**FRANZIS**