

Bachelorarbeit

Unbemannte Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr: Marktanalyse und Anforderungen an die Ausbildung von Piloten

vorgelegt am 21.08.2017 von
Moritz Fisch

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Frank Hörmann, MBA LL.M.
2. Gutachter: Sebastian Brück, B. Eng.

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Ulmenliet 20
21033 Hamburg

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Norderstedt, den 21.08.2017

Moritz Fisch

Abstract

In dieser Arbeit wurden die Anforderungen an die Ausbildung von Piloten unbemannter Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr erhoben, die Einsatzoptionen aufgezeigt und der Markt anhand von zuvor festgelegten Vorgaben analysiert.

Hierzu wurden im Rahmen von leitfadengestützten Experteninterviews sieben Personen befragt, die bereits unbemannte Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr einsetzen, deren Umsetzung planen oder erforschen.

Auf Grundlage der Informationen, die einerseits durch die Aussagen der Experten, andererseits durch die Marktanalyse gesammelt werden konnten, wurden 31 unbemannte Luftfahrtsysteme unterschiedlicher Bauart miteinander verglichen. Lediglich vier dieser Systeme erfüllten die von den Experten genannten Anforderungen. Limitierende Faktoren waren die begrenzte Flugzeit, die mangelnde Allwetter-Flugfähigkeit und die fehlende Kombination aus Tageslicht- und Wärmebildsensorik.

Neben der Darstellung der Einsatzoptionen unbemannter Luftfahrtsysteme wurden Vorgaben an die Einsatztaktik erläutert und Möglichkeiten der Integration in bestehende Strukturen aufgezeigt.

Obwohl gesetzlich nicht erforderlich, bestand Konsens über die große Bedeutung der Ausbildung sowie des Nachweises von Kenntnissen. Besonders hoch bewertet wurden der modulare Aufbau und ein hoher Praxisanteil. Neben der Standardisierung der Ausbildungsinhalte wurde eine Vereinheitlichung von Vokabular, Einsatzgrundsätzen, -taktik und -optionen gefordert.

Aufgrund der derzeit hohen Anschaffungskosten der Systeme müssen unbemannte Luftfahrtsysteme so vielseitig einsetzbar wie möglich sein.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
<u>1. Einleitung</u>	<u>1</u>
<u>2. Zielsetzung</u>	<u>2</u>
<u>3. Methoden.....</u>	<u>3</u>
3.1. Experteninterview	3
3.1.1. Arten von Interviews	4
3.1.2. Interview als Kommunikationsprozess	4
3.1.3. Fehlerquelle Interview	5
3.1.4. Interviewleitfaden	6
3.1.5. Durchführung der Interviews	8
3.1.6. Interviewpartner	8
3.2. Marktübersicht	9
3.3. Stakeholderanalyse.....	9
<u>4. Begriffsbestimmung.....</u>	<u>11</u>
4.1. Unbemanntes Luftfahrzeug.....	11
4.1.1. Starrflügler	13
4.1.2. Drehflügler	14
4.1.3. Schwenkflügler	15
4.2. Unbemanntes Luftfahrtsystem.....	15
4.2.1. Nutzlast	16
4.2.2. Kontrollstation	17
4.2.3. Kommunikationsverbindung	17
4.2.4. Mensch	17
4.3. Klassifizierung unbemannter Luftfahrtsysteme.....	17
<u>5. Rechtliche Situation.....</u>	<u>21</u>
5.1. Relevante Rechtsnormen.....	21
5.1.1. Kenntnismachweis	23
5.1.2. Überflugverbote	23
5.1.3. Ausnahmen für BOS	24
5.2. Entwicklung der rechtlichen Ausgangssituation	26
5.3. Luftraum.....	28
<u>6. Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen</u>	<u>31</u>
6.1. Aufgaben	31
6.2. Einsatzgebiete	32
6.2.1. Erkundung, Lagebild und Dokumentation	33

6.2.2.	Suche vermisster Personen	34
6.2.3.	Detektion von Gefahrstoffen	35
6.2.4.	Kommunikation	36
6.2.5.	Transport	36
6.2.6.	Weitere Einsatzgebiete	37
6.3.	Kontakt mit bemannter Luftfahrt	37
6.4.	Integration im Einsatz	37
6.4.1.	Taktische Gliederung	37
6.5.	Einsatztaktik	40
6.5.1.	Flugvorbereitung	40
6.5.2.	Kommunikation	41
6.5.3.	Information aller am Einsatz Beteiligten	41
6.5.4.	Flugplanung	41
6.5.5.	Mehrwert des Einsatzes unbemannter Luftfahrtsysteme	42
6.5.6.	Entscheidungsfindung und Befehlsgabe	42
6.5.7.	Koordination des Luftraums	43
7.	Marktanalyse	44
7.1.	Markt für unbemannte Luftfahrtsysteme	44
7.1.1.	Stakeholder	44
7.1.2.	Marktvolumen	49
7.2.	Anforderungen an Systeme	52
7.2.1.	Datenübertragung	53
7.2.2.	Navigation	53
7.2.3.	Optische Sensorik	54
7.2.4.	Sicherheit	54
7.2.5.	Wetter und Klima	55
7.2.6.	Explosionsschutz	55
7.2.7.	Kosten	56
7.3.	Marktverfügbare Systeme	56
7.4.	Limitierende Faktoren	61
7.4.1.	Flugzeit	62
7.4.2.	Akkus	62
7.4.3.	Nachtflugfähigkeit	62
7.4.4.	Gefahrstoffsensorik	63
7.4.5.	Kollisionsvermeidung	63
7.4.6.	Allwetter-Flugfähigkeit	63
7.4.7.	Rechtsrahmen	63
7.4.8.	Weitere Faktoren	64
7.5.	Ausblick in die Zukunft	64
7.5.1.	Zukünftige Einsatzschwerpunkte	65
8.	Anforderungen an die Ausbildung von Piloten	69
8.1.	Anforderungen an die Piloten	69
8.1.1.	Persönliche Kompetenzen	70

8.1.2. Soziale Kompetenzen	70
8.1.3. Voraussetzungen, die der Pilot erfüllen muss	71
8.1.4. Medizinische Tauglichkeit	72
8.2. Inhalte der Ausbildung	73
8.3. Umfang der Ausbildung	77
8.4. Notwendigkeit von Führungsausbildung	78
8.5. Möglichkeiten der Standardisierung	79
<u>9. Fazit</u>	<u>81</u>
<u>10. Literaturverzeichnis</u>	<u>86</u>
<u>11. Anhang</u>	<u>A</u>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Luftfahrzeuge nach dem Prinzip schwerer oder leichter als Luft.....	13
Abbildung 2 Umströmung einer Tragfläche.....	14
Abbildung 3 Systemkomponenten eines unbemannten Luftfahrtsystems.....	16
Abbildung 4 Struktur des Luftraums in der Bundesrepublik Deutschland.....	29
Abbildung 5 Taktische Gliederung der im Einsatz integrierten unbemannten Luftfahrtsysteme.....	38
Abbildung 6 An unbemannte Luftfahrtsysteme gestellte Anforderungen.....	52
Abbildung 7 Aussagen zu den zu akzeptierten Kosten.....	56
Abbildung 8 Untersuchte unbemannte Luftfahrtsysteme dargestellt nach Bauart.....	57
Abbildung 9 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach MTOW.....	57
Abbildung 10 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach Anzahl der Rotoren.....	58
Abbildung 11 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach maximaler Flugzeit.....	59
Abbildung 12 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach maximaler Reichweite.....	59
Abbildung 13 Untersuchte Systeme in Bezug auf die verwendete Nutzlast.....	60
Abbildung 14 Derzeit limitierende Faktoren.....	61
Abbildung 15 Zukünftige Einsatzfelder von unbemannten Luftfahrtsystemen.....	66
Abbildung 16 Sich in der Zukunft nicht durchsetzende Eigenschaften unbemannter Luftfahrtsysteme.....	67
Abbildung 17 Für Piloten erforderliche Eigenschaften.....	69
Abbildung 18 Pilot als Mitglied der eigenen Organisation.....	71
Abbildung 19 Anforderungen, die an Piloten gestellt werden.....	72
Abbildung 20 Inhalte der Ausbildung von Piloten.....	74

Abbildung 21 Umfang der Ausbildung von Piloten	77
Abbildung 22 Notwendigkeit von Führungsausbildung für Piloten	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Einschränkungen und Vorgaben nach Startmasse.....	25
Tabelle 2 Anzahl von Führungs- und Ortungseinheiten im Technischen Hilfswerk	51
Tabelle 3 Anzahl der Feuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland	51
Tabelle 4 Anzahl der Task Forces im Bereich des Zivilschutzes	51
Tabelle 5 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach MTOW	WW
Tabelle 6 Multicopter nach Anzahl der Rotoren	XX
Tabelle 7 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Flugzeit	YY
Tabelle 8 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Reichweite	ZZ
Tabelle 9 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach Nutzlast	AAA

Abkürzungsverzeichnis

AGBF Bund	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland
ATF	Analytische Taskforce
AV	Aerial Vehicle
CBRN	chemisch, biologisch, radiologisch und nuklear
DLRG	Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft
DV	Dienstvorschrift
EASA	European Aviation Safety Agency
ELW	Einsatzleitwagen
Fw	Feuerwehr
GCS	Ground control station
GNSS	Global Navigation Satellite System
HiOrg	Hilfsorganisation
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
LuftVO	Luftverkehrs-Ordnung
LuftZVO	Luftverkehrs-Zulassungsordnung
MTF	Medizinische Taskforce
MTOW	Maximum Take Off Weight
NfL	Nachrichten für Luftfahrer
RPA	Remotely Piloted Aircraft
THW	Technisches Hilfswerk
UAS	Unmanned Aircraft System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

VTOL

Vertical Take Off And Landing

1. Einleitung

Große und langanhaltende Einsatzlagen nehmen zu. Neben den Bedrohungen des internationalen Terrorismus, auch in der Bundesrepublik Deutschland, führen die durch den Klimawandel hervorgerufenen, immer häufiger auftretenden Extremwetterereignisse zu einer vermehrten Anzahl ausgedehnter Schadenlagen.

Um die Akteure in der Gefahrenabwehr zu stärken, müssen wirksame Einsatzmittel zur Verfügung stehen. Ein vielseitiges und modernes Einsatzmittel ist das unbemannte Luftfahrtsystem.

Bereits seit einigen Jahren werden unbemannte Luftfahrtsysteme für kommerzielle Zwecke und von Privatleuten eingesetzt. In der Gefahrenabwehr herrschen jedoch andere Bedingungen als auf dem Markt für kommerzielle Anwendungen. Auch für diesen Bereich gibt es ein weites Angebot an Systemen. Insbesondere nach den jüngsten gesetzlichen Änderungen steht einem Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr nichts mehr im Wege.

Bundesinnenminister Thomas de Maizière erklärte während des Workshops zum Thema Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen: „Mit Hilfe dieser kleinen und zum Teil auch größeren Geräte können wir schneller und flexibler werden und im Einsatz bessere Entscheidungen treffen. [...] Wir wollen diese Fluggeräte in der nächsten Zeit zu einem Standardeinsatzmittel im Katastrophenschutz machen.“ (Technisches Hilfswerk 2017: o. S.).

Und so scheint einem flächendeckenden Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr, insbesondere nach den jüngst erfolgten gesetzlichen Änderungen, nichts mehr im Wege zu stehen. Tatsächlich werden heutzutage nicht nur im Katastrophenschutz vielfach unbemannte Luftfahrtsysteme eingesetzt, sondern auch Feuerwehren nutzen im Rahmen der täglichen Gefahrenabwehr das Potential solcher Systeme.

Da immer mehr Organisationen und Einheiten unbemannte Luftfahrtsysteme einsetzen (werden), erscheint es sinnvoll zu eruieren, ob sich die bereits jetzt auf dem Markt vorhandenen Systeme für die Einsatzzwecke im Bereich der Gefahrenabwehr eignen und die Erwartungen der Akteure erfüllen. Dementsprechend muss untersucht werden, was diese Systeme im Einzelnen bieten.

Aufgrund der Neuartigkeit der Nutzung unbemannter Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr muss ferner untersucht werden, wie die Ausbildung erfolgen kann und welche Anforderungen an die Piloten solcher Systeme gestellt werden müssen.

2. Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, unbemannte Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr im Hinblick auf ihren operativen Einsatz zu untersuchen sowie deren aktuelle Marktsituation zu analysieren. Des Weiteren sollen organisationsübergreifend Erkenntnisse gewonnen werden, die in Bezug auf die Ausbildungssituation zukünftiger Piloten von unbemannten Luftfahrtsystemen zweckdienlich erscheinen.

Bei der Erörterung der Einsatzoptionen und Einsatzgebiete dieser Systeme liegt der Fokus auf den derzeitigen Anwendungsbereichen sowie deren Integration in bestehendes Einsatzgeschehen.

Die Marktanalyse soll dazu dienen, das bestehende Angebot mit den Anforderungen der Anwender zu vergleichen. Falls es hier zu Diskrepanzen kommen sollte, müssen im Anschluss daran limitierende Faktoren abgeleitet und diskutiert werden.

Mit den insgesamt gewonnenen Erkenntnissen können dann abschließend Anforderungen in Bezug auf die Inhalte und den Umfang der Pilotenausbildung entwickelt werden. In diesem Zusammenhang werden auch Möglichkeiten der Standardisierung einer solchen Ausbildung untersucht.

3. Methoden

Am Anfang eines Forschungsprozesses steht das Generieren von Wissen, welches auf unterschiedliche Weise erfolgen kann. In dieser Arbeit erfolgt dies in Form von Experteninterviews. Zusätzlich wird eine Marktübersicht erstellt und eine Stakeholderanalyse durchgeführt.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in den Kapiteln 7. *Marktanalyse* und 8. *Anforderungen an die Ausbildung von Piloten* präsentiert. Zusätzlich werden im Kapitel 6. *Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen* die in den Interviews beschriebenen Einsatzzwecke dargestellt.

3.1. Experteninterview

„Unter Interview als Forschungsinstrument sei hier verstanden ein planmäßiges Vorgehen mit wissenschaftlicher Zielsetzung, bei dem die Versuchsperson durch eine Reihe gezielter Fragen oder mitgeteilter Stimuli zu verbalen Informationen veranlasst werden soll“ (Scheuchs 1973: 70 f., zit. n. Diekmann 2008: 439).

Das „Interview zu Forschungszwecken“ ist eine an eine alltägliche Gesprächssituation angelehnte Form „des Fragestellens und Sichinformierens im Gespräch“, dennoch handelt es sich um eine künstliche und asymmetrische Interaktion (Diekmann 2008: 439).

Der Gegenstand des Interviews wird durch das Untersuchungsziel und den darauf gründenden Zweck des Interviews bestimmt (Gläser/Laudel 2009: 40). Ziel dieser Arbeit ist es, mit Hilfe von Experteninterviews Angaben und Erfahrungen zum Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme und die an die Piloten und deren Ausbildung gestellten Anforderungen zu erheben.

Im Mittelpunkt des Experteninterviews, das auf die „systematische und lückenlose Informationsgewinnung“ zielt, steht „das aus der Praxis gewonnene, reflexiv verfügbare und spontan kommunizierbare Handlungs- und Erfahrungswissen“ eines Experten (Bogner/Littig 2002: 37).

In diesem Zusammenhang sind insbesondere zwei Faktoren zu beachten: Zum einen nehmen die Experten eine besondere, vielleicht sogar einzigartige Stellung in ihrem Fachgebiet ein. Zum anderen bieten sie zwar einen direkten Zugang zu einem Bereich, der den Interviewer interessiert, sie sind jedoch nicht das Objekt der Untersuchung (Gläser/Laudel 2009: 12). Der Experte kann mit seinem für den Forscher nicht zugänglichen Fachwissen als „Ratgeber“ angesehen werden. Er erläutert jedoch ausschließlich seine Sicht der Dinge (Bogner/Littig 2002: 37).

3.1.1. Arten von Interviews

Nach Bortz und Döring (2005) sowie Gläser und Laudel (2009) kann zwischen drei verschiedenen Arten von Interviews unterschieden werden:

Standardisierte oder vollstandardisierte Interviews: Bei dieser Art des Interviews sind sowohl der Wortlaut als auch die Reihenfolge der Fragen eindeutig vorgegeben. Die Fragen sind präzise formuliert, in sich geschlossen und in jedem Interview identisch. Die Antwortmöglichkeiten sind weitestgehend vorgegeben. Standardisierte Interviews eignen sich besonders für klar umgrenzte Themenbereiche mit detaillierten Vorkenntnissen des Interviewers. Die Handlungen beider Akteure werden standardisiert (Bortz/Döring 2005: 238; Gläser/Laudel 2009: 41).

Halb- oder teilstandardisierte Interviews: Hierbei handelt es sich um eine Zwischenform mit teils offenen, teils geschlossenen Fragen. Durch einen Fragebogen sind die Handlungen des Interviewers standardisiert. Die Art der Antwort ist dem Befragten freigestellt. Charakteristisch für diese Art von Interview ist ein Interviewleitfaden. Dieser gibt mehr oder weniger verbindlich Art und Inhalt des Gesprächs vor (Bortz/Döring 2005: 239). Der Interviewleitfaden dient als „Richtschnur“ (Gläser/Laudel 2009: 42) und gibt Themen und Fragen vor, die während des Interviews beantwortet werden müssen. Weder die Reihenfolge noch die Formulierung der Fragen ist verbindlich. Es ist jederzeit möglich, Nachfragen zu stellen oder dem Gespräch Rechnung zu tragen sowie Fragen außerhalb der Reihenfolge zu stellen (Bortz/Döring 2005: 238; Gläser/Laudel 2009: 42).

Nichtstandardisierte Interviews: Diese werden auch unstrukturierte oder qualitative Interviews genannt (Bortz/Döring 2005: 238). Weder die Fragen noch die Antworten sind standardisiert und somit unterliegen weder Interviewer noch Interviewte einer Standardisierung. Für das Interview ist lediglich der thematische Rahmen vorgegeben; das Gespräch wird offen geführt (Bortz/Döring 2005: 238; Gläser/Laudel 2009: 41).

3.1.2. Interview als Kommunikationsprozess

Das halbstandardisierte Leitfadeninterview, bei dem eine Liste mit offenen Fragen zu unterschiedlichen Themen Grundlage des Gespräches ist, ähnelt äußerlich zunächst einem natürlichen Gespräch. Dennoch gibt es Unterschiede durch kulturell festgelegte Kommunikationsregeln und Konventionen. Die feste Rollenverteilung zwischen Fragesteller und Antwortendem sind von beiden Seiten anerkannt. Der Dialog wird geführt durch den Fragesteller (Gläser/Laudel 2009: 111 f.).

Das Interviewziel des Fragenden bestimmt Inhalte und Rollen des Interviews. Der Interviewer hat ein Erkenntnisinteresse. Um das Informationsziel zu erreichen, muss er die-

ses in Fragen übersetzen. Dies geschieht durch Operationalisierung, d. h. die Formulierung von Leitfragen sowie die Entwicklung des Leitfadens, der dann im Interview spontan bewältigt werden muss (Gläser/Laudel 2009: 112).

Nach Tourangeau (1984, 1987) besteht der kognitive Prozess zur Beantwortung von Fragen aus vier Phasen. In der Phase der *Interpretation* wird die gestellte Frage verstanden und muss richtig interpretiert werden. In der Phase des *Erinnerns* werden relevante, also die zur Beantwortung der Frage nötigen Informationen aus dem Gedächtnis abgerufen. Mit der *Urteilsbildung* werden die relevanten Informationen bewertet und im Anschluss zu einem Urteil verdichtet. Die letzte Phase ist die *Antwortformulierung*. Hierbei muss eine Kategorie gewählt werden, die dem gebildeten Urteil am Besten entspricht. Alle Phasen sind fehleranfällig (Bortz/Döring 2005: 251).

3.1.3. Fehlerquelle Interview

Entscheidend für das Ergebnis eines Interviews sind die Art der Gesprächsführung, die Provokation bestimmter Äußerungen, individuelle thematische Präferenzen, Sympathien und Antipathien zwischen Fragendem und Befragtem (Bortz/Döring 2005: 239).

Kommunikation ist kein Prozess ohne Fehler. Laut Diekmann lassen sich drei Kategorien von Fehlerquellen in Zusammenhang mit einem Interview unterscheiden.

- *Befragtenmerkmale* wie soziale Erwünschtheit, Response-Set
- *Fragemerkmale* wie Frageformulierung, Frageposition, Effekt von Antwortkategorien
- *Merkmale des Interviewers und der Interviewsituation* wie Interviewmerkmale, Anwesenheit Dritter, Interviewsituation (Diekmann 2008: 447)

Weitere Möglichkeiten für „Verzerrungseffekte“ sind das „Bemühen, dem Interviewer gefallen zu wollen“, Hawthorne-Effekte¹, die „geringe Bereitschaft zur Selbstenthüllung“ sowie „spezifische Motive zur Selbstdarstellung“ und „konkrete Vermutungen über den Auftraggeber“ (Bortz/Döring 2005: 251).

Eine weitere Fehlermöglichkeit ist die Ablehnung von Fragen. Dies kann aus verschiedenen Gründen geschehen, wie Verweigerung, Uninformiertheit, Meinungslosigkeit oder Unentschlossenheit. In der Regel treten diese im Zusammenhang mit sehr persönlichen Fragen auf. Uninformiertheit wird oft als Vorwand genutzt, um zu verbergen, dass die Frage nicht richtig verstanden wurde. Meinungslosigkeit und auf mangelnde Kenntnis zurückzuführende Uninformiertheit sind für die Untersuchungen von Bedeutung (Bortz/Döring 2005: 251).

¹ Das Bewusstsein, Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung zu sein, kann Auswirkungen auf die Reaktionen des Befragten haben.

Bei Interviews muss es sich nicht zwangsläufig um Face-to-Face-Kommunikation handeln. Vielmehr können sie auch telefonisch oder per E-Mail durchgeführt werden. Bei der telefonischen Durchführung von Interviews kann allerdings die Anonymität des Anrufers nachteilig sein. Zusätzlich sind die „situativen Merkmale“ des Interviews, sprich Umgebung, Räumlichkeit oder lokale Störungen, nicht standardisierbar (Bortz/Döring 2005: 242).

3.1.4. Interviewleitfaden

Der Interviewleitfaden als Erhebungsinstrument ist das „Gerüst“ für die Durchführung des Interviews und „stellt sicher, dass in einer größeren Zahl von Interviews gleichartige Informationen erhoben werden“ (Gläser/Laudel 2009: 143). Das Ziel einer solchen Standardisierung ist immer der Versuch, die Objektivität zu steigern (Diekmann 2008: 438).

Der Interviewleitfaden enthält neben den „eigentlich interessierenden Sachfragen auch instrumentelle Fragen zur Überbrückung anfänglicher Kontakthemmungen, Fragen zur Stärkung des Selbstvertrauens, zur Belebung der Erinnerung, zur Anregung der Phantasie, zum Aufbau von Spannungen, zum Abbau konventioneller Schranken“ (Bortz/Döring 2005: 252).

Hierbei lässt sich das Prinzip der Offenheit und das Prinzip des Verstehens auf vier Anforderungen an Leitfadeninterviews von Hopf (1978: 99 ff., zit. n. Gläser/Laudel 2009: 116) zuspitzen:

Reichweite: Es muss ein ausreichend breites Spektrum von Problemen angesprochen werden. Mithilfe des Interviewleitfadens dürfen dementsprechend nicht nur die in theoretischen Vorüberlegungen festgelegten Einflussfaktoren abgefragt, sondern dem Interviewten „Erzählhandlungen“ ermöglicht werden.

Spezifität: Der Verfasser des Interviewleitfadens muss das Erkenntnisinteresse in den Kontext des Erfahrungshintergrunds des Befragten übersetzen. Die Herausarbeitung des „Gehalts von Äußerungen der Befragten“ ist das Ziel des Interviews.

Tiefe: Dies zielt auf die Unterstützung des Befragten ab, die Bedeutung einer bestimmten Situation und seine Beteiligung an dieser darzustellen.

Personaler Kontext: Es muss sowohl der persönliche als auch der soziale Kontext des Interviewten erfasst werden.

Vor Beginn des Interviews ist es wichtig, den Befragten über das Ziel zu informieren. Nach Gläser und Laudel (2009) kann dies jedoch das Antwortverhalten beeinflussen. Daher hat die Mitteilung über das Ziel wahr zu sein und gleichzeitig so zu erfolgen, dass das Antwortverhalten nicht beeinflusst wird. Eine möglichst abstrakte Formulierung

stellt hier das Mittel der Wahl dar, da dies andernfalls das Antwortverhalten beeinflussen könnte (Gläser/Laudel 2009: 54).

Der Interviewleitfaden beginnt nicht mit der ersten Frage, sondern mit allem, was vor Beginn gesagt werden muss. Dies umfasst das Ziel der Untersuchung, das Prinzip der informierten Einwilligung, den Datenschutz und die Anonymität (Gläser/Laudel 2009: 144).

Die Reihenfolge der Fragen entscheidet neben Umfang und Genauigkeit auch über die Qualität der Antworten (ebd.: 146). Thematisch zusammengehörende Fragen werden nacheinander gestellt.

Der zur Erstellung dieser Arbeit verwendete Interviewleitfaden (siehe im Anhang: 11.1 Interviewleitfaden) umfasst 24 Fragen, die nach vier Themenblöcken geordnet sind. Dem ersten Themenblock sind zwei Fragen vorgeschaltet: eine Frage zur beruflichen Vita und eine Frage nach dem Umfang der bislang gesammelten Erfahrungen mit unbemannten Luftfahrtsystemen. Zusätzlich wird der Kontext dieser Erfahrungen erfragt. Dies dient dem Interviewer zur Einschätzung des Wissens und als Filter für ggf. nicht beantwortbare Fragen.

Im ersten Themenblock werden Fragen zur Anwendung von unbemannten Luftfahrtsystemen in der Gefahrenabwehr gestellt. Hier geht es insbesondere um die Unterschiede zwischen der gewerblichen Nutzung und der zur Freizeitgestaltung, die Einsatzzwecke, die Integration der Systeme im Einsatz und die Auswirkungen auf die Einsatztaktik. Zusätzlich werden die von den Experten wahrgenommen Chancen und Risiken sowie die derzeit bestehenden Limitierungen abgefragt.

Im zweiten Themenblock werden Informationen zu Anforderungen an die Ausbildung von Piloten gesammelt. Zuerst wird der genutzte Begriff für die das unbemannte Luftfahrtsystem steuernde Person erhoben. Des Weiteren werden Informationen zu den Anforderungen an diese Person und die Eigenschaften, die diese mitbringen muss, erfasst sowie Art und Umfang der Inhalte von Schulungen und die Möglichkeit der Standardisierung einer solchen Ausbildung. Ferner wird auf die Frage eingegangen, ob die Piloten eine Führungsausbildung absolviert haben sollten oder inwieweit Kenntnisse aus diesem Bereich vorhanden sein sollten.

Der dritte Themenblock enthält Fragen zum Markt für unbemannte Luftfahrtsysteme. Eingeschätzt werden soll, inwieweit auf dem Markt verfügbare Systeme für den Einsatz in der Gefahrenabwehr geeignet sind und wodurch ggf. deren Einsatz derzeit limitiert wird.

Im vierten und letzten Themenblock wird ein Ausblick in die Zukunft gewagt. So wird zur Debatte gestellt, wie die Entwicklung in den kommenden fünf bis zehn Jahren aus-

sehen könnte und welche neuen Einsatzschwerpunkte sich ergeben werden. Die Experten sind hier gefordert, ein zukünftiges System zu beschreiben, wie es ihrer Vorstellung entspricht. Außerdem wird danach gefragt, was sich aus Sicht der Experten nicht durchsetzen wird.

3.1.5. Durchführung der Interviews

Die Interviews wurden im Mai und Juni 2017 telefonisch durchgeführt. Im Vorwege wurden die Interviewpartner per E-Mail kontaktiert und im Anschluss an den Erstkontakt ein Termin für das telefonische Interview vereinbart.

Die Dauer der Interviews betrug zwischen 35 Minuten und 90 Minuten. Das Interview wurde nach vorheriger Zustimmung der Interviewpartner aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Während des Interviews wurden zudem die wichtigsten Aussagen schriftlich festgehalten. Das Transkript des Interviews wurde im Nachgang den Interviewpartnern vorgelegt und durch diese freigegeben. Die anonymisierten Transkripte sind Bestandteil der CD-ROM.

3.1.6. Interviewpartner

Aus den verschiedenen Bereichen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr wurden Personen interviewt, die entweder unbemannte Luftfahrtsysteme im Einsatz verwenden, strategisch oder konzeptionell mit dieser Thematik befasst sind oder in diesem Themenfeld forschen.

Dies sind aus dem Bereich des abwehrenden Brandschutzes je ein Vertreter einer Freiwilligen Feuerwehr, einer Berufsfeuerwehr und einer Werkfeuerwehr. Aus dem Bereich der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) wurde je ein Vertreter des Technischen Hilfswerks² (THW) als Behörde und der Deutschen Lebensrettungs Gesellschaft (DLRG) als Hilfsorganisation (HiOrg) befragt. Zusätzlich interviewt wurde je ein Vertreter aus dem Rettungsdienst und aus der Forschung.

Namentlich wurden interviewt

- Frau Dr. jur. Katrin Vierhuß-Schloms, Technisches Hilfswerk
- Herr Dr. Bodo Bernsdorf, Freiwillige Feuerwehr Werne
- Herr Xaver Schruhl, DLRG Landesverband Bayern
- Herr Norbert Pahlke, Berufsfeuerwehr Dortmund
- Herr Prof. Dr. Andreas Del Re, Institut für Unbemannte Systeme
- Herr Hans-Jürgen Schröter, Werkfeuerwehr Securitas

² Das Technische Hilfswerk gehört als Bundesanstalt zum Geschäftsbereich des Bundesministerium des Innern.

- Herr Walther Kohlenz, Katastrophenschutz e.V.

3.2. Marktübersicht

Um eine Übersicht der am Markt verfügbaren unbemannten Luftfahrtsysteme zu erstellen, wurden verschiedene Wege genutzt. Es wurden Datenblätter der betrachteten Systeme erstellt (siehe im Anhang: 11.2 Datenblätter Marktübersicht) um relevante Daten übersichtlich darzustellen und zu vergleichen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 5 bis 9 (siehe im Anhang: 11.4 Tabellen) aufgeführt.

Der Besuch der Fachmesse CeBit 2017 diente dazu, Grundlagenkenntnisse zu gewinnen und mit Herstellern sowie Branchenverbänden ins Gespräch zu kommen und Informationen zu erhalten. Ferner bestand so die Möglichkeit, einen Überblick über zukünftige Entwicklungen und Innovationen zu bekommen.

Im nächsten Schritt wurden mit Hilfe einer intensiven Internetrecherche Anbieter solcher Systeme und das bisher bestehende Angebot ermittelt. Im ersten Schritt geschah dies anhand von Stichwörtern über die gängigen Internet-Suchmaschinen. Hierbei ergaben sich jedoch nur wenige Treffer. In einem zweiten Schritt wurden die in den Internetauftritten mehrerer Branchen- und Interessenverbände frei einsehbaren Mitgliedsunternehmen sowie Ausstellerverzeichnisse mehrerer Fachmessen für unbemannte Luftfahrtsysteme ausgewertet. In den Vergleich einbezogen wurden Produkte von Herstellern, die den von den Experten geäußerten Anforderungen entsprachen und unbemannte Luftfahrtsysteme, die durch die Experten eingesetzt werden oder durch den Hersteller für den Einsatz in der Gefahrenabwehr („rescue & fire“, „rescue“, „civil protection“, „public safety“) benannt wurden. Auch wurden Artikel aus mehreren Fachzeitschriften ausgewertet sowie in diesen aufgeführte Systeme in die Übersicht aufgenommen.

Die frei verfügbaren Informationen zu den Produkten der einzelnen Hersteller (im Internet abrufbare Daten sowie solche aus Unternehmens- und Produktbroschüren) sind in Form der eingangs genannten Datenblätter strukturiert dargestellt.

3.3. Stakeholderanalyse

Ein Stakeholder, im Deutschen auch Anspruchsgruppe genannt, kann jede Gruppe oder auch ein Individuum sein, die bzw. das das Erreichen der Unternehmensziele beeinflusst oder selbst durch diese beeinflusst wird (Hentze/Thieß 2014: 11). Der Terminus stammt aus dem Projektmanagement und dient der Darstellung von Beziehungen zwischen den am Projekt Beteiligten (Project Management Institute 2004: 24).

Hierbei kann eine Differenzierung zwischen den einzelnen Stakeholdern nach verschiedenen Kriterien erfolgen: mächtige oder schwache, interne oder externe, starke oder gering betroffene Stakeholder. Überschneidungen sind dabei möglich (Hentze/Thieß 2014: 12). Zusätzlich kann unterschieden werden, ob dieser positiv oder negativ betroffen ist (Burke 2004: 58). Das Ergebnis kann in Form einer Grafik oder Tabelle dargestellt werden.

Zweck der Stakeholderanalyse ist die Feststellung von Anforderungen und Erwartungen, die der einzelne Stakeholder an ein Projekt hat (ebd.: 57).

Die Stakeholderanalyse identifiziert zunächst Einfluss und Interessen der verschiedenen Stakeholder und hält deren Bedarfe, Bedürfnisse und Erwartungen fest. Die Analyse wählt im nächsten Schritt die Bedarfe, Bedürfnisse und Erwartungen aus, priorisiert und quantifiziert diese, um daraus Anforderungen abzuleiten (Project Management Institute 2004: 110).

4. Begriffsbestimmung

In Bezug auf unbemannte Luftfahrtsysteme gibt es eine Vielzahl von Bezeichnungen und Beschreibungen. Aufgrund der verschiedenen Nutzungsarten und der damit verbundenen Konfigurationen, aber auch unterschiedlichen Bauweisen und physikalischen Funktionsweisen, können diese unterschiedlich klassifiziert werden. Hiervon hängt letztendlich auch die Bezeichnung ab. Das folgende Kapitel wird den Begriff des unbemannten Luftfahrtsystems in Abgrenzung zum unbemannten Luftfahrzeug definieren, einen Überblick über weitere, in diesem Zusammenhang genutzte Termini geben und eine Klassifizierung vornehmen.

Da der Bereich der unbemannten Luftfahrtsysteme maßgeblich durch das US-Militär geprägt wurde, entstammen viele Begrifflichkeiten dem Englischen. In den Erklärungen wird daher immer auch auf die englische Bezeichnung eingegangen.

4.1. Unbemanntes Luftfahrzeug

Ein unbemanntes Luftfahrzeug, im Englischen *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) oder auch *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) wird durch die Federal Aviation Administration³ beschrieben als:

*A device used or intended to be used for flight in the air that has no onboard pilot. This includes all classes of airplanes, helicopters, airships, and translational lift aircraft that have no onboard pilot. Unmanned aircraft are understood to include only those aircraft controllable in three axes and therefore, exclude traditional balloons.*⁴ (Federal Aviation Administration 2008: 4)

Der Begriff RPA findet heutzutage hauptsächlich bei der Luftwaffe der USA Anwendung und unterstreicht das Vorhandensein eines Luftfahrzeugs und eines Piloten. In der Regel wird hier ein zertifizierter und ausgebildeter Pilot am Boden eingesetzt, um Luftfahrzeuge fernzusteuern. Die Bezeichnung UAV hingegen verweist auf ein pilotenloses

³ Luftaufsichtsbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika

⁴ Eine Vorrichtung/Gerät/Mittel, dessen beabsichtigte Nutzung das Fliegen in der Luft ohne Piloten an Bord ist. Dies schließt alle Klassen/Typen von Flugzeugen, Helikoptern, Luftschiffen und Tragschraubern, die keinen Piloten an Bord haben ein. Unter unbemannte Luftfahrzeugen werden solche Luftfahrzeuge verstanden, die auf allen drei Achsen steuerbar sind, und umfassen daher nicht traditionelle Ballone.

Fluggerät. Der Ausdruck *unmanned*⁵ impliziert die Abwesenheit eines Menschen. Kontrolliert wird das Fluggerät durch Technik an Bord oder außerhalb des Fluggeräts durch z. B. eine Fernsteuerung (Dalamagkidis 2015a: 44).

Das US-Verteidigungsministerium definiert dieses ähnlich:

*A powered vehicle that does not carry a human operator, can be operated autonomously or remotely, can be expendable or recoverable, and can carry a lethal or nonlethal payload. Ballistic or semi-ballistic vehicles, cruise missiles, artillery projectiles, torpedoes, mines, satellites, and unattended sensors (with no form of propulsion) are not considered unmanned vehicles. Unmanned vehicles are the primary component of unmanned systems.*⁶ (U.S. Department of Defense. Office of the Secretary of Defense 2007: 1)

Das unbemannte Luftfahrzeug ist somit ein angetriebenes Gerät zum Fliegen, das keinen Menschen transportiert oder beinhaltet. Es wird von außen gesteuert und kontrolliert und ist auf allen drei Achsen beweglich. Es ist der Hauptbestandteil eines unbemannten Luftfahrtsystems.

Das deutsche Luftverkehrsgesetz kennt verschiedene Arten von unbemannten Luftfahrzeugen (siehe 5.1 Relevante Rechtsnormen).

Luftfahrzeuge, sowohl bemannt als auch unbemannt, können aufgrund ihrer Konstruktion und der damit verbundenen Art Auftrieb zu gewinnen, in Starrflügler und Drehflügler unterschieden werden. Entscheidend ist hier, wie der zum Fliegen nötige Auftrieb erzeugt wird, da es sich bei Fluggeräten um Objekte handelt, die schwerer als Luft sind. Zusätzlich gibt es Schwenkflügler, die Eigenschaften von Starr- und Drehflüglern verbinden. Die verschiedenen Konstruktionsarten werden im Folgenden anhand unbemannter Luftfahrzeuge vorgestellt.

Zum Fliegen wird Auftrieb benötigt. Dieser kann auf zwei Arten entstehen. Entweder geschieht dies statisch durch die Verdrängung der schweren Luftmassen durch einen Ballon oder der Auftrieb muss dynamisch erzeugt werden, wenn die Masse des Fluggerätes größer ist als die verdrängte Luftmasse (Mensen 2013: 78).

⁵ aus dem Englischen: unbemannt

⁶ Ein angetriebenes Fahrzeug, das keinen menschlichen Operator/Steuerer trägt/transportiert, autonom oder ferngesteuert operiert, wieder oder nicht wiederverwendet wird, tödliche oder nicht tödliche Nutzlast mitführen kann. Ballistische oder semi-ballistische Fahrzeuge, Marschflugkörper, Artilleriegeschosse, Torpedos, Minen, Satelliten und unbeaufsichtigte/bedienerlose Sensoren (mit keiner Form von Antrieb) werden nicht als unbemannte Luftfahrzeuge bezeichnet. Unbemannte Luftfahrzeuge sind die Hauptkomponente von unbemannten Luftfahrtsystemen.

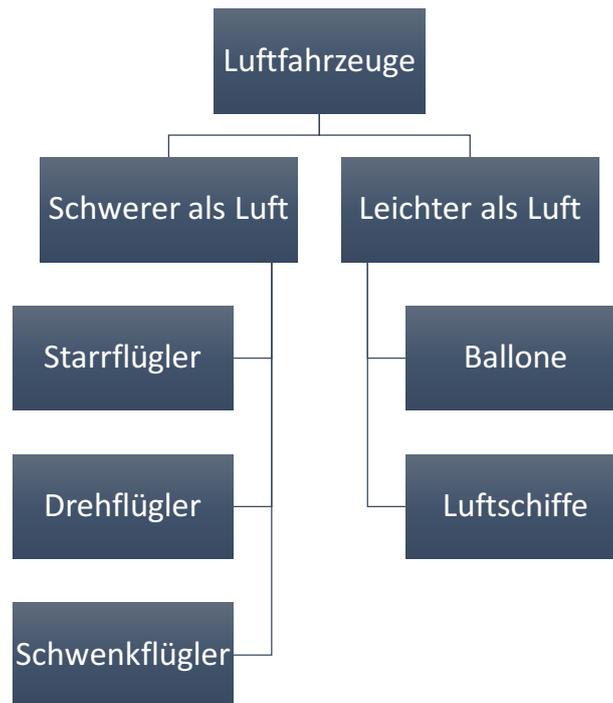


Abbildung 1 Luftfahrzeuge nach dem Prinzip schwerer oder leichter als Luft⁷

4.1.1. Starrflügler

Starrflügler, im Englischen *Fixed-Wing UAS* (befestigter Flügel), verfügen über feststehende, unbewegliche Flügel. Für den Start oder die Landung benötigen diese dementsprechend eine Start- und Landebahn (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1647; Dalamagkidis 2015a: 45). Alternativ ist der Start mittels Katapult möglich (Nonami et al. 2010: 10). Nach demselben Prinzip sind Verkehrsflugzeuge konstruiert.

An einer Tragfläche, auch Tragflügel genannt, wird aufgrund der unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten auf der Unter- und Oberseite Auftrieb erzeugt. Wird die bewegte Tragfläche umströmt, teilt sie die anströmenden Luftmassen in obere und untere Pakete. An der Oberseite ist die Strömungsgeschwindigkeit eine höhere und der Druck niedriger als an der Unterseite. Aufgrund der Gleichung von Bernoulli entsteht an der Oberseite ein Unterdruckgebiet und an der Unterseite ein Überdruckgebiet. Dies hat das Wirksamwerden der dynamischen Auftriebskraft F_A zur Folge. Am Staupunkt P wirkt der höchste Druck und die niedrigste Geschwindigkeit (Hering/Martin/Stohrer 2012: 163).

⁷ Mensen 2013: 78

Entscheidend ist nicht die Wölbung der Tragfläche, sondern der Anstellwinkel α . Ist der Anstellwinkel α größer als 15° , kommt es zu einem Strömungsabriss, hervorgerufen durch einen schlagartigen Übergang zu turbulenter Strömung (Meschede 2010: 128 f.).

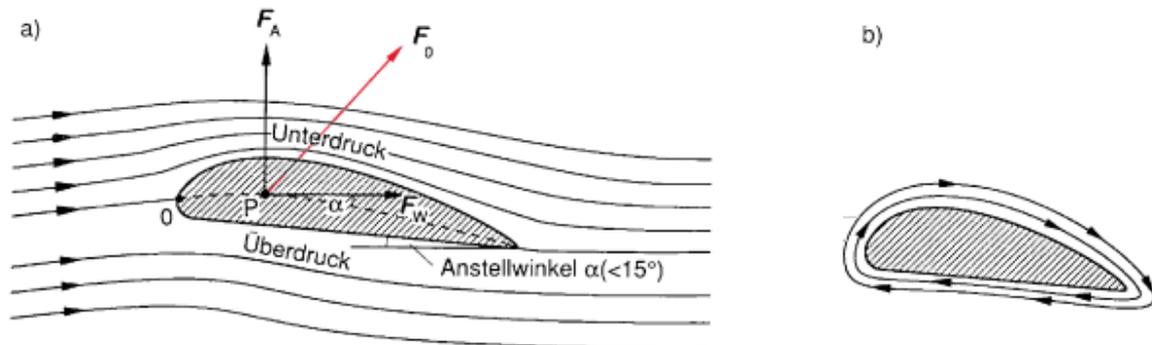


Abbildung 2 Umströmung einer Tragfläche⁸

Damit die Tragfläche umströmt werden kann, muss das Luftfahrzeug in horizontaler Richtung beschleunigt werden. Dies geschieht durch Triebwerke oder Propeller.

Durch diese Eigenschaften verfügen Starrflügler über eine große Reichweite und hohe Reisegeschwindigkeiten (Nonami et al. 2010: 10).

4.1.2. Drehflügler

Drehflügler, im Englischen *Rotary Wing* UAS oder auch *rotorcraft* UAV genannt, verfügen über bewegliche, sich drehende Flügel. Dieser Kategorie gehören z. B. Hubschrauber und Multicopter als *Rotary-Wing AV* an, da sie über einen oder mehrere Rotoren verfügen.

Es sind verschiedene Bauarten möglich: Haupt- und Heckrotor (konventioneller Hubschrauber), sich gegenläufig drehende Rotoren, Tandem-Rotoren, etc. (Nonami et al. 2010: 11).

Da der Auftrieb direkt unter dem Luftfahrzeug generiert wird und es nicht auf eine horizontale Beschleunigung angewiesen ist, ist es möglich, auf der Stelle zu schweben. Der Fachbegriff hierfür ist *hovering*. Hinzu kommt eine hohe Manövrierbarkeit (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1647). Dadurch ist es auch in der Lage, auf der Stelle zu starten und zu landen (*vertical take-off and landing* (VTOL)) (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1647). Der Verzicht auf eine Start- und Landebahn sowie die filigrane Navigation in der Luft sind ideal für Einsätze in beengten Bereichen und bei punktgenauen Landungen (Watts/Ambrosia/Hinkley 2012: 1673; Nonami et al. 2010: 10).

⁸ Hering/Martin/Stohrer 2012: 163

4.1.3. Schwenkflügler

Der Schwenkflügler, im Englischen *tiltwing* UAV, ist eine Kombination aus den beiden zuvor genannten Arten. Der Auftrieb wird wie bei einem Starrflügler durch die Bewegung und die Tragflächen erzeugt. Durch das Drehen der Tragflächen um die horizontale Achse sind senkrechte Starts und Landungen (VTOL) möglich. Durch diese Kombination sind sowohl VTOL als auch große Reichweiten bei hohen Geschwindigkeiten möglich.

4.2. Unbemanntes Luftfahrtsystem

In Abgrenzung zu dem unbemannten Luftfahrzeug wird das unbemannte Luftfahrtsystem von der European Aviation Safety Agency (EASA) folgendermaßen definiert:

An Unmanned Aircraft System (UAS) comprises individual system elements consisting of an “unmanned aircraft”, the “control station” and any other system elements necessary to enable flight, i.e. “command and control link” and “launch and recovery elements”. There may be multiple control stations, command & control links and launch and recovery elements within a UAS.⁹ (European Aviation Safety Agency 2009: 3)

Das unbemannte Luftfahrtsystem besteht somit aus dem unbemannten Luftfahrzeug und der zugehörigen Ausstattung. Es transportiert keinen menschlichen „operator“, sondern fliegt autonom oder ferngesteuert. Das unbemannte Luftfahrtsystem muss in einem systemischen Kontext gesehen werden, der neben dem eigentlichen Luftfahrzeug die Komponenten Nutzlast, Kontrollstation, Kommunikationsverbindung(en) und den Menschen enthält (s. Abbildung 3). Das Gesamtsystem kann in drei Einzelsysteme gegliedert werden (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1646):

- command system
- control system
- communications system

⁹ Ein unbemanntes Luftfahrtsystem umfasst individuelle Systemelemente, bestehend aus dem ‚unbemannten Luftfahrzeug‘, der ‚Kontrollstation‘ und allen anderen Systemelementen, die das Fliegen ermöglichen, z. B. ‚Steuer- und Kontrollverbindung‘ und ‚Einrichtungen zum Start und zur Rückführung‘. Es können mehrere Kontrollstationen, Steuer- und Kontrollverbindungen sowie Einrichtungen zum Start und zur Wiedergewinnung innerhalb eines unbemannten Luftfahrtsystems existieren.

Zu dem *command system* werden die Einrichtungen gezählt, die zur Übermittlung von Befehlen an das unbemannte Luftfahrtgerät nötig sind, wie z. B. die Anweisungen zum Flug, Richtungsänderung, Befehle von der Bodenstation.

Das *control system* umfasst die Einrichtungen, die die Kontrolle des unbemannten Luftfahrzeugs ermöglichen. Dies sind Einrichtungen zur Navigation und Sensoren wie Accelerometer, Höhenmesser, Gyrometer oder Magnetometer.

Dem *communication system* sind alle Systeme zur Übermittlung und Übertragung von Daten zugehörig, wie z. B. der Datenlink, durch den die von einer eingebauten Kamera gemachten Aufnahmen an die Bodenstation gesendet werden.

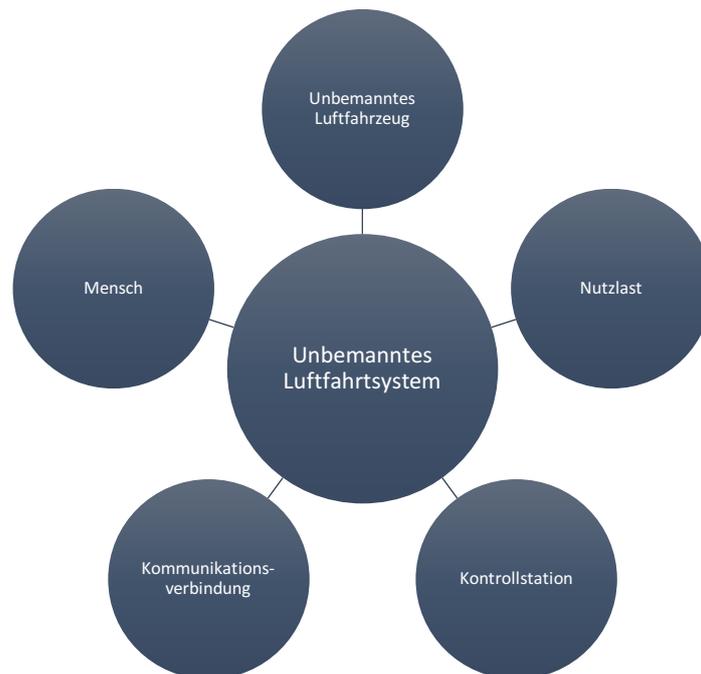


Abbildung 3 Systemkomponenten eines unbemannten Luftfahrtsystems¹⁰

4.2.1. Nutzlast

Die Nutzlast, im Englischen *Payload*, beschreibt die zusätzliche Ausstattung eines UAS. Es handelt sich um Ausrüstung oder Gegenstände, die zur Erfüllung der übertragenen Aufgaben und zur Erfüllung der Mission mitgeführt werden, und umfasst alle Elemente des unbemannten Luftfahrzeugs, die nicht für das Fliegen erforderlich sind (Joint Air Power Competence Centre 2010: 22). Dies können Kommunikationseinrichtungen,

¹⁰ in Anlehnung an Joint Air Power Competence Centre 2010: 3

Sensoren, Fracht oder im militärischen Bereich auch Waffensysteme sein. Diese Elemente können sowohl außen am Luftfahrzeug befestigt als auch im Inneren verbaut sein (Joint Air Power Competence Centre 2010: 4).

4.2.2. Kontrollstation

Die Kontrollstation wird auch Bodenstation oder *Ground Control Station* (GCS) genannt (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1646). Von dieser wird das unbemannte Luftfahrzeug gesteuert, kontrolliert oder überwacht. Die Kontrollstation enthält die Einrichtungen, die für die menschliche Kontrolle eines unbemannten Luftfahrzeuges notwendig sind. Ihre Größe kann hierbei zwischen einer kleinen Fernsteuerung und einer großen, in sich geschlossenen Einheit mit mehreren Arbeitsplätzen variieren (Brungardt/Barnhart 2016: 47 f.).

4.2.3. Kommunikationsverbindung

Die Kommunikationsverbindung, im Englischen *data link*, stellt die Verbindung zwischen dem unbemannten Luftfahrzeug und der Kontrollstation her. Beide können jeweils als Sender (Transmitter), aber auch als Empfänger (Receiver) in Erscheinung treten. Hierbei erfüllt die Kommunikationsverbindung zwei wichtige Aufgaben: Durch den *Uplink* werden Informationen oder Befehle von der Kontrollstation, möglicherweise auch via Satellit, an das UAV gesendet. Mit dem *Downlink* werden Daten, zum Beispiel Positionsangaben, Daten der Payload-Sensorik und Telemetriesysteme vom UAV an die Kontrollstation übermittelt (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1648).

4.2.4. Mensch

Das wichtigste Element des unbemannten Luftfahrtsystems ist der Mensch. Derzeit wird dieser für die Steuerung und Überwachung des UAV benötigt. In diesem Zusammenhang ist nicht nur der Pilot an sich, sondern auch der Bediener oder Auswerter von Sensorik und Nutzlast gemeint (Brungardt/Barnhart 2016: 53).

4.3. Klassifizierung unbemannter Luftfahrtsysteme

Kategorisiert oder klassifiziert werden können unbemannte Luftfahrtsysteme nach ihrer Kapazität oder Größe. Manche Systeme können jedoch auch mehreren Kategorien zugeordnet werden, da die Übergänge zum Teil fließend sind (Austin 2011: o. S.). Des Weiteren ist eine Klassifizierung aufgrund des maximalen Startgewichts oder auch der maximalen Startmasse (im Englischen *maximum take off weight* (MTOW)), der Operationsbedingungen (*operating conditions*), des Autonomiegrads, der operativen Flughöhe, der Art des genutzten Luftraums oder aufgrund rechtlicher oder kommerzieller Gesichtspunkte möglich (Dalamagkidis 2015b: 83). Möglich ist auch eine Trennung

zwischen der grundlegenden Funktionsweise oder nach der Art der Steuerung (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1648).

Die Klassifizierungskategorien sind zumeist auf militärische Systeme ausgelegt und nur die wenigsten Kategorien finden in der zivilen Nutzung Anwendung.

Zuallererst kann nach der grundlegenden Funktionsweise und der Gewinnung von Auftrieb zwischen den in Abschnitt 4.1 Unbemanntes Luftfahrzeug eingeführten *Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle* und dem *Rotary-Wing Unmanned Aerial Vehicle* unterschieden werden.

Aus dem militärischen Bereich heraus hat sich die folgende Klassifizierung etabliert, die sich an maximaler Flughöhe, der Reichweite und der maximalen Startmasse (MTOW) orientiert:

HALE (*High altitude long endurance*): Hierbei handelt es sich um die sowohl größten als auch komplexesten UAV/UAS, die in großer Flughöhe und mit großer Reichweite bzw. langandauernder Flugzeit fliegen (Watts/Ambrosia/Hinkley 2012: 1673). Sie operieren in einer Flughöhe von 15.000 bis 20.000 m und verfügen mit einer maximalen Flugzeit von 24 bis 48 Stunden über eine Reichweite von mehreren tausend Kilometern (Austin 2011: o. S.; de Fátima Bento 2008: 55; Watts/Ambrosia/Hinkley 2012: 1673; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653). Das maximale Startgewicht (MTOW) beträgt zwischen 2.500 und 12.500 kg (de Fátima Bento 2008: 55). Hierdurch sind diese besonders geeignet für lange Aufklärungs- und Überwachungseinsätze, die global geführt werden können. Die Steuerung und Überwachung erfolgt von festen Basen aus. Systeme dieser Art werden ausschließlich von Luftstreitkräften eingesetzt (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653). Beispiele sind *Global Hawk*, *Raptor*, *Predator B/C* (de Fátima Bento 2008: 55).

MALE (*Medium altitude long endurance*): Sie ähneln den HALE, operieren jedoch auf einer geringeren Flughöhe von 5.000 bis 15.000 m (Austin 2011: o. S.) bzw. 5.000 bis 8.000 m (de Fátima Bento 2008: 55). Die Flugzeit beträgt 24 Stunden und kann in Ausnahmefällen bis zu 48 Stunden betragen (Austin 2011: o. S.; de Fátima Bento 2008: 55). Mit einem MTOW von 1.000 bis 1.500 kg sind sie deutlich leichter und somit kleiner als HALE (de Fátima Bento 2008: 55). Auch sie werden von festen Basen aus gesteuert und überwacht (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653). Der Aktionsradius ist mit etwa 500 km deutlich geringer als der der HALE (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653).

TUAV (*Tactical UAV* oder *Medium Range UAV*): Dies sind einfachere Systeme als MALE oder HALE und verfügen über eine Reichweite von 100 bis 300 km auf einer Flughöhe von bis zu 5.000 m (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653).

MUAV (*Mini UAV*): Hierbei handelt es sich um Fluggeräte unterhalb einer nicht festgelegten maximalen Startmasse, von der 20 kg angenommen werden können (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653). Der Operationsradius beträgt bis zu 30 km und aufgrund des geringen Gewichts kann der Start aus der Hand möglich sein (Austin 2011: o. S.).

MAV (*Micro UAV*) auch **NAV** (*Nano Air Vehicle*): Es ist ursprünglich durch eine Spannweite geringer als 150 mm, geringe Fluggeschwindigkeit und die Fähigkeit zum *hovering* charakterisiert (Austin 2011: o. S.). Bedingt durch das geringe MTOW von z.T. 0,1 kg ergibt sich aufgrund kleiner Akkus eine Flugzeit von 5 bis 30 Minuten, aber nicht mehr als einer Stunde (de Fátima Bento 2008: 55; Watts/Ambrosia/Hinkley 2012: 1673). Sie sind ideal für den Einsatz im urbanen Raum, da sie auch in Gebäuden eingesetzt werden können (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1653).

Auch andere Möglichkeiten der Klassifizierung sind möglich. So klassifiziert die NATO unbemannte Fluggeräte nach ihrem Gewicht in drei Klassen:

Class I mit weniger als 150 kg MTOW

Class II mit 150 bis 600 kg MTOW

Class III mit mehr als 600 kg MTOW

Class I und III können jeweils nach ihrer maximalen Flughöhe unterteilt werden, sodass die zuvor genannten Gruppen auch hier Anwendung finden (Joint Air Power Competence Centre 2010: 6).

Eine weitere Möglichkeit der Klassifizierung ist die Unterscheidung nach der Art der Steuerung, verbunden mit dem Grad der Autonomie. Nach Gupta/Ghonge/Jawandhiya (2013: 1648) kann zwischen folgenden Arten unterschieden werden:

Ground control: Luftfahrzeuge benötigen eine konstante Verbindung mit dem Operator und werden von diesem in Echtzeit gesteuert.

Semi-autonomous: Durch die Verwendung von sogenannten *guidance systems* ist ein semi-automatischer Flug möglich. Die Steuerung vom Boden ist nur während kritischer Flugphasen wie dem Start und der Landung sowie Ausweichmanövern nötig. Ist das Luftfahrzeug in der Luft, kann ein Autopilot aktiviert werden und das UAV folgt vorher festgelegten Wegpunkten. Der Operator ist jederzeit in der Lage, die Kontrolle zu übernehmen.

Fully-autonomous: Für den vollständig autonomen Flug ist theoretisch keinerlei „menschlicher Input“ notwendig. Das System kann selbstständig seinen eigenen Zustand sowie Status und Konfiguration überwachen. Eine vorprogrammierte Route wird selbstständig abgeflogen.

5. Rechtliche Situation

5.1. Relevante Rechtsnormen

Unbemannte Luftfahrtgeräte gelten als Teilnehmer am Luftverkehr und unterliegen somit in der Bundesrepublik Deutschland dem Luftverkehrsgesetz (LuftVG), der Luftverkehrsordnung (LuftVO) und der Luftverkehrszulassungsverordnung (LuftZVO). Die Nutzung des Luftraums ist gem. § 1 LuftVG im Grundsatz frei, soweit keine gesetzlichen Beschränkungen existieren (Brahms/Maslaton 2016: 1127).

Das LuftVG ist von Relevanz, da es den Unterschied zwischen unterschiedlichen unbemannten Luftfahrzeugen wie Ballonen, Flugmodellen und unbemannten Luftfahrtsystemen (§ 1 Abs. 2 LuftVG) nennt. Ob es sich bei einem unbemannten Luftfahrzeug um ein Flugmodell (RF-Flugzeug, ferngesteuerter Hubschrauber, Model-Segelflugzeug, etc.) oder ein unbemanntes Luftfahrtsystem handelt, wird an dem Nutzungszweck festgemacht. Wird beispielsweise ein umgangssprachlich *Drohne* genanntes Luftfahrzeug (z. B. Multicopter) zu Zwecken des Sports oder der Freizeitgestaltung eingesetzt, gilt dieses als Flugmodell.

Als unbemannte Luftfahrtsysteme „gelten unbemannte Fluggeräte einschließlich ihrer Kontrollstation, die nicht zu Zwecken des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden“. Wird das Fluggerät, auch umgangssprachlich *Drohne* genannt, nicht für Freizeit Zwecke genutzt, gelten die Voraussetzungen des § 4 LuftVG und es ist eine explizite Erlaubnis zum Führen erforderlich (Brahms/Maslaton 2016: 1128). Da der Begriff *Kontrollstation* nicht weiter konkretisiert wird, gehen Brahms und Maslaton davon aus, dass diese den an übrige Luftfahrzeuge gestellten Anforderungen genügen muss (Brahms/Maslaton 2016: 1127).

Auch regelt das LuftVG, wer Luftfahrzeuge führen und bedienen darf. So hat die Person ein vorgeschriebenes Mindestalter zu erfüllen und ihre Tauglichkeit nachzuweisen. Zusätzlich dürfen keine Tatsachen vorliegen, die den Bewerber unzuverlässig erscheinen lassen und somit Zweifel an der Zuverlässigkeit¹¹ nach § 7 Luftsicherheitsgesetz (LuftSiG) bestehen (§ 4 LuftVG).

Die LuftVZO befreit unbemannte Luftfahrtsysteme von einer Musterzulassung (vgl. § 1 Abs. 4 LuftVZO). Unbemannte Luftfahrtsysteme ab einer Startmasse von mehr als

¹¹ Zuverlässigkeit ist unter anderem nicht gegeben: Aufgrund einer Straftat, die mit mehr als 60 Tagessätzen bestraft wurde, einer Freiheitsstrafe von mindestens einem Jahr, die nicht länger als zehn Jahre zurückliegt, einer Alkohol-, Rauschmittel- oder Medikamentenabhängigkeit sowie Sachverhalte, aus denen sich eine Erpressbarkeit durch Dritte ergibt.

0,25 kg müssen an einer sichtbaren Stelle Name und Anschrift des Eigentümers tragen. Die Beschriftung muss in dauerhafter und feuerfester Ausführung erfolgen. (§19 Abs. 3 LuftVZO) Der Verstoß stellt eine Ordnungswidrigkeit gem. § 108 Abs. 1 Nr. 3 LuftVZO dar.

Während in der Vergangenheit die Nutzung des Luftraums durch unbemannte Luftfahrzeuge einer Aufstiegserlaubnis der zuständigen Landesluftfahrtbehörde bedurfte und somit die rechtskonforme Nutzung von unbemannten Luftfahrtsystemen für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben im Einsatz unmöglich machte, wird dieses mittlerweile möglich¹². Mit der Gesetzesnovelle *Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten*, umgangssprachlich und in der Presse als *Drohnenverordnung* bezeichnet, vom 30 März 2017 (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 17) wird diesem Abhilfe geschaffen.

Durch diese Verordnung wurden mehrere Paragraphen der LuftVZO und der LuftVO geändert. Die Änderungen sind im Folgenden beschrieben.

Unbemannte Luftfahrtsysteme und Flugmodelle bedürfen weiterhin einer Erlaubnis bei einer maximalen Startmasse von 5 kg. Diese Erlaubnis ist ebenfalls erforderlich, sofern das unbemannte Luftfahrtsystem über einen Raketenantrieb verfügt, die Nutzung eines Verbrennungsmotors in weniger als 1,5 km Entfernung zu einem Wohngebiet erfolgt oder der Betrieb mit einer Entfernung von weniger als 1,5 km von der Begrenzung eines Flugplatzes erfolgt. Auch das Fliegen bei Nacht erfordert eine Erlaubnis. (§ 21a Abs. 1 LuftVO) Mit der Begrenzung der Startmasse trägt der Gesetzgeber der daraus folgenden größeren maximalen Batteriekapazität und somit auch höheren maximalen Flughöhe Rechnung, da ein Vordringen in Höhen der bemannten Luftfahrt möglich ist. Zusätzlich wird bei einem Vogelschlag-Szenario, das mit einer Kollision zwischen unbemanntem Luftfahrzeug und Flugzeug vergleichbar wäre, von einem 3,5 kg schweren Vogel ausgegangen (Bundesrat 2017: 19).

Generell verboten bleiben unbemannte Luftfahrtsysteme mit einer Startmasse von über 25 kg. Die zuständige Behörde kann jedoch eine Ausnahme erteilen, z. B. für land- oder forstwirtschaftliche Zwecke (§ 21b Abs. 2 LuftVO) (Bundesrat 2017: 28).

Trifft bemannte Luftfahrt auf unbemannte, haben unbemannte Luftfahrtsysteme jederzeit bemannten Luftfahrzeugen und unbemannten Freiballonen auszuweichen. (vgl. § 21f LuftVO)

¹² Im Abschnitt 5.2 *Entwicklung der rechtlichen Ausgangssituation* wird der vorherige Stand beschrieben.

5.1.1. Kenntnissnachweis

Steuerer von unbemannten Fluggeräten mit einer Startmasse von mehr als 2 kg müssen ab dem 1. Oktober 2017 gemäß der *Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten* Kenntnisse in den folgenden Bereichen nachweisen:

- Anwendung und Navigation von Fluggeräten
- Kenntnisse der einschlägigen luftrechtlichen Grundlagen
- Kenntnisse der örtlichen Luftraumordnung

Hierfür ist z. B. eine Prüfung bei einer anerkannten Stelle (nach § 21 d) notwendig (§ 21a Abs. 4 LuftVO).

Die Bescheinigung zum Nachweis ausreichender Kenntnisse stellt eine durch das Luftfahrt-Bundesamt anerkannte Stelle aus. Diese muss über qualifizierte Personen verfügen, unter anderem Maßnahmen zur Qualitätssicherung treffen sowie durch einen geeigneten Prüfungsumfang die Qualifikation des Steuerers feststellen (§ 21d Abs. 2 LuftVO).

Als Nachweis gilt neben einer vor der o. g. anerkannten Stelle bestandenen Prüfung auch die Einweisung durch einen beauftragten Luftsportverein oder die Erlaubnis als Luftfahrzeugführer (Pilotschein). Bewerber müssen das 16. Lebensjahr vollendet haben.

5.1.2. Überflugverbote

Verboten ist der Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen und Flugmodellen unter anderem über und innerhalb eines seitlichen Abstandes von 100 m von

- Menschenansammlungen¹³
- Unglücksorten, Katastrophengebieten, Einsatzorten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)
- Industrieanlagen
- Justizvollzugsanstalten
- militärischen Anlagen und Organisationen
- Anlagen der Energieerzeugung und -verteilung
- Einrichtungen der Schutzstufe 4 nach Biostoffverordnung
- Grundstücken der Verfassungsorgane des Bundes und der Länder

¹³ Menschenansammlung: „eine räumliche vereinigte Vielzahl von Menschen [...], d.h. eine so große Personenmehrheit, dass ihre Zahl nicht sofort überschaubar ist und es auf das Hinzukommen oder Weggehen eines Einzelnen nicht mehr ankommt. Bei einer Anzahl von mehr als zwölf Personen ist regelmäßig von einer solchen Menschenansammlung auszugehen.“ (Bundesrat 2017: 23)

- Grundstücken von obersten und oberen Bundes- und Landesbehörden
- Grundstücken von diplomatischen und konsularischen Vertretungen, internationalen Organisationen im Sinne des Völkerrechtes
- Liegenschaften von Polizei und anderen Sicherheitsbehörden
- Bundesfernstraßen, Bundeswasserstraßen und Bahnanlagen
- Begrenzung von Krankenhäusern (vgl. § 21b Abs. 1 LuftVO)

Verboten ist ebenfalls der Überflug von Wohngrundstücken, wenn das Fluggerät eine Startmasse größer als 0,25 kg hat oder über Ausrüstung verfügt, die optische, akustische oder Funksignale empfangen, übertragen oder aufzeichnen kann. Der Betrieb ist in den genannten Bereichen möglich, sofern die ausdrückliche Zustimmung des Betreibers bzw. Besitzers vorliegt.

Verboten ist nicht nur der Transport von Explosivstoffen, radioaktiven Stoffen und Stoffen der Risikogruppen 2 bis 4 (gem. § 3 Abs. Biostoffverordnung), sondern auch der Transport von „Gegenständen, Flüssigkeiten oder gasförmigen Substanzen, die geeignet sind, bei Abwurf oder Freisetzung Panik, Furcht oder Schrecken bei Menschen hervorzurufen“ (§ 21b Abs. 1 Nr. 10 LuftVO).

Verboten ist auch das Überfliegen von Naturschutzgebieten und Nationalparks sowie der Flug mit einer Startmasse von weniger als 5 kg außerhalb der Sichtweite¹⁴. Die maximal erlaubte Flughöhe beträgt 100 m über Grund.

Unter „nicht außerhalb der Sichtweite“ ist die Steuerung mit Hilfe eines visuellen Ausgabegerätes (z. B. einer Videobrille) zu verstehen. Hierfür ist unterhalb von 30 m Flughöhe über Grund zu fliegen und der Steuerer muss von einer weiteren Person, die das Fluggerät ständig in Sichtweite hat und den Luftraum beobachten kann, auf Gefahren hingewiesen werden. Die zulässige Startmasse des Luftfahrzeugs darf maximal 0,25 kg betragen. (§ 21b Abs. 1 LuftVO)

5.1.3. Ausnahmen für BOS

Keiner Erlaubnis nach § 21a Abs. 1 LuftVO bedarf der Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen, wenn dieser durch eine Behörde zur Erfüllung ihrer Aufgaben stattfindet oder bei der Nutzung durch „Organisationen mit Sicherheitsaufgaben im Zusammenhang mit Not- und Unglücksfällen sowie Katastrophen“ (§ 21a Abs. 2 LuftVO). Zu den Organisationen mit Sicherheitsaufgaben gehören Feuerwehren und Organisationen des Rettungsdienstes sowie des Zivil- und Katastrophenschutzes (Bundesrat 2017: 20).

¹⁴ Sichtweite: „Betrieb erfolgt außerhalb der Sichtweite des Steuerers, wenn der Steuerer das unbemannte Fluggerät ohne besondere optische Hilfsmittel nicht mehr sehen oder seine Fluglage nicht mehr eindeutig erkennen kann.“ (§ 21b Abs. 1 Satz 2 LuftVO)

Dies gilt auch, wenn der Betrieb unter der Aufsicht von Behörden und Organisationen stattfindet, die Behörde oder Organisation also kein eigenes System nutzt, sondern sich eines zur Verfügung stellen lässt (Bundesrat 2017: 20).

Daher gelten die in Abschnitt 5.1.2 beschriebenen Überflugverbote für BOS nicht. Ausgenommen sind diese auch von dem Nachweis der Kenntnisse (§ 21a Abs. 4 Luft VO) in Abschnitt 5.1.1.

Hierzu können auch Szenarien gezählt werden, die „präventiv dazu dienen können, den Unglücksfall oder die Katastrophe zu vermeiden bzw. bei deren tatsächlichen Eintritt schneller und effektiver handeln zu können“ (Bundesrat 2017: 20). Hier wird das Beispiel der Lageerkundung bei Großveranstaltungen angeführt.

Zusätzlich sind Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben von den Verboten in den Bereichen nach § 21b Abs. 1 LuftVO befreit. Dies gilt explizit auch für Ausbildungs- und Übungszwecke, da diese zur „effektiven Erfüllung ihrer staatlichen bzw. besonderen Aufgaben“ unter Realbedingungen stattfinden müssen (Bundesrat 2017: 23).

Grundsätzlich wird bei unbemannten Luftfahrzeugen, also Luftfahrzeugen ohne menschliche Besatzung, begrifflich zwischen Flugmodellen, wenn sie zur Ausübung eines Hobby oder zur Freizeitgestaltung genutzt werden, und unbemannten Luftfahrtsystemen, sobald keine Nutzung für Freizeit Zwecke erfolgt, unterschieden. Von dieser Einordnung ist die Anwendbarkeit und der Erfüllungszwang von weiteren Gesetzen und Verordnungen abhängig. Dies gilt auch für die bemannte Luftfahrt.

Tabelle 1 Einschränkungen und Vorgaben nach Startmasse

Startmasse (MTOW)	Kennzeichnungspflicht	Flug außerhalb der Sichtweite	Kenntnisnachweis	Erlaubnispflicht	Maximale Flughöhe
unter 0,25 kg	nein	ja	nein	nein	100 m über Grund
über 0,25 kg	ja	nein	nein	nein	
ab 2 kg	ja	nein	ja	nein	
ab 5 kg	ja	nein	ja	ja	
über 25 kg	generelles Verbot, tendenziell genehmigungsfähig				

5.2. Entwicklung der rechtlichen Ausgangssituation

Durch die im Wesentlichen Gleichbehandlung von Flugmodellen und unbemannten Luftfahrtsystemen aufgrund der vergleichbaren Betriebsgefahr, resultieren einerseits Beschränkungen für den Betrieb von Flugmodellen (Kenntnisnachweis bei maximaler Startmasse von mehr als 2 kg) und andererseits Erleichterungen für den Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen (Wegfall der generellen Erlaubnispflicht). Mit der Gesetzesnovelle *Verordnung zur Regelung des Betriebes von unbemannten Fluggeräten* vom 30. März 2017 wird den unklaren Rechtsbegriffen und dem Nachteil für BOS Rechnung getragen. Vor der Neuordnung ergaben sich in der Praxis regelmäßig Rechtsunsicherheiten im Blick auf die Klassifizierung von unbemannten Fluggeräten zu Zwecken des Sports und der Freizeitgestaltung (Bundesrat 2017: 20). Im Folgenden wird kurz auf die rechtliche Situation vor der Gesetzesnovelle eingegangen.

In § 16 Abs. 1 Nr. 7 LuftVO (Fassung von 1999, zuletzt geändert 2010) heißt es, dass „der Aufstieg von unbemanntem Luftfahrtgerät“ zur Nutzung des Luftraums einer Erlaubnis bedarf. Luftfahrzeuge „sind [...] sonstige für die Benutzung des Luftraums bestimmte Geräte, sofern sie in Höhen von mehr als dreißig Metern über Grund oder Wasser betrieben werden können.“ (§1 Abs. 2 Nr. 11 LuftVG) Die Aufstiegserlaubnis muss von der zuständigen Landesluftfahrtbehörde erteilt werden. Aufgrund der föderativen Strukturen in Deutschland gibt es 23 Landesluftfahrtbehörden¹⁵, die eine solche Erlaubnis erteilen können.

Mit den vom Luftfahrt-Bundesamt herausgegebenen *Gemeinsame[n] Grundsätze[n] des Bundes und der Länder für die Erteilung der Erlaubnis zum Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen gemäß § 16 Absatz 1 Nummer 7 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)* (Nachrichten für Luftfahrer (NfL), NfL-I-161-12, 28.06.2012) wurde den Landesluftfahrtbehörden eine „praktische Orientierungshilfe an die Hand“ gegeben (NfL 161-12) für die Erlaubnis des Aufstiegs von unbemannten Luftfahrtsystemen, „die in Sichtweite des Steuerers, nicht ausschließlich zum Zwecke des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden,“ (NfL 161-12) sofern diese die maximale Flughöhe von 100 m über Grund nicht übersteigen und ihre Gesamtmasse maximal 25 kg beträgt.

¹⁵ Die 23 Landesluftfahrtbehörden teilen sich auf in: 4 für Baden-Württemberg, 2 für Bayern, 1 gemeinsame für Berlin und Brandenburg, 1 für Bremen, 1 für Hamburg, 2 für Hessen, 1 für Mecklenburg-Vorpommern, 2 für Niedersachsen, 2 für Nordrhein-Westfalen, 1 für Rheinland-Pfalz, 1 für Saarland, 1 für Sachsen, 1 für Sachsen-Anhalt, 1 für Schleswig-Holstein, 1 für Thüringen (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2016: o. S.)

Die Abgrenzung zwischen Flugmodell und unbemanntem Luftfahrtsystem erfolgt zu diesem Zeitpunkt bereits über den Zweck der Nutzung. Die Nutzung zur Freizeitgestaltung ist durch die Regelungen für Flugmodelle abgedeckt. Unabhängig vom Gewicht ist der Betrieb erlaubnispflichtig. Die in der NfL 161-12 veröffentlichten *Gemeinsamen Grundsätze* unterscheiden zwischen *Allgemeinerlaubnis zum Aufstieg* und *Einzelerelaubnis zum Aufstieg*.

Eine *Allgemeinerlaubnis* konnte für unbemannte Luftfahrtsysteme ohne Verbrennungsmotor bis zu einer Startmasse von bis zu 5 kg erteilt werden, sofern der Betrieb u. a. nicht über Menschenansammlungen, Unglücksorten, Katastrophengebieten und Einsatzorten von Polizei oder Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) sowie Industrieanlagen und Kraftwerken erfolgte.

Für unbemannte Luftfahrtsysteme mit Verbrennungsmotor und einer Startmasse von über 5 kg oder einem beabsichtigten Aufstieg mit „erhöhtem Gefährdungspotential“ konnte nur eine Einzelerelaubnis erteilt werden, d. h. vor jedem Betrieb oder Start musste eine Aufstiegserlaubnis beantragt werden.

Unabhängig von der Art der Erlaubnis hatte der Erlaubnisinhaber ein Flugbuch zu führen und eine ausreichende Haftpflichtversicherung nachzuweisen.

Diesen Grundsätzen (NfL I-161-12) folgten die *Gemeinsame[n] Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung der Erlaubnis zum Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen gemäß § 16 Absatz 1 Nummer 7 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)* (NfL I-281-13, 26.12.2013), durch welche die NfL I-161-12 ersetzt wurde, ergänzt um ein Verbot des Betriebes in Luftsperrgebieten und Gebieten mit Flugbeschränkungen (siehe auch Abschnitt 5.3 *Luftraum*). Seitdem gilt nicht nur die Einzelerelaubnis für unbemannte Luftfahrtsysteme über 5 kg Startmasse, sondern auch die Einzelerelaubnis für diese bei einem MTOW von über 25 kg möglich.

Im Juli 2016 ersetzte die *Neufassung der Gemeinsamen Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung der Erlaubnis zum Aufstieg von unbemannten Luftfahrtsystemen gemäß § 20 Absatz 1 Nummer 7 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)* (NfL I-786-16, 20.07.2016) die NfL I-281-13. Neu ist zum einen der Wegfall einer Begrenzung der Flughöhe auf 100 m über Grund, zum anderen können Betreiber unbemannter Luftfahrtsysteme bis 10 kg (sofern ohne Verbrennungsmotor) eine Allgemeinerlaubnis erhalten. Die Bereiche, über denen der Betrieb verboten ist, werden ergänzt um die Kritischen Infrastrukturen (KRITIS).

Diese Vorgaben galten bis zur Veröffentlichung der *Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten* auch für BOS. Da zur Erfüllung der Aufgaben und

effektiven Nutzung der Betrieb über „Unglücksorten, Katastrophengebieten und anderen Einsatzorten“ nötig ist, wäre dies nur über Einzelerlaubnis möglich, die für jeden einzelnen Einsatz einen Antrag vorsah.

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von unbemannten Fluggeräten außerhalb der Freizeitgestaltung gewannen diese an Bedeutung und die Zahl der eingehenden Anträge auf „Erlaubnis eines Aufstiegs“ nahmen zu (Bundesrat 2017: 12).

Die immer stärkere Verbreitung von unbemannten Luftfahrtsystemen, insbesondere zu Zwecken der Freizeitgestaltung, aber auch immer mehr bei kommerzielle Anwendungen erfordert gesetzliche Regulierung. In Deutschland sind nach Schätzung der Deutschen Flugsicherung etwa 400.000 Drohnen im privaten oder kommerziellen Einsatz (Clören/Jurran 2017: 40). Diese erforderliche gesetzliche Regelung wurde mit der *Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten* vom 30. März 2017 umgesetzt.

5.3. Luftraum

Im Gegensatz zu Straßen und Wasser- oder Schienenwegen ist der Luftraum dreidimensional aufgebaut. Um eine gemeinsame und sichere Nutzung durch die gewerbliche, allgemeine und militärische Luftfahrt sicherzustellen, ist der Luftraum in verschiedene Luftraumklassen unterteilt. Diese unterscheiden sich durch die darin vorgeschriebenen Flugregeln (Deutsche Flugsicherung 2017: 12).

Die heute weltweit anerkannten Regeln basieren auf dem Annex 2 der ICAO-Konvention „Rules of the Air“. Aufgrund nationaler Besonderheiten unterscheiden sich die Lufträume einzelner Staaten lediglich in ihren Dimensionen oder Ausprägungen, wie den unterschiedlichen Verkehrsbedürfnissen oder der Topografie (Mensen 2013: 511).

Die Rechtsgrundlagen für den deutschen Luftraum sind im LuftVG und der LuftVO festgehalten. Wie in Abschnitt 5.1 beschrieben, ist die Benutzung des Luftraums grundsätzlich frei, sofern diese nicht durch Gesetze, Verordnungen oder andere Rechtsvorschriften beschränkt wird.

Der Luftraum kann in vertikaler Ausdehnung in den Unteren Luftraum (Erdoberfläche bis FL 245 (24.500 ft = ca. 7300 m)) und den Oberen Luftraum (oberhalb FL 245) unterteilt werden (Mensen 2013: 512). Des Weiteren kann zwischen Kontrolliertem und Unkontrolliertem Luftraum unterschieden werden. Der Kontrollierte Luftraum erstreckt sich von 2.500 ft¹⁶ über Grund bis FL 660 (entspricht 66.000 ft). Im Nahbereich kann die Untergrenze auch 1700 ft oder 1.000 ft über Grund betragen (Mensen 2013: 512).

¹⁶ 10 ft entsprechen 3,048 m

Die Luftraumklassen A, B, C, D, E¹⁷ gehören zum Kontrollierten Luftraum. Die Kategorisierung hängt von der Komplexität und Dichte der Flugbewegungen, der Art der durchgeführten Tätigkeiten, dem geforderten Sicherheitsniveau und dem nationalen und öffentlichen Interesse ab (Federal Aviation Administration 2015: 3-1-1). In den Luftraumklassen C und D ist eine Kontrollfreigabe, also die Erlaubnis zur Nutzung des Luftraums erforderlich. Zusätzlich wird der Luftraum D unterschieden, sofern eine Kontrollzone vorliegt (Deutsche Flugsicherung 2016a: o. S.). Kontrollzonen (Control Zone, CTR) sind Kontrollierte Lufträume, die Flugplätze umgeben und dem Schutz der startenden und landenden Flugzeuge dienen. In vertikaler Ausdehnung reichen diese vom Erdboden bis zu einer jeweils definierten Höhe (Mensen 2013: 528).

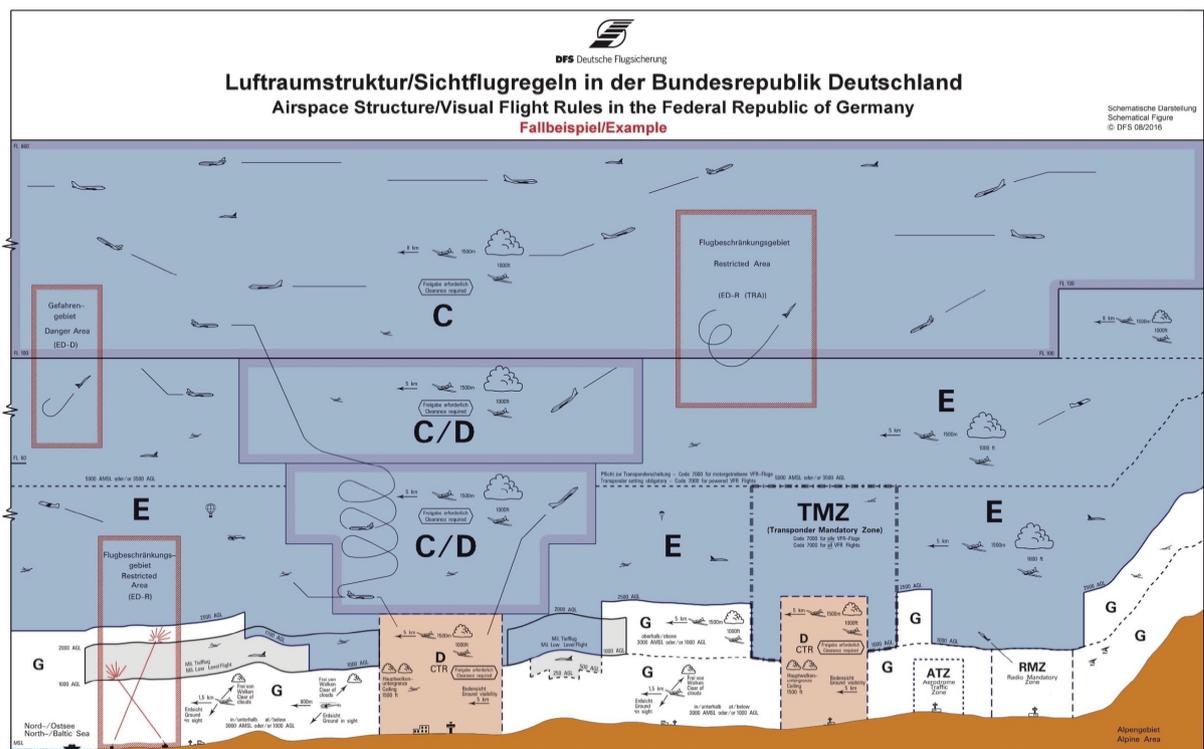


Abbildung 4 Struktur des Luftraums in der Bundesrepublik Deutschland¹⁸

Die Luftraumklasse G gehört zum Unkontrollierten Luftraum, hier ist weder eine Kontrollfreigabe noch das Mithören des Flugfunks erforderlich (Deutsche Flugsicherung 2016a: o. S.). Geflogen wird nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules* (VFR)). Daher sind Mindestsichtweiten vorgeschrieben, damit andere Luftfahrzeuge gesehen und ihnen gegebenenfalls ausgewichen werden kann (Federal Aviation Administration 2015: 3-2-11). Im Luftraum der Klasse G darf die bemannte Luftfahrt mit einer Höhe von

¹⁷ ausgesprochen werden die Klassen nach dem internationalen Funkalphabet: Alpha, Bravo, Charlie, Delta, Echo

¹⁸ Deutsche Flugsicherung 2016b: o. S.

nicht weniger als 300 m über dem höchsten Hindernis innerhalb von 600 m Umkreis um das Luftfahrzeug über Städte und dicht besiedeltes Gebiet fliegen, über allen anderen Gebieten mit einer Höhe von nicht weniger als 150 m über dem Boden oder 150 m über dem höchsten Hindernis innerhalb eines 150 m Umkreis um das Luftfahrzeug. Dies gilt selbstverständlich nicht für Starts und Landungen.

Zusätzlich existieren Flugbeschränkungsgebiete (*Restricted Areas*), die mit dem Buchstaben R gekennzeichnet sind (Mensen 2013: 531). Mit dem Kürzel ED-D werden Gefahrengebiete (*Danger Zones*) gekennzeichnet.

FL 100 kennzeichnet die Flughöhe von 10.000 ft (etwa 3.000 m) (Mensen 2013: 515).

6. Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen

6.1. Aufgaben

Die Aufgabe der in der Gefahrenabwehr tätigen Akteure ist es, Menschenleben zu retten, Tiere zu schützen und bedeutende Sachwerte zu erhalten. Hierbei ist das oberste Ziel, die eigenen Einsatzkräfte nicht unnötig zu gefährden und ihnen den größtmöglichen Schutz zukommen zu lassen.

Daher bietet sich die Verwendung von unbemannten Luftfahrtsystemen immer dann an, wenn der Einsatz Komponenten aus dem Dreiklang „dull, dirty, dangerous“ enthält (Nonami et al. 2010: 3). Das bedeutet ermüdende Tätigkeiten, Einsatz in kontaminierten oder verschmutzten Bereichen oder an gefährlichen Orten bzw. unter gefährlichen Bedingungen (Giemulla/Bothmer 2013: 30).

Mit „dull“ werden lange, ermüdende Tätigkeiten bezeichnet, die über eine längere Zeit hohe Konzentration erfordern. Ein Konzentrationsverlust würde den Erfolg der Mission schmälern (Austin 2011: o. S.; Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1654). Dies trifft insbesondere auf Einsätze der bemannten Luftfahrt zu oder auf Einsätze in lebensfeindlichen Bereichen oder Gebieten, die gesundheitsschädlich („dirty“) sind, z. B. durch das Vorhandensein von Gefahrgut oder CBRN-Lagen (Gupta/Ghonge/Jawandhiya 2013: 1654). Gefährlich („dangerous“) kann der Einsatz bei Extremwetter, in der Nähe von Hochspannungsleitungen oder über Waldbrandgebieten sein (Austin 2011: 6; Giemulla/Bothmer 2013: 30). Ferner werden Piloten bemannter Luftfahrzeuge nicht mehr der von nuklearen Vorfällen, Flächenbränden oder Vulkanausbrüchen ausgehenden Strahlung oder Hitze ausgesetzt (Giemulla/Bothmer 2013: 30).

In der Gefahrenabwehr eignen sich unbemannte Luftfahrtsysteme besonders für die Lageerfassung in großflächigen Schadensgebieten, die Ortung von Menschen, das Erkennen von Gefahren, die Detektion von Schadstoffen, die Beobachtung von Deichen und baulichen Strukturen, die Übertragung von Lagebildern, die Einsatzdokumentation und die Überwachung Kritischer Infrastrukturen (Emili 2016: 29; Giemulla/Bothmer 2013: 31).

Nach Köhler (2016: 48) kann der Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme zusätzlich unter anderem in folgenden Fällen erwägenswert sein:

- Lageerkundung per Live-Bild
- Lagebeurteilung in Echtzeit
- Livestream in das Lagezentrum

- Identifizierung von Glutnestern
- Überwachung von Besucherströmen
- Einsatznachbesprechung
- Transport von kleinen Lasten
- Ausleuchten schwer zugänglicher Einsatzstellen

Bei den oben genannten Einsatzmöglichkeiten kommen hauptsächlich Drehflügler in Form von Multicoptern zum Einsatz. Die Vorteile sind eine kurze Rüstzeit, flexible Einsatzmöglichkeiten vor Ort und der geringe Platzbedarf für die Start- und Landefläche aufgrund des Senkrechtstartens (VTOL) (Rosenow 2016: 32).

Die Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger (DGzRS) bereitet im Rahmen des Forschungsprojektes *Larus* den Einsatz eines Starrflüglers in Seenotfällen vor. Das unbemannte Luftfahrtsystem soll als Mobilfunkrelais zwischen Havaristen und den DGzRS-Kräften eingesetzt werden. Es ist zusätzlich ausgestattet mit laser-optischen Sensoren. Mit einem allwetterfähigen Kollisionsvermeidungssystem soll der Einsatz bei Windstärken bis 10 Beaufort und mit gleichzeitig operierenden Hubschraubern ermöglicht werden (Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger 2017: 36 f.).

Denkbar ist auch der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen zum gezielten Legen von Bränden, um die Ausbreitung von Waldbränden zu verhindern, was bis dato durch tieffliegende Helikopter erledigt wird (Sanchez de Muniaín 2016: 12).

Keinesfalls geht es bei dem Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme um das Ersetzen der bemannten Luftfahrt, sondern um den Ersatz für typischerweise durch Hubschrauber getätigte Aufgaben (Giemulla/Bothmer 2013: 30). So können Kosten gespart, die Engpass-Ressource Hubschrauber für andere Aufgaben (z. B. Transport Verletzter) freigehalten und die Gesundheit von Menschen geschützt werden.

Während in der Bundesrepublik Deutschland die Nutzung und Anwendung bis zum Inkrafttreten der sogenannten Drohnenverordnung 2017 aus rechtlichen Gründen nicht möglich war, findet in anderen Ländern ein vermehrter Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen statt. In Großbritannien planen beispielsweise zwei Drittel der Feuerwehren die Nutzung dieser oder nutzen diese bereits (Sanchez de Muniaín 2016: 10).

6.2. Einsatzgebiete

Aufgrund der Technik ist die Nutzung unbemannter Luftfahrtsysteme für viele Einsatzszenarien denkbar. Allerdings eignet sich nicht jedes System für alle Anwendungen, da bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden müssen. Daher wird im Folgenden auf spezielle und sehr oft stattfindende Einsatzszenarien ausführlicher eingegangen. Der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen ist immer dann sinnvoll, wenn er zum Schutz

von Einsatzkräften erfolgt oder durch diesen die Schadenslage schneller und effektiver abgearbeitet werden kann.

Die Nutzlast für die im Folgenden geschilderten Anwendungen lässt sich im Wesentlichen auf vier verschiedene Arten komprimieren:

- Optische Sensorik: hochauflösende Kamera
- Optische Sensorik: Wärmebildkamera
- Sensorik zur Gefahrstoffdetektion
- Haltevorrichtung

6.2.1. Erkundung, Lagebild und Dokumentation

In den ersten Minuten eines Einsatzes ist es entscheidend, ein umfassendes Lagebild zu erhalten. Eine Erkundung ist notwendig, um die nötigen Informationen zur Entscheidungsfindung zu erhalten, sodass im Anschluss ein Befehl¹⁹ gegeben oder konkrete Maßnahmen eingeleitet werden können. Bei anspruchsvoller Topografie oder räumlich ausgedehnten Einsatzstellen ist dieses sehr zeitaufwendig, jedoch besonders wichtig.

Die Verwendung von unbemannten Luftfahrtsystemen findet hauptsächlich auf Ebene taktisch-operativer Einsatzeinheiten statt (Sattler/Regh 2011: 33). Als feste Ausstattung eines Einsatzleitwagens (ELW) kommen unbemannte Luftfahrtsysteme dann bei bestimmten Einsatzszenarien zur Einsatzdokumentation und Lageerkundung zur Anwendung (Zimmermann 2013: 36).

Gerade bei unübersichtlichen Schadenlagen und räumlicher Enge ist eine „ergänzende Erkundung und Dokumentation aus der Luft“ erforderlich, damit zeitnah verwertbare Informationen zur Verfügung stehen und Einsatzkräfte nicht unnötig in Gefahr gebracht werden (Kohlenz/Schruhl 2016: 34). Einsatzabläufe können dadurch entscheidend beschleunigt und vereinfacht werden. Zudem können Führungsentscheidungen optimiert werden. Dies führt auch zur Einsparung von Kosten (Emili 2016: 29). Die Einsatzleitung oder Führung vor Ort erhält sehr schnell ein möglichst umfassendes Lagebild.

Durch den Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme wird die Beurteilung aus einer weiteren Perspektive ermöglicht. So kann ein umfassenderes Bild als aus der terrestrischen Perspektive erstellt werden. Zum Beispiel ist so die Lokalisierung von Personen auf Dächern möglich, die vom Boden aus nicht einsehbar wären. Der Vorteil dabei ist, dass auf diesem Wege in anderen Bereichen dringend benötigte Ressourcen wie Hubschrauber, benötigt zur Personenrettung, freigesetzt werden (Kohlenz/Schruhl 2016: 34). Bei

¹⁹ vgl. mit dem Führungskreislauf nach Fw DV 100

Brandgeschehen kann die Brandausbreitung nachvollzogen sowie die Maßnahmen zur Brandbekämpfung effektiver dirigiert werden.

In Bereichen besonderer Gefährdungen kann die Erkundung durch den Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme ohne Gefährdung von Einsatzkräften erfolgen. Dies ist in und im Nahbereich einsturzgefährdeter Gebäude sowie an anderen Bauwerken (z. B. Deich und Wehr) der Fall. So kam ein unbemanntes Luftfahrtsystem durch ein europäisches Expertenteam nach einer Explosion²⁰ im Juli 2011 zum Einsatz (Angermann et al. 2012: 26 f.). Auch in anderen Gefahrenbereichen, wie bei Unfällen mit Gefahrgut, Gebieten mit freigesetztem Gefahrstoff oder nach dem Einsatz von CBRN-Kampfstoffen, werden so Einsatzkräfte geschützt.

Die Systeme können auch zur Beobachtung und Überwachung von Großveranstaltungen eingesetzt werden. Hierbei ist die dynamische Analyse der Besucherzahl durch die Beobachtung des Zu- und Abstroms möglich und es lassen sich Aussagen über die lokale Personendichte treffen. Zusätzlich kann der Veranstaltungsablauf dokumentiert werden (Oberhagemann/Lieber 2013: 34 f.), so geschehen z. B. auf dem Bochum Total Musikfestival (ebd.: 34).

Durch die Aufnahme von Luftbildern ist es möglich, Einsätze und den Ablauf von Maßnahmen zu dokumentieren. Hierbei gesicherte Aufnahmen unterstützen die Einsatznachbereitung und -auswertung, können aber auch der Rechtfertigung von Maßnahmen gegenüber dem Kostenträger dienen. Bei Übungen kann der Aufbau von Einrichtungen wie Behandlungsplätzen, Bereitstellungsräumen oder ABC-Dekontaminationsplätzen überwacht und ausgewertet werden. Auch kann so z. B. die effektive Aufstellung einer Drehleiter kontrolliert werden.

Der Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen zur Erkundung, Gewinnung von Luftbildern oder Dokumentation ist derzeit die am weitesten verbreitete Anwendung in der Gefahrenabwehr, da hier der Faktor Zeit eine besondere Rolle spielt.

6.2.2. Suche vermisster Personen

Wenn Systeme genutzt werden, um ein Livebild zu senden, können diese eingesetzt werden, um gezielt nach Personen oder Gegenständen zu suchen.

²⁰ Am 11. Juli 2011 explodierten auf einer zyprischen Militärbasis mehrere Container mit Munition. Durch die Druckwelle wurde das benachbarte und wichtigste Kraftwerk der Insel, die „Vasilikos Power Station“, schwer beschädigt. In der Folge kam es zu großflächigen Stromausfällen und Trinkwasserengpässen (Frankfurter Allgemeine Zeitung 2011: o. S.)

Mithilfe von Wärmebildkameras können Wärmesignaturen, Unterschiede zwischen Objekten und der Umgebungstemperatur detektiert und sichtbar gemacht werden. Unbemannte Luftfahrtsysteme sind hierbei eine Ergänzung auf der Ebene zwischen Hubschrauber und Einsatzkräften am Boden. Gegebenenfalls ist der Einsatz eines Hubschraubers überhaupt nicht mehr erforderlich.

Die vom unbemannten Luftfahrtsystem gesendeten Livebilder können auch die Heranführung von Einsatzkräften zum Standort der vermissten Person unterstützen.

Laut Rosenow (2017: 19) soll die Suche vermisster Personen mit einem unbemannten Luftfahrtsystem eine Zeitersparnis um den Faktor fünf gegenüber herkömmlichen Suchmannschaften am Boden ermöglichen²¹. In einem anderen Beispiel führt er an, dass das Auffinden Verletzter in unwegsamem Gelände innerhalb von wenigen Minuten möglich wäre, wohingegen ein Suchtrupp anderthalb Stunden benötigen würde.

6.2.3. Detektion von Gefahrstoffen

Feuerwehren verfügen in der Regel über Handmessgeräte und können Stoffkonzentrationen daher nur in Bodennähe messen. Zum Schutz der eigenen Kräfte, aber auch um austretende Schadstoffe aller Art zu detektieren, können unbemannte Luftfahrtsysteme eingesetzt werden (Schmidt 2009: 34). Der Einsatz ist ebenfalls angebracht, wenn Messungen über einen langen Zeitraum oder in einem unzugänglichen und für die Einsatzkräfte zu gefährlichen Bereich zu erfolgen haben (Emili 2016: 29).

Die praktische Umsetzung der Gefahr- oder Schadstoffmessung aus der Luft ist derzeit nicht über Versuche hinaus gekommen. Die Sensoren benötigen einen direkten Kontakt zum fraglichen Stoff. Daher muss bekannt sein, wo sich der Schadstoff in der Wolke befindet. Die Sensorik kann keine quantitative Aussage treffen, sondern nur das Vorhandensein eines Stoffes detektieren. Die durch Rotoren hervorgerufenen Turbulenzen im Übergangsbereich können die zu messende Konzentration verändern. Die Alternative hierzu sind Hyperspektralsensoren (Pahlke/Speth 2014: 211).

Im Rahmen des Projektes *AirShield* wurde eine Umfrage zur Akzeptanz von unbemannten Luftfahrtsystemen durchgeführt. Hierbei zeigten Werkfeuerwehren mit 100 % die höchste Zustimmung für den Einsatz dieser Systeme im Katastrophenschutz, insbesondere in Bezug auf den CBRN-Einsatz. Mitglieder der Analytischen Task Force

²¹ In diesem konkreten Fall konnte eine vermisste Person auf einer Fläche von einem Quadratkilometer in weniger als 20 Minuten lokalisiert werden (Rosenow 2017: 19)

(ATF)²² äußerten nur 50 % Zustimmung. Angemerkt sei hier, dass die ATFs standardmäßig mit einem Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer ausgestattet sind (Hermanns 2010: 199).

Neben dem Nachweis von Gefahrstoffen und dem Messen von Gaskonzentrationen können mit Hilfe von Wärmebildern exotherme Reaktionen erkannt werden. Dies ist beispielsweise bei Unfällen mit Gefahrgütern im Straßenverkehr erforderlich. Eine solche Reaktion kann bei verrutschter oder beschädigter Ladung frühzeitig und auf Entfernung erkannt werden und ermöglicht das frühe Treffen von entsprechenden Maßnahmen.

6.2.4. Kommunikation

Denkbar in Bezug auf den Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme ist außerdem der Aufbau von Funknetzen im Falle des Ausfalls der Kommunikationsinfrastruktur am Boden. In solch einer Situation könnte ein unbemanntes Luftfahrtsystem z. B. als Relais fungieren.

Möglich ist auch die Kommunikation mit der Bevölkerung mittels am unbemannten Luftfahrtsystem angebrachter Lautsprecher. So könnten Durchsagen getätigt und wichtige Informationen weitergegeben werden. Denkbar ist dieser Einsatz, wenn große Gebiete abgedeckt werden müssen.

6.2.5. Transport

Unbemannte Luftfahrtsysteme können, wenn sie mit einer entsprechenden Aufnahmevorrichtung ausgestattet sind, Blutkonserven²³, Defibrillatoren²⁴ oder Medikamente transportieren. Zusätzlich ist der Transport von Kommunikationsmitteln wie Telefonen oder Funkgeräten zu eingeschlossenen oder schwer zugänglichen Personen möglich.

Im Bereich der Wasserrettung können Schwimmhilfen, Rettungswesten oder Rettungsringe zu den in Not Geratenen geflogen werden.

Generell können Lasten jeglicher Art transportiert und gegebenenfalls auch abgeworfen werden. Dies ermöglicht z. B. das Ausbringen von Sensorik an Orten, die für Einsatzkräfte nicht betretbar sind.

²² Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2017: o. S.

²³ Knight 2017: o. S.

²⁴ Simmank 2017: o. S.

6.2.6. Weitere Einsatzgebiete

Abhängig von der jeweiligen Ausstattung des unbemannten Luftfahrtsystems sind weitere Einsatzzwecke möglich.

Ausgestattet mit einer Wärmebildkamera können im Bereich des abwehrenden Brand-schutzes Glutnester oder Schwelbrände detektiert sowie die Brandausbreitung nachver-folgt werden.

Das Ausleuchten von Einsatzstellen ist ebenfalls aus der Luft möglich.

6.3. Kontakt mit bemannter Luftfahrt

Problematisch in der Gefahrenabwehr ist der Kontakt zur bemannten Luftfahrt. Ein-sätze innerhalb der Kontrollzonen um Flughäfen sind daher selten. Eine Ausnahme sind große Städte mit einem innerstädtischen Flughafen, wo ein großer Teil des Stadtgebiets eine Kontrollzone ist.

In vielen Einsatzszenarien ist mit dem Einsatz von Hubschraubern zu rechnen. So kom-men z. B. bei Unfällen mit Schwerverletzten oder im Bereich der Gebirgsrettung Ret-tungshubschrauber zum Einsatz. Diese werden oft auch bei der Suche nach vermissten Personen eingesetzt.

6.4. Integration im Einsatz

6.4.1. Taktische Gliederung

Derzeit werden verschiedene taktische Gliederungen für den Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen umgesetzt oder angedacht. Mit taktischer Gliederung ist hier ge-meint, mit welchem Personalansatz, Funktionen und Einbindung in die Führungsstruk-tur agiert wird. Es ergeben sich drei verschiedene Möglichkeiten sowie eine Sonderfunk-tion, die im Folgenden erläutert werden.

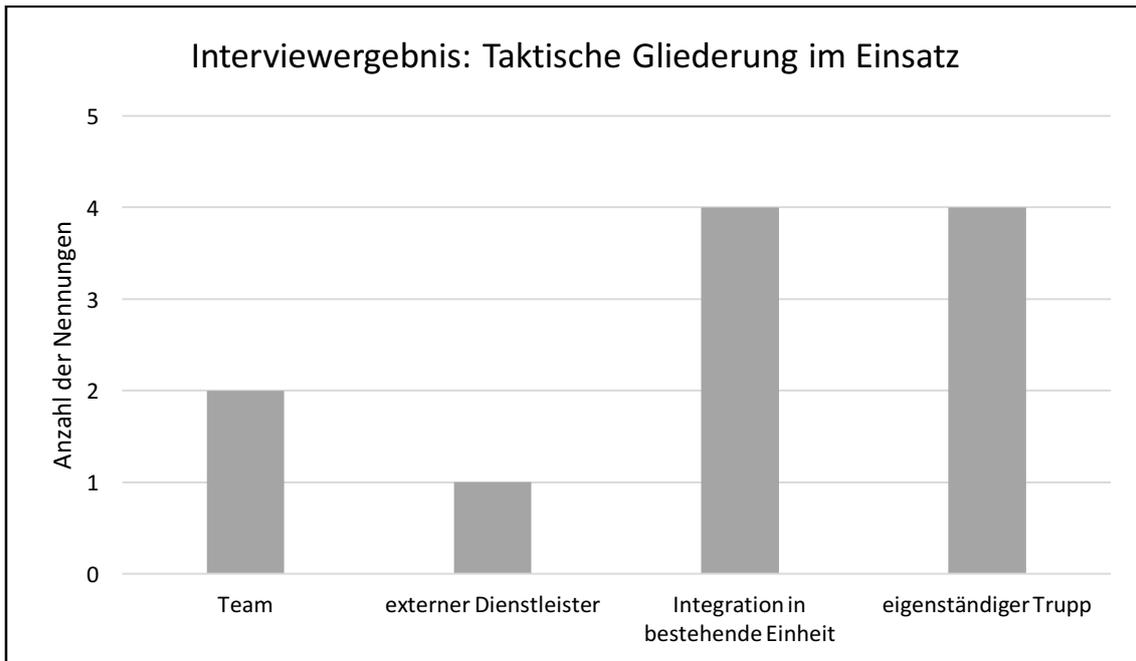


Abbildung 5 Taktische Gliederung der im Einsatz integrierten unbemannten Luftfahrtsysteme

In mehreren Organisationen wird mehr als ein Modell umgesetzt bzw. angedacht.

6.4.1.1. Team

Das Team besteht mit einem Piloten und einem Spotter aus insgesamt zwei ausgebildeten Personen. Es operiert losgelöst von den Führungsstrukturen und steht in keinem Unterstellungsverhältnis. Alle Teammitglieder sind ausgebildet zum Steuern des unbemannten Luftfahrtsystems. Der Pilot steuert und fliegt aktiv, der Spotter beobachtet den Luftraum.

Der Pilot erhält lediglich die Aufträge, wohin geflogen wird und welche Informationen gewonnen werden sollen. In der Entscheidung, ob und wie geflogen wird, ist dieser autark und unabhängig.

Der Spotter ist außer für die Luftraumbeobachtung auch für die Gewinnung und Bewertung der Informationen zuständig. Er wertet die erfassten Daten (Messwerte, Bilder, Videos etc.) aus und steuert die Nutzlast (Sensorik, Kamera etc.). Aufgrund seiner Qualifikation zum Piloten kann er diesen bei Bedarf ablösen oder ersetzen.

6.4.1.2. Externer Dienstleister

Verfügt eine Organisation oder Einheit über kein eigenes unbemanntes Luftfahrtsystem, so kann ein externer Dienstleister in ihrem Auftrag zum Einsatz kommen. Dieser wird im Einzelfall oder durch einen Rahmenvertrag beauftragt. Er erhält seinen Auftrag von

der zuständigen Einsatzleitung oder Führungskraft. Da er nicht Teil einer der im Einsatz befindlichen Einheiten ist, besteht kein Unterstellungsverhältnis und beide Seiten sind lediglich auf Zusammenarbeit angewiesen.

Der Einsatz eines Externen im Rahmen der Gefahrenabwehr ist jedoch nur möglich, wenn es sich bei der Organisation um eine BOS oder sonstige Behörde handelt (vgl. 5.1.3)

6.4.1.3. Integration in bestehende Einheit

Das unbemannte Luftfahrtsystem ist in einer bereits bestehenden Einheit disloziert und fester Bestandteil der Einheit. So kann es Ausrüstungsgegenstand einer Fachgruppe Führung und Kommunikation, eines Zugtrupps, einer Löschgruppe oder einer Rettungshundestaffel sein.

Eine Einsatzkraft dieser Einheit muss zusätzlich zu ihrer Fachqualifikation Pilot sein. Zusätzlich ist eine weitere Einsatzkraft erforderlich, die den Piloten unterstützt sowie Informationen auswertet. Sinnvoll ist es, dass mehrere Einsatzkräfte ausgebildete Piloten sind, um sich ggf. ablösen zu können.

Die mit der Steuerung und Auswertung des unbemannten Luftfahrtsystems betrauten Einsatzkräfte sind, wie die anderen Einsatzkräfte, dem jeweiligen Führer der Einheit (Gruppenführer, Staffelführer, Truppführer) unterstellt.

6.4.1.4. Trupp

Der Trupp besteht aus einem Truppführer und zwei bis drei weiteren Einsatzkräften.

Der Truppführer führt den Trupp und trägt die Verantwortung für die Auftrags Erfüllung. Zusätzlich hat dieser die Aufgabe, den Kontakt zur Einsatzleitung oder übergeordneten Führungskraft sicherzustellen und Vermittler zwischen Informationswunsch und Informationssammlung zu sein. Der Truppführer ist ausgebildeter Unterführer.

Die weiteren Einsatzkräfte teilen sich auf in Pilot und Spotter, ggf. steht eine weitere Einsatzkraft zur Unterstützung zur Verfügung.

Mindestens zwei Einsatzkräfte des Trupps sind ausgebildete Piloten, im Idealfall alle. So ist die Durchhaltefähigkeit bei lange andauernden Einsätzen sichergestellt. Auch existiert so eine Redundanz, da der Einsatz des Piloten psychisch und physisch fordernd ist sowie einen hohen Konzentrationsaufwand erfordert.

Der Trupp kann mit eigener taktischer Zuordnung flexibler und unabhängiger von sonstigen Aufgaben agieren. Er kann direkt einer Einsatzleitung unterstellt werden und für diese Führungsunterstützung leisten. Als geschlossene Einheit ist auch der Einsatz losgelöst von anderen Einheiten möglich.

6.4.1.5. Koordinator-UAS

Kommen mehrere unbemannte Luftfahrtsysteme in einem Einsatzgebiet zum Einsatz, ist eine Koordination notwendig. Hierfür ist eine Einsatzkraft erforderlich, die über Fachkenntnisse und praktische Erfahrung verfügt.

Dieser Koordinator-UAS wird auf Ebene der Einsatzabschnittsleitung als Einsatzabschnittsleiter installiert. Er koordiniert und beaufsichtigt den Einsatz mehrerer unbemannter Luftfahrtsysteme. Der Koordinator-UAS ist selbst ausgebildeter Pilot, verfügt über praktische Erfahrung im Umgang mit unbemannten Luftfahrtsystemen und hat eine Einheitsführerausbildung abgeschlossen.

6.5. Einsatztaktik

Die Einsatztaktik ist an die herrschenden Rahmenbedingungen anzupassen. Diese unterscheiden sich innerhalb der verschiedenen BOS, aber auch aufgrund der örtlichen Gegebenheiten. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die föderalen Strukturen in der Bundesrepublik Deutschland und somit die unterschiedlichen Rahmenbedingungen im jeweiligen Bundesland zu beachten.

Wichtig ist, dass durch die gewählte Einsatztaktik der Verlauf des Einsatzes nicht beeinträchtigt wird. Es darf kein weiteres Personal für das in Einsatzbringen des unbemannten Luftfahrtsystems gebunden werden, das an anderer Stelle benötigt wird. Im Zusammenhang mit unbemannten Luftfahrtsystemen bedeutet dies: Der taktische Wert der Sensorik beginnt dort, wo der Mensch optisch nicht mehr wahrnehmungsfähig ist.

Im Rahmen der taktischen Überlegungen, die dem Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen zugrunde liegen, müssen Rüstwert und Rüstzeit gegenüber dem erwarteten Mehrwert abgewogen werden. Sinnvoll und indiziert ist der Einsatz eines solchen Systems nur bei schneller Verfügbarkeit und flächendeckender Existenz.

6.5.1. Flugvorbereitung

Zur Vorbereitung eines jeden Fluges gehört die Überprüfung aller notwendigen Systeme auf Funktionstüchtigkeit sowie die Festlegung von Sicherheitsparametern für den Fall eines Verlusts der Verbindung zwischen Bodenstation und unbemanntem Luftfahrtgerät.

Zusätzlich muss die Start- und Landezone festgelegt, markiert und vor unbeabsichtigtem Betreten oder Zustellen abgesichert werden.

6.5.2. Kommunikation

Der Kommunikation kommt beim Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme eine elementare Bedeutung zu. Neben einem erhöhten Kommunikationsbedarf zwischen Pilot und Spotter ist die Interaktion mit anderen Akteuren unerlässlich.

In den meisten Fällen ist das Ziel des Einsatzes eines unbemannten Luftfahrtsystems Informationen zu gewinnen, sei es zur Erkundung oder im weiteren Einsatzverlauf zur Kontrolle von angeordneten Maßnahmen. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass die gewonnenen Informationen an die richtige Stelle (z. B. Einsatzleiter) vor Ort weitergeleitet werden.

Kommunikationswege sind im Vorwege festzulegen und zwingend einzuhalten. Die Kommunikation hat nicht nur mit der Einsatzleitung, sondern ggf. auch mit der Besatzung von anfliegenden oder abfliegenden Hubschraubern zu erfolgen.

6.5.3. Information aller am Einsatz Beteiligten

Bevor das unbemannte Luftfahrtsystem zum Einsatz kommt, müssen verschiedene Akteure darüber informiert werden. Neben der Einsatzleitung ist diese Information für die Einheitsführer anderer Einheiten am Einsatzort wichtig sowie für die Polizei und alle anderen am Einsatz Beteiligten.

Die zuständige Leitstelle muss über einen Einsatz informiert werden, um angeforderte Hubschrauber zu instruieren. Findet der Flug in einer Flugverbotszone statt, ist auch die Einrichtung, die durch diese Zone geschützt werden soll, zu informieren. Befindet sich der Einsatzort in der Nähe von Flughäfen, so ist die dort ansässige Flugsicherung und der Tower zu informieren.

6.5.4. Flugplanung

Im Vorwege ist eine genaue Planung des Fluges zu erstellen. So sind Informationen in Bezug auf Topografie, Flugverbotszonen, besonderen Einrichtungen, Hindernissen, mit denen das Luftfahrtsystem kollidieren könnte, örtlichen Gegebenheiten und ggf. Vorgaben der Flugsicherung einzuholen und der Einsatzraum aufgrund dessen zu bewerten.

Es muss überprüft werden, ob es im Einsatzraum z. B. einzelne Hochspannungsleitungen oder in der Nähe von Kraftwerken eine Häufung von Hochspannungsleitungen gibt, da diese nicht immer in Karten eingezeichnet sind und eine Gefahrenquelle für das unbemannte Luftfahrtsystem darstellen.

Wird in einer Flugverbotszone geflogen, muss eruiert werden, was durch diese Zone geschützt wird und ob dort Schaden angerichtet werden kann.

Ist der Luftraum für andere Luftfahrtteilnehmer gesperrt, ist dennoch besonders Rücksicht zu nehmen, da insbesondere an Verkehrsflughäfen z. T. trotzdem Flugzeuge landen.

6.5.5. Mehrwert des Einsatzes unbemannter Luftfahrtsysteme

Vor jedem Einsatz muss eine Abwägung stattfinden zwischen der Erfordernis des Einsatzes und dem zu erwartenden Mehrwert sowie dem zusätzlichen Zeitaufwand. Gegebenenfalls ist eine terrestrische Erkundung effektiver, schneller oder umfassender, so dass von einem Einsatz eines unbemannten Luftfahrtsystems Abstand genommen werden sollte.

Zu bedenken ist beispielsweise, dass das unbemannte Luftfahrtsysteme nicht sofort nach Erreichen der Einsatzstelle aufsteigen kann, um die benötigten Informationen zur Verfügung zu stellen. Vielmehr ist eine ausführliche Flugvorbereitung und -planung notwendig, was unter Umständen mehr Zeit erfordert als vorhanden ist.

Der Einsatz muss letztendlich unabhängig vom Einsatzleiter ablaufen, da der Einsatz als Mittel der Führungsunterstützung erfolgt und der Einsatzleiter insbesondere in der Initialphase des Einsatzes keine freien Ressourcen hat, um den Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems selber durchzuführen oder zu koordinieren. Lediglich die Anforderung und der Befehl zum Einsatz erfolgen durch den Einsatzleiter.

6.5.6. Entscheidungsfindung und Befehlsgebung

Die Möglichkeit, ein Live-Bild in die Einsatzleitung zu übertragen oder die Erkundung in Echtzeit mitzuverfolgen, hat Einfluss auf die Entscheidungsfindung des Einsatzleiters. Entscheidungen können schneller erfolgen und somit die Zeit für die Folge von Entscheidungen merklich verringern, da schon während der Erkundung mit dem unbemannten Luftfahrtsystem Maßnahmen getroffen werden können. Entwicklung und Umsetzung können in Echtzeit nachverfolgt werden.

Der Führungsvorgang kann schneller durchlaufen werden. Theoretisch besteht die Möglichkeit, Entscheidungen in Echtzeit zu treffen. Dies führt zu einem Wegfall von Wartezeiten, jedoch steht so auch weniger Bedenkzeit zur Verfügung.

Das Personal der Einsatzleitung oder der Einsatzleiter müssen mit dieser Beschleunigung umgehen können. Es muss verhindert werden, dass Hektik aufkommt oder Einsatzkräfte durch aktive Eingriffe von sich noch entwickelnden Maßnahmen überrollt werden.

Die durch den Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems gewonnenen Informationen sollten lediglich als ein Hilfsmittel der Führung verstanden werden.

6.5.7. Koordination des Luftraums

Operieren mehrere unbemannte Luftfahrtsysteme an derselben Einsatzstelle, ist deren Einsatz zu koordinieren. Es ist ein eigener Einsatzabschnitt oder Untereinsatzabschnitt für unbemannte Luftfahrtsysteme einzurichten. Dieser Untereinsatzabschnitt könnte durch einen Koordinator-UAS (siehe Abschnitt 6.4.1.5) erfolgen.

7. Marktanalyse

7.1. Markt für unbemannte Luftfahrtsysteme

7.1.1. Stakeholder

Im Rahmen einer Stakeholderanalyse konnten die auftretenden Stakeholder zu acht Gruppierungen zusammengeschlossen werden:

- Betreiber
- Hersteller
- Anforderer
- Piloten
- Dienstleister
- regulierende Behörden
- Branchenverbände und Interessengruppierungen
- Bevölkerung

Es wird davon ausgegangen, dass es keine negativen Einflüsse und Bestrebungen der aufgeführten Stakeholder auf den Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme gibt.

7.1.1.1. Betreiber

Betreiber sind die Organisationen, Behörden und Institutionen, die unbemannte Luftfahrtsysteme im Rahmen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr zum Einsatz bringen. Zwischen den einzelnen Betreibern wird im Nachfolgenden zusätzlich differenziert. Bevor im weiteren Verlauf auf die organisationsspezifischen Interessen einzeln eingegangen wird, lassen sich die folgenden Interessen organisationsübergreifend festhalten.

Ziel aller BOS ist die Menschenrettung, die Rettung von Tieren und der Erhalt bedeutender Sachwerte. Während das erste Ziel von Feuerwehren die Brandbekämpfung ist, ist das THW tätig im Bereich der technischen Hilfe.

Der Betreiber zeichnet sich verantwortlich für die Beschaffung, Wartung und Unterhaltung eines unbemannten Luftfahrtsystems. Zusätzlich liegt die Verantwortung für Aus- und Weiterbildung bei ihm.

Mit dem Einsatz eines unbemannten Luftfahrtsystems erhofft sich der Betreiber einen Mehrwert für sein Aufgabenspektrum oder die Reduzierung der Gefährdung seiner Einsatzkräfte.

Das Aufwand-Nutzen-Verhältnis muss sich in einem angemessenen Rahmen befinden. Der Betreiber möchte ein System einsetzen, das in möglichst vielen Einsatzszenarien und unter den meisten vor Ort herrschenden Einsatzbedingungen genutzt werden kann.

Von unbemannten Luftfahrtsystemen wird gefordert, dass es den Anforderungen des Betreibers gerecht werden muss.

Aufgrund der unterschiedlichen Aufgaben und Strukturen der verschiedenen Organisation, werden im Folgenden zusätzlich organisationsspezifische Interessen dargelegt.

7.1.1.1.1. Technisches Hilfswerk

Aufgrund der bundesweit einheitlichen Struktur des THW muss der Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems bundesweit möglich sein. Daher hat es besonders vielseitig zu sein.

Es ist eine einheitliche Ausbildung erforderlich und auch möglich. Strukturen für Wartung und Betrieb können flächendeckend errichtet und betrieben werden.

Die Steuerung erfolgt durch ehrenamtliche Einsatzkräfte. Deren Aus- und Weiterbildung erfolgt in ihrer Freizeit. Eine entsprechend hohe Anzahl von Personen ist zum Piloten auszubilden, damit für Einsätze ausreichend Personal zur Verfügung steht.

Aufgrund der großen Anzahl von Einheiten wird bei der Beschaffung ein großes Auftragsvolumen erwartet. Als Behörde unterliegt das THW dem Zwang der öffentlichen Ausschreibung. Durch das Auftragsvolumen kann es für Hersteller lukrativ sein, auf die Besonderheiten des THW einzugehen.

7.1.1.1.2. Freiwillige Feuerwehren

Der Einsatzbereich von Freiwilligen Feuerwehren ist kommunal und begrenzt sich auf die zuständige Gemeinde. Bei großen Schadenslagen kann der Einsatz im überörtlichen Bereich erfolgen.

Die Anforderungen an ein unbemanntes Luftfahrtsystem leiten sich von den örtlichen Gegebenheiten und Bedingungen ab.

Die Steuerung erfolgt durch ehrenamtliche Einsatzkräfte. Daher erfolgt deren Aus- und Weiterbildung in ihrer Freizeit. Damit für Einsätze ausreichend Personal zur Verfügung steht, ist eine entsprechend hohe Anzahl von Personen zum Piloten auszubilden.

Die Ausbildung findet vor Ort statt und ist an die örtlichen Gegebenheiten angepasst. Ggf. besteht die Möglichkeit der Schulung an der jeweiligen Landesfeuerweherschule.

Je nach Größe der Feuerwehr ist es wahrscheinlich, dass nur ein oder wenige unbemannte Luftfahrtsysteme angeschafft werden. Daher ist ggf. keine Ausschreibung erforderlich. Durch die geringe Stückzahl ist eine Anpassung an die jeweiligen Bedürfnisse von Seiten des Herstellers sehr kostspielig.

Die Anforderungen an ein System lassen sich aus den Zielen Brandbekämpfung und Menschenrettung ableiten. Für Führungseinheiten stellt die Lagebildgewinnung eine mögliche Option dar. Für die ABC-Züge der Kreise ist die Detektion von Gefahrstoffen eine mögliche Einsatzoption.

7.1.1.1.3. Berufsfeuerwehren

Berufsfeuerwehren sind in der Mehrheit der Einsätze innerhalb der städtischen Grenze tätig. Daher können die Anforderungen von den örtlichen Gegebenheiten abgeleitet werden.

Die Piloten sind hauptamtliche Einsatzkräfte, deren Aus- und Weiterbildung während der Arbeitszeit erfolgt. Durch das Schichtsystem muss sichergestellt sein, dass in jeder Schicht eine ausreichende Anzahl von Bedienpersonal zur Verfügung steht.

Die Ausbildung der Piloten und des Personals erfolgt dezentral und wird wahrscheinlich durch jede Berufsfeuerwehr selbstständig durchgeführt. Ggf. besteht die Möglichkeit der Ausbildung an der jeweiligen Landesfeuerweherschule.

Die Ausbildung zum Piloten erfolgt in Zweitfunktion. Im Einsatz wird das Steuern als Zusatzfunktion wahrgenommen.

Auch hier ist zu erwarten, dass eine geringe Anzahl von Systemen für die eigene Organisation angeschafft wird. Eventuell besteht der Zwang einer öffentlichen Ausschreibung.

7.1.1.1.4. Werkfeuerwehren

Die Interessen und Anforderungen einer Werkfeuerwehr sind ähnlich der einer Berufsfeuerwehr.

Im Fokus einer Werkfeuerwehr, insbesondere in der chemischen Industrie, liegt die Detektion von Gefahrstoffen. Im Gegensatz zu öffentlichen Feuerwehren hat die Werkfeuerwehr genaue Kenntnis der vorhandenen Gefahrstoffe.

Werkfeuerwehren unterliegen als Firma nicht dem Zwang einer öffentlichen Ausschreibung.

7.1.1.1.5. Hilfsorganisationen

Hilfsorganisationen sind in der Regel auf kommunaler Basis tätig. Sie sind Teil des Katastrophenschutzes. Es ist ein landesweiter Einsatz möglich. Bei großen Schadenlagen ist auch ein bundesweiter Einsatz denkbar.

Bei den Piloten und dem Bedienpersonal handelt es sich i.d.R. um ehrenamtliche Kräfte. Die Aus- und Weiterbildung findet auf örtlicher Ebene oder auf Ebene eines Landesverbandes in der Freizeit statt.

Eventuell besteht der Zwang einer öffentlichen Ausschreibung. Da ggf. ein erheblicher Teil der Finanzmittel durch Spenden finanziert wird, sind ein besonders hoher Mehrwert und das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu beachten.

7.1.1.2. Hersteller

Unter Herstellern sind sowohl die Hersteller der unbemannten Luftfahrtsysteme als auch die Hersteller von Nutzlasten und Zubehör zusammengefasst.

Im Interesse der Hersteller liegt die Analyse des heterogenen Marktes innerhalb der Gefahrenabwehr sowie die Identifizierung und Bewertung von Marktfeldern.

Innerhalb des Segments sind Marketingmaßnahmen durchzuführen und die Möglichkeiten von unbemannten Luftfahrtsystemen zu bewerben.

Vorhandene Systeme, die bereits in anderen Branchen und Marktsegmenten eingesetzt werden, werden an die Anforderungen der Gefahrenabwehr angepasst und weiterentwickelt.

Die Hersteller wollen mit Gremien und organisationsübergreifenden Verbänden (AGBF, vfdb etc.) in Kontakt treten.

Im Interesse der unterschiedlichen Hersteller ist eine enge Absprache sowie das Vorhandensein von genormten Schnittstellen. Diese ermöglichen es den Herstellern, ein breiteres Angebot an Nutzlasten, Software, Hardware, aber auch Zubehör anzubieten.

Hersteller möchten sich an Forschungsvorhaben beteiligen und Projekte unterstützen, um die positiven Auswirkungen zu publizieren. Hierdurch soll eine höhere Akzeptanz der unbemannten Luftfahrtsysteme innerhalb der Einsatzorganisationen erreicht werden.

7.1.1.3. Anforderer

Anforderer sind die Einrichtungen, Stellen und Personen, die unbemannte Luftfahrtsysteme im Einsatz anfordern. Dies sind Leitstellen und Einsatzleiter.

Der Einsatz eines unbemannten Luftfahrtsystems hat einen Mehrwert zu erbringen, der auf andere Weise nicht erbracht werden kann.

Das System hat sicher zu sein und muss autark von den Ressourcen der Einsatzleitung einsetzbar sein, um diese nicht zu binden.

Der Einsatz eines solchen Systems soll eine Entlastung und keine Belastung der Einsatzleitung darstellen.

7.1.1.4. Anwender

Anwender sind die Piloten, Spotter und weitere mit dem Betrieb des unbemannten Luftfahrtsystems betraute Personen.

Für die Anwender muss das System auch unter Stress und schwierigen Einsatzbedingungen einfach bedienbar sein.

Die Bereitstellung muss schnell und ohne zusätzlichen Aufwand erfolgen. Das System muss ohne lange Vorbereitungszeit einsatzbereit sein.

Die Aus- und Weiterbildung hat in einem verträglichen Umfang zu erfolgen, da der Anwender die Funktion als Zusatzfunktion wahrnimmt.

7.1.1.5. Dienstleister

Dienstleister sind Personen und Unternehmen, die im Auftrag einer BOS unbemannte Luftfahrtsysteme einsetzen und damit die Organisation bei der Erfüllung des Auftrags unterstützen.

Der Einsatz in der Gefahrenabwehr ist eine zusätzliche Tätigkeit neben weiteren Auftragsarbeiten anderer Branchen.

Im Interesse des Dienstleisters sind langfristige Verträge. Oberstes Ziel ist die Erwirtschaftung von Gewinnen.

Aufgrund der Spezialisierung auf Dienstleistungen mit unbemannten Luftfahrtsystemen verfügen Dienstleister über viel Erfahrung und sind im Besitz spezieller Systeme. Da diese Systeme nicht für den Einsatz im Bereich der Gefahrenabwehr konzipiert worden sind, wird der Einsatz und das in Kauf genommene Risiko moderater und konservativer erfolgen.

7.1.1.6. Regulierende Behörden

Regulierende Behörden sind z. B. die Landesluftfahrtbehörden und das Bundesluftfahrtamt.

Oberste Priorität für diese hat die Rechtssicherheit. Zusätzlich muss die Sicherheit der eingesetzten Systeme nachgewiesen werden.

Im Interesse dieser Behörden ist der Nachweis und die systematische Erfassung von Unfällen und Störfällen mit beteiligten unbemannten Luftfahrtsystemen.

7.1.1.7. Branchenverbände

Branchenverbände vertreten die Interessen ihrer Mitglieder gegenüber Behörden, Anwendern und anderen Industriezweigen.

Im Interesse dieser liegt die professionelle und verantwortungsvolle Nutzung unbemannter Luftfahrtsysteme, um die Akzeptanz zu steigern und Regulierungen nicht erforderlich zu machen. Dies kann durch eine freiwillige Selbstverpflichtung erreicht werden.

Die Verbände fördern die Vernetzung untereinander und stellen Kontakte zu Behörden, Organisationen und Anwendern her. In internen Kommunikationsmedien werden Mitglieder über Neuerungen und zusätzliche Informationen versorgt.

Ein wichtiges Ziel der Branchenverbände ist der Erfahrungsaustausch.

7.1.1.8. Bevölkerung

Die Bevölkerung erwartet durch die Akteure der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr Schutz und Hilfe in der Not. Daher dürfen Maßnahmen im Einsatz nicht zu einem Nachteil der Bevölkerung führen (Gefährdung, Beschädigungen etc.).

Aufgrund der Finanzierung aus staatlichen Mitteln hat die Bevölkerung ein Interesse, den Mehrwert hinter dem Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme zu erkennen.

Ängste gibt es innerhalb der Bevölkerung in Bezug auf den Datenschutz. Es bestehen Bedenken gegenüber möglicher Ausspähung. Zusätzlich bestehen Befürchtungen vor Schäden an Leib und Leben sowie Eigentum bei Absturz eines solchen Systems.

7.1.2. Marktvolumen

Während für den US-Markt insbesondere durch die Rüstungsindustrie zwischen 2015 und 2025 ein wirtschaftlicher Umsatz von 82 Mrd. US-Dollar angenommen wird, ist in der Bundesrepublik Deutschland ein deutlich geringeres Marktvolumen zu erwarten (Del Re/Kämper 2017: 5). Im Gegensatz zu den USA, in denen militärische Anwendungen den Markt dominieren, ist der Zuwachs in Deutschland durch den Hobbymarkt geprägt.

In der Bundesrepublik Deutschland werden 6.000 Firmen mit unbemannten Luftfahrtssystemen oder damit verbundenen Dienstleistungen in Verbindung gebracht (Del Re 2017: 3). Der größte Teil dieser Unternehmen (76 %) sind kleine Firmen mit weniger als drei Mitarbeitern. Aus diesem Bereich sind 86 % der Mitarbeiter auch gleichzeitig Piloten (ebd.: 3).

Die größten Industriesektoren, in denen unbemannte Luftfahrtsysteme verwendet werden bzw. für die eine Dienstleistung erbracht wird, sind in den Bereichen Medien und Marketing, industrielle Dienstleistungen und Immobilien angesiedelt (Del Re 2017: 4).

Während in den vergangenen Jahren die rechtliche Ausgangssituation nicht optimal war und das Erkunden von Tätigkeitsfeldern im Vordergrund stand, wird für das Jahr 2017 vorhergesagt, dass es einen Wechsel von der Erforschung von Einsatzzwecken und -optionen hin zur Implementierung geben wird (Karpowicz 2016: 4). In den Jahren zuvor wurden Anwendungsgebiete geprüft und Systeme auf ihre Tauglichkeit für diese verglichen. Mittlerweile kommt es zur Einführung und Nutzung unbemannter Luftfahrtsysteme im Alltag. Hinzu kommt, dass sich Bedenken der Öffentlichkeit gegenüber professioneller Anwendung reduzieren lassen werden. Es wird davon ausgegangen, dass dies aufgrund der Erkenntnis der vielen positiven Verwendungsmöglichkeiten geschieht (ebd.: 7).

Durch gesetzliche Änderungen ergeben sich mehr Möglichkeiten des Einsatzes im Rahmen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr. Die Akteure hier sind die Feuerwehren in Form von Freiwilliger Feuerwehr, Berufsfeuerwehr und auch Werkfeuerwehr sowie Hilfsorganisationen und das Technische Hilfswerk. Aufgrund der in Abschnitt 6.2 dargestellten Einsatzgebiete lassen sich Bedarfe herleiten.

In der Bundesrepublik Deutschland existieren fast 23.500 Feuerwehren (s. Tabelle 3). Neben den Freiwilligen Feuerwehren gibt es 105 Berufsfeuerwehren und 744 Werkfeuerwehren.

Das Technische Hilfswerk verfügt im Bereich Führung und Erkundung über 721 Zugtrupps und 66 Fachgruppen Führung und Kommunikation. Im Bereich der Suche nach vermissten Personen hat das THW 68 Fachgruppen Ortung (s. Tabelle 2).

In den sechzehn deutschen Bundesländern gibt es 402 Landkreise und kreisfreie Städte. Aufgrund der föderalen Strukturen ist die Erhebung von ABC-Zügen und Führungseinheiten nicht möglich. In der Regel sind ABC-Züge auf Ebene des Landkreises angesiedelt. Es sei jedoch festgestellt, dass auf Landes- und Kreisebene Bedarfe für ABC-Züge, Informations- und Kommunikationseinheiten (IuK) und örtliche Rettungshundestafeln bestehen. Auch die Hilfsorganisationen verfügen über Führungsgruppen und Zugtrupps.

Tabelle 2 Anzahl von Führungs- und Ortungseinheiten im Technischen Hilfswerk²⁵

Einheit	Anzahl
Zugtrupp	721
Fachgruppe Führung und Kommunikation	66
Fachgruppe Ortung	68

Tabelle 3 Anzahl der Feuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland²⁶

Feuerwehr	Anzahl
Freiwillige Feuerwehren	22634
Berufsfeuerwehren	105
Werkfeuerwehren	744

Tabelle 4 Anzahl der Task Forces im Bereich des Zivilschutzes

Einheiten im Zivilschutz	Anzahl
Analytische Task Force	6
Medizinische Task Force	61

Im Rahmen des Zivilschutzes hält der Bund mit Unterstützung der Länder sechs Analytische Task Forces²⁷ vor, die im Bereich der Gefahrstoffdetektion tätig sind. Bundesweit sollen 61 Medizinische Task Forces etabliert werden, von denen bereits mehrere existieren (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2007: o. S.). Diese haben Bedarf im Bereich Luftbild- und Lagebilderstellung.

²⁵ Technisches Hilfswerk 2016: 19

²⁶ Deutscher Feuerwehrverband o.J.: o. S.

²⁷ Standorte der ATF: Hamburg, Mannheim, Dortmund, Köln, München, Berlin (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2017: o. S.)

Selbst, wenn nicht von jeder Feuerwehr ein unbemanntes Luftfahrtsystem angeschafft wird und sowohl THW als auch Hilfsorganisationen nicht jede Führungseinheit mit diesen ausstatten werden, kann von einem Bedarf im mindestens dreistelligen Bereich ausgegangen werden.

7.2. Anforderungen an Systeme

Abgeleitet aus der Stakeholderanalyse haben die unterschiedlichen Organisation verschiedene Bedürfnisse und Interessen. Die Anforderungen, die an den Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen gestellt werden, unterscheiden sich nicht nur innerhalb der Organisationen zum Beispiel aufgrund des Aufbaus, der Struktur oder der Finanzierung, sondern auch durch die räumlichen Bedingungen vor Ort. Auch unterscheiden sich die Anforderungen zwischen verschiedenen Einsatzzwecken zum Teil erheblich. Dennoch lassen sich neun Anforderungen ableiten, die Systeme für den Einsatz in der Gefahrenabwehr erfüllen müssen.

Insbesondere der spontane Einsatz und die nicht veränderbaren und auszuwählenden Bedingungen vor Ort stellen besondere Anforderungen in der Gefahrenabwehr dar.

Hierbei stehen eine möglichst flexible Nutzung und hohe Sicherheit im Fokus.

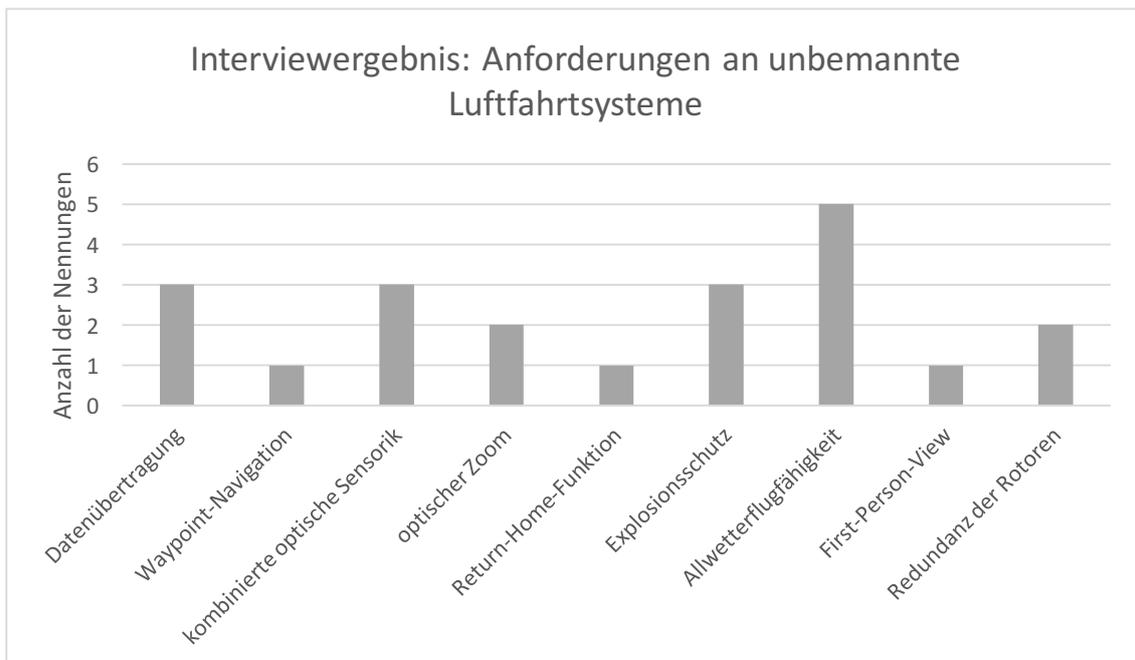


Abbildung 6 An unbemannte Luftfahrtsysteme gestellte Anforderungen

Anzustreben ist, dass die Systeme in so vielen Einsatzszenarien wie möglich einsetzbar sind, um den Einsatzwert zu erhöhen und hohe Anschaffungskosten zu relativieren.

Hierzu zählen auch die Umgebungsbedingungen wie Wetter, Klima und Lichtverhältnisse.

Zusätzlich zu den in Abbildung 6 dargestellten neun Anforderungen, die im Folgenden ausführlich dargelegt werden, ergeben sich die weiteren Anforderungen der befragten Nutzer:

Die Sensorik soll vielseitig sein und als Nutzlast ohne großen Aufwand austauschbar sein.

In Bezug auf die Flugzeit und Kapazität der Akkumulatoren wird eine Flugzeit von mindestens 30 Minuten erwartet.

7.2.1. Datenübertragung

Eine direkte Übertragung der von der Nutzlast gewonnen Daten zur Bodenstation bzw. einem Auswerter ist erforderlich. Andernfalls müssen Daten während des Fluges aufgezeichnet werden und können erst nach der Landung ausgelesen, nachbearbeitet und weitergereicht werden.

Die Übertragung der Daten hat verschlüsselt zu erfolgen, um so vor dem Zugriff Dritter geschützt zu werden.

Durch vereinheitlichte Schnittstellen können Übertragung, Empfang und Auswertung mit Hilfe verschiedener Hard- und Software ermöglicht werden.

7.2.2. Navigation

Damit das unbemannte Luftfahrzeug stabil in der Luft stehen kann (hovering), sind hochgenaue Lagesensoren erforderlich. So muss das System über Höhenmesser, Beschleunigungsmesser und weitere Sensoren zur Lagebestimmung verfügen.

Zusätzlich ist ein genaues Global Navigation Satellite System (GNSS), wie GPS, GLONASS oder GALILEO, erforderlich. So kann das System nicht nur seine Position während des hovering halten, sondern auch gezielt zu bestimmten Koordinaten fliegen. Eine größtmögliche Sicherheit und Unabhängigkeit wird erreicht, indem mehr als ein GNSS genutzt wird.

Insbesondere, wenn in baulichen Strukturen oder sehr nah an diesen geflogen wird, kann der GNSS-Empfang gestört sein. Auch in diesem Fall muss eine stabile Fluglage des unbemannten Luftfahrzeugs gewährleistet sein.

Ein genaues GNSS ermöglicht ebenfalls den selbstständigen Abflug vorher festgelegter Koordinaten (Waypoint-Navigation).

7.2.3. Optische Sensorik

Die optische Sensorik stellt die Kernkompetenz des unbemannten Luftfahrtsystems dar. Da Aufnahmen aus großer Höhe oder über weite Entfernungen aufgenommen werden, sind die Systeme darauf auszurichten.

Es ist zu unterscheiden zwischen der optischen Sensorik, die als Nutzlast Teil des unbemannten Luftfahrtsystems ist und zum Erfüllen des Auftrages erforderlich ist, und der optischen Sensorik, die zum Steuern des unbemannten Luftfahrtgeräts vonnöten ist.

Für die optische Sensorik als Nutzlast ist als Ergänzung der Tageslichtkamera eine Wärmebildkamera erforderlich. Für spezielle Anwendungen sind Hyperspektralkameras erforderlich, die jedoch nur in Kombination mit einer Tageslichtkamera sinnvoll sind.

Damit aus großer Höhe oder aus Entfernung Details erkennbar sind und die erstellten Bilder bearbeitungsfähig bleiben, ist ein vielfacher optischer Zoom unabdingbar. Auch die Lichtverhältnisse können sehr unterschiedlich sein. Es muss sichergestellt sein, dass ein Einsatz sowohl in der Mittagssonne als auch in der Abenddämmerung möglich ist.

Soll das Fliegen außerhalb der Sichtweite möglich sein, so muss dies über eine weitere, nicht der Nutzlast zugehörigen Kamera, erfolgen.

Die Nutzlast muss unabhängig von dem Luftfahrtgerät steuerbar sein, zum Beispiel durch eine zweite Person, z. B. dem Spotter.

7.2.4. Sicherheit

Das unbemannte Luftfahrtsystem darf an der Einsatzstelle nicht zu einer zusätzlichen Gefahrenquelle werden und Einsatzkräfte oder Dritte gefährden. Auch darf der Einsatz nicht weitere Schäden verursachen. Daher stellen sich in Bezug auf die Sicherheit folgende Anforderungen:

Bei Abriss oder Störung der Verbindung zwischen Steuerer und dem unbemannten Luftfahrtgerät muss sichergestellt werden, dass es nicht zu einem Absturz kommt. Daher sollte es über eine Funktion oder ein System verfügen, um bei einem Verbindungsverlust oder einer Störung der Verbindung, d. h. sobald die Steuerung des Gerätes nicht mehr möglich ist, den sicheren Rückflug zum Ausgangspunkt (Startplatz) einleiten und dort landen zu können. Dies wird als Return-Home-Funktion (nach Hause zurückkehren) oder auch Safe-Back-Funktion (sicher zurück) bezeichnet. Hierbei muss sichergestellt werden, dass das Fluggerät vorher auf eine sichere Flughöhe steigt oder sinkt, damit eine Kollision mit Einsatzmitteln (Drehleiter) oder baulichen Strukturen (Gebäude, Brücken, Laternenmasten), aber auch der Botanik ausgeschlossen wird, bevor es zum Ausgangspunkt zurückkehrt.

Das unbemannte Luftfahrtgerät wird durch den von den Rotoren erzeugten Auftrieb zum Fliegen befähigt. Kommt es zum Ausfall, ist ein Absturz unvermeidlich. Daher sind die Systeme so auszulegen, dass der Ausfall mindestens eines Rotors bzw. dem zugehörigen Motor kompensiert werden kann und noch eine Notlandung möglich ist. Dies ist in der Regel bei fünf oder mehr Rotoren der Fall. Soll der Einsatz nahe an baulichen Strukturen oder Hindernissen erfolgen, sind die Rotoren zusätzlich vor mechanischen Einwirkungen zu schützen.

7.2.5. Wetter und Klima

Der Zeitpunkt und die vorherrschenden Wetterbedingungen können in der Regel nicht ausgewählt werden. Daher muss das System bei einem Großteil der im Einsatzgebiet vorherrschenden Wetterbedingungen einsetzbar sein.

Damit ein Einsatz bei Regen, Nebel oder auch Schneefall möglich ist, muss das System gegen eindringende Feuchtigkeit geschützt werden. Insbesondere zu schützen sind die Motoren sowie Nutzlast und Sensorik.

Erfolgt ein Einsatz in küstennahen Bereichen, muss eine Salzwasserträglichkeit vorhanden sein.

Das System muss in einem großen Temperaturbereich einsetzbar sein, sprich jahreszeitenbedingt im Winter und Sommer, insbesondere jedoch bei großen Temperaturunterschieden zwischen Einsatzort und Umgebungstemperatur z. B. kalten Temperaturen in tiefen Felsspalten oder sehr hohen Temperaturen über Flachdächern oder asphaltierten Flächen.

Regional unterschiedlich sind ebenfalls die vorherrschenden Winde. Jedoch sollte das System so ausgelegt sein, dass es auch bei böigem Wind und ggf. bis Windstärke 8 bft. fliegen kann.

7.2.6. Explosionsschutz

Damit das unbemannte Fluggerät in gefährdeten Bereichen nicht selbst zur Gefahrenquelle wird, muss es über ein hohes Geräteschutzniveau verfügen, damit es nicht zur Zündung explosionsfähiger Atmosphären durch dieses System kommt.

Neben dem Fluggerät muss auch die Nutzlast darauf ausgelegt sein sowie alle anderen Anbauteile.

7.2.7. Kosten

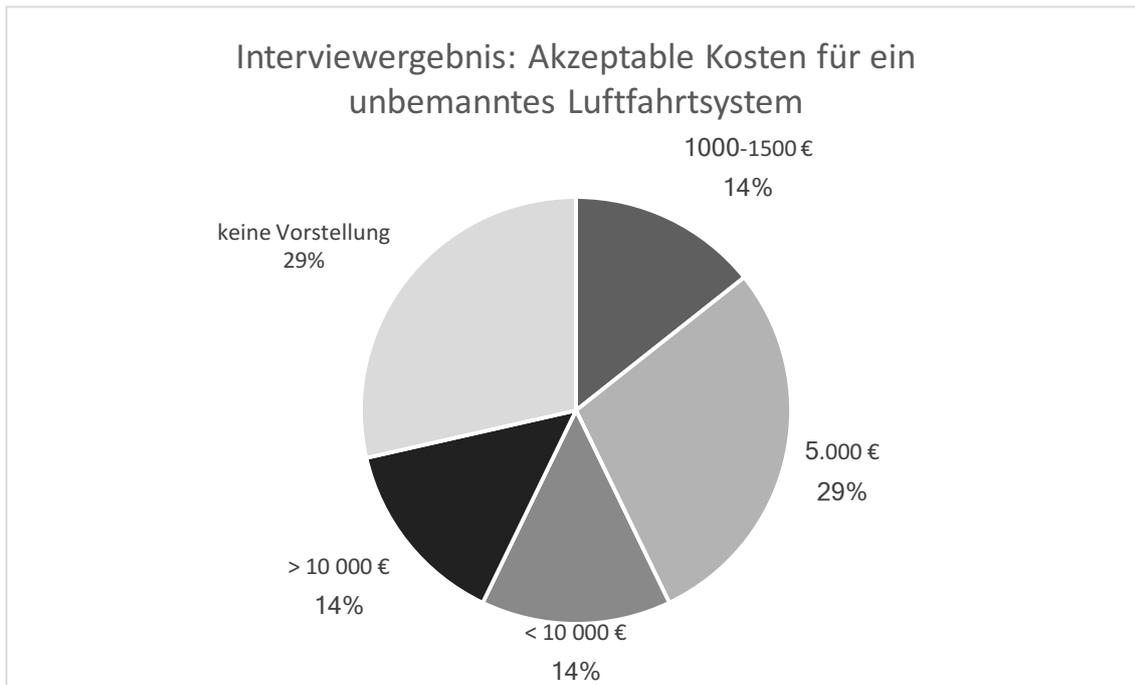


Abbildung 7 Aussagen zu den zu akzeptierten Kosten

In Bezug auf die akzeptablen Kosten gehen die Anforderungen der Befragten deutlich auseinander. Während durch Spenden getragene Hilfsorganisationen keine großen Budgets zur Verfügung haben, sind Behörden und große Berufsfeuerwehren z. T. besser gestellt.

7.3. Marktverfügbare Systeme

Im Rahmen der durchgeführten Recherche konnten 48 Unternehmen ermittelt werden, die eigene unbemannte Luftfahrtsysteme anbieten. Von diesen Unternehmen führen 27 die Nutzung in der Gefahrenabwehr als mögliches Einsatzfeld ihrer Produkte auf, die Modelle der restlichen Firmen werden in der Gefahrenabwehr bereits genutzt oder eignen sich für einzelne Einsatzoptionen.

Einige Firmen bieten mehrere Modelle für die genannten Einsatzzwecke an. In den Datenblättern (siehe im Anhang: 11.2 Datenblätter Marktübersicht) werden 31 Modelle, je eins pro Unternehmen, miteinander verglichen. Darunter sind 26 Multicopter, 3 Starrflügler, ein UAV mit schwenkbaren Rotoren und starren Flügeln sowie ein UAV in Bauart eines Helikopters.

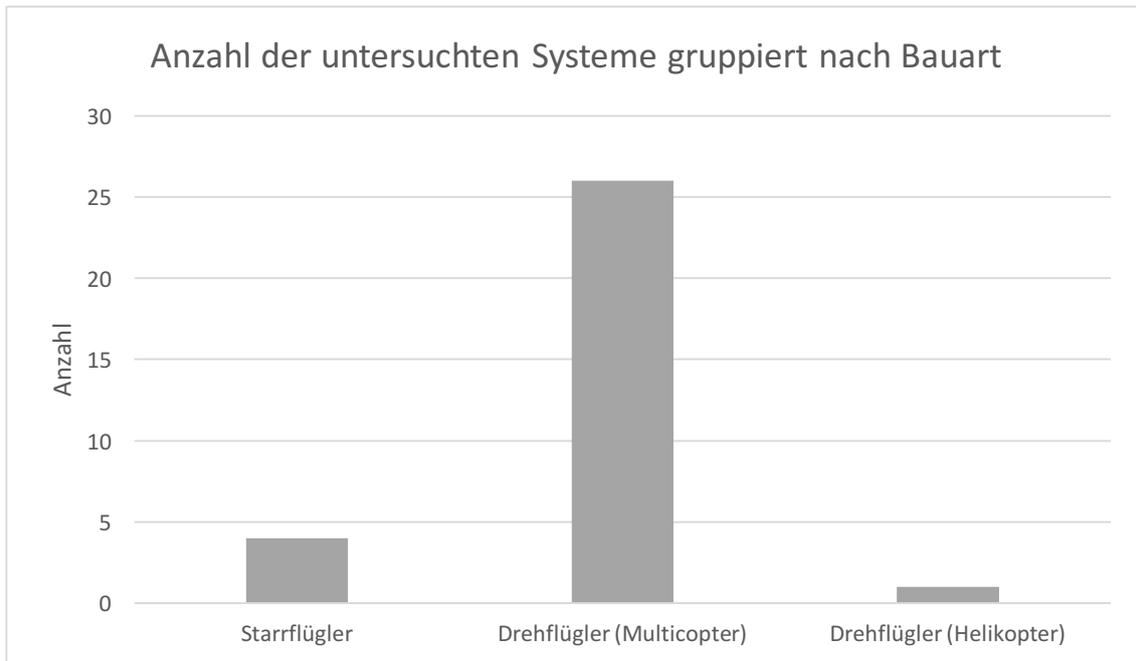


Abbildung 8 Untersuchte unbemannte Luftfahrtsysteme dargestellt nach Bauart

Die 26 Multicopter werden in Bezug auf MTOW, Anzahl der Rotoren, Flugzeit und Reichweite miteinander verglichen.

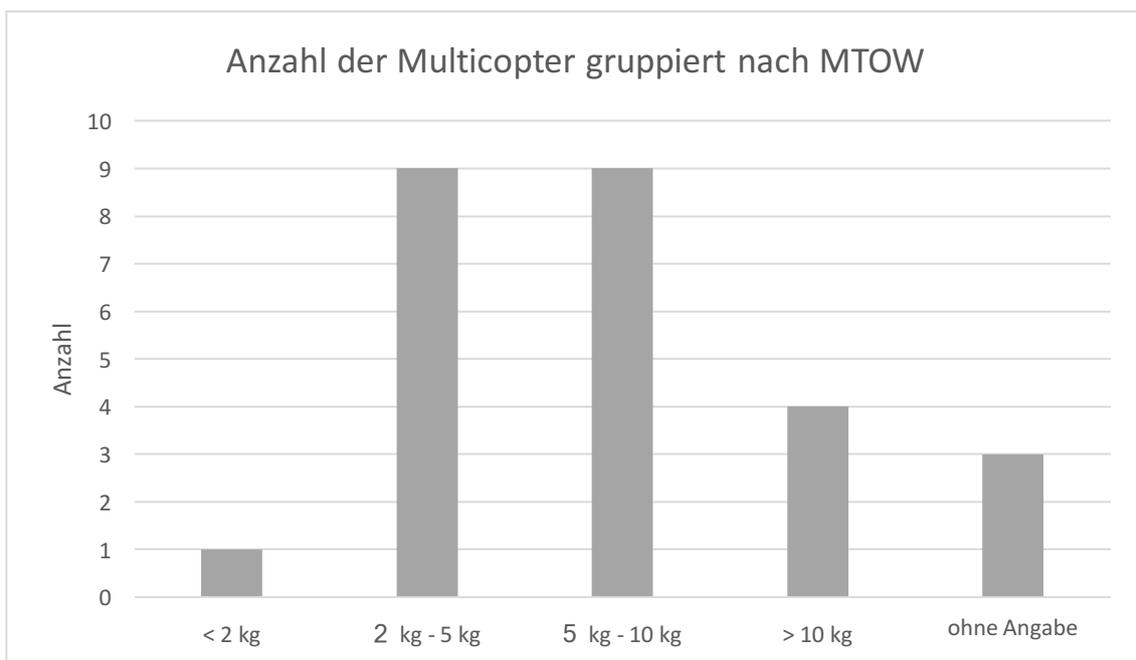


Abbildung 9 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach MTOW

Alle verglichenen Systeme (siehe

Tabelle 5 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach MTOW) liegen mit dem jeweiligen maximalen Startgewicht (MTOW) unter der Grenze von 25 kg oberhalb dessen deren Betrieb verboten ist. Die Masse der Systeme befindet sich zwischen 2 kg und 10 kg. Die Angaben beziehen sich auf die der Hersteller. Bei sieben Modellen fehlte die Angabe zum MTOW und wurde durch Addition des Eigengewichts und der Nutzlast ermittelt.

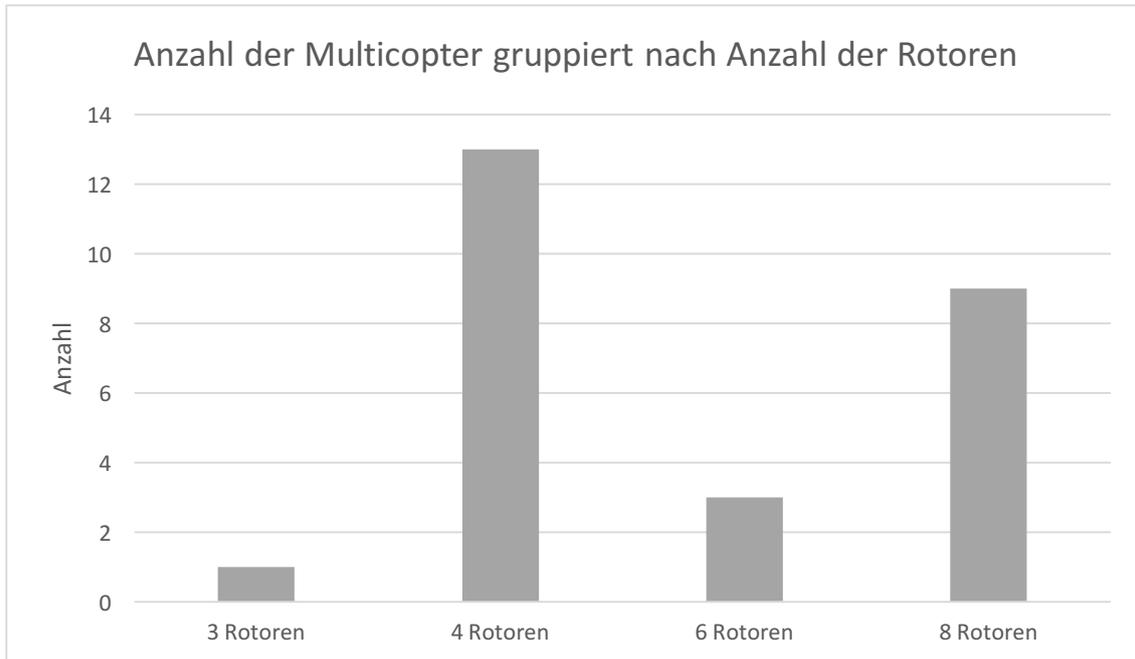


Abbildung 10 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach Anzahl der Rotoren

Auffallend ist, dass fast die Hälfte (siehe Tabelle 6 Multicopter nach Anzahl der Rotoren) der untersuchten Systeme über vier Rotoren verfügt und somit als Quadrocopter bezeichnet werden kann. Ein untersuchtes System verfügt über lediglich drei Rotoren.

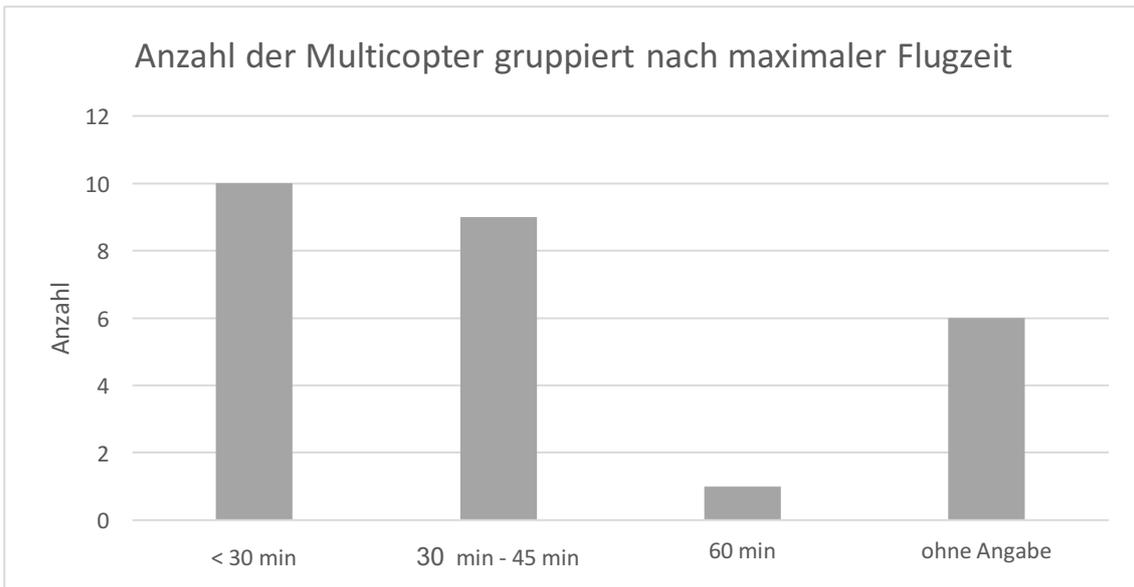


Abbildung 11 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach maximaler Flugzeit

Eine Flugzeit von 60 Minuten oder mehr erreicht lediglich eines der dargestellten Systeme (siehe Tabelle 7 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Flugzeit). Die Mehrheit der Systeme kann weniger als 30 Minuten in der Luft bleiben, hiervon die Hälfte nur 20 Minuten.

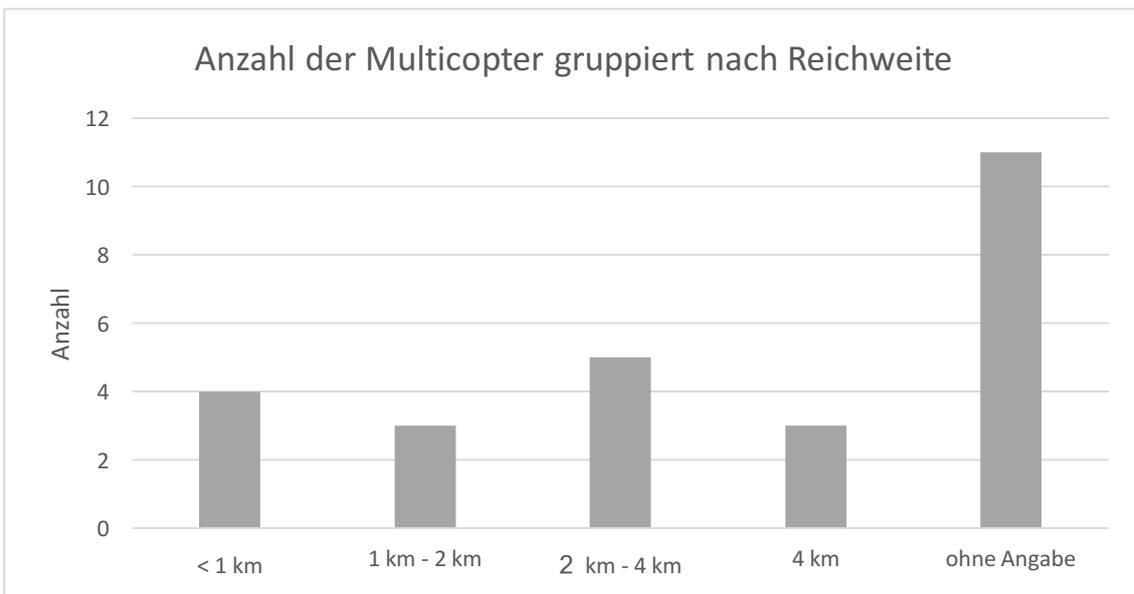


Abbildung 12 Anzahl der untersuchten Multicopter gruppiert nach maximaler Reichweite

Die Reichweite ist sehr unterschiedlich (siehe Tabelle 8 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Reichweite). Fast zu gleichen Teilen gehen die Systeme in den vier Kategorien auf. Die Reichweite hängt von den verwendeten Steuersystemen und deren Signalstärken ab.

Im Abschnitt 7.2 wurden die Anforderungen an die für die Gefahrenabwehr verwendbaren Systeme beschrieben. Hier wurden im wesentlichen eine Flugzeit von mehr als 30 Minuten, die Navigation mit mindestens einem GNSS und aus Sicherheitsgründen mehr als vier Rotoren gefordert. Des Weiteren wurden Anforderungen in Bezug auf die Kombination von Tageslicht- und Wärmebildkamera sowie eine Funktion zur sicheren Rückkehr bei Signalverlust (Return-Home) genannt. Diese Anforderungen werden von lediglich vier untersuchten Systemen erfüllt. Diese sind:

- Bird Pilot X-8 Multicopter
- Flycam UAV NEO
- HiSystems MK8-3500
- Robodrone Kingfisher

Alle genannten Systeme können bis Windstärke 5 bft, je eines bis 6 bft und 8 bft fliegen. Die Hersteller dieser vier Modelle bieten diese explizit für den Bereich Gefahrenabwehr an. Die maximale Startmasse (MTOW) beträgt bei allen vier Systemen mehr als 5 kg. Außer zum Kingfisher, der als wasserdicht deklariert ist, gibt es keine Informationen über den Schutz vor eindringender Feuchtigkeit oder Flüssigkeiten.

Bei den Starrflüglern wurden Systeme mit einer Spannweite zwischen 1 m und 3 m miteinander verglichen. Das MTOW beträgt mehr als 2 kg. Sie erfüllen alle eine Flugzeit von mehr als 30 Minuten, in der Spitze bis 120 Minuten.

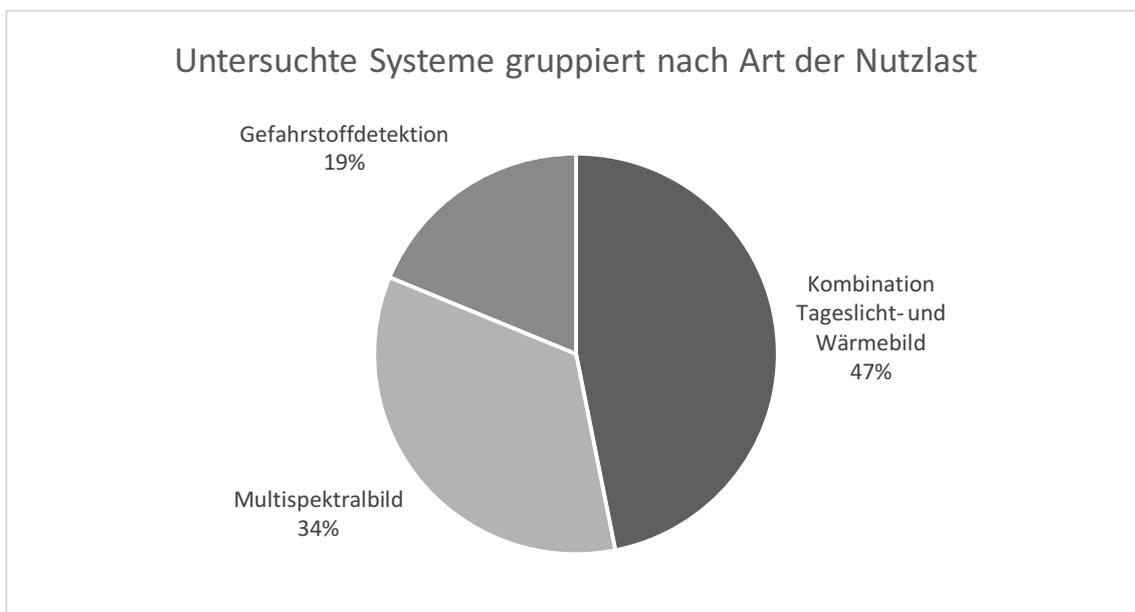


Abbildung 13 Untersuchte Systeme in Bezug auf die verwendete Nutzlast

Eine Vielzahl der Hersteller bietet verschiedene Nutzlasten an. Hier ist es möglich zwischen Tageslichtkamera, Wärmebildkamera und Sensorik zur Gefahrstofferkennung zu wählen. Zur Auswahl stehen bei den meisten Herstellern verschiedene handelsübliche Systemkameras. Drei Hersteller bieten nur eine GoPro Hero 4 Actioncam als Tageslichtkamera an, zwei von diesen in Kombination mit einer FLIR Vue Wärmebildkamera.

Mehrere Hersteller bieten lediglich die verwacklungsfreie Aufnahme für optische Sensorik an, die Kamera wird extern beschafft.

Lediglich bei fünf der ausgewählten Modelle gab es eine Preisangabe. Dies ist die unverbindliche Preisempfehlung des Herstellers. Die Preise liegen zwischen 599 Euro und 16.000 US-Dollar, wobei die im vierstelligen Bereich dominieren.

Alle Experten sehen die auf dem Markt verfügbaren Systeme als nutzbar und in der Gefahrenabwehr anwendbar an. Jedoch werden konkrete Weiterentwicklungsbedarfe und Limitierungen benannt. Insbesondere hat in bestimmten Fällen eine Anpassung speziell an die in Abschnitt 7.2 beschriebenen Bedürfnisse der Gefahrenabwehr zu erfolgen.

7.4. Limitierende Faktoren

Durch die Experten wurden verschiedenen limitierende Faktoren genannt. Im Folgenden sind sieben ausführlicher dargelegt.

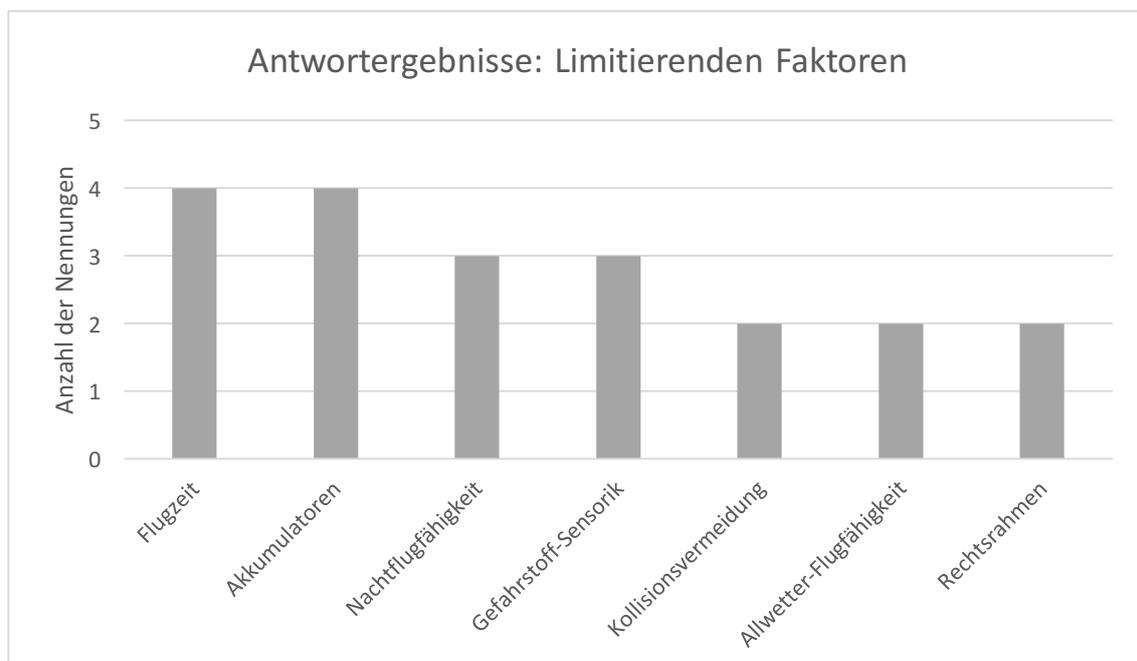


Abbildung 14 Derzeit limitierende Faktoren

7.4.1. Flugzeit

Als größter limitierender Faktor wurde die Flugzeit benannt. Erwartet wird von potentiellen Anwendern eine Flugzeit von mindestens 30 Minuten. Etwa die Hälfte der verglichenen Modelle verfügt über eine Flugzeit von mehr als 30 Minuten.

Die Flugzeit wird limitiert durch die Kapazität der verfügbaren Akkus, durch das Eigengewicht des unbemannten Luftfahrzeugs und durch den Energieverbrauch der Motoren. Je größer das Eigengewicht, desto mehr Energie wird von den Motoren für den Flug verbraucht. Mit dem steigenden Energieverbrauch steigt die benötigte Akku-Kapazität.

Eine Lösung bieten hybride Systeme so z. B. ein Starrflügler, der durch das Schwenken der Propeller in der Lage ist, senkrecht zu starten (VTOL). Eine andere Möglichkeit sind alternative Antriebe wie z. B. die Brennstoffzelle.

7.4.2. Akkus

Ein weiterer stark limitierender Faktor sind die Akkus, die das unbemannte Luftfahrtsystem mit Energie versorgen. Im Vordergrund steht hier die begrenzte Kapazität sowie das Tradeoff zwischen Kapazität und Eigengewicht des Akkus.

Es werden fast ausschließlich Lithium-Polymer-Akkumulatoren (LiPo) verwendet. Diese haben nur einen begrenzten Lebenszyklus. Explizit bei Anwendungen in der Gefahrenabwehr müssen die Akkus vollständig geladen gelagert werden, da sie jederzeit einsatzbereit sein müssen. Dies führt zu einer Verkürzung des Lebenszyklus. Für die Lagerung im geladenen Zustand sind ferner besondere Anforderungen zu beachten.

Die Lagerung und das Laden dieser Akkus hat bei bestimmten Temperaturen und unter vorgegebenen Spannungen zu erfolgen. Geschieht dies nicht unter den vorgeschriebenen Rahmenbedingungen oder ist der Akku beschädigt, kann es zu einer Selbstentzündung kommen.

Zusätzlich limitierend ist die Notwendigkeit, die Akkus auch an der Einsatzstelle sicher und kontrolliert laden zu können sowie erforderliche Mittel zur Brandbekämpfung bei der Selbstentzündung mitzuführen. Hierfür sind entsprechende Lösungen zu finden.

7.4.3. Nachtflugfähigkeit

Derzeit ist keines der verglichenen Systeme nachtflugfähig. Dies ist zum einen auf die fehlende Kennzeichnung und Lichterführung und zum anderen auf das Nichtvorhandensein von restlichtverstärkter und nachtsichtfähiger optischer Sensorik. So ist weder die Lage des Fluggeräts in der Luft visuell bestimmbar noch kann der Flug per First-Person-View durchgeführt werden.

7.4.4. Gefahrstoffsensorik

Aufgrund der begrenzten Traglast und Akku-Kapazität können Messgeräte, die für die Verwendung am Boden entwickelt wurden, für den Einsatz bei der Ermittlung von Gefahrstoffen nicht verwendet werden. Vorhandene Geräte und Verfahren müssen so weit miniaturisiert werden, dass sie als Bestandteil eines unbemannten Luftfahrtsystems zum Einsatz gebracht werden können.

Nutzlasten zur Gefahrstofferkennung müssen austauschbar sein. So kann ein möglichst großes Spektrum an nachweisbaren Stoffen erreicht werden. Auch sollte es möglich sein, unbemannte Luftfahrtsysteme zur Leckagesuche einzusetzen.

7.4.5. Kollisionsvermeidung

Als limitierend wird empfunden, dass es kaum Systeme zur Kollisionsvermeidung gibt. Es gibt zwar mit Ultraschall-Sensoren bestückte Systeme, jedoch schützen diese lediglich vor Kollisionen mit baulichen Strukturen oder Bäumen. Fraglich ist, ob bei mehreren aufeinanderzu fliegenden unbemannten Luftfahrtsystemen schnell genug reagiert werden könnte.

Erforderlich ist der automatische und selbstständige Austausch von Informationen (Position, Höhe, Geschwindigkeit) zwischen zwei unbemannten Luftfahrtsystemen, um Kollisionen zu vermeiden.

7.4.6. Allwetter-Flugfähigkeit

Um einen Einsatz bei Regen, Schnee, Nebel und in Bereichen hoher Luftfeuchtigkeit zu ermöglichen, muss neben dem unbemannten Luftfahrtgerät auch die verwendete Nutzlast vor eindringender Feuchtigkeit geschützt werden. Bei vielen derzeit verfügbaren Systemen sind Motoren und Steckverbindungen ungeschützt. Einige Modelle verfügen zwar über ein geschlossenes Gehäuse, jedoch nicht über einen Schutz aller Komponenten vor eindringender Feuchtigkeit.

Weiterhin limitierend ist der Faktor Wind. Die meisten Systeme sind nur bis Windstärke 5 bft. einsetzbar. Für den Einsatz an der Küste, auf Erhebungen und in großen Häuserschluchten ist dies nicht ausreichend.

7.4.7. Rechtsrahmen

Der Rechtsrahmen wird weiterhin als Einschränkung wahrgenommen, obwohl mittlerweile durch die sogenannte Drohnenverordnung (siehe Abschnitt 5.1.3) weitreichende Möglichkeiten für die BOS geschaffen wurden.

7.4.8. Weitere Faktoren

Zusätzlich werden folgende Faktoren als einschränkend empfunden:

Ein hochgenaues GNSS wird benötigt, um nahe an Gebäuden und Strukturen entlang fliegen zu können. Zusätzlich ist dieses notwendig, um Bilder im Nachhinein gut auswerten zu können. Dies ermöglicht das Ausmessen von Flächen oder Volumen, wie zum Beispiel Rauchwolken sowie die spätere Georeferenzierung.

Bis jetzt ist kein System explosionsgeschützt. Einzelne Systeme verfügen lediglich über zertifizierte Bauteile, jedoch nie das gesamte System.

Zum Schutz der teuren Systeme und um insbesondere für Ehrenamtliche die Möglichkeit zu schaffen, sich in der Freizeit fortzubilden und zu üben, sind Übungssoftware und Flugsimulatoren notwendig.

Derzeit fehlt eine Standardisierung von Schnittstellen sowohl in Bezug auf die Datenprotokolle, die Übertragung von Daten und Ansteuerung der Nutzlast als auch in Bezug auf die Halterung oder Vorrichtung zum Tragen der Nutzlast.

7.5. Ausblick in die Zukunft

Auch in der nahen Zukunft wird es zum Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen kommen. Die Anzahl der Einsätze, aber auch der Verwendungsmöglichkeiten wird steigen. Wie in Abschnitt 7.1.2 beschrieben, findet derzeit eine Verschiebung vom Ausprobieren und Testen hin zur Implementierung statt.

Weiterhin wird der Einsatz im Bereich der *drei D* indiziert sein: „dirty, dull and dangerous“.

Zwei den Vorstellungen, Wünschen und Anforderungen der Interviewpartner entstammende Systeme seien im Folgenden exemplarisch vorgestellt.

Auf dem Dach eines Einsatzleitwagens ist ein unbemanntes Luftfahrtgerät verstaut. Der Einsatzleiter markiert auf einem Eingabegerät (z. B. Tablet oder Touchscreen) die Zielkoordinaten und den zu überfliegenden Bereich. Im Anschluss erstellt ein Computer eigenständig den Flugplan, bezieht aktuelle Wetterdaten ein, kennt Flugverbotszonen in der Umgebung und startet nach erfolgter Luftraumfreigabe eigenständig. Der Flug und die Erfüllung des Auftrages werden autonom durch das unbemannte Luftfahrtsystem ausgeführt. Während des Fluges werden alle gesammelten Informationen in Echtzeit an die Bodenstation gesendet. Am Boden werden die Daten automatisch durch entsprechende Software ausgewertet. Der Einsatzleiter nutzt dieses System zur Entscheidungs-

unterstützung, ohne dass es ihn belastet oder Ressourcen bindet. Durch die automatische Auswertung wird kein zusätzliches Personal benötigt. Wird ein hybrides System, eine Verbindung aus Starrflügler und VTOL-Funktion verwendet, können große Flächen abgedeckt und lange Flugzeiten erreicht werden.

Eine weitere geschilderte Wunsch-Anwendung ist die Erkundung der Schadensstelle vor Eintreffen der Einsatzkräfte. Nach Alarmierung fliegt ein unbemanntes Luftfahrtsystem autonom den Einsatzkräften voraus und übermittelt, während diese noch auf der Anfahrt sind, Daten der Einsatzstelle und erstellt ggf. sogar ein 3D-Modell des Ortes.

Generell soll eine Flugzeit von mehr als 60 Minuten erreicht werden, Nutzlasten wie Kameras immer kleiner, aber leistungsfähiger werden und der Einsatz optimalerweise bei jeder Wetterlage möglich sein.

Die befragten Experten sehen in der Zukunft den Einsatz von verschiedenen unterschiedlich ausgestatteten unbemannten Luftfahrtsystemen, die autonom und vernetzt in einem Schwarm arbeiten, als vielversprechender an als den Einsatz eines hochspezialisierten und vielseitigen Systems. Denkbar ist hier auch eine Vernetzung zwischen Systemen in der Luft und Systemen am Boden, die vernetzt, autonom gemeinsam Aufträge erfüllen können.

Zusätzlich werden sich mehr Redundanzen gewünscht, sodass selbst beim Ausfall mehrerer Komponenten und Teilsysteme ein unkontrollierter Absturz verhindert wird. Zusätzlich könnte die Etablierung eines Notlandesystems entwickelt werden.

Zur Gefahrstofferkennung sehen die Experten in der Zukunft eine große Bandbreite an verfügbaren Sensoren. Sie sehen eine weiter fortgeschrittene Miniaturisierung und Plattformen, die über Schnellwechselsysteme verfügen, um den zügigen Wechsel verschiedener Sensoren zu ermöglichen.

7.5.1. Zukünftige Einsatzschwerpunkte

Als zukünftige Einsatzfelder von unbemannten Luftfahrtsystemen werden sich, der Meinung der Interviewpartner nach, der Transport von Gegenständen und der Aufbau von Kommunikationsverbindungen etablieren. Des Weiteren wird die Möglichkeit des Personentransportes gesehen und ein verstärkter Einsatz im Bereich der Gefahrstoffdetektion (CBRN / ABC), der durch verbesserte Sensorik ermöglicht werden kann. Weiterhin wird die Erkundung ein wichtiges Betätigungsfeld bleiben, wobei hier eine deutlich höhere Autonomie und der Schutz von Einsatzkräften im Vordergrund steht.

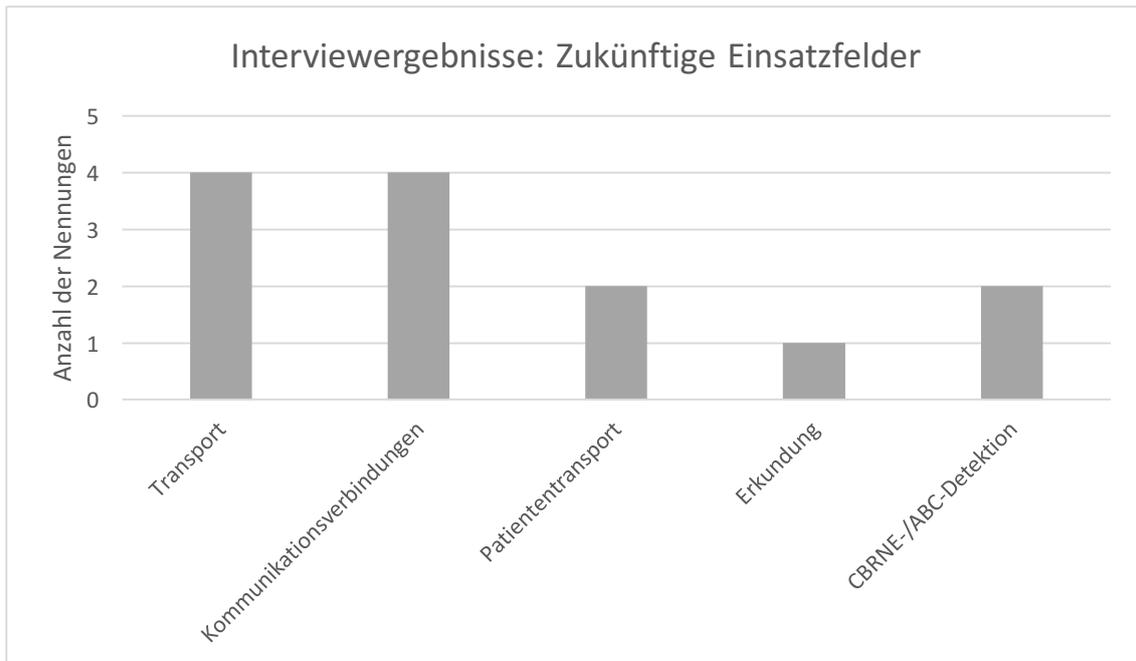


Abbildung 15 Zukünftige Einsatzfelder von unbemannten Luftfahrtsystemen

Der Transport oder das Zubringen von benötigten Einsatzmitteln oder lebenswichtigen Gütern wird eine ebenfalls gewichtige Rolle einnehmen. So können Medikamente oder Lebensmittel in nach Unglücksfällen, z. B. Erdbeben oder Hochwasser aber auch eingeschneite Regionen, abgeschnittene Bereich gebracht werden. Es besteht beispielsweise die Möglichkeit, Werkzeuge oder Fluchthauben in Situationen nachzubringen, wenn ein Atemschutztrupp nicht noch einmal zurückgehen kann oder wenn das Holen des benötigten Werkzeuges zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde, wie auf einem Mast. Mehrere unbemannte Luftfahrtsysteme können durch Vernetzung untereinander gemeinsam große Lasten heben und transportieren.

Durch stationäre unbemannte Luftfahrtsysteme können ausgefallene Kommunikationsinfrastrukturen ersetzt werden. Ein Schwarm von unbemannten Luftfahrtsystemen kann ein großflächiges Funknetz aufbauen, als Relais fungieren oder Daten von Luftfahrtgerät zu Luftfahrtgerät über weite Strecken senden. Auch mittels Durchsagen könnten Informationen an die Bevölkerung geben werden.

Durch entsprechend große Systeme ließe sich der Transport von Verletzten durchführen. Hier sind die unbemannten Luftfahrtsysteme in der Lage, lange Strecken zu überbrücken und Personalressourcen zu sparen.²⁸

²⁸ Combat Medic UAS for Resupply and Evacuation (U.S. Department of Defence. Office of the Secretary of Defence 2007: 77)

Die Erkundung vor Eintreffen der Einsatzkräfte am Schadensort führt zu einem verbesserten Schutz der Einsatzkräfte. So können neben dem Aufspüren von Gefahrstoffen im Rahmen terroristischer Lagen ggf. nicht umgesetzte Sprengsätze oder gezielt gegen Einsatzkräfte platzierte Sprengsätze (Second-Hit) aufgespürt werden.

Ob in der nahen Zukunft unbemannte Luftfahrtsysteme im Bereich durch die BOS eingesetzt werden, hängt auch vom Verhalten der Piloten und dem Umgang mit den gesetzlichen Freiheiten ab.

Jedoch benennen die befragten Experten auch eindeutige Sachverhalte, die sich nicht durchsetzen werden: Durchsetzen werden sich nach Auffassung der Experten keine großen unbemannten Luftfahrtsysteme. Gemeint sind damit Systeme von der Größe eines Helikopters oder die Möglichkeit, Fahrzeuge wie PKW zu transportieren.

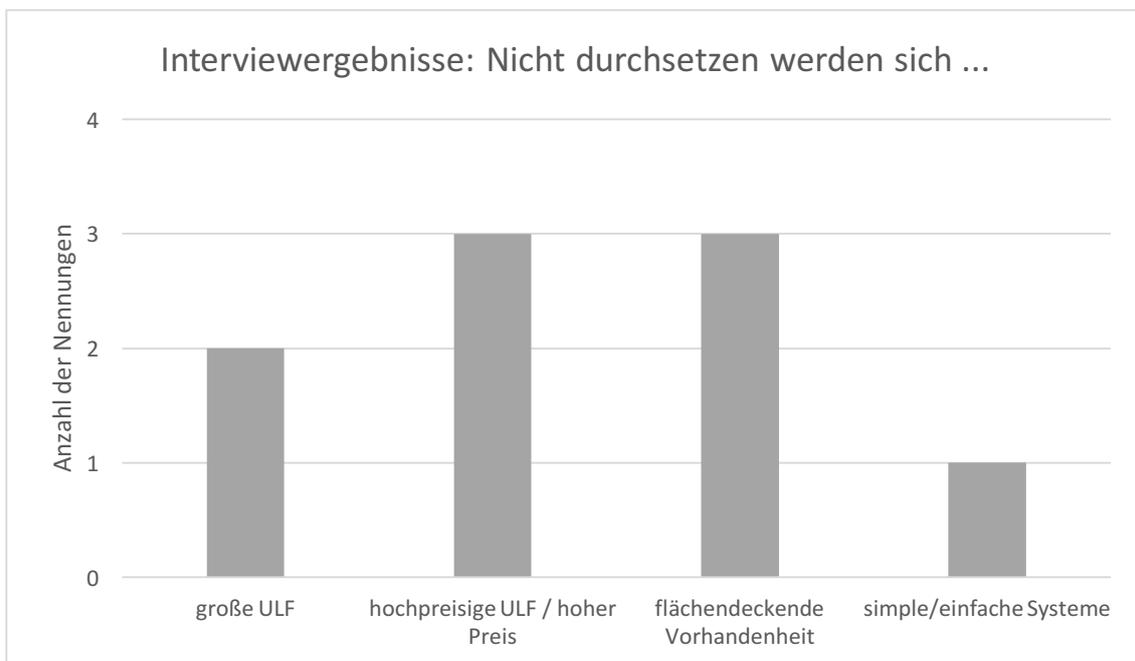


Abbildung 16 Sich in der Zukunft nicht durchsetzende Eigenschaften unbemannter Luftfahrtsysteme

Die Mehrheit der Befragten behauptet, dass sich hochprofessionelle und sehr spezielle unbemannte Luftfahrtsysteme, mit denen hohe Kosten verbunden sind, nicht durchsetzen werden. Im Gegensatz dazu äußerte eine Person, dass sich einfache, nicht vielseitige Systeme nicht durchsetzen werden. Einig ist sich die Mehrheit ebenfalls, dass es keine flächendeckende Verbreitung von unbemannten Luftfahrtsystemen geben wird. Dies wird mit den hohen Kosten und auch dem Ausbildungsaufwand begründet. Als wichtigsten Faktor, der eine flächendeckende Verbreitung verhindert, werden die hohen Anschaffungskosten angeführt. Stattdessen äußern mehrere Interviewte die Vermutung,

dass es zur punktuellen Vorhaltung spezieller und hochpreisiger unbemannter Luftfahrtsysteme kommen wird. Die Orte der Vorhaltung werden sich ergeben durch die entsprechende Einsatzhäufigkeit, die Fähigkeiten und Erfahrungen der einsetzenden Einheit sowie durch das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen.

8. Anforderungen an die Ausbildung von Piloten

Die Luftverkehrsordnung fordert von Piloten unbemannter Luftfahrtsysteme über zwei Kilogramm Startmasse den Nachweis von Kenntnissen im Bereich der Anwendung und Navigation der Fluggeräte, einschlägige luftrechtliche Grundlagen und Kenntnisse über die örtliche Luftraumordnung (siehe 5.1.1 Kenntnissnachweis). Die BOS sind von diesem Nachweis ausgenommen und müssen diesen somit nicht erbringen.

Dennoch sind alle befragten Experten der Meinung, dass fundierte Kenntnisse notwendig sind, um unbemannte Luftfahrtsysteme einsetzen zu können. Daher ist eine entsprechende Ausbildung erforderlich, die die Anforderungen und Strukturen in der Gefahrenabwehr berücksichtigt. Drei der befragten Experten setzen bereits in ihrer jeweiligen Organisation Ausbildungsmaßnahmen um.

8.1. Anforderungen an die Piloten

Einig sind sich alle Befragten, dass die physische und psychische Eignung zum Steuern eines unbemannten Luftfahrtsystems vorhanden sein muss. Wie diese festgestellt wird und was diese beinhaltet, darüber gibt es unterschiedliche Auffassungen unter den Experten.

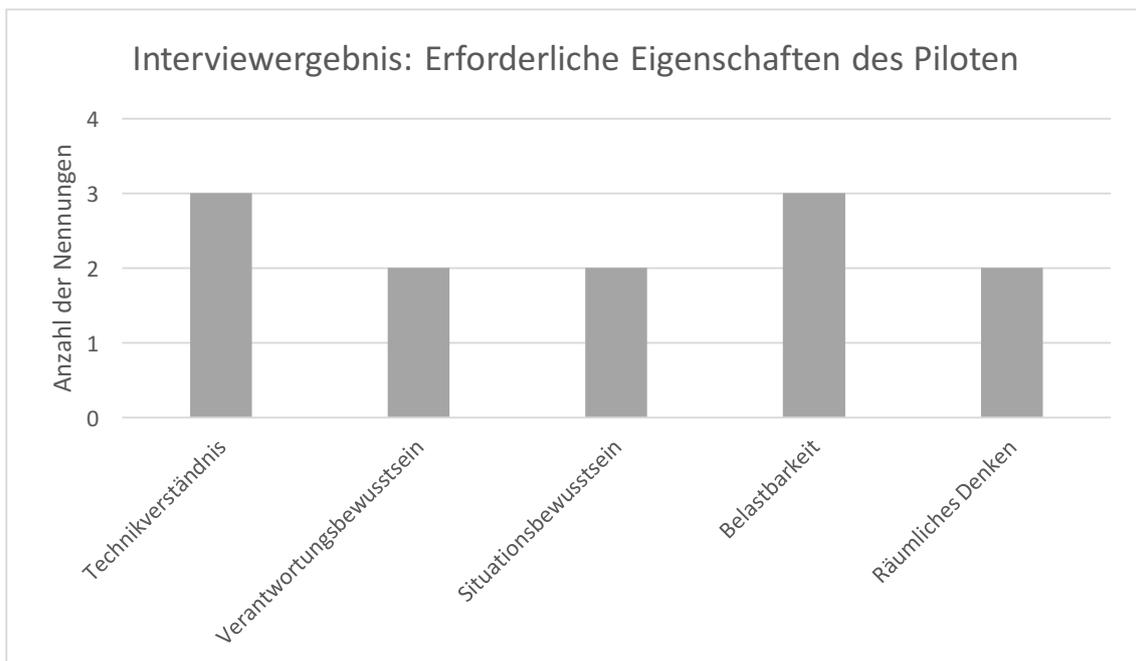


Abbildung 17 Für Piloten erforderliche Eigenschaften

Der Pilot hat gewisse Eigenschaften und sogenannte Softskills zu besitzen, die nicht durch eine Ausbildung kompensiert bzw. angeeignet werden können. Wichtig ist den Experten ein grundsätzliches Technikverständnis, ein hohes Verantwortungsbewusstsein sowie ein adäquates Situationsbewusstsein. Zusätzlich hat der Pilot belastbar zu sein und muss in der Lage sein, räumlich, seitenverkehrt und dreidimensional zu denken. Dies ist besonders wichtig bei Flugmanövern hin zum Piloten.

Zudem wünschen sich die Experten Fachwissen des Piloten für den Fachdienst, dem er angehört, sowie ggf. Ortskenntnis.

Die erforderlichen Softskills lassen sich nach persönlichen Kompetenzen und sozialen Kompetenzen trennen.

8.1.1. Persönliche Kompetenzen

Der Pilot muss belastbar sein. Auch in komplexen, hochdynamischen Situationen hat er die Ruhe zu bewahren und funktional zu bleiben. Das Steuern eines unbemannten Luftfahrzeugs erfordert eine hohe Konzentration, die ggf. über einen langen Zeitraum aufrechterhalten werden muss. Allgemein erfordert der Einsatz in der Gefahrenabwehr einen gewissen Grad an Stressresistenz. Auch in Phasen von Hochstress muss der Pilot ruhig bleiben und in der Lage sein, das unbemannte Luftfahrtgerät sicher zu steuern.

Von dem Piloten wird zusätzlich ein hoher Grad an Eigenverantwortlichkeit verlangt. Zwar arbeitet er immer einen Auftrag ab, jedoch ist er in dessen Umsetzung (flugtechnische Manöver und Routenplanung) frei in seinem Tun und hat daher einen großen Handlungsspielraum. Daher trifft er viele verantwortungsvolle Entscheidungen in eigener Zuständigkeit. Zusätzlich muss er einen Blick für Gefahren haben und selbstständig in der Lage sein, Gefahrenquellen und daraus resultierende Gefährdungen zu erkennen und einschätzen zu können. Ein hohes Verantwortungsbewusstsein ist erforderlich, da ggf. über fließendem Verkehr oder Menschenansammlungen sowie in Flugverbotszonen geflogen wird. Hierfür ist ein Verständnis für das Umfeld und die Bedingungen des Flugbetriebes notwendig.

Das Steuern erfordert eine hohe Koordinationsfähigkeit. Die gedanklichen Vorgänge müssen filigran durch Bewegung der Steuerungselemente auf der Fernsteuerung umgesetzt werden. Hierbei darf der Pilot über keine Koordinationsschwäche verfügen, sondern benötigt Feingefühl und eine ausgeprägte Motorik.

8.1.2. Soziale Kompetenzen

Aufgrund der taktischen Gliederung und der Zusammenarbeit mit anderen muss der Pilot über eine hohe Teamfähigkeit verfügen. Dies beinhaltet sowohl Kommunikations-

fähigkeit und Kommunikationsvermögen im Sinne von Kommunikation auf Augenhöhe als auch adressatengerechte Kommunikation, wenn die Beratung der Einsatzleitung erfolgt.

Der Pilot soll sich jederzeit bewusst sein, dass das unbemannte Luftfahrtsystem ein Hilfsmittel ist und er somit als Dienstleister fungiert.

8.1.3. Voraussetzungen, die der Pilot erfüllen muss

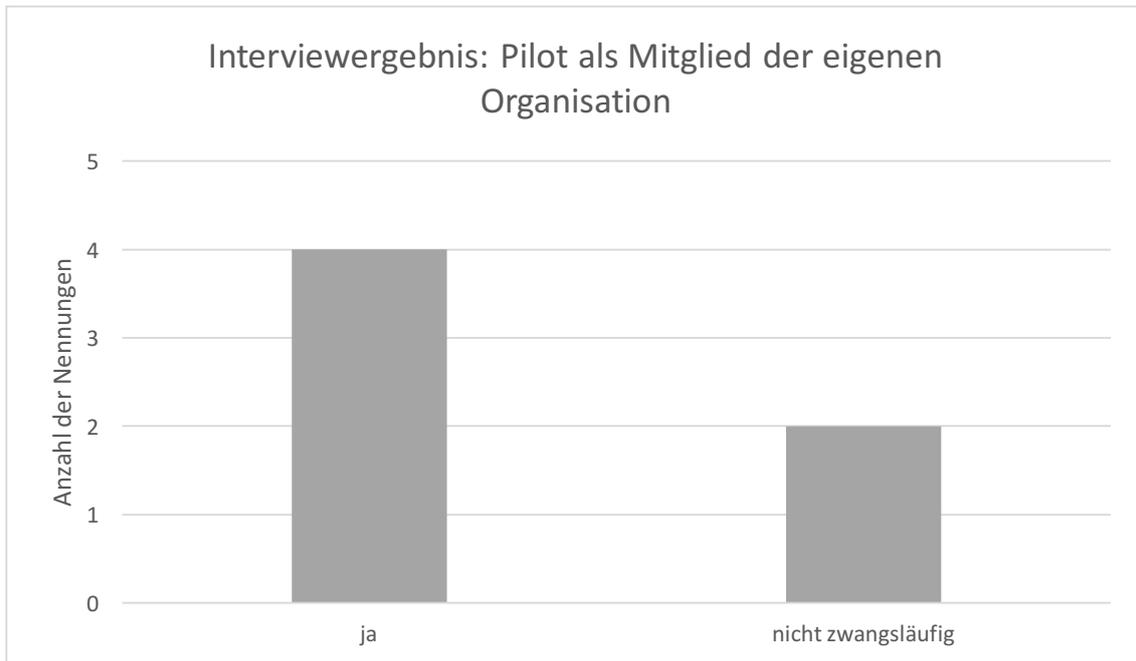


Abbildung 18 Pilot als Mitglied der eigenen Organisation

Neben den Eigenschaften, die ein Pilot von sich aus mitbringen sollte, werden weitere konkrete Anforderungen an diesen gestellt. Einig sind sich alle Experten, dass dieser die Volljährigkeit erreicht haben muss. In vielen Organisationen ist das automatisch erfüllt, da die Teilnahme an Einsätzen die Volljährigkeit voraussetzt. Dies ist erforderlich, damit dieser voll geschäftsfähig ist und die volle Verantwortung für sein Tun trägt.

Die deutliche Mehrheit der Experten fordert die Zugehörigkeit des Piloten zu der jeweiligen Organisation. Für einen kleinen Teil ist dies nicht zwangsläufig erforderlich, da auch externe Dienstleister im Auftrag der BOS tätig werden können. Ist dies der Fall, sollten diese jedoch über Grundkenntnisse der Gefahrenabwehr und explizit der Fw DV 100 verfügen. Die im Weiteren beschriebenen Anforderungen beziehen sich auf Piloten, die Angehörige der jeweiligen Organisation sind. Keiner sprach sich gegen die Zugehörigkeit aus.

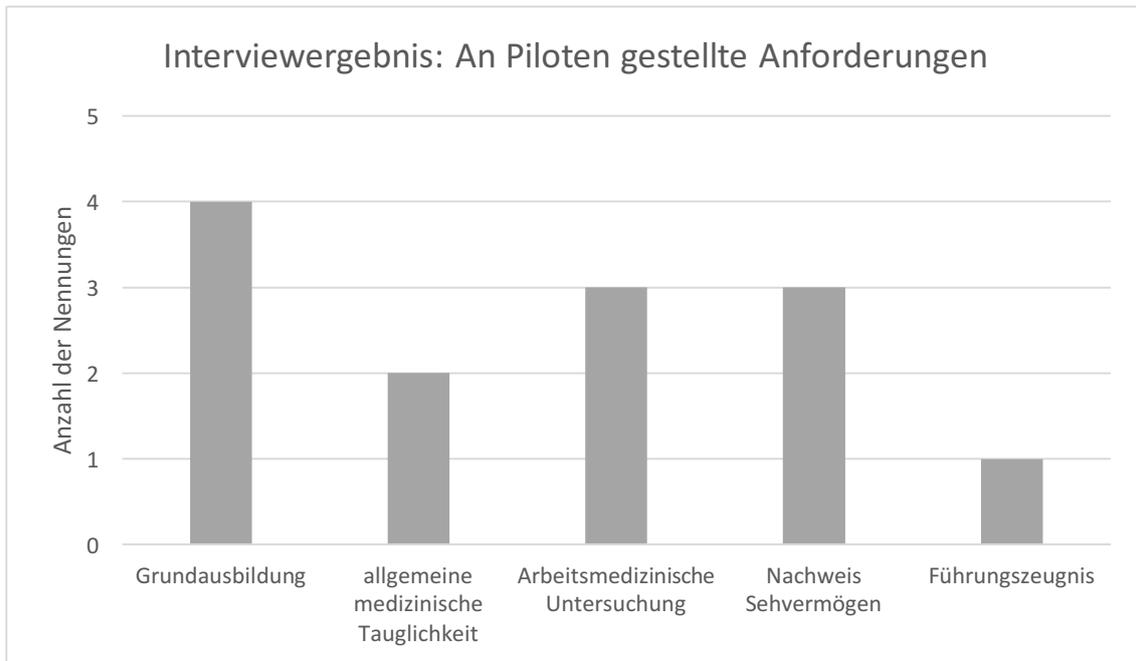


Abbildung 19 Anforderungen, die an Piloten gestellt werden

Für die Mehrzahl der Experten ist die abgeschlossene Ausbildung des jeweiligen Fachdienstes oder eine Grundausbildung notwendig. In den Feuerwehren wäre dies eine Feuerwehrtechnische Ausbildung. So wird sichergestellt, dass der Pilot über ein Grundwissen verfügt, organisationsspezifische Sachverhalte einordnen und dem Einsatzgeschehen folgen kann. Auch wird so sichergestellt, dass er Gefahren einschätzen kann und ein Gefühl für Sicherheit und Unfallverhütung hat.

Zusätzlich könnte darüber nachgedacht werden, ob die Vorlage oder Einsicht in das amtliche Führungszeugnis erforderlich ist, um die besondere Verlässlichkeit zu überprüfen.

8.1.4. Medizinische Tauglichkeit

Des Weiteren sind sich die Experten einig, dass gewisse gesundheitliche Voraussetzungen erfüllt sein müssen. Der Pilot muss physisch und psychisch in der Lage sein, ein unbemanntes Luftfahrtgerät zu führen. Jedoch gibt es unterschiedliche Auffassungen, wie diese gesundheitlichen Voraussetzungen nachgewiesen werden. Während ein Teil die Feststellung der nicht näher genannten allgemeinen medizinischen Tauglichkeit fordert, verlangt knapp die Hälfte der Befragten eine arbeitsmedizinische Untersuchung. Die an-

dere Hälfte fordert den Nachweis des Sehvermögens, insbesondere mit Bezug der Sichtbarkeit von rot und grün.²⁹ Denkbar wäre auch ein Hörtest. Teilweise wird die medizinische Untersuchung, die für andere Tätigkeiten in der jeweiligen Organisation notwendig ist, bzw. die Aufnahmeuntersuchung, als ausreichend empfunden.

Zur Feststellung dieser Tauglichkeit wäre die arbeitsmedizinische Vorsorge G 25 „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“³⁰ denkbar. Explizit als nicht erforderlich sehen die Experten die medizinische Tauglichkeit für das Tragen von schwerem Atemschutz, da der Pilot i. d. R. nicht im unmittelbaren Gefahrenbereich eingesetzt wird. Dies gilt jedoch nur insoweit der Pilot tatsächlich nur die Funktion des Piloten einnimmt. Ist das unbemannte Luftfahrtsystem in einer bestehenden Einheit integriert und die Funktion des Steuerers wird in Zweitfunktion übernommen, kann dies anders aussehen. Hier muss zwischen dem Einsatz als eigener taktischer Einheit (UAS-Trupp) oder Integration in bestehender Einheit, wie einer Löschgruppe oder Rettungshundestaffel, unterschieden werden. Wird die Funktion als Zweitfunktion wahrgenommen, gelten die Anforderungen an die Erstfunktion zusätzlich.

Die Notwendigkeit einer flugmedizinischen Untersuchung wie in der bemannten Luftfahrt wurde von allen Befragten verneint.

8.2. Inhalte der Ausbildung

Um den komplexen Anforderungen in der Gefahrenabwehr, der hohen Verantwortung und den unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten gerecht zu werden, ist eine speziell auf die Gefahrenabwehr zugeschnittene Ausbildung der Piloten erforderlich. In einem gewissen Rahmen kann eine Orientierung an Schulungen für kommerzielle Piloten erfolgen, jedoch gibt es eine Reihe von zusätzlichen Aspekten und Themen, die insbesondere für die Gefahrenabwehr elementar sind.

Die Ausbildungsinhalte können für unterschiedliche Einsatzzwecke sowie aufgrund der unterschiedlichen Strukturen und Möglichkeiten der einzelnen Organisationen abweichen. Tiefe und Umfang der Themen können auch in Bezug auf die Einsatzkräfte, ob hauptamtliche oder ehrenamtliche, variieren. Trotz dieser Unterschiede besteht für alle Piloten das Ziel, das unbemannte Luftfahrtsystem sicher und verlässlich zu steuern, um so den erhaltenen Einsatzauftrag erfüllen zu können. Dies ist das vorrangige Ziel der Ausbildung.

²⁹ In der Luftfahrt sind die Positionsleuchten rot und grün.

³⁰ vgl. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. BGI/GUV-I 504-25: 2010

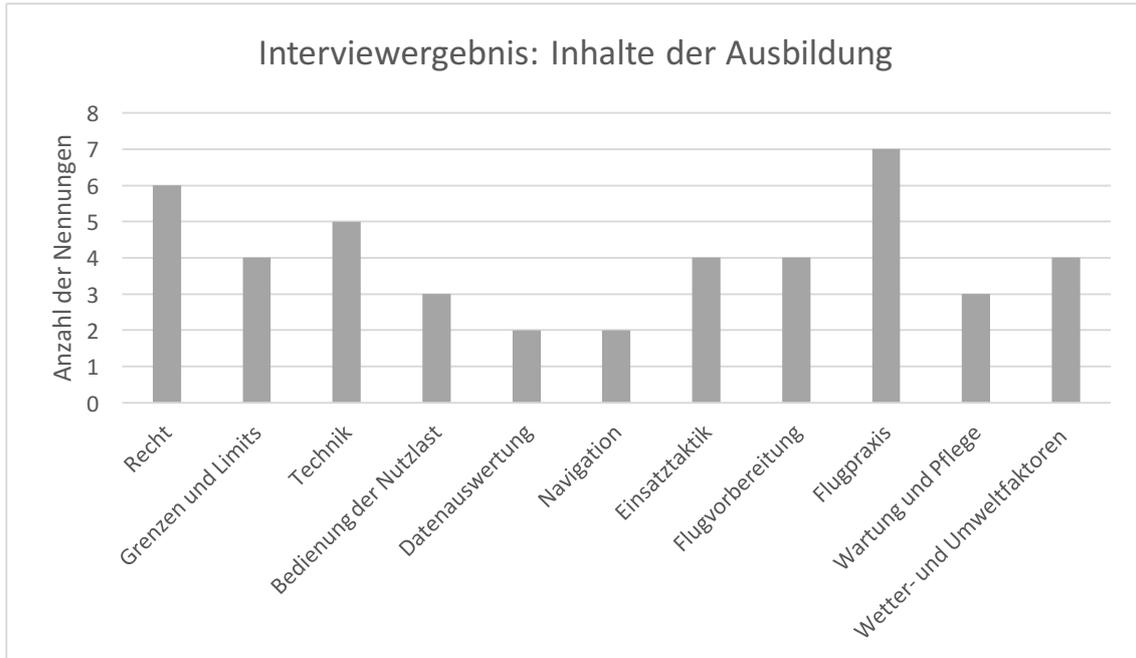


Abbildung 20 Inhalte der Ausbildung von Piloten

Als wichtigstes Thema im Bereich der theoretischen Kenntnisse werden Grundlagen des Rechts angesehen. Inhalte dieses Themenkomplexes sind Gesetze und Verordnungen (LuftVG, LuftVO etc.) sowie weitere Vorschriften, die den Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen beschränken oder regeln. Zusätzlich muss das Thema Luftraum und dessen Aufbau behandelt werden. Dem Piloten muss klar sein, dass die bemannte Luftfahrt immer Vorrang und die unbemannte dieser auszuweichen hat. Der Pilot sollte außerdem Flugverbotszonen und Flugbeschränkungsgebiete kennen und wissen, wer durch diese geschützt werden soll. Er hat insbesondere die Restriktionen zu kennen, von denen die BOS ausgenommen sind. Hier ist auch der Einsatz in der Nähe von Flughäfen zu behandeln. Je nach Einsatzgebiet und -radius sind ggf. neben den jeweiligen bundeslandspezifischen Regelungen auch die aller Bundesländer zu behandeln. Dies gilt insbesondere für Organisationen und Einheiten, die überörtlich eingesetzt werden können.

Außerdem muss der Pilot die technischen Limits des Systems sowie die physikalischen Grenzbereiche der Fliegerei kennen. Dies beinhaltet physikalische Grundlagen wie das Erzeugen von Auftrieb oder die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauarten. Zusätzlich kann der Pilot nahe an baulichen Strukturen fliegen. Er weiß, dass in deren Nähe der GNSS-Empfang gestört sein kann und dass das unbemannte Luftfahrtgerät durch Wind und Luftströmungen beeinflusst werden kann. Des Weiteren sind dem Piloten sich negativ auf die Kommunikationsverbindung auswirkende Faktoren, wie zum Beispiel Richtfunkstrecken, ebenso bekannt wie das Verhalten bei Signalverlust. Auch sollte sich der Pilot insbesondere der Grenzen und Limitierungen von GNSS bewusst sein.

In Theorie und Praxis wird der Pilot befähigt, die vorhandene Technik zu beherrschen. Dies beinhaltet alle Komponenten des unbemannten Luftfahrtsystems. Hierzu zählen Sensorik und Bestandteile des unbemannten Luftfahrtgerätes, die Kontrollstation, Nutzlasten und die Kommunikationsverbindung sowie weiteres Zubehör. Der Pilot ist vertraut mit den zu wählenden Sicherheitseinstellungen, kann mit Signalverlusten umgehen, kennt alternative Systeme. Teil dieses Themenkomplexes ist zusätzlich die Gerätekunde. Hierzu gehört das Startbereitmachen des Fluggerätes inklusive Herstellen der Transportfähigkeit nach dem Einsatz. Ebenso wichtig ist auch das Beherrschen und Einrichten von Sicherheitsfunktionen wie Safe-Back oder Return-Home.

Da der Pilot mit Wartung, Pflege und Reinigung vertraut ist, kann er nach Einsätzen die Einsatzbereitschaft des unbemannten Luftfahrtsystems wiederherstellen. Er erlernt Grundlagen der Akku-Pflege sowie des Akku-Ladens.

Die Ausbildung muss speziell auf die zu verwendende Nutzlast ausgerichtet werden. Der Pilot kennt die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der eingesetzten Nutzlast. Ihm sind die Abhängigkeiten und Voraussetzungen bekannt. Zusätzlich ist er in der Lage, Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen.

Die ungewohnte Perspektive von Aufnahmen aus der Luft erschwert ungeübten Betrachtern die Interpretation wodurch sich die Forderung nach vermehrtem Üben ergibt. Auch die Auswertung von Wärmebildern muss aufgrund der Komplexität geübt werden.

Zum Themenfeld Navigation gehören die Kenntnisse über verschiedene GNSS (GPS, GLONASS, GALILEO) sowie die Kartenkunde. Der Pilot kann relevante Informationen über Gelände, Umgebung und das Einsatzgebiet aus einer Karte entnehmen. Er hat die Erfahrung, sich aufgrund von Geländebeschaffenheit und besonderen Landschaftsmarken zu orientieren. Der Pilot kann Hindernisse, z. B. Hochspannungsleitungen, erkennen und bei seiner Flugvorbereitung berücksichtigen.

Der wichtigste Beitrag zum Erreichen des sicheren Fluges und der sicheren Beherrschung ist die praktische Ausbildung und das Sammeln von Erfahrungen. Ein großer Teil der Ausbildung muss aus dem Erlangen von Flugpraxis bestehen. Hierbei muss dem Piloten ein Gefühl für die sichere Handhabung des unbemannten Luftfahrtsystems sowie dessen Flugverhalten vermittelt werden. Standardflugmanöver wie Starts und Landungen inklusive Notlandungen, der Flug nah an baulichen Strukturen sowie das Fliegen mit unterschiedlichen Nutzlasten muss geübt werden. Der Pilot muss sich nach der ersten Ausbildung durch viel Flugpraxis ständig in Übung halten. Er erwirbt durch theoretische und praktische Schulungen Kenntnisse und Fertigkeiten in der Bedienung. Zusätzlich kennt er die Einflussfaktoren im Luftraum.

Der Pilot weiß, wo er für den Einsatz relevante Informationen abrufen bzw. anfordern kann. Hierzu gehört auch, dass er seine Position in der Führungsorganisation an der Einsatzstelle einordnen kann und ihm das Unterstellungsverhältnis bewusst ist.

Die Einsatztaktik unterscheidet sich je nach Nutzungszweck und verwendeter Nutzlast. So ist bei der Suche nach Glutnestern ein anderes taktisches Vorgehen notwendig als beim Messen von Schadstoffkonzentrationen in Rauchwolken.

Die Auswahl des Start- und Landeplatzes nach einsatztaktischen Gesichtspunkten muss ebenso Bestandteil der Ausbildung sein wie Grundsätze der Zusammenarbeit mit anderen unbemannten Luftfahrtsystemen an der Einsatzstelle. Der Pilot wird gegenüber bemannten Luftfahrtteilnehmern wie Rettungs- oder Polizeihubschraubern sensibilisiert. Unter taktischen Gesichtspunkten hat auch die Routenplanung inklusive der Reihenfolge der abzufliegenden Koordinaten und die zu verwendende Reihenfolge der Akkus zu erfolgen.

Im Themenbereich Flugvorbereitung wird der Pilot befähigt, zu wissen, wo Informationen bezüglich Wetterlage und Wind eingeholt werden können. Er kann den zuvor festgelegten Start- und Landeplatz markieren und absichern sowie vor unbefugtem Betreten sichern. Er wird befähigt, vor dem Start alle erforderlichen Systeme auf ihre Funktion zu überprüfen und Sicherheitseinstellungen (z. B. Parameter für die Return-Home-Funktion) entsprechend der Erfordernisse einzustellen. Er ist in der Lage – falls nötig – Sensoren zu kalibrieren, sofern dafür keine vertiefenden oder speziellen Kenntnisse erforderlich sind. Die gesamte Flugvorbereitung findet anhand von Checklisten statt.

Von Bedeutung sind auch Wetter- und Umweltfaktoren: Der Pilot kennt das Verhalten des unbemannten Luftfahrtsystems in Bezug auf Wind. Er hat Kenntnis über Strömungen und Einflussfaktoren in verschiedenen Luftschichten und beim Flug in Bodennähe sowie über die Beeinflussung durch die Vegetation. Er ist in der Lage, bei verschiedenen Wetterlagen, insbesondere bei Regen, Schnee und Nebel, zu fliegen und kennt die Gefahren sowie Erforderlichkeiten.

Der Pilot wird befähigt, Gefährdungen für das unbemannte Luftfahrtsystem, aber vor allem von diesem ausgehende Gefährdungen einzuschätzen, zu bewerten und abzuwägen. Dies gilt insbesondere zum Schutz der Einsatzkräfte und weiterer Personen am Boden. Zusätzlich ist der Pilot in der Lage, den Brand von LiPo-Akkus zu löschen und kennt die einschlägigen Vorschriften für den Transport und die Lagerung solcher Akkus.

Der Pilot lernt den Einsatz und insbesondere den Flug gemäß organisationsinterner Vorgaben, sofern es keine weiteren Vorgaben gibt, in geeigneter Weise zu dokumentieren. Dies dient nicht nur dem Nachweis von Flugerfahrung, sondern auch der Einsatznachbereitung und der kontinuierlichen Verbesserung.

Da die Zusammenarbeit in einem Team erfolgt und dieses auch unter Stress effektiv, sicher und zielführend zusammenarbeiten muss, sind zusätzlich Elemente des Crew Resource Management in die Ausbildung aufzunehmen.

Aufgrund der Themenfülle könnte die Ausbildung thematisch und inhaltlich in Module gefasst werden. Die Ausbildungsinhalte lassen sich in theoretische und praktische Anteile aufteilen.

8.3. Umfang der Ausbildung

Das Ziel der Ausbildung ist die Sicherheit in der Anwendung zu gewährleisten. Der Pilot soll befähigt werden, das unbemannte Luftfahrtsystem zu beherrschen und sicher einsetzen zu können.

Neben den beschriebenen Inhalten einer Ausbildung muss auch der Umfang festgelegt werden. Dieser ist entsprechend den Strukturen der jeweiligen Organisation zu wählen.

Der Umfang der Ausbildung muss ausbalanciert sein zwischen den geforderten Inhalten und der zur Verfügung stehenden Zeit bzw. zumutbaren Länge.

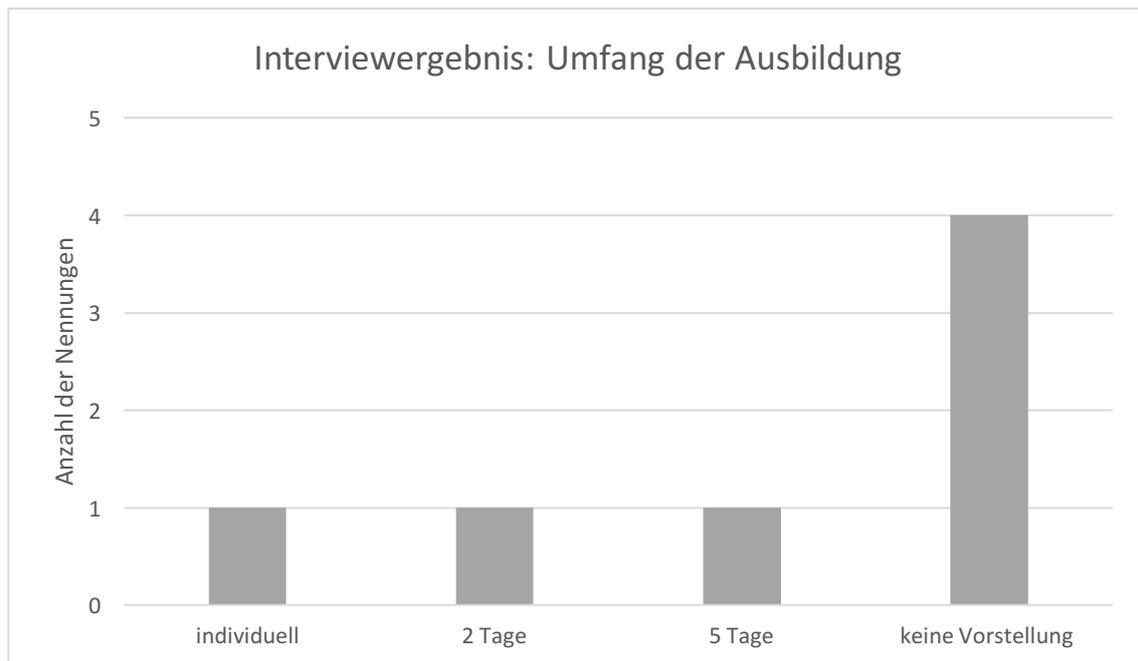


Abbildung 21 Umfang der Ausbildung von Piloten

Während es keine Mehrheit unter den Experten gibt, in welchem Umfang die Ausbildung durchgeführt werden sollte, herrscht Einigkeit darüber, dass die Ausbildung in mehreren Modulen durchzuführen ist.

Gefordert wird eine aus mehreren aufeinander aufbauenden Modulen bestehende Ausbildung. In einem ersten Modul sollen theoretische Grundlagen vermittelt werden und ein Einstieg in das praktische Fliegen ermöglicht werden. In einem weiteren Modul könnte der Schwerpunkt auf der Bedienung der Nutzlast und Auswertung gewonnener Informationen liegen.

Es muss überlegt werden, welche Form die richtige für die jeweilige Organisation ist. Möglich wären Wochenendschulungen, einwöchige Lehrgänge oder die Aufteilung der einzelnen Module, sodass diese über mehrere Wochen innerhalb der Woche gelehrt werden können.

Das Grundmodul könnte überörtlich, landesweit oder gar bundesweit einheitlich angeboten werden, wohingegen die weiteren Module auf örtlicher Ebene stattfinden könnten. Die Übung und das Training fände dann am eigenen Standort statt.

Denkbar wäre auch eine Art Grundlehrgang, der einmal abgelegt wird, und eine darauf folgende jährliche Zertifizierung. Hierdurch könnten Wissen, Fähigkeiten und Eignung nachgewiesen werden und verbunden mit theoretischem Unterricht Änderungen und Neuerungen weitergegeben werden.

8.4. Notwendigkeit von Führungsausbildung

Ein Einsatzzweck des unbemannten Luftfahrtsystems kann die Bereitstellung von Luftbildern als Führungsunterstützung sein. Daher muss die Frage gestellt werden, ob die Piloten oder Spotter eine Führungsausbildung haben müssen, da diese in einem solchen Fall auf Ebene der Einsatzleitung tätig sind.

Führungsausbildung in diesem Zusammenhang bedeutet eine Ausbildung zum Unterführer (Gruppenführer oder Trupführer) oder Einheitsführer (Zugführer, Verbandführer).

Hierbei stellt sich ferner die Frage, inwieweit die Piloten über Einsatztaktik, den Führungskreislauf und weitere Inhalte der Fw DV 100 Bescheid wissen müssen.

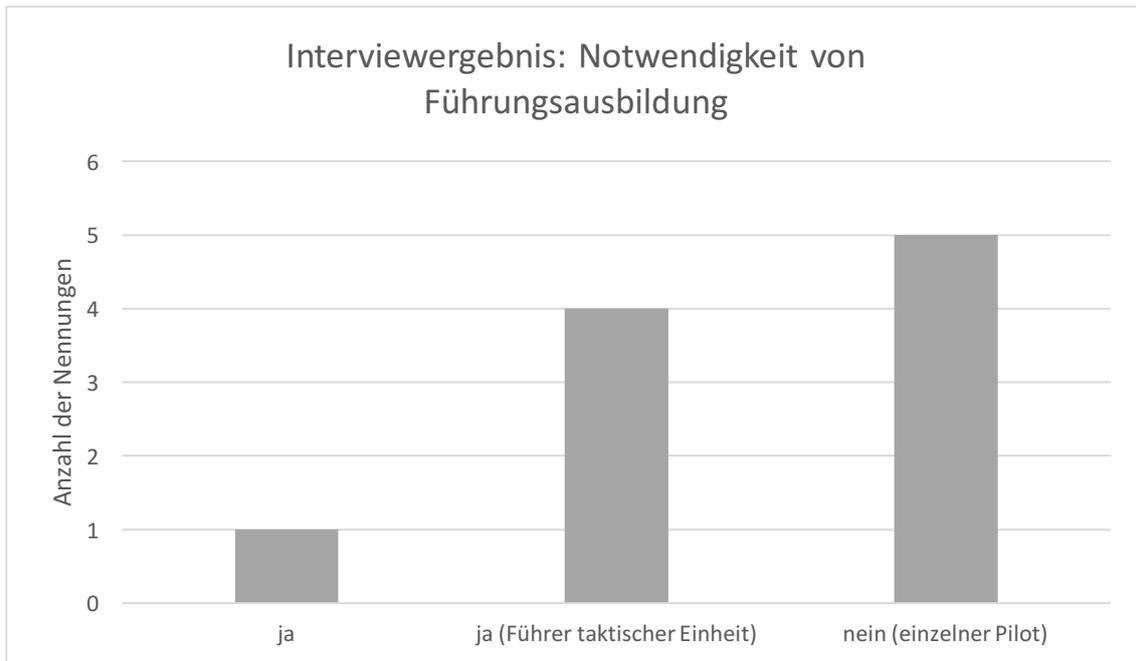


Abbildung 22 Notwendigkeit von Führungsausbildung für Piloten

Die Experten sind sich einig, dass hier eindeutig unterschieden werden muss, ob der Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems als Bestandteil einer taktischen Einheit erfolgt und der Pilot durch eine entsprechend qualifizierte Person geführt wird oder nicht. Die taktische Einheit muss durch eine qualifizierte und somit zum Unterführer ausgebildete Person geführt werden. Der Pilot dieser Einheit muss somit nicht über eine Führungsausbildung verfügen.

Der Pilot muss lediglich in der Lage sein, Taktiken und Szenarien zu verstehen, wissen in welchem Unterstellungsverhältnis er steht und Grundkenntnisse über den Ablauf von Einsätzen haben. Dies wird ihm bereits durch das Absolvieren der organisations-spezifischen Grundausbildung ermöglicht.

Der Pilot handelt immer nur im Auftrag seiner Führungskraft und setzt Anweisungen um. Er trifft nur für das unbemannte Luftfahrtsystem relevante Entscheidungen und nicht für den Gesamteinsatz.

8.5. Möglichkeiten der Standardisierung

Aufgrund der vielen Einsatzmöglichkeiten und dem schon jetzt realen Einsatz von unbemannten Luftfahrtsystemen, kann sich niemand in Bezug auf Sicherheit und Professionalität erlauben, laufend neue eigene Konzepte zu entwickeln. Zusätzlich ist es vorstellbar, dass unbemannte Luftfahrtsysteme mehrerer Organisationen an ein und derselben Einsatzstelle eingesetzt werden können. Um die Qualität zu steigern, ist die Angleichung der Ausbildung erforderlich.

Die befragten Experten sind sich einig, dass gewisse Bereiche und Themen zu standardisieren sind.

Im rechtlichen Bereich gab es durch die Drohnenverordnung eine Angleichung, sodass alle BOS mittlerweile die gleiche rechtliche Ausgangslage haben.

Es wird eine Vereinheitlichung der Ausbildungskonzepte, Ausbildungsinhalte und des Umfangs gefordert. Abläufe und Checklisten können, wenn standardisiert, einheitlich ausgebildet werden.

Im Rahmen der Harmonisierung und Standardisierung von Vorgehensweisen und Taktiken sollten insbesondere die Bereiche Operationsplanung und Flugvorbereitung angegangen werden. In diesem Zusammenhang sind einheitliche Checklisten und Abläufe zu erarbeiten. Eine Möglichkeit wäre die Erstellung einheitlicher Taschenkarten.

Damit alle am Einsatz Beteiligten über den Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems informiert sind, bedarf es eines einheitlichen Anmeldeverfahrens. Zwingend hierfür ist die Angleichung der verwendeten Begriffe und Nutzung eines einheitlichen Vokabulars erforderlich. Dies gilt nicht nur für den Begriff des Piloten und des Steuerers, sondern auch für Systemkomponenten und Zubehör.

Eine Standardisierung könnte durch organisationsübergreifende Gremien erfolgen. Ergebnisse und Empfehlungen können so durch eine Selbstverpflichtung in die eigene Organisation übernommen werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Zusammenarbeit mit schon bestehenden Ausschüssen und Arbeitsgemeinschaften wie z. B. die Feuerwehrverbände oder die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland (AGBF Bund). Solche Gremien könnten ebenfalls Empfehlungen aussprechen und gemeinsame Grundsätze erarbeiten.

Denkbar wäre auch die Erarbeitung einer organisationsübergreifenden Dienstvorschrift ähnlich der Fw DV 100.

Eine weitere Möglichkeit der Vereinheitlichung, die eine kontinuierliche Verbesserung und ein Qualitätsmanagement ermöglicht, ist die Anerkennung als anerkannte Stelle (siehe 5.1.1 Kenntnismachweis), auch wenn dies für die BOS gesetzlich nicht notwendig ist.

Auch möglich ist die Einführung einer Art Führerschein. In diesem Zusammenhang wäre eine Rezertifizierung in gewissen zeitlichen Abständen notwendig.

9. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, organisationsübergreifend Aussagen zu an Piloten gestellten Anforderungen, Vorgaben für deren Ausbildung und Ausbildungsinhalten zu treffen. Die Mischung aus Experten, die tatsächlich unbemannte Luftfahrtsysteme anwenden und denen, die konzeptionell an dem Thema arbeiten bzw. forschen, ermöglichte einen besonders breiten und weitgefächerten Einblick in die Thematik.

Der bei der Befragung verwendete offene Interviewleitfaden führte dazu, dass nicht zu jedem Punkt eine Aussage von allen Interviewpartnern getroffen wurde. Infolgedessen wurden nie sieben gleiche Aussagen getätigt. Dadurch gab es eher wenige Aussagen von einzelnen Personen, jedoch tiefe Einblicke in komplexe Zusammenhänge.

Die Anforderungen, Einsatzgebiete sowie rechtlichen Möglichkeiten in der Gefahrenabwehr unterscheiden sich deutlich von denen privater oder kommerzieller Nutzung: In der Gefahrenabwehr sind diese geprägt vom spontanen Einsatz ohne lange Vorbereitung auf den Einsatzort und die örtlichen Bedingungen sowie nicht veränderbaren und auszuwählenden Bedingungen. Dies betrifft insbesondere Tageszeit und Wetter. Da die Priorität auf dem Abwenden von Schaden für Leib und Leben liegt, besteht großer Zeitdruck.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Vielzahl von möglichen Einsatzgebieten und Einsatzarten für unbemannte Luftfahrtsysteme aufgezeigt. Jedoch können sich diese nur durchsetzen, wenn die Kosten sinken, die Anforderungen an die Piloten angemessen bleiben und die Systeme in bestehende Strukturen integriert werden können.

Derzeit sind die Kosten für unbemannte Luftfahrtsysteme, insbesondere für sichere, stabile Systeme mit Redundanzen und effektiven sowie vielseitigen Nutzlasten, und der Aufwand für deren Unterhalt (u. a. ständige Aus- und Weiterbildung der Piloten) so hoch, dass der Besitz nicht für jede Feuerwache und Ortsgliederung zu rechtfertigen ist. Wird dennoch eines angeschafft, muss es in Bezug auf Einsatzzweck und Einsatzbedingungen vielseitig sein.

Vor einem Einsatz des unbemannten Luftfahrtsystems und bei der Entscheidungsfindung müssen immer der Mehraufwand und die Rüstzeit gegenüber dem zu erwartenden Mehrwert abgewogen werden. Ein Einsatz ist nur dann sinnvoll, wenn er einen signifikanten Mehrwert bringt bzw. die Gefährdung von Einsatzkräften ausschließt.

Innerhalb der Organisationen gibt es verschiedene Ansätze unbemannte Luftfahrtsysteme im Einsatz zu integrieren. Einerseits können unbemannte Luftfahrtsysteme in bestehende Einheiten als weiterer Ausrüstungsgegenstand ähnlich einem Werkzeugsatz eingebunden werden. Andererseits kann aber auch eine eigenständige Einheit explizit

für die Bereitstellung eines unbemannten Luftfahrzeugs aufgestellt werden. Letztere Option bietet sich derzeit besonders an, da aufgrund der hohen Anschaffungskosten ein einzelnes, aber vielseitig verwendbares unbemanntes Luftfahrtsystem eingesetzt werden soll. Mitglieder einer solchen Einheit würden dann über ausreichend Erfahrung verfügen. Sobald die Preise sinken, ist es jedoch denkbar, mehrere hochspezialisierte Systeme für jeweils unterschiedliche Einsatzzwecke zu erwerben. Diese können für einzelne Aufgaben in bestehende Einheiten integriert werden.

Der Einsatz eines unbemannten Luftfahrtsystems kann auch als Dienstleistung z. B. durch Werkfeuerwehren angeboten werden. Die Zurverfügungstellung dieser Dienstleistung durch Anbieter aus dem Bereich der Gefahrenabwehr mit überregional verteilten Standorten ist ideal, da diese sowohl über Erfahrungen als auch Strukturen der Gefahrenabwehr verfügen.

Auch wenn das Marktvolumen nicht zu schätzen ist, ist dennoch ein steigender Bedarf zu erkennen. Dieser ist abhängig von den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln der Organisationen, der dauerhaften Integration in den Einsatz sowie Erfahrungen aus der Anwendung.

Verschiedene Stakeholder haben unterschiedliche Interessen. Im Interesse aller liegt die Professionalisierung. Jedoch muss diese Professionalisierung auch für Organisationen möglich sein, deren Einsatzkräfte größtenteils ehrenamtlich tätig sind, denn diese stellen die größte Zahl der Einsatzkräfte in der Bundesrepublik Deutschland. Ferner muss die Aus- und Fortbildung im Umfang und der Dauer diesen Strukturen angemessen sein. Somit kann diese vom Umfang deutlich geringer sein als z. B. eine Pilotenausbildung für Passagierluftfahrt. Dies ist dennoch akzeptabel, da auf dem einzelnen Piloten eines unbemannten Luftfahrtsystems deutlich geringere Verantwortung lastet und er mit einer geringeren Komplexität konfrontiert ist. Folglich ist der Schulungsumfang auf das Wesentliche zu beschränken.

Der größte limitierende Faktor sind weiterhin die Akkus. Vorwiegend ist dies mit der derzeit verfügbaren Kapazität zu begründen. Diese lässt selten eine Flugzeit von mehr als 45 Minuten zu. Des Weiteren kommt es durch den geringen Lebenszyklus zu einem hohen Verschleiß. Nicht zu vernachlässigen ist auch das von den Akkus ausgehende Gefährdungspotential bei Beschädigung oder unsachgemäßer Ladung sowie Lagerung.

In der nahen Zukunft wird der autonome Einsatz angestrebt. Dennoch müssen zurzeit unbemannte Luftfahrtsysteme weiterhin von Menschen gesteuert und kontrolliert werden. Folglich wird in dieser Arbeit der Begriff Pilot für die steuernde Person verwendet.

Die von Experten gewünschte breite Detektion von Gefahrstoffen ist aber noch nicht umsetzbar, was eine deutliche Limitierung der Einsatzmöglichkeiten bedeutet. Die bereits verfügbare Sensorik zur Gefahrstoffdetektion ist zu groß und zu schwer bzw. nicht

für den Einsatz durch ein unbemanntes Luftfahrtsystem geeignet. Für einen effektiven Einsatz müssen diese miniaturisiert und für die Integration in ein unbemanntes Luftfahrtsystem modifiziert werden.

Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Systemen für eine Vielzahl von Anwendungsfeldern angeboten. Diese entstammen zumeist kommerziellen Anwendungsbereichen und sind vorwiegend für diese entwickelt, werden jedoch für den Einsatz in der Gefahrenabwehr vermarktet. Jedoch ist in vielen Fällen eine Anpassung explizit an die Bedingungen in der Gefahrenabwehr erforderlich. Dies betrifft insbesondere die Wasser- und Staubdichtigkeit aller Systemkomponenten, die Windstabilität sowie die simple Bedienbarkeit in Stresssituationen.

Derzeit sind preiswerte Systeme bereits verfügbar, allerdings erfüllen diese nicht das geforderte Sicherheitsniveau. Dies wird verlangt, da das unbemannte Luftfahrtsystem nicht zu einer zusätzlichen Gefahrenquelle werden, weitere Opfer fordern oder Einsatzkräfte gefährden darf.

So sind die Mehrheit der derzeit für die Gefahrenabwehr verfügbaren Systeme Multi-copter mit lediglich vier Rotoren. Bei diesen tritt bei dem Ausfall eines der Motoren ein kompletter Kontrollverlust auftritt. Damit entsprechen diese nicht den Sicherheitsanforderungen der Experten. Eine Alternative bieten Hybridsysteme.

Eine flächendeckende Ausbreitung wird erst möglich sein, wenn dem geforderten Sicherheitsniveau entsprechende unbemannte Luftfahrtsysteme durch niedrigere Preise für die Mehrzahl der Organisationen verfügbar sind. Jedoch können diese nur zu einem Standardeinsatzmittel werden, wenn die Komplexität und Spezialisierung nicht zu stark ansteigt. Denn dies würde die zur Verfügung stehenden Ressourcen der Organisationen übersteigen.

Obwohl die BOS von Kenntnissnachweisen befreit sind, sind sich alle Befragten einig, dass eine fundierte Ausbildung zu erfolgen hat und diese auch innerhalb der Organisation zur Steuerung von unbemannten Luftfahrtsystemen nachgewiesen werden muss. Dies ist elementar, um dem entgegengebrachten Vertrauen gerecht zu werden und den sicheren Einsatz zu ermöglichen. Aufgrund der vielen rechtlichen Freiheiten wird hier ein besonders hohes Verantwortungsbewusstsein der Piloten erwartet.

Der Pilot muss Teil der Organisation sein und deren Grundausbildung absolviert haben, um über Verständnis der Tätigkeiten in der Gefahrenabwehr zu verfügen. Zusätzlich sollte er über bestimmte medizinische Voraussetzungen und eine medizinische Tauglichkeit verfügen. Die Kriterien hierfür sind noch zu definieren und einheitlich festzulegen. Denkbar ist z. B. der Nachweis des räumlichen Sehvermögens und der Ausschluss einer Rot-Grün-Schwäche.

Die an die Piloten gestellten Forderungen und Anforderungen können nur durchgesetzt werden, wenn geeignete Feststellungs- und Auswahlverfahren für Piloten entwickelt werden.

Die Ausbildung sollte im besten Fall in mehrere, aufeinander aufbauende Module unterteilt werden. Anfangs sollte eine einheitliche Grundschulung, die die Grundlagen und das praktische Fliegen enthält, durchgeführt werden. Anschließend sollten Spezialausbildungen gemäß den Einsatzoptionen erfolgen sowie eine ständige Fortbildung stattfinden. Der Fokus sollte hierbei auf den Möglichkeiten und Grenzen der Nutzlast liegen. Der praktischen Übung ist während der Schulung eine große Bedeutung zuzumessen.

Nach abgeschlossener Ausbildung müssen Piloten kontinuierlich in Übung gehalten werden. Hierfür sind Verfahren und Prozesse zu etablieren, die es ermöglichen, die geleistete Flugpraxis in geeigneter Weise nachzuweisen und zu dokumentieren. Möglich ist dies z. B. durch das Führen eines der Schifffahrt ähnelnden Logbuchs oder eines des Atemschutzpasses ähnelnden Dokumentes.

Immer mehr Einheiten in der Gefahrenabwehr setzen unbemannte Luftfahrtsysteme ein. Folglich ist es sinnvoll und notwendig, einheitliche Standards für verschiedene Einsatzmöglichkeiten festzulegen. Dies betrifft neben Einsatztaktik und Einsatzgrundsätzen auch Schnittstellen, Übertragungsprotokolle, die Austauschbarkeit von Sensorik sowie Ausstattungsmerkmale bzw. Mindestanforderungen.

Gemeinsame und organisationsübergreifende Einsatzgrundsätze müssen einsatztaktische Grundlagen, standardisierte Checklisten und Kriterien für den Einsatz enthalten. Zusätzlich ist eine Standardisierung des Vokabulars, insbesondere der Begrifflichkeiten Piloten und Steuerer, notwendig.

In Bezug auf die Ausbildung kann eine Standardisierung erfolgen, indem die ausbildenden Institutionen und Gliederungen als anerkannte Stellen zertifiziert bzw. zugelassen werden. Insbesondere Ausbildungsträger und -einrichtungen der Organisationen (z. B. THW Bundesschule) sollten sich als anerkannte Stellen zertifizieren lassen, um so Rechtssicherheit zu erreichen. Diese bilden, obwohl die BOS von dem Kennntnisnachweis ausgenommen sind, die Piloten gemäß den Vorgaben der Drohnenverordnung aus und gehen in Inhalten und Umfang wahrscheinlich deutlich über die anderer Stellen hinaus. Basierend auf dem bereits hohen Ausbildungsniveau können die BOS eine Vorreiterrolle einnehmen.

Durch die anerkannte Zertifizierung ist dem Piloten auch eine private Nutzung der Qualifikation möglich. Dies ermöglicht die Inübunghaltung und Sammlung von Flugpraxis außerhalb des Dienstes und kommt somit der Organisation zugute.

Über die vorhandenen Gremien (z. B. AGBF-Arbeitskreise, Normausschuss DIN NA 031 „Feuerwehrwesen“, vfdb-Referate, etc.) und durch gemeinsamen Austausch ist eine

einheitliche Ausbildung insbesondere in Bezug auf Inhalte des Curriculum anzustreben. Dies kann über gemeinsam ausgesprochene Empfehlungen oder erlassene Dienstvorschriften erfolgen. In einer weiteren Arbeit könnte durch Befragung der einzelnen ausbildenden Organisationen ein organisationsübergreifendes Curriculum erarbeitet werden.

Aufgrund der hohen erwarteten Professionalität wird es sich nicht durchsetzen, dass jede Feuerwehr oder jede Gliederung der Hilfsorganisationen ein unbemanntes Luftfahrtsystem besitzt. Dennoch darf keine Überprofessionalisierung stattfinden, sodass nur eine „Elite“ an Einsatzkräften unbemannte Luftfahrtsysteme steuern darf.

Der Einsatz und die Zahl der Systeme wird zunehmen, da immer mehr Organisationen und Einheiten den Mehrwert erkennen. Um weiterhin einsetzbar zu sein, müssen Einsatztaktiken entwickelt bzw. weiterentwickelt werden.

Eine flächendeckende Verbreitung in hoher Zahl wird sich nicht durchsetzen. Zu rechnen ist eher mit spezialisierten Einheiten, die gezielt für den Einsatz unbemannter Luftfahrtsysteme angefordert werden (UAS-Trupp). Diese sind für ein großes Einsatzgebiet zuständig.

Aufgrund der gesetzlichen Gegebenheiten ist die Zurverfügungstellung von unbemannten Luftfahrtsystemen als Dienstleistung gezielt für die Gefahrenabwehr z. B. durch externe Dienstleister möglich. In diesem Zusammenhang böte sich eine Betrachtung an, inwieweit Organisationen wie bisher eigene Systeme anschaffen oder externe Dienstleister bevorzugen.

Nachdem die rechtliche Situation bereits verbessert wurde, bleibt abzuwarten, ob dies von Bestand sein wird. Es ist noch ungewiss, wie die geplante Überarbeitung der sogenannten Drohnenverordnung in der Zukunft ausfällt. Das Ergebnis wird maßgeblich davon abhängen, inwieweit die Organisationen ihrer Verantwortung gerecht werden und Einsätze ohne zusätzliche Schäden stattfinden.

Viele Organisationen zeigen bereits Interesse an dem Erwerb unbemannter Luftfahrtsysteme. Bezüglich der Marktanalyse erfüllen lediglich 4 von 31 ausgewählten Modellen die von den Experten genannten Anforderungen. Für ein verbessertes Angebot wäre es sinnvoll, den Herstellern die fachlichen Anforderungen für unbemannte Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr zu kommunizieren, in der Hoffnung, dass diese ihre Systeme für dieses spezielle Marktsegment entsprechend modifiziert anbieten.

Doch auch mit besseren Systemen ist es erforderlich, dass sich Organisationen untereinander absprechen, Ausbildungsstandards entwickelt werden und Terminologie sowie Taktiken vereinheitlicht werden. Falls dies nicht geschieht, sind Zwischenfälle im Einsatz nicht zu vermeiden.

10. Literaturverzeichnis

- Angermann, Michael/Frassl, Martin/Lichtenstern, Michael/Gullotta, Giulio (2012): „Perspektivenwechsel“: Luftgestützte Sensorik im Einsatz für den Bevölkerungsschutz, in: *Bevölkerungsschutz*, Nr. 1, S. 26-31.
- Austin, Reg (2011): *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Bogner, Alexander/Littig, Beate (2002): *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung*, 3. Aufl., Opladen: Leske + Budrich.
- Bortz, Jürgen/Döring, Nicola (2005): *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*, 3. überarbeitete Aufl., Heidelberg: Springer-Verlag.
- Brahms, Florian/Maslaton, Martin (2016): Die gewerbliche Nutzung von Drohnen im Lichte der geplanten Novelle der LuftVO, in: *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, S. 1125-1130.
- Brungardt, Joshua/Barnhart, Richard K. (2016): The "System" in UAS, in: D. M. Marshall (Hrsg.), *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, 2. Aufl., Boca Raton, FL: CRC Press, S. 43-55.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2007): *Das neue Ausstattungskonzept des Bundes: Die Medizinische Task Force (MTF)*.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (o. J.): Die Analytische Task Force (ATF) des Bundes, [online] http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/TaskForce/taskforce_node.html [06.06.2017].
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): *Kurzinformation über die Nutzung von unbemannten Luftfahrtsystemen*, Bonn: Eigenverlag.
- Bundesrat (2017): *Drucksache 39/17 - Verordnung zur Regelung des Betriebes von unbemannten Fluggeräten*, Berlin.
- Burke, Rory (2004): *Projektmanagement: Planungs- und Kontrolltechniken*, Bonn: mitp-Verlag.
- Clören, Daniel/Jurran, Nico (2017): Flugüberwachung: strengere Regeln für Drohnen-Piloten, in: *C't: Magazin für Computer-Technik*, Nr. 4, S. 40.
- Dalamagkidis, Konstantinos (2015a): Definitions and Terminology in: K.P. Valavanis/G.J. Vachtsevanos (Hrsg.), *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Dordrecht: Springer Science+Business Media, S. 43-55.

- Dalamagkidis, Konstantinos (2015b): Classification of UAVs, in: K.P. Valavanis/G.J. Vachtsevanos (Hrsg.), *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Dordrecht: Springer Science+Business Media, S. 83-91.
- De Fátima Bento, Maria (2008): Unmanned Aerial Vehicles. An overview, in: *Inside GNSS*, Jg. 3, Nr. 1, S. 54-61.
- Del Re, Andreas (2017): Drone market approaching?: First indications and trends based on empirically based data. Vortrag. CeBit 2017 Hannover: 21.03.2017.
- Del Re, Andreas/Kämper, Norbert (2017): *Kurzbericht zum Gutachten "Unbemannte Luftfahrtsysteme": für das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV)*, Düsseldorf.
- Deutsche Flugsicherung (2017): *Sicherer Sichtflug. Tipps und Informationen zum sicheren Fliegen in Deutschland*, o. O.: Eigenverlag.
- Deutsche Flugsicherung (2016a): *Luftraumfächer Deutschland: VFR*, Langen: Eigenverlag.
- Deutsche Flugsicherung (2016b): *Luftraumstruktur/Sichtflugregeln in der Bundesrepublik Deutschland*, Langen: Eigenverlag.
- Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger (2017): *Jahrbuch 2017*, Bremen: Eigenverlag.
- Deutscher Feuerwehrverband (2017): Feuerwehr-Statistik, [online] <http://www.feuerwehrverband.de/statistik.html> [28.06.2017].
- Diekmann, Andreas (2008): *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*, 19. Aufl., Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verlag.
- Emili, Katrin (2016): Unbemannte Luftfahrtsysteme im Bevölkerungsschutz: Anwendungsmöglichkeiten und rechtliche Beschränkungen, in: *Crisis Prevention*, Nr. 2, S. 29-30.
- European Aviation Safety Agency (2009): *Airworthiness certification of unmanned aircraft systems (UAS). Policy Statement E.Y013-01*.
- Federal Aviation Administration (2015): *Aeronautical Information Manual: Official Guide to Basic Flight Information and ATC Procedures*, Washington D.C.
- Federal Aviation Administration (2008): *Unmanned aircraft systems operations in the U. S. national airspace system: Interim Operational Approval Guidance 08-01*.

- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2011): „Untergang ist das richtige Wort dazu“: Explosionen auf Zypern, [online] <http://www.faz.net/aktuell/politik/explosionen-auf-zypern-untergang-ist-das-richtige-wort-dazu-15090.html> [01.06.2017].
- Giemulla, Elmar/Bothmer, Bernhard F. v. (2013): Ziviler Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen, in: *Crisis Prevention*, Nr. 3, S. 30-32.
- Gläser, Jochen/Laudel, Grit (2009): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, 3. überarbeitete Aufl., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gupta, Suraj G./Ghonge, Mangesh M./Jawandhiya, P. M. (2013): Review of Unmanned Aircraft Systems (UAS), in: *International journal of advanced research in computer engineering & technology*, Jg. 2, Nr. 4, S. 1646-1658.
- Hentze, Joachim/Thies, Björn (2014): Stakeholdermanagement, in *Stakeholder-Management und Nachhaltigkeits-Reporting*, Heidelberg: Springer-Verlag, S. 11-20.
- Hering, Ekbert/Martin, Rolf/Stohrer, Martin (2012): *Physik für Ingenieure*, 11. bearbeitete Aufl., Berlin: Springer-Verlag.
- Hermanns, Andre (2010): Akzeptanz von Sensor-Drohnen (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs) bei Berufsfeuerwehren und Spezialanwendern: Ergebnisse einer Umfrage im Rahmen des BMBF-Projektes "AirShield", in: *VFDB-Zeitschrift: Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, Jg. 59, Nr. 4, S. 196-203.
- Joint Air Power Competence Centre (2010): *Strategic Concept of Employment for Unmanned Aircraft Systems in NATO*, Kalkar: Eigenverlag.
- Karpowicz, Jeremiah (2016): *7 Commercial Drone Predictions for 2017*, Commercial UAV Expo, Las Vegas: Eigenverlag.
- Knight, Renee (o. J.): Johns Hopkins Researchers Use UAS to Transport Blood, [online] <http://insideunmannedsystems.com/johns-hopkins-researchers-successfully-use-uas-to-transport-blood/> [01.07.2017].
- Kohlenz, Walter/Schruhl, Xaver (2016): Unbemannte Luftfahrtgeräte und Roboter. Einsatz im Bevölkerungsschutz, in: *Im Einsatz: Zeitschrift für Helfer und Führungskräfte*, Jg. 23, Nr. 2, S. 33-35.
- Köhler, Philipp (2016): Multicopter als Einsatzmittel für Rettungskräfte: Hilfe, die vom Himmel kommt, in: *Im Einsatz: Zeitschrift für Helfer und Führungskräfte*, Jg. 23, Nr. 6, S. 45-49.
- Mensen, Heinrich (2013): *Handbuch der Luftfahrt*, 2. Aufl., Berlin: Springer Vieweg.

-
- Meschede, Dieter (2010): *Gerthsen Physik*, 24. überarbeitete Aufl., Berlin: Springer-Verlag.
- Nonami, Kenzo/Kendoul, Farid/Suzuki, Satoshi/Wang, Wei/Nakazawa, Daisuke (2010): *Autonomous Flying Robots. Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles*, Tokyo: Springer-Verlag.
- Oberhagemann, Dirk/Lieber, Stefan (2013): Drohnenbeobachtung von Großveranstaltungen: Einsatzmöglichkeiten und -grenzen, in: *Crisis Prevention*, Nr. 3, S. 34-35.
- Pahlke, Norbert/Speth, Hauke (2014): Forschungsprojekte zum Thema "Drohnen in Forschung und Einsatz", in: *VFDB-Zeitschrift: Forschung, Technik und Management im Brandschutz*, Nr. 4, S. 210-211.
- Project Management Institute (2004): *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide)*, 3. Aufl., Newton Square, PA: Project Management Institute.
- Rosenow, Jens (2017): Drohnen im Katastrophenschutz, in: *Drohnenmagazin: das führende Fachjournal der unbemannten Luftfahrt*, Jg. 2, Nr. 1, S. 16-19.
- Rosenow, Jens (2016): Ziviler Einsatz von UAS: Einsatzmöglichkeiten und Risiken, in: *Crisis Prevention*, Nr. 2, S. 32-33.
- Sanchez de Muniain, Jose (2016): 2016: the year of the drone, in: *Fire and Rescue*, Jg. 3, Nr. 3, S. 10-12.
- Sattler, Yara/Regh, Tatjana (2011): Unbemannte Flugsysteme im zivilen Krisenmanagement: echte Perspektive oder technische Spielerei?, in: *Bevölkerungsschutz*, Nr. 1, S. 32-34.
- Schmidt, Carsten (2009): Gefahrstoffanalyse durch Aufklärungsdrohnen: Luftüberwachung bei Großeinsätzen, in: *WFV-Info: Fachzeitschrift für Betrieblichen Brandschutz*, Jg. 11, Nr. 1, S. 34-35.
- Simbank, Jakob (2017): Drohnen, die Leben retten, [online] <http://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2017-06/drohnen-notfallmedizin-defibrillator-lebensretter> [22.06.2017].
- Technisches Hilfswerk (2017): Bevölkerungsschutz aus der Luft, [online] https://www.thw.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Veranstaltungen/national/2017/06/meldung_004_workshop_ulfs.html [30.06.2017].
- Technisches Hilfswerk (2016): THW-Rahmenkonzept, Bonn.
- U.S. Department of Defense. Office of the Secretary of Defense (2007): *Unmanned systems roadmap 2007–2032*.

Watts, Adam C./Ambrosia, Vincent G./Hinkley, Everett A. (2012): Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use, in: *Remote Sensing*, Nr. 4, S. 1671-1692.

Zimmermann, Jörg (2013): Drohnennutzung für den Feuerwehrweinsatz, in: *Crisis Prevention*, Nr. 3, S. 36-37.

11. Anhang

11.1. Interviewleitfaden	B
11.2. Datenblätter Marktübersicht	M
11.3. Abbildungs- und Quellenverzeichnis der Datenblätter.....	SS
11.4. Tabellen	VV

11.1. Interviewleitfaden

Interviewleitfaden

Datum:

Interviewpartner:

Vorbemerkungen

Vielen Dank, dass Sie für das Interview zur Verfügung stehen.

Ich möchte mich kurz vorstellen

- Student Rettungswesen, 7. Semester, HAW
- ehrenamtlich als Zugführer beim Technischen Hilfswerk
- erster Kontakt mit unbemannten Luftfahrtsystemen im Praxissemester

Im Rahmen der Bachelorarbeit befrage ich mehrere Experten, die in der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr unbemannte Luftfahrtsysteme einsetzen oder konzeptionell und strategisch an dem Thema arbeiten.

Mit dem Interview erhoffe ich mir behörden- und organisationsübergreifende Aussagen aus erster Hand.

Gerne beantworte ich Ihre Fragen im Anschluss an das Interview.

Wie bei der Terminabsprache schon gesagt, gehe ich davon aus, dass wir etwa 60 min benötigen, je nach Ausführlichkeit Ihrer Antworten.

Es handelt sich um ein leitfadengestütztes Interview, um eine Standardisierung zu gewährleisten.

Die folgenden Themenblöcke würde ich gerne mit Ihnen besprechen:

- Anwendungen in der Gefahrenabwehr
- Anforderung an die Ausbildung von Piloten
- Marktübersicht
- Blick in die Zukunft

Bevor wir starten, habe ich noch eine organisatorische Frage:

Darf ich das Gespräch **aufzeichnen**?

Im Anschluss wird dieses transkribiert. Direkt nach der Transkription werde ich Ihnen das verschriftlichte Interview zur Freigabe und ggf. Korrektur vorlegen. Die Audio-Aufnahme werde ich mit dem Tag der Abgabe der Bachelorarbeit löschen.

Die Transkripte werden Teil des Anhangs der Bachelorarbeit sein. Sie werden so veröffentlicht, dass nicht direkt erkennbar ist, wer welche Aussagen getroffen hat. Der 1. Teil zu Ihrer Personalie wird nicht abgedruckt.

Falls nein: Geben Sie mir bitte genügend Zeit zum Mitschreiben.

Teil 1: Ad personam

Im ersten Teil möchte ich auf Ihre Person und Ihre Erfahrungen mit unbemannten Luftfahrtsystemen eingehen, um einen Überblick zu erhalten.

1.1 Bitte geben Sie einen kurzen Überblick über ihre persönliche Vita und beruflichen Werdegang.

1.2 Was ist Ihr persönlicher Bezug zu unbemannten Luftfahrtsystemen und welche Erfahrungen konnten Sie bis jetzt sammeln?

Teil 2: Anwendungen in der Gefahrenabwehr

- 2.1 Wo sehen Sie den Unterschied zwischen der Nutzung von unbemannten Luftfahrtsystemen in der Gefahrenabwehr, der gewerblichen oder hobbymäßigen? Was ist gleich?**
- 2.2 Wie und für welche Zwecke werden die vorhandenen Systeme derzeit eingesetzt?**
- 2.3 Wie sind die Systeme im Einsatz integriert?**

2.4 Welche Schnittstellen existieren und zu wem?

2.5 Was bedeutet dies in Bezug auf die Einsatztaktik?

2.6 Wo sehen Sie derzeit die größten Chancen für unbemannte Luftfahrtsysteme in der Gefahrenabwehr und wo die größten Risiken?

2.7 Was limitiert derzeit die Nutzung oder Anwendung?

- 3.4 Was sind Anforderungen, die an den Piloten in der Gefahrenabwehr gestellt werden?**
- 3.5 Ist eine abgeschlossene Führungsausbildung (Unterführer / Einheitsführer) notwendig? Wenn ja, warum?**
- Begründung bei nein
- 3.6 Inwieweit sind Kenntnisse von Führungsvorgang, Führungslehre und Einsatztaktik notwendig?**
- 3.7 Welche Inhalte sollte die Ausbildung enthalten? In welchem Umfang?**

3.8 Die Luftverkehrsordnung fordert von Piloten von unbemannten Luftfahrtssystemen über 2 kg Startmasse den Nachweis von Kenntnissen im Bereich der Anwendung und Navigation der Fluggeräte, einschlägige luftrechtliche Grundlagen und Kenntnisse über örtliche Luftraumordnung. Die BOS sind von dem Nachweis befreit. Wie können trotzdem eine hohe Qualität und fundierte Kenntnisse sichergestellt werden?

3.9 Gibt es ein eigenes Ausbildungs- oder Qualifizierungsprogramm für Piloten in Ihrer Organisation?

3.10 In welcher Form könnte eine Standardisierung erfolgen?

Teil 4: Markt

4.1 Sind die auf dem Markt verfügbaren Systeme nutzbar oder sind Eigenentwicklungen / Weiterentwicklungen notwendig?

4.2 Welche Produkte oder Lösungen fehlen derzeit bzw. welche limitierenden Faktoren existieren?

Teil 5: Blick in die Zukunft

5.1 Wie sieht das perfekte oder vielseitigste ULF in 5 oder 10 Jahren vor Ihren Augen aus?

5.2 Welche Einsatzschwerpunkte für ULF werden sich in der Zukunft ergeben?

5.3 Was wird sich nicht durchsetzen?

Schluss

Vielen Dank! Ich hoffe wir sind einigermaßen in der Zeit geblieben.

Gibt es Fragen Ihrerseits?

Die Transkripte werden in geeigneter Weise Teil der Bachelorarbeit sein. Sie werden so veröffentlicht, dass nicht direkt erkennbar ist, wer welche Aussagen getroffen hat. Der Teil zu Ihrer Personalie wird nicht abgedruckt.

Darf ich Sie dort namentlich nennen?

11.2. Datenblätter Marktübersicht

Datenblatt: Helicopter 1

Hersteller:	Higheye
Modell:	HEF 32
Anzahl der Rotoren:	1
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1760 x 1820
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	5000
MTOW [g]:	21000
Flugzeit [min]:	270
Reichweite [km]:	50
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	19
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	keine	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	Verbrennungsmotor	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	keine	Schutzart	IP 67
Kapazität [mAh]:	keine		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	diverse Sensorik und Kombination mehrerer Sensoren möglich
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	möglich
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Rettungsfallschirm
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 2

Hersteller:	Vision Aerial
Modell:	SwitchBlade
Anzahl der Rotoren:	3
Preis:	ab \$7950



Technische Daten

Maße [mm:]	862 x 862
Eigengewicht [g]:	2700
max. Zuladung [g]:	2300
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	30 - 45
Reichweite [km]:	4
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	28
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	13
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	8000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	GoPro Hero 4
Wärmebildkamera:	FLIR Vue
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Return Home
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 3

Hersteller:	ActionDrone USA
Modell:	AD 2 Thermal
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	980 x 980
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	5500
Flugzeit [min]:	30 - 45
Reichweite [km]:	1,6
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	2	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	11
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	17000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	GoPro Hero 4
Wärmebildkamera:	FLIR Vue
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 4

Hersteller:	Aeronavics
Modell:	Navi
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	k.A.
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	k.A.
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	17
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	verschiedenen Nutzlasten möglich
Tageslichtkamera:	extern möglich
Wärmebildkamera:	extern möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	k.A.
Multispektral:	extern möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	Rettungsfallschirm
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 5

Hersteller:	DJI
Modell:	Phantom 3
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	599€



Technische Daten

Maße [mm:]	350 x 350
Eigengewicht [g]:	1216
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	25
Reichweite [km]:	1
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	5

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	1	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	4S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	15,2	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	4480		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera
Tageslichtkamera:	ja
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	keine Angabe

Datenblatt: Multicopter 6

Hersteller:	Flyability
Modell:	Elios
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	400 x 400
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	k.A.
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	4
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera möglich
Tageslichtkamera:	ja
Wärmebildkamera:	ja
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	durch Lagerung innerhalb eines Balls Kollisiongeschützt
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	keine Angabe

Datenblatt: Multicopter 7

Hersteller:	Ital Drone
Modell:	Titan 4HSE
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	570 x 570
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	1000
MTOW [g]:	5500
Flugzeit [min]:	k.A.
Reichweite [km]:	1,5
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	10
Steigrate [m/s]:	5

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	13
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	Waypoint-Navigation, Return-Home-Funktion
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 8

Hersteller:	Larus Systems
Modell:	Phoenix ACE LE
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.

ohne Abbildung	Technische Daten	
	Maße [mm:]	810 x 810
	Eigengewicht [g]:	2900
	max. Zuladung [g]:	230
	MTOW [g]:	k.A.
	Flugzeit [min]:	60
	Reichweite [km]:	3,22
	Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
	Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	IP 65
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Radioaktivitätsmessung
Tageslichtkamera:	nein
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	Gamma-Strahlen
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter 9

Hersteller:	Leptron
Modell:	RDASS Precision
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	801 x 801
Eigengewicht [g]:	2269
max. Zuladung [g]:	680
MTOW [g]:	3539
Flugzeit [min]:	20
Reichweite [km]:	2,4
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	15
Steigrate [m/s]:	4,1

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	11
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter

10

Hersteller:	MAV Tech
Modell:	Q4L
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	980 x 980
Eigengewicht [g]:	1800
max. Zuladung [g]:	300
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	25
Reichweite [km]:	0,25 - 1
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	10
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	extern
Tageslichtkamera:	ja
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter

11

Hersteller:	MicroDrones
Modell:	MD4-1000
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1030 x 1030
Eigengewicht [g]:	2650
max. Zuladung [g]:	1200
MTOW [g]:	6000
Flugzeit [min]:	45
Reichweite [km]:	1
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	12
Steigrate [m/s]:	7,5

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S2P LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	6
Spannung [V]:	22,2	Schutzart	IP 43
Kapazität [mAh]:	14600		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	verschiedene Nutzlasten möglich
Tageslichtkamera:	extern möglich
Wärmebildkamera:	extern möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	k.A.
Multispektral:	keine Angabe
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Waypoint-Navigation möglich
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Prodrone
Modell:	PD4-AW
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	860 x x860
Eigengewicht [g]:	2400
max. Zuladung [g]:	3500
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	40
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	17
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	8
Spannung [V]:	22,2	Schutzart	Wasserdicht
Kapazität [mAh]:	24000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	extern
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	k.A.
Multispektral:	keine Angabe
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	feste Kabelverbindung zum Boden möglich
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	UAV America
Modell:	Eagle XF
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1803 x 1803
Eigengewicht [g]:	6123
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	15648
Flugzeit [min]:	k.A.
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	2	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	22000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	extern
Multispektral:	keine Angabe
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Walkera
Modell:	Voyager 4
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	\$ 16000



Technische Daten

Maße [mm:]	465 x 465
Eigengewicht [g]:	3250
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	20
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera
Tageslichtkamera:	ja
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS, GLONASS
Sonstiges:	Return-Home-Funktion
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Ziegler
Modell:	DJI Inspire 1 ZIEGLER-Bundle
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	3299€



Technische Daten

Maße [mm:]	438 x 451
Eigengewicht [g]:	2935
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	2935
Flugzeit [min]:	18
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	22
Steigrate [m/s]:	5

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	3	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	LiPo TB 47	Windgeschwindigkeit [m/s]:	10
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	4500		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	ja 4K
Wärmebildkamera:	Zenmuse XT
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS, GLONASS
Sonstiges:	Betrieb durch ein oder zwei Personen, zwei Fernsteuerungen, Flugdatenschreiber
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Aibotix
Modell:	Aibot X6
Anzahl der Rotoren:	6
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1050 x 1050
Eigengewicht [g]:	3400
max. Zuladung [g]:	2000
MTOW [g]:	6600
Flugzeit [min]:	20
Reichweite [km]:	1
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	11
Steigrate [m/s]:	8

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	2	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	10000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Wärmebildkamera, Multispektralkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Point of Interest, Position-Hold-Funktion, Return-Home-Funktion, Start und Landung autonom
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	keine Angabe

Datenblatt: Multicopter

17

Hersteller:	Robodrone
Modell:	Kingfisher
Anzahl der Rotoren:	6
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1200 x 1400
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	10000
Flugzeit [min]:	45
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	19
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	10
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	wasserdicht
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera, Tageslicht- und Multispektralkamera, Megaphone, Abwurfvorrichtung
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	möglich
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Megaphone, Abwurfvorrichtung, Rettungsfallschirm
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Multicopter

18

Hersteller:	Yuneec
Modell:	Typhoon H
Anzahl der Rotoren:	6
Preis:	1460€



Technische Daten

Maße [mm:]	520 x 457
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	2060
Flugzeit [min]:	25
Reichweite [km]:	1,6
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	19
Steigrate [m/s]:	5

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	1	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	4S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	14,8	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	5400		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera
Tageslichtkamera:	ja
	4K; 12,4 Megapixel; 94° Blickfeld;
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	WiFi

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Waypoint-Navigation, Return-Home-Funktion, Intel Real Sense
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Einsatz durch Experten

Hersteller:	Aerialtronics
Modell:	Altura Zenith
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	k.A.
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	40
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	IP 55
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Wärmebildkamera, Multispektralkamera, verschiedene Gefahrstoffdetektoren, Scheinwerfer, Abwurfmechanismus
Tageslichtkamera:	möglich bis zu 30-fach optischer Zoom
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	möglich
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	AiDrones
Modell:	AIiD-MC 8
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	900 x 1100
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	2500 - 5000
MTOW [g]:	5000 -8000
Flugzeit [min]:	k.A.
Reichweite [km]:	3
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	11
Steigrate [m/s]:	4

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	6
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Thermal Modul (Tageslicht- und Wärmebildkamera)
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Laser-Entfernungsmesser
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Bird Pilot
Modell:	X-8 Multicopter
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	880 x 555
Eigengewicht [g]:	2055
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	5000
Flugzeit [min]:	30 - 45
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	6

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	Long Life Smart Battery	Windgeschwindigkeit [m/s]:	8
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Return-Home-Funktion
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Euphorix
Modell:	Spidair-light
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	989 x 989
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	16000
Flugzeit [min]:	20
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Schwerlast-Aufnahme, extern
Tageslichtkamera:	extern möglich
Wärmebildkamera:	extern möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	k.A.
Multispektral:	keine Angabe
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	Payload-Operator und UAV-Operator separat
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	keine Angabe

Hersteller:	Flycam UAV
Modell:	NEO
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1107 x 1107
Eigengewicht [g]:	6850
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	19000
Flugzeit [min]:	30
Reichweite [km]:	2,7
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	20
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	2	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	6S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	18
Spannung [V]:	22,2	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	22000		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Suchscheinwerfer, Abwurfvorrichtung
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	möglich
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Height-Tech
Modell:	HAT-8 C180
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1015 x 1270
Eigengewicht [g]:	2850
max. Zuladung [g]:	2200
MTOW [g]:	5000
Flugzeit [min]:	20
Reichweite [km]:	4
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	15
Steigrate [m/s]:	10

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	4S LiPo	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	14,8	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	5800		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	GoPro Hero 4
Wärmebildkamera:	Optris PI-450
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	2,4 Ghz

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
Sonstiges:	wechselbare Sensoren
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	keine Angabe

Hersteller:	HiSystems GmbH
Modell:	MK8-3500
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1085 x 1160
Eigengewicht [g]:	5897
max. Zuladung [g]:	2000
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	40
Reichweite [km]:	4
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	4	Windstärke	6
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	variabel
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	k.A.
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	GPS-Autopilot, Position-Hold-Funktion, Return-Home-Funktion, Logbuch/Flugschreiber
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Multirotor
Modell:	4G Skycrane
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1140 x 1140
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	6500
MTOW [g]:	12000
Flugzeit [min]:	12
Reichweite [km]:	2
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	14
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	15
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	hochauflösende Kamera
Tageslichtkamera:	möglich bis 5K
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Securitas
Modell:	FD8
Anzahl der Rotoren:	8
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	650 x 850
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	2200 - 5200
MTOW [g]:	8000
Flugzeit [min]:	30
Reichweite [km]:	k.A.
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	19
Steigrate [m/s]:	4

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	Lithiumakkus	Windgeschwindigkeit [m/s]:	18
Spannung [V]:	18	Schutzart	Explosionsschutz Zone 2
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multi-Gas-Sensor
Tageslichtkamera:	ja HD, 10-fach optischer Zoom
Wärmebildkamera:	ja
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	Multi-Gas-Sensor Brennbare Gase, individuelle Messköpfe
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	Georeferenziertes Bild, Laserhöhenmesser
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Wingcopter
Modell:	Wingcopter
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1780
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	2000
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	120
Reichweite [km]:	100
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	36
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	extern
Tageslichtkamera:	extern
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Delair Tech
Modell:	UX5 HP
Anzahl der Rotoren:	1
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1000
Eigengewicht [g]:	k.A.
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	2900
Flugzeit [min]:	35
Reichweite [km]:	60
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	22
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	k.A.
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	moderater Regen
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou
Sonstiges:	Start per Katapult
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Hersteller:	Sensefly
Modell:	eBee Plus
Anzahl der Rotoren:	1
Preis:	k.A.



Technische Daten

Maße [mm:]	1100
Eigengewicht [g]:	1100
max. Zuladung [g]:	k.A.
MTOW [g]:	k.A.
Flugzeit [min]:	59
Reichweite [km]:	8
Fluggeschwindigkeit [m/s]:	30
Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	12
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	k.A.
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslichtkamera
Tageslichtkamera:	ja
Wärmebildkamera:	nein
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	nein
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	GPS
Sonstiges:	
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

Datenblatt: Starrflügler

31

Hersteller:	German Drones
Modell:	Songbird SR
Anzahl der Rotoren:	4
Preis:	k.A.

ohne Abbildung	Technische Daten	
	Maße [mm:]	3060
	Eigengewicht [g]:	k.A.
	max. Zuladung [g]:	1400
	MTOW [g]:	7500
	Flugzeit [min]:	60
	Reichweite [km]:	65
	Fluggeschwindigkeit [m/s]:	33
	Steigrate [m/s]:	k.A.

Akkus		Zulässige Wetterbedingungen	
Anzahl der Akkus:	k.A.	Windstärke	k.A.
Art d. Akkus:	k.A.	Windgeschwindigkeit [m/s]:	20
Spannung [V]:	k.A.	Schutzart	IP 54
Kapazität [mAh]:	k.A.		

Nutzlast und Sensorik	
angebotene Nutzlasten:	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera
Tageslichtkamera:	möglich
Wärmebildkamera:	möglich
Sensorik zur Gefahrstoffdetektion:	nein
Multispektral:	möglich
Übertragungssystem:	k.A.

Weitere Angaben	
Navigation:	k.A.
Sonstiges:	VTOL
Tauglichkeit für Gefahrenabwehr:	Aussage durch Hersteller

11.3. Abbildungs- und Quellenverzeichnis der Datenblätter

- 1 High Eye (o. J.): HEF 32 – Basic System Package, [online] <http://www.higheye.nl/hef-32/> [02.07.2017].
- 2 Vision Aerial (2016): Switch Blade-Elite, [online] http://www.visionaerial.com/platforms/switchblade/#quick_look [02.07.2017].
- 3 Action Drone USA (2016): AD2 Endurance Platform, [online] <http://actiondroneusa.com/systems/ad2/> [02.07.2017].
- 4 Aeronavics (2017): Aeronavics NAVI, [online] <http://aeronavics.com/fleet/navi-3/> [02.07.2017].
- 5 DJI (2017): Phantom 3 Standard Techn. Daten, [online] <http://www.dji.com/de/phantom-3-standard/info#specs> [02.07.2017].
- 6 Flyability (2017): Applications, [online] <http://www.flyability.com/applications/> [02.07.2017].
- 7 Ital Drone (o. J.): Titan 4HSE Thermal, [online] <http://www.italdron.com/professionals-drones-and-accessories/professionals-drones/titan-4hse-thermal> [02.07.2017].
- 8 Larus Systems (o. J.): Phoenix ACE RAD Airborne Radiation Detector-UAV, [online] http://www.laurussystems.com/products/products_pdf/LS-Phoenix-ACE-Radiation-Detecting-UAV.pdf [06.07.2017].
- 9 Leptron (2017): Leptron RDASS Precision Unmanned Quadcopter, [online] http://www.leptron.com/leptron_rdass_precision.html [02.07.2017].
- 10 MAV Tech (o. J.): Q4L Drone, [online] <http://www.mavtech.eu/en/products/q4l-drone/> [02.07.2017].
- 11 Micro Drones (o. J.): Die beliebteste in ihrer Klasse – MD4--1000, [online] <https://www.microdrones.com/de/mdaircraft/md4-1000/> [06.07.2017].
- 12 Prodrone (2017): PD4-AW, [online] <https://www.prodrone.jp/en/products/pd4-aw/> [02.07.2017].
- 13 UAV America (o. J.): What is included with the complete ready to fly Eagle XF package?, [online] <https://uavamerica.com/products/> [11.07.2017].
- 14 Walkera (o. J.): The flying telescope, [online] <http://www.walkera.com/v4/> [06.07.2017].

- 15 Ziegler (o. J.): Wärmebildkameras, [online] <http://shop.ziegler.de/index.php?id=55&pgid=100900&source=productlist&pid=1950484&L=0> [06.07.2017].
- 16 Aibotix (2016): Aibot X6, [online] <https://www.aibotix.com/de-de/products/aibot-x6> [06.07.2017].
- 17 Robodrone (o. J.): Kingfisher, [online] <https://www.robodrone.com/en/kingfisher> [02.07.2017].
- 18 Yuneec (2017): Typhoon H Technische Spezifikationen, [online] https://www.yuneec.com/de_DE/kameradrohnen/typhoon-h/daten.html [06.07.2017].
- 19 Aerialtronics (o. J.): Altura Zenith, [online] <https://www.aerialtronics.com/products/altura-zenith> [06.07.2017].
- 20 AiDrones (2016): AiD-MC8 – Electrical Coaxial Octocopter Drone, [online] <https://www.aidrones.de/english/drone-systems/octocopter-mc8/> [06.07.2017].
- 21 Birdpilot (2016): X-8 Multicopter, [online] <http://www.birdpilot.com/en/x8-multicopter> [06.07.2017].
- 22 Euphorix (2017): Euphorix Spidair Qualität und Funktionalität, [online] <http://www.euphorix.de/de/spidair/> [06.07.2017].
- 23 Flycam UAV (2017): Our Aircraft, [online] <http://www.flycamuav.com/flycam-uav-aircraft/> [06.07.2017].
- 24 Heighttech (2016): HT-8 C180 Paket Inspektion, [online] <http://heighttech.com/produkte/ht-8-c180/inspektion/> [02.07.2017].
- 25 HiSystems (2017): MK8-3500 Technische Daten, [online] <http://www.mikrokopter.de/de/produkte/nmk8std/nmk8techdaten> [06.07.2017].
- 26 Multirotor (2017): Multirotor G4 Skycrane, [online] <https://www.multirotor.net/de/produkte/skycrane> [12.07.2017].
- 27 Securitas (o. J.): FD8 – Die Fire & Safety Drohne, [online] <http://www.securitas.de/globalassets/germany/downloads/broschueren/broschuere-df8-fire-safety-drohne.pdf> [02.07.2017].
- Securitas (o. J.): FD8 – Die Fire & Safety Drohne Factsheet.
- 28 Wingcopter (2016): The Principle: Tiltrotor, [online] <http://www.wingcopter.com> [02.07.2017].
- 29 Delair-Tech (o. J.): UX5 HP Datasheets, [online] <http://www.wingcopter.com> [06.07.2017].

- 30 Sensefly (2017.): eBee Plus Aerial efficiency, photogrammetric accuracy, [online]
<https://www.sensefly.com/drones/ebec-plus.html> [06.07.2017].
- 31 Germandrones (2017): Songbird AG for precision farming applications, [online]
<http://germandrones.com/our-products/#dron-pro-4> [02.07.2017].

11.4. Tabellen

Tabelle 5 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach MTOW

Nr.	Hersteller	Modell	MTOW [g]
1	Higheye	HEF 32	21000
23	Flycam UAV	NEO	19000
22	Euphorix	Spidair-light	16000
13	UAV America	Eagle XF	15648
26	Multirotor	4G Skycrane	12000
17	Robodrone	Kingfisher	10000
27	Securitas	FD8	8000
20	AiDrones	AIiD-MC 8	5000 -8000
31	German Drones	Songbird SR	7500
16	Aibotix	Aibot X6	6600
11	MicroDrones	MD4-1000	6000
3	ActionDrone USA	AD 2 Thermal	5500
7	Ital Drone	Titan 4HSE	5500
21	Bird Pilot	X-8 Multicopter	5000
24	Height-Tech	HAT-8 C180	5000
9	Leptron	RDASS Precision	3539
15	Ziegler	DJI Inspire 1 ZIEGLER-Bundle	2935
29	Delair Tech	UX5 HP	2900
18	Yuneec	Typhoon H	2060
2	Vision Aerial	SwitchBlade	k.A.
4	Aeronavics	Navi	k.A.
5	DJI	Phantom 3	k.A.
6	Flyability	Elios	k.A.
8	Larus Systems	Phoenix ACE LE	k.A.
10	MAV Tech	Q4L	k.A.
12	Prodrone	PD4-AW	k.A.
14	Walkera	Voyager 4	k.A.
19	Aerialtronics	Altura Zenith	k.A.
25	HiSystems GmbH	MK8-3500	k.A.
28	Wingcopter	Wingcopter	k.A.
30	Sensefly	eBee Plus	k.A.

Tabelle 6 Multicopter nach Anzahl der Rotoren

Nr.	Hersteller	Modell	Anzahl Rotoren
1	Higheye	HEF 32	1
2	Vision Aerial	SwitchBlade	3
4	Aeronavics	Navi	4
5	DJI	Phantom 3	4
6	Flyability	Elios	4
8	Larus Systems	Phoenix ACE LE	4
10	MAV Tech	Q4L	4
12	Prodrone	PD4-AW	4
14	Walkera	Voyager 4	4
13	UAV America	Eagle XF	4
11	MicroDrones	MD4-1000	4
3	ActionDrone USA	AD 2 Thermal	4
7	Ital Drone	Titan 4HSE	4
9	Leptron	RDASS Precision	4
15	Ziegler	DJI Inspire 1 ZIEGLER-Bundle	4
17	Robodrone	Kingfisher	6
16	Aibotix	Aibot X6	6
18	Yuneec	Typhoon H	6
19	Aerialtronics	Altura Zenith	8
25	HiSystems GmbH	MK8-3500	8
20	AiDrones	AIiD-MC 8	8
23	Flycam UAV	NEO	8
22	Euphorix	Spidair-light	8
26	Multirotor	4G Skycrane	8
27	Securitas	FD8	8
21	Bird Pilot	X-8 Multicopter	8
24	Height-Tech	HAT-8 C180	8
28	Wingcopter	Wingcopter	4

Tabelle 7 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Flugzeit

Nr.	Hersteller	Modell	Flugzeit [min]
26	Multirotor	4G Skycrane	12
15	Ziegler	DJI Inspire 1 ZIEGLER-Bundle	18
14	Walkera	Voyager 4	20
9	Leptron	RDASS Precision	20
16	Aibotix	Aibot X6	20
22	Euphorix	Spidair-light	20
24	Height-Tech	HAT-8 C180	20
5	DJI	Phantom 3	25
10	MAV Tech	Q4L	25
18	Yuneec	Typhoon H	25
23	Flycam UAV	NEO	30
27	Securitas	FD8	30
2	Vision Aerial	SwitchBlade	30 - 45
3	ActionDrone USA	AD 2 Thermal	30 - 45
21	Bird Pilot	X-8 Multicopter	30 - 45
29	Delair Tech	UX5 HP	35
12	Prodrone	PD4-AW	40
19	Aerialtronics	Altura Zenith	40
25	HiSystems GmbH	MK8-3500	40
11	MicroDrones	MD4-1000	45
17	Robodrone	Kingfisher	45
30	Sensefly	eBee Plus	59
8	Larus Systems	Phoenix ACE LE	60
31	German Drones	Songbird SR	60
28	Wingcopter	Wingcopter	120
1	Higheye	HEF 32	270
4	Aeronavics	Navi	k.A.
6	Flyability	Elios	k.A.
13	UAV America	Eagle XF	k.A.
7	Ital Drone	Titan 4HSE	k.A.
20	AiDrones	AiID-MC 8	k.A.

Tabelle 8 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach maximaler Reichweite

Nr.	Hersteller	Modell	Reichweite [km]
16	Aibotix	Aibot X6	1
5	DJI	Phantom 3	1
11	MicroDrones	MD4-1000	1
7	Ital Drone	Titan 4HSE	1,5
18	Yuneec	Typhoon H	1,6
3	ActionDrone USA	AD 2 Thermal	1,6
26	Multirotor	4G Skycrane	2
9	Leptron	RDASS Precision	2,4
23	Flycam UAV	NEO	2,7
20	AiDrones	AIID-MC 8	3
8	Larus Systems	Phoenix ACE LE	3,22
24	Height-Tech	HAT-8 C180	4
25	HiSystems GmbH	MK8-3500	4
2	Vision Aerial	SwitchBlade	4
30	Sensefly	eBee Plus	8
1	Higheye	HEF 32	50
29	Delair Tech	UX5 HP	60
31	German Drones	Songbird SR	65
28	Wingcopter	Wingcopter	100
10	MAV Tech	Q4L	0,25 - 1
15	Ziegler	DJI Inspire 1 ZIEGLER- Bundle	k.A.
14	Walkera	Voyager 4	k.A.
22	Euphorix	Spidair-light	k.A.
27	Securitas	FD8	k.A.
12	Prodrone	PD4-AW	k.A.
19	Aerialtronics	Altura Zenith	k.A.
17	Robodrone	Kingfisher	k.A.
21	Bird Pilot	X-8 Multicopter	k.A.
4	Aeronavics	Navi	k.A.
6	Flyability	Elios	k.A.
13	UAV America	Eagle XF	k.A.

Tabelle 9 Unbemannte Luftfahrtsysteme nach Nutzlast

Nr.	Hersteller	Modell	Nutzlast
1	Higheye	HEF 32	diverse Sensorik und Kombination mehrerer Sensoren möglich
28	Wingcopter	Wingcopter	extern
10	MAV Tech	Q4L	extern
12	Prodrone	PD4-AW	extern
26	Multirotor	4G Skycrane	Tageslichtkamera
8	Larus Systems	Phoenix ACE LE	Radioaktivitätsmessung
22	Euphorix	Spidair-light	Schwerlast-Aufnahme, extern
23	Flycam UAV	NEO	Suchscheinwerfer, Abwurfvorrichtung
3	ActionDrone USA	AD 2 Thermal	Tageslicht- und Wärmebildkamera
2	Vision Aerial	SwitchBlade	Tageslicht- und Wärmebildkamera
21	Bird Pilot	X-8 Multicopter	Tageslicht- und Wärmebildkamera
27	Securitas	FD8	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multi-Gas-Sensor
31	German Drones	Songbird SR	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera
6	Flyability	Elios	Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera möglich
5	DJI	Phantom 3	Tageslichtkamera
18	Yuneec	Typhoon H	Tageslichtkamera
30	Sensefly	eBee Plus	Tageslichtkamera
14	Walkera	Voyager 4	Tageslichtkamera
7	Ital Drone	Titan 4HSE	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
24	Height-Tech	HAT-8 C180	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
29	Delair Tech	UX5 HP	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
13	UAV America	Eagle XF	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera
9	Leptron	RDASS Precision	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera, Multispektralkamera
17	Robodrone	Kingfisher	Tageslichtkamera, Tageslicht- und Wärmebildkamera, Ta-

			gesicht- und Multispektralkamera, Megaphone, Abwurfvorrichtung
16	Aibotix	Aibot X6	Tageslichtkamera, Wärmebildkamera, Multispektralkamera
19	Aerialtronics	Altura Zenith	Tageslichtkamera, Wärmebildkamera, Multispektralkamera, verschiedene Gefahstoffdetektoren, Scheinwerfer, Abwurfmechanismus
20	AiDrones	AIID-MC 8	Thermal Modul (Tageslicht- und Wärmebildkamera)
25	HiSystems GmbH	MK8-3500	variabel
11	MicroDrones	MD4-1000	verschiedene Nutzlasten möglich
4	Aeronavics	Navi	verschiedenen Nutzlasten möglich
15	Ziegler	DJI Inspire 1 ZIEGLER-Bundle	Wärmebildkamera