DGUV
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung
Spitzenverband

Vorschriften-
und Regelwerk

Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)

DGUV Information 208-058



Impressum

Herausgegeben von:	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Glinkastraße 40 10117 Berlin Telefon: 030 13001-0 (Zentrale) E-Mail: info@dguv.de Internet: www.dguv.de Sachgebiet Postsendungen des Fachbereichs Handel und Logistik der DGUV
Ausgabe:	August 2026
Satz und Layout:	Satzweiss.com Print Web Software GmbH, Saarbrücken
Bildnachweis:	MIT License © 2020 Phosphor Icons Alle Abbildungen: © Velotech.de GmbH; Grafiken Abb. 3–5: © DGUV
Copyright:	Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.
Bezug:	Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter www.dguv.de/publikationen › Webcode: p208058

Sicherer Umgang mit Multikoptern (Drohnen)

Änderungen zur letzten Ausgabe Juli 2020:

- Änderungen „Stand der Technik“
- Anpassung an veränderte rechtliche Vorgaben und Rechtsbezüge
- Ergänzung/Streichung von Kapiteln

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung ... **5**

1 Anwendungsbereich ... **6**

2 Begriffsbestimmung ... **6**

3 Verwendungszweck ... **7**

4 Rechtliche Grundlagen ... **9**

4.1 Zuordnung nach Verwendungszweck ... 9

4.2 EU Regelungen zu Multikoptern ab 2021 ... 9

4.3 Versicherungspflicht ... 12

5 Bauformen und Antriebsarten von Multikoptern ... **13**

6 Steuerung ... **15**

7 Flugeigenschaften und Einflussfaktoren ... **16**

8 Ergonomie ... **17**

9 Sicherer Betrieb – betriebliche Organisation ... **19**

9.1 Unternehmerpflichten ... 19

9.2 Gefährdungsbeurteilung ... 19

9.3 Bedienpersonal ... 19

9.4 Unterweisung ... 21

9.5 Betriebsanweisung ... 21

9.6 Persönliche Schutzausrüstung (PSA) ... 22

9.7 Notfallorganisation, Brandschutz, Erste-Hilfe ... 22

9.8 Beauftragung von Fremdfirmen ... 23

10 Instandhaltung und Prüfung ... **24**

11 Akku ... **25**

12 Flugbetrieb ... **26**

12.1 Outdoorbereich ... 26

12.2 Indoorbereich ... 27

12.3 Autonomes Fliegen – Kollaborierende Multikopter ... 27

13 Datensicherheit ... **29**

Anhang 1
Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug ... **30**

Anhang 2
Muster-Gefährdungsbeurteilung „Multikopterflüge“ ... **31**

Anhang 3
Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Multikoptern ... **34**

Anhang 4
Ausbildung zum Bedienen von Multikoptern (Beispiel für einen möglichen Ausbildungsablauf) ... **35**

Anhang 5
Den richtigen Multikopter auswählen (Kaufkriterien) ... **37**

Literaturverzeichnis ... **38**

Vorbemerkung

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

Diese DGUV Information stellt diese 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 bei der Anwendung von Multikoptern helfen, Risikofaktoren zu erkennen und besser mit diesen umgehen zu können. Sie bezieht sich insbesondere auf die gewerbliche Anwendung (siehe Abb. 3).

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 Ebenen nach oben gerichtet angeordnet sind. In den meisten Anwendungsfällen sind Multikopter nicht mit einem Antikollisionssystem ausgerüstet und müssen von einem Steuerer bedient werden.

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

Typische Outdooranwendungen sind z. B.:

- Medienerstellung (Bild- und Videoaufnahmen, Liveübertragungen)
- Szenische Darstellung (Flugformationen oder Lichtshow mit Multikoptern)
- Landvermessung
- Meteorologische Messungen, Luft-Aufnahmen
- Umwelt- und Naturschutz (Wildtierzählung, Gletscherüberwachung)
- Wissenschaft und Forschung
- Transportlogistik
- Inspektionsflüge (Bahnstrecken, Gebäude, Stromtrassen, Windkraftanlagen, Kühltürme)
- Straßenverkehrsüberwachung

Typische Indooranwendungen sind z. B.:

- Inventuraufgaben
- Lagerlogistik
- Transport
- Kontroll- und Prüfaufgaben



Abb. 1 Inspektionsflug mit Multikopter



Abb. 2 Einsatz eines Multikopters in der Lagerlogistik

Weitere Anwendungen bzw. Einsatzmöglichkeiten:

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

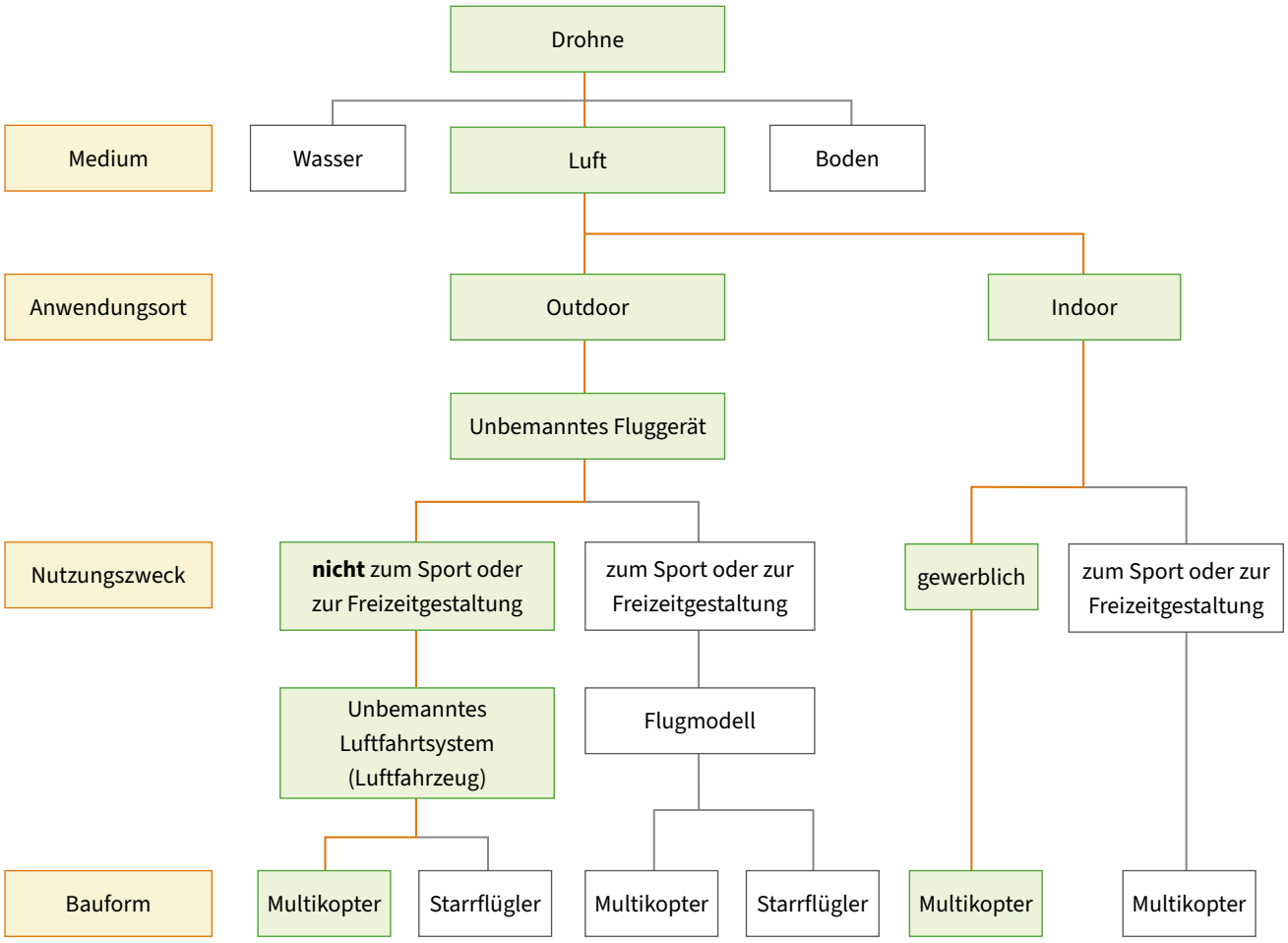


Abb. 3 Multikopter im Anwendungsbereich dieser DGUV Information

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 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 grundlegende 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 EU Regelungen zu Multikoptern ab 2021

Seit Beginn des Jahres 2021 gelten EU-weite Regelungen für den Betrieb unbemannter Fluggeräte, die auf eine Entscheidung der Europäischen Kommission vom 24. Mai 2019 zurückgehen. Die rechtlichen Grundlagen auf nationaler Ebene (LuftVG, LuftVO, LuftVZO) wurden daraufhin durch das „Gesetz zur Anpassung nationaler Regelungen an die Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb der unbemannten Luftfahrt“ angepasst.

Für die Nutzung von Multikoptern im Indoorbereich siehe Abschnitt 12.

Multikopter werden nach ihren technischen Eigenschaften, u. a. dem Gewicht, in sog. Klassen eingeteilt. Dazu müssen sie von den Herstellfirmen eindeutig mit der zutreffenden Klasse gekennzeichnet werden.

Für Betreiber von Multikoptern ab 250 g oder unter 250 g, wenn ein Sensor zur Erfassung personenbezogener Daten vorhanden ist, z. B. Kamera, besteht die Pflicht der Betreiberregistrierung. Die entsprechende Registrierungsnummer ist an jedem Multikopter anzubringen – ein einfacher Aufkleber oder Beschriftung mit der Betreiber-ID ist ausreichend – und (soweit vorhanden) in das Fernidentifizierungssystem des Multikopters zu laden.

- Die Einteilung des Risikopotenzials erfolgt in die **Betriebskategorien** offen (OPEN), speziell (SPECIFIC) und zulassungspflichtig (CERTIFIED). In der offenen Kategorie gibt es die drei Unterkategorien A1, A2 und A3.
- Für die Durchführung von Flugmanövern der offenen Kategorie und der Operator-Lizenz LUC für die spezielle Kategorie wurden neue **Nachweise** eingeführt. Für die spezielle Kategorie können u. a. Betriebsgenehmigungen, Standardszenarien oder ein Light UAS Operator Certificate (LUC) relevant sein.

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über die wesentlichen Regelungen gegeben:

Betriebskategorien

Bei den **Betriebskategorien** wird vorrangig nach dem beim Betrieb des Multikopters ausgehenden Risiken unterschieden:

- **offen (OPEN) – geringes Betriebsrisiko:** der Betrieb von Multikoptern in der offenen Kategorie bedarf grundsätzlich keiner behördlichen Betriebsgenehmigung, sofern die Anforderungen der EU-Drohnenverordnung eingehalten werden. Hierzu zählen insbesondere Flüge mit Multikoptern bis zu 25 kg höchstzulässiger Startmasse, die in direkter Sichtweite des Fernpiloten (VLOS) und entsprechend den Anforderungen der Unterkategorien A1, A2 oder A3 durchgeführt werden. Die maximale Flughöhe beträgt grundsätzlich 120 m über Grund.
- **speziell (SPECIFIC) – erhöhtes Betriebsrisiko:** die betreibende Firma muss eine Risikobewertung durchführen und es ist eine Genehmigung für den Betrieb erforderlich
- **zulassungspflichtig (CERTIFIED) – komplexes Betriebsrisiko:** Zulassung und Betrieb des Fluggeräts sind ähnlich aufwändig wie in der bemannten Luftfahrt.

Offene Kategorien

In der offenen Kategorie werden Umstände und Bedingungen wie Geschwindigkeit, Gewicht und technische Ausstattung zusammengefasst, die für andere Personen nur ein geringes Risiko darstellen. Für derartige Operationen muss dazu keine Erlaubnis von einer Behörde eingeholt werden. Damit eine Nutzung in die offene Kategorie fällt, müssen jedoch insbesondere die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- Flug nur außerhalb von festgelegten Flugbeschränkungszonen,
- sichere Entfernung zu Personen und Menschenansammlungen,
- Flug innerhalb der Sichtweite, eventuell mit zusätzlichem Beobachter oder Beobachterin,
- Flughöhe maximal 120 m,
- Versicherungspflicht (Haftpflicht),
- Registrierung des Betreibers und Kennzeichnung von Multikoptern ab Klasse C1 und von allen kameratragenden Multikoptern.

Die offene Kategorie wird darüber hinaus in drei Unterkategorien unterteilt, für die zusätzliche Bestimmungen gelten. Falls das Vorhaben nicht von der offenen Kategorie abgedeckt werden kann, fällt der Flug in die spezielle oder in die zulassungspflichtige Kategorie.

Unterkategorien der offenen Kategorie		
A1	**A2**	**A3**
Kein Überfliegen von Menschenansammlungen[1]. Vermeidung des Überflugs von Unbeteiligten[2]. Betrieb im Follow-Me-Modus nicht weiter als 50 m Entfernung.	Zu Unbeteiligten ist ein horizontaler Abstand von mindestens 30 m einzuhalten. Dieser Abstand kann auf 5 m reduziert werden, wenn der Multikopter in einem „Langsam-Flugmodus“ (maximal 3 m/sec) betrieben wird. Bei starkem Wind oder niedrigem Akku-Ladezustand ist der Sicherheitsabstand zu erhöhen.	Eine Gefährdung Unbeteiligter muss nach vernünftigem Ermessen ausgeschlossen werden (z. B. keine Flüge in Stadtzentren). Horizontaler Abstand von 150 m zu Wohn-, Gewerbe-, Industrie- und Erholungsgebieten.

1 Kriterium für Menschenansammlung ist keine konkrete Personenzahl, sondern ob sich Einzelpersonen innerhalb der Gruppe so frei bewegen können, dass sie einem außer Kontrolle geratenen Multikopter entkommen können.

2 Unbeteiligte sind Personen, die nicht an einem Flugmanöver beteiligt sind oder nichts von den Anweisungen und Sicherheitsvorkehrungen des Betreibers und der Betreiberin bzw. des Steuerers und der Steuerin wissen.

Spezielle Kategorie

Die spezielle Kategorie beschreibt Multikopter-Flüge mit einem erhöhten Risiko für andere Personen oder für den Luftverkehr. In die spezielle Kategorie fallen alle üblichen Einsätze, die nicht von der offenen Kategorie abgedeckt werden.

In der speziellen Kategorie ist es nicht erlaubt, mit einem Multikopter Menschenansammlungen zu überfliegen, Personen zu befördern oder gefährliche Güter zu transportieren. Diese Sonderfälle fallen in die zulassungspflichtige Kategorie.

Sofern in der speziellen Kategorie geflogen werden soll, ist dies nur nach einer vorherigen Risikobewertung zulässig. Außerdem ist die Genehmigung durch die zuständige Behörde erforderlich. Zuständig ist immer die Behörde in dem Land, in dem der Multikopter-Betreiber bzw. die Multikopter-Betreiberin registriert ist.

Die Genehmigung kann auf verschiedene Arten erteilt werden:

- Die Operation folgt einem definierten Standardszenario. Inhaber und Inhaberinnen eines sogenannten kleinen UAS-Operator-Lizenz (Light UAS Certificate LUC) dürfen die Standardszenarien ohne weitere Genehmigungen ausführen.
- Sollte es kein Standardszenario für die geplante Flugoperation geben, muss im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine Risikobewertung **Special Operation Risk Assessment (SORA)** durchgeführt werden.

Zulassungspflichtige Kategorie

In dieser Kategorie sind alle Szenarien von Operationen zusammengefasst, die ein **großes Risikopotenzial** aufweisen. Das sind z. B. Multikopter mit mehr als 300 cm Durchmesser oder Multikopter für den Transport von Personen. Auf diese Kategorie wird hier, auf Grund der dafür erforderlichen besonderen Anforderungen, nicht weiter eingegangen.

In der OPEN-Kategorie wird dabei je nach der Art des Multikopters weiterhin nach Klassen unterschieden. Je größer das zu erwartende Risiko für andere Personen und den Luftverkehr beim Betrieb des Multikopters ist, umso höher ist auch die einzustufende Klasse. Dabei gibt es für jede Klasse unterschiedliche technische Anforderungen (z. B. Gewicht, maximale Geschwindigkeit, maximale Flughöhe etc.). Die wichtigsten Spezifikationen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Multikopter-Klassen					
Spezifikation	**C0**	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**
Gewicht	< 250 g	< 900 g oder Energie < 80 J	< 4 kg	< 25 kg	< 25 kg
Max. Geschwindigkeit	19 m/s	19 m/s	–	–	–
Fernidentifizierung[3]	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Max. Flughöhe	120 m	120 m oder einstellbares Höhenlimit	120 m oder einstellbares Höhenlimit	120 m oder einstellbares Höhenlimit	–
Geosensibilisierung[4]	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Einsatzbedingungen in der OPEN Kategorie	A1, A3	A1, A3	A2, A3	A3	A3

3 System, bei dem der Multikopter während des Fluges regelmäßig Daten aussendet, insbesondere die elektronische Registrierungsnummer e-ID.

4 Daten zu Flugverbotszonen und Flugbeschränkungsgebieten werden abgerufen und vor dem Start angezeigt.

EU-Nachweise für Steuerer und Steuerinnen

Mit Inkrafttreten des neuen Luftverkehrsrechts gibt es neue Dokumente für Steuerer und Steuerinnen von Multikoptern.

- **Ein EU-Kompetenznachweis für die Unterkategorie A1/A3** ist erforderlich für Multikopter mit **250 g oder mehr** in der offenen Kategorie; unter 250 g gelten Ausnahmen. Der Nachweis kann durch einen Online-Lehrgang beim Luftfahrtbundesamt (LBA) erworben werden, der mit einer erfolgreichen Theorieprüfung abgeschlossen werden muss.
- Für den Betrieb in der **Unterkategorie A2** ist zusätzlich zum Kompetenznachweis ein **EU-Fernpilotenzeugnis** erforderlich. Dieser erfordert einen bestandenen Kompetenznachweis A1/A3, ein praktisches Training und eine theoretische Zusatzprüfung bei einer vom LBA benannten Prüfstelle.

Für die Erlangung von Erlaubnissen in der speziellen Kategorie bzw. für das LUC Zertifikat sind anwendungsspezifische Nachweise einzureichen. Diese können z. B. Prüfnachweise für Multikopter und Zubehör sowie Durchführung eines praktischen Prüfungsfluges, angepasst auf das individuelle Einsatzszenario, umfassen.

4.3 Versicherungspflicht

Im Luftfahrtbereich (Outdoorbereich) verpflichtet § 33 des Luftfahrtverkehrsgesetz den Halter eines Luftfahrzeugs, für Personen- und Sachschäden eine Versicherung abzuschließen, da er bzw. sie 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 bußgeldbewährt.

Neben der reinen Multikopter-Haftpflichtversicherung werden auch Multikopter-Kaskoversicherungen angeboten. Damit ist auch der Sachschaden am eigenen Multikopter abgedeckt.

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).

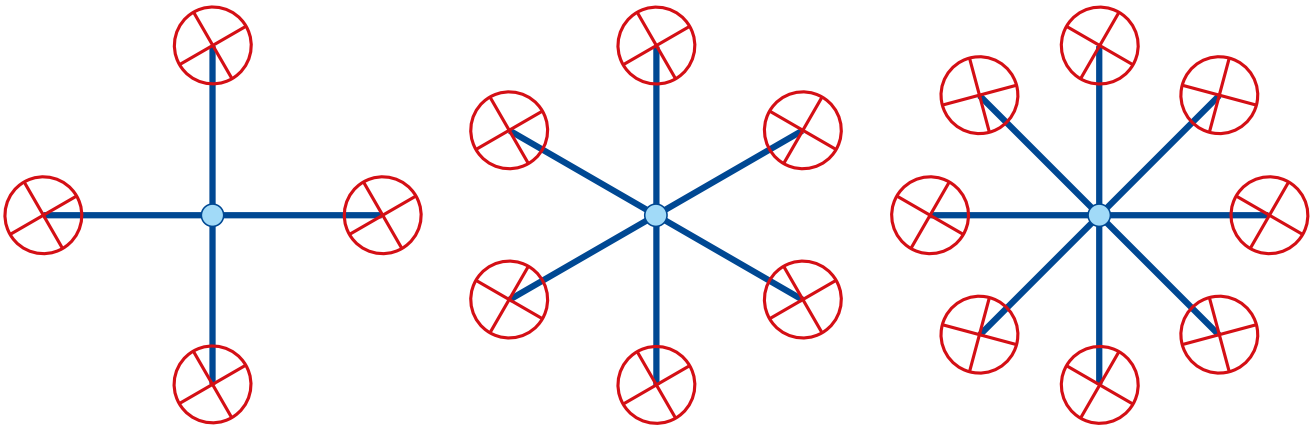


Abb. 4 Bauformen entsprechend Anzahl der Rotoren: Quadkopter, Hexakopter, Octokopter

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 des Multikopters. Meist sind Multikopter in der „Bauform“, „H Bauform“ oder „X Bauform“ aufgebaut.

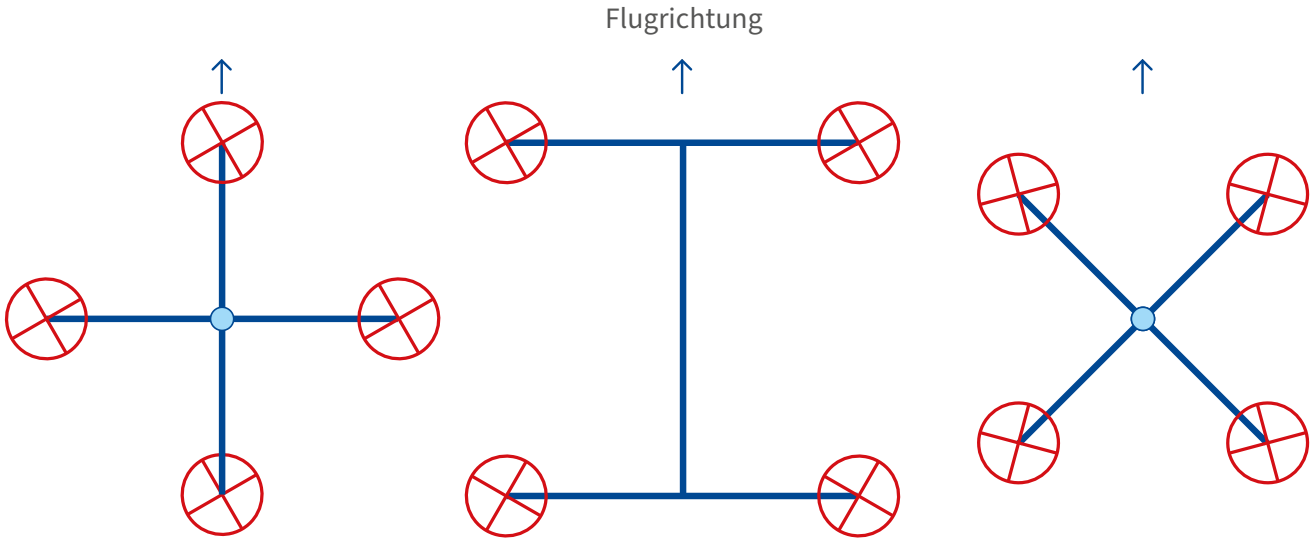


Abb. 5 Bauformen entsprechend Anordnung der Rotoren: +-Bauform, H-Bauform, X-Bauform



Abb. 6 Multikopter unterschiedlicher Bauformen

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 sicherheitsgerecht 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)



Abb. 7 Klassische Fernbedienung



Abb. 8 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 zu drehen (Gierachse).

Für den Flug notwendige Bewegungen um die Längs- oder Querachse werden auch 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 Crash-unempfindlich.

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 Aufstiegsgewicht verhalten sich ruhiger in der Luft.

8 Ergonomie

Um die Beanspruchung für den Bediener und die Bedienerin 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.



Abb. 9 Blick auf den oben fliegenden Multikopter

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 langanhaltendes oder dauerhaftes Stehen ist zu vermeiden. Eine Unterbrechung durch regelmäßige Pausen ist anzustreben. Bei längerem Betrieb empfiehlt sich eine Steuerung aus einer sitzenden Position.

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.

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.
- Die Leuchtdichte beträgt mindestens 100 cd/m^2.
- Der Kontrast zwischen den Zeichen und dem Zeichenuntergrund liegt mindestens bei 4:1.
- Das Bild ist im Format 16:9 bzw. 16:10 dargestellt, stabil und frei von Störungen.

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



Abb. 10 Steuerkonsole für einen Multikopter

Halten/Tragen der Steuerung

Je nach Ausführung und Ausstattung (z. B. mit und ohne Bildschirm) der Steuereinheit einschließlich Batterie/Akku hat der Bediener des Multikopters ein entsprechendes Gewicht in seinen 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“ sind der Unternehmer und die Unternehmerin 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 zu 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 oder die Unternehmerin hat dementsprechend das Bedienpersonal auszuwählen.

9.2 Gefährdungsbeurteilung

Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat nach ArbSchG vor der Verwendung von Arbeitsmitteln die auftretenden Gefährdungen zu ermitteln, zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung) und daraus notwendige und geeignete Arbeitsschutzmaßnahmen abzuleiten. Dabei kann sie bzw. 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, sollte 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 anderem folgende Punkte

- allgemeine Gefährdungen für den Umgang mit Multikoptern,
- herstellerseitige 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 betrieblichen 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

Es empfiehlt sich, mit der Bedienung von Multikoptern nur fachlich und körperlich geeignete Personen zu beauftragen.

Für Bedienerinnen und Bediener von Drohnen existiert jedoch keine ausdrückliche gesetzliche Grundlage für arbeitsmedizinische Eignungsuntersuchungen. Unabhängig davon sind Eignungsbeurteilungen möglich. Aufgrund ihres Eingriffs in Grundrechte sind Eignungsbeurteilungen aber nur bei einem konkreten Anlass sowie unter Beachtung von Erforderlichkeit und Verhältnismäßigkeit zulässig. Grundlage ist hierbei die Gefährdungsbeurteilung, aus der das Unternehmen – gegebenenfalls nach betriebsärztlicher Beratung – ein tätigkeitsbezogenes Anforderungsprofil ableitet. Weitergehende Hinweise enthält die DGUV Information 250-010 „Eignungsbeurteilungen in der betrieblichen Praxis“.

Das Mindestalter für die Bedienung von Drohnen ist 16 Jahre, Jugendliche unter 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.

Der Bediener oder die Bedienerin muss ab einer Startmasse von mehr als 250 g einen Kompetenznachweis zum Steuern von Multikoptern im Outdoorbereich nachweisen.

Der Bediener oder die Bedienerin sollte 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.

Kenntnisnachweis zum Steuern von Multikoptern

Für den Kenntnisnachweis entsprechend der EU-Durchführungsverordnung 2019/947 und § 21a Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) 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 des gesetzlichen Vertreters,
   - eine Erklärung von laufenden Ermittlungs- oder Strafverfahren und
   - ein Führungszeugnis

Anforderungen für die gewerbliche Nutzung

Zusätzlich zu dem **EU-Kompetenznachweis A1/A3** bzw. **EU-Fernpilotenzeugnis A2** entsprechend der **EU-Drohnenverordnung (2019/947 und 2020/746)** sind für die gewerbliche Nutzung von Multikoptern meist weitergehende Schulungen bzw. Ausbildungsmaßnahmen notwendig, die an den praktischen Einsatz angepasst sind.

Für Bediener oder Bedienerinnen von Multikoptern die ausschließlich im Indoorbereich eingesetzt werden oder von Multikoptern im Outdoorbereich bis zu einer Startmasse von 250 g legt der Unternehmer oder die Unternehmerin die Anforderungen an die Ausbildung und Schulung der Bediener und Bedienerinnen fest.





Abb. 11 Praktische Ausbildung mit Übungsparcours

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

- 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 die Herstellfirma) in das verwendete System und eine ausreichende Systemerfahrung sinnvoll.

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. Arbeitsunfällen) sind zeitnah zusätzlichen Unterweisungen durchzuführen. Die Verantwortung für die Unterweisung tragen der Unternehmer bzw. die Unternehmerin.

Unterweisungsthemen können sein:

- Grundsätzliche Gefährdungen und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Multikoptern (siehe Mustergefährdungsbeurteilung),
- 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 bzw. die Unternehmerin 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 oder die Unternehmerin eine geeignete Auswahl zu treffen, um das verbleibende Restrisiko zu minimieren.

In Frage kommen folgende PSA:

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

Der Unternehmer bzw. die Unternehmerin ist für die Beschaffung der PSA verantwortlich und trägt die Kosten. Es ist von Vorteil, 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.

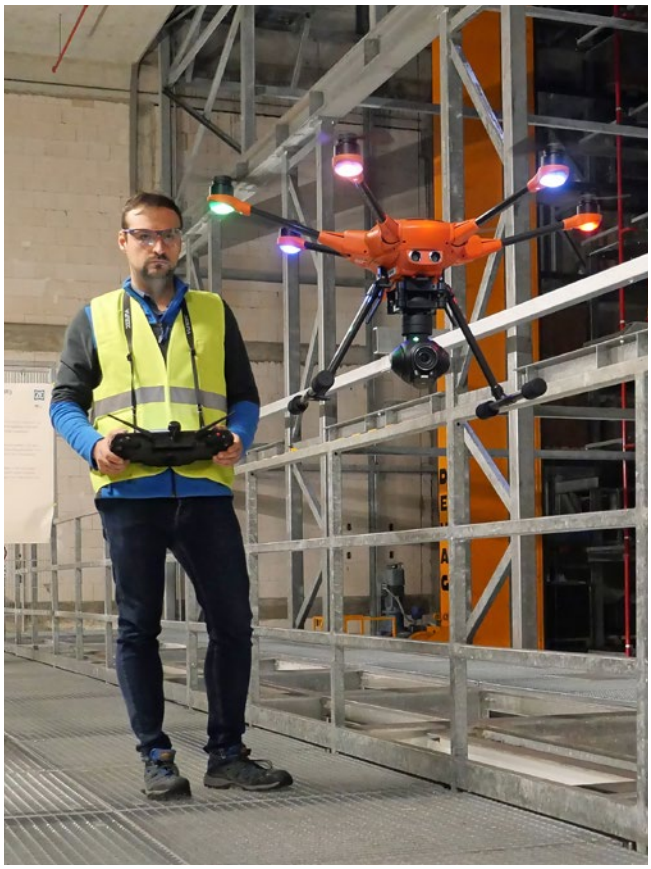


Abb. 12 Bediener mit Schutzbrille gegen aufwirbelnden Staub

9.7 Notfallorganisation, Brandschutz, Erste-Hilfe

Der Unternehmer bzw. die Unternehmerin 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-Ionen-Akkus oder mit anderen Treibstoffen bzw. Gefahrstoffen
- Konflikte mit Eigentümern und Eigentümerinnen bzw. Mietenden/Betreiber und Betreiberinnen 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 Auftraggebenden bestellt, der Auftragnehmende 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 Auftraggebende immer mitverantwortlich für die Sicherheit des Multikopter-Personals.

Die organisatorische Einbindung des Multikopter-Einsatzes in die gesamten betrieblichen Abläufe liegt in der Verantwortung des Auftraggebenden. Hierzu kann auch die Benennung eines Koordinators bzw. Koordinatorin zur Abwehr von gegenseitigen Gefährdungen und besonderer Gefahren gehören. Der Auftraggebende hat eine besondere Sorgfaltspflicht, d. h. er darf nur zuverlässige und fachkundige Auftragnehmende auswählen. Der Auftraggebende muss dem Auftragnehmenden 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 der Herstellfirma 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 Auftragnehmenden mit vergleichbarer Qualifikation durchgeführt werden.

Prüfungen

Arbeitgebende haben 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 der Herstellfirma 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.
- **Prüfung vor jedem Einsatz**
  Vor jedem Einsatz ist dafür zu sorgen, dass eine Sicht- und Funktionsprüfung durchgeführt wird. Hierbei ist das System u. a. auf äußere Schäden, Verschleiß sowie auf Vollständigkeit zu prüfen.
- **Prüfung nach außergewöhnlichen Ereignissen**
  Nach außergewöhnlichen Ereignissen (z. B. Absturz oder Arbeitsunfall) 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

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. Gefahrgutverordnung).



Abb. 13 Akkuladestation

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 sollten nach Möglichkeit mit Wasser gelöscht werden. Anschließend sollten sie kontrolliert abbrennen gelassen werden. Bei einem Akkubrand während des des Ladevorgangs sollte das Ladegerät, wenn möglich, vor dem Einsatz von Wasser vom Stromnetz getrennt werden.

Sorgen Sie nach dem Abbrennen für ausreichende Lüftung.



Abb. 14 Multikopter nach einem Akkubrand

12 Flugbetrieb

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

Hinweis:

Auch der Luftraum über einem Betriebsgelände gehört zum Outdoorbereich.

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 **EU-Drohnenverordnung** (2019/947 und 2020/746) zu beachten.

Hinweis:

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 250 g im Outdoorbereich ist der Kenntnisnachweis entsprechend der **EU-Drohnenverordnung** (2019/947 und 2020/746) erforderlich. Es wird empfohlen, unabhängig von der Startmasse immer einen Kenntnisnachweis zu erlangen.*



Abb. 15 Multikopter im Anflug an Hochspannungsmasten



Abb. 16 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, Maschine/Anlagen, Leitungssysteme, elektrische und funktechnische Einrichtungen, Gefahrstoffe, etc. zu beachten. Diese einsatzbezogenen Gefährdungen sind auch in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Eine Ausbildung der Bediener bzw. Bedienerinnen von Multikoptern in Anlehnung an den in der Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten geforderten Kenntnisnachweis 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.

Weitere sicherheitstechnische Merkmale von automatisierten Multikopterbewegungen sind:

Kraft- und Momentenbegrenzung

Generell sollte sichergestellt sein, dass sich bei einem Kontakt zwischen Multikopter und Personen die Verletzungsrisiken in einem niedrigen und tolerablen Niveaubereich halten.

Im Rahmen der Risikobeurteilung der vorgesehenen Arbeitsabläufe sollte festgelegt werden, 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 sollten 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 sollte 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

Die für die Fernsteuerung und Datenübertragung genutzten Systeme sollten gegen Manipulationen, Störungen und unbefugte Zugriffe geschützt sein. Die eingesetzten Funk- und Steuerungssysteme müssen den jeweils geltenden luftfahrtrechtlichen und funktechnischen Anforderungen entsprechen. Übliche Steuerungs- und Übertragungssysteme arbeiten im Frequenzbereich von 2,4 GHz und 5,8 GHz.

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.

Anhang 1
Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug

Checkliste Startvorbereitung zum Multikopterflug				
R: **relevant** E: **entfällt** J: **ja** N: **nein**	R	E	J	N
Vorplanung zum Flug – Tage vorher:				
Eingesetzter Multikopter: Sind alle Genehmigungen und ggf. Kenntnisnachweise vorhanden?	☐	☐	☐	☐
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 Anliegern beachten	☐	☐	☐	☐
Flugvorbereitung – bei Ankunft am Flugort:				
Wetterbedingungen prüfen	☐	☐	☐	☐
Bedingungen vor Ort: Menschenansammlungen? Gefährdungsbereiche?	☐	☐	☐	☐
Geeigneten Start-/Landeplatz wählen	☐	☐	☐	☐
Startplatz absperren/markieren, ggf. Passanten informieren	☐	☐	☐	☐
Ladezustand aller Akkus überprüfen und wenn notwendig 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?	☐	☐	☐	☐
Befinden sich alle Schalter an der Sendereinheit in der korrekten Ausgangsposition?	☐	☐	☐	☐
Korrekten Flugmodus überprüfen	☐	☐	☐	☐
Kamera/Sensoren voreinstellen	☐	☐	☐	☐
Funktion von „NOT-AUS“ 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 d. 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 des Bedieners nicht an möglichen 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 Explosionsgefährdungen – brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, 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, Laserstrahlung)	• Extremitäten durch lange Kleidung schützen • Ausreichend Sonnenschutzmittel bereitstellen und nutzen • Aufenthaltszeit im Freien bei hoher Sonneneinstrahlung begrenzen • …				
Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen – Klima (z. B. Hitze, Kälte, unzureichende Lüftung)	• Witterungsangepasste Kleidung bereitstellen und tragen • …				
Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen – Beleuchtung, Licht	• Außeneinsatz auf den Tag legen • Bei hoher Sonneneinstrahlung Sonnenbrillen bereitstellen • Ggf. separate Lichtquellen nutzen • …				

Ermittelte Gefährdungen (Beschreibung)	Schutzmaßnahme	Handlungsbedarf		Wirksamkeit	
		Wer	Bis wann	Wirksam ab	Wer
Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen	• NOTAM (Notices of Airmen) der Luftfahrtbehörde beachten (enthält z. B. temporäre Sperrzonen).				
Physische Belastung/ Arbeitsschwere – Haltungsarbeit (Zwangshaltung), Haltearbeit	• Ausreichende Pausen einlegen • Für ausreichende Lastwechsel sorgen • Bediener durch Haltegurte an der Fernbedienung entlasten • …				
Psychische Faktoren – ungenügend gestaltete Arbeitsorganisation (z. B. Arbeiten unter hohem Zeitdruck, wechselnde und/oder lange Arbeitszeiten, häufige Nachtarbeit)	• Einsatzzeiten mit ausreichend Puffer planen • …				
Psychische Faktoren – ungenügend gestaltete Arbeits- und Arbeitsumgebungsbedingungen (z. B. Lärm, Klima, räumliche Enge unzureichende Softwaregestaltung)	• Auf eine ausreichende Ablesbarkeit von Bildschirm und Bedienelementen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen achten • Auf eine ergonomische Gestaltung der Steuerungselemente achten • …				
Sonstige Gefährdungen (z. B. durch Menschen, Tiere, Pflanzen/pflanzliche Produkte)					
Mitgeltende Unterlagen:	• Betriebsanweisung • Bedienungsanleitung Wo befinden sich diese: …				

Datum: Name u. Unterschrift:

Anhang 3
Muster-Betriebsanweisung für den Umgang mit Multikoptern

Unternehmen: Abteilung/Bereich:	**Betriebsanweisung** für den Umgang mit Multikoptern	Datum:
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 Bedienen 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 • Multikoptertechnik/Gerätekunde • 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 Bediener bzw. Bedienerinnen anschließend zusätzlich mit den Besonderheiten der betrieblich eingesetzten Multikopter vertraut machen.*

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 bzw. Bedienerinnen mit der Steuerung von Multikoptern vom Unternehmer beauftragt werden. Die Beauftragung ist schriftlich zu erteilen.

Qualifikation der Ausbilder bzw. Ausbilderin

Als Ausbilder bzw. Ausbilderin für das Bedienen von Multikoptern kann tätig werden, wer auf Grund seiner 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 (Kaufkriterien)

Für die Auswahl eines geeigneten Multikopters ist es empfehlenswert, den Einsatzzweck, Einsatzanforderungen, Einsatzbedingungen und 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 vorliegen,
- die aktuellen Anforderungen an den Datenschutz eingehalten werden,
- das Display und die Steuereinheit den ergonomischen Anforderungen genügen und ein leichtes Bedienen ermöglichen.

Literaturverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Regeln

Bezugsquelle: Buchhandel und Internet:
z. B. www.gesetze-im-internet.de, www.baua.de

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Luftverkehrsgesetz (LuftVG)
- Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)
- Batteriegesetz (BattG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- 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 und 2020/946 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG (wird ab dem 20. Januar 2027 ersetzt durch die neue EU-Maschinenverordnung (EU) 2023/1230

DGUV Vorschriften- und Regelwerk

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

DGUV Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (Webcode: p000941)

DGUV Regeln

- DGUV Regel 100-001 „Grundsätze der Prävention“ (Webcode: p100001)
- DGUV Regel 112-189 „Benutzung von Schutzkleidung“ (Webcode: p112989)

Normen und Richtlinien

Bezugsquelle: DIN Media GmbH, Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 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

Weitere Quellen und Empfehlungen

- SSB LA-NOE 012 Schnittstellenbeschreibung für Funkanlagen zur Modellsteuerung, Ausgabe Juli 2013 (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen)

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

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