

Falconing



Flying
Viewing
Marketing
Inspecting

Multikopter Grundlagen

Falconing Andreas Schröter
Beethovenstr. 9
40670 Meerbusch
andreas.schroeter@falconing.de

www.falconing.de

02159 6789-31

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Aufbau und Technologie von Multikoptern	3
2.1	Propeller	3
2.2	Rahmen	4
2.3	Flightcontroller.....	4
2.4	Sensoren.....	4
2.5	Brushless Motoren.....	4
2.6	Electronic Speed Controller (ESC)	5
2.7	Akku.....	5
2.8	Fernsteuerung.....	5
2.9	Video- und Datenübertragung	5
2.10	Gimbal.....	6
2.11	Nutzlast.....	6
3	Anwendungsgebiete und deren Anforderungen	7
3.1	Bannerwerbung	7
3.2	Fotoaufnahmen	7
3.3	Videoaufnahmen	7
3.4	Inspektion.....	7
3.5	Inspektion mit Thermografie.....	8
3.6	Wildbeobachtung / Ernteunterstützung.....	8
3.7	Baufortschrittdokumentation	8
3.8	Lageerfassung für Einsatzkräfte der Feuerwehr und Polizei	8
3.9	3D-Geländeerfassung, 3D Objekterfassung.....	8
3.9.1	Vermessung.....	9
3.9.2	Archäologie	9
3.9.3	3D Druck	9
3.10	Transport	9
4	Rechtliche Aspekte.....	9
4.1	Versicherung.....	9
4.2	Aufstiegsgenehmigung.....	10
4.3	Luftrecht / Luftverkehrsordnung	10
4.4	Persönlichkeitsrecht.....	10
4.5	Urheberrecht	10

1 Einleitung

Multikopter, in der Presse oft auch als Drohnen bezeichnet, bieten faszinierende Möglichkeiten. Man kann sich dem umfassenden Thema aus mindestens zwei Richtungen nähern: aus der Perspektive der Technologie, die eingesetzt wird, um die Fluggeräte steuerbar zu machen und aus der Anwenderperspektive, d.h. aus Sicht der möglichen Einsatzgebiete und deren Anforderungen.

Außerdem spielen noch rechtliche Aspekte (Luftrecht, Persönlichkeits- und Urheberrecht) eine bedeutende Rolle, da gerade deren Missachtung den Einsatz von Multikoptern in Verruf bringt und eine schärfere Regulierung des Einsatzes heraufbeschwört.

2 Aufbau und Technologie von Multikoptern

Multikopter sind Verwand mit Helikoptern, da auch sie von senkrecht stehenden Rotoren angetrieben bzw. angehoben werden. Statt eines waagerechten Heckrotors, nutzen Multikopter mehrere senkrechte, starre Rotoren, um die Flugstabilität und Steuerbarkeit herbeizuführen. 4, 6 oder 8 Rotoren (Arme) sind gängig und so heißen diese Varianten Quadrokopter, Hexakopter oder Oktokopter (bzw. Octocopter).

Die Drehzahl der einzelnen Rotoren wird individuell gesteuert, um Auftrieb (Throttle/Gas), Neigung (vorwärts: Pitch/Nick, seitwärts: Roll) und Drehung (Yaw) des Multikopters zu beeinflussen.

Im Folgenden geht es insbesondere um unbemannte, ferngesteuerte bzw. autonome Multikopter (UAV Unmanned aerial vehicle oder UAS Unmanned aerial system).

2.1 Propeller

Die Propeller der Multikopter werden paarweise mit unterschiedlicher Drehrichtung (mit und entgegen dem Uhrzeigersinn) eingesetzt, damit sich deren Drehmomente auf den Rahmen (bei gleicher Drehzahl) aufheben und der Rahmen somit seine Ausrichtung beibehält. Mehr Propeller können grundsätzlich mehr Auftrieb erzeugen und somit größere Nutzlasten anheben. Die Propeller werden in +- oder x-Konfiguration eingesetzt. D.h. in Flugrichtung zeigt entweder ein Propeller nach vorne oder zwei. Das gilt für Quadrokopter, aber auch analog für andere Varianten. Bei der +-Konfiguration muss nur ein Propellerpaar gesteuert werden, um Pitch oder Roll zu ändern – bei der x-Konfiguration müssen die Drehzahlen aller Rotoren geändert werden. Soll eine Drehung um die senkrechte Achse erfolgen, werden die Rotoren mit gleicher Drehrichtung verlangsamt und die Gegenspieler beschleunigt, um bei der Drehung nicht an Höhe zu verlieren. Soll ein Quadrokopter in x-Konfiguration nach vorne fliegen, müssen die hinteren beiden Propeller schneller drehen und die vorderen langsamer

(Pitch). Der Flightcontroller regelt die Drehzahlen abhängig von den Steuerkommandos der Fernsteuerung.

Propeller können aus Kunststoff (Spritzguss) oder für Hochlastanwendungen auch aus glasfaserverstärktem oder kohlefaserverstärktem Kunststoff (GFK, CFK) hergestellt werden.

2.2 Rahmen

Der Rahmen bildet durch seinen Aufbau die Konfiguration (+, x) ab und trägt die Motoren mit den Propellern, die Ansteuerelektronik, die Sensorik, die Akkus und die Funkübertragungselektronik. Er muss einerseits verwindungsstabil und andererseits leicht sein. Auch hier kommt häufig CFK zum Einsatz.

2.3 Flightcontroller

Herzstück des Multikopters ist der Flightcontroller, der die Sensoren zur Regelung der Flugposition ausliest und in Steuerkommandos der Motorsteuerung (Electronic Speed Controller ESC) umsetzt, um Änderungen entgegenzuwirken. Außerdem nimmt er die Steuerkommandos der Fernsteuerung entgegen und wirkt auf die Motorsteuerung ein, um den Multikopter in den verschiedenen Achsen zu bewegen.

Oft übernimmt der Flugkontroller darüber hinaus die Aufgabe auch die Kameraaufhängung (Gimbal) zu steuern, um die Flugbewegungen auszugleichen.

Der Flightcontroller ist darüber hinaus in der Lage, bestimmte Flugmodi und autonome Sicherheitsmanöver durchzuführen. So kann der Multikopter eine bestimmte Ausrichtung bekommen, so dass seine „Nase“ verdreht ist oder Flugkommandos nicht auf ein gradliniges, sondern auf ein kreisförmiges Koordinatensystem bezogen werden, um z.B. einen bestimmten Landschaftspunkt zu umrunden. Bei Verlust der Verbindung zur Fernsteuerung, kann der Multikopter autonom landen oder zum Start- (Home-)punkt zurückfliegen und dabei noch mögliche Hindernisse überfliegen.

2.4 Sensoren

So wie der Flightcontroller die intelligente Zentrale darstellt, spielt sich High Tech vor allem auch bei den Sensoren ab, mit denen der Multikopter seine globale Position und spezifische Fluglage ermittelt. Hierzu gehören barometrische Höhensensoren, Gyroskope (Beschleunigungssensoren in sechs Achsen), Magnetfeldsensoren, GPS (inzwischen oft schon kombiniert mit GLONASS, um die Verfügbarkeit zu erhöhen), sowie Ultraschall und Bildsensoren für Indoor Navigation. Alle diese Informationen müssen bewertet und verknüpft und im Regelkreis verarbeitet werden. Auch der Ladezustand und evtl. weitere Parameter des Akkus sind relevant, um ggfs. autonome Flugmanöver auszulösen.

2.5 Brushless Motoren

Auch die Motoren, üblicherweise als bürstenlos (brushless) ausgeführt, sind eine technische Spezialität. Die stromführenden Teile sind unbewegt, es gibt keine Funkenbildung und keinen Verschleiß. In einer Glocke (Rotor) bilden mehrere innenliegende Permanentmagnete Felder. Die Glocke, die den Propeller trägt, dreht sich um eine ungerade Anzahl Spulen (Stator) und deren wechselndes Magnetfeld. Die Spulen werden mit einer Phasenverschiebung angesteuert,

so dass sich das Feld dreht und die Glocke der Drehung folgt. Zur optimalen Ansteuerung muss stetig die Lage des Rotors ermittelt werden. Dies erfolgt wiederum durch Messung der Spulenströme. Diese komplexe Aufgabe übernehmen die Electronic Speed Controller, die jedem einzelnen Motor zugeordnet sind.

2.6 Electronic Speed Controller (ESC)

Die ESCs führen die Phasenansteuerung der Spulen der Motoren durch, messen die Gegenspannung zur Positionsermittlung der Rotoren, um damit wiederum den Regelkreis zur optimalen Spulenansteuerung zu schließen und vergleichen die Drehzahl mit dem Sollwert. Dazu ist einerseits ein Mikrokontroller und andererseits, aufgrund der hohen zu steuernden Ströme, Leistungselektronik (MOSFETs) notwendig.

2.7 Akku

Der Akku entscheidet durch sein Gewicht und seine speicherbare Energie über die Flugzeit des Multikopters und die damit möglichen Anwendungen oder Projekte.

Durchgesetzt haben sich hier Lithium-Polymer-Akkumulatoren (LiPo). Eine Zelle liefert 3,7 Volt – typisch werden drei oder vier in Serie geschaltet, so dass die Betriebsspannung bei 11,1 oder 14,8 Volt liegt. 2.000 und mehr mAh reichen dann für Flugzeiten in der Größenordnung von 15 Minuten. Bei längeren Einsätzen müssen dann mehrere Akkupacks hintereinander verwendet und nachgeladen werden.

LiPo Akkus sind empfindlich gegen Tiefentladung. Die Flightcontroller überwachen die Akku-Spannung daher und warnen den Piloten mit Telemetriedaten auf der Fernsteuerung frühzeitig.

2.8 Fernsteuerung

Dem Flightcontroller werden über eine Funkstrecke die Steuerkommandos der Fernsteuerung mitgeteilt. Andererseits sendet der Flightcontroller auch Telemetriedaten, die er aus den Sensoren gewinnt. Zu den Telemetriedaten gehören z.B. Akku-Ladestatus, Position, Höhe, Ausrichtung, usw. Die Steuerkommandos werden üblicherweise mit auf/ab, vor/zurück, Verschiebung links/rechts und Drehung links/rechts über zwei Steuerknüppel gegeben. Weitere Steuerkommandos können die Nutzlast betreffen – bei Kameras sind dies Start/Stop bzw. Auslösung, Neigung usw.

Bei komplexer Nutzlast oder anspruchsvollen Anwendungen kann es sinnvoll sein, dass die Fernsteuerung von zwei Personen bedient wird: z.B. ein Pilot und ein Kameramann.

Für die Fernsteuerung und Telemetriedaten- Videosignalübertragung kommen technisch zwei Frequenzbänder in Frage. 2,4 GHz und 5,8 GHz. Bei 2,4 GHz liegt auch die WLAN Übertragung.

2.9 Video- und Datenübertragung

Insbesondere bei der Hauptanwendung der Multikopter in Verbindung mit Kameras (auch Thermografie) ist es wichtig, dass das Live-Bild auch zum Piloten übertragen wird. Die Bilder oder Videos werden deshalb nicht nur in der Kamera gespeichert, sondern auch an die Bodenstation übertragen. Eine hochwertige, störungsfreie Übertragung unterstützt den Piloten

dann bei der Ausrichtung des Kopters bzw. ermöglicht einem Experten die direkte Auswertung im Flug. Für die Video Übertragung empfiehlt sich das 5,8 GHz Band.

Wird eine normale Kamera zusammen mit einer Thermografiekamera als Tandem eingesetzt, kann mit der Fernsteuerung zwischen den beiden Quellen gewechselt werden.

Es ist nicht zulässig, den Multikopter ausschließlich auf Basis des Videosignals (z.B. mit einer Videobrille/VR-Brille) zu steuern. Der Pilot muss den Multikopter immer auf Sichtweite fliegen und steuern.

2.10 Gimbal

Ein weiteres Stück High Tech bildet die kardanische Kameraaufhängung (Gimbal). Sie ermöglicht es, die Kameraausrichtung von den Flugbewegungen zu entkoppeln. In zwei oder gar drei Drehachsen kann die Neigung der Kamera meist entgegen der Neigung des Multikopters ausgerichtet werden. Weitere Sensoren sind notwendig, wenn nicht gleich der Flightcontroller die Aufgabe der Gimbal-Steuerung übernimmt.

Darüber hinaus kann das Gimbal auch eigene Steuerkommandos der Fernsteuerung erhalten, um eine von der Flugrichtung unabhängige Ausrichtung z.B. auch für Schwenks zu ermöglichen. Hierfür wird dann eine separate Fernsteuerung oder zumindest separate Steuerknüppel eingesetzt.

2.11 Nutzlast

Die Nutzlast wird durch die Anwendungsgebiete definiert. Grenzen ergeben sich eigentlich nur durch das Gewicht. Hierbei spielen wiederum die rechtlichen Aspekte eine Rolle, denn ab 5 kg Startgewicht gelten andere Bestimmungen: Starts von Multikopter mit mehr als 5 kg Startgewicht müssen einzeln und jeweils kostenpflichtig genehmigt werden – darunter ist ein vereinfachter Genehmigungsprozess gültig. Es ist deshalb erstrebenswert unter diesen 5 kg zu bleiben. Außerdem leidet die Flugzeit drastisch unter dem Gewicht.

Beispiele für Nutzlasten sind: Fotokamera, Videokamera, Thermografie-Kamera, diverse Messgeräte, Werbebanner, Ausgabevorrichtungen (Dispenser) – nur mit spezieller Genehmigung, usw.

3 Anwendungsgebiete und deren Anforderungen

Genauso interessant wie die faszinierenden technischen Aspekte sind die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten. Vor allem kommt ihnen die eine hohe Bedeutung zu, denn letzten Endes ist der Multikopter so wie wir ihn hier betrachten letztlich nur ein Werkzeug. Aus anderer Sicht ist er natürlich ein wunderbares Fluggerät für den Hobby- und sportlichen Modellflug.

3.1 Bannerwerbung

Eine recht einfache Anwendung besteht darin, ein Werbebanner in die Höhe zu heben und fliegen zu lassen.

3.2 Fotoaufnahmen

Nimmt der Multikopter ein Gimbal und eine Kamera als Nutzlast auf, sind damit Fotoaufnahmen aus ungewöhnlichen Perspektiven für vielfältige Anwendungen möglich: fröhliche Hochzeitsgesellschaften erfassen, Events begleiten, Hotelfotografie, Gastronomie, Stadtmarketing, Vermarktung von Immobilien, Imagefotos für Gewerbetreibende, Industriefotografie, Darstellung des Eigenheims und vieles mehr.

Oft reichen hier Systemkameras mit leichten Weitwinkelobjektiven. Die im Amateurbereich oft eingesetzten Actioncams scheiden aber aus, da sie zu stark verzeichnen und gerade Linien nicht gerade wiedergeben.

Menschenansammlungen dürfen aus Sicherheitsgründen nicht direkt überflogen werden, sondern müssen aus einer seitlichen Perspektive aufgenommen werden.

3.3 Videoaufnahmen

Ähnlich sieht es mit Videoaufnahmen aus: hier kommt es nicht nur auf die ungewöhnliche Perspektive an, sondern hinzu kommen noch die spektakulären Kamerafahrten und –schwenks in verschiedenen Dimensionen und Achsen. Kein Kinofilm oder Krimi, in dem nicht eine Sequenz mit einem Multikopter aufgenommen wurde. Die Stilmittel müssen jedoch sorgsam eingesetzt werden: weniger ist hier oft mehr.

Imagefilme für den Internetauftritt und Produktwerbung sind hier die Hauptanwendungsgebiete.

3.4 Inspektion

Ein Spezialgebiet für den Einsatz von Kameras und Videoaufnahmen ist die visuelle Inspektion, also die Untersuchung und Wartung von Objekten, die schwer zugänglich sind. Entweder wird dabei direkt das Live-Bild während des Fluges herangezogen oder es werden hochauflösende Aufnahmen gemacht, die dann nachträglich genauer vom Gutachter ausgewertet werden.

Kameras mit Wechselobjektiven oder optischem Zoom ermöglichen Detailaufnahmen, wo Sicherheitsabstände eingehalten werden müssen.

Man kann so auf teure Aufstiegshilfen wie Steiger oder Gerüste oder Industriekletterer verzichten und Schornsteine, Masten, Rotoren von Windkraftanlagen oder ähnliches überprüfen.

Bei Industrieanlagen sind ggfs. zusätzliche Genehmigungen für den Überflug notwendig.

3.5 Inspektion mit Thermografie

Einen weiteren Spezialfall stellt die Inspektion mit Hilfe von Thermografie Kameras dar. Manchmal wird die Thermografie Kamera durch eine einfache optische Kamera ergänzt, um für die Auswertung beide Spektralbereiche nutzen zu können.

Aufgrund der Wärmestrahlung können auffällige Bauelemente oder geologische Strukturen erkannt werden. Besonders relevant ist die Untersuchung von Photovoltaikanlagen, da die Solarmodule auffällige Erwärmungen zeigen, wenn Defekte oder Fehlkonfigurationen vorliegen. Sogenannte Hotspots oder Verpolungen können dann leicht aus der Luft aufgespürt werden. Im Unterschied zur Thermografie mit Handgeräten kann der Aufnahmewinkel optimal gewählt werden bzw. es kann auch hier auf den Einsatz von Steigern oder Gerüsten verzichtet werden. Selbst größere Anlagen lassen sich schnell abfliegen. Dazu kann man die Wegpunktsteuerung nutzen, die manche Multikopter anbieten.

Thermografie Kameras gibt es inzwischen als Sonderkonstruktionen für den Multikoptereinsatz. Sie sind Leichtbauvarianten der Geräte im industriellen Einsatz, die mit einem – ebenfalls Leichtbau – Mini-PC gekoppelt sind, um die Steuerung und Speicherung zu ermöglichen.

3.6 Wildbeobachtung / Ernteunterstützung

Auch in Landwirtschaft und Forst können Multikopter mit Thermografie Kameras Mehrwert bieten. Jährlich sterben unzählige Tiere bei der Ernte von Getreide und Mais und verunreinigen das Erntegut. Mit der Wärmebildkamera können die Tiere aufgespürt und dann vertrieben werden, bevor der Mähdrescher oder die Erntemaschine das Tier überrascht.

3.7 Baufortschrittsdokumentation

Mit den Luftbildern lässt sich auch der Fortschritt von Bauvorhaben gut und übersichtlich dokumentieren. Den Bauherren können der aktuelle Status und die kommenden Schritte oder aber auch die Folgen von Schlechtwetter überzeugend aufgezeigt werden.

3.8 Lageerfassung für Einsatzkräfte der Feuerwehr und Polizei

Feuerwehren erproben Multikopter für die Lageerfassung und die Steuerung der Einsatzkräfte und haben dabei bereits Erfolge erzielt. Schnell kann ein Einsatzgebiet ganzheitlich erfasst werden und unzugängliche Bereiche können eingesehen werden.

3.9 3D-Geländeerfassung, 3D Objekterfassung

Photogrammetrie (seltener auch Fotogrammetrie oder Bildmessung) wertet Fotos aus verschiedenen Perspektiven aus, um damit die räumliche Lage oder dreidimensionale Form eines Objektes zu bestimmen. Der Multikopter überfliegt dazu ein Gebiet oder ein Objekt und

erstellt eine Reihe von Fotos. Diese Fotos werden mit einer Spezialsoftware überlagert und verknüpft (Stitching), so dass daraus ein 3D-Modell errechnet werden kann.

3.9.1 Vermessung

Die gewonnenen Geländedaten können dann zu Vermessungszwecken z.B. zur Berechnung von Abraumvolumen eingesetzt werden.

3.9.2 Archäologie

Für die Archäologie können Fundstücke schnell und übersichtlich dokumentiert und verortet werden.

3.9.3 3D Druck

Mit 3D Druckern können die Gelände- oder Objektmodelle auch ausgedruckt werden, um sie in Präsentationen oder Exposés anschaulich und begreifbar zu machen.

3.10 Transport

Schließlich gibt es noch den Anwendungsbereich Transportmittel, der bereits von verschiedenen Logistikunternehmen erprobt wird. Für den unbeaufsichtigten Transport in bewohntem Gebiet muss der Rechtsrahmen sicherlich noch geklärt werden.

4 Rechtliche Aspekte

Dieser Absatz stellt natürlich keine Rechtsberatung dar, sondern ist nur eine laienhafte Zusammenfassung der relevanten Aspekte.

Grundlegend bei der rechtlichen Betrachtung ist die Verwendungsabsicht. Wird der Multikopter als reines Sport- oder Hobbygerät eingesetzt, gelten andere Rahmenbedingungen, als bei einem gewerblichen Einsatz. Erstaunlicher Weise ist der Einsatz für Sportflieger flexibler geregelt, als der für gewerbliche Nutzung. Da man Multikopter inzwischen allorts für wenig Geld bekommen kann und nur wenige der Käufer die Rechtslage kennen, kommt es häufig zu einer Verletzung der Rechte Dritter, denn auch für Sportflieger gelten Regeln und Gesetze.

Zwei Punkte sind besonders herauszustellen: 1) gewerbliche Nutzung fängt bereits bei Kleinigkeiten wie dem Fotografieren für andere (z.B. Hochzeitsfeier oder Foto für Internetauftritt) an! 2) Sowohl private, als auch gewerbliche Piloten müssen sich speziell versichern. Die normale Privathaftpflicht kommt nicht für Schäden mit Flugmodellen oder Multikoptern auf.

4.1 Versicherung

Wie bereits oben beschrieben, müssen Hobbyflieger und gewerbliche Piloten eine spezielle Haftpflichtversicherung abschließen. Oft werden die Gewichtsklasse des Multikopters und der Einsatz mit oder ohne Kameras tariflich unterschieden.

Eine Vollkaskoversicherung ist rechtlich nicht notwendig, sondern deckt nur das persönliche Risiko ab.

4.2 Aufstiegsgenehmigung

Gewerbliche Piloten müssen eine (beglaubigte) Aufstiegsgenehmigung bei sich führen. Für Multikopter unter 5 kg gibt es eine allgemeine Genehmigung, die üblicherweise zwei Jahre gültig ist. Starts schwerere Flugroboter müssen einzeln genehmigt werden. Die allgemeine Aufstiegsgenehmigung ist auf jeweils ein Bundesland beschränkt.

In der Aufstiegsgenehmigung sind weitere Randbedingungen wie das Führen eines Flugbuches, in dem jeder Einsatz dokumentiert werden muss, oder die Information von Ordnungsamt bzw. der Polizei vor jedem Einsatz geregelt.

Für den Start von einem Grundstück benötigt man die Genehmigung des Grundstückseigentümers bzw. -verwalters.

4.3 Luftrecht / Luftverkehrsordnung

Während des Fluges sind dann weitere Regelungen des Luftverkehrsrechts bindend. Hierzu gehört, dass der Multikopter nur auf Sichtweite geflogen werden darf, dass spezielle Gebiete – insbesondere Flughäfen und deren nähere Umgebung – nicht befliegen werden dürfen und dass Höhenbeschränkungen z.B. im kontrollierten Luftraum zu beachten sind.

Andererseits ergibt sich aus dem Luftrecht aber auch, dass fremde Grundstücke überflogen werden dürfen, wenn Abstände eingehalten werden.

4.4 Persönlichkeitsrecht

Sobald Kameras mit dem Multikopter verwendet werden, spielt insbesondere das Persönlichkeitsrecht eine wichtige Rolle. Sobald Personen erkennbar abgebildet werden – insbesondere wenn Sie nicht nur Beiwerk sind, sollte deren Einwilligung eingeholt werden und sollten die Verwertungsrechte geklärt sein.

Das Ausspähen von normalerweise nicht einsehbaren Grundstücken ist ebenfalls tabu.

4.5 Urheberrecht

Die sogenannte „Panoramafreiheit“ gestattet Aufnahmen von Gebäuden und Objekten aus normaler Perspektive. Da man mit dem Multikopter diese Perspektive regelmäßig verlässt, gilt die Panoramafreiheit so pauschal nicht mehr. Auf der sicheren Seite liegt man, wenn man sich die Genehmigung und die nötigen Verwertungsrechte des Architekten oder Urhebers eines Objektes geben lässt.

5 Zusammenfassung

Multikopter bieten in verschiedenen Anwendungsbereichen vielfältige Vorteile, Flexibilität und schaffen ganz neue, faszinierende Möglichkeiten. Ihr Einsatz muss aber gut geplant und vorbereitet werden und der Flug selbst erfordert hohe Konzentration, um alle Aspekte zu kontrollieren auch wenn der Pilot durch High Tech in allen Komponenten unterstützt wird.

Die Auswertung und Nachbearbeitung der Aufnahmen vom Imagefilm über die Gutachtertätigkeit bis hin zur Modellierung von 3D Objekten sind Dienstleistungen, die zusätzliche Werte schaffen oder Werte erhalten helfen.



Besuchen Sie uns auf www.falconing.de und nehmen Sie direkt Kontakt mit uns auf, um mehr über die Möglichkeiten und Vorteile zu erfahren, die wir Ihnen mit unseren Multikoptern und den Dienstleistungen bieten können.