

208-058

DGUV Information 208-058



Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)

kommmit** mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Postsendungen des Fachbereichs Handel und Logistik der DGUV

Ausgabe: Juli 2020

DGUV Information 208-058
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen Webcode: p208058

Bildnachweis

Titelbild Abb. 1–2, 4, 5, 8, 10, 11, 13–20: © Velotech.de GmbH;
Abb. 9: © Yuneec Europe GmbH; Abb. 12: © Sigurd Wiesinger;
Abb. 6, 7: © DGUV

Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorbemerkung	5	13 Datensicherheit	27
1 Anwendungsbereich	6	14 Hinweis auf neue EU-Verordnungen für unbemannte Luftfahrzeugsysteme	27
2 Begriffsbestimmung	6	Anhang	28
3 Verwendungszweck	7	Anhang 1	
4 Rechtliche Grundlagen	9	Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug im Outdoorbereich	28
4.1 Zuordnung nach Verwendungszweck	9	Anhang 2	
4.2 Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten (Drohnenverordnung)	9	Muster-Gefährdungsbeurteilung „Multikopterflüge“	30
4.3 Versicherungspflicht	10	Anhang 3	
5 Bauformen und Antriebsarten von Multikoptern	12	Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Multikoptern	33
6 Steuerung	14	Anhang 4	
7 Flugeigenschaften und Einflussfaktoren	15	Ausbildung zum Bediener von Multikoptern (Beispiel für einen möglichen Ausbildungsablauf)	34
8 Ergonomie	16	Anhang 5	36
9 Sicherer Betrieb – betriebliche Organisation	18	Den richtigen Multikopter auswählen (Kaufempfehlung)	36
9.1 Unternehmerpflichten	18	Literatur- und Quellenverzeichnis	37
9.2 Gefährdungsbeurteilung	18		
9.3 Bedienpersonal	18		
9.4 Unterweisung	20		
9.5 Betriebsanweisung	20		
9.6 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	20		
9.7 Notfallorganisation, Brandschutz, Erste Hilfe	21		
9.8 Beauftragung von Fremdfirmen	21		
10 Instandhaltung und Prüfung	22		
11 Akku	23		
11.1 Sicherer Umgang	23		
11.2 Laden und Lagern	23		
12 Flugbetrieb	24		
12.1 Outdoorbereich	24		
12.2 Indoorbereich	25		
12.3 Autonomes Fliegen – Kollaborierende Multikopter	25		

Vorbemerkung

Durch die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten werden Multikopter (Drohnen) zunehmend für die unterschiedlichsten gewerblichen Zwecke genutzt. Insbesondere die einfache Handhabung, unterschiedlichste Bauformen, Verfügbarkeit, moderne Navigationstechnik sowie relativ niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten machen ihre Anwendung so attraktiv. Multikopter können herkömmliche Arbeitsmittel ersetzen und erschließen vollkommen neue Anwendungsmethoden bzw. Verfahren.

Diese DGUV Information stellt die neue Technik vor, gibt Hinweise zu deren Anwendungsmöglichkeiten sowie gesetzlichen Grundlagen und soll dazu beitragen, Risiken beim Betrieb von Multikoptern zu minimieren.



1 Anwendungsbereich

Diese DGUV Information soll den Anwendern und Anwenderinnen von Multikoptern helfen, Risikofaktoren zu erkennen und besser mit diesen umgehen zu können. Sie bezieht sich insbesondere auf die gewerbliche Anwendung (siehe Abb. 3), gibt aber auch hilfreiche Informationen für die nicht gewerbliche Anwendung von Multikoptern. Sie unterstützt bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung und gibt Hinweise für die Auswahl eines für die Anwendung geeigneten Multikopters.

Inhalt dieser DGUV Information sind Multikopter mit einem Aufstiegsge­wicht von maximal 25 kg. Multikopter, die zum Zweck des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden, sind nicht Gegenstand dieser DGUV Information.

2 Begriffsbestimmung

Drohnen sind Geräte, die sich am Boden, zu Wasser oder in der Luft autonom oder durch Menschen ferngesteuert fortbewegen. Sie können aus einem Fluggerät, einer Bodenkontrollstation mit Bildschirm und einer Datenverbindung bestehen.

Unbemannte Luftfahrtsysteme (ULS) (engl. Unmanned Aircraft System – UAS) sind Fluggeräte einschließlich ihrer Kontrollstation, die ohne Luftfahrzeugführer an Bord und nicht zum Zweck des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden.

Unbemannte Luftfahrtsysteme gelten als Luftfahrzeuge und können sowohl als Drehflügler als auch als Starrflügler ausgeführt sein.

Multikopter sind Drohnen, die für den gewerblichen und den privaten Gebrauch genutzt werden. Der Begriff „Multikopter“ setzt sich aus dem lateinischen „multi“ und dem griechischen „pteron“ zusammen und bedeutet so viel wie Mehrfachflügler. Multikopter haben zwei oder mehr Rotoren (Propeller), die in einer Ebene nach oben gerichtet angeordnet sind. In den meisten Anwendungsfällen sind Multikopter nicht mit einem Antikollisionssystem ausgerüstet und müssen von einem Bediener gesteuert werden.

Unbemannte Luftfahrtsysteme und Multikopter werden umgangssprachlich auch als Drohnen bezeichnet. In dieser DGUV Information wird in der Regel der Begriff Multikopter verwendet.

Da in den verschiedenen Regelwerken und Veröffentlichungen sowohl die Begriffe Steuerung als auch Bedienung benutzt werden, in der Maschinenrichtlinie aber ausschließlich vom Bediener von Maschinen gesprochen wird, wird in dieser DGUV Information in der Regel der Begriff Bediener bzw. Bedienperson verwendet.

3 Verwendungszweck

Multikopter sind für die unterschiedlichsten gewerblichen Zwecke einsetzbar. Sie können gefährliche Tätigkeiten übernehmen und körperlich anstrengende sowie belastende Tätigkeiten unterstützen. Durch den Einsatz von Multikoptern können bestehende Abläufe und Prozesse umgestaltet bzw. rationalisiert sowie neue Dienstleistungsmärkte erschlossen werden. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Outdoor- und Indooranwendung.

Typische Outdooranwendungen sind z. B.:

- Medienerstellung (Werbung, Fotos, Filme, Events, Sport)
- Liveübertragung (Events, Sport)
- Landvermessung
- Meteorologische Messungen, Luft-Aufnahmen
- Umwelt- und Naturschutz (Wildtierzählung, Gletscherüberwachung)
- Wissenschaft und Forschung
- Transportlogistik
- Inspektionsflüge (Bahnstrecken, Gebäude, Stromtrassen, Windkraftanlagen, Kühltürme)
- Straßenverkehrsüberwachung



Abb. 1 Inspektionsflug mit Multikopter



Abb. 2 Einsatz eines Multikopters in der Lagerlogistik

Typische Indooranwendungen sind z. B.:

- Inventuraufgaben
- Lagerlogistik
- Transport
- Kontroll- und Prüfaufgaben

Weitere Anwendungen bzw. Einsatzmöglichkeiten:

- Militärischer und polizeilicher Einsatz
- Feuerwehreinsatz – Überwachung von Brandherden
- Rettungsdienst – Suche und Rettung bei Katastrophen

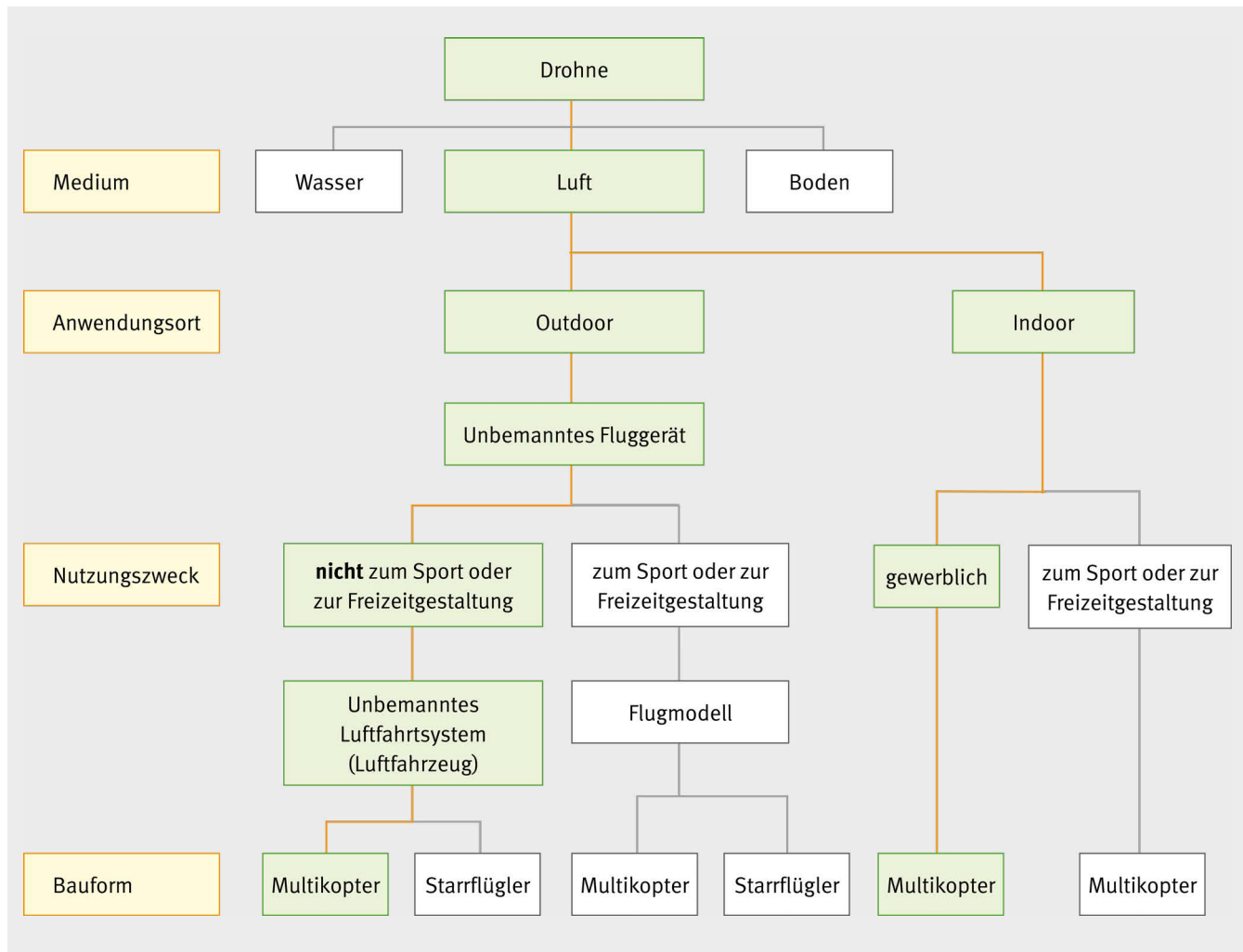


Abb. 3 Multikopter im Anwendungsbereich dieser DGUV Information

4 Rechtliche Grundlagen

4.1 Zuordnung nach Verwendungszweck

Gemäß dem Einsatz und der Nutzung kann ein Multikopter unterschiedlichen Rechtsgebieten im Bereich Bau- und Ausrüstung unterliegen.

Grundsätzlich entspricht die Bauart der Definition einer Maschine nach der Europäischen Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) und somit gelten auch die „Grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für Konstruktion und Bau“ einschließlich CE-Kennzeichnung und EG-Konformitätserklärung [Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)].

Wird ein Multikopter ausschließlich als Beförderungsmittel z. B. von Gütern im Outdoorbereich eingesetzt, ist er vom Anwendungsbereich der Maschinenrichtlinie ausgenommen.

Sofern ein Multikopter als Spielzeug für Personen unter 14 Jahren vertrieben wird, fällt er in den Geltungsbereich der Verordnung über die Sicherheit von Spielzeug (2. ProdSV) und ist entsprechend zu kennzeichnen. Soll ein solcher Multikopter den Beschäftigten als Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden, muss im Rahmen der notwendigen Gefährdungsbeurteilung durch eine fachkundige Person beurteilt werden, ob die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen entsprechend Anhang 1 der Europäischen Maschinenrichtlinie eingehalten werden.

Ungeachtet davon müssen zur Verfügung gestellte Arbeitsmittel, hier Multikopter, den Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten sicherstellen. Dabei sind insbesondere die Vorgaben des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) zu beachten.

4.2 Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten (Drohnenverordnung)

Mit der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten wurden u. a. die Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO) und Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) geändert. Die Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten gilt für den Betrieb von Multikoptern im Outdoorbereich [Geltungsbereich des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG)]. Für die Nutzung von Multikoptern im Indoorbereich siehe Abschnitt 12.

Wesentliche Regelungen aus der Verordnung:

- 1. Kennzeichnungspflicht:** ULS mit einer Startmasse von mehr als 0,25 kg müssen gekennzeichnet sein, u. a. zur Feststellung des Halters nach Schadensfällen. Die Kennzeichnung erfolgt mittels dauerhaft angebrachter und feuerfester Plakette mit Name und Adresse des Eigentümers.
- 2. Kenntnissnachweis:** Für Steuerer von ULS mit einer Startmasse von mehr als 2 kg ist ein Kenntnissnachweis erforderlich, der auf Verlangen vorzuzeigen ist (stets mitführen). Der Nachweis erfolgt durch
 - a. gültige Pilotenlizenz,**
 - b. Bescheinigung nach Prüfung durch eine vom Luftfahrt-Bundesamt anerkannte Stelle (auch online möglich).**Die Bescheinigungen gelten für 5 Jahre.



Abb. 4 Beispielhafte Kennzeichnung entsprechend Drohnenverordnung

3. **Erlaubnisfreiheit:** Für den Betrieb von ULS bis zu einer Startmasse von 5 kg ist grundsätzlich keine Erlaubnis erforderlich. Der Betrieb durch Behörden ist generell erlaubnisfrei, wenn dieser zur Erfüllung ihrer Aufgaben stattfindet, ebenso der Betrieb durch Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), z. B. Feuerwehren, THW, DRK etc.
4. **Erlaubnispflicht:** Für den Betrieb von ULS mit einer Startmasse über 5 kg und für den Betrieb bei Nacht ist eine Erlaubnis erforderlich. Diese wird von der örtlich zuständigen Luftfahrtbehörde des Landes erteilt.
5. **Betriebsverbot:** Ein Betriebsverbot gilt für Flugmodelle und unbemannte Luftfahrtsysteme:
 - außerhalb der Sichtweite des Steuerers sofern die Startmasse des Geräts 5 kg und weniger beträgt;
 - in und über sensiblen Bereichen, z. B. Einsatzorten von Polizei und Rettungskräften, Krankenhäusern, Menschenansammlungen, Anlagen und Einrichtungen wie JVA's oder Industrieanlagen, oberste und obere Bundes- oder Landesbehörden, Naturschutzgebieten;
 - über bestimmten Verkehrswegen;
 - in Kontrollzonen von Flugplätzen (auch An- und Abflugbereiche von Flughäfen);
 - in Flughöhen über 100 Metern über Grund;
 - über Wohngrundstücken, wenn die Startmasse des Geräts mehr als 0,25 kg beträgt oder das Gerät oder seine Ausrüstung in der Lage sind, optische, akustische oder Funksignale zu empfangen, zu übertragen oder aufzuzeichnen. Ausnahme: Der durch den Betrieb über dem jeweiligen Wohngrundstück in seinen Rechten Betroffene stimmt dem Überflug ausdrücklich zu;
 - mit einer Startmasse über 25 kg.
6. **Ausnahmen:** Die zuständige Behörde kann Ausnahmen von den Verboten zulassen, wenn der Betrieb keine Gefahr für die Sicherheit des Luftverkehrs oder die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere eine Verletzung der Vorschriften über den Datenschutz und über den Naturschutz darstellt und der Schutz vor Fluglärm angemessen berücksichtigt ist.

7. **Ausweichpflicht:** Steuerer von ULS sind verpflichtet, bemannten Luftfahrzeugen und unbemannten Freiballonen auszuweichen.
8. **Einsatz von Videobrillen:** Flüge mithilfe einer Videobrille sind erlaubt, wenn sie bis zu einer Höhe von 30 Metern stattfinden und das Gerät eine Startmasse von nicht schwerer als 0,25 kg besitzt oder eine andere Person es ständig in Sichtweite beobachtet und in der Lage ist, den Steuerer auf Gefahren aufmerksam zu machen. Dies gilt als Betrieb innerhalb der Sichtweite des Steuerers.

4.3 Versicherungspflicht

Im Luftfahrtbereich (Outdoorbereich) verpflichtet das Luftfahrtverkehrsgesetz nach § 33 den Halter eines Luftfahrzeugs, für Personen- und Sachschäden eine Versicherung abzuschließen, da er für die Verursachung von Personen- und Sachschäden mit seinem gesamten Vermögen haften muss. Die Mindestdeckungssumme wird über das Luftverkehrsgesetz geregelt.

Da es sich um den Betrieb eines Luftfahrzeugs handelt, sind Unfälle, die von Multikoptern verursacht werden, in der Regel nicht über die Privathaftpflichtversicherung abgedeckt. Vielmehr ist eine Halterhaftpflichtversicherung erforderlich, welche die gewerbliche Nutzung abdeckt. Wer die vorgeschriebene Halterhaftpflichtversicherung nicht besitzt, handelt ordnungswidrig (§ 58 Abs. 1 Ziff. 15 LuftVG). Dies ist nach § 58 Abs. 2 LuftVG bußgeldbewehrt. Auch für den Indoorbereich stellt sich nach einem Unfall die Frage nach Regress. Daher ist auch hierfür eine Haftpflichtversicherung sinnvoll. Neben der reinen Multikopter-Haftpflichtversicherung werden auch Multikopter-Kaskoversicherungen angeboten. Damit ist auch der Sachschaden am eigenen Multikopter abgedeckt.

Startmasse				
bis zu 0,25 kg	mehr als 0,25 kg	mehr als 2 kg	mehr als 5 kg	mehr als 25 kg
				
Versicherungspflicht (Halterhaftpflichtversicherung)				
	Kennzeichnungspflicht			
		Kenntnisnachweispflicht		
			Erlaubnispflicht	
				Betriebsverbot
Flughöhe über Grund (m)				
	0	50	100	
	In Kontrollzonen		Betriebsverbot	
	Außerhalb eines Modellfluggeländes			Betriebsverbot
	Innerhalb eines Modellfluggeländes			
Erlaubnispflichtig				
- Betrieb von ULS mit mehr als 5 kg Startmasse - Betrieb innerhalb eines Radius von 1,5 km zu Flugplätzen (Flughafen, Hubschrauberlandeplatz, Segelfluggelände)¹ - Betrieb bei Nacht (Nachtzeit: ca. 30 min nach Sonnenuntergang bis 30 min vor Sonnenaufgang)¹				
Erteilung der Erlaubnis: Örtlich zuständige Luftfahrtbehörde des Landes				
¹ ggf. ist zusätzlich eine Flugverkehrskontrollfreigabe der Deutschen Flugsicherung (DFS) notwendig				
Betriebsverbote				
- Betrieb außerhalb der Sichtweite des Steuerers - Betrieb über und in einem seitlichen Abstand von weniger als 100 m von Menschenansammlungen, Unglücksorten, Katastrophengebieten und anderen Einsatzorten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben sowie über mobilen Einrichtungen und Truppen der Bundeswehr in Manövern und Übungen - Betrieb über Naturschutzgebieten und Nationalparks im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes - Betrieb in Flughöhen über 100 m über Grund außerhalb eines Modellfluggeländes¹ - Betrieb in Flughöhe über 50 m über Grund in Kontrollzonen² - Betrieb mit einer Startmasse von mehr als 25 kg				
Ausnahmen von den Betriebsverboten kann die örtlich zuständige Luftfahrtbehörde des Landes erteilen.				
¹ ggf. ist zusätzlich eine Flugverkehrskontrollfreigabe der DFS notwendig				
² zusätzlich ist eine Flugverkehrskontrollfreigabe der DFS notwendig				
Betrieb über und in einem seitlichen Abstand von weniger als 100 m von Industrieanlagen, Justizvollzugsanstalten, militärischen Anlagen, Anlagen der Energieerzeugung und -verteilung, Bundes- und Landesbehörden, Konsulaten, Liegenschaften von Polizei und anderen Sicherheitsbehörden sowie Bundesfernstraßen, Bundeswasserstraßen und Bahnanlagen				
Ausnahmen von den Betriebsverboten bestehen, wenn der Betreiber der Anlage bzw. die zuständige Stelle dem Betrieb ausdrücklich zustimmt.				
Betrieb über Wohngrundstücken, wenn die Startmasse des Geräts mehr als 0,25 kg beträgt oder das Gerät oder seine Ausrüstung in der Lage sind, optische, akustische oder Funksignale zu empfangen, zu übertragen oder aufzuzeichnen				
Ausnahmen von den Betriebsverboten bestehen, wenn der betroffene Eigentümer oder sonstige Nutzungsberechtigte des Wohngrundstücks dem Überflug ausdrücklich zustimmt.				
Der Betrieb über und in einem seitlichen Abstand von weniger als 100 m von Krankenhäusern und der Transport von Explosivstoffen und pyrotechnischen Gegenständen, radioaktiven Stoffen sowie gefährlichen Stoffen und Gemischen ist grundsätzlich verboten				

Abb. 5 Übersicht der Rechtsgrundlagen für den Betrieb von Multikoptern im Luftfahrtbereich (Outdoorbereich)

5 Bauformen und Antriebsarten von Multikoptern

Multikopter erzeugen den Auftrieb durch in einer Ebene angeordnete, senkrecht nach unten wirkende Rotoren (Propeller).

Entsprechend der Anzahl der Rotoren unterscheidet man beispielsweise zwischen:

- Trikopter (mit drei Rotoren),
- Quad- bzw. Quadrokopter (mit vier Rotoren),
- Hexakopter (mit sechs Rotoren) und
- Octokopter (mit acht Rotoren).

Einfluss der Anzahl der Rotoren

Grundsätzlich gilt:

- Mit steigender Anzahl der Rotoren erhöht sich die Flugsicherheit, da beim Ausfall eines Rotors auch die Anzahl der verbleibenden Rotoren steigt und der Multikopter noch sicher fliegen kann (Vorteil der Redundanz).
- Eine größere Anzahl von Rotoren steigert den Auftrieb und die Schubkraft des Multikopters, was einen Aufstieg mit höheren Lasten ermöglicht.

Weitere unterschiedliche Bauformen ergeben sich aus der Anordnung der Rotoren zur Flugrichtung beim Geradeausflug des Multikopters. Meist sind Multikopter in der „+-Bauform“, „H-Bauform“ oder „X-Bauform“ aufgebaut.

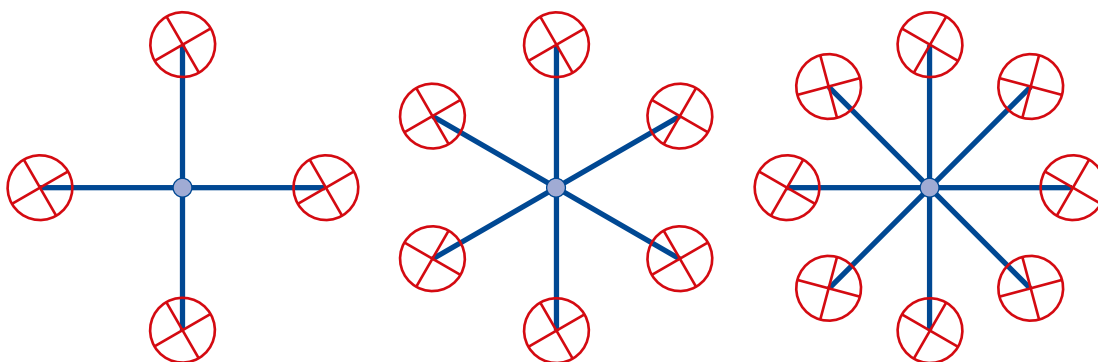


Abb. 6
Bauformen entsprechend Anzahl der Rotoren: Quad-kopter, Hexakopter, Octokopter

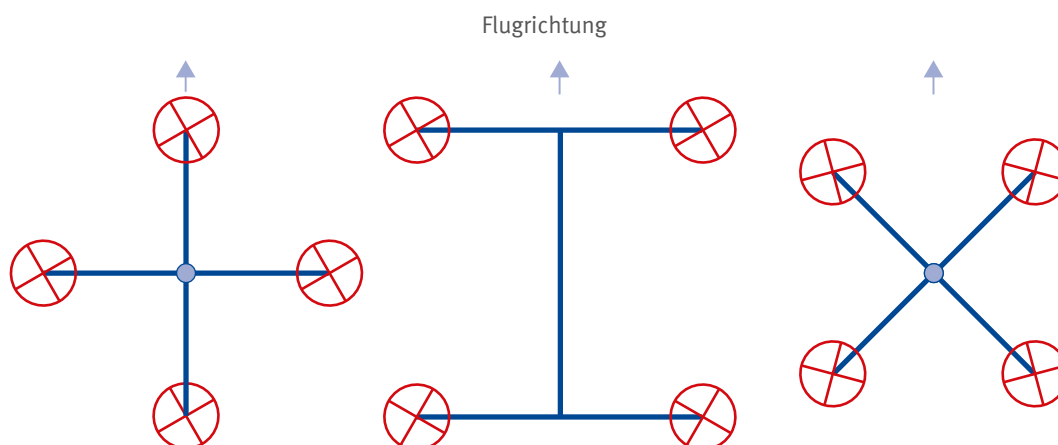


Abb. 7
Bauformen entsprechend Anordnung der Rotoren: „+-Bauform“, „H-Bauform“, „X-Bauform“



Abb. 8 Quadkopter in X- Bauform



Abb. 9 Hexakopter

Neben den rein elektrisch betriebenen Systemen können auch andere Antriebsarten (z. B. Verbrennungsmotoren) verwendet werden. Die damit verbundenen Gefährdungen sind nicht Bestandteil dieser DGUV Information und damit separat zu betrachten.

6 Steuerung

Die Steuerungsfunktionen für Multikopter müssen sicherheitsgerichtet ausgeführt sein, zum Beispiel durch Selbstüberwachung und/oder Redundanz. Gleichzeitig muss die Funkfernbedienung über ein Sender-Empfänger-System verfügen, das Störungen, z. B. durch andere Sender, unterbindet. Hierzu werden Übertragungsverfahren benutzt, bei denen die Trägerfrequenz häufig gewechselt oder über einen breiten Frequenzbereich gespreizt wird. Die Schnittstellenbeschreibung SSB LA-NOE 012 der Bundesnetzagentur beinhaltet die grundlegenden Anforderungen an Funkanlagen zur Modellsteuerung.

Die für den eingesetzten Multikopter maximal mögliche Reichweite der Funkfernsteuerung (Senderreichweite) muss der Bedienungsanleitung des Herstellers entnommen und beachtet werden. Die nutzbare Reichweite wird z. B. durch örtliche, einsatzspezifische oder geographische Einflüsse bestimmt und kann erheblich unter den Angaben des Herstellers liegen.

Bedienung-/Steuerungsarten:

- klassische Fernbedienung
- Sprachsteuerung
- Smartphone/Tablet
- FPV-Brille/FPV-Bildschirm
- „Follow me“-Funktion
- automatisch per GPS (Global Positioning System)

FPV (engl. First Person View) bedeutet aus Sicht der Ich-Perspektive. Mittels Kamertechnik werden die Aufnahmen des Multikopter auf eine Brille/Bildschirm übertragen und der Multikopter aus dieser Perspektive ferngesteuert.



Abb. 10 Klassische Fernbedienung



Abb. 11 FPV-Brille



Abb. 12 Steuerung mit FPV-Brille

7 Flugeigenschaften und Einflussfaktoren

Multikopter erzeugen den Auftrieb durch in einer Ebene angeordnete Rotoren. Der Vortrieb wird nur durch die Neigung dieser Rotorebene erreicht. Da keinerlei mechanische Komponenten (z. B. Taumelscheiben oder Verstellpropeller) dazu eingesetzt oder verbaut werden, muss die Änderung des Auftriebes nur über die kollektiven Veränderungen der jeweiligen Motordrehzahlen erfolgen. Wird die Drehzahl aller Motoren gleichzeitig erhöht bzw. verringert, steigt oder sinkt der Multikopter. Solange die Summe der Drehmomente der Antriebsmotoren null ist und keinerlei äußere Einflussfaktoren (z. B. Seitenwind oder Böigkeit) einwirken, befindet sich der Multikopter in einem stabilen Zustand. Wird die Neutralisierung des Drehmomentes aufgehoben, beginnt sich das System um die Hochachse (Gierachse) zu drehen.

Für den Flug notwendige Bewegungen um die Längs- oder Querachse werden ebenfalls durch die Änderungen der Motordrehzahlen erreicht.

Dieses mechanisch sehr einfache Bauprinzip bildet mit einer zusätzlichen elektronischen Stabilisierung die Grundlage für sehr gute (gutmütige) Flugeigenschaften. Auf Grund der wenigen mechanischen Bauteile sind Multikopter außerdem aus der Luft heraus oder am Boden sehr crashunempfindlich.

Um Unfälle durch außer Kontrolle geratene Multikopter zu vermeiden, müssen gewerblich eingesetzte Systeme qualitativ hochwertig gefertigt sein und über selbsttätig wirkende Stabilisierungs- und Notfallsysteme verfügen.

Solche Systeme sind beispielsweise:

- Ausgereifte, möglichst redundante Systeme zur notwendigen Korrektur der Fluglage (Flight-Control)
- Systeme zum Autonomflug
- GPS- oder anderweitig unterstützte Flugassistenzsysteme
- Position-Hold-Systeme
- Coming-Home-Funktion zur autonomen Heimkehr
- Autolanding- und Failsafesysteme, die im Fehlerfall (z. B. Ausfall der Funkverbindung) einen Absturz verhindern
- Systeme, die die aktuelle Position des Multikopters halten
- Gyroscope-Technologie zur Stabilisierung und Fluglagen-Kontrolle

Multikopter mit einer höheren Eigenmasse bzw. höherem Aufstieggewicht verhalten sich ruhiger in der Luft.

8 Ergonomie

Um die Beanspruchung für Bedienpersonen von Multikoptern so gering wie möglich zu halten, sind insbesondere nachfolgende Einflussfaktoren zu beachten.

Blick auf den fliegenden Multikopter

Durch dauerhafte oder sehr häufige Auslenkung des Kopfes kommt es zu hohen Belastungen für die Halswirbelsäulenmuskulatur. Auslenkungen nach oben bzw. unten oder durch Neigen des Kopfes nach links und rechts können als Zwangshaltungen zu schmerzhaften Verspannungen der Muskulatur führen und somit Verschleißerkrankungen der Halswirbelsäule begünstigen. Dieser Effekt wird bei Rotation des Kopfes noch verstärkt, da zusätzlich Scherkräfte auf die Bandscheibe wirken. Bestimmend für die kritische Reaktion auf die Belastung sind neben der persönlichen Konstitution der Auslenkungswinkel und die Dauer der Auslenkung.

Deshalb sollte die dauerhafte Belastung durch Auslenkung des Nackens auf ein Minimum begrenzt bzw. durch regelmäßige Pausen unterbrochen werden.

Bewegungsarten

Beim Stehen, Gehen und Sitzen gilt es eine gleichmäßige Verteilung der Bewegungsarten zu erreichen, um etwaige Beschwerden zu vermeiden. Es kann zu einer Überbeanspruchung des Muskel-Skelett-Systems kommen, wenn eine der Bewegungsarten einen zu hohen zeitlichen Anteil aufweist.

Ein lang anhaltendes oder dauerhaftes Stehen ist zu vermeiden. Eine Unterbrechung durch regelmäßige Pausen ist anzustreben.

Sichtbedingungen

Beim Fliegen durch extreme Hell-/Dunkelzonen kann es zu ungenügender Hell-Dunkel-Adaption des Auges kommen. Neben Sicht- bzw. Augenproblemen kann dies auch zu Unfällen führen.

Beim Fliegen im Outdoorbereich ist darauf zu achten, dass die Sonne möglichst hinter der steuernden Person steht. Der Einsatz von Schirmmützen oder Sonnenbrillen ist zu empfehlen.



Abb. 13 Blick auf den oben fliegenden Multikopter

Klima

Beim Fliegen im Outdoorbereich sollte dem Wetter entsprechende Kleidung getragen werden.

Bildschirm

Die Bildschirmdarstellung sollte folgenden Anforderungen entsprechen:

- Die dargestellten Zeichen sind scharf, deutlich und ausreichend groß.
- Die Leuchtdichte (Helligkeit des Bildschirms) und der Kontrast zwischen Zeichen und Zeichenuntergrund auf dem Bildschirm sind einfach einstellbar und können den Verhältnissen der Arbeitsumgebung angepasst werden.
- Der Bildschirm ist für die Nutzung bei hohen Beleuchtungsstärken ausgelegt (beispielsweise im Außenbereich an sonnigen Tagen)
- Der Kontrast zwischen den Zeichen und dem Zeichenuntergrund liegt mindestens bei 4:1.
- Das Bild ist stabil und frei von Störungen.

Es ist darauf zu achten, dass der Bildschirm eine matte und entspiegelte Oberfläche besitzt.



Abb. 14 Steuerung mit FPV-Bildschirm

Halten/Tragen der Steuerung

Je nach Ausführung und Ausstattung (z. B. mit und ohne Bildschirm) der Steuereinheit einschließlich Batterie/Akku hat die Bedienperson des Multikopters ein entsprechendes Gewicht in ihren Händen zu halten und zu tragen. Um sich vorrangig auf die Steuerung des Multikopters zu konzentrieren, ist es empfehlenswert, die Steuereinheiten zusätzlich mit entsprechenden Haltegurten oder Tragegurten zu versehen.

Mit einer ergonomischen und haptischen Gestaltung der Steuereinheit und ihrer Bedienelemente kann darüber hinaus Bedienfehlern und damit gefährlichen Flugsituationen vorgebeugt werden.

9 Sicherer Betrieb – betriebliche Organisation

9.1 Unternehmerpflichten

Entsprechend dem ArbSchG, der BetrSichV und der DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ ist der Unternehmer verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit von Beschäftigten bei der Arbeit zu gewährleisten. Dazu gehören u. a. eine geeignete betriebliche Organisation, die Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen und Sicherstellung, dass den Beschäftigten nur sichere Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden und deren sichere Benutzung zu organisieren. Wesentlich ist dabei, dass die Benutzung der Arbeitsmittel (Multikopter) nur durch geeignetes Personal erfolgt. Der Unternehmer hat dementsprechend das Bedienpersonal auszuwählen.

9.2 Gefährdungsbeurteilung

Der Unternehmer hat vor der Verwendung von Arbeitsmitteln die auftretenden Gefährdungen zu ermitteln, zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung) und daraus notwendige und geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen abzuleiten. Dabei kann er sich bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung von seiner Fachkraft für Arbeitssicherheit sowie von seiner Betriebsärztin oder seinem Betriebsarzt beraten lassen. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit weitere Experten hinzuzuziehen.

Damit sichergestellt werden kann, dass die Arbeitsmittel für die Tätigkeit bestmöglich geeignet sind, soll bereits vor der Auswahl und der Beschaffung von Arbeitsmitteln mit der Gefährdungsbeurteilung begonnen werden. Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und an veränderte Bedingungen anzupassen.

Die Gefährdungsbeurteilung für den Einsatz von Multikoptern berücksichtigt unter anderen:

- allgemeine Gefährdungen für den Umgang mit Multikoptern,
- herstellereitige Sicherheitshinweise (Bedienungsanleitung),
- einsatzbezogene Gefährdungen (z. B. Outdooranwendung, Indooranwendung, Autonomes Fliegen, siehe Abschnitt 12).

Die Gefährdungsbeurteilung sollte sich auf die wesentlichen Gefährdungen beschränken und die tatsächlichen Verhältnisse berücksichtigen.

Das sind insbesondere:

- Gefährdung durch Absturz der Multikopter
- Gefährdung durch Kontakt mit rotierenden Teilen
- Gefährdung durch herabfallende Gegenstände
- Gefährdung durch Akku und Ladegeräte

→ Zur Unterstützung bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung ist der DGUV Information im Anhang eine Muster-Gefährdungsbeurteilung „Multikopterflüge“ beigefügt, die an die konkreten Verhältnisse anzupassen ist.

9.3 Bedienpersonal

Die sichere und sachgerechte Verwendung des Multikopters hängt zum großen Teil von der richtigen Bedienung ab. Das Bedienpersonal hat die Aufgabe, die Arbeitsabläufe sorgfältig und verantwortungsbewusst durchzuführen. Für diese Aufgabe muss das Bedienpersonal geeignet, geschult und ausgebildet sein. Bedienerinnen und Bediener sind gehalten, Anweisungen nur dann zu befolgen, wenn die Multikopter dabei sicher beherrschbar sind. Sicherheitswidrige Weisungen dürfen nicht befolgt werden.

Anforderungen an das Bedienpersonal

Mit der Bedienung von Multikoptern sind ausschließlich fachlich und körperlich geeignete Personen zu beauftragen.

Die körperliche Eignung wird zweckmäßigerweise im Rahmen einer ärztlichen Untersuchung festgestellt. Insbesondere wird auf eine ausreichende Sehschärfe, ein uneingeschränktes Gesichtsfeld, räumliches Sehvermögen, Hörvermögen sowie gute Reaktionsfähigkeit Wert gelegt. Zur Beurteilung der körperlichen Eignung gibt der DGUV Grundsatz für arbeitsmedizinische Untersuchungen G25 „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“ wichtige Anhaltspunkte.

Das Mindestalter ist 18 Jahre, Jugendliche ab 16 Jahre dürfen mit der Bedienung von Multikoptern beauftragt werden, wenn dies zum Erreichen des Ausbildungszieles erforderlich ist und ihr Schutz durch einen Aufsichtsführenden gewährleistet ist.

Die Bedienperson muss ihre Befähigung zum Steuern von Multikoptern nachweisen (zum Steuern von Multikoptern



Abb. 15 Praktische Ausbildung mit Übungsparcours



mit einer Startmasse von mehr als 2 kg im Outdoorbereich ist ein Kenntnissnachweis erforderlich).

Die Bedienerperson muss in der Lage sein, den Multikopter in allen Phasen der Verwendung sicher zu beherrschen. Die Beauftragung für das Bedienen von Multikoptern hat schriftlich zu erfolgen.

Kenntnissnachweis zum Steuern von Multikoptern

Für den Kenntnissnachweis entsprechend der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten sind Kenntnisse in:

1. der Anwendung und der Navigation dieser Fluggeräte,
2. den einschlägigen luftrechtlichen Grundlagen und
3. der örtlichen Luftraumordnung erforderlich.

Der Nachweis erfolgt durch:

- a. gültige Pilotenlizenz,
- b. Bescheinigung nach Prüfung durch eine vom Luftfahrt-Bundesamt anerkannte Stelle (auch online möglich), Mindestalter: 16 Jahre. Vor der Prüfung sind folgende Unterlagen vorzulegen:
 - ein gültiges Identitätsdokument,
 - bei Minderjährigkeit die Zustimmung der gesetzlichen Vertretung,
 - eine Erklärung über laufende Ermittlungs- oder Strafverfahren und
 - ein Führungszeugnis

Anforderungen für die gewerbliche Nutzung

Zusätzlich zu dem Kenntnissnachweis entsprechend der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten sind für die gewerbliche Nutzung von Multikoptern meist weitergehende Schulungen bzw. Ausbildungsmaßnahmen notwendig, die an den praktischen Einsatz angepasst sind.

Für Bediener von Multikoptern, die ausschließlich im Indoorbereich eingesetzt werden oder von Multikoptern im Outdoorbereich bis zu einer Startmasse von 2 kg, legt der Unternehmer die Anforderungen an die Ausbildung und Schulung fest.

Beispielsweise empfiehlt sich eine zusätzliche praktische Ausbildung für Luftfahrzeugführer nach DIN 5452-Teil 2. Diese beinhaltet u. a. folgendes:

- Starten und Landen
- Aufnehmen und Absetzen einer Last
- Verschiedene Flugmanöver
- Angepasste Flugmanöver
- Reaktion auf Witterungseinflüsse

Aufgrund der Komplexität der Bedienung des Multikopters ist eine Einweisung (z. B. durch den Hersteller) in das verwendete System und eine ausreichende Systemerfahrung erforderlich.

9.4 Unterweisung

Die Verwendung von Multikoptern ist mit speziellen Gefährdungen verbunden. Beschäftigte sind vor der ersten Verwendung anhand der Gefährdungsbeurteilung in einer verständlichen Form und Sprache theoretisch und praktisch zu unterweisen. Ziel ist die sichere Verwendung von Multikoptern, das Aufzeigen von Gefährdungen am Arbeitsplatz und die Beschäftigten zu informieren, wie diese sich verhalten müssen, um das Risiko zu minimieren.

Die Unterweisungen sind jährlich zu wiederholen und müssen dokumentiert werden. Nach besonderen Anlässen (z. B. Arbeitsunfälle) sind zeitnah zusätzliche Unterweisungen durchzuführen. Die Verantwortung für die Unterweisung trägt der Unternehmer.

Unterweisungsthemen können folgende sein:

- Grundsätzliche Gefährdungen und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Multikoptern (siehe Mustergefahrungsbeurteilung),
- Notfallvorsorge (Rettungswege, Erste Hilfe, Brandschutz),
- Betriebsanweisungen für den Multikopter.

Zusätzliche Unterweisungsthemen können sich aus besonderen betrieblichen Situationen/Ereignissen z. B. aufgrund eines Arbeitsunfalls ergeben.

9.5 Betriebsanweisung

Vor der ersten Verwendung des Multikopters ist den Beschäftigten eine schriftliche Betriebsanweisung zur Verfügung zu stellen. Anstelle einer Betriebsanweisung kann der Unternehmer auch eine mitgelieferte Gebrauchs- oder Betriebsanleitung zur Verfügung stellen, wenn diese Informationen enthalten, die einer Betriebsanweisung entsprechen.

→ *Der DGUV Information ist im Anhang eine Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Multikoptern beigefügt, die an die betrieblichen Verhältnisse und Gegebenheiten anzupassen ist.*

9.6 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Bei Gefährdungen die nicht durch technische und/oder organisatorische Schutzmaßnahmen beseitigt werden können, haben die Beschäftigten persönliche Schutzausrüstung zu benutzen (TOP-Prinzip). Entsprechend der Gefährdungsbeurteilung hat der Unternehmer eine geeignete Auswahl zu treffen, um das verbleibende Risiko zu minimieren.

In Frage kommen folgende PSA:

- Handschutz
- Kopfschutz
- Gehörschutz
- Schutzbrille/Sonnenschutzbrille
- Wetterschutzkleidung

Der Unternehmer ist für die Beschaffung der PSA verantwortlich und trägt die Kosten. Von Vorteil ist es, in einem sogenannten Trageversuch zu erproben, ob die PSA den jeweiligen betrieblichen Anforderungen genügt. Die Beschäftigten sind verpflichtet, die ihnen zur Verfügung gestellte PSA zu benutzen. Darüber hinaus haben sie die Pflicht Mängel oder Ersatzbedarf zu melden.



Abb. 16 Bediener mit PSA

9.7 Notfallorganisation, Brandschutz, Erste Hilfe

Der Unternehmer hat die Aufgabe, eine geeignete Organisation zur Ersten Hilfe, des vorbeugenden Brandschutzes und für andere Notfälle, die im Zusammenhang mit der Verwendung von Multikoptern auftreten können, zu gewährleisten. Grundlegend sind die gesetzlichen Vorschriften, die Unfallverhütungsvorschriften sowie die eigene erstellte Gefährdungsbeurteilung heranzuziehen.

Insbesondere sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Arbeitsunfälle mit Körperschäden durch Multikopter (Erste-Hilfe-Kette)
- Löschmittel/-verfahren bei Brand eines Multikopters mit Li-Akkus oder mit anderen Treibstoffen bzw. Gefahrstoffen
- Konflikte mit Eigentümern bzw. Mietern/Betreibern beim Überflug mit dem Multikopter über private Grundstücke und Industriegebiete

9.8 Beauftragung von Fremdfirmen

Unternehmen haben die Möglichkeit, Fremdfirmen mit dem Einsatz von Multikoptern zu beauftragen. Zu diesem Zweck können Dienst- und Werkverträge geschlossen werden. Bei einem Dienstvertrag ist kein bestimmter Erfolg, sondern nur eine Tätigkeit zu erbringen.

Beim Werkvertrag wird ein fertiges Ergebnis (Erfolg) vom Auftraggeber bestellt, der Auftragnehmer trägt hierbei das volle unternehmerische Risiko.

Bei der Vergabe eines Auftrages an eine Fremdfirma ist der Arbeitsschutz von Beginn an zu berücksichtigen. Beim Dienstvertrag oder bei (häufig vorkommenden) Mischformen aus Dienst- und Werkvertrag ist der Auftraggeber immer mitverantwortlich für die Sicherheit des Multikopter-Personals.

Die organisatorische Einbindung des Multikopter-Einsatzes in die gesamten betrieblichen Abläufe liegt in der Verantwortung des Auftraggebers. Hierzu kann auch die Benennung einer koordinierenden Person zur Abwehr von gegenseitigen Gefährdungen und besonderer Gefahren gehören. Der Auftraggeber hat eine besondere Sorgfaltspflicht, d.h. er darf nur zuverlässige und fachkundige Auftragnehmer auswählen. Der Auftraggeber muss dem Auftragnehmer schriftlich die Einhaltung der Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften aufgeben.

Fachliche Leitung (Koordination der Arbeiten)

Ein Multikopter-Einsatz ist durch eine fachlich geeignete Person zu leiten und zu beaufsichtigen. Die mit der fachlichen Leitung beauftragte Person ist in dieser Funktion allen Beteiligten gegenüber weisungsberechtigt.

→ Siehe auch DGUV Information 215-830
„Zusammenarbeit von Unternehmen im Rahmen von Werkverträgen“.

10 Instandhaltung und Prüfung

Instandhaltung

Zur Erhaltung eines sicheren Zustandes ist eine regelmäßige Instandhaltung des Multikopters notwendig. Dabei sind die Angaben des Herstellers zu berücksichtigen. Die Instandhaltung umfasst insbesondere Inspektion, Wartung und Instandsetzung.

Instandhaltungsmaßnahmen müssen sicher durchgeführt werden und dürfen nur von fachkundigen, beauftragten und unterwiesenen Beschäftigten oder von sonstigen für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten geeigneten Auftragnehmern mit vergleichbarer Qualifikation durchgeführt werden.

Prüfung und Kontrolle

Der Arbeitgeber hat nach der BetrSichV die Verantwortung für die sichere Verwendung des Multikopters. Um dies zu gewährleisten sind folgende Prüfungen des Multikopters erforderlich:

- **Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme**

Vor der ersten Inbetriebnahme ist dafür zu sorgen, dass mindestens eine Prüfung auf ordnungsgemäßem Zustand des Multikopters durchgeführt wird. Hierzu sind die Hinweise des Herstellers zu beachten.

- **Wiederkehrende Prüfung**

In regelmäßigen Abständen ist der Multikopter entsprechend der Gefährdungsbeurteilung und den Angaben des Herstellers durch eine zur Prüfung befähigte Person prüfen zu lassen. Die Fristen orientieren sich dabei u. a. an der Einsatzhäufigkeit und den Einsatzbedingungen. Das Ergebnis der wiederkehrenden Prüfung ist mindestens bis zur nächsten Prüfung aufzubewahren.

Die Voraussetzungen, welche eine zur Prüfung befähigte Person erfüllen muss, hat der Arbeitgeber zu ermitteln und festzulegen (BetrSichV § 3 Abs. 6). Das kann beispielsweise eine zuverlässige und fachkundige Person im Unternehmen sein. Gute Voraussetzungen erfüllen z. B. ausgebildete Mechaniker und Mechanikerinnen oder Mechatroniker und Mechatronikerinnen.

- **Kontrolle vor jedem Einsatz**

Vor jedem Einsatz ist dafür zu sorgen, dass eine Sicht- und Funktionskontrolle durchgeführt wird. Hierbei ist das System u. a. auf äußere Schäden, Verschleiß sowie auf Vollständigkeit zu prüfen.

- **Prüfung nach außergewöhnlichen Ereignissen und prüfpflichtigen Änderungen**

Nach außergewöhnlichen Ereignissen (z. B. Absturz oder Arbeitsunfall) und prüfpflichtigen Änderungen ist der Multikopter durch eine zur Prüfung befähigte Person vor der Wiederinbetriebnahme zu prüfen.

Die Prüfungen sind zu dokumentieren. Die Dokumentation der Prüfungen kann zusätzlich beinhalten:

- Mängelauflistung
- Verantwortung zur Mängelbeseitigung (wer macht wann was)
- Kennzeichnung der Prüfung am Multikopter

11 Akku

11.1 Sicherer Umgang

- Beachten Sie die Bedienungsanleitung des Herstellers und interne Betriebsanweisungen.
- Führen Sie den Akku bei sichtbaren Beschädigungen, ungewöhnlichen Gerüchen und Verformungen einer sachgerechten Entsorgung zu, z. B. Fachhändler.
- Vermeiden Sie Beschädigungen des Akkus.
- Beachten Sie beim Transport von Akkus ggf. produktabhängige Transportbestimmungen (z. B. Gefahr-gutverordnung).



Abb. 17 Akkuladestation

11.2 Laden und Lagern

- Laden Sie den Akku entsprechend der Nutzung.
- Benutzen Sie nur die vom Hersteller zugelassenen Ladegeräte.
- Laden Sie den Akku nur in einem geeigneten Umfeld, idealerweise bei Raumtemperatur.
- Laden Sie den Akku nicht in Flucht- und Rettungswegen.
- Stellen Sie den Akku und das Ladegerät beim Ladevorgang auf eine schwer entflammbare Unterlage und decken Sie die Geräte nicht ab.
- Lagern Sie den Akku bei Raumtemperatur und trocken. Zur längeren Lagerung, z. B. über den Winter, laden Sie den Akku auf Lagerspannung.

Beachten Sie beim Laden die Vorgaben des Herstellers bezüglich Ladegerät und Akku!



Hinweis

In Brand geratene Akkus sind nach Möglichkeit mit Wasser zu löschen und kontrolliert abbrennen zu lassen. Bei einem Akkubrand während des Aufladens ist vor dem Einsatz von Wasser das Ladegerät wenn möglich vom Stromnetz zu trennen.

Sorgen Sie nach dem Abbrand für ausreichende Lüftung.



Abb. 18 Multikopter nach einem Akkubrand

12 Flugbetrieb



Hinweis

Auch der Luftraum über einem Betriebsgelände gehört zum Outdoorbereich.

Beim Einsatz von Multikoptern ist im ersten Schritt zu unterscheiden, ob diese im Freien (Outdoorbereich), oder innerhalb geschlossener Räume/Hallen (Indoorbereich) betrieben werden.

Im Outdoorbereich sind zu den für den Arbeitsschutz relevanten Aspekten immer auch die Regelungen für Luftfahrzeuge – die Regelungen des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) und die luftfahrtrechtlichen Regelungen der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten – zu beachten.



Beachten Sie besonders

Planen Sie den Einsatz von Multikoptern in Arbeitsbereichen oder angrenzenden Bereichen, in denen sich gleichzeitig Personen aufhalten so, dass eine Gefährdung ausgeschlossen wird.

12.1 Outdoorbereich

Im Outdoorbereich sind nicht nur die Gefährdungen des eigentlichen Betriebes der Multikopter, sondern alle möglichen Wechselwirkungen mit Witterungsbedingungen, mit anderen Arbeitsplätzen und Einrichtungen wie z. B. Leitungssysteme, elektrische und funktechnische Einrichtungen aber auch mit Tieren etc. zu beachten. Diese einsatzbezogenen Gefährdungen sind auch in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Daneben sind auch die aktuell herrschenden Verhältnisse, beispielsweise die Tageslichtverhältnisse zu berücksichtigen.

Für den Einsatz von Multikoptern mit einer Startmasse von mehr als 2 kg im Outdoorbereich ist der Kenntnissnachweis nach der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten erforderlich. Es wird empfohlen, unabhängig von der Startmasse immer einen Kenntnissnachweis zu erlangen.



Abb. 19 Inspektionsflug im Hochspannungsfeld

12.2 Indoorbereich

Auch im Indoorbereich sind nicht nur die Gefährdungen des eigentlichen Betriebes der Multikopter sondern alle möglichen Wechselwirkungen mit anderen Arbeitsplätzen und Einrichtungen wie z. B. Einbauten, Maschinen/Anlagen, Leitungssysteme, elektrische und funktechnische Einrichtungen, Gefahrstoffe, etc. zu beachten. Diese einsatzbezogenen Gefährdungen sind auch in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Eine Ausbildung der Bedienenden von Multikoptern in Anlehnung an den in der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten geforderten Kenntnissnachweis ist auch für den Einsatz im Indoorbereich zu empfehlen.



Hinweis

Wenn der Multikopter während des geplanten Einsatzes sowohl im Outdoorbereich als auch im Indoorbereich betrieben wird, gelten während des Fluges im Outdoorbereich die Regelungen für Luftfahrzeuge. Beispielsweise trifft das zu, wenn der Multikopter auf dem Betriebsgelände Teile von Halle A in Halle B transportiert und dabei durch den Outdoorbereich fliegen muss.

12.3 Autonomes Fliegen – Kollaborierende Multikopter

Sollen die Multikopter in kollaborierender Arbeitsweise eingesetzt werden, sind besondere Anforderungen zu erfüllen. Automatisierte Arbeitsabläufe, bei denen rechnergesteuert autonome Multikopterflüge realisiert werden, fallen in das Anwendungsfeld der kollaborierenden Roboter. Durch den nahen oder direkten Kontakt zwischen Multikopter und Personen im Arbeitsbereich ergeben sich zwangsläufig auch Kollisionsmöglichkeiten. Die klassischen trennenden Schutzeinrichtungen sind hier im Allgemeinen nicht anwendbar.

Dieser Einsatz stellt außergewöhnliche Arbeitsweisen dar. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sollte deshalb im Vorfeld geprüft werden, ob es sichere Alternativen zum Einsatz von Multikoptern gibt.

Der gewählte Multikopter muss dabei besondere Sicherheitsanforderungen erfüllen. So können zum Beispiel Sicherheitselemente wie Rotorschutzeinrichtungen, Fallschirme, ausfallsichere Steuerungen zum Einsatz kommen. Die sicherheitstechnischen Anforderungen sind sehr von der Applikation abhängig.

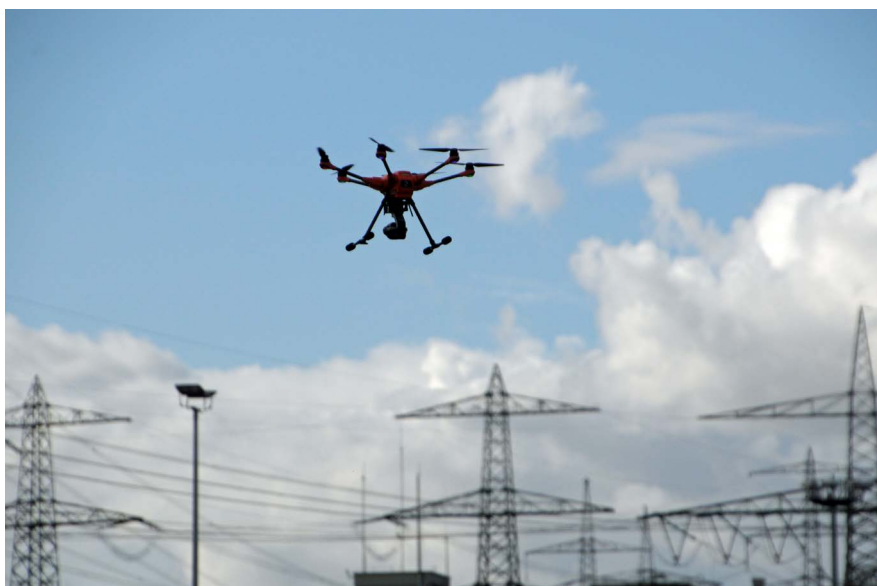


Abb. 20 Multikopter im Anflug an Hochspannungsmaste

Weitere sicherheitstechnische Merkmale von automatisierten Multikopterbewegungen sind:

Kraft- und Momentenbegrenzung

Generell muss sichergestellt sein, dass sich bei einem Kontakt zwischen Multikopter und Personen die Verletzungsrisiken in einem niedrigen und tolerablen Niveau-bereich halten.

Im Rahmen der Risikobeurteilung der vorgesehenen Arbeitsabläufe ist festzulegen, welche Positionen des Multikopters einschließlich der damit bewegten Gegenstände zu Personen zu berücksichtigen sind. Typische Betriebssituationen, in denen Körperregionen möglicherweise Kollisionskräften ausgesetzt sind, können sein:

- Eingreifen der Bedienperson in den Flugbereich
- Eingreifen von Personen in die Rotorebene
- Beobachten des Flugprozesses
- Beobachten von Störungen
- Anstoßen der Multikopter an den Körper
- Anstoßen von Anbauteilen an den Körper
- Absturz des Multikopters oder der Ladung

Die Kraft- oder Druckeinwirkung hängt von der Bewegungsenergie des Multikopters einschließlich der Ladung ab.

Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung

Bei der Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung werden nichttrennende Schutzeinrichtungen so eingesetzt, dass sich Personen jederzeit dem Multikopter nähern können, ohne gefährdet zu werden. Als Schutzeinrichtungen kommen zum Beispiel optische Laserscanner oder 3D-Kameras in Betracht. Sie müssen die Annäherung von Personen sicher detektieren und die Bewegungen entsprechend verlangsamen oder stoppen. Bei Vergrößerung des Abstands setzt der Multikopter seine Bewegung ohne Quittierung fort. Die Geschwindigkeit muss sicher überwacht sein.

Die Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung ist in der Regel nur dort anwendbar, wo ausreichend Platz zur Verfügung steht. Zusätzlich ist zu beachten, dass sich nicht nur die Person der Gefahrstelle nähern kann, sondern dass sich auch die Gefahrstelle (Multikopter) auf die Person zubewegen kann.

13 Datensicherheit

Daten zur Fernsteuerung oder der Sensorik müssen vor Manipulationen oder Zugriffen von außen geschützt sein und dem aktuellen Funkübertragungsstandard entsprechen. Gängige Übertragungs- oder Steuerungssysteme arbeiten im 2,4 bzw. 5,8 GHz-Bereich.

Durch eine softwarebasierte Verschlüsselung des digitalen Datenaustausches können Telemetrie, Steuerungsbefehle, Audio-, Video- und Sensordaten vor dem Zugriff durch unberechtigte Personen geschützt werden.

Generierte, im Fluggerät aufgezeichnete Daten, müssen sicher gespeichert und übertragbar sein. In Bereichen mit besonderen Anforderungen an den Datenschutz kommen beispielsweise Flugmodi zum Einsatz, die komplett ohne externen Datentransfer oder Daten zur Flugsteuerung auskommen.

Die aufgezeichneten Daten dürfen im Sinne der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) keine Rechte von Personen verletzen. Im betrieblichen Umfeld ist die Aufnahme von personenbezogenen Daten speziell auch arbeitsrechtlich zu überprüfen. Es wird empfohlen, möglichst sparsam mit der Aufzeichnung von personenbezogenen Daten umzugehen bzw. diese zu vermeiden.

14 Hinweis auf neue EU-Verordnungen für unbemannte Luftfahrzeugsysteme

Es ist anzumerken, dass seit dem 1. Juli 2019 neue, EU-weite Verordnungen zu unbemannten Luftfahrtsystemen (UAS) in Kraft getreten sind. Die beiden neuen Verordnungen, die Delegierte Verordnung 2019/945 sowie die Durchführungsverordnung 2019/947 der EU Kommission werden voraussichtlich bis zum Januar 2021 von den einzelnen EU Staaten in die jeweilige Gesetzgebung umgesetzt. Damit soll ein gemeinsames Regelwerk für die Verwendung von UAS in Europa eingeführt werden. Die Verordnungen sind nach der Umsetzung in deutsches Recht anwendbar, wobei für eine zweijährige Übergangsphase die derzeitigen Regelungen noch gelten. Nach der zweijährigen Übergangsphase sind die Verordnungen vollständig anwendbar.

Inhaltlich gibt es Unterschiede zwischen dieser EU-weiten Regulierung und den bisherigen Regeln in Deutschland und Österreich. Beispielsweise werden UAS in die „offene“, „spezielle“ sowie die „zulassungspflichtige Kategorie“ unterteilt.

Anhang

Anhang 1

Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug im Outdoorbereich

Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug im Outdoorbereich				
R: relevant	E: entfällt	J: ja	N: nein	
	R	E	J	N
Vorplanung zum Flug – Tage vorher:				
Eingesetzter Multikopter: Sind alle Genehmigungen vorhanden?				
Wurden die erforderlichen Prüfungen durchgeführt, liegen die Nachweise vor?				
Fluggebiet auf Einschränkungen nach § 21 LuftVO prüfen, ggf. weitere Genehmigungen bei der Landesluftfahrtbehörde beantragen				
Luftraum geprüft?				
Genehmigung des Grundstückseigentümers/-Bevollmächtigten vom Startplatz vorhanden?				
Flugplätze oder Heliports im Umkreis von weniger als 1,5 km?				
Gibt es tagesaktuelle Hinweise NOTAMs (Notices of Airmen) ¹⁾ zu dem Fluggebiet?				
Ggf. Hinweise an Polizei und/oder Behörden gegeben?				
Bei Kameraaufnahmen: Persönlichkeitsrechte aller Beteiligten und Anlieger beachten				
Flugvorbereitung – bei Ankunft am Flugort:				
Wetterbedingungen prüfen				
Bedingungen vor Ort:				
Menschenansammlungen? Gefährdungsbereiche?				
Geeigneten Start-/Landeplatz wählen				
Startplatz absperren/markieren, ggf. den Gehweg nutzende Personen informieren				
Ladezustand aller Akkus überprüfen, wenn notwendig Akkus aufladen (Multikopter, Sendereinheit und Bodenstation)				
Notallplan für unvorhergesehene Ereignisse bereithalten				
Startvorbereitung – direkt vor dem Flug:				
Transportsicherungen entfernen				
Sind der Rahmen sowie alle Bauteile unbeschädigt und korrekt montiert?				
Freilauf der Motoren prüfen				
Freiliegende Kabel und Steckverbindungen überprüfen				
Ist die Nutzlast/Kamera richtig befestigt (Schwerpunkt beachten)?				
Multikopter und alle Komponenten einschalten				
Haben sich Multikopter, Sender und Bodenstation verbunden und sind einsatzbereit?				
Anzahl der Satelliten zur GPS Unterstützung feststellen, sind alle Flughilfen aktiv?				
Werden Fehlermeldungen angezeigt?				
Werden Betriebsmodi am Multikopter korrekt angezeigt?				

Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug im Outdoorbereich				
Befinden sich alle Schalter an der Sendereinheit in der korrekten Ausgangsposition?				
Korrekten Flugmodus überprüfen				
Kamera/Sensoren voreinstellen				
Funktion von „NOT-Halt“ und Abbruch von autonomen Fliegen ins Gedächtnis rufen!				
Windverhältnisse prüfen				
Letzter Check des Startbereichs und Luftraums				

➡ Start

¹ Temporäre Einschränkungen, durch die Deutsche Flugsicherung

Anhang 2

Muster-Gefährdungsbeurteilung „Multikopterflüge“

Betriebsstätte:	...	Branche:	...
Betriebsbereich:	...	Stand:	...
Arbeitsplatz:	Steuerung eines Multikopters	Blatt-Nr.	...
Ersteller:	...	Verantwortlich für die Durchführung	...

Ermittelte Gefährdungen (Beschreibung)	Schutzmaßnahme	Handlungsbedarf		Wirksamkeit	
		Wer	Bis wann	Wirksam ab	Wer
Mechanische Gefährdungen – Ungeschützt bewegte Maschinenteile	- Umhausung der Antriebsrotoren - Festlegen von Sicherheitsabständen - Tragen von PSA: Kopf-, Gesichts- und Handschutz ...				
Mechanische Gefährdungen – Bewegte Transportmittel, bewegte Arbeitsmittel	- Flugkorridore freihalten und ggf. markieren - Horizontale Bewegungen erst dann fliegen, wenn das Fluggerät ausreichend Höhe (über Kopfhöhe) erreicht hat - Ausreichend Sicherheitsabstand einhalten - maximale Nutzlast einhalten ...				
Mechanische Gefährdungen – Unkontrolliert bewegte Teile	- Nicht über Menschenmengen fliegen - Beim Außeneinsatz Windstärke beachten - Den Akkuladestand im Blick behalten - PSA: Kopfschutz tragen ...				
Mechanische Gefährdungen – Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken	- Keine Fortbewegung des Piloten während der Lenkzeiten - Vor einem Ortwechsel Lenkung unterbrechen und Laufwege auf Hindernisse absuchen ...				
Mechanische Gefährdungen – Absturz	- Sicheren Stand suchen - Auswahl des Steuer-/ Lenkplatzes der Bedienungsperson nicht an Absturzkanten - Keine Fortbewegung des Piloten während der Lenkzeiten ...				
Elektrische Gefährdungen – Elektrostatische Aufladungen	- geeignete Ladegeräte benutzen und regelmäßig prüfen - vor dem Hautkontakt für Potentialausgleich sorgen ...				

Ermittelte Gefährdungen (Beschreibung)	Schutzmaßnahme	Handlungsbedarf		Wirksamkeit	
		Wer	Bis wann	Wirksam ab	Wer
Gefahrstoffe – Physikalisch-chemische Gefährdungen (z. B. Brand, Explosion, usw.)	- keine Flüge in explosionsgefährdeter Umgebung mit nicht-ex-geschützten Multikoptern absolvieren - ggf. entsprechend der Arbeitsumgebung ex-geschützte Multikopter verwenden ...				
Brand- und Explosions- gefährdungen – brenn- bare Feststoffe, Flüssig- keiten, Gase	- Akkuladestation nur auf feuerfesten Unterlagen aufstellen - Ausreichend Löschmittel in Form von Wasser bereithalten - Beschädigte Akkus umgehend austauschen ...				
Thermische Gefährdungen	...				
Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen – Lärm	- Bei Multikopter Anschaffung auf eine geringe Lärmemission achten - PSA: Gehörschutz tragen ...				
Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen – nicht ionisierende Strahlen (z. B. Infrarot, UV, Laser- strahlung)	- Extremitäten durch lange Kleidung schützen - Ausreichend Sonnenschutzmittel bereitstellen und nutzen - Aufenthaltszeit im Freien bei hoher Sonneneinstrahlung begrenzen ...				
Gefährdungen durch Arbeits-umgebungsbe- dingungen – Klima (z. B. Hitze, Kälte, unzurei- chende Lüftung)	- Witterungsangepasste Kleidung bereitstellen und tragen ...				
Gefährdungen durch Arbeits-umgebungsbe- dingungen – Beleuch- tung, Licht	- Außeneinsatz auf den Tag legen - Bei hoher Sonneneinstrahlung Sonnenbrillen bereitstellen - Ggf. separate Lichtquellen nutzen ...				
Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbe- dingungen	NOTAM (Notices of Airmen) der Luftfahrtbehörde beachten (enthält z. B. temporäre Sperrzonen).				
Physische Belastung/ Arbeitsschwere – Hal- tungsarbeit (Zwangshal- tung), Haltearbeit	- Ausreichende Pausen einlegen - Für ausreichende Lastwechsel sorgen - Bedienperson durch Haltegurte an der Fernbedie- nung entlasten ...				

Ermittelte Gefährdungen (Beschreibung)	Schutzmaßnahme	Handlungsbedarf		Wirksamkeit	
		Wer	Bis wann	Wirksam ab	Wer
Psychische Faktoren – ungenügend gestaltete Arbeitsorganisation (z. B. Arbeiten unter hohem Zeitdruck, wechselnde und/oder lange Arbeits- zeiten, häufige Nacht- arbeit)	• Einsatzzeiten mit ausreichend Puffer planen • ...				
Psychische Faktoren – ungenügend gestaltete Arbeits- und Arbeitsum- gebungsbeding-ungen (z. B. Lärm, Klima, räum- liche Enge unzureichen- de Softwaregestaltung)	• Auf eine ausreichende Ablesbarkeit von Bildschirm und Bedienelementen bei unterschiedlichen Licht- verhältnissen achten • Auf eine ergonomische Gestaltung der Steuerungs- elemente achten • ...				
Sonstige Gefährdungen (z. B. durch Menschen, Tiere, Pflanzen/pflanzli- che Produkte)					

Mitgeltende Unterlagen:

- Betriebsanweisung
- Bedienungsanleitung

Wo befinden sich diese: ...

Datum:

Name u. Unterschrift:

Anhang 3

Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Multikoptern

Unternehmen:	Betriebsanweisung	Datum:
Abteilung/Bereich:	für den Umgang mit Multikoptern	
Arbeitsplatz/Tätigkeit:		Unterschrift:

1. Anwendungsbereich

Diese Betriebsanweisung gilt für den Umgang mit Multikoptern.

2. Gefahren für Mensch und Umwelt



- Unsachgemäßer und bestimmungswidriger Gebrauch
- Defekte Multikopter
- Absturz oder herabfallende Teile
- Anstoßen an Personen und Gegenstände
- Kontakt mit bewegten Teilen (Rotoren)
- Stolper- und Rutschgefahr im Arbeitsbereich
- Lärm
- Brandgefahr durch defekte Akkus

3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln



- Vor dem Einsatz des Multikopters alle erforderlichen Genehmigungen/Erlaubnisse einholen
- Bedienung nur durch entsprechend qualifiziertes Personal (Nachweis erforderlich)
- Betriebsanleitung des Herstellers beachten
- Multikopter vor dem Einsatz auf erkennbare Mängel prüfen (Funktions- und Sichtprüfung).
- Multikopter nur in betriebssicherem Zustand einsetzen.
- Sichere Abstände zu Personen, Unglücksorten, Katastrophengebieten und anderen Einsatzorten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
- Umgebungsbedingungen (z. B. Wind, Temperatur, Regen) berücksichtigen
- Ständige Kontrolle des umgebenden Luftraums
- Sichere Befestigung der Nutzlast/Kamera am Multikopter
- Einsatzspezifische PSA benutzen
- Bewegungsfläche des Bedienpersonals frei von Hindernissen halten
- Akkuladestand beachten

4. Verhalten bei Störungen

- Bei Anzeichen von Funktionsstörungen den Flugbetrieb unverzüglich einstellen.
- Bei Mängeln, die die Sicherheit oder die Funktionsfähigkeit beeinträchtigen, den Multikopter nicht in Betrieb nehmen.
- Mängel der zuständigen Stelle melden, aufgetretene Mängel sind zu beseitigen

5. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe



- Betroffene aus dem Gefahrenbereich bergen
- Notruf über 112 absetzen, soweit erforderlich
- Erste-Hilfe-Maßnahmen einleiten
- Selbstschutz beachten
- Verletzte betreuen
- Unfall intern melden an ...

6. Instandhaltung, Entsorgung

Die Instandhaltung ist nur von fachkundigen, beauftragten und unterwiesenen Personen durchzuführen.

Die Instandhaltung erfolgt durch: ...

7. Folgen der Nichtbeachtung

Gesundheitliche Folgen: Gefahr von Verletzungen, Brand, Gehörschäden

Muster-Betriebsanweisung ist an die betrieblichen Verhältnisse und Gegebenheiten anzupassen.

Anhang 4

Ausbildung zum Bediener von Multikoptern

(Beispiel für einen möglichen Ausbildungsablauf)

Unabhängig von den gesetzlichen Vorgaben (Kenntnisnachweis nach Drohnenverordnung) ist für eine sichere Bedienung von Multikoptern ein fundiertes Basiswissen, entsprechende Praxiserfahrung und auch für die Anwendung im Indoorbereich eine entsprechende Ausbildung unerlässlich.

Gliederung und Umfang der Ausbildung

Die Ausbildung gliedert sich in die allgemeine Ausbildung (Stufe 1) und die betriebsspezifische Ausbildung (Stufe 2). Beide Stufen bestehen jeweils aus einem theoretischen und praktischen Teil. Die Stufe 1 wird mit einer Prüfung abgeschlossen. Die Durchführung der Stufe 2 ist zu dokumentieren.

Stufe 1

Allgemeine Ausbildung	
Theoretischer Teil: • Rechtliche Grundlagen • Flugbetrieb und Navigation • Drohnentechnik • Flugphysik • Verhalten im Brand- und Havarie-Fall • Umgebungsbedingungen • ...	Flugpraktische Qualifikation: • Start • Landung • Fluglage • Flugrichtungen • Fliegen von Parcours • ...
Abschlussprüfung mit theoretischem und praktischem Teil	
Ausbildungsnachweis	

Stufe 2

Betriebsspezifische Ausbildung	
Gerätebezogener Teil: betrifft beispielsweise • die im Betrieb einzusetzenden Multikopter und deren Besonderheiten, die zu beachten sind • ...	Einsatzspezifischer Teil betrifft beispielsweise • die Einweisung im eigenen Betrieb mit • Beachtung der vorhandenen Gegebenheiten • mögliche Wechselwirkungen mit anderen Arbeitsbereichen • Betriebliche Regelungen zum Umgang mit Störungen • ...
Durchführung dokumentieren	

Gerätebezogener Teil

Die gerätebezogene Ausbildung ist im Wesentlichen eine Einweisung an dem im Betrieb vorhandenen Multikopter.

Erfolgt der praktische Teil der allgemeinen Ausbildung nicht unmittelbar im Betrieb, wird sie oft mit Multikoptern durchgeführt, die sich von den im Betrieb eingesetzten in Bauart und Funktionsweise unterscheiden. Daher ist es unumgänglich, dass sich die Bedienperson anschließend zusätzlich mit den Besonderheiten der betrieblich eingesetzten Multikopter vertraut macht.

Einsatzspezifischer Teil

Inhalte der Unterweisung sind z. B. die örtlichen Gegebenheiten, insbesondere Bereiche, in denen sich Personen aufhalten, Wände, gelagertes Gut, Produkteigenschaften, Streugut etc. Auch auf die möglichen flugphysikalischen Einflüsse ist hinzuweisen.

Beauftragung

Nach erfolgreich abgeschlossener Ausbildung können die Bediener mit der Steuerung von Multikoptern vom Unternehmer beauftragt werden. Die Beauftragung ist schriftlich zu erteilen.

Qualifikation der Ausbildenden

Als Ausbilder oder Ausbilderin für Bedienpersonen von Multikoptern kann tätig werden, wer auf Grund der fachlichen Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der Multikopter besitzt und mit den einschlägigen staatlichen Arbeitsschutzvorschriften (z. B. Produktsicherheitsgesetz, Maschinenverordnung, Betriebssicherheitsverordnung), Unfallverhütungsvorschriften und den allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. DGUV Regeln, DIN-Normen) vertraut ist.

Anhang 5

Den richtigen Multikopter auswählen (Kaufempfehlung)

Für die Auswahl eines geeigneten Multikopters ist es empfehlenswert den Einsatzzweck, Einsatzanforderungen, Einsatzbedingungen und die wesentlichen Produktmerkmale so zu beschreiben, dass eine Vergleichbarkeit verschiedener Angebote gegeben ist.

Das können beispielsweise sein:

- Wo ist der Einsatz geplant (Indoorbereich, Outdoorbereich oder beides)?
- Wofür soll der Multikopter eingesetzt werden (Lasten heben/ transportieren, Foto-, Videoaufnahmen, Überwachungs-, Instandhaltungsaufgaben ...)?
- Soll der Multikopter in kollaborierender Arbeitsweise eingesetzt werden?
- Welche Anforderungen werden an die Sicherheitsausstattung gestellt (Rotorschutz, Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung, Kraft- und Momentenbegrenzung)?
- Welche maximale Höhe soll erreicht werden?
- Welche Zeiten sind pro Einsatz geplant?
- Welchen Einflüssen ist der Multikopter ausgesetzt (Wind, Kälte, Hitze, Nässe ...)?
- Welche Anforderungen werden die Steuerung und den Bildschirm gestellt (z. B. Auflösung, Reichweite der Funkfernsteuerung, Ergonomie)?

Bei der Beschaffung ist u. a. darauf zu achten, dass:

- der Multikopter mit einem CE-Zeichen gekennzeichnet ist,
- eine Konformitätserklärung und eine Bedienungsanleitung in deutscher Sprache vorliegt,
- die aktuellen Anforderungen an den Datenschutz eingehalten werden,
- das Display und die Steuereinheit den ergonomischen Anforderungen genügen und ein leichtes Bedienen ermöglichen.

Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle:

Buchhandel und Internet:

z. B. www.gesetze-im-internet.de

Amtsblatt der Europäischen Union

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Luftverkehrsgesetz (LuftVG)
- Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)
- Batteriegesetz (BattG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
- Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten
- (Drohnenverordnung)
- Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO)
- Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)
- Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV)
- Zweite Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über die Sicherheit von Spielzeug) (2. ProdSV)
- PSA-Benutzungsverordnung (PSA-BV)
- Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme
- Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

2. DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

Regeln

- DGUV Regel 100-101 „Grundsätze der Prävention“
- DGUV Regel 112-189 und 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“

3. Normen/VDE-Bestimmungen

Bezugsquelle:

Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin und VDE-Verlag, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

- DIN 5452-1: 2018-03
Luft- und Raumfahrt – Unbemannte Luftfahrzeugsysteme (UAS) – Teil 1: Begriffe
- DIN 5452-2: 2019-10
Luft- und Raumfahrt – Unbemannte Luftfahrzeugsysteme (UAS) – Teil 2: Anforderungen an Fernpiloten

4. Andere Quellen

- Fachinformation „Kamerabewegungssysteme“ der BG ETEM und der VBG
- SSB LA-NOE 012
Schnittstellenbeschreibung für Funkanlagen zur Modellsteuerung, Ausgabe Juli 2013
(Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen)

**Berufsgenossenschaft
der Bauwirtschaft**

Hildegardstraße 29/30
10715 Berlin
www.bgbau.de

Präventions-Hotline der BG BAU:
0800 80 20 100 (gebührenfrei)
praevention@bgbau.de