



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelor Thesis

Vor- und Zuname:
Johann Kern

geb. am:



in:



Matr.-Nr.:



Einsatz von Drohnen in der Arbeits- und Anlagensicherheit

Eine Machbarkeitsstudie bei der Hamburger Hafen- und Logistik AG

Abgabedatum:

26.08.2019

Betreuende/r Professor:

Herr Prof. Dr. S. Oppermann

Zweite/r Prüfende/r:

Herr Dipl. Ing. N. Smietanka

Fakultät Life Sciences

Department Medizintechnik

Studiengang:

Rettungsingenieurwesen

Zusammenfassung

Die Implementierung von unbemannten Luftfahrtssystemen bietet in der Arbeits- und Anlagensicherheit eine Reihe neuer Möglichkeiten sowohl Arbeitszeit bzw. -Ergebnisse effizienter zu gestalten als auch die gesundheitliche und betriebliche Sicherheit zu erhöhen.

Durchgeführte Versuche, umfangreiche Recherche und Informationsaustausch mit anderen Unternehmen und Beteiligten im Rahmen dieser Arbeit führen unter objektiver Betrachtung und Definition von notwendigen Grundvoraussetzungen zu einer klaren Empfehlung dieser Technik.

Das Ergebnis besteht aus drei unterschiedlichen Stufen der Realisierung, die abhängig sind von den gewünschten Einsatzgebieten der Systeme und dem erforderlichen organisatorischen und finanziellen Aufwand. Der Fokus der Anwendung liegt auf der Stabsabteilung Arbeitsschutzmanagement der Hamburger Hafen- und Logistik AG. Erkenntnisse und Vorgehen können jedoch auch als Grundlage für die Einführung von Drohnen in andere Abteilung und Unternehmen dienen.

Inhaltsverzeichnis

Darstellungsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Glossar	5
1. Einleitung	7
2. Grundlagen	8
2.1 Die Hamburger Hafen und Logistik AG	8
2.2 Rechtlicher Hintergrund bei der Nutzung von Drohnen	10
2.2.1 Drohnen-Verordnung Deutschland	10
2.2.2 EU-Verordnung	14
2.3 Stand der Technik	17
3. Machbarkeit der Einführung von Drohnen im Arbeitsschutz	21
3.1 Einsatzmöglichkeiten	21
3.2 Anwendungsbeispiel	28
3.3 Praxistest	33
3.4 Technische Machbarkeit	35
3.5 Organisatorische Machbarkeit	38
3.6 Wirtschaftliche Betrachtung	41
4. Ergebnisse	45
5. Diskussion	47
Literaturverzeichnis	49
Anhang	51

Darstellungsverzeichnis

Darstellung 1 Struktur der Hamburger Hafen- und Logistik AG.....	8
Darstellung 2 Geschäftszahlen der HHLA aus 2018	9
Darstellung 3 Einfluss der Flugverbotszone des Kinderkrankenhauses auf das CTB	13
Darstellung 4 Quadrocopter "Mavic Pro" von DJI.....	18
Darstellung 5 Tragflächendrohne „Disco“ der Firma Parrot	18
Darstellung 6 VTOL-Drohne (Fa. Wingcopter).....	19
Darstellung 7 Ein 7m Blimp (Fa. Aero Drum Ltd).....	19
Darstellung 8 Wachstumsprognose von Bestand und Nachfrage in Deutschland.....	20
Darstellung 9 Einsatz von Drohnen bei der Großübung "HALATEF" auf dem CTB	27
Darstellung 10 Umgestürzter beladener VC.....	29
Darstellung 11 Bergung des VC mithilfe von Kränen	31
Darstellung 12 Foto zur besseren Einschätzung des Unfallhergangs.....	31
Darstellung 13 Drohne über dem Tankcontainerlager.....	33
Darstellung 14 Teilabschnitt des Tankcontainerlagers	34
Darstellung 15 Maßnahmenhierarchie Datenschutz	39
Darstellung 16 Vergleich unterschiedlicher Drohnenmodelle	42

Abkürzungsverzeichnis

<u>Abkürzung</u>	<u>Bedeutung</u>
AS	Arbeitsschutzmanagement
CTA/CTB/CTT	HHLA Container Terminal Altenwerder/Burchardkai/Tollerort
DFS	Deutsche Flugsicherung
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EASA	European Aviation Safety Agency
GHB	Gesamthafenbetriebs-Gesellschaft
GIS	Geographisches Informationssystem
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
GPS	Global Positioning System
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
HHLA	Hamburger Hafen und Logistik AG
HPA	Hamburg Port Authority
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
LuftVO	Luftverkehrsordnung
MTOM	Maximum Takeoff Mass
SESAR	Single European Sky ATM Research Programme
SORA-GER	Specific Operations Risk Assessment Germany
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VC	Van-Carrier
VDSI	Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
(B)VLOS	(Beyond)Visual Line of Sight (Außer-/ bzw. innerhalb der Sichtweite)
VUL	Verband Unbemannte Luftfahrt

Glossar

Drohne/Unmanned Aerial Vehicle:

Bei einer Drohne handelt es sich um ein unbemanntes Luftfahrzeug (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) dessen Nutzung nicht ausschließlich zur sportlichen und freizeithlichen Gestaltung dient („Flugmodelle“), sondern auch wissenschaftlich oder gewerblich eingesetzt wird. Das Fluggerät, einschließlich dazugehöriger Kontrollstation, gilt nach LuftVG §1 Abs.2 als Luftfahrzeug und ist der Einhaltung darin festgehaltener Gesetze verpflichtet.

Unmanned Aerial System:

Unter dem Begriff des unbemannten Luftfahrtsystems (UAS - Unmanned Aerial System) versteht man die Kombination aus Drohne und der dafür verantwortlichen Steuereinheit.

Geo-Fencing:

Eine beispielsweise durch GNSS-Koordinaten festgelegte virtuelle Grenze, die ein Objekt nicht überschreiten kann oder eine Alarmierung auslöst. Dadurch können Arbeitsbereiche definiert werden ohne physische Hindernisse aufzubauen. Die ständige Standortübertragung des bewegten Objekts ist dabei Voraussetzung.

Follow-Me-Modus:

Bei diesem Betriebsmodus folgt die Drohne automatisch dem Sender in einem voreingestellten Radius. Der Pilot muss dabei stets den Sichtkontakt halten und jederzeit eingreifen können.

Fernidentifizierung:

Innerhalb des UAS Sendebereichs stehen Informationen wie Betreibernummer und geographische Position des Piloten sowie Seriennummer, Position, Höhe, Geschwindigkeit und Streckenverlauf des UAV für alle Mobilfunkgeräte zur Verfügung.

Geo-Sensibilisierungssystem:

Das System warnt den Piloten unmittelbar vor Verletzungen der Luftraumgrenzen, sodass dieser entsprechende Maßnahmen einleiten kann. Der Pilot ist dazu verpflichtet die Software auf aktuellem Stand zu halten und wird gewarnt, sobald die Verbindung zu dem System nicht gewährleistet ist. Mitgliedsstaaten sind verpflichtet einheitliche Flugverbotszonen bereitzustellen.

Sichtweite:

Drohnenflüge werden häufig in Flüge innerhalb der Sichtweite (VLOS) und in Flüge außerhalb der Sichtweite (BVLOS) eingeteilt. Dabei befindet sich das UAV nach § 21b Abs. 1 Satz 2 LuftVO außerhalb der Sichtweite, sobald der Steuerer das Fluggerät nicht mehr ohne besondere optische Hilfsmittel sehen oder seine Fluglage nicht mehr eindeutig erkennen kann.

1. Einleitung

Während unbemannte Flugsysteme in vielen industriellen Bereichen bereits erfolgreich angewendet oder deren Einsatzgebiete zumindest umfangreich beschrieben werden, wird der Anwendung im Bereich Arbeitssicherheit bisher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Der Einsatz von Drohnen ermöglicht eine verhältnismäßig einfache optische und logistische Erschließung einer zusätzlichen Perspektive aus der Luft mit dem Ergebnis übersichtlicher und hochauflösender bildlicher Darstellungen und schneller Verfügbarkeiten. Aufgrund der stetig fortschreitende Entwicklung und des damit verbundenen Potenzials an Einsatzmöglichkeiten wird die Technik und die damit verbundenen zeitlichen, qualitativen und sicherheitstechnischen Vorteile in naher Zukunft in vielen Bereichen als selbstverständlich angesehen werden.

Unter der Berücksichtigung und Erläuterung des aktuellen Standes der Technik, Studien, rechtlicher Grundlagen sowie innerbetrieblicher Strukturen, wird die Machbarkeit und der mögliche Nutzen einer Einführung von UAS anhand der Darstellung möglicher Anwendungsszenarien und praktischer Versuche für die Stabsabteilung Arbeitsschutzmanagement bei der Hamburger Hafen- und Logistik AG geprüft.

Wichtige Aspekte, die es bei einer Umsetzung zu berücksichtigen gilt, werden herausgearbeitet und unterschiedliche Strategien zur Implementierung von betriebseigenen UAS in Abhängigkeit von finanziellem und organisatorischem Aufwand entwickelt.

2. Grundlagen

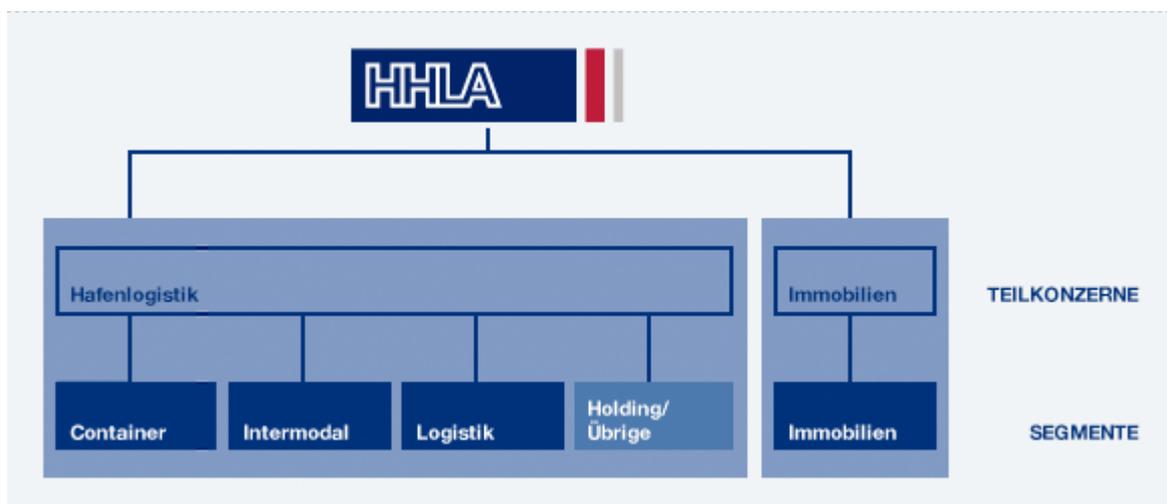
2.1 Die Hamburger Hafen und Logistik AG

Im Jahr 1885 unter dem Namen „Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft“ (HFLG) gegründet, war das Unternehmen für den Aufbau des größten und fortschrittlichsten Logistikzentrums verantwortlich, die Hamburger Speicherstadt. Mitte der 1930er Jahre ging die Staatliche Kaiverwaltung und somit die Verantwortung über die Hafenanlagen und des Warenumschs auf die HFLG über.

Der daraufhin neu beschlossene Name „Hamburger Hafen- und Lagerhaus-Aktiengesellschaft“ gilt seit 1939 und wurde 2005 in den heute aktuellen Namen „Hamburger Hafen- und Logistik AG“ (HHLA) geändert.

Die Hamburger Hafen und Logistik AG ist in die Teilkonzerne Hafenlogistik und Immobilien aufgeteilt und gliedert sich weiter in sogenannte Segmente. Diese umfassen die Bereiche Containerumschlag im Hamburger Hafen (Container), den Weitertransport in das Hinterland (Intermodal) und sonstige hafennahe Dienstleistungen wie der Spezialumschlag von Kfz, Früchten sowie Projektladungen (Logistik). Holding bzw. Haupt- und Verwaltungssitz der HHLA ist inmitten der Speicherstadt, in der die zentralen Funktionen des Unternehmens und die Teilbereiche für den Betrieb von hafenumschlagspezifischen Immobilien und Schwimmkränen vertreten sind.

Darstellung 1 Struktur der Hamburger Hafen- und Logistik AG



Quelle: Hamburger Hafen- und Logistik AG 2019

Alle Immobilien, die nicht in Zusammenhang mit dem direkten Umschlag im Hafen stehen, wie die Speicherstadt oder der Altonaer Fischmarkt, werden in dem Segment Immobilien verwaltet.

Insgesamt sind bei der HHLA derzeit ca. 5900 Mitarbeiter beschäftigt, die im Schnitt durch 760 Mitarbeiter der Gesamthafenbetriebs-Gesellschaft (GHB) unterstützt werden, um den schwankenden Bedarf an Hafearbeitskräften zu decken¹.

Darstellung 2 Geschäftszahlen der HHLA aus 2018

Personal	5.900 Beschäftigte	Neben dem historisch und wirtschaftlich wichtigen Standort für Hamburg gehören außerdem ein Containerterminal in Odessa (Ukraine) und seit 2018 auch ein Containerterminal in Tallinn (Estland) zu dem Unternehmen.
	760 Mitarbeiter GHB	
Umschlag	7,3 Mio. Container	
Umsatzerlöse	1.291 Mio. €	
Aktienanteile	31,6% Streubesitz	
	68,4% Freie und Hansestadt Hamburg	

Quelle: Hamburger Hafen- und Logistik AG 2019

Diese Arbeit ist im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Stabsabteilung Arbeitsschutzmanagement entstanden, welche ihren Sitz in der Holding in der Speicherstadt hat. Unterteilt ist die Abteilung in die Bereiche

- Arbeitssicherheit
- Organisatorischer Brandschutz
- Hochwasserschutz
- Gefahrgut
- Gewässerschutz
- Abfallwirtschaft
- Störfall
- Arbeitsmedizin
- Sozialbetreuung.

¹ Hamburger Hafen- und Logistik AG 2019.

2.2 Rechtlicher Hintergrund bei der Nutzung von Drohnen

Zum jetzigen Zeitpunkt gilt die im Jahr 2017 verabschiedete Drohnen-Verordnung für den Betrieb von UAV in Deutschland. Aufgrund der in Europa teils deutlich unterschiedlichen nationalen Gesetze, wird der Wettbewerb und die Entwicklung der Technik ungleich gefördert und beispielsweise in Deutschland als überreguliert angesehen². Um einen europäischen Standard festzulegen, hat die Europäische Kommission in Zusammenarbeit mit der EASA (European Aviation Safety Agency) im Juni 2019 eine neue Gesetzgebung veröffentlicht, die ab 07/2020 gültig ist.³

Im Folgenden werden die, für die vorgestellten Anwendungsmöglichkeiten relevanten, gesetzlichen Grundlagen beider Gesetzgebungen vorgestellt und erläutert.

2.2.1 Drohnen-Verordnung Deutschland

Die Benutzung des Luftraumes von den hier zum Einsatz kommenden UAV ist nicht frei und wird gesetzlich geregelt. Nach § 1 Abs. 2 LuftVG gelten „unbemannte Fluggeräte einschließlich ihrer Kontrollstation, die nicht zu Zwecken des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden (unbemannte Luftfahrtsysteme)“ als Luftfahrzeuge und unterliegen somit den in Deutschland geltenden luftverkehrsrechtlichen Regelungen.

Seit Frühjahr 2017 gilt die derzeit aktuelle Drohnen Verordnung⁴ und wurde in die LuftVO aufgenommen. So gelten neben den speziell auf unbemannte Fluggeräte festgelegte Regeln auch die sonstigen auf UAV anwendbare Vorschriften für Luftfahrzeuge.

Allgemein ist eine Erlaubnis durch die Luftfahrtbehörde gegeben, wenn folgende Grundsätze nach §21b FlugVO eingehalten werden:

1. Betrieb innerhalb der Sichtweite des Steuerers (bei 0,25-5 kg Startmasse)
2. Seitlicher Abstand von 100 m zu Menschenansammlungen, Unglücksorten, Katastrophengebieten und anderen Einsatzorten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
3. Vertikaler und horizontaler Abstand von 100 m zu Anlagen mit Schutz- und Geheimhaltungsstufe

² Francis Markert 2018.

³ EASA 2019.

⁴ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2017.

4. Vertikaler und horizontaler Abstand von 100 m zu politischen und behördlichen Grundstücken
5. Über und in seitlichem Abstand von 100 m zu Bundesfernstraßen, Bundeswasserstraßen und Bahnanlagen
6. Über Naturschutzgebieten
7. Über Wohngrundstücke
8. Flughöhe unter 100 m
9. Flughöhe unter 50 m in Flugkontrollzonen
10. Kein Transport von Gefahrstoffen
11. Vertikaler und horizontaler Abstand von 100 m zu Krankenhäusern

Relevante Paragraphen der Nutzung von UAS auf dem Betriebsgelände der HHLA:

Kontrollierter Luftraum - §21 Abs.1 Nr.5 LuftVO

Vor der Nutzung des kontrollierten Luftraums und des Luftraums über Flugplätzen mit Flugverkehrskontrollstelle ist bei der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle eine Flugverkehrskontrollfreigabe einzuholen für Aufstiege von unbemannten Luftfahrtsystemen

Ein Großteil des Hamburger Stadtgebietes einschließlich der HHLA-Terminals befinden sich durch die Nähe zum Helmut-Schmidt-Flughafen und zum Flughafen Hamburg-Finkenwerder in kontrolliertem Luftraum. Somit ist eine Flugverkehrskontrollfreigabe bei der DFS einzuholen, welche bis zu einer Flughöhe von 50 m allgemein gilt und darüber hinaus beantragt werden muss. Verantwortlich dafür ist nach §21 Abs.2 Nr.5 der Betreiber des unbemannten Luftfahrtsystems.

Zulässige Startmasse - §21a LuftVO

Abs.1 Nr.1: Der Betrieb von unbemannte Luftfahrtsysteme mit mehr als 5 Kilogramm Startmasse bedarf der Erlaubnis.

Abs.4: Steuerer von unbemannten Fluggeräten mit einer Startmasse von mehr als 2 Kilogramm müssen ab dem 1. Oktober 2017 einen Kenntnissnachweis erbringen.

Unter 2 kg Startmasse ist kein Nachweis von Kenntnissen erforderlich und kann unter der Einhaltung des deutschen Luftfahrtrechts und unter Berücksichtigung des eigenen fliegerischen Könnens bedenkenlos gestartet werden.

Ab einer Startmasse von 2 kg ist ein Kenntnissnachweis in der Anwendung und der Navigation dieser Fluggeräte, den einschlägigen luftrechtlichen Grundlagen und der örtlichen Luftraumordnung nötig. Sogenannte Drohnenführerscheine werden von Luftfahrtbundesamt zertifizierten Institutionen ausgestellt.

Die über 5 kg schweren UAS bedürfen einer zusätzlichen Aufstiegserlaubnis der zuständigen Luftfahrtbehörde.

Sichtweite - §21b Abs.1 Nr.1 LuftVO

Der Betrieb von unbemannten Luftfahrtsystemen und Flugmodellen ist außerhalb der Sichtweite des Steuerers, sofern die Startmasse des Geräts 5 Kilogramm und weniger beträgt, verboten.

In Satz 2 gilt der Betrieb außerhalb der Sichtweite, wenn der Steuerer das unbemannte Fluggerät ohne besondere optische Hilfsmittel nicht mehr sehen oder seine Fluglage nicht mehr eindeutig erkennen kann.

Einzige Ausnahme, ohne die Einholung einer zusätzlichen Erlaubnis, wäre die Ausstattung mit einem visuellem Ausgabegerät insbesondere dazugehöriger Videobrille, die Reduzierung der Flughöhe auf 30 m und einer Begrenzung der maximalen Startmasse auf 0,25kg oder stattdessen einer zweiten Person vor Ort, die ständig in Sichtweite den Luftraum kontrolliert und den Steuerer auf Gefahren hinweist.

Flugverbotszonen - §21a & §21b LuftVO

§21a Abs.1

Nr.4: in einer Entfernung von weniger als 1,5 km von der Begrenzung von Flugplätzen

§21b Abs.1

Nr.2: seitlicher Abstand von 100 m von Menschenansammlungen, Unglücksorten, Katastrophengebieten und anderen Einsatzorten von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

Nr.3: über und in einem seitlichen Abstand von 100 m von der Begrenzung von Industrieanlagen, [...]

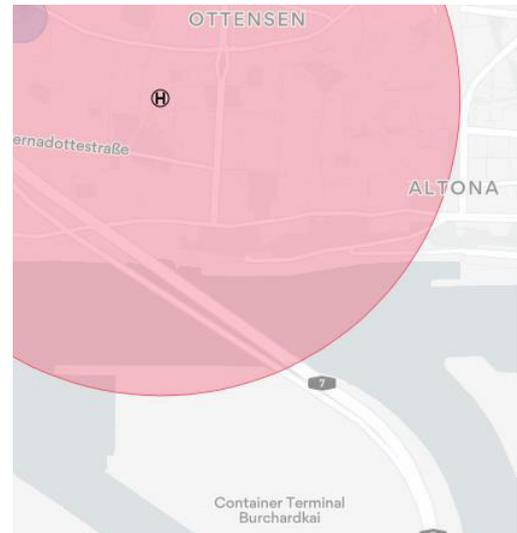
Nr.5: seitlicher Abstand von 100 m von Bundesfernstraßen, Bundeswasserstraßen und Bahnanlagen

Flugverbotszonen wie die 100 m Beschränkungen um die Gebäude, die der Geheimhaltung, hoheitlicher Institutionen und Behörden mit Sicherheitsaufgaben dienen als auch Wohn- und Naturschutzgebiete betreffen die Anlagen der HHLA nicht und werden nicht berücksichtigt.

Das Altonaer Kinderkrankenhaus verfügt über einen Hubschrauberlandeplatz, der nach DFS unter die Definition eines Flugplatzes nach LuftVZO fällt und mit dem Flugverbotsradius von 1,5 km auch die Nordseite des Container Terminal Burchardkai (CTB) einschließt (siehe Darstellung 3).

Abstände zu der Autobahn A7 werden eingehalten und können gegebenenfalls durch GeoFencing sichergestellt werden. Eine Erlaubnis des Aufstiegs nahe/über der Elbe als Bundeswasserstraße ist einzuholen.

Darstellung 3 Einfluss der Flugverbotszone des Kinderkrankenhauses auf das CTB



Quelle: map2fly.flynex.de 2019

Aus schiffahrtspolizeilicher Sicht der HPA ist von einer Gefährdung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs durch den Betrieb von Drohnen im Bereich der Bundeswasserstraßen und der sonstigen Hafengewässer bei Einhaltung folgender Maßnahmen nicht auszugehen:⁵

- Horizontaler Abstand zu Wasserfahrzeugen (Liegend/in Bewegung) von 50 m
- Keine Kreuzung des Fahrwegs in horizontalem Abstand von 200 m
- Wasserfahrzeuge haben stets Vorfahrt
- Vertikaler Abstand von min. 50 m bei Überflug von Wasserfahrzeugen.
Davon kann nach Zustimmung der Eigner, bei liegenden Schiffen abgewichen werden
- Aufstieg und Landung auf und von fahrenden Schiffen ist nicht gestattet

Für eine Erteilung der erwähnten Erlaubnisse hat die DFS gemeinsame Grundsätze von Bund und Ländern veröffentlicht⁶, die je nach Überschreitung der hier vorgestellten Allgemeinfreigaben den Prozess der Antragsstellung regelt. Für die Erlaubnis der Unterschreitung der

⁵ Hamburg Port Authority 2019.

⁶ DFS 2017.

Bundesverkehrswege und des Eintritts in den 1,5 km Radius des Krankenhauses kann beispielsweise das „Vereinfachte Verfahren“ angewandt werden, wobei das Fliegen außerhalb der Sichtweite mit Drohnen größer als 5 kg generell unter „Sonstige Fälle“ eingestuft wird und einer besonderen Risikobewertung nach der Specific Operations Risk Assessment Germany (SORA-GER) bedarf. Darin wird zwischen Boden- und Flugrisikoklasse unterschieden, die abhängig sind von den aufkommenden Gefährdungen und den eingeleiteten Kompensationsmaßnahmen. Je nachdem welche Risikoklasse bei der Analyse ermittelt wird, werden zusätzliche Nachweise von Drohne und Pilot bei der Antragsstellung gefordert. Die erteilten Genehmigungen durch die zuständige Landesluftfahrtbehörde können für den Einzelfall oder allgemein erteilt und auf bis zu maximal zwei Jahren befristet werden. Für eine solche Durchführung stehen unterstützend online Toolboxes⁷ oder Fachliteratur⁸ zur Verfügung.

2.2.2 EU-Verordnung

Im Juni 2019 wurden zwei Verordnungen von der EU bezüglich unbemannter Luftfahrzeuge veröffentlicht.

Die „Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme“⁹ enthält die gesetzlichen Anforderungen für die Herstellung, Konstruktion und Bereitstellung von UAS in Europa und Drittländern, die ihre Systeme in Europa betreiben wollen.

Die „Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge“¹⁰ beschreibt die gesetzlichen Bestimmungen für den Betrieb von UAS, das Personal und beteiligte Organisationen.

Aufgrund der Absicht, Drohnen auf dem HHLA-Gelände ausschließlich zu betreiben und nicht selbst herzustellen, werden die wichtigsten Änderungen zu der aktuell geltenden Drohnenverordnung aus der Durchführungsverordnung der EU herausgearbeitet.

⁷ Bundesverband Copter Piloten 2019.

⁸ Dieckert et al. 2018.

⁹ Europäische Kommission 01.07.2019a.

¹⁰ Europäische Kommission 01.07.2019b.

Dabei wird grundsätzlich in drei Betriebskategorien unterschieden:

Offen

- Unter 25 kg Startmasse
- Menschenansammlungen dürfen nicht überflogen werden und sichere Entfernung zu Menschen sind einzuhalten
- Das UAV ist zu jedem Zeitpunkt im Sichtbereich zu betreiben, außer dieses fliegt im Follow-Me-Modus oder es gibt einen Beobachter der unterstützend neben dem Piloten steht
- Eine Flughöhe von max. 120 m
- Kein Transport gefährlicher Güter oder Abwurf von Material
- Weiterhin wird die Kategorie in drei Klassen unterschieden (s.u.)

Speziell

- Sobald eine Abweichung der Anforderungen an die Kategorie *Offen*, einschließlich ihrer Unterkategorien vorliegt
- Risikobewertung und Antrag müssen bei der zuständigen Behörde gestellt werden, um eine Betriebsgenehmigung zu erhalten
- Das Absolvieren des "Light UAS operator certificate (LUC)" ermöglicht die Abweichung von Standard-Szenarien, ohne eine besondere Ausstellung einer Betriebsgenehmigung
- Der Betrieb findet im Rahmen eines anerkannten Flugmodell-Vereins statt, der die notwendigen Genehmigungen besitzt

Zulassungspflichtig

- Abmessung von min. 3 m und darf über Menschenansammlungen betrieben werden
- Für die Beförderung von Menschen genutzt
- Für den Transport gefährlicher Güter konstruiert
- Wenn die zuständige Behörde das Betriebsrisiko für einen Antrag in die *spezielle* Kategorie als zu hoch ansieht

Zu dem Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass der Betrieb in der *offenen* Kategorie ausreicht, um einen Großteil der hier vorgestellten Einsatzmöglichkeiten auszuführen. Für die Vorstellung und Bewertung der *speziellen* Kategorie fehlen derzeit notwendige Informationen über das Vorgehen bei Antragsstellungen, der genauen Erstellung der Risikoanalyse SORAS (Specific Operation Risk Assessment) und der Umgang mit Standardszenarien, die laut EASA im Oktober 2019 veröffentlicht werden.¹¹

Die Unterkategorien der *offenen* Betriebskategorie orientieren sich an der Art, inwieweit das Fluggerät sich unbeteiligten Personen nähert und legt dahingehend Voraussetzungen an den Piloten, sowie die Eigenschaften der Drohne fest. Letzteres wird in Drohnenklassen definiert, welche im Anhang A1 übersichtlich dargestellt sind.

A1

- Erlaubte Drohnenklassen: C0, C1
- Unbeteiligte Personen dürfen so kurz wie möglich überflogen werden
- Menschenansammlungen dürfen nicht überflogen werden
- Vertraut mit dem Benutzerhandbuch und Absolvieren eines Online-Lehrgangs bei Nutzung von Klasse C1 Drohnen

A2

- Erlaubte Drohnenklasse: C2
- Horizontaler Abstand von 30 m zu unbeteiligten Personen (5 m im Langsamflugmodus)
- Vertraut mit dem Benutzerhandbuch und Inhaber eines Fernpiloten-Zeugnisses (Online Lehrgang, Selbststudium Bedingungen der Unterkategorie A3, Theorieprüfung)

A3

- Erlaubte Drohnenklasse: C2, C3, C4
- Keine unbeteiligten Personen im gesamten Flugraum
- Horizontaler Abstand von 150 m zu Wohn-, Gewerbe-, Industrie- oder Erholungsgebieten
- Absolvieren eines Online-Lehrgangs

¹¹ EASA 2019.

2.3 Stand der Technik

Wenn von UAV die Rede ist, gibt es eine große Bandbreite an unterschiedlichen flugtechnischen Ausführungen und Eigenschaften in Bedienung und Ausstattung, die zunächst nach Europäischer Kommission in durch Piloten ferngesteuerte und durch Programmierung vollständig autonom fliegende Drohnen kategorisiert wird. Letzteres ist bisher in dem zivilen Bereich weder durch die International Civil Aviation Organization (ICAO) noch die EU autorisiert.¹²

Es werden jedoch an vielen Stellen bereits Systeme entwickelt, die durch eine ständige Luftraumüberwachung von Behörden kontrolliert werden und eine Akzeptanz von automatischen Flügen außerhalb der Sichtweite rechtfertigen können. So arbeitet beispielsweise das Unternehmen *Droniq*, ein Joint Venture aus DFS und Telekom, an der Erstellung eines UAS-Traffic-Management-Systems¹³, um den Grundstein für das Fliegen außerhalb der Sichtweite und eine schnellere Ausstellung von Sondergenehmigungen zu legen.

Ein weiteres offensichtliches Merkmal ist die Bauweise. Folgende Vorstellung von UAV zeigt eine Übersicht der unterschiedlichen Bauweisen und den möglichen Anwendungsgebieten. Es wird dabei von ferngesteuerten Fluggeräten mit Elektroantrieb ausgegangen.

¹² European Commission 2014.

¹³ dpa 2019.

Multikopter

Darstellung 4 Quadrokoopter "Mavic Pro" von DJI



Quelle: Eigene Darstellung

Die am häufigsten vorkommende Ausführung einer zivilen Drohne ist der Multikopter mit einer variierenden Anzahl an Rotorblättern mithilfe derer eine ruhige Fluglage und agile Steuerung möglich sind.

Vorteile

- Senkrechtes Starten/Landen
- Fluggeschwindigkeit und Steuerung sind sehr flexibel

Nachteile

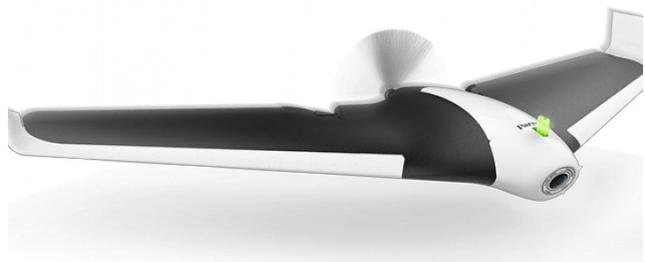
- Motorausfall führt zu Absturz
- Kurze Flugdauer

Mögliche Anwendungsgebiete: Inspektionen inner- und außerhalb von Anlagen, Kurzstreckentransporte, Lageerkundung bei Schadenslagen, Foto- und Videoproduktionen

UAV mit Tragflächen

Häufig bekannt aus dem militärischen Sektor können diese Drohnen in jeder Größe ausgeführt werden. Aufgrund der Tragflächen, wie bei klassischen Flugzeugen, sind schnelle und weite Flüge möglich.

Darstellung 5 Tragflächendrohne „Disco“ der Firma Parrot



Quelle: www.parrot.com 2019

Vorteile

- Schnelle Fortbewegung
- Große Höhen
- Gleitflug möglich

Nachteile

- Start-/Landebahn erforderlich
- Besonders durch die Sichtweitenregelung eingeschränkt
- Kein Standflug möglich

Mögliche Anwendungsgebiete: Kartierungen und Vermessung von großen Flächen, Langstreckentransport

Vertical Take-Off and Landing (VTOL)

Darstellung 6 VTOL-Drohne (Fa. Wingcopter)



Quelle: www.wingcopter.com 2019

Eine Kombination aus Multikopter und Tragflächen vereint die Vorteile beider Systeme. Mit schwenkbaren Rotoren oder Tragflächen wird dieses System hauptsächlich in dem Transportsektor eingesetzt und der Auftrieb während des Fluges zusätzlich durch die Tragflächen unterstützt.

Vorteile

- Schnelle Fortbewegung
- Gleit- und Standflug möglich
- Längere Flugzeiten
- Senkrechtes Starten und Landen

Nachteile

- Größer als reine Multikopter
- Sinnvoll erst bei BVLOS-Flügen

Mögliche Anwendungsgebiete: Transport, Landwirtschaft

Prallluftschiffe/Blimps

Das Luftschiff ist mit einem Traggas gefüllt, welches den Auftrieb des gesamten Systems gewährleistet. Die Steuerung erfolgt über Propellermotoren und verstellbare Leitwerke. Die große Oberfläche bietet zum einen eine hohe Windanfälligkeit, aber auch die Möglichkeit Solarenergie für eine längere Flugzeit zu nutzen.

Darstellung 7 Ein 7m Blimp (Fa. Aero Drum Ltd)



Quelle: www.rc-zeppelin.com 2019

Vorteile

- Lange Flugzeiten
- Im Stand oder angebunden ist keine Steuerung notwendig
- Ausstattung mit Solarpanelen möglich

Nachteile

- Langsame Fortbewegung
- Windanfällig
- Große Maße

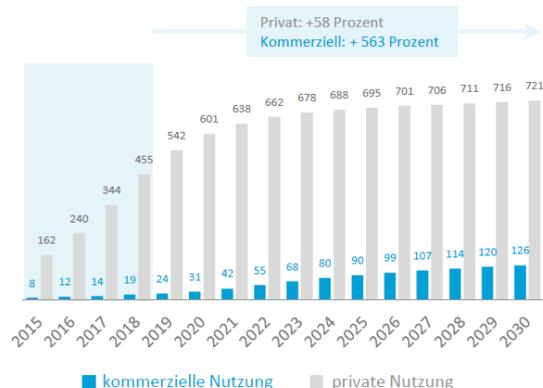
Mögliche Anwendungsgebiete: Langzeitüberwachung, Unterstützung Kommunikationsstruktur (ausgerüstet mit z.B. Funk-Relais)

Die derzeitige quantitative Entwicklung von Drohnen wird sowohl von der europäischen Initiative SESAR¹⁴, die zur Vereinheitlichung des europäischen Flugverkehrsmanagements ins Leben gerufen wurde und dem deutschen Verband Unbemannte Luftfahrt¹⁵ ähnlich beschrieben. Beide sehen den Höhepunkt der Marktnachfrage in der privaten Drohnennutzung bereits in naher Zukunft, während ein Ende des Wachstums in der kommerziellen Anwendung nicht vorhersehbar ist (siehe Darstellung 8).

Darstellung 8 Wachstumsprognose von Bestand und Nachfrage in Deutschland

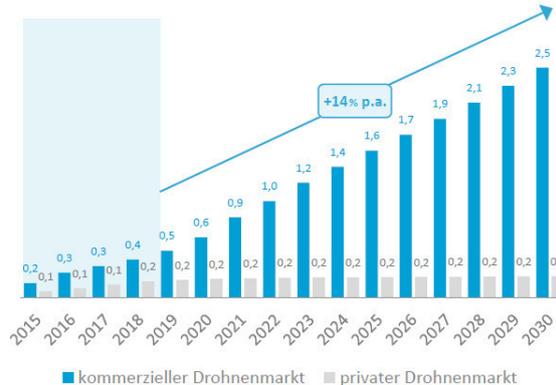
Wachstumsprognose bis 2030

Wie viele Drohnen wird es in Deutschland geben? (in Tausend Stück)



Wachstumsprognose bis 2030

Wie hoch ist die Marktnachfrage in Deutschland? (in Milliarden Euro)



Quelle: Verband Unbemannte Luftfahrt 2019

Entscheidend für diese Entwicklung ist die Art der Anwendung, die technische Entwicklung und die gesetzlichen Regelungen.

Während die Drohne im privaten Sektor meist als Spielzeug oder für Foto-/Videoaufnahmen genutzt wird und in dem Gebiet bereits qualitativ hochwertige Ergebnisse liefert, kann das umfangreiche Potenzial in der kommerziellen Nutzung noch nicht umgesetzt werden. In erster Linie schränken gesetzliche Regelungen die Wirtschaftlichkeit und Einsatzmöglichkeiten, ohne klare Differenzierung der Regelungen zu privaten Drohnenflügen, stark ein. Hinzu kommen die verzögerte Akzeptanz- und Implementierungszeit neuer Techniken in der Industrie und die stetige schnelle technische Entwicklung, die immer mehr neue Einsätze ermöglicht.

Einen noch weiteren Blick in die Zukunft wirft das Buch „Drohnen – Technik und Recht“¹⁶, in dem die mögliche Entwicklung einer vollkommen autarken Flugweise und der Kommunikation durch Schwarmintelligenz der Drohnen untereinander beschrieben wird.

¹⁴ SESAR Joint Undertaking 2016.

¹⁵ Drone Industry Insights 2019.

¹⁶ Dieckert et al. 2018.

3. Machbarkeit der Einführung von Drohnen im Arbeitsschutz

Um die Machbarkeit zu untersuchen sind im Folgenden theoretische und praktische Methoden und deren individuelle Ergebnisse näher erläutert. Dieses Kapitel basiert auf internem sowie unternehmensübergreifendem Informationsaustausch, Fachliteratur, praktischer Versuche und Vergleiche ähnlicher Projekte.

3.1 Einsatzmöglichkeiten

Es werden Einsatzmöglichkeiten von Drohnen vorgestellt, die durch den Arbeitsschutz selbst angewendet werden oder unmittelbar die Arbeits- und Anlagensicherheit verbessern. Während viele Einsatzmöglichkeiten im industriellen Bereich bereits ausführlich dokumentiert sind¹⁷, werden Anwendungen im Bereich des Arbeitsschutzes bisher in keiner vorliegenden Literatur konkret erwähnt bzw. nur die Steigerung der Sicherheit als positiver zusätzlicher Nebeneffekt beschrieben. Die Einsatzmöglichkeiten wurden in Zusammenarbeit mit der Abteilung AS der HHLA ermittelt und vertieft untersucht.

Unterstützung bei der Dokumentation von Ereignissen

Eine Ereignisdokumentation ist bei Unfällen auf den Terminals anzufertigen und dient der nachvollziehbaren Beschreibung des Unfallhergangs. Neben relevanten Informationen wie der Angabe beteiligter Personen, eingeleiteter Maßnahmen und chronologischer Beschreibung des Ablaufs, kann außerdem Bezug auf Fotos zur Verdeutlichung genommen werden.

Das Ziel ist eine qualitative Verbesserung dieser Ereignisdokumentationen durch die Einführung von einheitlichen, übersichtlichen Luftaufnahmen der Einsatzstellen. Dabei wird je nach Möglichkeit die Drohne manuell am Ort des Geschehens durch eine verantwortliche Person gestartet oder durch die Übersendung der genauen GNSS-Daten automatisch an den Ort geflogen, um dort selbstständig Bilder an den Leitstand zu übersenden und zurück in die Basis zu fliegen.

Es entstehen Luftaufnahmen, welche die gesamte Struktur des Unfallortes aufzeichnen und immer gleich ausgerichtet sind. Ermöglicht wird dadurch Unfälle besser zu analysieren und zu vergleichen.

¹⁷ Landrock und Baumgärtel 2018.

Mögliche Parameter, die durch eine solche Ansicht besser zu erkennen sind:

- Austritte und Ausbreitungen von Medien
- Erkennung von, vom Boden nicht oder nur schlecht sichtbaren, Gefährdungen
- Verkehrswege und deren Einhaltung
- Mögliche Fremdeinflüsse
- Strukturelle Gegebenheiten

Für eine entsprechende Übersicht der Lage reicht in der Regel jeweils eine Aufnahme, aufgenommen aus immer derselben Vogelperspektive, um einen Maßstab zu setzen und allen Beteiligten dasselbe und eindeutige Bild zu liefern. Durch diese standardisierte Aufnahme werden leichter Vergleiche zu vergangenen Situationen möglich und ähnliche Schadensmuster bei Evaluationen offensichtlicher.

Erstellung von Informationsplänen

Durch die Verfügbarkeit von eigenen Drohnen ergibt sich die Möglichkeit stets aktuelle, hochauflösende und fotorealistische Terminalpläne zu erstellen. Bei der Fotogrammetrie wird das System so programmiert, dass das Terminal in einem bestimmten Muster abgeflogen und in regelmäßigen zeitlichen Abständen das Gelände von oben fotografiert wird. Anschließend wird das Bildmaterial mit einer dafür geeigneten Software zusammengefügt. Je nach Bedarf kann dies in bestimmten Intervallen passieren oder bei baulichen und organisatorischen Planungen auf Abruf geschehen.

Der Arbeitsschutz kann diese Karten zur Erstellung von geografischen Informationssystemen nutzen und beispielsweise vorhandene gezeichnete Feuerwehrpläne als Ebene auf die Karten legen, um diese abzugleichen und gegebenenfalls Zugänglichkeiten zu prüfen. Außerdem eignet sich eine solche Karte, um Unfallereignisse, wie oben beschrieben, ortsbezogen einzupflecken und „Hot-Spots“ auf dem Gelände ausfindig zu machen.

Aus einem Erfahrungsaustausch mit der Werkfeuerwehr von Evonik in Marl, einem der größten Chemieparks in Deutschland, die ebenfalls Drohnen zur Unterstützung bei der Gefahrenabwehr und Inspektionen einsetzen ging hervor, dass dieses Vorgehen auf großen Geländen zu zeit- und arbeitsaufwendig sei. Die Kartierung von einzelnen Blocks und Baustellen sei durchaus hilfreich und umsetzbar. Bei der Aufnahme des gesamten Geländes setze man aber

weiterhin auf Dienstleister mit Hubschraubern oder Flugzeugen, da die Perspektive aus großen Höhen geringere Verzerrungen aufweisen und die anteilig weniger benötigten Bilder passender zusammengefügt werden können. Die HHLA-Containerterminals haben jeweils im Schnitt nur etwa ein Fünftel der Fläche des gesamten Chemieparks. Daher ist zu prüfen, ab welchen Abmessungen diese Aussage tatsächlich zutrifft.

Ein weiterer Schritt wäre ein Terminal oder einen Bauabschnitt mit Drohnen und entsprechender Kamertechnik abzufliegen und daraus ein 3D-Modell zu erstellen. Diese fotorealistischen Visualisierungen können außerdem bei Bau- und Routenplanungen helfen.

Erkundung bei Gefahrstoffaustritt

Bei einem Verdacht oder einem tatsächlichen Austritt von gefährlichen oder unbekanntem Stoffen kann das System vor allen anderen Maßnahmen einen ersten Überblick über die Lage bieten und eventuell anschließende zeit- und kostenintensive Maßnahmen vermeiden bzw. rechtfertigen.

Eine Kameradrohne wäre in der Lage, Live-Bilder an den Leitstand zu übermitteln, die die Einschätzung der Situation übernehmen und anhand derer ein weiteres Vorgehen entschieden wird. Dabei ist darauf zu achten, dass die Drohne sich und durch die generierten Luftaufwirbelungen die Umgebung nicht zusätzlich kontaminiert.

Eine dafür entwickelte und mit entsprechender Sensorik ausgerüstete Drohne wäre in Zukunft in der Lage, eine gefahrlose umfassende Erkundung durchzuführen und es könnte der Einsatz und somit die Gefährdung von Menschen in der Erkundungsphase vor Ort nahezu ausgeschlossen werden.

Aufgaben, die eine ferngesteuerte Drohne im Fall eines Gefahrstoffaustritts übernehmen könnten sein:

- Erkennen von Gefahrstofflabel in der vermeintlichen Gefahrenzone
- Probenahme in Form von Abstrichen oder Ansaugung
- On-Board Messgeräten
- Ausbringen von Indikatoren wie Wassernachweispaste

Bereitstellung von Lageplänen

Bilder aus der Luft bieten nicht nur intern einen großen Nutzen zur Steigerung der Arbeits- und Anlagensicherheit. Auch externe Rettungskräfte sehen in dieser technischen Verfügbarkeit bei großen Unternehmen einen deutlichen strategischen Vorteil. Die allgemeine Akzeptanz bei der Bevölkerung bei der Anwendung von Drohnen in den Bereichen Schutz und Rettung ist neben der Forschung am höchsten.¹⁸ So bestätigen außerdem Herr Storm (Leiter Analytische Task Force, FW Hamburg) und Herr Lindström (Entwicklungsmanager, Southwest Finland Emergency Services), die ebenfalls für Hafenanlagen verantwortlich sind, die Aussage:

„Der Einsatz von Drohnen durch den Anlagenbetreiber zur Erstellung von Lagebildern vor dem Eintreffen der Rettungskräfte und während des Einsatzes wird seitens der Feuerwehr grundsätzlich begrüßt. Um bei Übergabe der Verantwortung an die Einsatzkräfte schnell die richtigen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr treffen zu können, helfen alle zur Verfügung stehenden bildlichen und strukturellen Informationen.“

Bei einer solchen Schadenslage bietet die Drohne die Möglichkeit, als eine der ersten Kräfte vor Ort zu sein und die Bilder aus der übersichtlichsten Perspektive an die Schichtleitung und von da aus an alle weiteren Beteiligten zu übertragen. So kann den Einsatzkräften bereits sehr frühzeitig ein aktuelles Lagebild übergeben werden, das bereits bei ersten taktischen Entscheidungen, wie der Festlegung von Aufstell- und Bewegungsflächen, Angriffsrichtung, Schadensausmaß und bei der Abschätzung über mögliche weitere Gefährdungen Unterstützung bietet.

Um mit geringem Personaleinsatz umfangreiche Informationen zeitnah über eine Schadenslage zu erhalten wäre ein automatischer Flug vorstellbar bei dem die Drohne den Punkt der Schadenslage übermittelt bekommt, selbstständig dorthin steuert und Bilder aus vorher festgelegten Perspektiven übermittelt.

Bis dahin ist ein Aufstieg des Fluggerätes von den eintreffenden betrieblichen Einsatzkräften nach den vorgeschriebenen Erstmaßnahmen durchzuführen und das UAS vor Ort einsatzbereit zu halten.

¹⁸ DLR 2018.

Beurteilung von Situationen

Ob bei ablauforientierten Gefährdungsbeurteilungen oder Begehungen in Bereichen, deren Betrieb bei Eintritt von Personen eingeschränkt werden muss, können Drohnen unterstützen oder einfache personelle Begehungen ersetzen, um Zeit und Kosten zu sparen.

Bei Begehungen, beispielsweise von Lagerplätzen zur Kontrolle der Oberflächenbeschaffenheit, kommen zum jetzigen Zeitpunkt Personen aus unterschiedlichen Betriebsbereichen zusammen. Nach einer für alle passenden Terminfindung finden sich die Beteiligten in dem abgesicherten Bereich ein und die Fläche wird von jedem auf seinen Schwerpunkt hin inspiziert. Die von allen aufgenommenen Fotos werden im Anschluss möglichst in einem Ordner und ohne sich wiederholende Aufnahmen zusammengeführt.

Um Zeit für Terminfindungen, An- und Abfahrten zu sparen sowie Gefährdungen der Teilnehmer bei der Begehung zu vermeiden, kann in Zukunft eine Person oder eine dafür vorgesehene Abteilung damit beauftragt werden Luftaufnahmen dieser Fläche zu machen. Diese Daten werden dann einheitlich für alle Beteiligten zur Verfügung gestellt. Eine Besichtigung wäre somit jederzeit digital verfügbar und es ist lediglich ein Termin zu finden, an dem alle Bereiche ihre Einschätzung auf Basis derselben verfügbaren Aufnahmen vorstellen können. Eine gemeinsame örtliche Begehung ist anschließend immer noch möglich, sofern relevante Daten wie Detailaufnahmen fehlen.

Ein weiterer Vorteil ist die entstehende ständige Verfügbarkeit solcher Beurteilungen in Form von Bild- und Videomaterial und die längerfristige Vergleichbarkeit von eingeführten Maßnahmen. Bei diesem Anwendungsgebiet ist der Datenschutz zu berücksichtigen (s. Kapitel 3.5 Organisatorische Machbarkeit)

Auch schwer erreichbare Orte, wie in absturzgefährdenden Höhen oder die wasserseitigen Systeme des Hochwasserschutzes, können ohne den organisatorischen Aufwand und des verbleibenden Gesundheitsrisikos bei personellen Besichtigungen schneller durchgeführt werden.

Erstellung von Übungen

Um regelmäßig die organisatorischen Abläufe im Falle eines Unfalls zu trainieren bieten sich Übungen an, die parallel zum laufenden Betrieb durchgeführt werden können. In Kombination mit der Animation von Drohnenaufnahmen und virtueller Realität lassen sich alle denkbaren realistischen Schadenslagen entwerfen und das Wissen der verantwortlichen Personen anwenden.

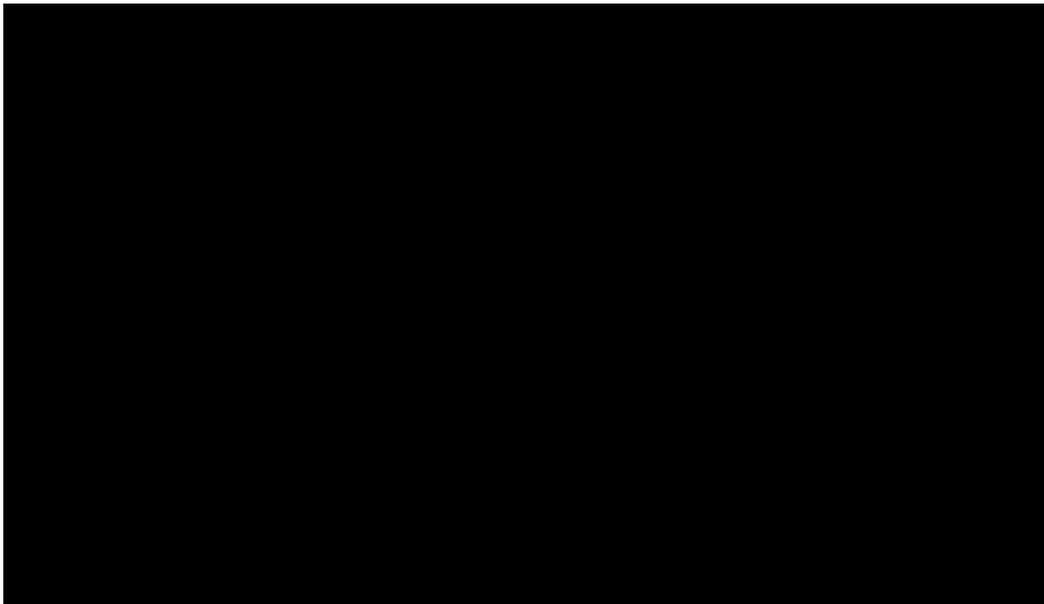
In Zusammenarbeit mit den Firmen Rundblick3D und weltfern wird derzeit an einem Schulungsszenario zu dem Thema Verhalten im Brandfall gearbeitet. Dabei durchläuft jeder Mitarbeiter nach der theoretischen Brandschutzunterweisung (E-Learning) wahlweise per Bildschirm oder einer VR-Brille einmal den gesamten Prozess von der Branderkennung, Alarmierung, Treffen von Maßnahmen bis hin zum Ablaufen des Rettungsweges zur Sammelstelle.

Dazu wird mit spezieller Kamertechnik eine Ebene des Gebäudes visualisiert. Der Teilnehmer kann sich über Klicken durch den gesamten virtuellen Raum fortbewegen und sich durch das Bewegen der Maus in dem 360° Bereich umschauchen. Sollte eine Rauchentwicklung entdeckt werden, kann der Proband mit relevanten Objekten virtuell interagieren. So kann über ein Telefon die Feuerwehr gerufen und ein realistisches Abfrageszenario simuliert oder der Brandmelder betätigt werden. Nachdem auch Türen und Fenster geschlossen, die benachbarten Mitarbeiter gewarnt und gegebenenfalls der Feuerlöscher betätigt wurde, muss sich der Proband zum Sammelplatz begeben, um die Übung abzuschließen.

Solche Simulationstrainings sind in großen Unternehmen und im Gesundheitswesen schon selbstverständlich und festigen das vorher erlernte theoretische Wissen bei gleichzeitiger Steigerung der Handlungssicherheit, ohne dass jedes Mal eine Übungsumgebung aufgebaut werden muss oder sich Personal in vermeidbare Gefahrensituationen begeben muss.

Wenn diese Umsetzung erfolgreich ist, können beispielsweise Übungen auf den Terminals durchgeführt werden, bei denen dem Leitstand neben dem Absetzen der entsprechenden Notrufe auch bearbeitete Drohnenbilder der animierten Schadenslage zugespielt werden. So können notwendige Entscheidungen und Abläufe der Alarmpläne gefestigt werden. Virtuell kann jedes beliebige Schadensszenario realitätsnah generiert werden und bei der Bewältigung und Erstellung von Maßnahmeplänen unterstützen.

Bei der Animierung und Gestaltung interaktiver Umgebungen wäre zusätzliches Know-How erforderlich. Bei der Gestaltung sogenannter TableTop Übungen, bei denen alle Verantwortlichen zusammenkommen und ein bestimmtes, durch Luftaufnahmen möglichst nachvollziehbares Szenario theoretisch abarbeiten und auf die Durchführbarkeit prüfen, würden die betriebseigenen Drohnen ausreichen.



Unabhängig des Einsatzes von Drohnen bei der Durchführung von Übungen, helfen UAS besonders bei der Dokumentation von bodengebundenen Übungsszenarien. Neben der Festigung der Handlungssicherheit bei Maßnahmen im Schadensfall, sind die anschließende Evaluation und die nachvollziehbare Ablaufdokumentation der Geschehnisse die wichtigsten Elemente, um möglichen Handlungsbedarf zu ermitteln. Das Foto- und Videomaterial aus der Luft bietet einen ständigen Überblick über die gesamte Situation und es können beispielsweise mehrere voneinander abhängige Ereignisse zur selben Zeit beobachtet und der Einsatz und die Bewegungen von Ressourcen nachvollzogen werden. Das Bildmaterial unterstützt bei der Erstellung einer nachvollziehbaren Ablaufdokumentation und kann besonders anschaulich beim unmittelbaren Debriefing genutzt werden, um Entscheidungen zu begründen und sich selbst zu reflektieren.

3.2 Anwendungsbeispiel

Der Weg eines Containers aus dem Hamburger Hafen in das Hinterland beginnt bei der Verladung vom Schiff auf einen der Containerterminals durch eine Containerbrücke. Nachdem der Container auf der Anlage abgestellt wird, transportieren ihn sogenannte Straddle- bzw. Van-Carrier (VC) auf die Umschlagplätze oder zu Portalkränen zur weiteren Verladung auf Straßen- oder Schienenfahrzeuge. Während der Fahrt hängt der Container an einem sogenannten Spreader, der in der Höhe verstellbar ist und bis zu drei Ebenen hoch stapeln kann. Die Antriebsmaschine und ein Großteil der Sekundärmotoren sind in dem oberen Teil des Fahrzeugs eingebaut.

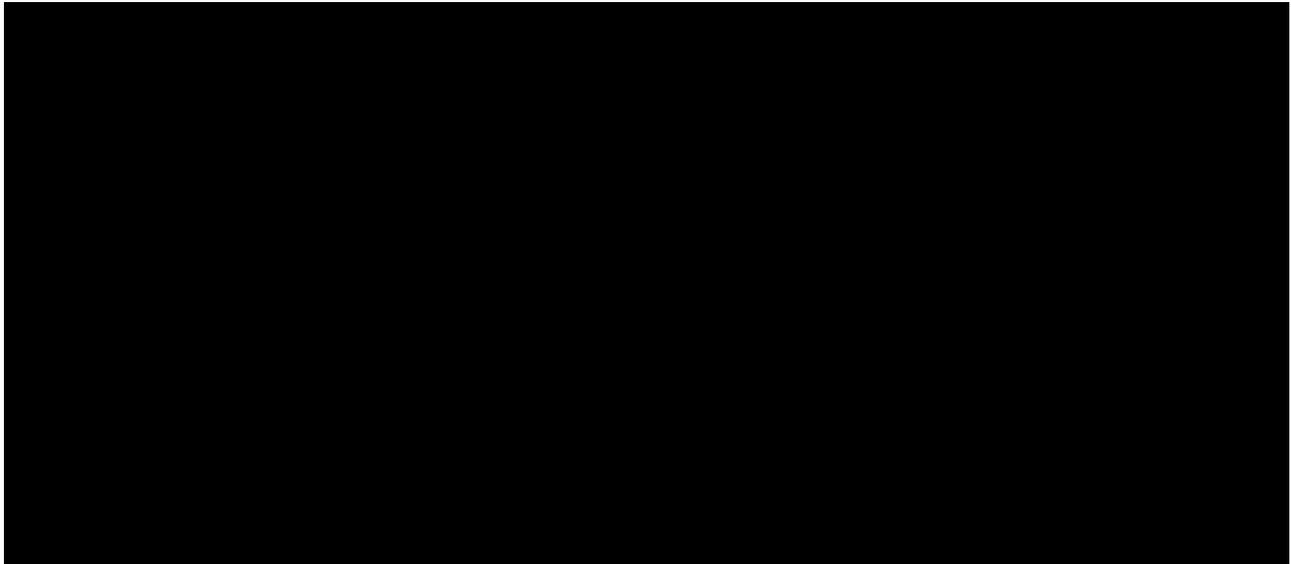
Beruhend auf einem realen Verkehrsunfall bei einem der Containerterminals, zeigt diese Dokumentation den derzeitigen und tatsächlichen korrekten Ablauf einer Erkundung, Absicherung der Unfallstelle und Rettung beteiligter Personen sowie die Aufbereitung des Unfallherganges. Alternative Vorgehensweisen, in denen der Einsatz von Drohnen Vorteile bietet, werden in Form von Kommentaren näher erläutert und potenzielle neue Strategien formuliert.

Durch das Zusammenspiel mehrerer Faktoren wie Geschwindigkeit, Höhe des Schwerpunkts, Kurvenradius und falsche Selbsteinschätzung ist es in diesem Fallbeispiel zu einem Umkippen des beladenen VC gekommen. Das Sicherheitssystem, das vor einem Kippen des Fahrzeugs warnt, löste akustisch aus und stabilisierte das Fahrzeug durch Verringerung der Geschwindigkeit mittels Drosselung der Motordrehzahl. Die plötzliche zusätzliche Abbremsung und die weitere Verringerung des Kurvenradius durch den Fahrer waren schlussendlich der Auslöser des Unfalls.

Um 00:00 Uhr ging der Notruf des umgestürzten VC in der Leitstelle des Containerterminals ein. Der betriebliche Krankentransportwagen und das Einsatzpersonal wurden alarmiert und trafen um 00:05 Uhr an der Unfallstelle ein. Parallel dazu wurde die Feuerwehr angefordert und die Verkehrswacht informiert, so dass alle sonstigen Fahrer auf dem Terminal den betroffenen Bereich meiden und die Unfallstelle gesichert wird.

Dabei war anfangs nicht bekannt, ob es sich bei dem Inhalt des transportierten Containers um Gefahrgut handelt und welche Strukturen außerdem beschädigt wurden.

Den ersten eintreffenden Kräften vor Ort bot sich wie in Darstellung 10 zu erkennen, folgende Situation:



1. Einsatzmöglichkeit Drohne

Die Drohne liefert den ersteintreffenden Kräften und parallel dazu der Schichtleitung ein Lagebild von oben. Für eine bessere Ersteinschätzung der Lage wären zusätzlich darauf zu erkennen:

- Auslaufende und sich ausbreitende Betriebsstoffe auf der Rückseite des Fahrzeugs
- Art der beschädigten Container (Label, Gefahrgut)
- Austritt von Ladung aus den Containern
- Wärmequellen
- Richtung der Ausbreitung von Rauch oder anderen Medien

Diese zusätzlich verfügbaren Informationen dienen als weitere Entscheidungshilfen und sind wichtig für verhältnismäßige Nachforderungen von Ressourcen und eine rechtzeitige Warnung der Personen vor Ort im Falle einer akuten Gefahrenlage.

Die Drohne würde je nach Fortschritt der Einbringung vollkommen selbstständig zu dem gemeldeten Unfallort fliegen, von einem Piloten in der Leitstelle oder direkt vor Ort gesteuert werden.

Nach Absicherung der Unfallstelle wurde die Kanzelscheibe eingeschlagen und der Mitarbeiter aus der Kanzel befreit. Er war bei Bewusstsein und im weiteren Verlauf von dem Einsatzrettungswagen der FW in das nächstgelegene Krankenhaus transportiert.

Die Einsatzkräfte der Feuerwehr erreichten das Betriebsgelände über das Eingangsgate des Terminals und wurden dort durch ein Begleitfahrzeug der HHLA an den Unfallort geleitet. Einzige Informationsquelle war bis zum Eintreffen an der Einsatzstelle die Alarmdepesche durch die Leitstelle der Feuerwehr, die wiederum auf der ersten Erkundung der Mitarbeiter beruhte.

Bei Eintreffen der Feuerwehr wurde die Verantwortung an der Einsatzstelle und die vorhandenen Informationen sofort an den Einsatzleiter der Feuerwehr übertragen und der HHLA-seitige Verantwortliche vor Ort stand weiterhin beratend zur Seite.

Die FW führte eine Lageerkundung durch, um Gefahrenquellen auszuschließen und eine sichere Freigabe weiterer Maßnahmen zu gewährleisten.

2. Einsatzmöglichkeit Drohne

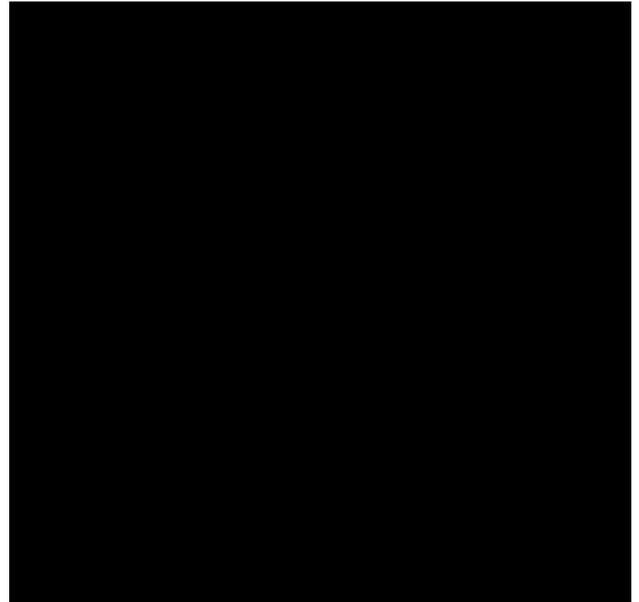
Es können bereits erste Bilder der Lage an dem Gate oder der Einsatzstelle übergeben werden, durch die zeitliche und strategische Vorteile für die anrückenden Kräfte gewonnen werden:

- Eine schnelle und sichere Entscheidung über die Festlegung von Bewegungs- und Aufstellflächen
- Bessere räumliche Orientierung durch die Übergabe von Luftbildern und Feuerwehrplänen am Gate
- Erkennung möglicher Gefahrenbereiche

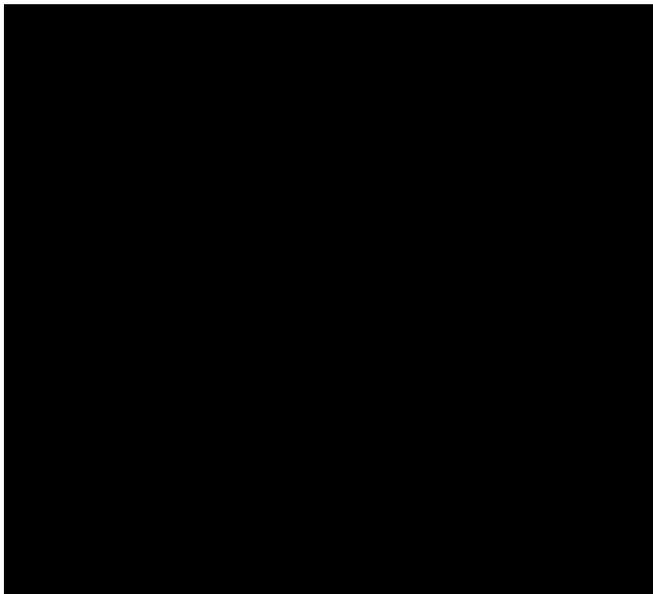
Die Bilder ersetzen keine Lageerkundung durch die Feuerwehr vor Ort, können aber die erste Lage auf Sicht mit relevanten Informationen unterstützen.

Weiterhin ist die Verfügbarkeit der Technik über die gesamte Einsatzdauer gewährleistet und weitere Bilder, beispielsweise zur Kontrolle der Wirksamkeit von Löscharbeiten oder der erfolgreichen Eindämmung von auslaufenden Stoffen, können angefordert werden.

Nach der erfolgreichen Eindämmung der auslaufenden Betriebsstoffe durch das Ausbringen von Ölbindemittel und des Ausschließens weiterer Gefahrenquellen nach sorgfältiger Begutachtung, wurde die Unfallstelle durch die FW freigegeben. Das Bergen des VC mithilfe von Kränen (siehe Darstellung 11) und die anschließende Reinigung der Verkehrsflächen, sowie die fachgerechte Entsorgung der Abfälle erfolgten durch externe Fachfirmen.



Nach Abschluss der Arbeiten wurde mit der Aufarbeitung des Vorkommnisses begonnen und der Unfallhergang, eingeleitete Maßnahmen und durchgeführte Arbeiten mithilfe von Bildern, Protokollen und Aussagen Betroffener evaluiert.



Bei einem solchen Ereignis ist die Fotodokumentation vorgeschrieben und sollte möglichst umfassende, übersichtliche Erkenntnisse liefern. Außerdem kommen bei Verkehrsunfällen vereinfachte, strukturelle Skizzen zum Einsatz, in der die Betroffenen ihre Fahrwege einzeichnen können. In diesem Fall wurde ein Hubsteiger eingesetzt, um eine Übersicht aus möglichst großer Höhe und zusätzliche Informationen zum Unfallhergang zu gewinnen (siehe Darstellung 12).

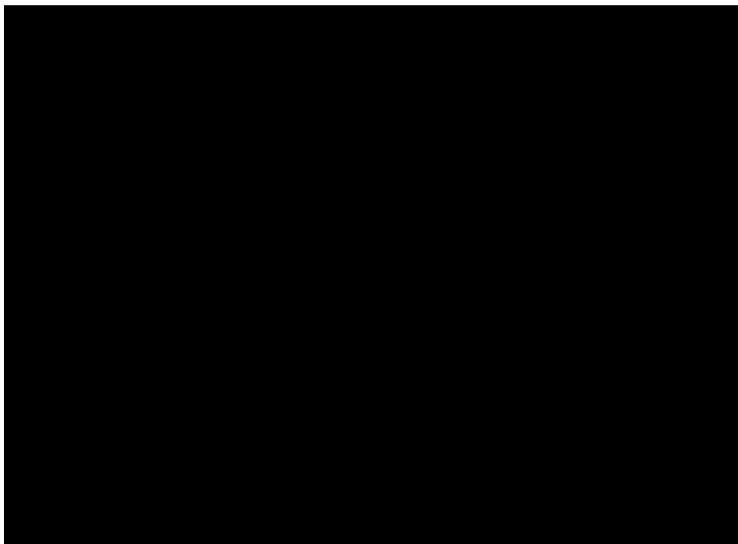
3. Einsatzmöglichkeit Drohne

Besonders bei der Unfalldokumentation ist die Nutzung von Drohnen am einfachsten umzusetzen und bietet eine Reihe offensichtlicher Vorteile, die hier anhand des Beispiels angewandt werden.

- Die örtliche Einordnung der Kreuzung ist sofort erkennbar
- Kurvenradius ist erkenn- und aus der Draufsicht schnell errechenbar
- Kann als Skizze für das Einzeichnen von Fahrwegen genutzt werden
- Strukturelle Hindernisse, wie der Leuchtmast sind erkennbar
- Gesamtes Schadensausmaß auf einen Blick gut ersichtlich
- Kein zusätzliches Gerät notwendig, welches den Fotografen in gefährliche Höhen bringt

Alle oben genannten Punkte können in einem Foto erkenntlich gemacht werden und ersetzen viele Einzelbilder aus der Ego-Perspektive. Selbstverständlich sind Detail Aufnahmen unabhängig davon durchzuführen.

3.3 Praxistest



Kontrollflüge mit Drohnen können die regelmäßig durchgeführten örtlichen Sichtkontrollen von Mitarbeitern im Gefahrstoff- und Tankcontainerlager ersetzen. Derzeit werden diese Kontrollen von den Fahrstraßen aus durchgeführt und ermöglichen ein entsprechend eingeschränktes Sichtfeld zwischen den Containern hindurch.

Bei einer Leckage bestehen je nach Art des Gefahrstoffes Expositions- bzw. Gesundheitsgefahren. Diese Gefährdungsfaktoren würden sich durch eine Substitution, in Form der Sichtkontrolle durch eine Drohne aus sicherer Entfernung, vermeiden lassen und zusätzlich eine noch effizientere Sichtkontrolle von oben ermöglichen (siehe Darstellung 13).

Ziel dieses Versuchs war es, die Perspektiven der Kontrollfahrt und des Kontrollflugs miteinander zu vergleichen, um Erkenntnisse über die Effizienz der beiden Maßnahmen zu vergleichen. Außerdem werden die vorbereitenden Maßnahmen so gewissenhaft und realistisch wie möglich simuliert.

Zu Beginn wurden Start-/Lande- und Wegpunkte durch eine für die Übung mit eingebundene externe Firma eingemessen und die Flugroute der Drohne programmiert. Eine Anmeldung des Aufstiegs und die Sperrung der angrenzenden Fahrstraße sowie des Containerlagers wurden für den Zeitraum angekündigt und durch die Schichtleitung genehmigt. Bei einem letzten Treffen der beteiligten Personen unmittelbar vor der Durchführung wurden letzte notwendige Einweisungen von dem Verantwortlichen auf dem Terminal und dem Drohnenpiloten gehalten und Anfahrtswege sowie Positionierung der Fahrzeuge um das Lager abgestimmt.

Auf dem Tankcontainerlager am CTB wurden insgesamt fünf Flüssigkeitsaustritte an den Stützen unterschiedlicher Tankcontainer simuliert (siehe Darstellung 14)

Verbesserungen bei der technischen Durchführung und das Erkennen des zukünftigen Potenzials auch in anderen Bereichen wurden in der Nachbesprechung noch einmal aufgeführt und als erstrebenswert bewertet.

3.4 Technische Machbarkeit

Datenmengen

Mit zunehmender Anzahl und Qualität von Bild- und Videomaterial werden die Datenmengen bezüglich der Speicherung und Übertragung in Zukunft deutlich steigen. Während die Datenmengen bei der Erstellung von Unfalldokumentation nur marginal ausfallen, kommen bei der Digitalisierung von Inspektionen und Begehungen über die Zeit sehr hohe Datenmengen auf. Besonders beim Umgang mit Videos und zusammengefügt Bilder (Kartierung, Panorama) entstehen neben der Dateigrößen und der damit verbundenen Belastung von Speicherkapazitäten auch besondere Anforderungen an den Arbeitsspeicher bzw. der gesamten Hardware betroffener Arbeitsplätze zur Bearbeitung der Dateien. Eine von Clouds unabhängige Empfehlung für die Speicherung des Materials, ist der redundante Aufbau eines RAID-Verbunds aus Speichermedien¹⁹. Der daraus resultierende Server kann durch Spiegelung der Daten eine Ausfallwahrscheinlichkeit nahezu ausschließen und könnte mit dem bereits bestehenden internen Netzwerk verbunden werden, ohne es zu beeinträchtigen.

Dabei ist darauf zu achten, dass neben der Zunahme digitaler Inhalte auch die Aufbewahrungsfristen berücksichtigt werden müssen. In Anlehnung an §147 AO / 257 HGB sind unter anderem die Aufbewahrung von Schriftverkehr zu Arbeitsschutzbelangen und Prüfberichte mindestens 6 Jahre aufzubewahren. Bei Protokollen des Arbeitsschutzausschusses sind es 10 Jahre und bei Dokumenten wie Gefährdungsbeurteilungen muss die Verfügbarkeit stets gewährleistet sein²⁰.

Sollten also Dokumente auf Bilder oder Videos verweisen, müssen diese entsprechend genauso lange vorgehalten werden.

¹⁹ Dieckert et al. 2018.

²⁰ Udo Burkhard 2015.

Verfügbarkeit

Bei der Einführung von UAV in betriebliche Prozesse muss berücksichtigt werden, dass diese nicht immer verfügbar sein können. Mögliche natürliche Faktoren wie

- Extreme Temperaturen
- Starker Wind / Böen
- Niederschlag
- Nebel

können einen Flug unterbinden oder die Zuverlässigkeit von Anwendungen einschränken. Mit steigender Größe und qualitativ hochwertigeren Bauteilen steigt die Resistenz gegen diese Einflüsse, sie kann jedoch nie ausgeschlossen werden.

Es gibt bereits eine Reihe von wasserdichten Drohnen, denen Regen oder sogar das Landen in Wasser technisch nichts anhaben können.²¹ Auch für den Einsatz bei extremen Temperaturen wurden bereits Systeme mit speziellen Akkus entwickelt. Die größten und nicht zu kontrollierenden Probleme stellen der Wind und die Sichteinschränkung während des Fluges dar.

Nach einer Faustregel sollte eine Drohne bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 50% der angegebenen horizontalen Maximalgeschwindigkeit des Herstellers nicht mehr geflogen werden. Es kommt zu Einschränkungen in der Steuerung, einem deutlich erhöhten Leistungsverbrauch und der Gefahr, dass das UAV nicht mehr rechtzeitig zu dem eigentlichen Startpunkt zurückkehren kann. Böen führen außerdem zu einer Unzurechnungsfähigkeit in der Steuerung, sind unvorhersehbar und können in Kollisionen enden.

Während Sichteinschränkungen durch Wetterlagen automatische Flüge nur geringfügig beeinflussen, müssen Maßnahmen abgebrochen werden, die von einer klaren Sicht abhängig sind. Dichter Nebel lässt keine Sichtaufnahmen zu und Regen kann zu Tropfenbildung auf der Kameralinse führen.

Daher ist es von hoher Priorität die Drohne nie als selbstverständlichen, festen Bestandteil während eines Einsatzes bei der akuten Gefahrenabwehr einzuplanen. In dem Fall dient sie lediglich als Hilfsmittel.

²¹ Chris Westphal 2015.

Grundsätzlich ist das System schnell einsatzbereit. Kleinere Drohnenmodelle in der Abteilung AS für die Anwendung bei der Unfalldokumentation oder Begehungen liegen dort stets bereit und Akkumulatoren sind in den dafür vorgesehenen Ladegeräten verfügbar. Aufbau und Start, bei einem festgelegten organisatorischen Ablauf der betrieblichen Fluganmeldung, sind ebenfalls mit geringem Vorbereitungsaufwand zu realisieren.

Interferenzen

In einem UAS gibt es mehrere Stellen, an denen Interferenzen die Funktionsfähigkeit in Form der Steuerung oder Datenübermittlung beeinflussen können.

Die Steuerung erfolgt über Funk in der Regel auf einer Frequenz von 5,8 oder 2,4 Ghz, wobei letztere höhere Reichweiten ermöglicht und bei professionellen Drohnen eingesetzt wird. Beeinflusst werden kann dieses Signal unter anderem durch andere elektronische Komponenten, Hochspannungsleitungen oder mutwillige Funkstörungen. High-End Drohnen teilen die Frequenzen unterschiedlicher Steuerfunktionen wie Autopilot, Übertragung der Telemetrie-daten und manuelle Steuerung sogar auf Basis des „Frequency Hopping Spread Spectrum“ (FHSS) auf, sodass zu jedem Zeitpunkt mindestens eine Steuerungsart auf einer Frequenz verfügbar ist.²²

Bei der Standortübertragung wird auf ein redundantes Globales Navigations satellitensystem zurückgegriffen, bei dem der festgestellte Standort durch ein System, wie beispielsweise dem Global Positioning System (GPS) der USA, durch ein anderes System wie GLONASS (Russland), Beidou (China) oder Galileo (Europa) abgeglichen wird und selbst bei einem Ausfall eines einzelnen Systems der Standort immer verfügbar ist.

Eine weitere kritische Stelle, bei der Störungen auftreten können, ist die Funktion des Kompasses, der als Informationsquelle für die Ausrichtung der Drohne dient und unmittelbar für die automatische und manuelle Steuerung wichtig ist. Dieser orientiert sich an dem Erdmagnetfeld und kann durch lokale Magnetfelder und erhöhte solare Teilchenstrahlung gestört werden. Es ist unbedingt zu vermeiden die Drohne in der Nähe von Transformatorenstationen oder über unterirdisch verlaufende Hochspannungsleitungen zu starten oder dessen Kompass

²² Landrock und Baumgärtel 2018.

zu kalibrieren. Präventiv oder bei Komplikationen mit der Kalibrierung, sollte außerdem der aktuelle KP-Index²³ herangezogen werden, der die Störungen des Erdmagnetfeldes durch solare Teilchenstrahlung wiedergibt. Dabei kann laut dem Deutschen GeoForschungsZentrum ab einem Wert von 4 mit Störungen in der Kalibrierung gerechnet werden.

3.5 Organisatorische Machbarkeit

Steuerer

Noch vor der eigentlichen Beschaffung sollte eindeutig geklärt sein, welche Abteilung für das System verantwortlich ist, welche Position mit der Steuerung und Wartung beauftragt wird oder ob ganz neue Stellen geschaffen werden.

Generell ist es für die Abteilung AS empfehlenswert zwei Angestellte in der Anwendung des geplanten UAS zu schulen, um Begehungen, Inspektionen und Unfalldokumentationen auf den Terminals durch Drohnen zu ergänzen. Der organisatorische Aufwand wäre verhältnismäßig gering und das Ergebnis durch die zusätzliche Perspektive aus der Luft wünschenswert.

Vor Ort auf den Terminals ist zu prüfen inwieweit Kapazitäten vorhanden sind die zusätzliche Aufgabe der Steuerung des Systems zu übernehmen. Erweiterung der bisherigen Arbeitsaufgabenbeschreibung von bereits verfügbaren Mitarbeitern oder die Neueinstellung von Personal bei genug vorhandener Auslastung einer neuen Stelle sind Optionen, die überlegt und geprüft werden müssen.

Falls der Einsatz eines UAS für die Dokumentation bei Schadensereignissen vorgesehen ist, ist darüber hinaus darauf zu achten, dass die verantwortliche Person in diesem besonderen Fall nicht bereits für Tätigkeiten zur Gefahrenabwehr eingeteilt ist und genug Mitarbeiter dafür vorgesehen sind, um den gesamten Schichtbetrieb abzudecken.

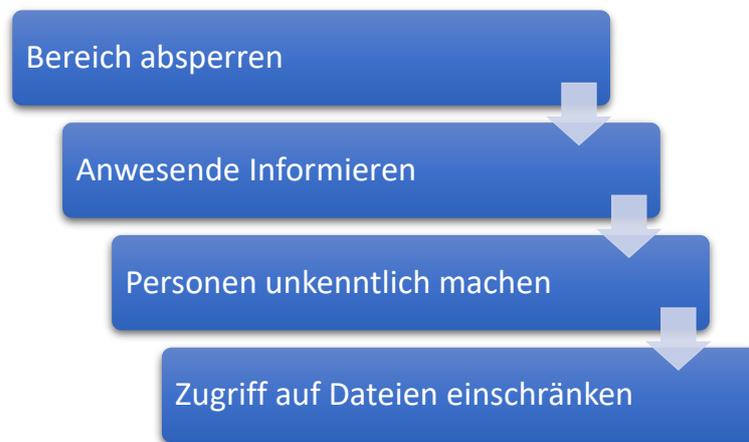
²³ GFZ German Research Centre for Geosciences 2019.

Datenschutz

Alle Aufnahmen, die im Rahmen der hier vorgestellten Einsatzbereiche durch eine Drohne aufgenommen werden, werden diskret behandelt und ausschließlich für den vorher fest formulierten Zweck genutzt. Es werden ausreichend Maßnahmen getroffen, um unbeteiligte Personen gar nicht oder nur unkenntlich darzustellen.

Zusammen mit dem Datenschutzbeauftragten der HHLA wurden wichtige kritische Punkte der Persönlichkeitsrechte diskutiert und infolge dessen eine Maßnahmenhierarchie erstellt, um ein für alle akzeptables Vorgehen bei Aufnahmen aus der Luft zu definieren.

Darstellung 15 Maßnahmenhierarchie Datenschutz



Quelle: Eigene Darstellung

Unabhängig davon wird davon ausgegangen, dass nur das Betriebsgelände der HHLA im Fokus der Aufnahmen stehen und Schiffe sowie fremde Grundstücke nur nach Einwilligung der Eigentümer genehmigt werden.

Personelle Ausbildung/Voraussetzung

Gewerbliche Drohnenflüge sind in jedem Fall ausgebildeten und sowohl mit der Technik als auch mit der Umgebung vertrautem Personal vorbehalten, um den Betrieb so sicher wie möglich zu gewährleisten und um die gewünschten Aufnahmen auf professionellem Niveau ohne Einschränkungen durchzuführen.

Zum aktuellen Zeitpunkt wird ein offizieller Kenntnissnachweis von anerkannten Stellen durch das Luftfahrtbundesamt ab einer Startmasse von 2 kg gefordert. Empfohlen wird dieser Nachweis auch für leichtere Drohnen bei gewerblichem Einsatz. Hinzu kommen anfallende Anträge bei der örtlich zuständigen Luftfahrtbehörde für besondere Fluggenehmigungen, die häufig einen Nachweis an praktischer Flugerfahrung in Form eines Flugbuches oder einen sogenannten „erweiterten Kenntnissnachweis“ von offiziellen Stellen erfordern.

Selbstverständlich sollte sich der verantwortliche Pilot mit der vorhandenen Technik vertraut machen und in Form von Übungsflügen und dem Lesen des Handbuchs sein Wissen festigen. Dasselbe gilt auch für das bewusste Wahrnehmen der Einsatzumgebung.

Empfehlenswert ist außerdem die arbeitsmedizinische Untersuchung nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G25 für „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“²⁴. Es werden besondere Anforderungen an das Hör- und Sehvermögen des Piloten gestellt und eine Tauglichkeit für diesen Arbeitsbereich sollte festgestellt sein.

Die Ausbildung der zuständigen Drohnenpiloten sollte zu dem jetzigen Zeitpunkt umfassen:

- Erweiterter Kenntnissnachweis (Theorie & Praxis; Dauer: 1Tag)
- Interne Schulung und Übungen an vorhandener Technik und Arbeitsumgebung
- G25 Untersuchung

Der erweiterte Kenntnissnachweis sollte auch in Zukunft bei Inkrafttreten der Durchführungsverordnung (EU) hilfreich sein, um die Betriebserlaubnisse der *spezifischen* Klasse zu beantragen und das Betreiberzeugnis für Leicht-UAS zu erhalten.

²⁴ DGUV 2010.

Gefährdungen

Nach dem Arbeitsschutzgesetz ist für jede Tätigkeit im Unternehmen eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Da zu dem aktuellen Zeitpunkt Informationen wie die konkreten Anwendungsgebiete, die betriebenen Drohnenmodelle, die Ausbildung und Festlegung von Steuerern nicht vorliegen, ist eine vollständige Gefährdungsbeurteilung im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Es werden dennoch Gefährdungsfaktoren und damit verbundene mögliche Maßnahmen zur Minimierung des Risikos in Anhang A2 aufgelistet auf denen eine spätere, nach Arbeitsschutzgesetz verpflichtende, vollständige Gefährdungsbeurteilung aufbauen kann.

Der Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit (VDSI) hat einen Leitfaden für den Drohneneinsatz an Windenergieanlagen²⁵ veröffentlicht, der auf alle industriellen Bereiche gut zu übertragen ist. Darin werden Gefährdungen, entsprechende Maßnahmen und die rechtlichen Grundlagen insbesondere der Antragsstellung und der Risikoanalyse nach SORAS-GER näher beschrieben.

Unmittelbar vor jedem Start des UAV muss zusätzlich ein Risikoanalyseblatt von dem Piloten ausgefüllt werden (Vorschlag siehe Anhang A3). Wie eine Checkliste gestaltet unterstützt dieses Dokument bei der Überprüfung aller sicherheitsrelevanten Faktoren und rechtfertigt einen Flug für die definierte Aufgabe.

3.6 Wirtschaftliche Betrachtung

Bei der hier vorgestellten wirtschaftlichen Betrachtung geht es in erster Linie um die Aufstellung bekannter Kosten und um die Vorstellung von Posten, die die wirtschaftliche Bilanz bei einer potenziellen Anschaffung mit beeinflussen können. Der Fokus dieser Arbeit beruht auf einer technischen und anwendungsbasierten Untersuchung. Daher wird von einer umfangreichen betriebswirtschaftlichen Kalkulation abgesehen.

²⁵ Fachbereich Erneuerbare Energien des VDSI 2019.

Aufwand

Die Kosten für einen Kenntnissnachweis mit dem zusätzlich empfohlenen praktischen Befähigungsnachweis liegen nach Einholung dreier Angebote von Hamburger Anbietern bei 585-618 € brutto. Zeitlich liegt die Ausbildung inklusive der Prüfung bei 1-2 Tagen.

Je nach Anwendungsgebiet variieren die Preismodelle der technischen Systeme. Als Orientierung sind drei Systeme beispielhaft in Darstellung 16 vorgestellt.

Darstellung 16 Vergleich unterschiedlicher Drohnenmodelle



Quelle: DJI.com 2019



Quelle: Yuneec.com 2019



Quelle: DJI.com 2019

DJI Mavic Pro

- Gewicht: 750 g
- Maße
(Transport/Flug):
9;9;20/9;40;40 cm
- Flugzeit: 27 min
- Zuladung: Keine
- Reichweite: 4 km
- Kosten: 1100 €

Yuneec H920 mit Kamera

- Gewicht: 5 kg
- Maße
(Transport/Flug):
53;53;49/80;92;46 cm
- Flugzeit: 24 min
- Zuladung:
versch. Kamerasysteme
- Reichweite: 2 km
- Kosten: 2200 €

DJI Matrice 600 Pro

- Gewicht: 10 kg
- Maße
(Transport/Flug):
52;48;64/166;152;720 cm
- Zuladung: 6 kg
- Flugzeit: 27 min
- Reichweite: 5 km
- Kosten: 5600 €

Quelle: DJI.com 2019; Yuneec.com 2019

Mit zu berücksichtigen sind die Anschaffungen von erforderlichen mobilen Endgeräten zur Live-Übertragung, sonstiger Hardware zur Bearbeitung der Daten und gegebenenfalls zusätzlicher Akkus und Verschleißteile.

Je nach Maß der Einbindung und gewünschten Verfügbarkeit in die betrieblichen Abläufe müssen Arbeitsverträge der dafür vorgesehenen Position angepasst werden. Durch die prognostizierte Zunahme der Anwendungsmöglichkeiten in Unternehmensbereichen auch außerhalb des AS ist die Erstellung einer eigens, ausschließlich für das Drohnenmanagement, vorgesehene Abteilung realistisch und würde neue Arbeitsplätze generieren. Eine Abrechnung des Drohneneinsatzes wäre über die jeweiligen Kostenstellen der Abteilungen zu realisieren und entsprechend im Einzelfall auf Verhältnismäßigkeit zu prüfen.

Außerdem ist zu beachten, dass Versicherungen mögliche Schäden durch UAV abdecken müssen und sich gegebenenfalls neue Beiträge ergeben.

Nutzen

Gewonnene Arbeitszeit und die Minimierung wirtschaftlicher Einbußen durch das Stilllegen oder Einschränken von beispielsweise Verkehrswegen, Lagern und Krananlagen im Falle von personellen Begehungen, sind die unmittelbaren operationalisierbaren Hauptfaktoren bei einer Kalkulation.

Im Zuge der Digitalisierung stellen Terminfindungen, Anfahrtswege zu den Terminals und notwendige ortsbezogene Unterweisungen keine Notwendigkeiten mehr da und die Beteiligten können zu jeder Zeit und von jedem Ort auf das zentral zur Verfügung gestellte Bildmaterial zugreifen. Dieses Resultat in effizienterer Arbeitszeitgestaltung wird sich bereits auf kurze zeitliche Dauer bemerkbar machen.

Neben den genannten personellen Arbeitszeitoptimierungen reduzieren sich damit verbundene organisatorische und somit wirtschaftliche Kosten. Der Aufenthalt auf einem, sich in Betrieb befindlichen, Terminal erfordert immer eine erhöhte Aufmerksamkeit und bei Begehungen in den Lagerblöcken ist eine Absicherung durch die Schichtleitung in Form von analogen Absperrungen und Änderungen in dem Verkehrsleitsystem notwendig.

Auch wenn die Begehungen immer so geplant sind, dass sie zu Zeiten mit minimalem Betrieb durchgeführt werden, geht damit ein erhöhter organisatorischer Aufwand einher und es kommt sowohl in den Automatik- als auch in den Standardcontainerlagern zu Einschränkungen in Form von Umleiten oder Pausieren der Transportvorgänge.

Hinzu kommt, dass aus Sicht der Arbeitssicherheit jede Maßnahme zur Minimierung des Gesundheitsrisikos gegenüber Mitarbeitern willkommen ist, besonders wenn es sich dabei um die erste anzustrebende Stufe „Vermeidung der Gefahr“ der Maßnahmenhierarchie handelt und diese verhältnismäßig einfach umzusetzen ist. Das Ausschließen von Personenschäden schlägt sich nicht nur in der Reduzierung von Krankheitstagen und somit positiv in der Bilanz nieder sondern drückt sowohl intern als auch extern die Priorität des Unternehmens bei dem Thema Gesundheit von Mitarbeitern aus.

Abschließend ist der Faktor Verfügbarkeit zu erwähnen. Schnellere Verfügbarkeit von visuellen Informationen führt besonders in dynamischen Situationen wie Schadenslagen zu verhältnismäßigeren und effektiveren Entscheidungen. Übertriebene Maßnahmen aufgrund unbekannter Gesamtsituationen können verringert werden und Schadensauswirkungen durch zu gering eingeschätzte Risiken werden durch das schnell verfügbare Wissen minimiert.

Die Kombination aus resultierender Sicherheit, Verfügbarkeit, Zeitgewinnung und Wirtschaftlichkeit durch Vermeidung betrieblicher Unterbrechungen sind in anderen Einsatzbereichen wie Inspektionen von industriellen Großanlagen längst erkannt und durch die hohen finanziellen Einsparungen nicht mehr weg zu denken²⁶.

²⁶ Uwe Weichenhain 2019.

4. Ergebnisse

Drohnen in der Industrie, da sind sich Fachliteratur, Umfragen und Ergebnisse von Pilotprojekten einig, sind durch die einfache Erschließung der dritten räumlichen Dimension in Kombination mit der Automatisierung ein fester unausweichlicher Bestandteil der Zukunft, deren rechtliche und technische Grundlage inzwischen für den professionellen Einsatz geebnet ist.

Technisch gesehen stehen sowohl dem Einsatz kleiner Systeme als auch dem Aufbau einer gesamten Abteilung keine unüberwindbaren Hindernisse entgegen und auch die Anpassung an die sich schnell entwickelnde Technologie ist durch eine hohe Flexibilität durch wenig aufwendige bauliche Strukturen gewährleistet. Wichtig ist zu beachten, dass der Einsatz des UAV bei spontanen Einsätzen aufgrund der Wetterlage nie garantiert werden kann und nur als mögliche unterstützende Maßnahme bei z. B. Schadensfällen aufgeführt werden darf.

Organisatorisch ist die Implementierung von Drohnen in den Arbeitsalltag des Arbeitsschutzes auf der ersten Stufe ebenfalls in Zusammenarbeit mit den Angestellten leicht umzusetzen und bietet eine Chance zur Verbesserung der wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Faktoren bei verhältnismäßig wenig Aufwand und gleichzeitiger Gewinnung von Erfahrungen für darauf aufbauende Projekte.

Die Implementierung von betriebseigenen Drohnen zur Verbesserung der Arbeits- und Anlagensicherheit lässt sich unter Berücksichtigung von Personalaufwand, finanzieller Investition, Rechtslage und dem aktuellen Stand der Technik in drei Stufen entwickeln.

Stufe I

Verfügbarkeit von leicht zu transportierenden (0,5-2,0 kg) und mit einer Kamera ausgestatteten UAS in den Abteilungen AS auf den Terminals und in der Holding. Verantwortliches Personal mit der in Kapitel 3.5 Organisatorische Machbarkeit beschriebenen Ausbildung ist nach Absprache mit der Terminalleitung berechtigt, Flüge in Sichtweite für folgende Zwecke durchzuführen:

- Begehungs-/Kontrollflüge
- Ereignisdokumentationen

Es besteht ein gewisser zeitlicher Durchführungsspielraum und das erstellte Bildmaterial ist nicht unmittelbar verfügbar. Die gewonnenen Informationen werden entsprechend nachträglich an einem Büroarbeitsplatz ausgewertet. Im Vordergrund steht in dieser Stufe die Nutzung der Bild- und Videokamera.

Stufe II

Sowohl das UAS als auch die übertragenen Informationen stehen unmittelbar zur Verfügung. Dafür ist eine Position zu definieren, die im Ereignisfall die Aufgabe der Steuerung und der direkten Übertragung von Bildern in die Schichtleitung übernimmt. Die Ausbildung ist durch regelmäßiges Training zu gewährleisten. Unterstützt werden dadurch Maßnahmen wie:

- Erkundung bei Gefahrstoffaustritt
- Bereitstellung von Lageplänen

Die Steuerer müssen in jeder Schicht ihre normalerweise vorgesehenen Arbeit ruhen lassen können und dürfen für keine sonstigen Maßnahmen im Ereignisfall eingeteilt sein. Ausgestattet ist das UAV mit erweiterter Kameraausrüstung (Thermal-/Nachtsichtkamera) und je nach Einsatzschwerpunkt mit spezieller Sensorik.

Stufe III

Stufe III ersetzt Stufe II in den meisten Fällen durch vollkommen automatisierte Flüge. Bei diesem Szenario ist eine eigenständige Abteilung für den Betrieb von Drohnen auf den Terminals zuständig und es können neben dem AS auch alle anderen Abteilungen auf die Dienstleistung zugreifen.

Mithilfe der technischen, personellen und finanziellen Mittel können alle der vorgestellten Einsatzgebiete von Drohnen im AS und zusätzlich aller anderen Bereiche durchgeführt werden. Neben der Kameratechnik und Sensorik kommen in dieser Stufe Transport und Vermessung als zusätzliche Möglichkeiten hinzu.

Bei dieser Aufteilung ist zu beachten, dass Stufe I unabhängig von Stufe II oder III bei den genannten Einsätzen angewendet werden kann. Der ausschließliche Betrieb von Stufe II oder III zur selben Zeit ist sinnvoll und baut aufeinander auf.

5. Diskussion

Externe Unternehmen arbeiten bereits mit eigenen, für bestimmte Anlageninspektionen spezialisierte, Drohnen und werden diese auch weiterhin nach der Einführung von HHLA eigenen Systemen nutzen. Im Zuge dessen stellt sich die Frage, ob die HHLA bei bestimmten Maßnahmen wie der Terminalvisualisierung grundsätzlich auf die Angebote externer Unternehmen zurückgreifen sollte. Unter Berücksichtigung der derzeitigen technischen Entwicklung und zunehmender Anwendungsgebiete von Drohnen werden schnell die Vorteile eigener UAS deutlich. Unabhängigkeit bei der Verwendung der erstellten Informationen, schnelle und ständige Verfügbarkeit der Systeme und Daten sowie kalkulierbare Kosten über ein eigenes betriebsinternes Rechnungssystem sind bei diesen Entscheidungen stets zu berücksichtigen.

Eine erhöhte bildliche Dokumentation von Abläufen bietet automatisch mehr Möglichkeiten der anschließenden Überprüfung von gefällten Entscheidungen. Dabei kann es durchaus zu Erkenntnissen kommen, dass verantwortliche Personen Informationen wie Bilder und Videos der eingesetzten Drohne falsch interpretiert haben. Dieser Punkt einer möglichen Kontrolle von Entscheidungen könnte die Akzeptanz durch die Mitarbeiter negativ beeinflussen. Mithilfe von Aufklärung über nicht fahrlässige Handlungen in Verbindung mit den Rechten der Mitarbeitern, regelmäßigen Übungen und des Aufwiegens der verhältnismäßig deutlich verbesserten Zahlen von korrekten Entscheidungen könnten diesen Zweifeln begegnet werden.

Automatisierung weckt außerdem immer eine weitere Schwelle der Akzeptanz, wenn es um das Thema der Arbeitsplätze geht. In diesem Fall kann man für den Bereich des Arbeitsschutzes klar sagen, dass diese Technik ausschließlich zu einer qualitativen Steigerung von Ergebnissen eingesetzt wird und keine Arbeitsplätze ersetzen wird. Für personelle Arbeitsabläufe, die der AS gerne durch Drohnen ersetzen will, um Gefährdungen zu vermeiden, wird zunächst immer noch eine bzw. dieselbe Person für die Durchführung der Steuerung und Auswertung benötigt. Mit zunehmendem Umfang der Einsätze und Generierung einer möglicherweise ganz neuen Abteilung werden sogar neue Arbeitsplätze generiert, um die Effizienz und Sicherheit in allen Bereichen der HHLA zu steigern.

Als wichtigster Kritikpunkt steht die Verfügbarkeit bei Wetterlagen im Fokus. Zu starker Wind oder Einschränkungen der Sichtverhältnisse führen zu einem Flugstopp und werden selbst durch technische Weiterentwicklungen nie ausgeschlossen werden. Dementsprechend sind

eine verantwortungsvolle Flugvorbereitung und das Wissen darüber, dass eine Verfügbarkeit des Systems nie zu 100% zu erreichen ist, wichtige Aspekte im Hinblick auf den Einsatz von Drohnen.

In dieser Arbeit wird nicht auf die Abwehr fremder Drohnen eingegangen, da dies ein Thema unabhängig von der Einführung eigener UAS darstellt. Dies sollte unabhängig von der Entscheidung zu der Implementierung eigener Drohnen in naher Zukunft geschehen, da die Bedrohung in Form von Spionage, Sicherheit und Betriebseinschränkungen immer größer wird.

Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Verordnung zur Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten.

Bundesverband Copter Piloten (2019): SORA-GER - Rechner. Online verfügbar unter <https://bvcp.de/sora-rechner/>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Chris Westphal (2015): Wasserdichte Drohnen & Multikopter. Hg. v. Drohnen.de. Online verfügbar unter <https://www.drohnen.de/6900/wasserdichte-drohnen-multikopter-water-proof-drones-multicopter/>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

DFS (2017): Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung von Erlaubnissen und die Zulassung von Ausnahmen zum Betrieb von unbemannten Fluggeräten gemäß § 21a und § 21b Luftverkehrs-Ordnung.

DGVV (2010): Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge. nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25 „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“.

Dieckert, Ulrich; Eich, Stephan; Fuchs, Frank; Christian, Himmelberg (2018): Drohnen - Technik und Recht (E-Book). Bei gewerblicher und behördlicher Nutzung. 1st ed. Köln: Bundesanzeiger Verlag.

DLR (2018): Akzeptanz unbemannter Luftfahrzeuge.

dpa (2019): Telekom und Flugsicherung setzen auf Wachstumsmarkt Drohnen. Online verfügbar unter <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Telekom-und-Flugsicherung-setzen-auf-Wachstumsmarkt-Drohnen-4435241.html>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Drone Industry Insights (2019): Analyse des deutschen Drohnenmarktes. Hg. v. Verband Unbemannte Luftfahrt. Berlin.

EASA (2019): Civil drones (Unmanned aircraft). Timeline. Hg. v. EASA. Online verfügbar unter <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas#0>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Europäische Kommission (01.07.2019a): Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme.

Europäische Kommission (01.07.2019b): Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge.

European Commission (2014): Remotely Piloted Aviation Systems (RPAS). Frequently Asked Questions.

Fachbereich Erneuerbare Energien des VDSI (2019): Drohneneinsatz an Windenergieanlagen. 02/2019. Hg. v. VDSI (VDSI-Information). Online verfügbar unter https://vdsi.de/media/vdsi-information_02-2019_-_drohneneinsatz_an_windenergieanlagen.pdf, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Francis Markert (2018): Große Drohnen-Umfrage. So denken Deutschlands Copter-Piloten heute über die Drohnen-Verordnung 2017. Hg. v. www.my-road.de. Online verfügbar unter <https://my-road.de/copter-umfrage-2018/>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

GFZ German Research Centre for Geosciences (2019): KP-Index. Online verfügbar unter <https://www.gfz-potsdam.de/kp-index/>.

Hamburg Port Authority (2019): Einsatz von Drohnen im Hafengebiet. Sonderregelungen für das Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. Hg. v. hpa. Online verfügbar unter <https://www.hamburg-port-authority.de/de/themenseiten/drohnen-im-hamburger-hafen/>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Hamburger Hafen- und Logistik AG (2019): Geschäftsbericht 2018.

Landrock, Holm; Baumgärtel, Anne (2018): Die Industriedrohne – der fliegende Roboter. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

SESAR Joint Undertaking (2016): European Drones Outlook Study. Unlocking the value for Europe.

Udo Burkhard (2015): Aufbewahrungsfristen im Arbeitsschutz. Hg. v. Arbeitsschutz im Ehrenamt. Online verfügbar unter http://arbeitsschutz-im-ehrenamt.de/wp-content/uploads/2019/03/AiE-Info_1509_Aufbewahrungsfristen_Arbeitsschutz_Quellen.pdf, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Uwe Weichenhain (2019): Cutting costs in infrastructure maintenance with UAVs. Hg. v. Roland Berger. Online verfügbar unter <https://www.rolandberger.com/en/Publications/Drones-The-future-of-asset-inspection.html>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

Anhang

A1. Klassen von UAS nach Delegierte Verordnung (EU) 2019/945	1
A2. Übersicht Gefährdungen.....	2
A3. Risikoanalyseblatt Für den Einsatz von Drohnen.....	3

A1. Klassen von UAS nach Delegierte Verordnung (EU) 2019/945

Klasse	C0	C1	C2	C3	C4
MTOM	250g	900g	4kg	25kg	25kg
Flughöhe	120m	120m	120m	120m	-
Betriebsspannung	24V	24V	48V	48V	-
Lichter	-	Ja	Ja	Ja	-
Phys. Seriennummer	-	Ja	Ja	Ja	-
Fernidentifizierung	-	Ja	Ja	Ja	-
Geo-Sensibilisierungssystem	-	Ja	Ja	Ja	-
Max. Geschw. (horizontal)	19m/s	19m/s	-	-	-
Max. Follow-Me Radius	50m	50m	-	-	-
Langsamflugmodus	-	-	3m/s	-	-
Max. Abmessungen	-	-	3m	-	-

A2. Übersicht Gefährdungen

Gefährdung (nach BGI/GUV-I 8700)	Grundlage	Maßnahmen
Mechanisch		
Rotierende Propeller	TRBS 2111 „Mechanische Gefährdungen“	Abschirmung beweglicher Teile
Sturz und Stolpern während der Steuertätigkeit		Steuern nur im Stand Zweite Person Bewusste Wahrnehmung der Umgebung
Absturzstellen an der Kalkante	DGUV Regel 112-201 „Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Ertrinken“ ASR A2.1 „Schutz vor Absturz“	Absperrung, Abstand PSA Zweite Person
Bewegte Fahrzeuge oder Kräne		Organisatorische/Physische Absperrung Auffällige Kennzeichnung
Herabfallende Gegenstände im Flugbetrieb	ASR A2.1 „Schutz vor herabfallenden Gegenständen“	Redundanter Antrieb der Drohne Doppelte Sicherung der Lasten
Brand- und Explosionsgefährdung		
Brand durch Lagerung oder Ladung von Akkumulatoren	Musterbauordnung Benutzerhandbuch Hersteller	Isolierte Aufbewahrung Automatische Löschanlage (Pyrobubbles, CO2) Brandmeldeanlage
Arbeitsumgebungsbedingungen		
Sonnenstrahlung bei Steuertätigkeit		Tragen von PSA (Sonnenbrille, lange Kleidung)
Temperaturen bei Steuertätigkeit im Freien		Entsprechende Kleidung
Physische Belastung		
Tragen schwerer Lasten	Leitmerkmalmethode zur Lastenhandhabung (BAUA) Lasthandhabungsverordnung	Einsatz von Hebehilfsmitteln Organisatorische Maßnahmen
Zwangshaltung bei Beobachten des UAV	AWMF S1-Leitlinie Körperliche Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess	Blickwinkel ändern Regelmäßige Pausen
Eingeschränkte Sinneswahrnehmungen Steuerer	BGI/GUV-I 504-25 „Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge“	Tauglichkeit garantieren Regelmäßige Übungen
Sonstige		
Gesetzeswidriges Handeln	LuftVO Durchführungsverordnung (EU) 2019/947	Schulungen Festgelegte Piloten

A3. Risikoanalyseblatt Für den Einsatz von Drohnen

Grundlagen

Pilot:

Einsatzort:

Datum:

Uhrzeit (geplanter Start u. Landung):

Art des Fluges (manuell/automatisch)

Anlass des Drohnenflugs:

Organisatorisch

Kenntnisnachweis vorhanden	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Erforderliche Testflüge mit dem Modell nachweislich absolviert	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Eindeutig als Drohnenpilot erkennbar (Weste, Kennzeichnung)	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Jederzeit Kontakt zu Schichtleitung möglich (Telefon, Funk)	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Anmeldung und Genehmigung der Schichtleitung eingeholt	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Flugbereich und -höhe festgelegt (GeoFencing, Min/Max. Höhe)	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Start- / und Landezone gekennzeichnet und gegen Betreten gesichert	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Szenario einer Notfalllandung durchdacht	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Flugbereich ist frei von unbeteiligten Personen	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Flug findet in Sichtweite statt	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Gegenseitige Gefährdung mit anderen Flugobjekten ist ausgeschlossen	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein

Bei Ankreuzen von „Nein“ in der oberen Tabelle:

Begründung oder Anhang der ausgestellten Genehmigung der Abweichung:

Prüfungen

Sichtprüfung der Drohne ohne festgestellte Mängel

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Propeller | <input type="checkbox"/> Kennzeichen |
| <input type="checkbox"/> Gimbal | <input type="checkbox"/> Steuereinheit |
| <input type="checkbox"/> Beleuchtung | <input type="checkbox"/> Akkus ausreichend geladen |

Beachtung möglicher Fremdobjekte

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Menschen | <input type="checkbox"/> Hohe bewegliche Fahrzeuge (VC, Reach-Stacker) |
| <input type="checkbox"/> (Verfahrbare) Kräne | <input type="checkbox"/> Gebäude |
| <input type="checkbox"/> Lichtmasten | <input type="checkbox"/> Containerstapel |

Höhe der höchsten Struktur in dem Flugbereich:

Wetterlage

Aktuell bei Flugstart

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Tageslicht | <input type="checkbox"/> Kein Regen |
| <input type="checkbox"/> Klare Sichtverhältnisse | <input type="checkbox"/> Kein starker Wind (<50% max. Fluggeschw.) |
| <input type="checkbox"/> KP-Index <4 | |
- Wettervorhersage weicht nicht von den o.g. Wetterfaktoren bis Ende des Einsatzes ab

Nach Erfüllung aller o.g. Punkte und Leistung einer Unterschrift des verantwortlichen Drohnenführers vor dem Flugantritt ist der Aufstieg unter Berücksichtigung der aktuell geltenden gesetzlichen Bedingungen gestattet.

Name:

Datum:

Unterschrift:

Eidesstattliche 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.

Hamburg, den

Ich erkläre mich außerdem damit

- einverstanden,

- nicht einverstanden

dass ein Exemplar meiner Bachelor Thesis in die Bibliothek des Fachbereichs aufgenommen wird; Rechte Dritter werden dadurch nicht verletzt.

Hamburg, den