

Sabrina Herrmann, Francis Markert

Drohnen

Die große Fotoschule



Sabrina Herrmann, Francis Markert

Drohnen Die große Fotoschule

319 Seiten, gebunden, 49,90 Euro
ISBN 978-3-8362-9319-8

www.rheinwerk-verlag.de/5637



The background of the page is a high-angle, aerial photograph of a tropical coastline. On the left, a rocky beach with large, reddish-brown stones meets the water. To the right, a dense line of palm trees and other tropical foliage stretches along the shore. The entire image is overlaid with a semi-transparent white rectangular area that serves as a backdrop for the text.

KAPITEL 1

DIE FLIEGENDE KAMERA

Aus der Drohnenperspektive begeistern einzigartige Landschaften auf eine ganz eigene Weise. In diesem Kapitel lernen Sie die Funktionsweise von Kameradrohnen kennen und erfahren, auf welche technischen Daten Sie beim Kauf einer Drohne achten sollten.

DIE FLIEGENDE KAMERA

Bevor wir in die faszinierende Welt der Drohnenfotografie einsteigen, benötigen Sie zunächst ein gutes Verständnis der zugrunde liegenden Technik. In diesem Kapitel lernen Sie die wichtigsten Fachbegriffe kennen und erfahren, worauf Sie beim Kauf einer Kameradrohne achten müssen.

1.1 Der Aufstieg der Fotodrohnen

Es ist ein uralter Traum der Menschheit, durch die Luft zu fliegen und die Welt aus einer neuen Sicht zu erkunden. Schon in den frühen Hochkulturen regte der Traum vom Fliegen die Fantasie der Menschen an. Denken wir nur an den griechischen Sagenhelden Ikarus oder die Luftschraube des italienischen Universalgenies Leonardo da Vinci. Alle beflügelte die Idee, die Welt einmal von oben zu betrachten.

Im letzten Jahrhundert wurde der Traum vom Fliegen zur Wirklichkeit. Heute erlauben uns Flugzeuge innerhalb weniger Stunden der Heimat zu entfliehen und andere Länder zu bereisen. Fliegen ist zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Und dennoch: Die Faszination für Luftaufnahmen ist geblieben. Der Blick aus der Luft fesselt uns und macht jede Szenerie umso spannender.

Nun haben nicht alle Fotograf*innen einen Hubschrauber zur Hand, und wer auf Dienstleister zurückgreifen muss, sollte einen mittleren vierstelligen Eurobetrag einkalkulieren – pro Stunde!

Doch zum Glück hat sich in den letzten Jahren eine weitere Möglichkeit herauskristallisiert, wie sich Luftaufnahmen erstellen lassen. Natürlich sprechen wir an dieser Stelle von Kameradrohnen.

Drohnen sind mittlerweile zum Allzweckwerkzeug für (professionelle) Medienschaffende geworden, da die kleinen Flieger enorme Vorteile gegenüber den zuvor genannten Optionen haben. So sind Drohnen kompakter, kostengünstiger, einfacher zu manövrieren und können auch bei schwierigem Terrain eingesetzt werden – um nur einige wesentliche Vorteile zu nennen.

Dabei entwickelte sich die Technik innerhalb weniger Jahre in einem rasanten Tempo. Als wir im Jahr 2014 unsere ersten Flugversuche starteten, gab es keine Drohnen mit brauchbarer integrierter Kamera. Stattdessen mussten wir vor jedem Flug aufwendig eine Actionkamera (GoPro Hero 4 Black Edition) an der Drohne befestigen. Vor jedem Aufstieg waren wir etwa eine viertel Stunde damit beschäftigt, alle erforderlichen Komponenten zu montieren und zu verkabeln.

Eine Steuerung der Kamera während des Fluges war nicht möglich, genauso wenig konnten wir am Boden eine Vorschau der Kameraperspektive sehen. Uns blieb nichts anderes übrig, als die Kamera am Boden einzuschalten (Video und/oder Serienaufnahme) und darauf zu hoffen, dass das Motiv im Bild war. Ob die Entfernung zum Objekt gut gewählt war, stellte insbesondere zu Beginn ein Glücksspiel dar. Unser räumliches Vorstellungsvermögen hat sich dadurch enorm verbessert. Wir lernten schnell, die Entfernungen besser einzuschätzen.



⤴ **Abbildung 1.1**

Während unserer Weltreise im Jahr 2015 nutzten wir unsere Actionkamera nicht ausschließlich für Luftaufnahmen. So mussten wir die GoPro vor jedem Start erst an das Gehäuse unserer DJI Phantom 2 montieren.

Dennoch konnte es für viel Enttäuschung sorgen, wenn wir am Abend nach einem Ausflug unsere Aufnahmen gesichtet haben. Selbst wenn wir das Motiv gut erwishten, war der Horizont bei 4K-Aufnahmen durch das Fischaugenobjektiv krumm und die Videosequenzen teilweise verwackelt.

Zwar waren wir damals trotz alledem begeistert von unseren Aufnahmen, die in dieser Zeit entstanden sind. Die Möglichkeit, Fotos aus der Vogelperspektive aufnehmen zu können, faszinierte uns bei jedem Flug aufs Neue. Doch heute entsprechen solche Aufnahmen nicht mehr dem Stand der aktuellen Technik.

Selbstverständlich merkten die Hersteller, dass es einen Handlungsbedarf gab, und präsentierten ihre Lösungen für das Problem. Heute können Sie kaum noch eine Drohne erwerben, die ohne eine integrierte Kamera auskommt. Für die meisten Pilot*innen sind das gute Nachrichten. Heute sparen wir uns nicht nur wertvolle



⤴ **Abbildung 1.2**

Ein erstes Selfie mit der DJI Phantom 2 auf dem Little Adams Peak in Sri Lanka. Hier hatten wir noch keine Bildübertragung zur Fernsteuerung. Um zu sehen, ob das gewünschte Motiv im Bild war, nutzten wir für derartige Aufnahmen die Live-Vorschau der GoPro-App per Bluetooth-Übertragung. So war es realisierbar, den gewünschten Ausschnitt zu wählen. Allerdings waren dadurch keine großen Reichweiten möglich. Schon nach wenigen Metern unterbrach die Bildübertragung.

DJI Phantom 2 mit GoPro Hero 4 Black | 3 mm | $f2,8$ | 1/1500s | ISO 100

Zeit bei der Montage der Flugausrüstung, sondern können auch vom Boden aus das Livebild der Kamera verfolgen und alle wichtigen Kameraparameter beeinflussen. Dazu kommen noch ausgereifte Sicherheitsfunktionen, die das Fliegen mit einer Drohne heute so einfach gestalten wie nie zu vor. Gleichzeitig werden Drohnen immer



« Abbildung 1.3

Um die Aufnahmen zu stabilisieren, haben wir unsere DJI Phantom 2 zusätzlich mit einem Gimbal (Zenmuse H3-3D) ausgerüstet. Dazu mussten wir die Drohne aufschrauben und das Gimbal eigenständig verkabeln.



« Abbildung 1.4

Wer hat hier das Sagen? Beim Kampf um die Vorherrschaft auf dem Markt setzen sich faltbare Kameradrohnen immer mehr durch.

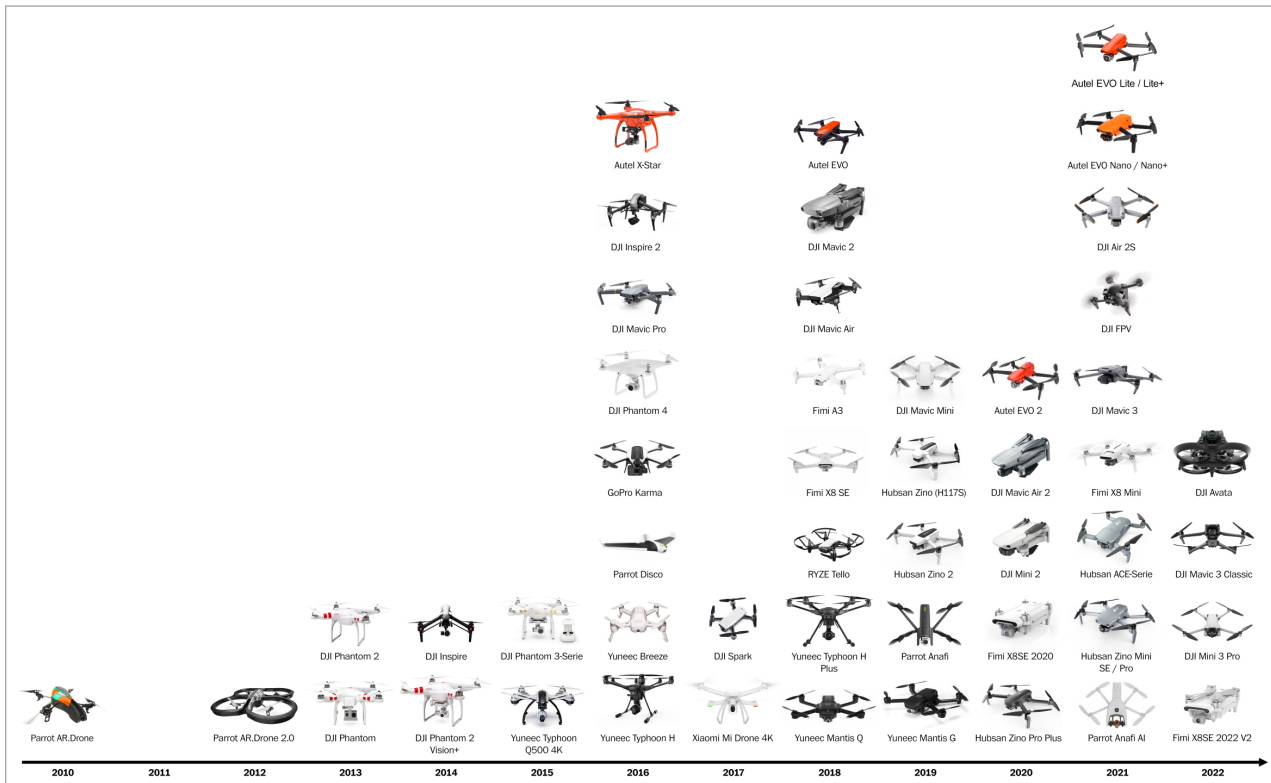
kleiner und kompakter, sodass sie gut bei einem Ausflug mitgenommen werden können.

Drohnen sind mittlerweile ein zuverlässiger Partner für Fotografinnen und Fotografen. Wir möchten Sie mit diesem Buch dazu einladen, die vielfältigen Möglichkeiten zu nutzen, die uns diese technischen Wunderwerke bieten. Um dieses Potenzial ausschöpfen zu können, lernen Sie alle erforderlichen Grundlagen kennen und erhalten jede Menge Inspiration für Ihr kreatives Schaffen.

1.2 Was ist eine Drohne?

Zwar können heutzutage alle etwas mit dem Wort *Drohne* anfangen, doch die Bedeutung ist nicht immer unumstritten gewesen.

Ursprünglich bezeichnet man mit einer Drohne eine männliche Honigbiene. Im technischen Zusammenhang assoziierten viele den Begriff mit tödlicher Militärtechnik und es gab insbesondere beim Aufkommen der zivilen



⚡ Abbildung 1.5

Die Drohnentechnik hat sich im letzten Jahrzehnt rasch weiterentwickelt. Die ersten erwähnenswerten Drohnen für Privatpersonen brachte der französische Hersteller Parrot auf den Markt. 2014 revolutionierte die DJI Phantom die Welt der Kameradrohnen. Sie besaß zwar noch keine integrierte Kamera, bot jedoch die Möglichkeit, eine Actionkamera in die Luft zu heben. 2015 folgte der große Durchbruch vom neuen und fortan bleibenden Marktführer. DJI stellte die Phantom-3-Reihe mit integrierter Kamera vor und die kleinen Flugobjekte eroberten den Himmel. In den folgenden Jahren entwickelten sich die Kameradrohnen stetig weiter – sie lernten, Hindernissen auszuweichen, wurden kleiner und faltbar. Zudem wurden die Kameras von Mal zu Mal besser. Es bleibt spannend, wohin die Reise der fliegenden Kameras noch geht. (Abbildung enthält Fotos von den jeweiligen Hersteller-Webseiten.)

Drohnen ein Bedürfnis, sich vom militärischen Kontext zu lösen.

Dennoch kann nicht bestritten werden, dass sich der Begriff »Drohne« mittlerweile für alle unbemannten Fahrzeuge in der Gesellschaft etabliert hat – unabhängig vom Verwendungszweck. Die Politik, Hersteller, Medien und auch die meisten Anwender*innen sprechen heute von Drohnen.

Wer immer noch darauf pocht, dass das Wort Drohnen nur tödliche Kampfmaschinen umfasst, verkennet, dass sich Sprache weiterentwickelt. Zudem können wir festhalten, dass wir in der Zivilgesellschaft viele Dinge nutzen, die für das Militär entwickelt wurden, ohne dafür nach neuen Begriffen suchen zu müssen. Einige dieser Erfindungen sind Konservendosen, Klebeband, Krankenwagen oder Computer.



⤴ **Abbildung 1.6**

Lieferdrohnen haben das Potenzial, die Logistik zu revolutionieren. Schon heute gibt es spannende Projekte, die sich die Technik zunutze machen. (Foto: EHang)



⤴ **Abbildung 1.7**

Durch Passagierdrohnen ergeben sich vollkommen neue Wege für den Nahverkehr. Doch bevor solche Bilder für uns zum Alltag werden, benötigt es eine ausgereifte Infrastruktur und vor allem gesellschaftliche Akzeptanz. (Foto: EHang)



⤴ **Abbildung 1.8**

Nicht nur in der Luft, auch in Gewässern werden Drohnen schon für diverse professionelle Zwecke eingesetzt. So können Unterwasserdrohnen in der Aquakultur das Geschehen im Fischgehege überwachen, zur Meeresforschung eingesetzt werden oder bei Inspektionsdiensten unter Wasser helfen. Wo sich früher Taucher in gefährliche Gewässer begeben mussten, übernehmen heute moderne Drohnen einige dieser Aufgaben. Auch Meereslebewesen können Sie mithilfe der Tauchroboter hautnah erleben. So werden auf Ausflugsschiffen Live-Videos von der Unterwasserwelt gezeigt, Orca-Schulen bei der Jagd nach Heringen beobachtet oder Superkorallen am Great Barrier Reef gesucht. (Foto: Blueye Robotics)

Im zivilen Umfeld werden Drohnen immer präsenter. In Europa nutzen Logistikunternehmen Drohnen zum Ausliefern von Paketen, in Afrika werden Medikamente und Blutkonserven damit verteilt und der flächendeckende Einsatz als Flugtaxi wird in einigen Jahren keine Besonderheit mehr sein.

Dabei sind Drohnen nicht nur in der Luft anzutreffen. Auch andere Fahrzeuge wie Boote und Autos können sich ohne Menschen an Bord fortbewegen.

Alle Formen von Drohnen – egal ob in der Luft, an Land oder im Wasser – haben zwei Gemeinsamkeiten:

1. Sie bewegen sich autonom oder ferngesteuert fort.
2. Es befindet sich kein*e Pilot*in auf/innerhalb des Fahrzeugs.

Diese zwei Kriterien sind entscheidend, ob es sich bei einem Verkehrsmittel um eine Drohne handelt oder nicht. Selbst Modellautos und -boote können als Drohnen bezeichnet werden.

Definition der unterschiedlichen Begriffe

In diesem Buch konzentrieren wir uns auf fliegende Drohnen, für die es einige ähnliche Bezeichnungen gibt, die wir in diesem Kapitel noch erläutern wollen. Die verschiedenen Begriffe werden häufig als Synonyme verwendet. Doch wir möchten an dieser Stelle die Unterschiede herausheben, damit es nicht zu Fehlinterpretationen kommt.

Beginnen wir mit den *unbemannten Fluggeräten*. Dahinter verbirgt sich der in Deutschland gültige juristische Oberbegriff für alle Flugdrohnen. Die unbemannten Fluggeräte unterteilen sich in *Flugmodelle* und *unbemannte Luftfahrtsysteme*. Die Unterscheidung der beiden Begriffe sollte Ihnen geläufig sein, auch wenn es nach juristischer Haarspalterei klingt. Am Ende ist die Einteilung gar nicht so kompliziert.

Als *Flugmodelle* werden alle Drohnen bezeichnet, die für die Freizeitgestaltung bzw. für sportliche Zwecke eingesetzt werden. Alle anderen Drohnen fallen automatisch

unter den Begriff der *unbemannten Luftfahrtsysteme*. Eine Einteilung erfolgt also nicht anhand technischer Spezifikationen oder einer Risikobeurteilung, sondern definiert sich allein durch die Nutzungsart. Man kann sich sicherlich streiten, wie sinnvoll das sein mag. Ohnehin sind die rechtlichen Auswirkungen gering, wie Sie in Kapitel 7, »Drohnenrecht verstehen«, sehen werden.

ENGLISCHE BEGRIFFE UND ABKÜRZUNGEN

Neben den deutschen Wörtern begegnen uns häufig englische Begriffe und ihre Abkürzungen. Die wichtigsten wollen wir hier kurz nennen:

- *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* bedeutet unbemanntes Fluggerät. Bei UAVs spricht man immer nur von dem Flugobjekt, also der Drohne in der Luft.
- Mit *Unmanned Aerial System (UAS)* und *Remotely Piloted Aircraft System (RPAS)* ist das ganze System inklusive der Fernsteuerung und dem Monitor am Boden gemeint. Ein UAV ist somit eine Teilmenge von einem UAS.
- Fahrerlose Bodenfahrzeuge bezeichnet man als *Unmanned Ground Vehicle (UGV)*.
- Bei unbemannten Booten spricht man von *Unmanned Surface Vehicles (USV)* bzw. von *Autonomous Underwater Vehicles (AUV)* für U-Boote.

1.3 Welche Bautypen sich zum Fotografieren eignen

Schon jetzt ist klar: Drohne ist nicht gleich Drohne. Selbst in der Luft gibt es verschiedene technische Ansätze, die dafür sorgen, dass eine Drohne fliegt. Vor allem müssen die Starrflügler von den Multicoptern unterschieden werden.

Starrflügler

Bei *Starr-* bzw. *Nurflüglern* gibt es wie bei einem klassischen Flugzeug Tragflächen, die bei einer Vorwärtsbewegung für den notwendigen Auftrieb sorgen. Ein Propeller am Heck reicht damit als Antrieb aus.

Der große Vorteil dieser Konfiguration besteht darin, dass bei gleicher Akkuleistung eine deutlich längere Flugzeit erreicht werden kann. Der wesentliche Nachteil fürs Fotografieren und Filmen besteht jedoch darin, dass ein Starrflügler immer in einer Vorwärtsbewegung sein muss, da er sonst seinen Auftrieb verliert. Daher ist es kaum möglich, in Ruhe einen gewünschten Bildausschnitt zu wählen. Wer Aufnahmen mit einem Starrflügler anfertigen möchte, steht also vor ganz besonderen Herausforderungen. Dazu kommen die höhere Windanfälligkeit und die Schwierigkeit, dass ein Starrflügler nicht vertikal nach oben fliegen kann und für Starts und Landungen eine



⚡ **Abbildung 1.9**
Wegen ihrer hohen Reichweite und hervorragenden Gleiteigenschaften werden Starrflügler gern bei industriellen Einsätzen genutzt. Herkömmliche Starrflügler sind in der Luft kontinuierlich in Bewegung und somit zum gezielten Aufnehmen einzelner Motive ungeeignet. (Foto: AgEagle)

gewisse Flugschneise benötigt. Dadurch können diese Bautypen nicht in allen Umgebungen eingesetzt werden. Nichtsdestotrotz haben Starrflügler ihre Daseinsberechtigung. Insbesondere bei gewerblichen Anwendungen wie der Logistik oder bei der Erkundung weitläufiger Flächen punkten Starrflügler durch die großen Reichweiten. Wenn Sie Fotos oder Videos aufnehmen wollen, sollten Sie lieber auf einen anderen Bautyp zurückgreifen.

Multicopter

Die beliebtesten Drohnen bei Medienschaffenden sind *Multicopter*, und vermutlich haben Sie auch einen Multicopter vor dem geistigen Auge, wenn Sie das Wort Drohne hören. Bei einem Multicopter (oder kurz Copter) sorgen mehrere nach oben ausgerichtete Propeller dafür, dass das Fluggerät fliegt. Die beliebtesten Modelle sind mit vier Propellern ausgestattet. Man spricht dann von einem *Quadcopter* bzw. *Quadrocopter*. Fast der gesamte Markt besteht aus Quadrocoptern, da sie ein gutes Verhältnis zwischen Gewicht, Flugleistung und tragbarer Nutzlast aufweisen. Es gibt neben den Quadrocoptern noch weitere Konfigurationen, die nach der Anzahl der Propeller bezeichnet werden.

Bautyp		Anzahl Propeller
 Bicopter		2
 Tricopter		3
 Quadrocopter (auch Quadcopter)		4
 Hexacopter		6
 Octocopter		8

⚡ **Tabelle 1.1**
Bezeichnungen von Coptern abhängig von der Anzahl der Propeller. Während Bi- und Tricopter als absolute Exoten anzusehen sind, werden Hexa- und Octocopter überwiegend im professionellen Umfeld genutzt.

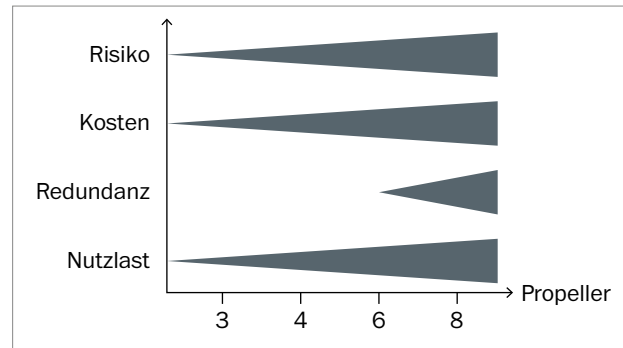
DEFINITION: NUTZLAST

Als *Nutzlast* werden alle Komponenten einer Drohne bezeichnet, die nicht für die Flugsteuerung verwendet werden (sollen). Ob die Komponenten dauerhaft montiert sind oder austauschbar sind, spielt dabei keine Rolle. Typischerweise handelt es sich um Kamerasysteme, aber auch Lautsprecher und Flutlichter zur Personensuche sind Beispiele für Nutzlasten.

Je mehr Propeller eine Drohne hat, desto schwerer wird das Fluggerät natürlich und umso leistungsstärkere Akkus sind erforderlich, um die gleiche Flugdauer zu erreichen. Auf der anderen Seite können viele Propeller für mehr Auftrieb sorgen und schwerere Nutzlasten heben. Deswegen kommen Systeme mit vielen Propellern insbesondere dann zum Einsatz, wenn komplexe Kamerasysteme oder spezielle Sensoren gebraucht werden (siehe Tabelle 1.1).

Außerdem hat eine hohe Anzahl an Propellern den Vorteil, dass der Ausfall eines einzelnen Motors durch die anderen Propeller kompensiert und die Drohne kontrolliert gelandet werden kann. Diese Redundanz sorgt folgerichtig für eine erhöhte Sicherheit während des Flugbetriebes. Drohnen mit sechs oder mehr Propellern können den Ausfall eines einzelnen Propellers ausgleichen. Wenn wir die Eigenschaften eines Copters abhängig von der Anzahl der Propeller vergleichen, so wie wir es eben gemacht haben, dient dieser Vergleich nur zur Erklärung der Grundprinzipien auf theoretischer Ebene. In der Praxis werden Sie immer Modelle finden, die aus diesem Schema ausbrechen. Der hier angebrachte Vergleich funktioniert nur, wenn alle anderen Komponenten des Fluggerätes identisch sind.

Egal für welchen Bautyp Sie sich entscheiden: Alle Multicopter haben gegenüber Starrflüglern wichtige Vorteile. So können Multicopter vertikal starten und landen, wodurch sie auch in herausforderndem Terrain zum Einsatz kommen können. Ein Start am Fuße eines Wasserfalls in einem zugewachsenen Tal ist problemlos möglich. Multicopter können zudem an einer Position verharren (*Hovern*). Diese Möglichkeit, das Fluggerät ganz punktuell



➤ **Abbildung 1.10**

Welche Vor- und Nachteile bringt es, wenn eine Drohne mit vielen Propellern ausgestattet ist? Diese schematische Darstellung versucht sich in einer Antwort. Systeme mit mehr Propellern (und damit mehr Gewicht) unterliegen aufgrund des steigenden Risikos höheren rechtlichen Auflagen.



➤ **Abbildung 1.11**

Die Arme und Propeller der Parrot Anafi lassen sich so zusammenklappen, dass die Kameradrohne in eine etwa wasserflaschengroße Hülle passt und leicht in einem Rucksack verstaut werden kann.

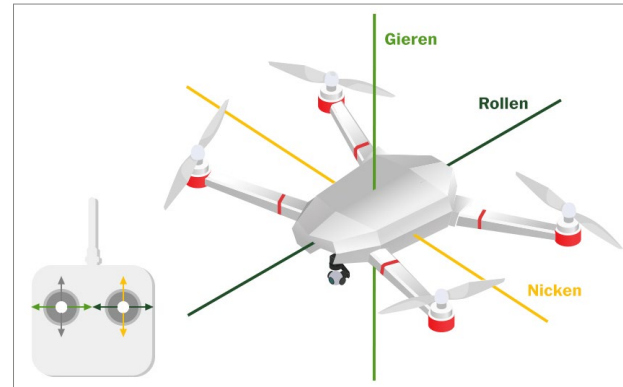
VORTEILE DER BAUTYPEN IM ÜBERBLICK

Vorteile von Starrflüglern:

- hohe Reichweite
- lange Flugzeit

Vorteile von Multicoptern:

- vertikale Starts möglich
- punktueller Einsatz möglich
- kompakte Abmessungen beim Transport
- Flug in jede beliebige Richtung möglich
- weniger anfällig für Wind



➤ **Abbildung 1.12**

Die Hoch-, Quer- und Längsachse stehen in einem rechten Winkel zueinander und schneiden sich im Schwerpunkt des Fluggerätes.

einzusetzen, macht den Copter zu dem perfekten Werkzeug für die Foto- und Videografie.

Nicht zu unterschätzen ist auch die Kompaktheit von Multicoptern. Mittlerweile verfügen die meisten Drohnen dieser Art über Propellerarme, die sich für den Transport einklappen lassen. Das Equipment beansprucht in der Tasche deutlich weniger Platz. Somit werden Drohnen viel häufiger bei Ausflügen mitgenommen. Die sperrigen Tragflächen eines Starrflüglers sind bei einer Wanderung eher unpraktisch.

Beim Betrachten der Vorteile der verschiedenen Bautypen wird schnell klar, dass zum Fotografieren und Filmen die Multicopter die bessere Wahl sind. Daher werden wir uns im weiteren Verlauf des Buches in erster Linie auf den Einsatz von Multicoptern konzentrieren.

In der Industrie gibt es mittlerweile Mischformen (Hybride), die die Vorteile der Starrflügler mit denen der Multicopter kombinieren. Doch für Medienschaffende werden diese Konstellationen unserer Einschätzung nach in absehbarer Zeit keine Rolle spielen.

Die Achsen einer Drohne

Drohnen werden von drei Achsen durchdrungen, die alle in einem rechten Winkel zueinanderstehen: die Längs-, Quer- und Hochachse.

Sowohl bei Starrflüglern als auch bei Multicoptern sind Bewegungen um alle drei Achsen möglich. Bei Bewegungen um die Längsachse spricht man vom *Rollen*. Beim Kippen nach vorn oder hinten ist vom *Nicken* die Rede (Querachse) und die Rotation um die Hochachse wird als *Gieren* bezeichnet.

An dem Punkt, an denen sich alle drei Achsen schneiden, befindet sich der Schwerpunkt des Fluggerätes. Dieser Schwerpunkt kann sich verschieben, wenn Nutzlasten einer Drohne montiert oder entfernt werden. Ein verschobener Schwerpunkt kann die Stabilität des Fluges negativ beeinträchtigen. Deswegen sollten nur Nutzlasten angebracht werden, für die der Hersteller der Drohne eine Kompatibilität bescheinigt.

1.4 Die Funktionsweise eines Multicopters

Damit ein Multicopter die verschiedenen Flugmanöver ausführen kann, ist er auf das Zusammenspiel der *Propeller* angewiesen. Diese essenziellen Bauteile werden auch als *Luftschrauben* oder *Rotoren* bezeichnet.

Angetrieben werden die Propeller von *Brushless-Motoren*. Bei dieser Bauart wird die Energie durch Magnet-



⚡ **Abbildung 1.13**

Drohnenpropeller gibt es in den unterschiedlichsten Größen, Farben und Formen (z. B. mit 2, 3 oder 4 Blättern sowie flexibel oder starr).

felder übertragen und kommt ohne einen elektrischen Kontakt zwischen den festen und beweglichen Bauteilen des Motors aus. Aus diesem Grund leiden Brushless-Motoren unter weniger Verschleiß, sind damit langlebiger und haben sich bei Drohnen gegenüber anderen Motortypen durchgesetzt.

Am Beispiel eines Quadrocopters sehen wir uns die Funktionsweise nun genauer an. Durch die Rotation der Propeller sind Drohnen in der Lage, vom Boden abzuheben. Dabei spielt schon allein die Größe der Propeller eine entscheidende Rolle. Je kleiner der Durchmesser der Propeller ist, desto schneller muss sich der Motor bei gleichbleibendem Gewicht drehen, um den gleichen Auftrieb zu erzeugen. Deshalb sind Multicopter mit größeren Propellern tendenziell leiser.

Der Auftrieb erfolgt über die Bewegung der Propeller. Dreht sich der Propeller, drückt dieser auf die ihn umgebende Luft. Diese Luft drückt wiederum den Propeller nach oben, da jede Aktionskraft immer eine Reaktionskraft bewirkt (Drittes Newtonsches Gesetz). Sobald die so erzeugte Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft des Fluggerätes, beginnt ein Steigflug.

Heutzutage sind die Propeller sehr hochwertig verarbeitet. Früher war es noch notwendig, Propeller auszu-

KRÄFTE BEI EINER DROHNE VERSTEHEN

Die verschiedenen Kräfte, die während eines Fluges wirken, können schnell verwirren. Deswegen erklären wir hier kurz die wichtigsten physikalischen Kräfte.

Unter dem *Schub* versteht man die Kraft, die die Propeller erzeugen. Der Schub wirkt bei Multicoptern nach oben und in die Flugrichtung.

Der *Auftrieb* beschreibt die nach oben gerichtete Kraft. Aus dem Verhältnis zur nach unten gerichteten Gewichtskraft ergibt sich das Flugverhalten:

- $\text{Gewichtskraft} < \text{Auftrieb} = \text{Steigflug}$
- $\text{Gewichtskraft} = \text{Auftrieb} = \text{Hovern}$
- $\text{Gewichtskraft} > \text{Auftrieb} = \text{Sinkflug}$

Bitte verwechseln Sie den Auftrieb nicht mit der *Antriebskraft*, die zum Beispiel bei Straßenfahrzeugen durch Räder übertragen wird und auch horizontal wirken kann.



⚡ **Abbildung 1.14**

Eine DJI Mavic Mini im Schwebeflug

DJI Mavic Air 2 | 4,5 mm | f2,8 | 1/320s | ISO 100

wuchten, um ungewollte Vibrationen zu verhindern. Beim *Auswuchten* sorgt man dafür, dass sich die Masse um den Mittelpunkt des Propellers gleichmäßig verteilt, indem man Material ab- oder aufgetragen hat. Heute spielt das Auswuchten zum Glück kaum eine Rolle mehr.



⚡ **Abbildung 1.15**

Bei diesem Yuneec Typhoon H Hexacopter lassen sich die Propeller durch silberne Ringe einfach den passenden Motoren zuordnen.

An einem Quadrocopter sind immer zwei links- und zwei rechtsdrehende Propeller montiert, wobei sich die Drehrichtung der Propeller nacheinander abwechselt. Bei der Montage der Propeller müssen Sie darauf achten, die Propeller auf den jeweils passenden Motoren zu befestigen! Bei den meisten Herstellern sind die Motoren sowie die Propeller mit dezenten Farbmarkierungen oder einem Buchstaben ausgestattet. Bei genauem Hinsehen finden Sie so schnell den richtigen Propeller für den jeweiligen Motor.

Während des Fluges werden durch unterschiedliche Drehzahlen der Propeller alle denkbaren Richtungswechsel möglich.

Starten und Landen

Bevor eine Drohne abheben kann, müssen Sie als Erstes die Motoren einschalten. Die Propeller bewegen sich mit mittlerer Drehzahl. Das Fluggerät bleibt noch am Boden. Erst die Erhöhung der Drehzahl sorgt dafür, dass die Drohne aufsteigt. Sobald sich die Drehzahl wieder auf einen mittleren Wert verringert, hält der Copter die Position. Bei einer weiteren Verringerung der Drehzahl beginnt ein Sinkflug.

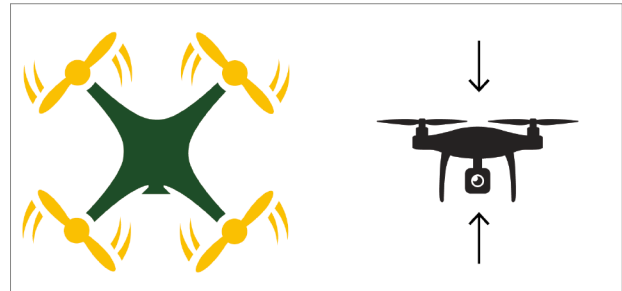
Beim senkrechten Starten, senkrechten Sinken und beim Halten der Position an einer Stelle (Hovern) bewe-

gen sich alle Propeller unter idealen Bedingungen mit der gleichen Drehzahl. So wird sichergestellt, dass das Fluggerät nicht horizontal abdriftet.



⚡ **Abbildung 1.16**

Die Erhöhung der Drehzahl sorgt dafür, dass die Drohne aufsteigt.



⚡ **Abbildung 1.17**

Sobald sich die Drehzahl auf einen mittleren Wert verringert, hält die Drohne die Position.



⚡ **Abbildung 1.18**

Bei einer weiteren Verringerung der Drehzahl beginnt ein Sinkflug.

Farblegende:

- geringe Drehzahl
- mittlere Drehzahl
- hohe Drehzahl

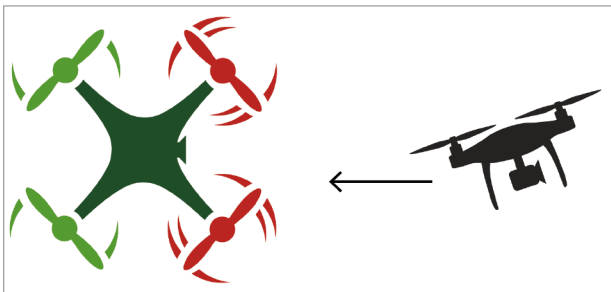
Vor- und Rückwärtsflug (Nicken)

Wenn der Quadrocopter nun in der Luft schwebt und nach vorn fliegen soll, muss sich die Drehzahl der hinteren Propeller erhöhen. Proportional dazu verringert sich die Drehgeschwindigkeit der beiden vorderen Motoren. Für einen Rückwärtsflug kehren sich die Drehzahlen um und die vorderen Propeller drehen sich schneller als die hinteren.



⚡ **Abbildung 1.19**

Wenn die Drohne nach vorn fliegen soll, muss sich die Drehzahl der hinteren Propeller erhöhen. Proportional dazu verringert sich die Drehgeschwindigkeit der beiden gegenüberliegenden Motoren.

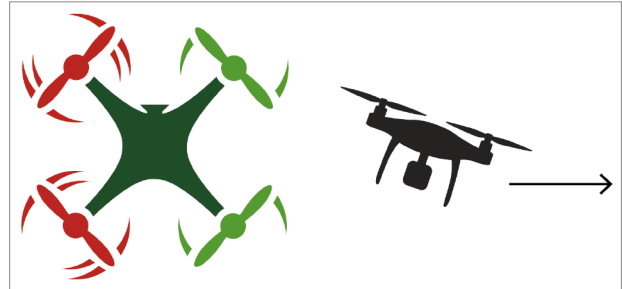


⚡ **Abbildung 1.20**

Bei einem Rückwärtsflug kehren sich die Drehzahlen um und die vorderen Propeller drehen sich schneller als die hinteren Propeller. Die Drohne bewegt sich um die Querachse.

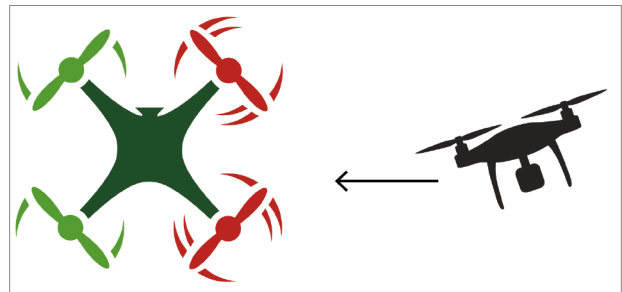
Seitliche Flüge (Rollen)

Ganz ähnlich wie die Vorwärts- und Rückwärtsflüge funktionieren die Bewegungen zur Seite. In den folgenden Abbildungen ist daher nur die Vorderseite der Drohne (und damit auch die Kamera) anders ausgerichtet. Bei einem Flug nach rechts erhöhen sich die Drehzahlen der linken Propeller, bei Flügen nach links die Drehzahlen der rechten Propeller.



⚡ **Abbildung 1.21**

Bei seitlichen Flügen (Rollen) bewegt sich die Drohne um die Längsachse. Um nach rechts zu fliegen, erhöhen sich die Drehzahlen der linken Propeller.

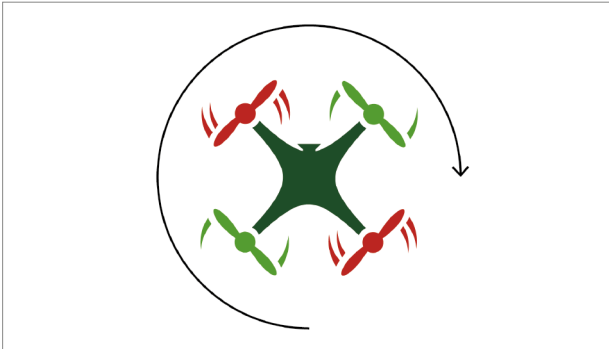


⚡ **Abbildung 1.22**

Wie bei allen Nick- und Rollmanövern muss sich die Drehzahl der anderen Propeller verringern, weil sich sonst die Flughöhe ändern würde.

Rotation um eigene Achse (Gieren)

Ein wenig komplizierter wird es, wenn sich die Drohne um die eigene vertikale Achse (Hochachse) drehen soll. Eine Rotation entsteht dann, wenn sich zwei gegenüberliegende Propeller schneller drehen und sich die anderen beiden Motoren langsamer drehen.



⚡ **Abbildung 1.23**

Die Drohne rotiert, wenn sich zwei gegenüberliegende Propeller schneller und sich die anderen beiden Motoren langsamer drehen.

Sie haben nun gesehen, wie alle denkbaren Flugmanöver zustande kommen. Zum Glück müssen wir als Pilot*innen nicht selbst die einzelnen Motoren ansteuern. Die Bordelektronik übernimmt diesen Part und übersetzt Ihre Steuerbefehle in die richtigen Drehzahlen der einzelnen Motoren. Dennoch ist es hilfreich zu verstehen, wie die Propeller zusammenwirken.

Auch bei den Propellern gibt es verschiedene Konzepte. Früher waren feste und durchgängige Propeller üblich. Seit dem Aufkommen der faltbaren Drohnen lassen sich jedoch auch die Propeller zusammenklappen und müssen nicht mehr zwangsläufig vor jedem Start montiert werden. Neben der Vereinfachung für den Transport und vor dem Start hat dieser Bautyp einen weiteren Vorteil. Trifft ein faltbarer Propeller während des Fluges ungewollt auf ein Hindernis, kann der Propeller nachgeben. Somit kann sich die Drohne schneller wieder stabilisieren. Der Flieger stürzt nicht gleich ab und mögliche Beschädigungen oder Verletzungen fallen nicht ganz so schlimm aus.



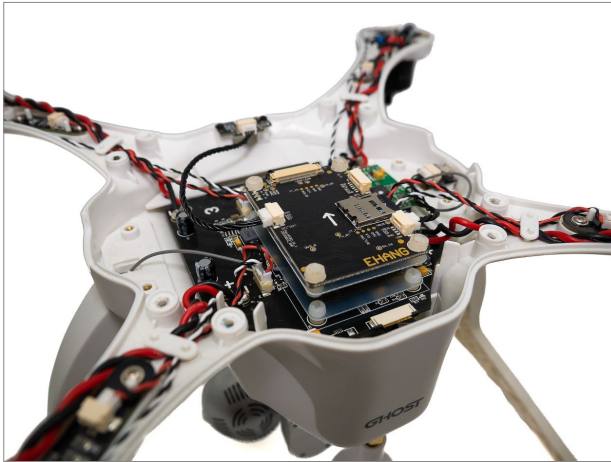
⚡ **Abbildung 1.24**

Die unteren beiden Propeller sind faltbar und machen die Drohne damit deutlich transportabler. Außerdem wird die Wucht bei einem möglichen Zusammenstoß verringert, denn der Propeller kann nachgeben, wenn er auf ein Hindernis trifft.

1.5 Das Gehirn einer Drohne

Wer das erste Mal eine Drohne steuert, ist meistens verblüfft, über welche ausgereifte Funktionen der Flieger verfügt. Diese Funktionen werden von der Bordelektronik ermöglicht. Moderne Copter sind technisch so ausgereift, dass Sie vermutlich niemals das Gehäuse öffnen und die einzelnen Sensoren und Bordcomputer reparieren müssen. Ohnehin erlischt bei so einem Eingriff die Gewährleistung des Herstellers, weshalb Sie derartige Reparaturen dem technischen Support überlassen sollten.

Damit Sie nach der Lektüre dieses Buches dennoch etwas mit den entsprechenden Fachbegriffen anfangen und die Zuverlässigkeit der Systeme besser beurteilen können, wollen wir das »Gehirn« einer Drohne genauer inspizieren. Sie lernen den Flightcontroller kennen und erfahren, mit welchen Sensoren die Drohne ihren eigenen Zustand überwacht. Zudem werfen wir einen Blick auf die Technik, mit der die Drohne die eigene Position bestimmt.



⤴ **Abbildung 1.25**

Wie sieht eigentlich eine Drohne unter dem Gehäuse aus? Wir haben eine ausranierte Drohne für Sie aufgeschraubt, um Ihnen den Blick in das Innere zu gewähren.



⤴ **Abbildung 1.26**

Dank des Flightcontrollers können Sie auf dem Monitor Ihrer Fernsteuerung die wichtigsten Flugdaten, wie Flughöhe, Fluggeschwindigkeit und den Ladestand der Drohnenakkus, sehen.

Flightcontroller

Beginnen wir mit dem *Flightcontroller*, bei dem es sich um den eigentlichen Bordcomputer handelt. Wie Sie bereits gelernt haben, werden die Bewegungen eines Multicopter durch die Drehzahlen der Propeller ermöglicht. Damit das funktioniert, müssen die korrekten Drehzahlen für jeden einzelnen Motor kontinuierlich berechnet werden. Diese Aufgabe übernimmt der Flightcontroller basierend auf den Steuerbefehlen, die über die Fernbedienung per Funk übermittelt werden. Zudem wertet der Flightcontroller die Messergebnisse der unterschiedlichen Sensoren aus und bezieht diese Daten bei den Berechnungen mit ein. Doch die Datenübertragung funktioniert nicht nur in eine Richtung, denn die Messwerte der Sensoren werden über den Flightcontroller teilweise auch zurück an die Fernsteuerung geschickt. So ist es möglich, vom Boden aus Telemetriedaten wie die Flughöhe, die aktuelle Fluggeschwindigkeit oder den Ladestand der Akkus einzusehen.

Sensoren

Damit der Flightcontroller gut arbeiten kann, benötigt er möglichst viele Daten zum aktuellen Zustand der Drohne. Nur mit den richtigen Daten kann der Computer bestimmen, ob die aktuellen Drehzahlen den gewünschten Effekt erzielen, und bei Bedarf gegensteuern. Diese Daten liefern diverse Sensoren.

Zur Ermittlung der Fluglage kommen *Gyroskope* (Drehratensensoren) zum Einsatz. Mit Gyroskopen kann bestimmt werden, wie schnell sich das Fluggerät um eine bestimmte Achse dreht. Unterstützt werden die Gyroskope von *Accelerometern*, die die Beschleunigung der Drohne erfassen.

Mit den zwei bereits genannten Sensoren kann die aktuelle Bewegung des Flugkörpers gut festgestellt werden, jedoch weiß der Flightcontroller noch nicht, in welche Himmelsrichtung sich die Drohne bewegt. Diese Daten werden – Sie ahnen es – von einem Kompass (Magnetometer) zur Verfügung gestellt. Das Magnetfeld der Erde verbessert somit die Manövrierbarkeit der Drohne im Raum. Damit sich Ihre Drohne gut orientieren kann, sollten Sie bei der Auswahl eines Startplatzes da-

rauf achten, dass metallische Gegenstände weit genug von Ihrer Drohne entfernt sind.

Um unter anderem rechtliche Auflagen erfüllen zu können, benötigen wir eine Möglichkeit, die aktuelle Flughöhe der Drohne zu messen. Dafür verfügen Drohnen über ein *Barometer*, das kontinuierlich den Luftdruck misst. Aufgrund der Änderungen beim Luftdruck kann ein relativer Höhenunterschied zum Startpunkt festgestellt werden.

INERTIAL MEASUREMENT UNIT

Mehrere (Beschleunigungs-)Sensoren werden als *Inertial Measurement Unit (IMU)* zusammengefasst. Wenn Sie von Ihrer Drohne aufgefordert werden, die IMU zu kalibrieren, sollten Sie Ihre Drohne schnellstmöglich landen und den Anweisungen folgen. Eine falsch kalibrierte IMU kann einen geregelten Flug massiv erschweren.

Navigation deluxe

Die Vielzahl an Sensoren in modernen Drohnen machen es extrem leicht, die Flieger zu steuern. Diese Leichtigkeit bei der Steuerung haben wir nicht zuletzt den Navigationsmodulen zu verdanken, die in modernen Drohnen eingebaut sind.

Diese Navigationsmodule berechnen ihre eigene Position durch Satelliten, die in der Erdumlaufbahn kreisen. Man spricht hier von *Globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS)*.

GNSS	Betreiber
Beidou	China
Galileo	Europäische Union
GLONASS	Russland
GPS	USA

⚙ **Tabelle 1.2**
Anbieter der Globalen Navigationssatellitensysteme

In unserem Kulturkreis haben viele Menschen vor allem das amerikanische *Global Positioning System (GPS)* im Kopf, wenn es um die Navigation geht. Doch mittlerweile gibt es mehrere Alternativen, die mit Drohnen genutzt werden können.

Abhängig vom Modell werden mittlerweile bis zu vier Satellitennetzwerke in Drohnen verwendet. Je mehr Satelliten zur Verfügung stehen, desto genauer kann die Position einer Drohne bestimmt werden. Deswegen ist es von Vorteil, wenn möglichst viele GNSS-Signale verarbeitet werden.

Aus unserer Erfahrung heraus können wir sagen, dass wir bisher überall auf der Welt genügend Satellitensignale empfangen haben, um unsere Drohne gut steuern zu können. Wollen Sie aus Neugier dennoch wissen, mit welcher Abdeckung Sie an den unterschiedlichen Standorten rechnen können, empfehlen wir einen Blick auf die Webseite www.gnssplanning.com. Auf dieser Seite können Sie in den Einstellungen angeben, wo Sie wann in welcher Flughöhe Ihre Drohne starten lassen wollen. Nach einem Klick auf den Button **Anwenden** können Sie unter dem Navigationspunkt **Charts** nachverfolgen, mit wie vielen Satelliten Sie im Tagesverlauf rechnen dürfen. Für eine höhere Aussagekraft der Daten wählen Sie die Satellitennetzwerke auf der linken Seite ab, über die Ihre Drohne nicht verfügt.

Doch was bringt es, wenn unsere Drohne ihren Standort so genau bestimmen kann? Hier gibt es vier wesentliche Punkte.

GNSS zur Kurskorrektur Machen wir ein kleines Gedankenexperiment. Stellen Sie sich vor, Sie entlassen einen mit Helium gefüllten Luftballon in die Freiheit. In den seltensten Fällen wird der Ballon senkrecht nach oben steigen. Stattdessen gibt es mindestens eine leichte Luftströmung, die den Ballon zur Seite abtreibt. Drohnen geht es da nicht anders. Fast immer weht ein seitlicher Wind, der den Multicopter von der eigenen Position abbringen würde. Dank der Positionsdaten kann der Flightcontroller gegensteuern und die kleinsten Kursabweichungen korrigieren.

ÜBUNG: DROHNE OHNE GNSS STEUERN

Leider können viele neuere Drohnen gar nicht mehr ohne die Satellitenunterstützung geflogen werden. Sollten Sie jedoch eine Drohne besitzen, bei der Sie die Verarbeitung der GNSS-Signale deaktivieren können, sollten Sie das unbedingt einmal auf einem freien Feld ausprobieren. Sie werden staunen, welchen Unterschied diese Unterstützung beim Fliegen ausmacht!

Doch warum sollten Sie es sich unnötig kompliziert machen und die GNSS-Kurskorrektur abstellen? Auf der einen Seite verbessern Sie so Ihre Fähigkeiten beim Manövrieren Ihrer Drohne. Zum anderen kann es vorkommen, dass Sie für ein Projekt eine Drohne in einem Gebäude fliegen lassen wollen. In solchen Situationen können Beton- und Stahlkonstruktionen dafür sorgen, dass keine bzw. nicht ausreichend GNSS-Satelliten empfangen werden. Auch die Abschattung von GNSS-Signalen durch Felswände oder Gebäudefassaden kann problematisch sein. Dann ist es Gold wert, wenn Sie trotzdem die Kontrolle über Ihr Fluggerät behalten.

GNSS für Home Point Zwar sind handelsübliche Drohnen verlässliche Partner in der Luft. Sie sollten sich jedoch bewusst sein, dass es immer zu Zwischenfällen kommen kann. Ein denkbares Szenario ist z. B. der Verlust der Funkverbindung, bei der die steuernde Person keinen Einfluss mehr auf die Flugrichtung der Drohne nehmen kann. In solchen Situationen wird in der Regel ein automatisierter Heimflug (*Return To Home*) eingeleitet zu dem Ort, von dem die Drohne gestartet ist. Die Drohne trifft den Startpunkt (*Home Point*) häufig mit einer Genauigkeit von wenigen Dezimetern.

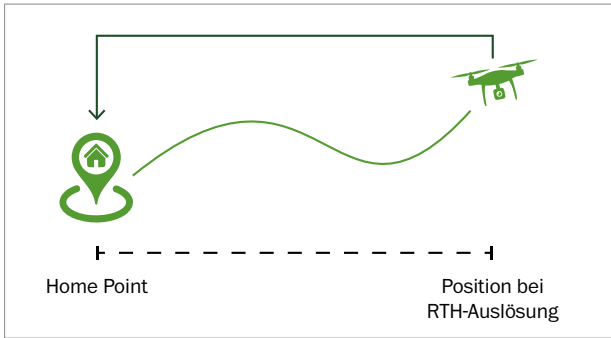
Diese grandiose Funktion wird vom GNSS-Navigationsmodul ermöglicht, da die Geodaten beim Start abgespeichert werden und während des Heimfluges die abweichende aktuelle Position bekannt ist.

✂ Abbildung 1.27

Selbst in abgelegenen Regionen der Welt, wie hier in einem Fischerdorf in Westafrika, sorgen die GNSS-Positionsdaten für einen stabilen und zuverlässigen Flug.

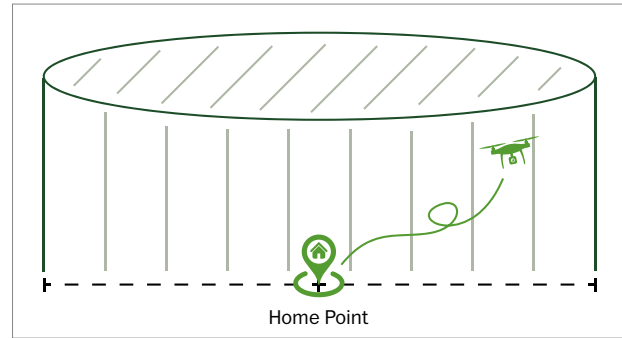
DJI Mavic Air 2 | 4,5 mm | $f2,8$ | 1/640 s | ISO 100





⚡ **Abbildung 1.28**

Sobald die Funktion »Return To Home« ausgelöst wird, fliegt die Drohne in einer festgelegten Höhe automatisch zurück. Je nach Modell kann dies der Startpunkt, die Position der Fernbedienung oder ein selbst gewählter Punkt sein.



⚡ **Abbildung 1.29**

Dank des Geofencing lässt sich ein bestimmter Bereich markieren, in dem die Drohne sich bewegen darf. Diese Begrenzung kann für die Entfernung sowie die Höhe definiert werden.



⚡ **Abbildung 1.30**

Damit der Home Point richtig gesetzt werden kann, ist es ratsam, dass Sie der Drohne vor dem Start kurz Zeit lassen, damit diese ausreichend Satelliten finden kann. Bei den meisten Herstellern wird Ihnen auf dem Monitor angezeigt, ob ausreichend Satelliten in Reichweite sind und ob der Home Point gesetzt wurde. (Foto: Phillip Maethner)

GNSS für Geofencing Dank der GNSS-Daten kann man zudem den Aktionsradius eingrenzen, in dem sich die eigene Drohne bewegen darf. In der Software lässt sich die maximal erlaubte Entfernung zwischen Home Point und der Drohne konfigurieren. Fliegt die Drohne auf die virtuelle Begrenzung zu und versucht diese zu überwin-

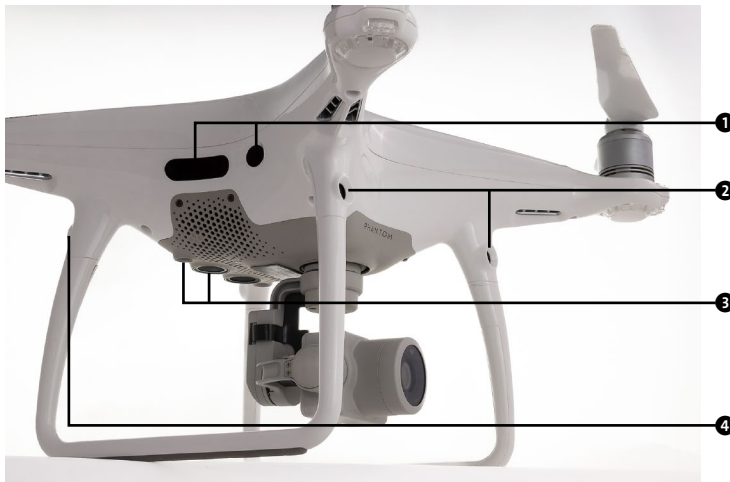
den, bremst die Steuerung automatisch ab und kommt zum Stillstand. Wir errichten also einen virtuellen Zaun im Luftraum. Diese Funktion, die einen möglichen Kontrollverlust verhindern kann, bezeichnet man als *Geofencing*. Mit dieser Funktion stellen Sie sicher, dass der Flieger jederzeit innerhalb der Sichtweite bleibt.

GNSS für Missionen Die Positionsdaten können darüber hinaus dafür genutzt werden, festgelegte Punkte (sogenannte *Wegpunkte*) automatisiert abzufliegen. Ein vollkommen automatisiertes Flugmanöver, beginnend mit dem Start über den Abflug aller definierten Wegpunkte bis hin zum Landen des Fluggerätes bezeichnet man als eine *Mission*. Diese Möglichkeit wird insbesondere im gewerblichen Kontext angewendet. In Abschnitt 9.6, »Missionsplanung«, auf Seite 303 werden wir uns diese Möglichkeiten genauer ansehen.

Hinderniserkennung

Vielen Einsteiger*innen ist es beim Kauf der ersten Drohne wichtig, dass diese mit Sensoren zur Hinderniserkennung ausgestattet ist. Mit dieser Funktion versprechen sich viele ein besseres Sicherheitsgefühl beim Fliegen.

Um Objekte zu erkennen, werden mehrere technische Lösungen eingesetzt. An der Unterseite vieler Fluggeräte



« Abbildung 1.31

Die DJI Phantom 4 Pro besitzt Sensoren in fünf verschiedene Richtungen: Infrarotsystem (links und rechts) ①, Vorwärtsgerichtetes Sichtsystem ②, Abwärtsgerichtetes Sichtsystem ③, Rückwärtsgerichtetes Sichtsystem ④. So kann der Quadrocopter Hindernisse nach vorn, hinten, unten und zur Seite erkennen und diese gegebenenfalls autonom umfliegen oder davor zum Stehen kommen.

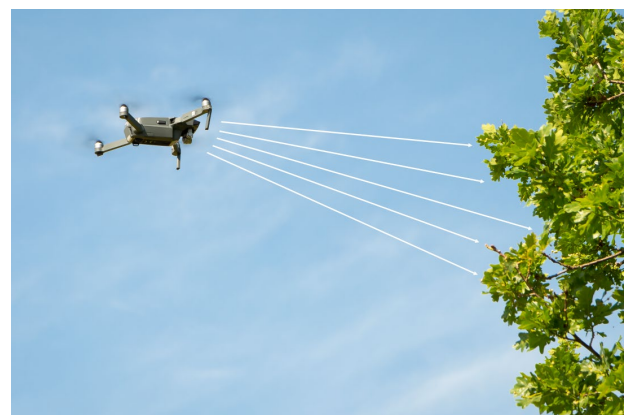
befinden sich Ultraschallsensoren (Sonare), die einen Schall aussenden. Dieser Schall wird am Boden reflektiert, gelangt wieder zurück zur Drohne und wird vom Sensor empfangen. Nun kann die Bordelektronik berechnen, welche Zeit der Schall benötigt hat, und somit die zurückgelegte Strecke ermitteln. In einer Flughöhe von wenigen Metern verbessert diese Messung die Stabilität des Fluges. So kann selbst in tiefen Tälern, in denen kein GNSS-Signal empfangen wird und in denen eine starke Luftströmung zu erwarten ist, eine vertikale und horizontale Drift der Drohne vermieden werden.

Neben den Sonaren sorgen weitere Sichtsensoren dafür, dass Objekte in der Flugbahn erkannt werden. Je nach Drohne und vorgenommenen Einstellungen kann das Fluggerät vor einem erkannten Hindernis abbremsen und schweben oder es autonom umfliegen.

Es ist sagenhaft, welchen Fortschritt die Systeme zur Hinderniserkennung durchgemacht haben. Trotz alledem raten wir immer, diese Hilfen wirklich nur als Notfallsystem anzusehen. Betrachten Sie die Objekterkennung von Drohnen wie einen Airbag im Auto. Er ist in Unglücksfällen extrem hilfreich und kann ein Lebensretter sein. Doch Sie haben sicher den Anspruch, das Fahrzeug so zu steuern, dass Sie den Airbag nie in Aktion erleben müssen.

Ähnlich sollten Sie mit der Hinderniserkennung von Drohnen umgehen und von vornherein alles dafür geben, Kollisionen zu vermeiden. Denn selbst die besten

Sensoren können versagen. Insbesondere bei hohen Fluggeschwindigkeiten, feinen Strukturen (Äste, Kabel etc.) oder schlechten Lichtverhältnissen erfassen die Sensoren nicht alle Objekte ideal. Außerdem decken die Sensoren bei vielen Modellen nicht alle Flugrichtungen ab, sodass seitliche oder rückwärtsgerichtete Flüge nicht von der Objekterkennung profitieren. Wenn Ihnen die Hinderniserkennung wichtig ist, sollten Sie sich auf jeden Fall damit auseinandersetzen, was Ihre Drohne in diesem Bereich leisten kann. Schauen Sie sich an, ob



⤴ Abbildung 1.32

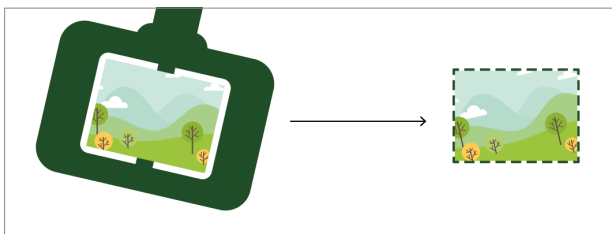
Dank der Sensoren erkennt die DJI Mavic Pro Hindernisse und bremst davor ab, um eine Kollision zu vermeiden.

die Objekterkennung in allen Flugmodi funktioniert. Das Handbuch Ihres Fliegers wird dazu die passenden Antworten parat haben.

Bei aller Vorsicht kann es dennoch dazu kommen, dass die Antikollisionssysteme gebraucht werden. Das ist der Fall, wenn die Drohne ungewollt außer Sicht gerät, die Videoübertragung abbricht oder sonstige Zwischenfälle eintreten. Bei einem automatisierten Heimflug zum Startpunkt können Hindernisse umgangen und ungewollte Abstürze verhindert werden. Sie sehen also, wie nützlich die Hinderniserkennung sein kann. Betrachten Sie dieses System aber bitte nicht als Heiligen Gral für einen sicheren Flug.

1.6 Das Geheimnis stabiler Aufnahmen

Während des Fluges ist eine Drohne vielen Kräften ausgesetzt: Die Motoren sorgen für Vibrationen, Windstöße drängen das Fluggerät ab und auch das Zusammenspiel aus Auftrieb und Schwerkraft sorgt für eine ständige Bewegung der Drohne. Würden wir eine Kamera starr an einer Drohne befestigen, wären unsere Aufnahmen stark verwackelt und kaum brauchbar.



⚡ **Abbildung 1.33**

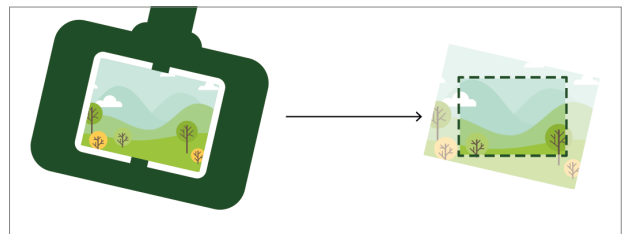
Winde und andere Kräfte wirken während des Fluges auf die Drohne ein. Wenn Sie die Kamera direkt am Gehäuse ihres Flugobjektes befestigen und Aufnahmen ohne Bildstabilisierung machen, werden Sie schnell enttäuscht sein und die Erfahrung machen, dass Ihre Bilder nicht horizontal ausgerichtet und verwackelt sind.

Doch wie wird es unter diesen Umständen möglich, dass Luftaufnahmen meistens so elegant und geschmeidig wirken, als hätte sie jemand mit einem Stativ eingefangen?

Um kinoreife Aufnahmen zu erhalten, gibt es zwei Lösungsansätze. Ohne diese Innovationen wären zumindest Videoaufnahmen extrem unruhig und von ständigen ruckartigen Richtungswechseln geprägt. Solche Aufnahmen möchten wir heutzutage niemandem mehr zumuten.

Digitale Bildstabilisierung

An erster Stelle wollen wir die digitale Bildstabilisierung nennen. Bei dieser Technologie ist der tatsächliche Kamerasensor der Drohne deutlich größer, als er für die effektiv abgespeicherte Auflösung sein müsste. Anhand der Sensoren kann die Bordelektronik feststellen, an welche Position das gewünschte Motiv auf den Sensor trifft. Genau dieser Bildausschnitt wird abgespeichert und die unnötigen Bildinformationen werden einfach gelöscht. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass weniger Hardware an der Drohne benötigt wird. Das spart Gewicht und kommt der Akkulaufzeit zugute. Zwar leistet die digitale Bildstabilisierung schon eine gute Arbeit. Doch leider wirken insbesondere hochauflösende Videos



⚡ **Abbildung 1.34**

Mithilfe der digitalen Bildstabilisierung wird der Bildausschnitt so gewählt, dass Ihre Aufnahme gerade ist. Um dies zu ermöglichen, kann nicht die volle Auflösung der Kamera genutzt werden.

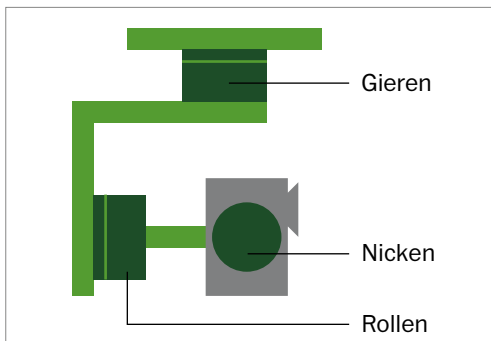
unscharf. Bessere Ergebnisse erreichen Sie unserer Erfahrung nach mit der mechanischen Bildstabilisierung.

Mechanische Stabilisierung mit Gimbals

Elektrische Bauteile wie Computerchips werden immer leistungsfähiger und auch kleiner. Dadurch weisen mittlerweile selbst sehr leichte Drohnen super Flug- und Kameraspezifikationen auf. Deswegen gibt es kaum noch die Notwendigkeit, auf einen mechanischen Bildstabilisator als Komponente zu verzichten.

Als wir mit der Drohnenfliegerei anfangen, sah die Welt noch ganz anders aus. Bei unserer ersten Drohne mussten wir das Gehäuse des Fluggerätes aufschrauben und eigenständig ein *Gimbal* für unsere Actionkamera montieren.

Heutzutage gehört es zum Standard, dass Drohnen mit einem integrierten Gimbal ausgestattet sind. Doch was verstehen wir eigentlich unter einem Gimbal? Ein Gimbal ist eine Kamerabefestigung, mit deren Hilfe die Kamera typischerweise über mehrere Achsen (meistens drei Achsen) aufgehängt ist. Die Achsen stehen in einem rechten Winkel zueinander und sind in der Lage, die Kamera korrekt auszurichten.



⚡ **Abbildung 1.35**

Die beste Bildstabilisierung wird durch ein Gimbal mit drei oder mehr Achsen erzielt. Die Achsen werden dabei von jeweils einem Brushless-Motor ausgerichtet, um die Kamera gerade zu halten. So entstehen trotz der Turbulenzen in der Luft butterweiche Aufnahmen.

Das Prinzip, das auch als *kardanische Aufhängung* bekannt ist, entkoppelt in der Videoaufnahme die Bewegungen des Motivs von den Bewegungen des Fluggerätes. Da Richtungswechsel im Flugbetrieb sehr schnell erfolgen können, werden die Achsen zusätzlich von Motoren ausgerichtet. In Abbildung 1.35 sehen Sie, welche Gimbal-Motoren welche Bewegungen des Fluggerätes ausgleichen. Bei der Steuerung der Gimbal-Motoren werden sowohl Sensordaten der Drohne bzw. des Gimbals als auch die per Funk empfangenen Steuerbefehle berücksichtigt. Dazu ein kurzes Beispiel: Giert eine Drohne im Uhrzeigersinn um die Hochachse, bewegt sich das Gimbal zunächst in die entgegengesetzte Richtung, damit die Videoaufnahmen flüssig wirken und sanfte Übergänge entstehen.

Beim Kauf einer Drohne sollten Sie darauf achten, dass ein dreiachsiges Gimbal integriert oder genutzt werden kann. Bei einem solchen Gimbal kann auf eine digitale Stabilisierung verzichtet werden, wodurch die komplette Größe des Bildsensors zur Verfügung steht.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Gimbals ist die Möglichkeit, die Kamera zu bewegen. Dank des Gimbals kann die Kamera nach unten gekippt werden. Einige Modelle erlauben sogar einen Schwenk nach oben

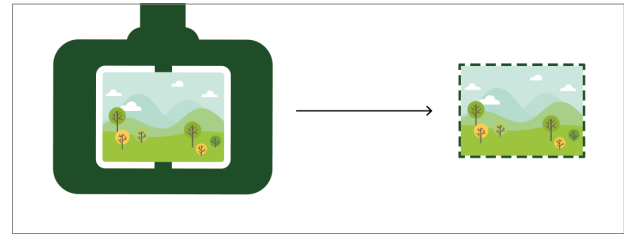


⚡ **Abbildung 1.36**

Drei Hersteller, ein Prinzip – an jeder ernst zu nehmenden Kameradrohne findet man heutzutage ein Gimbal.

(Parrot Anafi, DJI Mini 3 Pro) oder eine seitliche 360°-Umdrehung der Kamera (Inspire-Serie von DJI, Yuneec Typhoon H-Serie). Diese Drohnen spielen ihre volle Stärke aus, wenn sie von zwei Personen gleichzeitig gesteuert werden (Zwei-Personen-Betrieb). Die erste Person konzentriert sich dabei auf den Flug, während die andere Person sich um die Bewegungen der Kamera kümmert. Wer so eine Drohne besitzt, kann noch mehr Räumlichkeit in seine Aufnahmen bringen.

Ein hochwertiges Gimbal ist unerlässlich für großartige Luftaufnahmen. Sollte ein Gimbal nur in ein oder zwei Achsen stabilisieren, werden die fehlenden Achsen häufig digital ausgeglichen. Zwar ist das allemal besser als keine Stabilisierung, jedoch können bei einer solchen Konfiguration unschöne Effekte entstehen, die Luftauf-



⚡ **Abbildung 1.37**

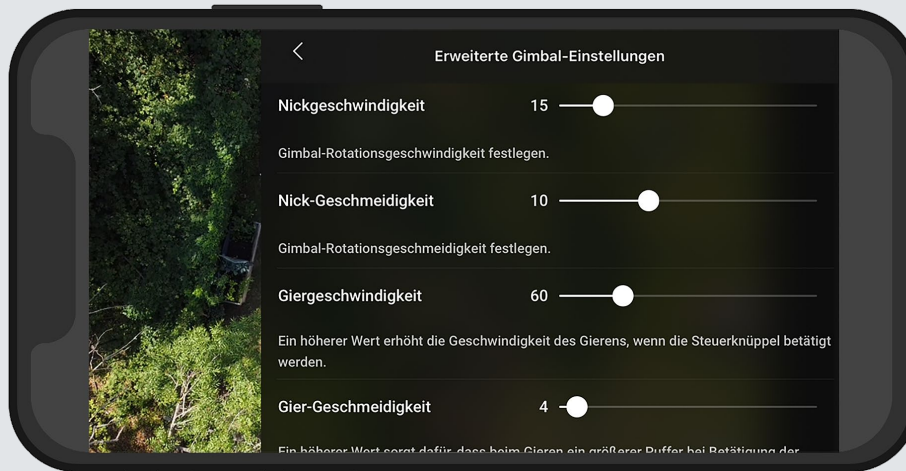
Wenn Sie Aufnahmen mit einem Gimbal aufnehmen, sorgt dieses dafür, dass die Kamera möglichst immer ruhig und gerade hängt, als würde sie in der Luft schweben. Dies erlaubt Ihnen fantastisch stabilisierte Aufnahmen, bei denen die volle Auflösung der Kamera genutzt werden kann.

TIPP: MIT GIMBAL-EINSTELLUNGEN EXPERIMENTIEREN

Beim Kauf einer Drohne ist das Gimbal in aller Regel perfekt kalibriert und Sie brauchen keine Anpassungen mehr vorzunehmen. Trotzdem bietet die Firmware Ihnen die Möglichkeit, die Geschwindigkeiten anzupassen, mit der das Gimbal auf Bewegungen reagieren soll. Je nach gewünschter Wirkung einer Videoaufnahme kann das Gimbal auf ruhigere oder hektischere Bewegungen eingestellt werden.

Hier haben Sie also einen kreativen Spielraum. Abhängig von der Geschichte, die Sie mit Ihren Aufnahmen erzählen wollen, können Sie die passenden Einstellungen wählen.

Über die Einstellungen der Firmware kann auch eine Kalibrierung des Gimbals erfolgen. Das ist immer dann erforderlich, wenn der Horizont in Ihren Luftaufnahmen nicht waagrecht ist.



« **Abbildung 1.38**

In den Einstellungen, wie hier in der App DJI Fly, können Sie weitere Gimbal-Einstellungen festlegen und beispielsweise für jede Achse bestimmen, wie schnell sich die Kamera an der Aufhängung bewegen soll.

nahmen unbrauchbar machen. Aus diesem Grund raten wir bei solchen Produkten dazu, sich vorab unbedingt mit der Qualität der Bildstabilisierung zu beschäftigen. In der Vergangenheit haben wir von solchen Produkten abgeraten, doch durch den ständigen technischen Fortschritt wird die digitale Bildstabilisierung auf absehbare Zeit immer besser werden.

1.7 Der richtige Umgang mit Akkus

Das Herzstück einer Drohne sind die Akkumulatoren (Akkus), die das Fluggerät mit Strom versorgen. Die Leistungsfähigkeit sowie das Gewicht eines Akkus haben maßgeblichen Einfluss darauf, wie lange eine Drohne fliegen kann.

Aufgrund ihrer Eigenschaften haben sich insbesondere Lithium-Polymer-Akkus (LiPo-Akkus) durchgesetzt, da sie eine besonders hohe Energiedichte aufweisen. Das bedeutet: Viel Power trifft auf ein geringes Gewicht. Und genau auf dieses Verhältnis kommt es an, wenn wir uns ein agiles Fluggerät wünschen. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei LiPo-Akkus kein Memoryeffekt eintritt, wie Sie es vielleicht noch von früheren Akku-Technologien (z. B. Nickel-Cadmium-Akku) kennen. Beim Memoryeffekt verliert ein Akku mit der Zeit seine Kapazität, wenn er nicht vollkommen entladen bzw. vollgeladen wird.

LiPo-Akkus sind allgemein weitverbreitet und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in Ihrem Smartphone, Tablet oder Notebook verbaut. Sie sehen also: LiPos sind allgegenwärtig, und eigentlich müsste uns der Umgang mit diesen Energieträgern bekannt sein. Doch leider fehlt es oft an dem erforderlichen Wissen.

LiPo-Akkus bestehen aus mehreren Zellen, die meistens in Reihe zusammengeschaltet sind. Das macht es erforderlich, dass in einem Drohnenakku einiges an Elektronik verbaut wird, um einer Tiefenentladung oder Überladung der einzelnen Zellen vorzubeugen. Sowohl eine Tiefenentladung als auch eine Überladung kann einen LiPo nachhaltig beschädigen. Zum Glück müssen wir uns bei sachgerechtem Gebrauch nicht um solche



➤ **Abbildung 1.39**

LiPo-Akkus spenden den Drohnen die benötigte Energie. Doch beim Umgang mit diesen Kraftpaketen sollten Sie einiges berücksichtigen!

technischen Details kümmern, da uns die intelligenten Akkus der Drohnenhersteller heutzutage den größten Teil der Arbeit abnehmen.

Wenn Sie sich dennoch für die Technik der LiPo-Akkus interessieren, können Sie sich den kurzen Exkurs »LiPo-Akkus in Zahlen« auf Seite 40 ansehen.

Akkus richtig laden

Wie Sie die Akkus korrekt mit dem Ladegerät verkabeln, können Sie sicher in der Bedienungsanleitung Ihrer Drohne nachlesen. An dieser Stelle möchten wir Ihnen einige allgemeine Hinweise mit auf den Weg geben.

Verwenden Sie zum Laden der Akkus nur die vom Hersteller mitgelieferten Ladestationen, da sonst falsche Ladeströme die Akkus ruinieren können. Das Laden von Akkus sollte möglichst unter Aufsicht auf einer ebenen, nicht brennbaren Fläche erfolgen. Warum das so wichtig ist, schauen wir uns gleich noch an.

Sollte der Akku noch sehr warm sein (z. B. direkt nach einem Flug), warten Sie vor dem Aufladen etwas, bis er sich auf Raumtemperatur abgekühlt hat.



⤴ **Abbildung 1.40**

Schnellladestationen ermöglichen das Anstecken von mehreren Akkus gleichzeitig. Die Elektronik lädt die Energiespeicher nacheinander und beginnt mit dem Akku, der den vollsten Ladestand hat und damit am schnellsten wieder voll ist.

LiPo-Akkus als Risiko

Bei all den Vorteilen, die LiPo-Akkus mit sich bringen, gibt es natürlich auch Schattenseiten. Denn kommt es zu einer Beschädigung eines LiPo-Akkus, kann das gefährliche Folgen haben.

Das in LiPo-Akkus enthaltene Lithium ist sehr reaktionsfreudig. Entsteht an einem Akku ein Schaden, können Gase austreten, die zu einem Brand oder sogar einer Explosion führen können. Vielleicht erinnern Sie sich, dass Fluggesellschaften bereits die Mitnahme bestimmter Smartphones verboten haben. Hintergrund des Verbotes waren schlecht verarbeitete LiPo-Akkus, die sich von allein entzündet haben, obwohl sie sich sonst in einem erstklassigen Zustand befanden.

Zum Glück sind solche Fälle in der Drohnenbranche bisher nicht vorgekommen, und die Akkus in modernen Kameradrohnen sind hochwertig verarbeitet. Trotzdem sollten Sie sich der Gefahr bewusst sein.

Schäden an einem Akku können durch mechanische Einwirkungen (z. B. nach einem Absturz, Quetschungen bei der Lagerung) oder einen Kurzschluss auftreten. Auch ein aufgeblähter Akku ist ein sicheres Zeichen dafür, dass der Akku defekt ist und nicht mehr verwendet



⤴ **Abbildung 1.41**

Wenn Sie die beiden Drohnenakkus genau betrachten, können Sie an dem hinteren Akku eine ausgebeulte Wand zwischen dem festen Gehäuse erkennen. Aufgeblähte Akkus sollten Sie vorsichtshalber nicht mehr benutzen und fachgerecht entsorgen, da das Aufblähen ein sicheres Anzeichen für eine bereits erfolgte chemische Reaktion ist.

werden sollte. Um Schäden rechtzeitig identifizieren zu können, sollten Sie Ihre Drohnenakkus regelmäßig begutachten.

Sollte es tatsächlich mal zum schlimmsten Szenario kommen und ein LiPo entzündet sich, werfen Sie den Akku nach Möglichkeit in ein Wasserbecken. Als Alternative zum Wasser können Sie das Feuer mit einem AVD-Feuerlöscher oder mit Sand bekämpfen. Beachten Sie beim Löschen, dass die entstehenden Dämpfe giftig sind und nicht eingeatmet werden sollten.

Bei all den Gefahren, die wir hier aufgezeigt haben, müssen wir auch feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorfalls sehr gering ist. Wie schon oft gesagt: Die Technik wird immer zuverlässiger, und uns sind nur sehr wenige Fälle von Akkubränden bekannt. Sie brauchen sich also nicht zu fürchten. LiPo-Akkus haben sich mittlerweile in fast allen Geräten durchgesetzt und wir kennen niemanden, bei dem sich die Smartwatch oder das Notebook bei einem sachgerechten Umgang von allein entzündet hat. Wir wollen an dieser Stelle nur Ihr Bewusstsein schärfen. Mit den hier genannten Tipps sind Sie bestens auf den Ernstfall vorbereitet.

Transport von LiPo-Akkus

Um einen Kurzschluss zu verhindern, sollten Sie LiPo-Akkus immer so lagern, dass die Kontakte nicht aufeinander geraten können. Das erreichen Sie durch Abkleben der Kontakte oder durch die Verwendung entsprechender Taschen. Auch andere Gegenstände, die elektrischen Strom leiten können (z. B. Metalle, Flüssigkeiten), müssen von den Akkus separiert werden.

Vermeiden Sie jegliche mechanischen Einwirkungen, die zu einer Beschädigung der Akkus führen könnten. Durch die Nutzung von dafür vorgesehenen Behältern können die Folgen von Außeneinwirkungen minimiert werden. Es gibt auch sogenannte *LiPo-Safebags*. In diesen feuerfesten Taschen lassen sich die Akkus sicher verwahren.

Die richtige Lagerung

Genießt Ihre Drohne eine Ruhephase und wird nicht genutzt, sollten Sie die Akkus ausschalten und aus dem Fluggerät nehmen. Damit die Akkus nicht beschädigt werden, sollten Sie diese in einer trockenen und kühlen Umgebung lagern. Die direkte Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden, da Temperaturen über 60 °C die Zellchemie beeinflussen und die Leistungsfähigkeit verringern können. Bei direkter Sonneneinstrahlung (z. B. im Hochsommer in einem Auto) können diese Temperaturen schon einmal erreicht werden.

Sollte der Hersteller keine anderen Angaben machen, empfehlen wir, die Akkus bei einem Stand von etwa 50 % zu lagern. Bei der sogenannten *Lagerspannung* erhöht sich die Lebensdauer des Energiespeichers. Viele Akkus sind mit intelligenter Elektronik ausgestattet, sodass sich diese selbstständig auf die Lagerspannung entladen, wenn sie einige Tage nicht genutzt werden. Verlassen Sie sich aber bitte nicht blind darauf und kontrollieren Sie gegebenenfalls die Ladestände der Akkus.

Um die Sicherheit zu erhöhen, können Sie die Akkus in Brandschutzkoffern lagern. Sollte es während der Lagerung zu einem Brand kommen, breitet sich dieser nicht weiter in Ihrer Wohnung bzw. Büro aus, und Sie haben



➤ **Abbildung 1.42**

In LiPo-Safebags können Sie Ihre Akkus geschützt aufbewahren. Besonders für Reisen sind diese Taschen sehr empfehlenswert.



➤ **Abbildung 1.43**

Wenn Sie Ihre Drohne eine längere Zeit nicht fliegen, können Sie Ihre Akkus in einem Brandschutzkoffer sicher lagern. Falls doch etwas passieren sollte, wird so der Schaden minimiert.

nur ein minimales Risiko. Wir selbst lagern unsere Akkus in einem Brandschutzkoffer, der wiederum in einem metallischen Aktenschrank steht. So verhindern wir im Ernstfall ein Übergreifen der Flammen.

LIPO-AKKUS IN ZAHLEN

Bei der kreativen Arbeit rücken physikalische Messgrößen und Berechnungen mitunter in den Hintergrund. Dennoch begegnen uns immer wieder bestimmte Kennzahlen. Die wichtigsten wollen wir an dieser Stelle betrachten. Beginnen wir mit der *Energie*, die ein Akku speichern kann. Die Energie wird in Wattstunden (Wh) angegeben und errechnet sich aus der Multiplikation aus Akkuspannung und Nennkapazität:

$$\text{Energie (Wh)} = \text{Spannung (V)} \times \text{Nennkapazität (Ah)}$$

LiPo-Akkus bestehen in der Regel aus drei bis vier Zellen, die in Reihe geschaltet sind. Wie viele Zellen ein Akku besitzt, wird mit Werten wie 3S oder 4S angegeben, wobei die Zahl einfach die Anzahl der Zellen wiedergibt. Ein 4S-Akku verfügt also über vier Zellen und jede Zelle hat eine *Spannung* von 3,7 Volt. Da man bei einer Reihenschaltung die Spannungen der einzelnen Zellen addiert, ergibt sich für einen 4S-LiPo-Akku eine Spannung von 14,8 Volt. Sollte statt einem »S« ein »P« hinter der Zahl stehen, handelt es sich um einen Akku mit parallel geschalteten Zellen. Solche Energiespeicher kommen bei handelsüblichen Drohnen jedoch kaum zum Einsatz.

Mit der *Nennkapazität* wird die Strommenge bezeichnet, die über einen definierten Zeitraum gespeichert bzw. abgegeben werden kann. Die Nennkapazität wird meistens mit (Milli-)Amperestunden (mAh) angegeben. Darüber hinaus gibt es noch den *C-Faktor*. Mit diesem Faktor kann die Nennkapazität multipliziert werden. Auf diesem Weg erhalten Sie den maximal zulässigen Entladestrom für einen Akku.



⚡ **Abbildung 1.44**

Wenn Tüftler ihre Drohnen selbst zusammenbauen, nutzen sie solche Akkus. Zwar verfügen diese Kraftpakete über weniger Elektronik und bedürfen daher mehr Pflege, können dafür jedoch individuell auf die anderen Bauteile der Drohne abgestimmt werden. Die intelligenten Akkus von handelsüblichen Kamerdrohnen haben heute keine Kabel mehr und verfügen über nützliche Zusatzfunktionen. (Foto: Christian Scheunert)

Da Sie vermutlich ein fertiges System kaufen und keine Drohnen selbst bauen wollen, müssen Sie sich diese technischen Zusammenhänge nicht zwingend merken. Die intelligenten Akkus von heutigen Drohnen machen es überflüssig, dass wir uns mit solchen Kalkulationen beschäftigen. Nur den Wert der Energie sollten Sie in manchen Situationen im Kopf haben, wie Sie in Abschnitt 8.2, »Der richtige Transport im Flugzeug«, auf Seite 273 noch sehen werden. Die hier genannten Zusammenhänge können auch spannend für Sie werden, wenn Sie ein EU-Fernpilotenzeugnis haben wollen.

Cool bleiben?

Bei LiPo-Akkus müssen Sie bestimmte Temperaturfenster berücksichtigen, die Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Energiespeicher haben. Die ideale Lagertemperatur liegt bei etwa 20 °C, also in etwa Raumtemperatur. Das kommt Ihnen in den meisten Fällen zugute. In der kalten Jahreszeit können die Akkus bei einem Ausflug aber deutlich niedrigeren Temperaturen ausgesetzt sein. In solchen Fällen sollten die Akkus vor einem Start vorgewärmt werden.

Die ideale Leistung erbringen LiPo-Akkus bei etwa 40 °C. Sollten Sie in einer deutlich kühleren Umgebung Ihre Drohne in die Luft bringen, müssen Sie mit Leistungseinbußen rechnen. Das kann sich in einer langsameren Beschleunigung oder einer verkürzten Flugzeit bemerkbar machen.

Die Hersteller geben in den technischen Daten ein Temperaturfenster an, innerhalb dessen die Drohne betrieben werden kann. Häufig sind Temperaturen von 10 °C bis 40 °C möglich.

Entsorgung

Früher oder später werden Sie erleben, dass ein Drohnenakku nicht mehr so funktioniert, wie er sollte. So kann sich ein Akku aufblähen, nach einem Sturz mechanisch verformt worden sein, oder er lässt sich einfach nicht mehr einschalten. Dann ist es an der Zeit, den Akku möglichst schnell fachgerecht zu entsorgen.

Da die LiPo-Akkus giftige Chemikalien enthalten, dürfen Sie auf keinen Fall über den üblichen Hausmüll entsorgt werden. Stattdessen nehmen Wertstoffhöfe



⚡ Abbildung 1.45

Insbesondere bei eisigen Temperaturen im Winter sollten Sie den Drohnenakku besonders viel Aufmerksamkeit schenken. Was Sie genau beachten sollten, schauen wir uns in Kapitel 3, »Herausfordere Flugbedingungen«, intensiver an.

Yuneec Typhoon H RS | 14 mm | f2,8 | 1/500s | ISO 100

oder der Fachhandel die ausgedienten Energieträger entgegen. Durch die Abgabe bei diesen Stellen wird es möglich, Lithium, das zu den seltenen Erden zählt, zu recyceln und in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen. Vor der Abgabe sollten Sie die alten Akkus so weit wie möglich entladen und die Kontakte abkleben, um einen Kurzschluss zu vermeiden.

PROBLEMEN MIT AKKUS VORBEUGEN

In diesem Abschnitt haben Sie Herangehensweisen kennengelernt, um Probleme mit den Drohnenakkus zu vermeiden. Die wichtigsten Punkte fassen wir nun noch einmal zusammen:

- Akkus nur nach Herstellerangaben auf einer nicht brennbaren Oberfläche laden.
- Akkus auf die Lagerspannung bringen, wenn die Drohne nicht genutzt wird, und in feuerfesten Behältern lagern.
- Beim Transport darauf achten, dass Akkus nicht gequetscht werden.
- Defekte Akkus fachgerecht entsorgen.
- Akkus niemals kurzschließen, und vor Feuchtigkeit schützen.
- Temperaturfenster für den Betrieb beachten.

1.8 On Air: Vorschau der Kameraperspektive

Dass eine Fotodrohne mit einer Kamera ausgestattet ist, liegt auf der Hand. Doch wie können Sie sicherstellen, dass bei Ihren Aufnahmen der richtige Bildausschnitt gewählt wird?

Bei den ersten Kameradrohnen war das ein regelrechtes Glücksspiel und man musste vom Boden aus einschätzen, ob die Drohne nah genug am Motiv war und ob die Kameraausrichtung stimmte. Was diesen Drohnen fehlte, war eine Übertragung des Kamerabildes zum Bo-

den. Mittlerweile gehört diese Vorschau glücklicherweise zur Standardausstattung jeder ernst zu nehmenden Kameradrohne. Das Livebild wird häufig als *First Person View (FPV)* bezeichnet – in Anlehnung an die Pilotensicht in einem bemannten Flugzeug.

Displays an der Fernsteuerung

Üblicherweise lässt sich das Videosignal auf ein externes Display übertragen, wobei dafür in aller Regel das eigene Smartphone oder Tablet genutzt wird. Über ein Verbindungskabel lässt sich das Mobilgerät mit der Fernsteuerung verbinden. Eine App ermöglicht neben der Liveübertragung der Kamera auch die Konfiguration der Drohne. Die Nutzung des eigenen Smartphones ist praktisch, weil man es meistens bei sich hat und so Kosten eingespart werden können. Bei diesem technischen Setup gibt es jedoch auch einige Nachteile:

- Das eigene mobile Endgerät muss mit der App des Drohnenherstellers kompatibel sein. Wer ein älteres Smartphone nutzt, könnte Probleme bekommen.
- Bei Tagesausflügen wie Wanderungen wird das Smartphone u. a. zur Navigation benötigt. Wenn der Akku nun auch noch bei der Drohnenutzung beansprucht wird, verabschiedet sich das Smartphone vielleicht schon vor dem Erreichen des Ziels.
- Die Displays von Smartphones sind vergleichsweise dunkel. In einer hellen Umgebung, in der wir unsere Drohnen meistens steigen lassen, ist es mitunter äußerst schwierig, das Motiv auf dem Bildschirm zu erkennen.

Eine Lösung für dieses Problem bieten Fernsteuerungen, die ein integriertes Display haben. Diese verbauten Monitore sind in der Regel deutlich heller als das eigene Smartphone, sind auf die Verwendung mit der Drohne optimiert und nutzen die Stromquelle der Fernsteuerung. Für diesen Luxus werden Sie zwar etwas tiefer in die Tasche greifen müssen, jedoch lohnt sich das allemal. Was bringt es uns Fotografinnen und Fotografen, wenn wir das Motiv durch ein zu dunkles Display nicht richtig erkennen können oder der Akku leer ist?



⚡ **Abbildung 1.46**

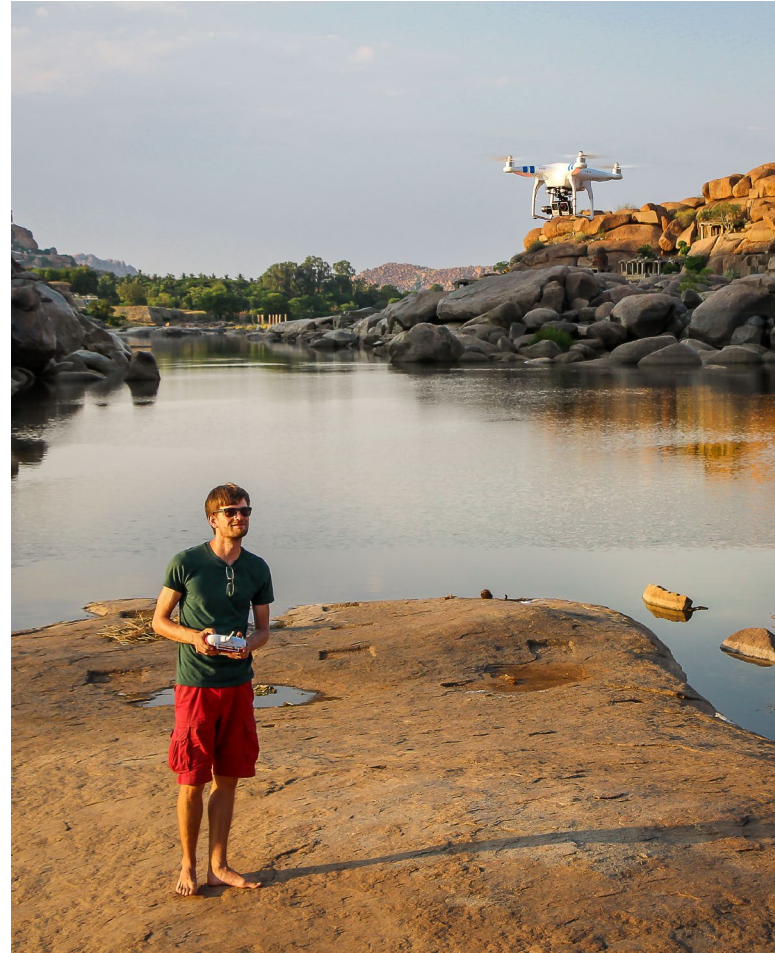
Links sehen Sie eine Fernsteuerung, für die Sie ein Mobilgerät benötigen, um das Kamerabild zu sehen. Der Controller der DJI Phantom 4 Pro+ (rechts) verfügt über ein helles integriertes Display.

FPV-Brillen

Neben dem Monitor kann man die Liveansicht der Drohnenkamera auch auf eine FPV-Brille übertragen. Diese Variante wird vor allem von Rennpilot*innen (FPV-Racern) bevorzugt, da man sich so noch besser in die Perspektive der Drohne versetzen und Hindernisparcours schneller überwinden kann. Neben den Rennpilot*innen werden auch die speziellen Fluggeräte als *FPV-Racer* bezeichnet.

Wenn Sie mit einer FPV-Brille fliegen, können Sie kaum Einstellungen in einer App vornehmen, was beim Fotografieren und Filmen durchaus wichtig ist. Daher muss eine FPV-Brille nicht unbedingt zu Ihrer Ausrüstung gehören. Der Flug via FPV-Brille ist in zwei Fällen spannend für Sie.

1. Wollen Sie viele Actionszenen filmen, bei denen die Drohne nah an Hindernissen vorbeirasen soll, sind FPV-Brillen unerlässlich. Machen Sie sich jedoch bewusst, dass für derartige Manöver viel Training erforderlich ist.
2. Wollen Sie aus Spaß an der Sache einfach das Gefühl des Fliegens genießen, ohne das Anfertigen von Luftaufnahmen als Ziel zu verfolgen, kann sich die Investition lohnen.



⚡ **Abbildung 1.47**

Bei unserer Reise nach Indien Anfang 2015 hatten wir noch keine Bildübertragung von der DJI Phantom 2 zur Steuerung. Wir flogen quasi blind und mussten lernen, die Entfernungen richtig abzuschätzen. So verbesserten wir nebenbei nicht nur unser fliegerisches Können, sondern auch unser räumliches Vorstellungsvermögen. Besonders das Fotografieren wurde durch das fehlende Livebild erschwert. Da wir nicht die Möglichkeit hatten, den Auslöser vom Boden der Kamera zu betätigen, ließen wir während des Fluges eine Intervallaufnahme laufen, in der Hoffnung, dass wir das Motiv in der gewünschten Perspektive treffen. In den letzten Jahren hat sich auch hier die Technik rasant weiterentwickelt. Mittlerweile ist es Standard, dass Kameradrohnen mit einer Bildübertragung zum Monitor ausgestattet sind.



« Abbildung 1.48

2021 hat der Marktführer für Kameradrohnen DJI eine eigene FPV-Drohne herausgebracht. Es war ein vollkommen neues Flugsystem – eine Art Racing-Drohne, bei der jedoch schon eine Kamera mit Bildübertragung integriert ist und Sie nicht selbst zum Werkzeug greifen brauchen. Insbesondere, wenn Sie kreative Filme drehen möchten, bietet die FPV-Drohne eine willkommene Abwechslung zu den bekannten cinematischen Aufnahmen der herkömmlichen Kameradrohnen.
(Foto: Phillip Maethner)

Egal mit welcher Motivation Sie in die FPV-Welt eintauchen: Seien Sie darauf gefasst, dass Sie zumindest bei den ersten Flügen ein Schwindelgefühl überkommt. Die sich widersprechenden Wahrnehmungen der Augen und des Gleichgewichtsorganes stellen das menschliche Gehirn vor eine Herausforderung.

Da bei selbst gebauten FPV-Racern die Fernsteuerung losgelöst von der Bildübertragung funktioniert, haben Sie dafür in der Regel eine breite Auswahl an FPV-Brillen. Wenn Sie jedoch ein in sich geschlossenes FPV-System kaufen, lässt sich dieses nicht ohne Weiteres um eine beliebige FPV-Brille ergänzen. Wichtig bei der Auswahl einer FPV-Lösung ist eine geringe *Latenz*. Damit wird die Verzögerung bezeichnet, mit der das Kamerabild auf dem Display bzw. der Videobrille angezeigt wird.

» Abbildung 1.49

Eine Drohne mit einer FPV-Brille zu steuern, bietet eine vollkommen andere Flugerfahrung. Bei dieser FPV-Brille von Parrot wird ein Smartphone eingeschoben.



FUNKREICHWEITEN UND FREQUENZEN

Damit eine Drohne manövriert werden kann, muss es eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Fluggerät und der Fernsteuerung geben. Bei handelsüblichen Kameradrohnen erfolgt die Datenübertragung per Funk. Elektromagnetische Wellen transportieren alle Informationen von der Fernsteuerung an die Drohne und in die umgekehrte Richtung.

Wie weit die Funkverbindung reicht, ist neben der Umgebung und der Bauart der Antennen in erster Linie von der Sendeleistung abhängig. Gefunkt wird vor allem in den Frequenzbereichen 5,8 GHz und 2,4 GHz, die weitgehend frei genutzt werden können und deswegen bei den meisten privaten Funkanwendungen (z. B. beim WLAN) zum Einsatz kommen.

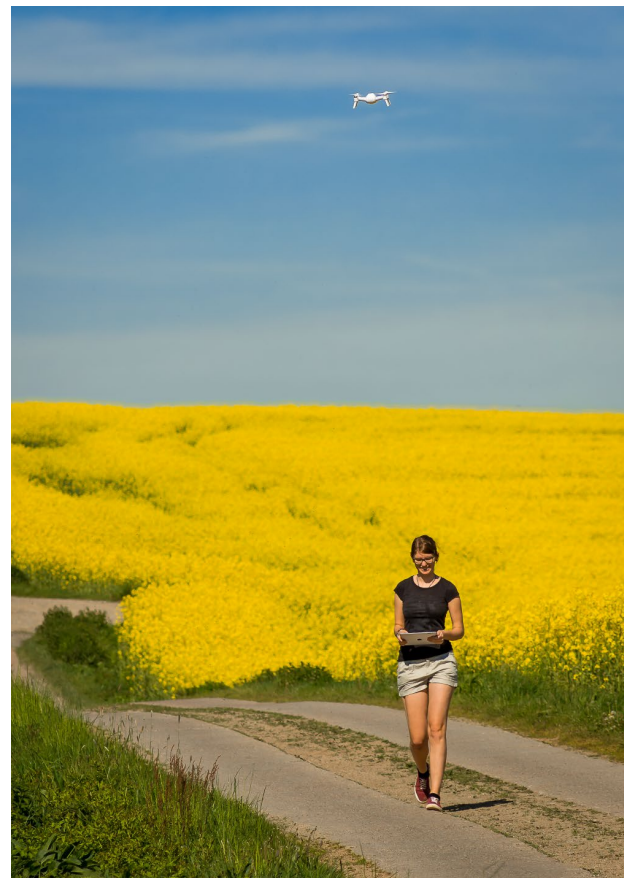
Damit es nicht zu gegenseitigen Störungen zwischen Funkanlagen kommt, ist die Frequenznutzung reglementiert. Wichtig für die Drohnensteuerung ist insbesondere, dass die Sendeleistung begrenzt ist. Dabei gibt es unterschiedliche Standards. In den USA gilt der FCC-Standard, während wir uns in Europa an die CE-Werte (abgeleitet vom Französischen »Conformité Européenne«) halten müssen.

Wenn Sie eine Drohne kaufen, stoßen Sie auf Reichweitenangaben, die Ihnen eine Idee davon geben sollen, wie weit sich der Flieger von Ihnen unter optimalen Bedingungen entfernen kann. Bei diesen Angaben werden in aller Regel die amerikanischen FCC-Standards als Grundlage genommen. In Europa fallen die tatsächlich erlaubten Reichweiten deutlich kürzer aus, da der CE-Standard nur geringere Sendeleistungen zulässt.

Sie müssen aber nicht darauf hoffen, dass Ihr Hersteller eine FPV-Brille für dieses Modell anbietet. Es gibt auch VR-Brillen, in die Sie Ihr Smartphone einklemmen können. Diese Option ermöglicht Ihnen mit nahezu jeder Kameradrohne ein FPV-Erlebnis. Noch realistischer erleben Sie den Immersionsflug, wenn Sie die Einstellungen des Gimbal so wählen, dass möglichst keinerlei Bewegungen ausgeglichen werden.

Steuerung per Smartphone

Eine letzte Möglichkeit, das Livebild der Kamera zu sehen und die Drohne zu steuern, haben wir bisher aus gutem Grund verschwiegen. Es gibt teilweise die Option, Drohnen ausschließlich mit einer Funkverbindung zum Smartphone zu steuern. Die Kommunikation zwischen Fluggerät und Smartphone läuft über WLAN und ist störungsanfällig. Die erzielbaren Reichweiten sind sehr kurz. Wir raten daher von Fluggeräten ab, die ausschließlich mit einem mobilen Endgerät manövriert werden können. Für eine vernünftige Verbindungsqualität sollte immer eine Fernsteuerung vorhanden sein.



➤ **Abbildung 1.50**

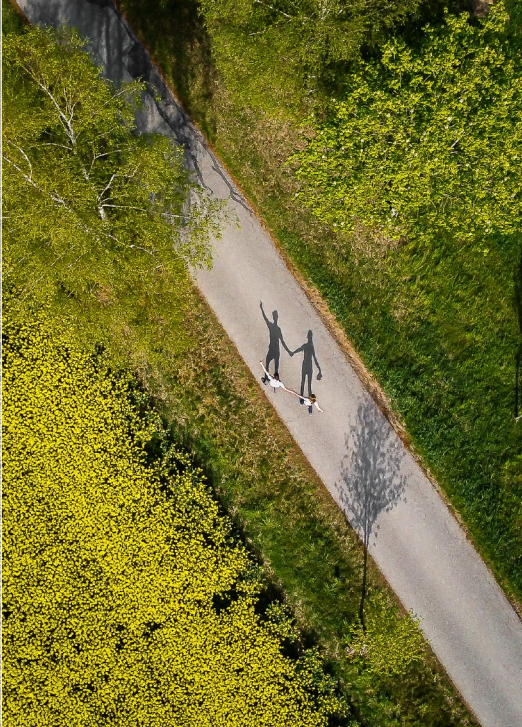
Die Yuneec Breeze wurde hier von uns mit einem Tablet gesteuert. Die Verbindungsqualität und die erzielbare Reichweite konnte uns dabei jedoch nicht überzeugen.



Inhalt

Vorwort	12
1 DIE FLIEGENDE KAMERA	15
1.1 Der Aufstieg der Fotodrohnen	16
1.2 Was ist eine Drohne?	18
Definition der unterschiedlichen Begriffe	21
1.3 Welche Bautypen sich zum Fotografieren eignen	21
Starrflügler	22
Multicopter	22
Die Achsen einer Drohne	24
1.4 Die Funktionsweise eines Multicopters	24
Starten und Landen	26
Vor- und Rückwärtsflug (Nicken)	27
Seitliche Flüge (Rollen)	27
Rotation um eigene Achse (Gieren)	28
1.5 Das Gehirn einer Drohne	28
Flightcontroller	29
Sensoren	29
Navigation deluxe	30
Hinderniserkennung	32
1.6 Das Geheimnis stabiler Aufnahmen	34
Digitale Bildstabilisierung	34
Mechanische Stabilisierung mit Gimbals	35
1.7 Der richtige Umgang mit Akkus	37
Akkus richtig laden	37
LiPo-Akkus als Risiko	38
Transport von LiPo-Akkus	39
Die richtige Lagerung	39
EXKURS LiPo-Akkus in Zahlen	40
Cool bleiben?	41
Entsorgung	41

1.8	On Air: Vorschau der Kameraperspektive	42
	Displays an der Fernsteuerung	42
	FPV-Brillen	43
	Steuerung per Smartphone	45
	EXKURS Der Datenspeicher	46
1.9	Die erste eigene Drohne	49
	Was haben Sie vor?	49
	Das Gewicht der Drohne	52
	Welches Budget steht zur Verfügung?	53
	Was muss die Kamera können?	53
2	DIE ERSTEN EIGENEN FLÜGE	57
2.1	Ready for takeoff	58
	Versicherungsschutz klären	58
	Sich als Drohnenbetreiber*in registrieren	59
	Bedienungsanleitung lesen	60
	Akkus laden	60
	Propeller montieren	60
	Flug-Apps laden	61
	Funkverbindung herstellen	61
	Firmware aktualisieren	62
2.2	Der erste Flugort	62
	Flugorte zum Üben finden	62
	Flugort inspizieren	64
	Drohne startklar machen	65
	Systeme überprüfen	65
	Failsafe-Prozeduren konfigurieren	66
2.3	Die Fernsteuerung verstehen	67
	Die wichtigsten Steuerelemente	67
	Telemetriedaten	68
2.4	Die ersten Flugübungen	69
	Starten und Landen	70
	Strecken	72
	Rechtecke	72
	Kreise	73
	Acht	74
	Flughöhe variieren	74





Natürlicher Strecke folgen	74
Dronie	75
Return To Home	76
Die Hand als Start- und Landeplattform	77
2.5 Training mit dem Flugsimulator	79
EXKURS Menschliche Faktoren während des Fluges	80

3 HERAUSFORDERNDE FLUGBEDINGUNGEN	85
3.1 Extreme Wetterlagen	86
Wind	86
Niederschläge und Gewitter	90
Temperaturen und die Luftdichte	92
3.2 Fliegen im Winter	95
Für das eigene Wohlbefinden sorgen	95
Handhabung der Akkus bei Kälte	96
Flüge bei eisigen Bedingungen und feuchtem Wetter	97
Achtung: Vereisungsgefahr	97
3.3 Von einem Boot starten	98
Mit Trockenübungen beginnen	98
Eignung der Drohne	98
Den richtigen Standort auf dem Boot finden	100
Notfallszenario festlegen	102
Flug durchführen	104
3.4 Fliegen an Wasserfällen	105
Feuchtigkeit	107
Umgebung und Untergrund	107
Satellitenkommunikation	108
3.5 Fly-Away verhindern	109
Vorbeugen	109
Im Ernstfall reagieren	110
3.6 Außergewöhnliche Situationen bewältigen	111
Verlust des Sichtkontaktes	111
Störung der Funkverbindung	113
Unerwartete Reaktionen der Drohne auf Steuersignale	114

3.7 Äußere Einflussfaktoren verstehen 115

Einflüsse auf die Flugzeit 115

Einflüsse auf die Reichweite 116

Einflüsse auf die Manövrierfähigkeit 117

EXKURS Quellen für die Wetterauskunft 118

4 NEUE PERSPEKTIVEN
ENTDECKEN 121

4.1 Planung von Luftaufnahmen 122

Warum gutes Timing wichtig ist 123

Die Goldene Stunde 125

Die Blaue Stunde 126

Mittagszeit 126

Nebel 126

4.2 Bildaufbau 127

Der Goldene Schnitt 127

Die Drittel-Regel 128

Regeln zum Bildaufbau in der Praxis 129

Formate geschickt nutzen 130

Was ist eigentlich mein Motiv? 131

4.3 Bilder richtig belichten 132

Belichtungszeit 133

Blende 135

Sensorempfindlichkeit 135

Das magische Dreieck 138

Belichtungswerte einstellen 138

Belichtungskorrektur und Belichtungsmesser 139

Histogramm 140

4.4 Faktoren für das perfekte Foto 141

Fokussieren auf das Wesentliche 141

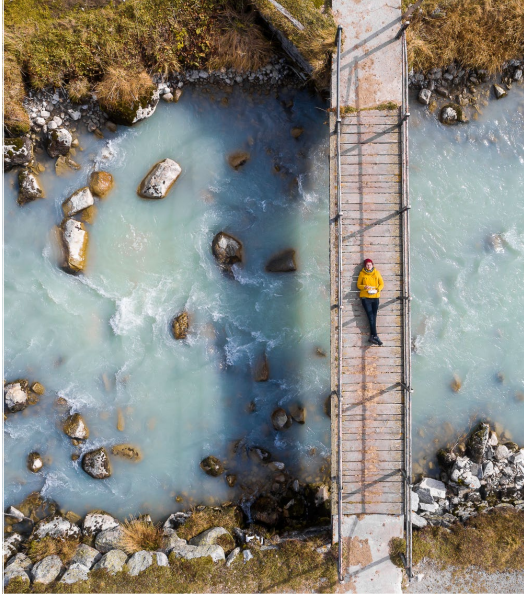
Fotoauflösung 142

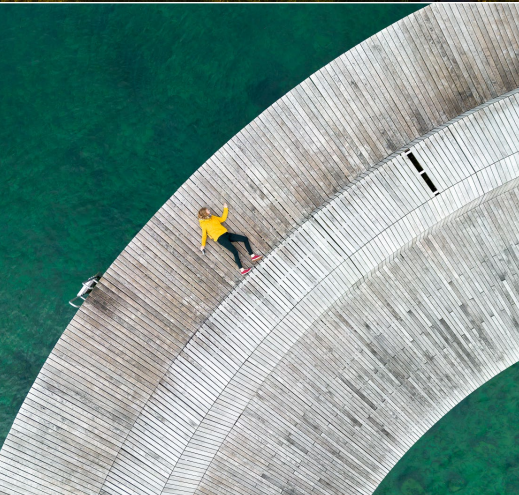
Realitätsnahe Farbwiedergabe 142

Das richtige Dateiformat 143

Fotomodis 144

4.5 Besonderheiten bei Luftaufnahmen 147





4.6	Filter in der Luftbildfotografie	148
	UV-Filter	148
	Polfilter	148
	ND-Filter	150
	Effektfilter	151
	Filter gezielt einsetzen	151
4.7	Der Blick nach unten	151
	Bodenständig bleiben	151
	Top-Down-Aufnahmen	152
	Auf der Suche nach Motiven	153
	EXKURS Motive im Jahresverlauf	164

5 FOTOTECHNIKEN FÜR PROFIS 167

5.1	Mehr zeigen mit Panoramen	168
	Sphären-Panorama	169
	180°-Panorama	169
	Horizontales Panorama	170
	Vertikales Panorama	170
	Panoramen manuell erzeugen	171
5.2	Intervallaufnahmen	173
	Bildraten für Intervallaufnahmen	173
	Die richtigen Fotoeinstellungen	174
5.3	HDR-Fotografie	177
5.4	Langzeitbelichtungen	180
	Tipps für Bilder ohne Verwacklungen	180
	Langzeitbelichtung Bildidee 1:	
	Psychedelische Perspektiven	181
	Langzeitbelichtung Bildidee 2: Nachtaufnahmen	183
	Langzeitbelichtung Bildidee 3: Tageslicht	184
	Langzeitbelichtung Bildidee 4: Lightpainting	185
5.5	Kreative Schatzkiste	188
	Menschen in Aktionen	188
	Illusionen erzeugen	188
	Spiele-Paradies	189
	Am Wasser	190
	EXKURS Droneceptions	191

6

SPANNENDE DROHNENVIDEOS
ERSTELLEN

197

6.1

Mit der Planung beginnen

198

Es beginnt mit der Idee

199

Eine Geschichte entwickeln

199

Die Geschichte in Videosequenzen übersetzen

202

Vorbereitungen treffen

203

6.2

Kameraeinstellungen zum Filmen

205

Auflösung

205

Bildwiederholungsrate

205

Belichtung in der Videografie

206

EXKURS Farbprofile verstehen

209

Color Correction

210

Color Grading

210

6.3

Überraschungsmomente schaffen mit Flugmanövern

211

Standard-Manöver

211

Offenbarung

211

Kran

212

Neigung

212

Dronie

213

Point of Interest

214

Panorama

214

Kurvenflug

214

Überflug

215

Bewegungen filmen

216

Manöver kombinieren

217

Der Einsatz des Zooms beim Filmen

217

6.4

Flugmanöver automatisieren

218

EXKURS Probleme bei Luftaufnahmen beheben

220

Rolling-Shutter- und Jello-Effekt

220

Propellerschatten

222

Propeller im Bild

223





7	DROHNENRECHT VERSTEHEN	225
7.1	Europäische Regeln	226
	Ziele der EU-Verordnungen	226
	Betriebskategorien	228
	Registrierungspflicht	228
	Offene Kategorie	229
	Spezielle Kategorie	240
	Zulassungspflichtige Kategorie	241
7.2	Deutsches Luftrecht	242
	Geografische UAS-Gebiete in Deutschland	242
	Der Luftraum über Deutschland	249
	Zuständigkeiten in der Übersicht	253
	Versicherung für Drohnen	253
	Abschließende Gedanken zum Luftrecht	255
	EXKURS Tipps für die Praxis	256
	Flüge in Innenstädten	256
	Flüge bei Veranstaltungen	257
	Flüge in der Nacht	258
7.3	Medienrecht	261
	Allgemeines Persönlichkeitsrecht	261
	Datenschutz	263
	Urheberrecht	263
	Musik	265
8	MIT DROHNEN VERREISEN	267
8.1	Planung vor der Reise	268
	Andere Länder, andere Sitten	268
	Packen für die Drohnenreise	270
8.2	Der richtige Transport im Flugzeug	273
8.3	Vor Ort fliegen	274
	Herausforderungen im Ausland	275
	Erweisen Sie Respekt	276
	Drohnen auf Kreuzfahrtschiffen	278
8.4	Reisereportagen erstellen	278

9

DROHNEN BERUFLICH
EINSETZEN

281

9.1

Allgemeine Perspektive

282

9.2

Gewerbliche Luftbildfotografie und -videografie

283

9.3

Technologien für Profis

285

Thermografie

285

Multispektralkameras

288

Photogrammetrie

288

Lasermessungen mit LiDAR

288

D-GNSS

289

Softwaregestützte Datenauswertung

290

9.4

Anwendungen in Industrie, Handwerk und Gewerbe

290

Bauwesen

290

Vermessung, Kartografie und Volumenermittlung

292

Inspektion

293

EXKURS Rettungswesen und BOS-Einsätze

295

9.5

Drohnen in der Forst- und Landwirtschaft

297

Rehkitze retten

297

Pflanzengesundheit bestimmen

299

Schädlinge bekämpfen

300

Fazit zum Einsatz von Drohnen in der
Land- und Forstwirtschaft

301

9.6

Missionsplanung

303

Glossar

304

Index

313

