

Titel des Projekts	MV LIFE DRONE-Challenge – Lange Wege kurz machen: Neue Wege für die Notfallversorgung auf dem Land
Akronym	MVLD-C
Förderkennzeichen	ZMI-2520FEP004
Projektleitung	
Name (Stellvertretung)	Dr. Mina Baumgarten, Prof. Dr. Klaus Hahnenkamp
Medizinische Leitung	Berthold Henkel
Projektmitarbeitende	
Projektkoordination	Franziska Gerken
Projektassistenz	Lukas Meininghaus
Transfusionsmedizin	Prof. Dr. Andreas Greinacher, PD Dr. Kathleen Selleng, Adrian Scheunemann
Wiss. Mitarbeitende	Dr. Johann Röper, Hannes Dieckmann, Julia Kuntosch, Katharina Fischer
Studentische Hilfskräfte	Marius Boddke, Julia Brockmeyer, Alexander Buschner, Vincent Drewes, Katrin Goerke, Patricia Krüger, Johanna Lüth, Anne Peper, Sebastian Straßburg, Cornelia Wisinger
Unterstützung UMG	Abt. Fakultätscontrolling und Drittmittelmanagement GB Beschaffung und Medizintechnik
DRF Luftrettung	Skadi Stier, Florian Klinner
Hochschule Neubrandenburg	Prof. Tobias Hillmann, Thomas Marzinke
Landkreis Vorpommern-Greifswald	Dietger Wille, Dr. Lutz Fischer, Dr. Timm Laslo
BHO Legal	Dr. Oliver Heinrich, Felix Schwarz, Paul Studt
Kontaktdaten	
Name	Universitätsmedizin Greifswald Klinik für Anästhesie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin
E-Mail-Adresse	mina.baumgarten@med.uni-greifswald.de klaus.hahnenkamp@med.uni-greifswald.de mvlifedrone@med.uni-greifswald.de
Telefon	03834 86 5801
Fax	03834 86 5802
Straße, Hausnummer	Ferdinand-Sauerbruch-Str; 17475 Greifswald
Rechtsform	KöR
Förderzeitraum	01.06.2020 – 31.07.2021
Fördermittel	579.836,00 €

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	6
2 Einleitung	7
2.1 Ziele des Projekts	8
Übergeordnete Ziele	8
Teilziele	8
2.2 Projektstruktur	8
2.3 Kooperationen	9
DRF Luftrettung	9
Hochschule Neubrandenburg	9
Landkreis Vorpommern-Greifswald	10
Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Gesundheitsmanagement der Universität Greifswald	10
Rechtsberatung nach Durchführung einer Auftragsvergabe (BHO Legal)	10
Behörden und Organisation des Landes und der Region	10
2.4 Verantwortlichkeiten im Projekt	11
3 Erhebung- und Auswertungsmethodik	12
3.1 Zielindikatoren	13
3.2 Evidenz-basierte Ausarbeitung von Blaupausen, Konzepten und Positionspapier	16
3.3 Testflüge und Simulationsszenarien	16
Versuchsdurchführung und Erhebung	18
Materialien	19
Übersicht erhobene Daten	19
Datenauswertung Simulationsszenarien	21
Gesamtbewertung Simulationen	21
3.4 Labormedizinische Erhebung und Auswertung	21
Durchführung, Materialien und Datenerhebung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Datenauswertung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4 Durchführung, Arbeits- und Zeitplan	21
4.1 Zusammenfassende Beurteilung	21
4.2 Darstellung der Durchführung in den einzelnen Arbeitspaketen	22
Arbeitspaket 1: Gemeinsame Standardentwicklung (Projektwoche 1 - 28; Hauptverantwortlich: UMG und DRF Luftrettung)	22

Arbeitspaket 2: Systemoptimierung CPR-Support durch Drohnen (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG)	24
Arbeitspaket 3: Probentransport Blutbank (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG-Transfusionsmedizin)	26
Arbeitspaket 4: Technische Optimierung (Projektwoche 1-37; Hauptverantwortlich: Hochschule Neubrandenburg).....	26
Arbeitspaket 5: Optimierung Betreibermodelle (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG, Universität Greifswald, Dienstleister Rechtsexperten)	28
Arbeitspaket 6: Projektmanagement und Verwertung (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG)	28
5 Ergebnisse.....	29
5.1 Standardisierungsbedarfe von Versorgungskonzepten, Betreibermodellen und Richtlinien	29
Positionspapier	29
Entwurf Netzwerkkonzept medizinischer UAS-Nutzung.....	31
Erfassung und Wartung von stationären AEDs und Projekt „AED-Patenschaft“	43
Blaupause Betreibermodell und Finanzierungskonzept.....	44
Weitere Ergebnisse aus der Standardentwicklung.....	46
5.2 Technische Evaluation der Testflüge und Simulationsszenarien.....	46
Ergebnisse Testflüge Octocopter und virtuelle Simulationen.....	46
Ergebnisse Testflüge mit VTOL.....	47
5.3 Ergebnisse labormedizinische Evaluation	49
6 Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung	52
Ziel 1: Erstellung eines Netzwerkkonzeptes unter Einbindung wesentlicher Organisationen	53
Akquise und Evaluation von potenziellen mobilen Ersthelfenden um AED-Drohnen optimal nutzen zu können	53
Geoinformationssystem zur Evaluation von möglichen sinnvollen Drohnenstandorten liegt vor..	53
T-CPR-Studie – Evaluation zur anleiterabhängigen Qualität von Telefonreanimation	53
Ziel 2: Erstellung eines Schulungsprogramms für UAS-Piloten	53
Ziel 3: Technische Ausentwicklung verfügbarer UAS	53
Anpassung auf medizinische Anwendung.....	54
Prüfung von Octocopter und VTOL auf Teststrecke	54
Geflogene km verdoppelt zu MVLD-P (2019) auf mindestens 715 km auf zwei Flugstrecken.....	54
Ziel 4: Machbarkeitsnachweis über Transport Kreuzblut im Kontext einer gespiegelten Blutbank ..	54
Ziel 5: Definition von Flugkorridoren.....	56

Projektabschlussbericht 2021
MVLD-Challenge

Ziel 6: Entwurf einer Blaupause für ein Betreibermodell medizinischer UAS	56
Ziel 7: Erstellung eines Positionspapiers medizinischer Anwender von UAS	56
Teilziel 1 Abstimmung mit Interessensvertretenden	56
Durchführung von 2 Symposien und mind. 5 Arbeitstreffen.....	56
Ergebnispapier Auftaktsymposium ist erstellt.....	56
Teilziel 2: Sicherer Drohnenflug entlang Teststrecke.....	57
Abgeschlossene technische Risikobewertung	57
Integration von Transpondersystemen für sicheren Flug.....	57
Abstimmung mit Luftraumnutzern erfolgreich.....	57
Teilziel 3: Problemlose Einbindung der Bevölkerung/ Öffentlichkeit.....	57
Durchführung von 2 Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung und Co-Design Workshop mit Patient*innenvertretenden	57
7 Gender Mainstreaming Aspekte.....	57
8 Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse	58
8.1 Darstellung geplanter Veröffentlichungen	58
8.2 Öffentlichkeitsarbeit Fachpublikum	58
Besuchte Kongresse	58
Artikel Zeitschriften für Fachpublikum	59
Fachbuch	59
Veranstaltungen.....	59
8.3 Öffentlichkeitsarbeit für Laienpublikum	60
Pressemitteilungen UMG/ DRF Luftrettung	60
Medienecho	60
Veranstaltungen.....	60
8.4 Sonstiges	60
9 Verwertung der Projektergebnisse und nachhaltiger Transfer.....	60
9.1 Versorgungssysteme und allgemeine Richtlinien	60
9.2 Technische Weiterentwicklung	62
9.3 Spezifische Anforderungen für Transport von medizinischen Gütern.....	62
9.4 Zusammenfassung	63
10 Weiterführende Dokumente.....	64
11 Literaturverzeichnis	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektmatrix MVLD-Challenge, Quelle: Eigene Darstellung	9
Abbildung 2: Projektziele laut Antrag; Quelle: Eigene Darstellung	15
Abbildung 3: Geplante Flugstrecken; Quelle: Hochschule Neubrandenburg.....	17
Abbildung 4: GUAV 8L Ceptor und VTOL Wingcopter 178 Heavy Lift; Quelle: GlobeUAV, Wingcopter	18
Abbildung 5: Prüfprotokoll Messabschnitte; Quelle: Eigene Darstellung	20
Abbildung 6: Am Positionspapier beteiligte UAS-Projekte; Quelle: Eigene Darstellung	23
Abbildung 7: Systemanalyse UAS-Betrieb; Quelle: Baumgarten, M. et al. (im Druck). Unbemannte Flugsysteme in der medizinischen Versorgung. Springer	30
Abbildung 8: Ablauf einer Drohnen- und Ersthelfendenalarmierung; Quelle: Eigene Darstellung.....	33
Abbildung 9: Gespiegelte Blutbank als mögliches Einsatzszenario für AUS; Quelle: Eigene Darstellung	34
Abbildung 10: Verhältnis Land Retter*in und Herzkreislaufstillstände, Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS, WebGIS Kartenfunktion	35
Abbildung 11: Herzkreislaufstillstände (Kerndichtenschätzung); Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS, WebGIS Kartenfunktion	36
Abbildung 12: Potentielle UAS-Standorte; Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS: Flugplanung	37
Abbildung 13: QGIS Flugroutenplanung unter Berücksichtigung von Hindernissen oder Verbotszonen; Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS: Flugplanung	37
Abbildung 14: Übersicht Aufbau des Schulungskonzept UAS-Pilot*innen; Quelle: Eigene Darstellung	38
Abbildung 15: Erforderliche professionelle Kompetenzen im Multinotfalldrohnennetzwerk, Quelle: Eigene Darstellung	43
Abbildung 16: Logo Initiative AED Patenschaft und beteiligte Organisationen; Quelle: AED Patenschaft	44
Abbildung 17: Managementaufgaben für Betreiber medizinische AUS; Baumgarten, M. et al. (im Druck). Unbemannte Flugsysteme in der medizinischen Versorgung. Springer	45
Abbildung 18: Was sind die wichtigsten medizinischen Anwendungsfelder für UAS	46
Abbildung 19: Was halten Sie für das größte Hindernis für den flächendeckenden Echtbetrieb von medizinischen UAS?	46
Abbildung 20: Unterstützung der Flugsicherheit durch Droniq-Modul; Quelle: Droniq-Software, MVLD-C	49
Abbildung 21: Veränderungen des Blutes in Transportbox; Quelle: Eigene Darstellung	50
Abbildung 22: Ergebnisse der immunhämatologischen Untersuchungen vor und nach dem Transport der Proben mit der Drohne; Quelle: Eigene Darstellung	51
Abbildung 23: Zielerreichung nach Projektdomänen	52

1 Zusammenfassung

Im Projekt erfolgte die Ausarbeitung rechtlicher Rahmenbedingungen, Einsatzkonzepte und Betreibermodelle für die medizinische Nutzung unbemannter Flugsysteme (unmanned aerial system (UAS)) unter Berücksichtigung klimatischer und spezifischer regionaler Anforderungen in Deutschland. Die Region Vorpommern-Greifswald dient als Modellregion für die Neuaufstellung der präklinischen Notfallversorgung in strategischen, nachhaltigen Netzwerken. Für drei zentrale, übergreifende Herausforderungen (Versorgungskonzepte, Technik und Richtlinien) wurden anhand zweier Einsatzszenarien (der Zuführung eines automatisierten externen Defibrillators (AED) sowie der transfusionsmedizinischen Versorgung kleinerer Kliniken) mit breiter Einbindung von Akteuren der Gesundheitsversorgung und Öffentlichkeit übertragbare Implementierungsalgorithmen erarbeitet und anhand von Anwendungserprobung in Testflügen entlang einer Teststrecke erprobt.

Das Projekt konnte durchweg auf Unterstützung deutschlandweiter Fachleute sowie der Landesbehörden zurückgreifen. Im Rahmen des Projektes erfolgte die Entwicklung gemeinsamer Standards mit überregionalen medizinischen Anwender*innen und Technologieexpert*innen in einer Reihe von Symposien, Arbeitstreffen, Fachgesprächen und Podiumsdiskussionen. Der Entwurf eines Betreibermodells, welches rechtlicher Rahmenbedingungen und Finanzierungsmodelle ebenso wie konkrete Praxischecklisten umfasst, liegt vor. Für die Region Vorpommern-Greifswald wurde ein Netzwerkkonzeptentwurf mit Empfehlungen für die Weiterentwicklung bestehender Rettungsnetzwerke erstellt. Pandemiebedingt konnten die für Herbst 2020 geplanten Testflüge zunächst nicht stattfinden. Aus den ersatzweise durchgeführten Flugversuchen mit einem Octocopter auf einem Flugfeld der Hochschule Neubrandenburg ergab sich, dass eine Erprobung auf der Teststrecke mit 24 km Distanz aufgrund der Leistungsfähigkeit des Octocopter nicht zielführend sein würde. Im Juni 2021 konnte ein UAS mit Vertical Take-Off and Landing (VTOL)-Technologie auf der Teststrecke Greifswald - Wolgast erprobt werden. Zusammengefasst wurde der Octocopter in 68 Flügen an 24 Tagen auf einer Gesamtstrecke von 235,2 km getestet, das VTOL an 5 Tagen über eine Gesamtdistanz von über 650 km Beyond Visual Line of Sight (BVLOS). Es erfolgte der Transport von Blutproben zur transfusionsmedizinischen Validierung. Die Testflüge konnten zeigen, dass die Integration von medizinischen UAS auch über weite Distanzen möglich ist. Der Transport von Blutproben scheint prinzipiell möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bestimmung der Blutgruppenmerkmale AB0, Rhesus, Kell valide durchführbar sind.

Mit Projektabschluss liegen Konzepte zur Implementierung im Rahmen eines erweiterten Testbetrieb unter Echtbedingungen vor, welche für eine deutschlandweite Verwertung zur Verfügung stehen.

2 Einleitung

Ziel des Projektes MV|LIFE|DRONE-Challenge war die Weiterentwicklung zukunftsfähiger Notfallversorgungskonzepte unter Integration der technischen Innovation von unbemannten Flugsystemen (unmanned aerial systems (UAS)). Das Projekt ergänzte dabei die Forschung der Universitätsmedizin Greifswald (UMG) zur Neuausrichtung der Notfallversorgung im Landkreis Vorpommern-Greifswald des deutschlandweit am dünnsten besiedelten Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern:

Ziel des vom gemeinsamen Bundesausschuss geförderten Projekts Land|Rettung war eine Verbesserung der Überlebenschancen nach einem HerzKreislaufstillstand im ländlichen Raum. Im Rahmen dieses Projektes wurden Bürgerinnen und Bürger in der Herz-Lungen-Wiederbelebung für Laien geschult und qualifizierte Ersthelfer und -helferinnen (Land|Retter*in) mit einer Smartphone-App ausgestattet, über die sie bei einem HerzKreislaufstillstand in unmittelbarer Nähe von der Rettungsleitstelle alarmiert und zur Einsatzstelle dirigiert werden können. Mit Hilfe des Projekts konnte die Quote der durch Laien begonnenen Reanimationen deutlich gesteigert werden. Ungelöstes Problem des Projektes bleibt jedoch die fehlende öffentliche Verfügbarkeit schnell erreichbarer Defibrillatoren.

Im 5-monatigen Pilotprojekt MV|LIFE|DRONE-Pilot konnte von August bis Dezember 2019 bezüglich dieser Lücke die Machbarkeit einer Integration eines von einem UAS transportierten automatisierten externen Defibrillators (AED) in die Erstversorgung eines präklinischen Herz-Kreislaufstillstands durch Laien und geschulte Ersthelfende nachgewiesen werden. Im Rahmen des Projektes konnten Evidenzlücken hinsichtlich eines Standortmodells, welches Rettungsflug und Leitstellen einbezieht, identifiziert werden. Ebenso wurden die Anforderungen für eine Weiterentwicklung der angewendeten Technik und der Ausarbeitung der Richtlinien offenbart.

In den letzten Jahren ist die Anzahl von Einzelprojekten im Forschungsfeld medizinischer UAS rasch gewachsen. Trotz eines Austauschs von Ergebnissen und Erfahrung ist dadurch das Risiko einer Fragmentierung und redundanten Erprobung von technischen Lösungen, ohne eine übergeordnete medizinische Definition von Anforderungen ebenso gestiegen.

Aus den Vorergebnissen ergaben sich Fragestellungen in drei wesentlichen Dimensionen:

1. Integration von unbemannten Flugsystemen in Versorgungskonzepte
2. Umsetzung von technischen Anforderungen
3. Definition von Richtlinien und Betreibermodellen.

2.1 Ziele des Projekts

MV|LIFE|DRONE-Challenge strebt die Entwicklung von übertragbaren Blaupausen und Algorithmen an, wie durch die Integration von UAS in die Rettungskette und in die medizinischen Notfalltransporte regionale Notfallversorgungskonzepte optimiert werden können.

Übergeordnetes Ziel ist durch die Anpassung von Notfallversorgungskonzepten deutschlandweit Outcomes in der Notfallversorgung zu verbessern. Überlebenswahrscheinlichkeit und Lebensqualität nach Notfallversorgung sollen insbesondere im ländlichen Raum gesteigert werden. Unmittelbare Zielgruppe im Projekt sind medizinisches Fachpersonal, weitere Teilnehmende der Notfallversorgung inklusive der gesamten Breite der Freiwilligenorganisationen der Zivilgesellschaft im Landkreis Vorpommern-Greifswald.

Die Ziele des Pilotprojektes wurden mit Projektantrag definiert und im Rahmen eines Meilensteinberichts zum 30.11.2021 durch Zielkriterien je Arbeitspaket konkretisiert.

Übergeordnete Ziele

1. Erstellung eines Netzwerkkonzeptes unter Einbindung wesentlicher Organisationen
2. Erstellung eines Schulungsprogrammes für UAS-Piloten
3. Technische Ausentwicklung verfügbarer UAS
4. Machbarkeitsnachweis über Transport Blutproben im Kontext einer gespiegelten Blutbank
5. Definition von Flugkorridoren
6. Entwurf einer Blaupause für ein Betreibermodell medizinischer UAS
7. Erstellung eines Positionspapiers medizinischer Anwender von UAS

Teilziele

1. Abstimmung mit Interessensvertretungen
2. Sicherer Drohnenflug entlang Teststrecke
3. Problemlose Einbindung der Bevölkerung/Öffentlichkeit

Eine Darstellung der spezifischen Indikatoren nach Zielen und Arbeitspaketen erfolgt unter [Kapitel 3.2.](#)

2.2 Projektstruktur

Aufbauend auf die Vorarbeiten erfolgten die Arbeiten im Projekt in einer Rahmenstruktur, welche für die drei zentralen Herausforderungen (Versorgung, Technik und Richtlinien) anhand zweier Einsatzszenarien mit breiter Einbindung von Akteuren der Gesundheitsversorgung und Öffentlichkeit (flankierende Symposien) Lösungen erarbeitet. Übergeordnetes Prinzip der

Arbeitspakete von MVLD-C war das Designprinzip der drei Säulen Versorgungschallenge, Technikchallenge sowie Richtlinienchallenge (s. Abbildung 1).

	Versorgungschallenge (VC)	Technikchallenge (TC)	Richtlinienchallenge (RC)
Symposien	<ul style="list-style-type: none"> › Entwicklung gemeinsamer Standards mit medizinischen Anwendern 	<ul style="list-style-type: none"> › Entwicklung gemeinsamer Standards mit medizinischen Anwendern 	<ul style="list-style-type: none"> › Entwicklung gemeinsamer Standards mit medizinischen Anwendern
Multi-Notfalldrohne	<ul style="list-style-type: none"> › Systemoptimierung CPR-Support durch Drohnen › Strategische Netzwerkplanung (stationäre AEDs und Drohneinsatzorte) › Strategische Planung der Rettungskette › Integration mit Feuerwehr und freiwilligen Organisationen 	<ul style="list-style-type: none"> › Weiterentwicklung integrierter Drohne › Standardisiertes Schulungsprogramm Steuerung für Piloten › Teststrecke › Öffnung für Hersteller zur Erprobung von Drohnenmodellen 	<ul style="list-style-type: none"> › Entwicklung rechtlicher Voraussetzungen für Einsatz von Drohnen in der Notfallversorgung › Definition von Flugkorridoren › Entwicklung von Betreibermodellen › Ansätze für Finanzierungsmodellen
Drohnegestützte Blutbank	<ul style="list-style-type: none"> › Umsetzung medizinischer Anforderungen › Erprobung Probentransport zur vollen Ausschöpfung der gespiegelten Blutbank auf Teststrecke 	<ul style="list-style-type: none"> › Teststrecke UMG- peripheres Krankenhaus und regionaler Laborversorger › Öffnung für Hersteller zur Erprobung von Drohnenmodellen › Umsetzung Transportanforderung medizinisches Material 	<ul style="list-style-type: none"> › Entwicklung rechtlicher Voraussetzungen für Einsatz von Drohnen in der Notfallversorgung › Definition von Flugkorridoren › Entwicklung von Betreibermodellen

Abbildung 1: Projektmatrix MVLD-Challenge, Quelle: Eigene Darstellung

Die Durchführung des Projektes war in 6 Arbeitspaketen vorgesehen. Die Arbeitspakete (AP) bauten dabei verzahnt aufeinander auf. [Kapitel 4](#) geht ausführlich auf die Umsetzung der Projektstruktur und die pandemiebedingten zeitlichen Abweichungen ein.

2.3 Kooperationen

Das Projekt wurde in Kooperation mit erfahrenen Partnerorganisationen durchgeführt und konnte auf die Unterstützung der Ministerien des Landes MV sowie von Organisationen der Zivilgesellschaft zurückgreifen.

DRF Luftrettung

Im Projekt wurde die erfolgreiche Kooperation des Vorgängerprojektes MVLD-P mit der DRF Luftrettung als Projektpartnerin fortgesetzt. Die DRF Luftrettung ist als eine der führenden Luftrettungsorganisationen in Europa langjährige Partnerin der UMG und Betreiber der Rettungshubschrauber am Standort Greifswald.

Hochschule Neubrandenburg

Die Hochschule Neubrandenburg war mit ihrem Fachbereich für Landschaftswissenschaften und Geomatik als technischer Partner für die Entwicklung und Definierung der Flugkorridore

zuständig. Bei Antragsstellung war zudem vorgesehen, dass die Hochschule Neubrandenburg die Flugdurchführung entlang der Teststrecke übernimmt.

Landkreis Vorpommern-Greifswald

Der Landkreis als Träger des Rettungsdienstes und der Feuerwehren verantwortet mit der integrierten Rettungsstelle die Disposition von Hilfsmitteln und war damit wesentlicher Partner für die Entwicklung von Flugkorridoren und Netzwerkkonzept.

Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Gesundheitsmanagement der Universität Greifswald

Im Zentrum des Lehrstuhls steht die Untersuchung und Steigerung der Effizienz in Gesundheitssystemen als wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung. Hauptaufgabe im Projekt war der gesundheitsökonomische Beitrag zu Betreiber- und Standortmodellen.

Rechtsberatung nach Durchführung einer Auftragsvergabe (BHO Legal)

Die Auswahl des Dienstleisters für die Rechtsberatung im Rahmen des Projektes erfolgte entsprechend eines Anforderungskatalogs in der Auftragsvergabe. Die Aufgaben der Mitarbeitenden des Dienstleisters sind unten zusammengefasst.

Behörden und Organisation des Landes und der Region

Das Projekt konnte durchweg auf Unterstützung der Landesbehörden zurückgreifen. Abstimmung erfolgte insbesondere mit dem das Vorhaben co-fördernden Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung, der dem Ministerium zugeordneten Landesluftfahrtbehörde sowie den Behörden an den Orten der Flugversuche:

- Landkreis Vorpommern-Greifswald
- Stadt Greifswald und ihren Ämtern
- Stadt Wolgast und ihren Ämtern
- Amt Züssow und seinen Ämtern
- Bundespolizei sowie Polizeiinspektionen in der Region (Wolgast, Neubrandenburg und Anklam)
- Integrierten Leitstellen und Feuerwehren
- Hubschrauberstandorte in Mecklenburg-Vorpommern
- Untere Naturschutzbehörde und Wasserschutzbehörde sowie dem Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund

Ebenso erfolgte die Abstimmung mit:

- Stadtwerken Greifswald
- Industriebetrieben der Region.

2.4 Verantwortlichkeiten im Projekt

Das Projektteam kommunizierte über ein gemeinsam genutztes Projektlaufwerk, einen virtuellen Konferenzraum sowie im Rahmen regelmäßiger Projekttreffen. Durch die Mitglieder des Projektteams wurden folgende Aufgaben verantwortet:

- Projektleitung (Mina Baumgarten, Klaus Hahnenkamp; Medizinische Leitung: Berthold Henkel)
 - Führung Projektteam, Allokation von Aufgaben
 - Abstimmung mit Interessensträger*innen zur Risikobewertung
 - Pressearbeit (Interviews)
 - Konzeption medizinisches Evaluationskonzept, Simulationsskripte
 - Festlegung Flugrouten in Abstimmung mit Projektpartner*innen und Behörden
 - Inhaltliche Prüfung aller Konzepte
- Projektkoordination (Franziska Gerken)
 - Koordination Projektteam
 - Projektcontrolling, inkl. Budgetkontrolle
 - Inhaltliche Vorbereitung interner und externer Termine
 - Erarbeitung Konzept Öffentlichkeitsarbeit inkl. Planung Bevölkerungsveranstaltung
- Projektassistenz (Lukas Meininghaus)
 - Sekretariatsfunktion Projektteam
 - Zuarbeit zu Unterlagen für interne und externe Abstimmungstermine
 - Abstimmung technischer Konzepte
 - Mitverantwortung Öffentlichkeitsarbeit
 - Stellvertretend Übernahme Koordinationsaufgaben Team an Simulationstagen
- Wissenschaftliche Mitarbeitende (Johann Röper, Julia Kuntosch, Hannes Dieckmann, Katharina Fischer)
 - Ausarbeitung Konzepte und Auswertung Ergebnisse
 - Anleitung Studentische Hilfskräfte
 - Erstellung Ethikantrag
 - Kontaktaufnahme und -pflege mit Hilfsorganisationen und staatlichen Institutionen
- Studentische Hilfskräfte
 - Vorbereitung und Ausgestaltung Flugtesttage
 - Unterstützung Informationsveranstaltungen Bevölkerung
 - Unterstützung wissenschaftliche Auswertung
- Projektverantwortliche Transfusionsmedizin (Andreas Greinacher, Kathleen Selleng, Adrian Scheunemann)
 - Erarbeitung Validierungsplan
 - Definition Testparameter

- Identifikation Transportbehälter
- Überprüfung der Probenqualität vor und nach den Testflügen
- Erstellung Schnittstellenkonzept
- Projektverantwortliche DRF Luftrettung (Skadi Stier, Florian Klinner)
 - Abstimmung Netzwerkkonzept mit Einsatznetzwerk Luftrettung
 - Erstellung Schulungskonzept UAS-Piloten
 - Abstimmung mit Luftrettungsdiensten und Luftverkehrsteilnehmern in der Region an Flugtagen
 - Unterstützung Öffentlichkeitsarbeit
- Projektverantwortliche Hochschule Neubrandenburg
 - Technische Weiterentwicklung des UAS
 - Definition technischer Anforderungen
 - Planung Teststrecke
 - Prüfung UAS-Modelle
- Projektverantwortliche Landkreis Vorpommern-Greifswald
 - Zuarbeit zur Entwicklung Teststrecke
 - Abstimmung zum Netzwerkkonzept
- Projektverantwortliche BHO Legal
 - Ausarbeitung Konzepte zu Betreibermodell und Richtlinien
 - Juristische Prüfung diverser Sachverhalte im Kontext Luftfahrt, Gefahrgutverordnung und Technologie
 - Mitarbeit Positionspapier

3 Erhebung- und Auswertungsmethodik

Das Projekt MV|LIFE|DRONE-Challenge fußt auf den Stand von Forschung und Technik und entwickelte in Abstimmung mit medizinischen Anwendern anderer Regionen Lösungsansätze für die identifizierten Problemstellungen. Im Rahmen des Projekts erfolgte die Konzeptprüfung anhand Anwendungserprobung in Testflügen entlang einer Teststrecke. Die Erhebung- und Auswertungsmethodik zur Erreichung der Zielindikatoren ([Kapitel 3.1](#)) umfasste dabei drei Ansätze

1. Evidenz-basierte Ausarbeitung von Blaupausen, Konzepten und Positionspapier ([Kapitel 3.2](#))
2. Durchführung von Testflügen und Simulationsszenarien ([Kapitel 3.3](#))
3. Labormedizinische Evaluation ([Kapitel 3.4](#))

3.1 Zielindikatoren

Oben genannten Zielen wurden mit Meilensteinbericht vom 30.11.2020 folgende Indikatoren zur Messung der Zielerreichung gegenübergestellt. Die Zielindikatoren griffen dabei die pandemiebedingten Anpassungen der Projektplanung auf.

Projektabschlussbericht 2021
MVL D-Challenge

Ziele lt. Antrag	Konkrete Zielindikatoren
AP1 – Gemeinsame Standards (anteilig Finanzierung aus Landesmitteln)	
Teilziel 1.3	Durchführung von 2 Symposien und mind. 5 Arbeitstreffen; Ergebnispapier Auftaktsymposium
Teilziel 3	Durchführung von 2 Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung
Teilziel 3	Co-Design-Workshop mit Patientenvertretenden
Ziel 7	Erstellung und Veröffentlichung der politischen Handreichung zum Thema „Medizinische Nutzung von UAS“ nach Abschluss-symposium
AP2 – Versorgungssysteme – Netzwerkkonzept (Förderung Bundesmittel)	
Ziel 1; Teilziel 1.1 und 1.2	Akquise und Evaluation von potenziellen mobilen Ersthelfenden, um AED-Drohnen optimal nutzen zu können
Ziel 1	Geoinformationssystem zur Evaluation von möglichen sinnvollen Drohnenstandorten liegt vor
Ziel 1	T-CPR-Studie – Evaluation zur an-leiterabhängigen Qualität von Telefonreanimation
Ziel 2	Erstellung eines Mustercurriculums für Piloten von medizinisch angewendeten Drohnen mit Fokus und Erweiterung der Fachkenntnisse auf die unterschiedlichen Einsatzszenarien (Notfalleinsatz und regulärer Einsatz)
AP3 – Proben-transport Blutbank (Finanzierung weitestgehend aus Landesmitteln)	
Ziel 4	Nutzen eines Drohnen-gestützten Transports in der Region Vorpommern-Greifswald im Kontext der „gespiegelten Blutbank“: <ul style="list-style-type: none"> • Transport von 22 Blutproben; Durchführung von 4 Testflügen mit je über 60 Minuten Flugdauer
Ziel 4	Validierung einer geeigneten Transportbox <ul style="list-style-type: none"> • die Temperatur beträgt innerhalb des Transportbehälters für über 60 Minuten $\geq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei einer Umgebungstemperatur von $\leq 17\text{ }^{\circ}\text{C}$; Transportbox verspricht eine gute Schnittstellenanbindung an innerklinische Transportwege
Ziel 4	Kontrolle der Blutproben nach dem Drohnen-gestützten Transport (Prüfung auf Beschädigung, Hämolyse, Stabilität der Blutgruppenbestimmung und Antikörpermessung)
AP4 – Technik (Finanzierung weitestgehend aus Landesmitteln)	

Projektabschlussbericht 2021
MVLD-Challenge

Ziel 3	Ausentwicklung UAS – Anpassung auf medizinische Anwendung
Ziel 3	Prüfung von Octocoptern und VTOL auf Teststrecke
Ziel 5	Flugkorridore sind definiert und Freigabe seitens Rettungsflug
Ziel 3	Geflogene km verdoppelt zum MVLD-P (2019) auf mindestens 715 km auf zwei Flugstrecken
Teilziel 2.1	Abgeschlossene technische Risikobewertung
Teilziel 2.2	Integration von Transpondersystemen für sicheren Flug
Teilziel 2.1	Abstimmung mit Luftraumnutzern erfolgreich
AP5 – Richtlinien (Finanzierung weitestgehend aus Bundesmitteln)	
Ziel 6	Entwurf Blaupause Betreibermodell medizinischer UAS liegt vor
Ziel 6	Entwurf Blaupause für die Finanzierungskonzepte
Ziel 6	Rechtlich sicherer Drohnenflug

Abbildung 2: Projektziele laut Antrag; Quelle: Eigene Darstellung

3.2 Evidenz-basierte Ausarbeitung von Blaupausen, Konzepten und Positionspapier

Die Ausarbeitung von übertragbaren Implementierungskonzepten erfolgte arbeitspaketübergreifend unter umfassender Ausschöpfung evidenz-basierter Methodiken. Auf Basis von ausführlicher Literaturrecherche, Auswertung von Vorprojekten, projektübergreifender Abstimmung unter Expert*innen, Zusammenarbeit der Fachrichtungen Medizin, Rechtswissenschaften, Gesundheitsökonomie und Ingenieurwissenschaften sowie weitreichender Einbindung von Akteur*innen der Gesundheitsversorgung und der Bevölkerung erfolgte die Erstellung

1. eines projektübergreifenden Positionspapiers medizinischer Anwender von UAS
2. eines Betreibermodells, welches rechtlicher Rahmenbedingungen und Finanzierungsmodelle ebenso wie konkrete Praxischecklisten umfasst
3. eines Entwurfs eines Einsatzkonzeptes im integrierten Versorgungsnetzwerk für den Landkreis Vorpommern-Greifswald mit Fokus auf die Anwendungsfälle AED und Transfusionsmedizin, welches folgende Bausteine enthält
 - a. Schulungskonzept für Piloten und Pilotinnen sowie Mustercurriculum
 - b. Geoinformationssystem als Einsatzsoftware für UAS-Integration in die Rettungskette
 - c. Konzept für eine AED-Patenschaft als Ergänzung des bestehenden Ersthelfendensystems
 - d. Prüfprotokoll Tele-CPR bei Laienreanimation zur Qualitätssicherung
4. einer Übersicht technischer Anforderungen an UAS (Schwerpunktförderung Land MV, Umsetzung durch Hochschule Neubrandenburg)

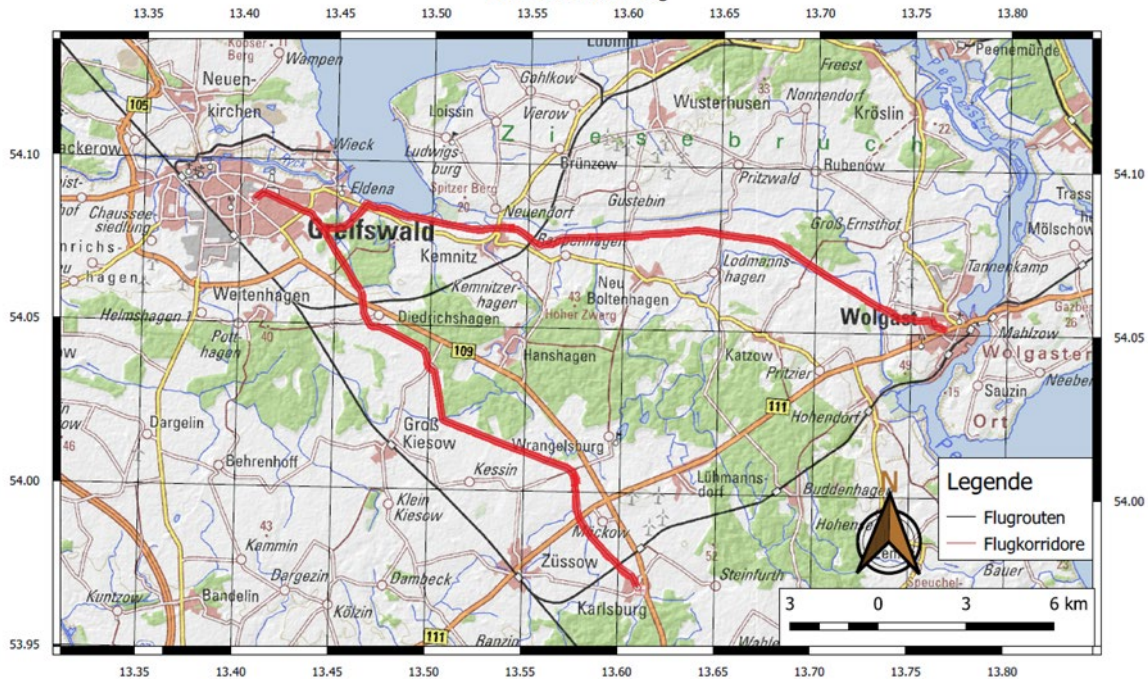
Die Durchführung der Arbeiten ist in [Kapitel 4](#) dargestellt.

3.3 Testflüge und Simulationsszenarien

Bei Antragsstellung waren im Rahmen des Projektes die Datenerhebung durch umfassende Testflüge und die Durchführung von Simulationsszenarien auf zwei Teststrecken sowie als virtuelle Simulation vorgesehen. Geplant waren dabei Testflüge mit dem simulierten Transport von Blutproben auf den Strecken Greifswald- Wolgast sowie Greifswald- Karlsburg (s. Abbildung 3) für mehrere Wochen. Dabei sollte die Hypothese geprüft werden, dass der UAS-gebundene Transport von Laborproben die transfusionsmedizinische Versorgung des Kreiskrankenhaus Wolgast sowie des Klinikums Karlsburg durch die UMG übernehmen kann.

UAV-Flugrouten

Greifswald-Wolgast
Greifswald-Karlsburg



Koordinaten: Ellipsoidisch (WGS84)
Hintergrund: Digitale Topographische Karte 1:250000
DHM: SRTM 3.0

Abbildung 3: Geplante Flugstrecken; Quelle: Hochschule Neubrandenburg

Vorbereitend sowie flankierend war eine umfassende Erprobung auf dem Labortestfeld sowie durch virtuelle Simulationen durch die Hochschule Neubrandenburg beabsichtigt. Die Finanzierung der Projektarbeiten der Hochschule Neubrandenburg erfolgte aus Mitteln der Landesförderung durch das Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern.

Hinsichtlich der Umsetzung ergaben sich pandemiebedingt Abweichungen (s. ausführliche Erläuterung zur Durchführung sowie Ergebnissen in [Kapitel 4](#) und [5](#)).

Die vorbereitenden Arbeiten und Laborflüge auf den Teststrecken mit dem Octocopter konnte nicht wie geplant Ende 2020 durchgeführt werden. Es erfolgte jedoch die Testung auf grundsätzliche Einsatzfähigkeit von UAS für den 24/7-Betrieb. Für die Flugversuche wurde das bei der UMG vorhandenen UAS GUAV 8L CEPTOR der Globe UAV GmbH genutzt. Als zweites Test-UAS wurde durch die Hochschule Neubrandenburg das VTOL-UAS Wingcopter 178 Heavy Lift der Wingcopter GmbH aus der Landesförderung Mecklenburg-Vorpommern beschafft (s. Abb. 3)

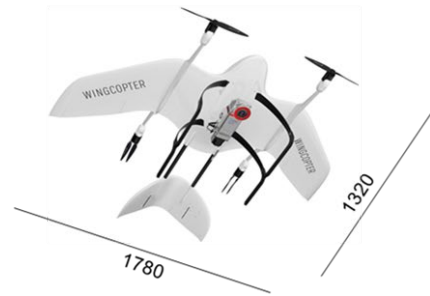


Abbildung 4: GUAV 8L Copter und VTOL Wingcopter 178 Heavy Lift; Quelle: GlobeUAV, Wingcopter

Im Rahmen des Projektes wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Wingcopter an fünf Simulationstagen auf der Flugstrecke von Greifswald bis nach Wolgast verschiedene Szenarien mit dem Wingcopter 178 Heavy Lift geflogen. Zum einen erfolgte die Prüfung der Praktikabilität des luftgebundenen Transports eines AEDs durch VTOL-UAS in der praktischen Anwendung und zum anderen der luftgebundene Transport einer Blutprobe durch ein UAS. In beiden Szenarien erfolgte durch das Projektteam die Messung von vorher definierten Zeiten.

Versuchsdurchführung und Erhebung

An der Durchführung und Datenerhebung im Rahmen der Simulationsszenarien waren folgende Teilnehmende beteiligt:

- Verantwortliche Studienleitung
- Entscheidung Durchführung der Durchläufe auf Basis von Wettersituation; Abstimmung mit öffentlichen Stellen
- Verantwortliche Koordination Flugtage
- Einholen der erforderlichen Startfreigaben bei den jeweiligen Stellen; Informieren der Stakeholder während der Flugwoche
- Verantwortliche Person Wingcopter in jeweils Greifswald und Wolgast
- Koordination und Beantwortung aller Fragen, die Wingcopter bzw. die UAS betreffen; Schnittstelle zu den Drohnenpiloten; Starten des Countdowns zum Simulationsbeginn
- Drohnenpiloten Wingcopter in jeweils Greifswald und Wolgast
- Durchführung technische Checks vor und nach dem Flug des UAS; Überprüfen des Fluges anhand der UAS-Groundstation
- Zeitnehmer*innen in jeweils Greifswald und Wolgast
- Zeitnehmer*innen im Simulationsraum anhand des Zeitprotokolls; ständige Kommunikation mit dem zweiten Zeitnehmenden
- Mitarbeitende zur Absicherung des Startplatz in jeweils Greifswald und Wolgast
- Austausch und Engagement mit interessierten Anwohner*innen und Besucher*innen

- Protokollschreibende
- Führen des Tagesprotokolls mit genauen Uhrzeiten
- Mitarbeitende der Transfusionsmediziner
- Anlieferung und Überprüfung der Blutprobe

Materialien

Folgende Materialien kamen in den Simulationsszenarien im Juni 2021 zur Anwendung;

- UAS des Herstellers Wingcopter GmbH mit der Modellbezeichnung „Wingcopter 178 Heavy Lift A“ mit einem maximalen Abfluggewicht in Höhe von 18,0 kg bei einer maximalen Zuladung von 6,0 kg
- AED des Herstellers Schiller-Reomed AG mit der Modellbezeichnung „FRED easyport“ mit einem Gewicht von 490 g und einer Größe von 133 x 126 x 35mm (L x B x H)
- adaptierte Rohrpostkartusche des Herstellers Aerocom
- Temperaturlogger
- Getestete Blutproben
- virtueller DFN Konferenzraum, Einwahl über Mobiltelefone

Übersicht erhobene Daten

Folgende Daten wurden im Rahmen der Simulationsszenarien erhoben:

- a. Erfolgreicher Transport von AED und Blutproben auf der Strecke Greifswald-Wolgast anhand eines Versuchsprotokolls
- b. Transport- und Ablaufzeiten: Zeitnehmende Person am Start- und Landepunkt in Greifswald und am Zwischenstopp in Wolgast maßen die Zeiten von der Alarmierung des UAS bis zum Ausschalten der Rotoren am Landeplatz in Greifswald. Als Baseline diente der durch die verantwortliche Person Wingcopter in Greifswald in der Telefonkonferenz gesetzte einheitliche Startpunkt. Zu diesem Zeitpunkt wurden alle Stoppuhren genullt. Die Dokumentation der Messpunkte erfolgt im Format hh:mm:ss. Der Prozessablauf wird in verschiedene Messabschnitte und korrelierende Messzeitpunkte unterteilt (Abbildung 5)

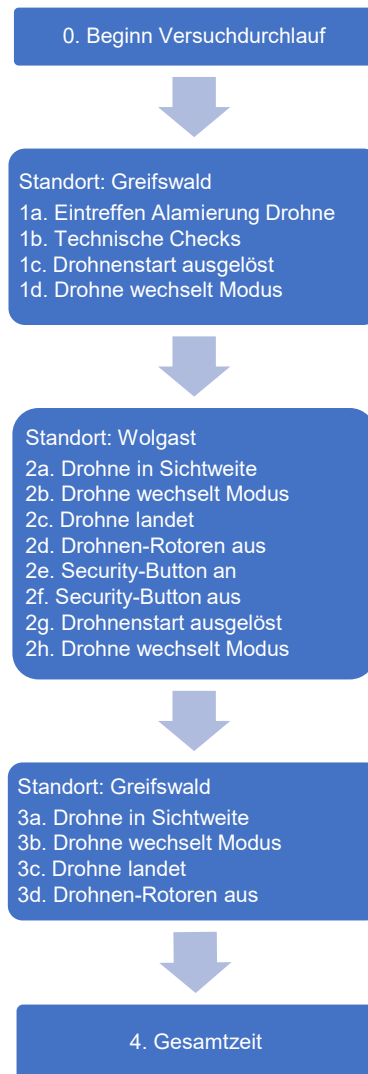


Abbildung 5: Prüfprotokoll Messabschnitte; Quelle: Eigene Darstellung

c. Technische Daten zur Flugsicherheit und -tüchtigkeit des eingesetzten UAS

- Anhand von Studienprotokollen und Dokumentation aller Flüge im Drohnenlogbuch durch die Piloten wurden folgende technische Daten registriert:
 - i. Protokoll zur Vor-Flugsicherung
 - ii. Flugort und -route: Start- und Landeort; Flugentfernung
 - iii. Pilot (Operator)
 - iv. Ausrückzeiten
 - v. Flugzeiten und Fluggeschwindigkeit
 - vi. Wetterdaten: Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Bewertung Wetterkonditionen
 - vii. Besondere Ereignisse und Fehlereintritte
- Laborparameter: Die Darstellung der erhobenen Daten der labormedizinischen Evaluation erfolgt in [Kapitel 3.4](#).

Datenauswertung Simulationsszenarien

Im Rahmen der Datenauswertung erfolgte die Übertragung aller Einzelerhebungen aus den Studienprotokollen in zwei zentrale Studienprotokolle. Im Studienprotokoll Prozesszeiten erfolgte die Clusterung der Flugversuche nach Flugtagen, um eine vergleichbare Bewertung unter Berücksichtigung der Wetterbedingungen und Beladung des UAS zu ermöglichen.

Gesamtbewertung Simulationen

Für jeden Flugversuch erfolgte die abschließende Bewertung hinsichtlich des Erfolgs eines UAS-gebundenen Transportes.

3.4 Labormedizinische Erhebung und Auswertung

Ein wichtiges Einsatzgebiet für die Nutzung von UAS in der Gesundheitsfürsorge ist der schnelle und ungehinderte Transport von Blutproben und Blutkonserven in der Notfallversorgung.

Durchführung, Materialien und Datenerhebung

Die Blutproben wurden in einer modifizierten Rohrpostkartusche transportiert (s. [Kapitel 4](#) und [5](#)). Die Blutgruppenbestimmung (Merkmale AB0, Rhesus, Kell) erfolgte aus 4 ml EDTA Vollblutproben. Für den Antikörpernachweis und die Messung des Antikörpertiters wurden Restblutproben aus dem Diagnostiklabor mit einer positiven Antikörpersuche so präpariert, dass sie einer Vollblutprobe entsprachen. Zusätzlich wurde eine Antikörper positive Plasmaprobe verwendet. Der Nachweis der Antikörper erfolgte mit beiden an der UMG verfügbaren immunhämatologischen Techniken (Capture® und Gelkarte).

Datenauswertung

Die Messungsergebnisse vor und nach dem Flug bzw von Test- und Kontrollgruppe wurden gegenübergestellt und verglichen. Im Rahmen des Validierungsberichts wurden die Ergebnisse ausgewertet

4 Durchführung, Arbeits- und Zeitplan

4.1 Zusammenfassende Beurteilung

Die Durchführung des Projektes konnte dem Arbeitsplan bei Antragstellung in Grundzügen folgen. Die Aufnahme der Projektarbeit erfolgte mit dem verfügbaren Personal für das Projektmanagement ab Mitte Juli 2020. Die einzelnen Arbeitspakete nahmen die Arbeit ab August 2020 auf. Aufgrund der Pandemiesituation konnte die Vollendung des Projektes zum 31.01.2021 nicht erfolgen. Eine Verlängerung des Projektes wurde zunächst bis zum 30.04.2021 beantragt. Da die Pandemiesituation auch bis zu diesem Zeitpunkt eine Fertigstellung der Projektaufgaben nicht zuließ, wurde ein finaler Antrag auf Verlängerung bis zum

31.07.2021 gestellt und genehmigt. Dies lag vordergründig in der erforderlichen Verschiebung der Flugwoche vom 4. Quartal 2020 auf Ende des 2. Quartals 2021 begründet. Die Arbeitspakete wurden dabei durch die Pandemie unterschiedlich stark beeinflusst. Die durchgeführten Arbeiten sowie die Abweichungen vom ursprünglichen Arbeitsplan sind im Folgenden detailliert dargestellt.

4.2 Darstellung der Durchführung in den einzelnen Arbeitspaketen

Mit Bescheid zum vorzeitigen Maßnahmenbeginn erfolgte der Beginn des Projekt-Set-Ups mit Personalrekrutierung, Aufsetzen der Projektstruktur, Vorbereitung Vergabeverfahren für Aufträge und Planungen für die Testflüge.

Arbeitspaket 1: Gemeinsame Standardentwicklung (Projektwoche 1 - 28; Hauptverantwortlich: UMG und DRF Luftrettung)

Im Rahmen eines Symposiums mit medizinischen Anwender*innen, Interessensträger*innen, Technik- und Rechtsexpert*innen wurden bereits vorgezogen am 16.06.2020 im Diskussionsformat Projektstände, Umsetzungshindernisse und Lösungsansätze erarbeitet. Die Ergebnisse des Symposiums, das auch der Verbesserung der Kommunikation innerhalb nationaler Forschungsprojekte diene, wurden in einem umfassenden Tagungspapier festgehalten. Es konnte eine umfassende Übereinstimmung erzielt werden, auf Basis dieses Tagungspapiers, ein gemeinsames Grundlagenpapier zu publizieren. Das Positionspapier wurde in enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit deutschlandweiten Akteur*innen in einer Reihe von Arbeitstreffen und Symposien in kapitelbezogenen Diskussionsrunden, Designworkshops und Expertendiskussionen, auch im Rahmen einer Messe, erarbeitet. Abbildung 6 zeigt die beteiligten Projekte.



Abbildung 6: Am Positionspapier beteiligte UAS-Projekte; Quelle: Eigene Darstellung

Der Erarbeitungszeitraum des Positionspapiers begann am 17.06.2020 und dauerte bis zum 14.10.2020. Die Ergebnisse des Positionspapiers wurden in einem weiteren Arbeitstreffen mit den beteiligten Autoren, Projekten, Interessenträgern und Ministerien am 14.10.2020 konsentiert. Im Anschluss erfolgten die Ausarbeitung des Manuskriptes und die Abstimmung mit dem wissenschaftlichen Fachverlag zur Publikation.

Zusätzlich wurde eine Informationsveranstaltung für die Bevölkerung in Form eines Workshops durchgeführt. Ein Konzept für einen zweiten Co-Design-Workshop liegt vor, es ist denkbar diesen begleitend zur Veröffentlichung des Positionspapiers durchzuführen. Das Ziel ist eine hohe Beteiligung seitens der Bevölkerung und eine aktive Diskussion der Ergebnisse. Die unterschiedlichen Veranstaltungen konnten aufgrund der Corona-Pandemie nicht wie geplant vor Ort durchgeführt werden, sondern haben digital, teilweise hybrid stattgefunden.

Arbeitspaket 2: Systemoptimierung CPR-Support durch Drohnen (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG)

Im Fokus des Arbeitspaketes stand die Erarbeitung eines umfassenden Netzwerkkonzeptes für die Region Vorpommern-Greifswald und die Ausarbeitung von Studienprotokollen zur Erprobung der Elemente des Konzeptes in Testflügen und Simulationsszenarien in enger Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den Projektpartnern UMG, DRF Luftrettung und dem Landkreis Vorpommern-Greifswald. Durch die erheblichen Belastungen für den Landkreis durch die Pandemie ergaben sich hier Anpassungen im Arbeitsplan.

Vorbereitende Arbeiten Simulationsszenarien

Die Erwirkung eines Ethikvotums und die Szenarien- sowie Routenplanung konnten fristgemäß begonnen werden. Hierbei konnte insbesondere hinsichtlich der rechtlichen Bewertung auf die Vorarbeiten von MVLD-Pilot zurückgegriffen werden. In Abstimmung mit den Verantwortlichen im Kreiskrankenhaus Wolgast sowie im Klinikum Karlsburg wurden die Teststrecken festgelegt und Anforderungen an die UAS definiert.

Eine umfassende Abstimmung mit den wesentlichen Stakeholdern (s. [Kapitel 2.3 Behörden und Organisationen](#)) erfolgte im Wesentlichen fristgerecht. Erneut wurde eine umfassende Unterstützung des Projektes durch die Interessenstragenden deutlich, nahezu alle Organisationen bekundeten dabei das Interesse an einer zukünftigen Umsetzung mitzuwirken.

Bezüglich der Studienprotokolle ergaben sich im Projektverlauf erhebliche Mehraufwände durch die wiederholte Neuplanung der Testflüge.

Netzwerkkonzept

Wesentliche Elemente des Netzwerkkonzeptes konnten trotz der pandemiebedingten Einschränkungen im Projektzeitraum erarbeitet werden. Dies umfasste die Definition von Anwendungen für medizinische Multinotfalldrohnen, ein mögliches Design der Rettungskette zur optimalen Ausschöpfung des UAS-Potentials, die exemplarische Ausgestaltung eines medizinischen Drohnennetzwerks in Abstimmung mit Arbeitspaket 5 sowie ein Konzept zur Pilotenschulung für den medizinischen UAS-Flug. Das Netzwerkkonzept unterliegt auch nach Projektabschluss einer stetigen Überprüfung.

a) Definition von Anwendungen für medizinische Multinotfalldrohnen

Eine umfassende Definition möglicher medizinischer UAS-Anwendung in Notfall- und Regelbetrieb sowie in den verschiedenen Sektoren des Gesundheitssystems und insbesondere zur Überwindung der Sektorengrenze wurde als Bestandteil einer Netzwerkkonzeptes erarbeitet. Neben einer fortlaufenden Literatur- und Projektrecherche konnte dabei auf die Vorarbeiten sowie insbesondere auch auf die umfassenden Projektarbeiten in den Arbeitspaketen 1 und 5 zurückgegriffen werden.

b) exemplarische Ausgestaltung eines medizinischen Drohnennetzwerks in Abstimmung mit Arbeitspaket 5

Die Ausgestaltung eines medizinischen Drohnennetzwerks basiert auf der Grundannahme, dass dieses die bestehenden Rettungsnetzwerke sinnhaft und effizient ergänzen muss. Neben den Fragestellungen zu Betreibermodellen und Schnittstellen der UAS stand im Fokus der Arbeiten daher insbesondere auch die Erfassung von stationären AEDs. Um die Standorte der stationären AEDs möglichst umfassend abzubilden, erfolgte eine Abstimmung mit führenden Betreibern von Defikatastern in Deutschland: dem Definetz e.V. und dem durch den Arbeiter-Samariter-Bund (ASB) vertretenen Ableger von Hamburg Schockt, MV-Schockt. Ergänzend zum ursprünglichen Projektantrag erfolgte die Ausarbeitung einer AED-Paten-Initiative und es wurde mit einer ergänzenden Katalogisierung nicht erfasster öffentlicher AED-Standorte begonnen (s. [Ergebnisse](#)).

Auf Basis dieser Arbeiten erfolgte die Planung zur Ausgestaltung eines Geoinformationssystems (GIS) zur Evaluation von möglichen, sinnvollen UAS-Standorten. In der Umsetzung ergaben sich auch aufgrund der pandemiebedingten Auslastung des Geschäftsbereichs Beschaffung erhebliche Verzögerungen in der Beschaffung. Der Zuschlag wurde am 30.03.2021 gewährt. Die Vergabe erfolgte nach Leistungsverzeichnis an die Hochschule Neubrandenburg. Mit Projektabschluss lag die Software für ein GIS zum UAS-Einsatz in Vorpommern-Greifswald vor, ebenso sind eine funktionale Beschreibung und die theoretische Einbindung in das Versorgungskonzept erfolgt. Eine Erprobung im fortgesetzten Flugbetrieb konnte bisher nicht erfolgen.

c) Design der Rettungskette zur optimalen Ausschöpfung des UAS-Potentials

Es erfolgte eine Akquise und Evaluation von potenziellen mobilen Ersthelfenden, um die AED-Drohne optimal nutzen zu können. Die Akquise und Kontaktaufnahme trafen auf sehr breites Interesse. Es erfolgte eine ausführliche Konzepterstellung unter der Identifizierung der Ansprechpartner in Organisationen und Behörden. Die Voraussetzungen und Alarmierungswege wurden abgefragt und ausgearbeitet.

d) Konzept zur Pilotenschulung für den medizinischen UAS-Flug

Die Erstellung eines Mustercurriculums für Pilot*innen von medizinisch angewendeten Drohnen mit Fokus und Erweiterung der Fachkenntnisse auf die unterschiedlichen Einsatzszenarien (Notfalleinsatz und regulärer Einsatz) erfolgte in Zusammenarbeit mit der DRF Luftrettung in den Projektwochen 10-25. Das Konzept wurde in das übergeordnete Netzwerkkonzept integriert.

Algorithmus-Prüfung in Simulation

Die Arbeitsplanung für AP2 umfasste die Konzeptprüfung der Elemente des Netzwerkkonzeptes in Testflügen sowie die Durchführung einer Simulationsstudie zur Evaluation der Anleiterabhängigen Qualität von Telefonreanimation als wichtigen Bestandteil der Rettungskette (T-CPR Studie). Das Studienprotokoll sowie die Durchführungsplanung konnte im Projektzeitraum erstellt werden, eine Durchführung war aufgrund der angespannten Personalsituation im Landkreis und aufgrund der Hygieneauflagen während der überwiegenden Zeit des Projektes nicht innerhalb der Projektlaufzeit möglich. Bezüglich der Testflüge ergaben sich die im Weiteren diskutierten pandemiebedingten Einschränkungen. Durch die wiederholten Anpassungen konnten die Testflüge letztlich nicht auf einer direkten Strecke zwischen den Kliniken in Greifswald und Wolgast erfolgen. Im Projektzeitraum erfolgte ergänzend zum Arbeitsplan im Rahmen einer Promotion die Auswertung der Videodaten des Projektes MVLD-Pilot, welche eine hohe Varianz in der Umsetzung der telefonisch angeleiteten Reanimation durch die Proband*innen zeigte.

Arbeitspaket 3: Probentransport Blutbank (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG-Transfusionsmedizin)

Zur Vorbereitung der Testflüge mit Probentransport wurde ein Konzept für die Implementierung der UAS-Technologie in die Versorgungsstruktur der UMG entwickelt. Eine Risikoanalyse für den Transport von Blutproben und -produkten mit UAS wurde durchgeführt, anhand derer die Bedingungen für den Transport identifiziert wurden.

Die Rahmenbedingungen für die Implementierung eines UAS-Transports wurden mit Stakeholdern (Rohrpostanbieter, Technikabteilung der UMG) besprochen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse flossen in das aktuelle Projekt als auch in darüber hinausreichende Planungen für einen Realbetrieb ein.

Anforderungen an einen Transportbehälter für die UAS wurden definiert. Die im Rahmen der Risikoanalyse identifizierten möglichen Fehlerquellen mit Einfluss auf die Probenqualität wurden entsprechend ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit, Schwere und Entdeckungswahrscheinlichkeit bewertet. Für die weitere Konzeptentwicklung wurden berücksichtigt:

- extreme Temperaturen ($< -2\text{ °C}$, $> 35\text{ °C}$),
- Einfluss von Vibrationen (untersucht wurde dafür das Auftreten einer Hämolyse)
- die Blutgruppenbestimmung
- die Nachweisbarkeit von erythrozytären Antikörpern.

Im Rahmen der Testflüge wurden 22 Proben geflogen und anschließend labormedizinisch untersucht. Bei 12 Proben wurde eine Blutgruppenbestimmung (AB0, Rhesusformel, Kell) durch-

geführt, bei 10 Proben (9 künstliche Vollblutproben, 1 Plasmaprobe s. Kapitel 3.4.) eine Antikörpersuche und bei 9 Proben (8 künstliche Vollblutproben, 1 Plasmaprobe) eine Antikörpertiterbestimmung.

Arbeitspaket 4: Technische Optimierung (Projektwoche 1-37; Hauptverantwortlich: Hochschule Neubrandenburg)

Im Arbeitspaket ergaben sich pandemiebedingt erhebliche Abweichungen vom Arbeitsplan. Testflüge konnten aufgrund von Reisebeschränkungen und Kontakteinschränkungen nur in deutlich reduziertem Umfang erfolgen. Die Auswirkung auf die Ergebnisse sowie Zielerreichung ist in den [Kapiteln 5](#) und [6](#) dargestellt.

Im Arbeitspaket 4 wurden die technischen und formal-rechtlichen Anforderungen untersucht und fortgeschrieben. Wesentlicher Arbeitsinhalt waren neben der Durchführung von Testflügen unter unterschiedlichsten Bedingungen die Festlegung der Flugkorridore und Flugrouten. Die Testflüge des Projektpartners der Hochschule Neubrandenburg fanden abweichend nur mit dem GUAV 8L CEPTOR und zudem außerhalb des Landkreises Vorpommern-Greifswald statt. Trotzdem wurden an insgesamt 24 Tagen 68 Flüge mit einer Gesamtflugzeit von 23 Stunden und einer Gesamtstrecke von 235,2 km zurück. Ergänzt wurden diese Testflüge durch virtuelle Flüge in der freien Software Unity3D GameEngine genutzt. Mit dem in die Software Unity3D geladenen Digitalen Situations Modell (DSM) wurden Flüge für Kurz- und Langstrecke unter Nutzung der verfügbaren Modi in Bezug auf die Wetterverhältnisse simuliert.

Während der Projektlaufzeit erfolgte eine fortlaufende Prüfung möglicher Hersteller von UAS sowie die Abwägung einer Durchführung weiterer Flugtests. Bei den kontaktierten Herstellern wurde ein großes Interesse registriert ein medizinisches UAS-Netzwerk aufzubauen. Aufgrund der weitreichenden Reisebeschränkungen konnten jedoch keine weiteren Testflüge umgesetzt werden.

Die Abstimmung mit den Luftraumnutzern fand wiederholt und erfolgreich statt. Für die Flugtage wurden in Abstimmung mit den rechtlichen Vorgaben sowie ausführlicher Evaluation der Örtlichkeit Flugkorridore definiert und freigegeben. Die Planung der Flugrouten berücksichtigte die rechtlichen Vorgaben zum Betrieb von unbemannten Fluggeräten in §21a und b der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) sowie die Vorgaben aufgrund des technischen Risikos der Hersteller.

Die detaillierten theoretischen Konzepte konnten ergänzend im Juni 2021 in Zusammenarbeit mit der Firma Wingcopter mit dem Drohnenmodell Wingcopter 178 (W178) anhand von unmittelbarer Anwendungserprobung in Testflügen jenseits der Sichtlinie (beyond visual line of sight (BVLOS)) unter Simulationsbedingungen entlang der Strecke Greifswald-Wolgast erprobt werden. Aufgrund von internen Regularien des UAS-Herstellers war ein Flug in direkter Simulation

von Klinik zu Klinik nicht möglich. Die alternative Flugroute führte vom Philipp-Müller-Stadion, Wolgaster Str. 82, 17489 Greifswald zur Moto-Cross Strecke am Zisaberg, 17438 Wolgast. In diesem Kontext erfolgte auch die transfusionsmedizinische Durchführung von Testflügen mit Blutproben.

Arbeitspaket 5: Optimierung Betreibermodelle (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG, Universität Greifswald, Dienstleister Rechtsexperten)

Eine umfassende Blaupause für ein Betreibermodell für medizinische UAS unter Berücksichtigung möglicher Finanzierungskonzepte wurde erstellt. Aufgrund der reduzierten Testflüge konnte für das Betreibermodell bisher keine Prüfung geeigneter Standorte abgeschlossen werden. Die Blaupausen unterliegen auch nach Projektabschluss einer stetigen Überprüfung.

Arbeitspaket 6: Projektmanagement und Verwertung (Projektwoche 1-43; Hauptverantwortlich: UMG)

Eine zentrale Projektkoordination erfolgte über den gesamten Zeitraum des Projektes und umfasste insbesondere

- die stetige Abstimmung zwischen den Projektpartnern
- ein empfängerorientiertes Stakeholdermanagement
- Öffentlichkeitsarbeit und Netzwerkaufgaben
- Projektpartnerübergreifendes Projektmanagement
- Sicherstellung von Konformität mit aus der Pandemie resultierenden Auflagen zu Hygiene, Reiseauflagen, Personalführung und den Auswirkungen auf die Arbeitsplanung.

5 Ergebnisse

Im Laufe des Projektes konnten wesentliche Fortschritte zur Ausarbeitung von rechtlichen Rahmenbedingungen, Einsatzkonzepten und Betreibermodellen zur Vorbereitung einer zeitnahen Erprobung im Echtbetrieb erreicht werden.

Die Ergebnisse lassen sich in drei Clustern zusammenfassen, die die in der Projektlaufzeit herausgearbeiteten Schnittmengen aus den im Antrag definierten Säulen (Challenges) abbilden. Neben der Standardisierung von Versorgungskonzepten, Betreibermodellen und Richtlinien sind die technischen Ergebnisse sowie die spezifischen medizinischen Erkenntnisse separat zu betrachten.

5.1 Standardisierungsbedarfe von Versorgungskonzepten, Betreibermodellen und Richtlinien

Wesentliches Ergebnis der evidenz-basierten Ausarbeitung von Implementierungskonzepten ist der dringende Bedarf nach einer fortlaufenden umfassenden Standardisierung von UAS-Konzepten für die nationalen Nutzung. Mit Abschluss des Projektes liegen umfassende Konzeptentwürfe vor. Diese stehen als separate Dokumente zur Verfügung. Zusammenfassend lassen sich daraus die im Folgenden dargestellten Aspekte hervorheben.

Positionspapier

Im Positionspapier medizinischer UAS-Nutzer wurde der Status Quo der Anwendung innovativer UAS-gestützter Medizinlogistik erhoben, um davon ausgehend eine effiziente Aussteuerung des weiteren Innovationsprozesses zu ermöglichen. Es wurden Innovationsbarrieren identifiziert, die dem standardisierten Einsatz von UAS in der medizinischen Versorgung entgegenstehen und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung aufgezeigt. Diese betreffen das medizinische Versorgungssystem, Richtlinien, technische Ausstattungen sowie die wirtschaftliche Konzeption von Betreibermodellen. Um eine künftige Standardisierung medizinischer UAS zu begünstigen, spricht das Positionspapier Adressaten an, die an einer künftigen UAS-gestützten Regelversorgung beteiligt sein können. Dazu zählen medizinische Anwender, Organisationen der öffentlichen Daseinsvorsorge, Akteure mit Richtlinienkompetenz sowie Institutionen, die innovative und bestehende Technik entwickeln. Ihre Rolle als Stakeholder wird in der nachfolgenden Abb. 6 verdeutlicht, welche die Dimension eines innovativen Versorgungssystems systematisch abbildet.

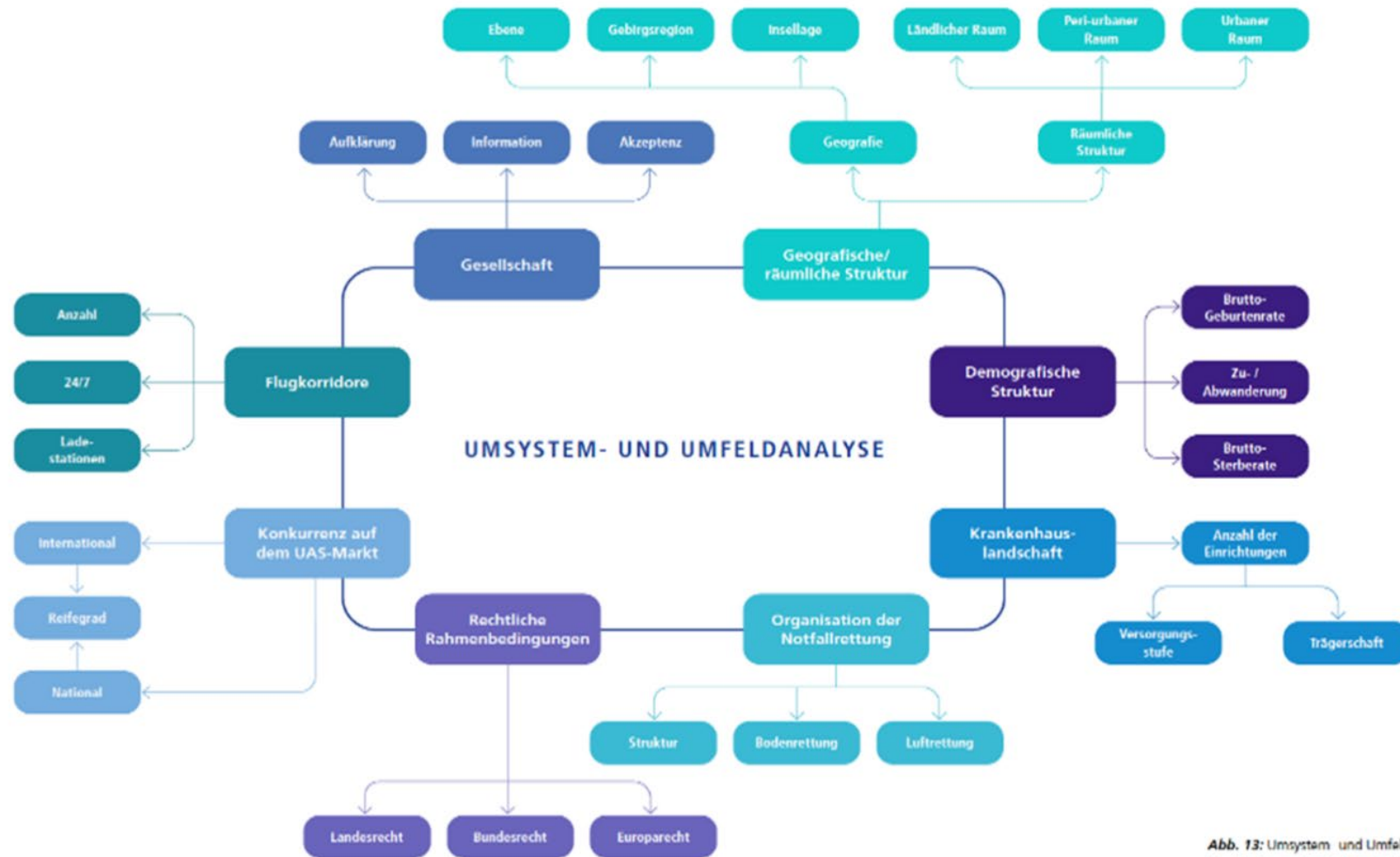


Abb. 13: Umsystem und Umfeldanalyse.
Quelle: Eigene Darstellung (2020).

Abbildung 7: Systemanalyse UAS-Betrieb; Quelle: Baumgarten, M. et al. (im Druck). Unbemannte Flugsysteme in der medizinischen Versorgung. Springer

Die Inhalte des Positionspapiers wurden über die ursprüngliche Arbeitsplanung hinausgehend in einer zusammenfassenden Management Summary sowie einer Kurzversion und einem begleitenden Video aufbereitet (s. [Weiterführende Dokumente](#)). Das Positionspapier steht vor der Veröffentlichung in einem renommierten Wissenschaftsverlag, vorgesehen ist eine Veröffentlichung im März 2022. Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines Expert*innentreffens im Oktober 2021 diskutiert (s. Abschnitt in diesem Kapitel Weitere Ergebnisse aus der Standardentwicklung)

Entwurf Netzwerkkonzept medizinischer UAS-Nutzung

Der Konzeptentwurf stellt den Ansatz bereit, wie es möglich sein kann, für eine ländliche Region (erarbeitet am Beispiel des Landkreises Vorpommern-Greifswald) ein medizinisches Drohnenprogramm zu etablieren, welches sowohl dem Transport von medizinischen Gütern Rechnung trägt als auch den rettungsdienstlichen Kontext und den Bevölkerungsschutz betrachtet. Eine Validierung des Entwurfes konnte aufgrund der pandemiebedingt eingeschränkten Testflüge bisher nicht erfolgen.

Das Entwurfskonzept strebt an, folgende Fragestellungen zu beantworten:

- 1 Wie sollte der Einsatz von Multinotfalldrohnen im Landkreis Vorpommern-Greifswald idealerweise erfolgen?
- 2 Für welche Zwecke sollen die Drohnen eingesetzt werden?
- 3 Welche Voraussetzungen müssen geschaffen werden, um einen Drohnenbetrieb zu etablieren?
- 4 Was müssen die Drohnen technisch im Stande sein zu leisten?
- 5 Wie sollen strategisch sinnvolle Standorte für die Drohnen gefunden werden?
- 6 Welche Stakeholder sollten im „Netzwerk“ eingebunden werden, um die Möglichkeiten der Drohnen bestmöglich zu nutzen?
- 7 Wie kann ein höchstmöglicher Grad an Systemoptimierung für Patienten mit Herz-Kreislaufstillständen im Landkreis erreicht werden?

Nutzungsszenarien von UAS

Herausgearbeitet wurden dafür die vielversprechendsten Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsfälle in denen UAS im Rahmen medizinischer Use-Cases und im Bevölkerungsschutz bereits eingesetzt werden bzw. zukünftig eingesetzt werden können:

1. Nutzen und Anwendung im ambulanten Sektor als ergänzendes oder substituierendes Transportmittel für
 - a. Arzneimitteltransporte zwischen Apotheken und Distributionsstandorten, ambulanten medizinischen Einrichtungen oder Endkunden
 - b. Laborproben transport zwischen medizinischen Einrichtungen und Laboren

2. Nutzen und Anwendung im stationären Sektor
 - a. Versand von medizinischem Material an großen Gesundheitscampus sowie standortübergreifend, z. B. pathologisches Untersuchungsmaterial, Blutproben, Blutprodukte, Medikamente.
 - b. Erweiterung von Rohrpostsystemen an Gesundheitscampus mit Versand von Dokumenten und medizinischen Kleingeräten, z. B. patientennahe Langzeitdiagnostik wie EKG, EEG, Blutdruckmessgeräten
3. Nutzen und Anwendung im Rettungsdienst
 - a. Informationsbeschaffung zur Lageerkundung bei größeren Einsätzen oder unklaren Meldungen im Auftrag der Leitstelle, z. B. bei Brandmeldungen, Verkehrsunfällen mit vielen Beteiligten, unklaren Einsatzorten / Suchflügen
 - b. Zubringen von wichtigen medizinischen Hilfsmitteln oder Medikamenten die größtenteils durch Laien nach kurzer telefonischer Anleitung nutzbar sind, exemplarisch
 - i. Zubringen von AED Geräten beim Herz Kreislaufstillstand
 - ii. Verbandstoffe zur Wundversorgung sowie Wärmedecken bei Hypothermie
 - iii. Autoinjektoren bei schweren Allergien zur Vermeidung eines anaphylaktischen Schocks
 - iv. Asthmaspray bei Asthmaanfall
 - v. Antikonvulsive Medikamente bei epileptischen Anfällen
 - vi. Insulin oder Glucose bei vermuteter Hyper-; oder Hypoglykämie
 - c. Telemedizinische Unterstützung von Ersthelfenden sowie professionellen Helfern in abgelegenen Regionen sowie schwer zugänglichem Gelände, wie beispielsweise auf See, Windrad, Schlucht, Berg, Moor
 - d. Zubringen von medizinischen Materialien für professionelle Helfende, insbesondere
 - i. Blutprodukte beispielsweise für blutende eingeklemmte Personen oder Verschüttete, bei denen eine schnelle Bergung nicht möglich ist.
 - ii. Transport von Blutproben von der Einsatzstelle zur Klinik zur schnelleren Diagnostik, bevor Patient*innen in der Klinik eintreffen
4. Nutzen und Anwendung im Bevölkerungsschutz
 - a. Lageerkundung im Katastrophenfall
 - b. Ausleuchtung von schwer zugänglichen Einsatzstellen
 - c. Schnelle Unterstützung von Kommunikation am Einsatzort via Mikrofon und Lautsprecher
 - d. Gefahrguteinsätze zur Probenentnahme aus der Luft

- e. Personensuche mittels Wärmebildkamera oder Richtmikrofon
- f. Einsatz von Löschdrohnen bei Wald- und Industriebränden
- g. Wasserrettung, Überwachung von Strandabschnitten, Abwurf von Schwimmkörpern, Signalleuchten

Der Konzeptentwurf stellt zudem die mögliche zeitnahe und konkrete Einbindung von zwei Anwendungsfällen in die bestehende Versorgung im Landkreis Vorpommern-Greifswald heraus:

1. AED-Transport als Bestandteil der Rettungskette mit Ersthelfendennetzwerk und Rettungsdienst um das medizinische Out-Come bei Herz-Kreislaufstillständen zu verbessern (s. Abbildung 8)

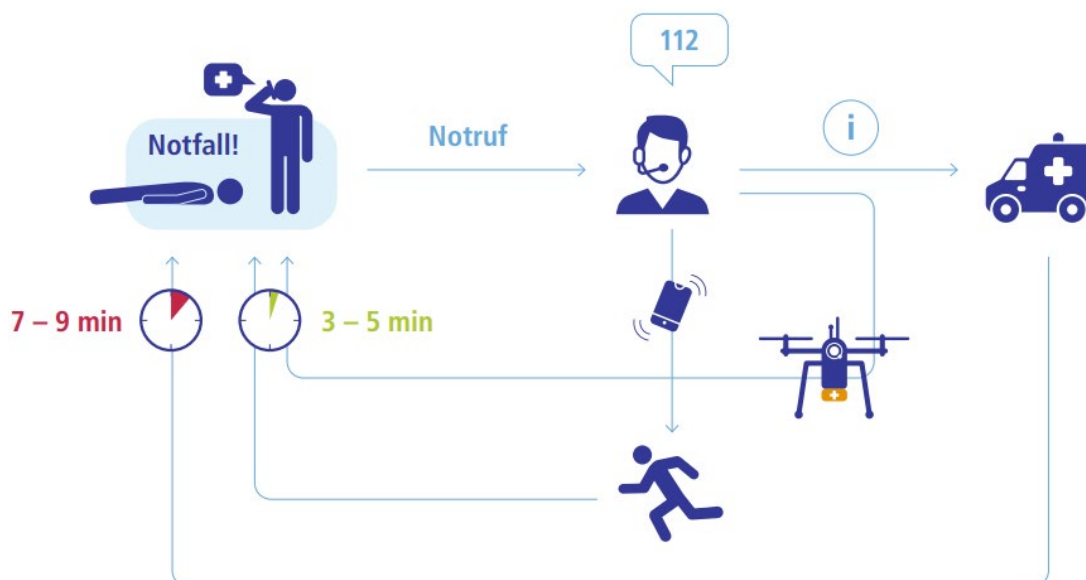


Abbildung 8: Ablauf einer Drohnen- und Ersthelfendenalarmierung; Quelle: Eigene Darstellung

2. Transport von Blutproben im Kontext der gespiegelten Blutbank

Das innovative logistische Verfahren der „gespiegelten Blutbank“ ermöglicht die Versorgung der Patienten mit Erythrozytenkonzentraten (EK) im Regelbetrieb, wie auch in Notfallsituationen, ohne dass ein eigenes immunhämatologisches Labor vorgehalten werden muss. Dies ist in der Versorgung des Kreiskrankenhauses Wolgast durch die UMG bereits umgesetzt. In Greifswald werden die Schlauchsegmente der EK, die für die Verträglichkeitsuntersuchungen genutzt werden, aufbewahrt. Die EK wiederum werden in Wolgast gelagert. Ist im Krankenhaus Wolgast eine Bluttransfusion geplant, z. B. als OP-Vorbereitung, werden die Blutproben mit den entsprechenden Dokumenten vom täglichen Regeltransport nach Greifswald transportiert. In dringlichen Situationen erfolgt ein bodengebundener Notfalltransport der Blutproben.

Projektabschlussbericht 2021
MVL-Challenge

In der UMG werden die Verträglichkeitsuntersuchungen mit den in Frage kommenden Erythrozytenkonzentraten durchgeführt. Die Ergebnisse werden elektronisch nach Wolgast übermittelt. Sollten sich keine Auffälligkeiten ergeben haben, kann nun mit den vorgehaltenen EK in Wolgast direkt mit einer blutgruppenkompatiblen Transfusion begonnen werden.

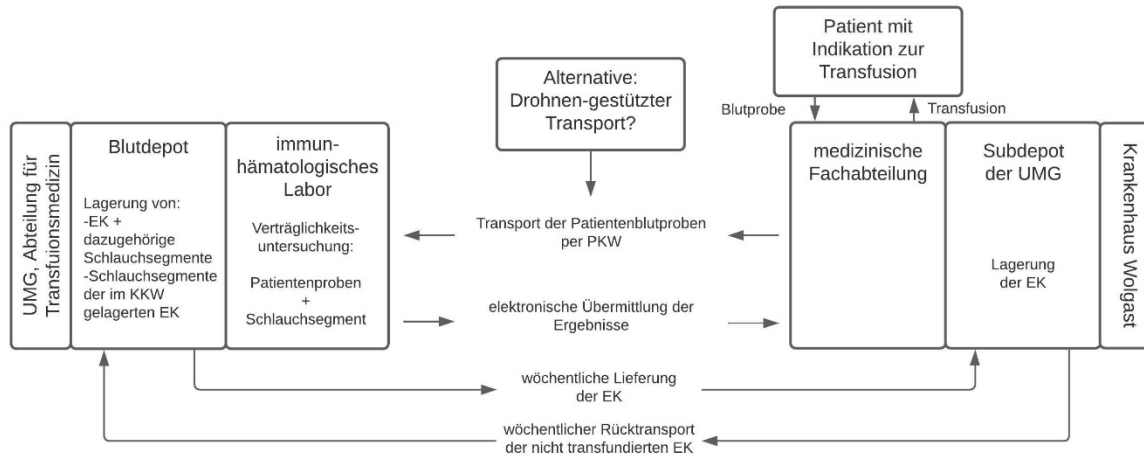


Abbildung 9: Gespiegelte Blutbank als mögliches Einsatzszenario für AUS; Quelle: Eigene Darstellung

Die transfusionsmedizinische Versorgung im Rahmen der gespiegelten Blutbank ist ein attraktives Modell für kleinere Krankenhäuser und ein beispielhaftes Szenario für den mittelfristigen Einsatz von UAS für den Transport von Blutproben. Zumal der ländliche Charakter der Region optimale Bedingungen zur Erprobung neuer Technologien in ausreichendem Abstand zu kritischer Infrastruktur bietet.

Für diese beiden Nutzungsszenarien werden wesentliche Aspekte der Blaupause Betreibermodell und Finanzierungsansätze konkret auf die Region Vorpommern-Greifswald angewendet. Hierbei werden zudem die Ergebnisse aus der Ausarbeitung des Geoinformationssystems sowie des Mustercurriculums für die Pilot*innenschulung berücksichtigt.

Geoinformationssystem zum UAS-Einsatz

Aus den Vorstudien ergibt sich die Anforderung, dass Multinotfalldrohnen nur dann eine sinnvolle Ergänzung sind, wenn diese für Zeitfristen im bestehenden Transport und insbesondere die durchschnittlichen Eintreffzeiten des Rettungsdienstes in der Lage sind zu unterschreiten.

Voraussetzung hierfür ist eine strategische Standortwahl. Als Vorbereitung für ein UAS-Netzwerk mit auf bestehende Strukturen der Notfallversorgung optimierten Standorten, wurde ein Geoinformationssystem (GIS) entwickelt, welches es ermöglichen soll, ein möglichst umfassendes Bild über die aktuelle Versorgung und Ausstattung mit Einrichtungen im Landkreis

Projektabschlussbericht 2021 MVLD-Challenge

Vorpommern-Greifswald zu erhalten und unterversorgte Bereiche, sogenannte „weiße Flecken“ so identifiziert und darstellt, dass eine optische Entscheidungshilfe zur Festlegung von sinnvollen Drohnenstandorten entsteht.

Das System enthält neben den öffentlichen und behördlichen Geodaten unter anderem auch Informationen zur Inzidenz von Herz-Kreislaufstillständen im Landkreis Vorpommern-Greifswald (s. Abbildung 10 und 11).



Abbildung 10: Verhältnis Land|Retter*in und Herz-Kreislaufstillstände, Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS, WebGIS Kartenfunktion

Projektabschlussbericht 2021 MVL-DRONE

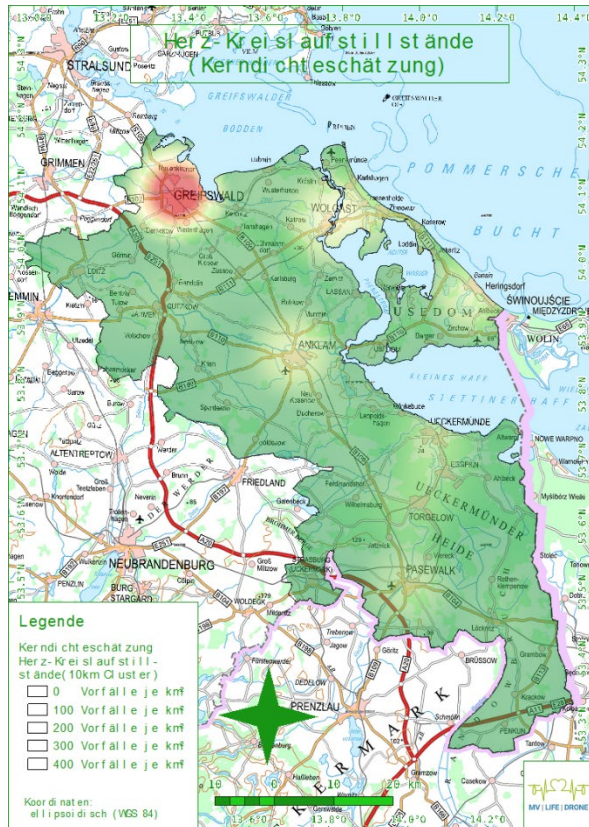


Abbildung 11: Herzkreislaufstillstände (Kerndichteschätzung); Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS, WebGIS Kartenfunktion

Das GIS kann dabei helfen die Einsatzmöglichkeiten der Drohnen realistisch einzuschätzen, da es auch Informationen zu möglichen Hindernissen wie Strommasten und Windrädern, Gefahrenzonen Industrieanlagen, Naturschutzgebieten usw. liefert.

Auch die Vergleichbarkeit, der errechneten Eintreffzeiten zum bodengebundenen Rettungsdienst, soll durch das GIS mittels Isochronen Darstellung möglich sein und eine Einschätzung des möglichen Zeitvorteils im Vergleich zum bodengebundenen Transport liefern. Diese Informationen sind essenziell, um in Zukunft einen Versorgungsvorteil demonstrieren zu können.

Zu diesem Zweck umfasst das GIS Informationen zu Positionen von Rettungs- und Notarztwachen, Rettungstürme der Wasserwacht, Standorten von Krankenhäusern, Standorten vieler stationärer AEDs und deren Verfügbarkeiten sowie die Regionen und Orte wo die meisten alarmierbaren Ersthelfende (Land|Retter*in) im Landkreis Vorpommern-Greifswald gemeldet sind.

Unter Berücksichtigung dieser Daten entsteht dadurch ein Planungsszenario für UAS-Standorte und darauf aufbauend die Möglichkeit zur Berechnung und Darstellung von möglichen Flugrouten unter Berücksichtigung aller rechtlichen und gesetzlichen Vorschriften, besonders unter Beachtung des privilegierten Betriebs durch die Universitätsmedizin Greifswald.



Abbildung 12: Potentielle UAS-Standorte; Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS: Flugplanung

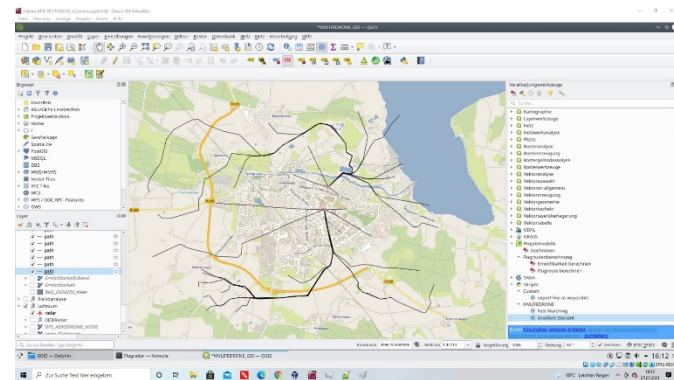


Abbildung 13: QGIS Flugroutenplanung unter Berücksichtigung von Hindernissen oder Verbotszonen; Quelle: Eigene Darstellung Vorabversion GIS: Flugplanung

Vorbereitend für den Einsatz im Echtbetrieb wurden die Anforderungen an die Schnittstellen mit den Systemen der Leitstelle sowie möglicher UAS-Typen definiert.

Mustercurriculum Pilot*innenschulung

Der standardisierte und flächendeckende Einsatz von UAS in der medizinischen Notfallversorgung ist von großem Interesse für BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben), allerdings stellt das bisherige Fehlen eines allgemeingültigen Konzeptes zur Ausbildung von UAS-Fernpiloten die BOS vor große Herausforderungen. Die wenigsten Rettungsdienste verfügen derzeit über die komplexen Kompetenzen, die ein Fernpilot für das Steuern eines UAS, insbesondere bei Flügen außerhalb der Sichtweite (z. B. Transport eines AED zum Einsatzort), mitbringen muss. Qualifiziertes Fachpersonal bildet jedoch die Grundvoraussetzung, um einen UAS-Einsatz unter höchsten Luftsicherheitsansprüchen gewährleisten zu können. Im Projekt wurde ein Konzept entwickelt, welches dazu beitragen soll, ein standardisiertes Ausbildungsverfahren für Fernpilot*innen in komplexen und risikoreicheren Situationen zu etablieren.

Aufbau des Schulungskonzept

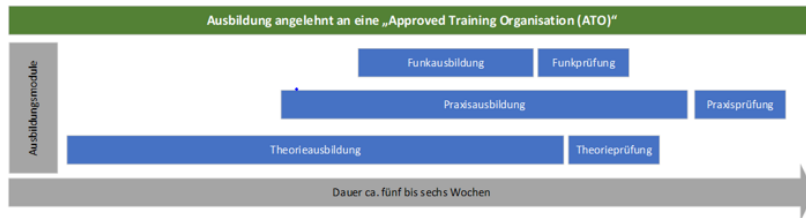


Abbildung 1: Ausbildung für UAS-Fernpiloten in der Kategorie speziell und zulassungspflichtig. Quelle: Eigene Darstellung

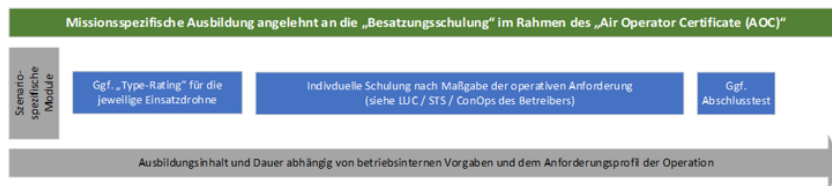


Abbildung 2: Ausbildung für UAS-Fernpiloten in der Kategorie speziell und zulassungspflichtig. Eigene Darstellung.

Schulungsinhalte

- 14 Theorie Themenblöcke (~136 Std)
- 15 Praktische Themengebiete (~56 Std)
- Sprechfunkzeugnis



Zusatz

Drohenspezifische Schulung und Flug-Einweisung durch Operator

Abbildung 14: Übersicht Aufbau des Schulungskonzept UAS-Pilot*innen; Quelle: Eigene Darstellung

Das Konzept umfasst ein Mustercurriculum ebenso wie Abwägungen zu Ausbildungskosten, Finanzierungsansätzen und Überlegungen zur Luftraumgestaltung. Zusammenfassend lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

1. Da UAS-Einsätze in der medizinischen Notfallversorgung, bzw. im Gesundheitswesen allgemein, (fast) ausschließlich in den Kategorien „speziell“ und „zulassungspflichtig“ stattfinden, sollte für diese Kategorien eine standardisierte und professionalisierte Ausbildung für UAS-Fernpiloten (UAS-Berufsfernpilot) eingeführt werden.
2. Die Ausbildung sollte verpflichtend an einer amtlich zugelassenen Ausbildungsorganisation (Flugschule mit ATO) absolviert sowie amtlich geprüft werden.
3. Aus Gründen der Qualität sowie der Kompatibilität mit der restlichen allgemeinen Luftfahrt, sollten die Ausbildungsinhalte an die Berufspilotenausbildung der bemannten Luftfahrt angelehnt sein.
4. Die Ausbildungsinhalte sollten 132 Stunden, einen der Komplexität angepassten Anteil an Theorie, 52 Stunden sowie Praxisstunden enthalten. und ca. 20 Stunden Funksprechzeugnis umfassen. Zu überlegen ist die Einführung eines, speziell für UAS-Fernpiloten, entwickelten Funksprechzeugnisses.
5. Weiterbildungen und Zusatzqualifikationen der UAS-Berufsfernpiloten könnten - ähnlich der Besatzungsschulung in der bemannten Luftfahrt - einsatzspezifisch bei den jeweiligen UAS-Betreibern oder an amtlich zugelassenen Ausbildungsorganisationen erlangt werden.

6. Da die steigende Zahl an UAS ein Sicherheitsproblem für die bemannte Luftfahrt darstellt, sollten UAS-Fernpiloten in ihrer Ausbildung besonders in den unterschiedlichen Möglichkeiten zur Kollisionsvermeidung geschult werden. Dazu gehört das Erlernen von sicherem Routing sowie die verpflichtende Mitführung und der sichere Umgang mit Antikollisions-systemen wie ADS-B, FLARM, o. ä.
7. Bei nicht zeitkritischen medizinischen Versorgungsflügen scheint es empfehlenswert, die operative Kontrolle entweder bei auf Transport o. ä. spezialisierten UAS-Betreibern oder bei Herstellern, die auch als Betreiberunternehmen fungieren, anzusiedeln.
8. Bei zeitkritischen medizinischen Notfalleinsätzen empfiehlt es sich, auf die Expertise, das Netzwerk und die Infrastruktur von Dienstleistern aus dem Flug- und Rettungswesen sowie von integrierten Leitstellen zurückzugreifen und ihnen die operative Kontrolle zu übertragen.

Ausbau Ersthelfendennetzwerk als „Allianz der Lebensrettenden“

Der dritte Teil des Konzeptentwurfs widmet sich der Notwendigkeit und Ausgestaltung eines Ersthelfendennetzwerkes, das das Potenzial, welches Drohnen im Kontext von medizinischen Rettungseinsätzen bieten kann, im vollen Umfang ausnutzt.

Unter Zurückgreifen auf das erfolgreiche Projekt Land|Rettung des Landkreises Vorpommern-Greifswald zusammen mit der Universitätsmedizin Greifswald (Rekrutierung von freiwilligen Ersthelfenden, die bei einem, durch den Notruf, der Leitstelle gemeldeten Herz-Kreislaufstillstandes parallel zum Rettungsdienst per Smartphone-App alarmiert werden) erfolgte eine Prüfung, wie weitere Hilfsorganisationen und Personengruppen in das Netzwerk integriert werden können. Als Grundvoraussetzung wurde folgende Eigenschaften definiert:

- Medizinische Vorbildung (mind. erweiterter Erste-Hilfe-Kurs)
- Alarmierungserfahren / Einsatzerfahren (ist es gewohnt, schnell auf einem Hilfeersuchen zu reagieren)
- mobil und viel im Landkreis unterwegs oder wohnt nicht in einer Stadt im Landkreis
- grundsätzlich körperlich in der Lage Hilfe zu leisten oder dazu ausgebildet
- häufiger Aufenthalt in Bereichen mit vielen Leuten oder Risikogruppen

Basierend auf den festgelegten Grundvoraussetzungen wurden folgende potenzielle Personengruppen identifiziert:

- Mitglieder von Hilfsorganisationen (DRK, ASB, JUH, DLRG), gerade wenn sie hauptberuflich anderen Tätigkeiten nachgehen
- Rettungsdienstmitarbeiter*innen (in der Freizeit)
- Ärzt*innen (in der Freizeit oder aus der Praxis, wenn abkömmlich)

- Pflegepersonal (besonders ambulante mobile Pflegedienste, im ganzen LK unterwegs, Kontakt zu Risikogruppen)
- Polizeibeamt*innen (Im Dienst, aber nicht im Einsatz, z.B. auf Streife im Landkreis, oder Privat → bereits positive Signale für Erweiterung des Konzeptes von der Bundes-, und Landespolizei)
- Feuerwehrleute (Berufsfeuerwehr sowie Freiwillige Feuerwehr)
- Medizinstudent*innen (im klinischen Abschnitt, oder mit med. Vorausbildung)
- Fahrer*innen und Beifahrer*innen von liegend Taxi Unternehmen (häufig hat mind. eine*r eine sanitätsdienstliche oder rettungsdienstliche Ausbildung, sind häufig mit Risikogruppen in Kontakt)
- Soldat*innen (erweiterte Erste-Hilfe-Ausbildung, Wohnen im ganzen Landkreis verteilt, wenn nicht im Dienst)

Im Projektverlauf wurden die jeweiligen Landesverbände der Hilfsorganisationen, die Landesverbände der Feuerwehren, die Landesfeuerwehrärzte, die Landespolizei, die Bundespolizei, Pflegedienste, die Bundeswehr, der Landestaxiverband sowie weitere Berufsgruppen angeschrieben, mit der Bitte, die Voraussetzungen oder Hindernisse zu beschreiben, die sie brauchen oder sehen, wenn sie sich im Ersthelfendennetzwerk engagieren wollten. Von den elf identifizierten potenziellen Interessengruppen meldeten sich zehn mit großem Interesse und überwiegend positiver Resonanz zurück. Aufbauend darauf wurden Online-Meetings und Telefonkonferenzen mit den jeweiligen Ansprechpartner*innen vereinbart. Während der Konferenzen wurde den Interessensgruppe sowohl der Kerngedanke der Drohnenintegration im Kontext der Notfallrettung bei OHCA (out of hospital cardiac arrest) dargelegt, als auch die Notwendigkeit eines professionellen Ersthelfendennetzwerks erläutert. Der Kerngedanke einer Notfalldrohne in Kombination mit einem großangelegten Ersthelfendennetzwerk als Ergänzung der Notfallversorgung wurde von allen Interessengruppe positiv bewertet und als sinnvolle Weiterentwicklung begrüßt. Die Vertreter*innen der jeweiligen Interessengruppen haben für die Erweiterung des Ersthelfendennetzwerks und darüber hinaus für die erfolgreiche Umsetzung einer Notfalldrohne in die Regelversorgung ihre Unterstützung angeboten. Da die Teilnahme im Netzwerk der Land|rettung auf freiwilliger und ehrenamtlicher Basis erfolgt, wurde die Notwendigkeit gesehen zuvor spezielle Voraussetzungen zu schaffen, die alle Interessengruppen vereint. In allen Interessengruppen fanden sich mehrere Personen, die sofort an einer Teilnahme interessiert waren und sich registrieren lassen möchten. Neben dem positiven Feedback zeigte sich jedoch, dass einige Unsicherheiten und Ängste in Bezug auf Versicherungs- und Haftungsfragen am oder auf dem Weg zum Einsatzort bestehen. Insbesondere im Umgang mit der Drohne, einem nicht angenommenen Notruf über die App der Land|rettung oder bei potenziellen Behandlungsfehlern durch Ersthelfende mit hoher Qualifikation. Es ergab

sich der Bedarf nach Informationsveranstaltungen und Aufklärungsarbeit seitens des Projektes Land|Rettung, um die bestehenden Unsicherheiten abzubauen und so die Bereitschaft zu einer Teilnahme in dem Ersthelfendennetzwerk zu steigern. In diesem Kontext muss zukünftig auch der Umgang und Versicherungsfragen die Drohne betreffend mitgedacht werden. Ein weiterer Punkt, der vermehrt angesprochen wurde, betrifft die Bedienung bzw. die korrekte Anwendung eines AEDs. Die Mehrheit der Vertreter*innen und Mitglieder der identifizierten Interessengruppen haben trotz medizinischer Vorbildung entweder keine praktische Erfahrung im Umgang mit einem AED oder äußerten den Wunsch nach Auffrischung der Kenntnisse. Die daraus resultierende Unsicherheit kann im Rahmen von Schulungen seitens der Land|Retter*innen abgebaut werden, indem alle registrierten Ersthelfenden in die Verwendung eines AED und dem zukünftigen Umgang mit der Drohne eingewiesen werden. Ein technisches Hindernis, das bereits vor den Gesprächen bekannt war, aber oft kritisch angemerkt wurde und sowohl die Drohnensteuerung als auch die Nutzung der Land|Rettung-App beeinflusst, ist die schlechte Netzabdeckung im ländlichen Raum. Dies erschwert die Nutzung der App und macht daher eine Nutzung im schlimmsten Falle unmöglich. Ein Punkt, der von nahezu allen Interessengruppen angesprochen wurde und der für die zukünftige Ausweitung des Projekts MV|LIFE|DRONE und damit verbunden auch für das Ersthelfendennetzwerk der Land|Rettung großes Potenzial birgt, ist die in der aktuellen Projektphase bestehende Einschränkung auf den Landkreis Vorpommern-Greifswald. Vor allem die Ansprechpersonen der Hilfsorganisationen haben bereits zum aktuellen Zeitpunkt eine große Zahl freiwilliger Mitglieder, die sich sofort am Ersthelfendennetzwerk beteiligen möchten, die aber in anderen Landkreisen des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern verortet sind. Zudem ergeben sich je nach Interessengruppen noch einige spezifische Hürden, die es zu bewältigen gilt. Im Falle von Bundeswehrsoldaten ist die Freistellung vom aktiven Dienst bei Eingang eines Notrufs aktuell nicht realisierbar. Im Rahmen von zivilen Großveranstaltungen, bei denen die Bundeswehr beteiligt ist und in der Freizeit der Soldat*innen stellt die individuelle Beteiligung am Netzwerk jedoch kein Problem dar. Für Beamt*innen der Bundes- und Landespolizei wird die Möglichkeit auch während ihrer Dienstzeiten als Land|Retter*in zu fungieren geprüft. Besondere Einschränkung ist jedoch hierbei, dass die Beamt*innen während gesonderten Einsätzen in der App nicht ortbar sein dürften. Die Pflegekräfte der ambulanten Pflegedienste im Landkreis Vorpommern-Greifswald, befinden sich laut Aussage des BAD e.V. in ständiger Rufbereitschaft und sind mobil im gesamten Landkreis auch am Wochenende unterwegs. Für eine Einbindung in das Ersthelfendennetzwerk der Land|Rettung wäre das eine ideale Voraussetzung. Bei der praktischen Umsetzung muss jedoch bedacht werden, dass ambulante Pflegekräfte bedingt durch ihren Arbeitsrhythmus unter zeitlichem Druck stehen und eine Beteiligung am Ersthelfendennetzwerk eine zusätzliche Belastung darstellt. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, zukünftig für Anreize zu sorgen, um die Teilnahme am Netzwerk attraktiver zu gestalten. Vom DRK gab

es hierzu Vorschläge für lokale Vergünstigungen oder spezielle Angebote für Mitglieder in der Region.

Weitere in Frage kommende Personengruppen, die zukünftig ins Ersthelfendennetzwerk eingebunden werden sollten, um eine möglichst hohe Abdeckung mobiler Ersthelfenden sicherzustellen, sind beispielsweise Bademeister*innen, Physiotherapeut*innen, Flugbegleiter*innen, Lehrer*innen, Erzieher*innen, LKW-Fahrer*innen und weitere. Alle diese Berufe sind gesetzlich verpflichtet eine Ausbildung in der erweiterten Ersten Hilfe vorzuweisen. Durch die Einbindung der identifizierten Personengruppen in ein gut organisiertes Ersthelfendennetzwerk und die schnelle Transportmöglichkeit, über die eine medizinische Drohne verfügt, kann eine Verbesserung der notfallmedizinischen Versorgung sichergestellt werden.

Spezifische Anforderungen für ein regionales Multinotfalldrohnen-Netzwerk

Neben der reinen Beteiligung am Netzwerk der Land|Rettung ergaben sich durch den intensiven Austausch mit den teilweise sehr heterogenen Interessengruppe auch ergänzende Sichtweisen für das Drohnennetzwerk. Aus dem Gespräch mit Vertretenden der Bundeswehr lassen sich zukünftige Kooperationsansätze ableiten, um die medizinische Versorgung auf den Truppenübungsplätzen der Bundeswehr zu optimieren und Erste-Hilfe-Maßnahmen zu beschleunigen. Da es sich bei Einsätzen im Luftraum der Bundeswehr um speziell geschützte Bereiche handelt, ist es für diesen Zweck zwingend notwendig den Drohnenbetrieb als privilegierter Betreiber zu führen. Durch das spezielle Behördenprivileg ist ein Flug in militärischen Sicherheitszonen mit einer vorangegangenen Absprache mit der Bundeswehr möglich.

Durch die Bundespolizei fand eine Sensibilisierung hinsichtlich der Themen Sicherheit und Schutz vor unbefugtem Zugriff durch Dritte statt. Bei der Platzierung von Drohnenports und den dazugehörigen Notfalldrohnen ist es essenziell, dahingehend einen angemessenen Schutz sicherzustellen. Neben dem Schutz vor Diebstahl, muss auch die Sicherheit vor Hackerangriffen, in einer fortschreitend digitalisierten Umwelt, eine hohe Priorität einnehmen. Die Bundespolizei bietet für diese Sicherheitsaspekte ihre Kooperation an.

Aus den Erfahrungsberichten der Johanniter-Unfall-Hilfe e.V. und deren Drohnenstaffel, die bisher vorrangig zur Vermisstensuche verwendet wird, wurde noch einmal deutlich, dass die gesetzliche Kennzeichnung der Drohnen im Luftraum mittels eines farbigen LED-Leuchtmittels nicht ausreichend ist. Die verwendeten Drohnen müssen für die Verwendung in der Regelfversorgung für andere Flugteilnehmer*innen elektronisch sichtbar sein, um Kollisionen zu verhindern.

Der nachhaltige Betrieb eines Multidrohnennetzwerkes erfordert zudem die Weiterentwicklung sowie Neuentwicklung einer Reihe von Berufsbildern. Notwendig ist die Bereitstellung von

qualifiziertem Fachpersonal zur Durchführung jeglicher Handlungen, welche für die Betriebsbereitschaft und für das operative Tagesgeschäft der medizinischen UAS-Transportleistung notwendig sind. Die für die Disposition, Steuerung und Nutzung im medizinischen Einsatz erforderlichen Skills machen eine Schulung von Personal in Leitstellen, Rettungsdienst und Klinik in dieser und anderen innovativen Technologien erforderlich. Abbildung 15 zeigt eine Übersicht von Berufsbildern im Netzwerk und den jeweils erforderlichen Kompetenzen und Fähigkeiten.



Abbildung 15: Erforderliche professionelle Kompetenzen im Multinotfalldrohnenetzwerk, Quelle: Eigene Darstellung

Erfassung und Wartung von stationären AEDs und Projekt „AED-Patenschaft“

Wie in Vorstudien identifiziert hängen die Verfügbarkeiten von öffentlich zugänglichen AEDs stark vom Standort und der Tageszeit ab. Ergänzend zur ursprünglichen Arbeitsplanung erfolgte im Projekt die Abstimmung mit den führenden Betreibern von Defikatastern in Deutschland, dem Definetz e.V. und dem durch den ASB vertretenen Ableger von Hamburg Schockt MV-Schockt, um die Verfügbarkeit stationärer AEDs möglichst umfassend abzubilden.



Abbildung 16: Logo Initiative AED Patenschaft und beteiligte Organisationen; Quelle: AED Patenschaft

Gemeinsam mit dem ASB LV M-V und dem Landkreis Vorpommern-Greifswald wurde darüber hinaus begonnen die Datenbanken zu vereinheitlichen und noch nicht erfasste AEDs zu kategorisieren, um ein möglichst umfassendes Bild der aktuellen Situation zu bekommen. Im Rahmen dieser Recherche wurde festgestellt, dass in den letzten Jahren viele AEDs im Rahmen verschiedenster Initiativen und Förderungen von Organisationen, Betrieben und Vereinen beschafft wurden, welche jedoch häufig nur für einen kleinen Personenkreis zu bestimmten Zeiten zugänglich sind und darüber hinaus Wartungsmängel und fehlendes Zubehör aufweisen. Dadurch kann es dazu kommen, dass die AEDs im Notfall nicht richtig funktionieren. Als Ergebnis wurde gemeinsam mit ASB Landesverband M-V und dem Eigenbetrieb Rettungsdienst des Landkreises Vorpommern-Greifswald die „AED-Patenschaft“-Initiative gegründet, um Sichtbarkeit, Pflege und Verfügbarkeit von AEDs zu steigern. Die AED-Patenschaft erweitert die Möglichkeiten des ehrenamtlichen Engagements für Land|Retter, in dem diese die Pflege und Verantwortung für einen stationären AED übernehmen und dabei gleichzeitig die Sichtbarkeit eines potenziellen zukünftigen Arbeitsgerätes für die Alarmierungssituation steigern. Seit Vorstellung der Initiative am 20.09.2021 wurde mit der Rekrutierung von AED-Pat*innen begonnen.

Blaupause Betreibermodell und Finanzierungskonzept

Die erarbeitete Blaupause dient als Hilfe zur langfristigen Etablierung des Einsatzes von UAS in der Gesundheitsversorgung und richtet sich an Einrichtungen und Organisationen, die beabsichtigen, eine solche Innovation in ihre eigene Leistungserstellung zu implementieren. Hierbei ist das Spektrum möglicher Anwender*innen breit. In Betracht kommen insbesondere Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, akutmedizinischen Einrichtungen und sonstige Marktteilnehmer, die eine unmittelbare oder auch nur mittelbare Verbindung zum Gesundheitswesen aufweisen.

Erarbeitet wurde eine Praxishilfe, die potenziellen Betreiber*innen von Drohnen im Gesundheitswesen aufgezeigt, welche Schritte für eine Etablierung und einen langfristigen Betrieb

essenziell sind. Die Schwerpunkte der Ausführungen liegen auf der Vereinbarkeit mit den rechtlichen Rahmenbedingungen (Kapitel 2: Rechtliche Rahmenbedingungen der Blaupause Betreibermodelle) und der Bewerkstellung der erforderlichen Finanzierung (Kapitel 4: Finanzierung der Blaupause Betreibermodelle), sodass ein wirtschaftlich tragfähiger Betrieb (Kapitel 5: Konzeptionelle Entwicklung des Betriebs der Blaupause Betreibermodelle) etabliert werden kann, der einen Mehrwert für den jeweiligen Bereich der Gesundheitsversorgung darstellt. Vorangestellt ist eine umfassende Anleitung für die Umsystem- und Umfeldanalyse (Kapitel 3: Umsystem- und Umfeldanalyse der Blaupause Betreibermodelle). Die Ausführungen werden durch Textboxen ergänzt. Diese beinhalten Praxistipps und dienen als Umsetzungshilfe. Zusätzlich sind am Ende jedes Kapitels Checklisten aufgeführt, die einen kompakten Überblick über die erforderlichen Prozessschritte geben.

Ausführungen zur Finanzierung betreffen die Erörterung der Make or Buy-Entscheidung hinsichtlich medizinlogistischer Leistungen mit Bezug auf UAS. Zudem werden Kosten sowie Finanzierungsmöglichkeiten des UAS-Betriebs im deutschen Gesundheitswesen erörtert. Die in der Blaupause erfolgende konzeptionelle Entwicklung eines medizinischen UAS-Betriebs umfasst den Betriebsaufbau, darunter insbesondere die wichtige Kommunikation mit Stakeholdern, insbesondere den relevanten Behörden. Zudem wird auf Zielkonzeption, Rechtsformen und Standortwahl eingegangen. Abschnitte zur Betriebsbereitschaft und der operativen Betriebsführung beschreiben unter anderem Produktionsfaktoren UAS-gestützter Medizinlogistik, die nötige Schnittstellenintegration zu bestehenden Logistiksystemen, Leistungsbeschreibungen und Qualitätsmanagementsystemen. Abbildung 17 stellt diese und weitere wesentliche Prozesse, die sich aus dem Managementprozess in künftigen UAS-Betrieben ergeben dar.

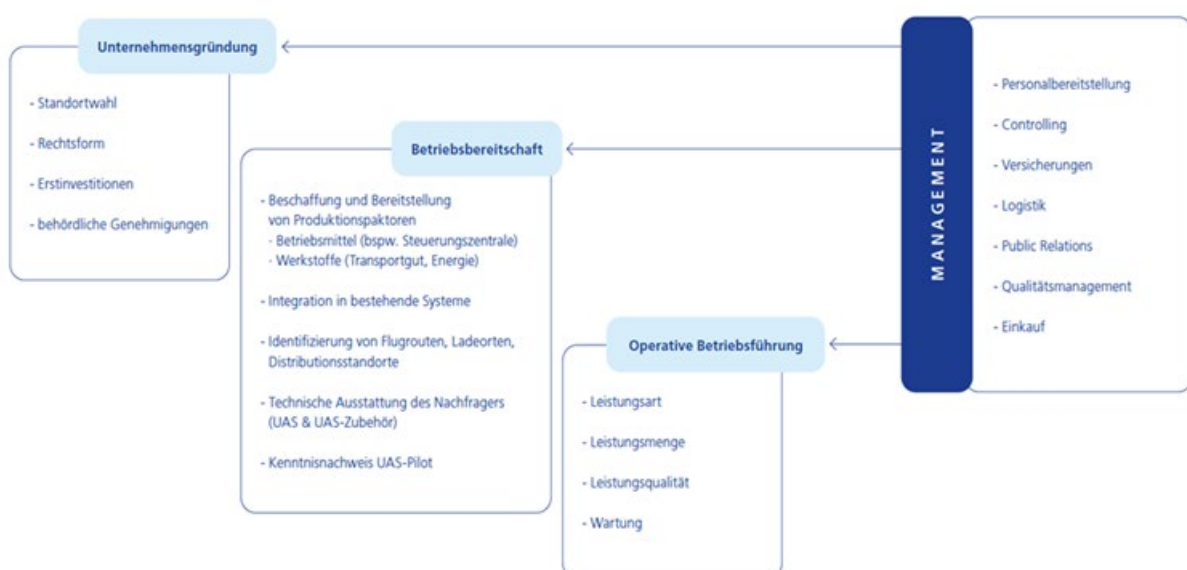


Abbildung 17: Managementaufgaben für Betreiber medizinische AUS; Baumgarten, M. et al. (im Druck). Unbemannte Flugsysteme in der medizinischen Versorgung. Springer

Weitere Ergebnisse aus der Standardentwicklung

Die Konzeptentwürfe wurden in fortlaufenden Arbeitstreffen mit Expert*innen diskutiert. Abbildung 18 und 19 fassen dabei die Einschätzung der Expert*innen beim Fachgespräch am 16. August 2021 hinsichtlich wichtigster Anwendungsfälle und wichtigster Umsetzungshindernisse. Auf beide Aspekte gehen Konzepte und insbesondere das Positionspapier detailliert ein.



Abbildung 18: Was sind die wichtigsten medizinischen Anwendungsfelder für UAS



Abbildung 19: Was halten Sie für das größte Hindernis für den flächendeckenden Echtbetrieb von medizinischen UAS?

Quelle: Umfrage im Rahmen des Fachgesprächs am 16.08.2021, eigene Darstellung.

5.2 Technische Evaluation der Testflüge und Simulationsszenarien

Die Durchführung von Testflügen erfolgte zum einen mit einem Octocopter durch die Hochschule Neubrandenburg (Förderung Land MV), zum anderen mit einem VTOL in Partnerschaft mit dem UAS-Hersteller Wingcopter. Die virtuelle Simulation erfolgte ebenfalls durch die Hochschule Neubrandenburg (Förderung Land MV).

Ergebnisse Testflüge Octocopter und virtuelle Simulationen

Die Ergebnisse der Hochschule Neubrandenburg sind in einem separaten Abschlussbericht für das Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern detailliert dargestellt. Für das übergeordnete Projekt sind dabei folgende zusammenfassende Ergebnisse herauszustellen:

Der getestete Octocopter eignet sich nicht zum Langstreckentransport von Blutproben. Ein Transport von Rohrpostkartuschen (RPK) mit Ladung (Gewicht 1580g) musste trotz ausgewiesener maximaler Payload von 4 kg aufgrund eines kritisch erhöhten Stromverbrauchs sowie abruptem Abfall der Batteriespannung und des Akkustandes aus Sicherheitsgründen abgebrochen werden. In einem dreiminütigen Flug besaß das UAS eine instabile Fluglage und wies eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Winden aus. Diese Auswertung und Verbesserung der Flugleistung des UAS mit RPK erfolgte in direkter Zusammenarbeit mit dem Hersteller, führte aber zu keiner positiven konkreten Verbesserung.

Das Prüfprotokoll aus den Testflügen ergab darüber hinaus:

1. Der Drehflügler erreicht sicher nur Flugziele in maximaler Entfernung bis 10 km.
2. Die Leistungsparameter sind extrem von dem Payload abhängig.
3. Die Herstellerangaben sind bzgl. Parameter Ladung/Energie kritisch zu prüfen.
4. Die Leistungsparameter sind auch von der Geometrie des Transportbehälters abhängig.
5. Eine Kapselung der elektronischen Komponenten ist Voraussetzung für eine IP-Schutzklasse (Schutz gegen Fremdkörper/ Schutz gegen Wasser) und damit für einen 24/7-Dauerbetrieb geeignet.
6. Aktuelle UAS-Typen sind fehler- und verschleißanfällig.
7. Ein händischer Akkuwechsel ist umständlich, eine automatisierte Ladestation Verfügung wünschenswert.
8. Eine Software-Schnittstelle für eine automatisierten Einbindung in den Flugbetrieb ist dringlich erforderlich.
9. In MV bestehen erhebliche Lücken in der Datenverbindung. Eine stabile Datenverbindung muss während des Fluges jederzeit gewährleistet sein.

Ergebnisse Testflüge mit VTOL

In der Zeit vom 08. Juni – 11. Juni 2021 wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Wingcopter mit dem UAS-Typ Wingcopter Drohne (W178) insgesamt 24 Flüge auf der Teststrecke durchgeführt. Die jeweilige Flugroute betrug zwischen 26,6 km und 26,9 km. Hinzu kamen kürzere Flüge zur technischen Validierung.

An allen Flugtagen waren zunächst ausführliche technische Prüfungen des UAS und kurze BVLOS Sequenzen erforderlich, um die Einsatzbereitschaft sicherzustellen und bspw. Transport- und Montageschäden auszuschließen. Im Anschluss erfolgten die Flüge über die gesamte Distanz und mit überwiegend kurzer Zwischenlandung am Start-/ Landeort in Wolgast.

Die Flugzeiten für die einfache Strecke, gemessen als Startzeitpunkt des UAS bei Abheben bis Landung, variierten dabei zwischen 00:16:34 und 00:23:43. Im Mittelwert betrug die Flugzeit für die einfache Strecke 00:19:46. In Hinblick auf ein Szenario in dem bspw. zum Proben-transport vom Unfallort ein UAS zum Ausgangspunkt zurückkehrt, erfolgte die Auswertung der Gesamtflugdauer inklusive der technischen Checks bei der Zwischenlandung (Durchschnittliche Dauer der Zwischenchecks 00:02:55). Die Flugzeiten für die Gesamtstrecke variierten dabei zwischen 00:38:27 und 00:40:52. Etwaige Ladezeiten des Transportgutes wurden nicht erhoben, es ist jedoch davon auszugehen, dass diese nur wenige Minuten zur Flugzeit hinzufügen.

Diese Flugzeiten geben erste Hinweise auf einen Zeitvorteil gegenüber dem bodengebundenen Transport. Die errechneten Fahrzeiten von zwei gängigen Routenplanungssystemen (Apple Karten und Google Maps) betragen 32 Minuten (Apple) und 33 Minuten (Google). Die errechnete reine Fahrzeit von Greifswald nach Wolgast und zurück würde 60 bzw. 62 Minuten betragen. Nichtbeachtet sind dabei die Zeiten, die beim Fahrzeug für die Logistik des Transportgutes berücksichtigt werden müssen, zudem kommen Alarmierungszeiten für den bodengebundenen Transport hinzu. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind die Veränderungen der Eintreffzeiten durch die Verwendung von Sonder- und Wegerechten durch den Labortransport. Nimmt man einen Faktor von 15% (vgl. Steinvooord, M., 2012) bei der Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit bei der Nutzung von Sonder- und Wegerechten an, also einer Verringerung der reinen Fahrzeit für die Strecke von Greifswald nach Wolgast und zurück, bleibt ein geringerer Zeitvorteil des UAS dennoch bestehen.

Im Rahmen der Flugwoche wurden die simulierten Ausrückzeiten, definiert als die Zeit von Alarmierung bis zum Wechsel in den Streckenflug-Modus erhoben. Die durchschnittliche Alarmierungszeit betrug 0:01:27. Hierbei gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass diese im Kontext eines in Einsatzbereitschaft stehenden Teams und vorbereiteter Technik erreicht wurde. Ein abschließender Vergleich mit durchschnittlichen Ausrückzeiten von RTW oder Regeltransport ist auf Basis dieser Daten daher zum aktuellen Zeitpunkt nicht möglich, die Ausrückzeit ist grundsätzlich jedoch als zufriedenstellend zu bewerten.

Zur abschließenden Beurteilung der Zeitvorteile sind Testflüge über mehrere Monate unter Realbedingungen zwingend erforderlich.

Ergänzend zu den Flugzeiten erfolgte im Rahmen der Flugwoche die Testung des UAS Traffic Management System (UTM) der Droniq GmbH. Basierend auf Mobilfunktechnologie wurde erprobt, wie UAS sicher und nachhaltig in den Luftraum integriert und Flüge außerhalb der Sichtweite ermöglicht werden können. Der Nutzen der Technologie konnte erfolgreich nach-

gewiesen werden. Es zeigte sich jedoch eine Schwachstelle, in der Schnittstelle mit dem Rettungsflug bei am Boden befindlichem Helikopter. Für diesen waren in der Luft befindliche UAS nicht uneingeschränkt sichtbar. Hier sind eine Prozessanpassung und technische Optimierung erforderlich.



Abbildung 20: Unterstützung der Flugsicherheit durch Droniq-Modul; Quelle: Droniq-Software, MVLD-C

Im Laufe der Testflüge traten folgende Probleme auf, die perspektivisch die Verlässlichkeit im Einsatz limitieren:

- geringfügiges Verrutschen des Transportgutes (Rohrpostkartusche) führt durch entstehende Unwucht zu Instabilität des UAS
- Verbindungsfehler aufgrund von Netzwerkabbrüchen am Landeort
- Windstärken über Toleranz des UAS
- Kapazität des Akkus erlaubt aktuell keine größeren Entfernungen als 60 km für einen sicheren Flug.

Gerade das schwer zu kontrollierende Flugverhalten bei leichtem Verrutschen der Ladung muss in Hinblick auf den Transport von größeren Flüssigkeitsmengen, wie das bei Blutkonserven (250-300 ml/ Blutkonserve) der Fall sein kann, kritisch diskutiert werden.

5.3 Ergebnisse labormedizinische Evaluation

Durch die Testflüge konnte die Eignung eines UAS-Transports für die Beförderung von Blutproben im Rahmen von transfusionsmedizinischen Fragestellungen beurteilt werden.

Für eine wirksame Nutzung von UAS in der Patientenversorgung der UMG und verbundenen Kliniken ist eine Anbindung für Abflug und Landung erforderlich, die kurze Wege zum Empfänger realisiert. Von den bestehenden innerklinischen Logistiksystemen wurde das Rohrpostsystem dafür als am geeignetsten identifiziert. Der Transportbehälter, der im Rohrpostsystem eingesetzt wird, die Rohrpostkartusche (RPK), ist im Rahmen des Projektes auch als Transportbehälter für den Drohnen-Transport qualifiziert worden. Ein Temperatur-isolierender Einsatz, der eine feste Fixierung für die Proben bietet, wurde entwickelt und erfolgreich überprüft.

Bei einer Außentemperatur von $< -17^{\circ}\text{C}$ fiel die Innentemperatur von $22,6^{\circ}\text{C}$ nach 67 Minuten auf 2°C (Abb. 19).

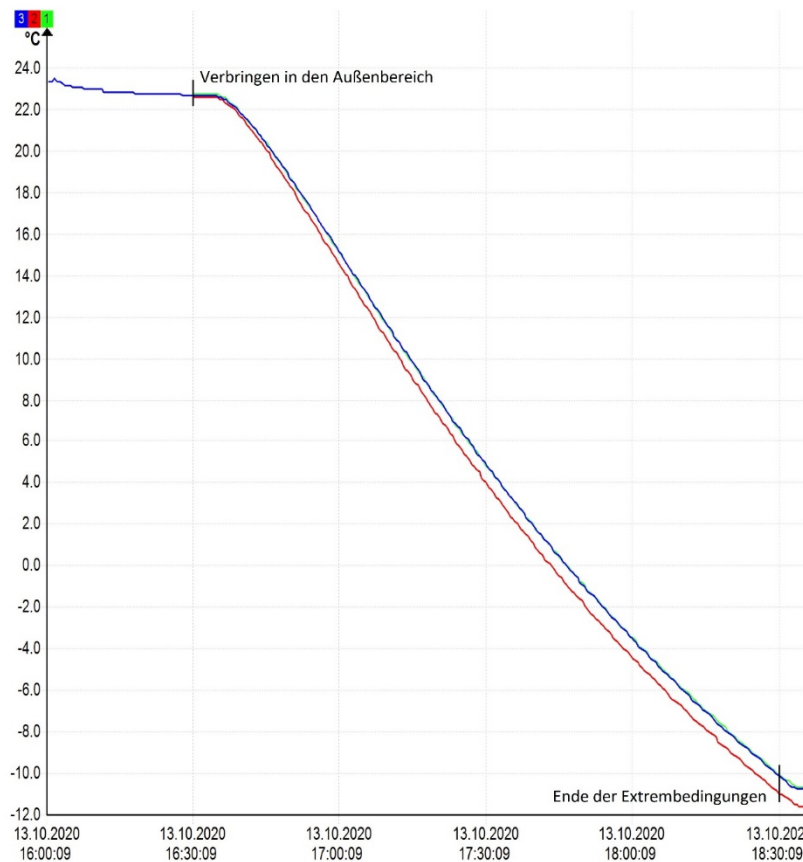


Abbildung 21: Veränderungen des Blutes in Transportbox mit Isolierung; Quelle: Eigene Darstellung

Zur Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an den Transport von Blutproben werden die Probenröhrchen zuerst einzeln in Umverpackungen mit saugfähigem Einsatz gegeben. Von diesen können nun bis zu sechs Stück fest in dem Temperatur-isolierenden Einsatz platziert werden, welcher in die RPK gegeben wird. Damit werden die Vorgaben von UN 3373 für den Transport von ansteckungsgefährlichen Stoffen der Kategorie B nach dem europäischen Übereinkommen zur internationalen Beförderung von gefährlichen Gütern auf der Straße (ADR) erfüllt (Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 14 2019, S. 2-102, S. 3-401, S. 3-290, S. 4-105f.). Der Transport von Blutprodukten im klinikinternen Rohrpostsystems erfolgt mit einer niedrigen Geschwindigkeit von 2 m/s. Damit die Kartusche nicht „stecken bleibt“, darf die Nutzlast 2 kg nicht überschreiten, was deutlich unter der Nutzlast der Drohnen liegt (aktuell 4-6 kg). Die Kartusche inklusive des Isoliermaterials und maximaler Blutprobenzahl wiegt 1,65 kg. Die Anforderung konnte erfüllt werden.

Aufbauend auf den positiven Erfahrungen des Vorgängerprojekts MV|LIFE|Drone-Pilot und der nominellen Erfüllung der gestellten Kriterien, wurde die Drohne des Anbieters Globe-UAV für die ersten Testflüge ausgewählt. Ein Tragemechanismus für die Rohrpostkartusche wurde

an der Drohne angebracht. Entsprechend des Validierungsplanes wurden die Testflüge vorbereitet. Wenige Minuten nach dem Start musste der Flug abgebrochen werden. Die Drohne erwies sich als nicht leistungsfähig genug. Eine Umrüstung ohne Erfolgsgarantie wurde durch den Hersteller angeboten, aber aufgrund der Budgetbelastung gemeinsam von allen Projektpartnern abgelehnt. Es wurde ein neuer Drohnenpartner gesucht.

Während der Flugtage im Juni 2021 wurden 22 Proben durchschnittlich 102,53 km und 71,5 Minuten bewegt. Dabei wurden jeweils 5-6 Blutprobenröhrchen gleichzeitig mit dem UAS transportiert.

Aus 12 Proben wurde eine Blutgruppenbestimmung durchgeführt (AB0, Rhesusformel, Kell). Die Ergebnisse waren identisch mit denen der Kontrollproben (Tabelle 1). Weiterhin sollte nachgewiesen werden, dass erythrozytäre Antikörper im Plasma der Patienten uneingeschränkt nachweisbar bleiben. Die insgesamt 9 künstlichen Vollblutproben und eine Plasmaprobe wurden mit beiden an der UMG verfügbaren immunhämatologischen Techniken (Capture® und Gelkarte) zur Antikörpersuche untersucht. Es entstand durch den Drohnen-Transport kein falsch positives oder falsch negatives Testergebnis. Bei 9 der 10 Proben mit bekannten erythrozytären Antikörpern wurde zusätzlich der Titer der Antikörper untersucht, um einen Einfluss auf die Sensitivität der Untersuchung zu prüfen. Dabei wurde bei einer Probe eine Abnahme des Antikörper-Titers nach dem Drohnen-Transport festgestellt. Weiterhin zeigte eine Probe nach den Testflügen eine sichtbare Hämolyse.

	Untersuchte Proben, Vollblut n=21, Plasma n=1	Diskre- pante/ auffällige Ergeb- nisse	Relative Häufig- keit
Blutgruppenmerkmal AB0	12	0	0 %
Blutgruppenmerkmal Rhesus	12	0	0 %
Blutgruppenmerkmal Kell	12	0	0 %
Antikörpersuche (Capture-Verfahren)	22	0	0 %
Antikörpersuche (Gelkartenmethode)	10	0	0 %
Antikörper-Titerbestimmung	9	1	11,11 %
Hämolyse	21	1	4,76 %

Abbildung 22: Ergebnisse der immunhämatologischen Untersuchungen vor und nach dem Transport der Proben mit der Drohne; Quelle: Eigene Darstellung

Die Machbarkeit eines Drohnen-Transports von Blutprodukten (bspw. Erythrozytenkonzentrate) wurde ergänzend diskutiert. Die Abteilung für Transfusionsmedizin der UMG schlug einen für den Lufttransport auf dem Rettungshelikopter validierten Transportbehälter für Blutkonserven vor. Aktuell ist den Projektpartnern jedoch keine Drohne zugänglich, die die Nutzlast von

über 8 kg transportieren kann. Eine Entwicklung einer alternativen Transportbox mit Projektpartnern war nicht möglich. Die Erprobung eines Drohnen-Transports von Blutprodukten bleibt eine Herausforderung für Folgeprojekte.

6 Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung

Zielsetzung des Projektes war die Ausarbeitung von übertragbaren Implementierungsalgorithmen und deren Anwendungserprobung in Testflügen jenseits der Sichtlinie entlang einer Teststrecke.

Zusammengefasst konnten in allen Säulen des Projektes umfassende Projektergebnisse erzielt werden (Abbildung 23).

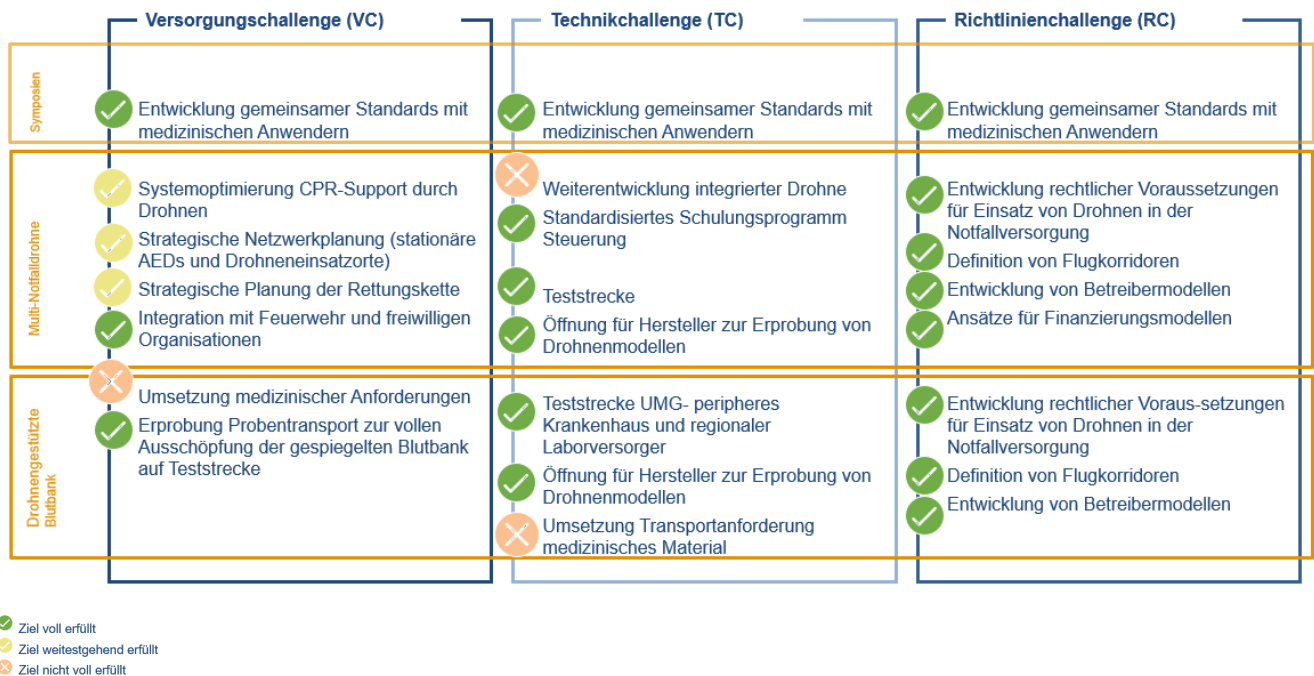


Abbildung 23: Zielerreichung nach Projekt-domänen

Die wesentlichen Konzeptentwürfe wurden in der Projektlaufzeit erarbeitet. Auf Grund der andauernden Pandemielage blieben einzelne Teilziele, insbesondere im Bereich der Technikchallenge hinsichtlich der Zielerfüllung unvollständig. In vielen Arbeitspaketen wurden zusätzliche Ergebnisse erzielt.

Abschließend lässt sich die Zielerreichung der Projektziele anhand der Zielindikatoren wie folgt bewerten:

Ziel 1: Erstellung eines Netzwerkkonzeptes unter Einbindung wesentlicher Organisationen

Mit Projektabschluss liegt ein Netzwerkkonzept für die Modellregion Vorpommern-Greifswald im Entwurf vor. Möglichkeiten zur Anwendung werden im Abschnitt Verwertung diskutiert. Die dem Ziel zugeordneten Zielindikatoren konnten weitestgehend erfüllt werden:

Akquise und Evaluation von potenziellen mobilen Ersthelfenden um AED-Drohnen optimal nutzen zu können

Mit Netzwerkkonzept liegt eine Übersicht über das Netzwerk von mobilen Ersthelfenden und Organisationen sowie Alarmierungs- und Ausstattungsbedarfen vor.

Geoinformationssystem zur Evaluation von möglichen sinnvollen Drohnenstandorten liegt vor

Die Software konnte entwickelt werden, ein Nutzerhandbuch liegt vor. Für eine zukünftige Nutzung wurden in Abstimmung mit der Leitstelle Schnittstellen vorprogrammiert, so dass eine Einsatzfähigkeit grundsätzlich gegeben ist. Eine Überprüfung im mehrjährigen Betrieb unter Realbedingungen sollte in einer weiteren Testphase erfolgen.

T-CPR-Studie – Evaluation zur anleiterabhängigen Qualität von Telefonreanimation

Die geplante Tele-CPR Studie konnte auf Grund der Pandemie im Projektzeitraum nicht durchgeführt werden (s. dazu auch [Abschnitt 4.2](#)). Eine umfassende Studienplanung liegt vor und sollte, sobald die personelle Verfügbarkeit des Leitstellenpersonals pandemiebedingt erneut gegeben ist, in die Umsetzung gebracht werden. Hierbei sollten die Ergebnisse der ergänzend zur Ausgangsplanung erfolgten wissenschaftlichen Auswertung der Simulationsvideos aus MVLD-Pilot Berücksichtigung finden.

Ziel 2: Erstellung eines Schulungsprogramms für UAS-Piloten

Mit Projektabschluss liegt ein Mustercurriculum für Piloten von medizinisch angewendeten Drohnen vor. Dies umfasst, wie als Zielindikator festgelegt, die unterschiedlichen Einsatzszenarien sowie verschiedene Stufen der Schulung. Im Rahmen der Erstellung ist eine umfassende Abstimmung mit relevanten Organisationen erfolgt. Eine umfassende Praxisprüfung im Rahmen von Testflügen sowie die Schulung erster Teilnehmer*innen konnte aufgrund der pandemiebedingten Verkürzung der Testflüge bisher nicht erfolgen.

Ziel 3: Technische Ausentwicklung verfügbarer UAS

Im Rahmen des Projektes konnte die technische Entwicklung verfügbarer UAS prototypisch vorgebracht werden. Aufgrund von fehlender Marktreife sowie der pandemiebedingten verkürzten Testflüge konnte eine Ausentwicklung nicht erzielt werden. Für die Indikatoren des Ziels ergibt sich daher:

Anpassung auf medizinische Anwendung

Aufgrund der verkürzten Flüge konnte die Anpassung auf medizinische Bedarfe nur prototypisch erfolgen. Im Rahmen von Positionspapier, Netzwerkkonzept und Betreibermodell konnten Anforderungen definiert werden.

Prüfung von Octocopter und VTOL auf Teststrecke

Pandemiebedingt konnten die für Herbst 2020 geplanten Testflüge zunächst nicht stattfinden. Aus den ersatzweise durchgeführten Flugversuchen mit dem Octocopter auf einem Flugfeld der Hochschule Neubrandenburg ergab sich bereits, dass eine Erprobung auf der Teststrecke mit 24km Distanz aufgrund der Leistungsfähigkeit des Octocopters nicht zielführend sein würde. Im Juni 2021 konnte ein VTOL auf der Teststrecke verprobt werden. Zusammengefasst wurde der Octocopter in 68 Flügen an 24 Tagen auf einer Gesamtstrecke von 235,2 km getestet, das VTOL an 5 Tagen über eine Gesamtdistanz von über 650 km.

Geflogene km verdoppelt zu MVLD-P (2019) auf mindestens 715 km auf zwei Flugstrecken

- In der Gesamtschau wurde die Zieldistanz mit über 885 km Flugdistanz deutlich übertroffen. Pandemiebedingt wurde dabei die Flugplanung angepasst. Die Testflüge mit medizinischer Simulation erfolgten auf der Teststrecke Greifswald – Wolgast. Die Teststrecke Greifswald – Karlsburg konnte nicht befliegen werden. Ersatzweise erfolgten mit dem Octocopter die oben dargestellten Flüge.

Ziel 4: Machbarkeitsnachweis über Transport Kreuzblut im Kontext einer gespiegelten Blutbank

Die grundsätzliche Machbarkeit eines Transportes von Kreuzblut mittels UAS konnte geprüft werden. In Zusammenarbeit mit BHO Legal wurde die infektiorechtliche Zulässigkeit erfolgreich geprüft.

Bezüglich der Indikatoren für das Ziel ergibt sich:

Transport von 22 Blutproben; Durchführung von 4 Testflügen mit je über 60 Minuten Dauer

Es wurden Start-Lande-Vorgänge/ Testflüge mit einer RKP-beladenen Drohne durchgeführt. Zum einen sollte die Tauglichkeit für einen bereits vorhandenen Blutversorgungsstandort, Krankenhaus Wolgast, untersucht, andererseits auch die Gegebenheiten in Mecklenburg-Vorpommern als Flächenland berücksichtigt werden. Beide Ziele wurden durch ein jeweils mehrfaches Zurücklegen der Teststrecke von Wolgast nach Greifswald mit denselben Blutproben erreicht. Der Einfluss eines Drohnentransports wurde an 22 Blutproben untersucht. Für jede

Blutprobe wurde eine Flugzeit von mindestens 60 Minuten mit einer Strecke von durchschnittlich 102 km erreicht.

Validierung einer geeigneten Transportbox

Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung sind minimale Zeitverluste an den Übergabe-Schnittstellen der Proben zum UAS und von der Drohne zum Labor. Durch einen vollautomatisierten UAS-Port mit Anbindung an das innerklinische Rohrpostsystem kann dies erreicht werden. Daher wurde als Transportbox eine Rohrpostkartusche ausgewählt und für den UAS-Transport angepasst. Da Rohrpostanlagen nicht nur auf medizinische Einrichtungen begrenzt sind, kann dieses Konzept darüber hinaus auf weitere Bereiche übertragen werden.

Anforderungen an eine Transportbox wurden erarbeitet und umgesetzt. Die Rohrpostkartusche ist ein sicheres, unkompliziertes Transportmittel und hat das Potential für eine vollautomatisierte Schnittstelle zum Labor. Durch die vorgenommenen Modifikationen konnten Datenschutz-konformes Betreiben und die erforderliche Temperaturstabilität für mindestens 60 Minuten erreicht werden. Das Gewicht von < 1,7 kg kann von der aktuellen Drohne problemlos transportiert werden, die Kapazität von 6 Blutproben ist für Notfallsituationen ausreichend. Es bedarf jedoch noch weiterer Entwicklungsarbeit für eine Haltevorrichtung, damit die RPK direkt an einen UAS-Port mit Anbindung an das Rohrpostsystem übergeben werden kann. Ein UAS-Port mit Anbindung an das Rohrpostsystem ist aktuell noch nicht verfügbar. Zusätzlich sind bauliche Maßnahmen an der UMG erforderlich. Die UAS-Modelle wurden entsprechend der definierten Anforderungen ausgewählt. Trotz theoretischer Erfüllung der Anforderungen konnte der Drohrentyp des Anbieters Globe-UAV die beladene RPK nicht transportieren. Mit der Drohne W178 des Anbieters Wingcopter konnten die RPK auf der Teststrecke transportiert werden. Einschränkungen ergaben sich jedoch durch die Wetterbedingungen (Windgeschwindigkeit), die Akkukapazität und die Umverpackung an der Drohne (ungenügende Fixierung der RPK in der Umverpackung).

Kontrolle der Blutproben nach dem Drohnen-gestützten Transport (Prüfung auf Beschädigung, Hämolyse, Stabilität der Blutgruppenbestimmung und Antikörper

In den ersten Projektmonaten wurden folgende Überwachungsparameter festgelegt:

- a. Blutgruppenmerkmale AB0, Rhesus, Kell, Untersuchung auf irreguläre erythrozytäre Antikörper im indirekten Antihumanglobulintest, Antikörpertiterbestimmung sowie sichtbare Hämolyse
- b. Prüfung in Zusammenarbeit mit Anwaltskanzlei „BHO Legal“, Studie genehmigt

Ziel 5: Definition von Flugkorridoren

Im Rahmen der Teststrecke sowie in der Ausarbeitung des Geoinformationssystem wurden die erforderlichen Flugkorridore definiert. Hierbei entstanden durch die wiederholten Anpassungen der Planungen für die Testflüge erhebliche Mehraufwände.

Ziel 6: Entwurf einer Blaupause für ein Betreibermodell medizinischer UAS

Mit Projektabschluss liegt eine umfassende Blaupause für Betreiber medizinischer UAS vor. Diese umfasst Checklisten und Workflows für die Aspekte Betrieb, Finanzierung und rechtlich sicherer UAS-Flug. Möglichkeiten zur Anwendung werden im Abschnitt Verwertung diskutiert. Dies umfasst auch die konkrete Prüfung optimaler UAS-Standorte für die Modellregion Vorpommern-Greifswald im Kontext eines mehrjährigen Betriebs unter Realbedingungen unter Nutzung des GIS.

Ziel 7: Erstellung eines Positionspapiers medizinischer Anwender von UAS

In der Gesamtschau konnte das Ziel übererfüllt werden. Ein umfassendes Standardwerk zur medizinischen Nutzung von UAS wurde in einem innovativen Plattform-basierten, projektübergreifenden Entstehungsprozess verfasst. Die Publikation erfolgt in einem renommierten Verlag als eBook und Hardcover Anfang 2022. Über die Ausgangsplanung hinaus wurden zudem auf verschiedene Empfänger ausgerichtete Zusammenfassungen sowie eine Videodokumentation der Ergebnisse erstellt.

Die Erreichung der Indikatoren in diesen sieben Hauptzielen wurde durch umfassende Zielerfüllung der Teilziele sichergestellt:

Teilziel 1 Abstimmung mit Interessensvertretenden

Die Abstimmung mit Interessensvertretenden ist in den Ausführungen zum Netzwerkkonzept sowie zu den Testflügen ausführlich dargestellt. Die Indikatoren des Teilziels konnten erfüllt werden

Durchführung von 2 Symposien und mind. 5 Arbeitstreffen

Neben den Symposien am 16.6.2020 und 14.10.2020 erfolgte ein weiteres Fachgespräch mit Fachexpert*innen am 16.08.2021. In der Ausarbeitung der Positionen erfolgte eine Vielzahl multilateraler virtueller Arbeitstreffen.

Ergebnispapier Auftaktsymposium ist erstellt

Das Ergebnispapier des Auftaktsymposiums am 16.06.2020 wurde im Juli 2020 versandt.

Insbesondere im Hinblick auf das Ziel 1 erfolgte eine umfangreiche Kontaktaufnahme mit Interessensvertretenden in Organisationen und Behörden, welche auf ein sehr breites Interesse stieß. Eine Übersicht ist im Netzwerkkonzept dargestellt.

Teilziel 2: Sicherer Drohnenflug entlang Teststrecke

Die Erfüllung des Teilziels eines sicheren Drohnenfluges entlang der Teststrecke ist in [Kapitel 4](#) und [5](#) sowie unter Ziel 3 dargestellt.

Die Indikatoren des Teilziels konnten durch Anpassung des Arbeitsplans erfüllt werden

Abgeschlossene technische Risikobewertung

Die technische Risikobewertung erfolgte im Arbeitspaket 4. Zudem erfolgte im Rahmen der Ausarbeitung des Positionspapiers eine umfassende projektübergreifende Risikobewertung der medizinischen Einsatzszenarien.

Integration von Transpondersystemen für sicheren Flug

Unter Zusammenarbeit mit Droniq Deutschland konnte der Nutzen des Droniq-Moduls nachgewiesen werden.

Abstimmung mit Luftraumnutzern erfolgreich

Die Ergebnisse der sehr positiv verlaufenden Abstimmung mit Luftraumnutzern wurden in die Entwicklung des GIS integriert.

Teilziel 3: Problemlose Einbindung der Bevölkerung/ Öffentlichkeit

Die Bevölkerung und die Öffentlichkeit wurden kontinuierlich eingebunden. Ergänzend zu den im Arbeitsplan enthaltenen Maßnahmen erfolgte die Konzeptentwicklung einer AED-Patenschaft. Hier zeigte sich noch im Projektzeitraum eine rege Beteiligung der Bevölkerung.

Hinsichtlich der Erfüllung der Zielindikatoren ergab sich pandemiebedingt folgende Abweichung:

Durchführung von 2 Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung und Co-Design Workshop mit Patient*innenvertretenden

In der Durchführung der Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung musste pandemiebedingt vom ursprünglichen Arbeitsplan abgewichen werden. Eine erster Co-Design-Workshop konnte virtuell am 12.11.2020 erfolgen. Ein Konzept für einen Co-Design-Workshop mit Patient*innenvertretenden wurde erarbeitet, aufgrund der andauernden Pandemielage wurde dieser jedoch bisher nicht durchgeführt. Im Rahmen der Flugwoche erfolgte als Ersatz ein intensiver Austausch mit Anwohner*innen.

7 Gender Mainstreaming Aspekte

MVLD-C berücksichtigt die Integration aller Geschlechter in ein Projekt mit technologischem Schwerpunkt.

Die übergeordnete Forschungsfrage der Nutzung von UAS in der (notfall-) medizinischen Versorgung ist in ihren Grundzügen zunächst gender-unabhängig. Das Projekt arbeitet mit Hinblick auf die übergeordnete Zielsetzung von gleichen Überlebenschancen aller Geschlechter im ländlichen Raum wie im Ballungsgebiet.

In der bisher vorhandenen Literatur wurde das Thema nicht unter genderspezifischen Fragestellungen bearbeitet.

Fragen des Gender Mainstreaming ergeben sich für das Projekt darüber hinaus in der Struktur des Projektes sowie in der Öffentlichkeitsarbeit. Die Leitung des Projektes war mit männlichen und weiblichen Personen besetzt, gleiches galt für die Besetzung von Projektkoordination und des erweiterten Projektteams aus studentischen Hilfskräften und assoziierten Personen. Dadurch konnten die verschiedenen gender-spezifischen Perspektiven auf das Thema sichergestellt werden.

Aus Sicht des Projektteams ergeben sich für die potenzielle zukünftige Umsetzung eines Echtbetriebs von UAS in der Notfallversorgung auf Basis des bisherigen Kenntnisstands keine geschlechtsspezifischen Anforderungen.

8 Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse

8.1 Darstellung geplanter Veröffentlichungen

Die Publikationen aus dem Projekt heraus sind aktuell noch in Ausarbeitung. Dies umfasst Publikationen zum Gesamtvorhaben unter Einbeziehung der ausführlichen Literaturrecherche ebenso wie Publikationen der Blaupausen sowie der transfusionsmedizinischen Ergebnisse.

Anfang 2022 erfolgt die Veröffentlichung der erarbeiteten Positionen in einem renommierten Fachverlag.

Durch die geplanten Veröffentlichungen und die bereits erfolgte Öffentlichkeitsarbeit wird eine gute Zugänglichkeit der Projektergebnisse für mögliche Nutzerinnen und Nutzer medizinischer UAS erzielt.

8.2 Öffentlichkeitsarbeit Fachpublikum

Besuchte Kongresse

Während der Projektlaufzeit wurden pandemiebedingt keine Kongresse besucht. Im Oktober 2021 erfolgte die Vorstellung von Projektergebnisse im Rahmen des ITS World Congress in Hamburg. Für 2022 sind Kongressvorstellungen bei mehreren anästhesiologischen Fachkongressen vorgesehen.

Artikel Zeitschriften für Fachpublikum

- KMA-Artikel zu AED-Drohnen (Dr. Mina Baumgarten, Prof Dr. Klaus Hahnenkamp) [03/2021]
- Herzstillstand: Warum Defi-Drohnen die Notfallrettung verbessern können (Dr. Mina Baumgarten, Prof. Dr. Klaus Hahnenkamp, Skadi Stier) [Online-Artikel, kardiologie.org, 2020]
- Drohnen eröffnen spannende Ansätze für die Notfallversorgung. Ein Gespräch mit Dr. Mina Baumgarten, Die Debatte (Dr. Mina Baumgarten) [17.07.2020, [www.die-debatte.org/drohnen-interview-baumgarten]
- Drohnen, die Leben retten. Wie die moderne Technik Ersthelfende unterstützen kann (Dr. Mina Baumgarten, Prof. Dr. Klaus Hahnenkamp) [01/20, KPMG Gesundheitsbarometer, Ausgabe 37, 13. Jahrgang, S.41-45, Anästhesie]
- Umfassende Berichterstattung zu den Flugversuchen in Fachjournalen zu UAS und Logistik, bspw. in Ärztezeitung und HealthcareITNews

Fachbuch

Unbemannte Flugsysteme in der medizinischen Versorgung - Strategien zur Überwindung von Innovationsbarrieren; Herausgeber: Dr. Mina Baumgarten, Prof. Steffen Fleßa, Prof. Dr. Klaus Hahnenkamp; Springer-Verlag, vrsl. März 2022



Veranstaltungen

- Arbeitstreffen Anwender medizinischer Drohnen (16.06.2020, virtuell, ca. 35 Teilnehmende, Leitung: Dr. Mina Baumgarten)
- Auftaktveranstaltung der UAM InnoRegion SH (15.09.2020, virtuell)
- Arbeitstreffen Anwender medizinischer UAS (14.10.2020, virtuell, ca. 45 Teilnehmende, Leitung: Dr. Mina Baumgarten)
- Podiumsdiskussion des medizinische Einsatzes von UAS (14.10.2020, virtuell, ca. 90 Teilnehmende, Podiumsteilnehmende: Herr Dr. Ludewig (BMG), Herr Dr. Dirks (BMVI), Dr. Baumgarten (MVLD-C), Dr. Heinrich (BHO Legal), Frau John (GLVI))

8.3 Öffentlichkeitsarbeit für Laienpublikum

Pressemitteilungen UMG/ DRF Luftrettung

Während der Projektlaufzeit erfolgte eine wiederholte Veröffentlichung von Projektzwischenständen per Pressemitteilung sowohl seitens der UMG als auch durch die Projektpartner.

Medienecho

Auch über den Projektzeitraum konnte mittels des überregionalen Medienechos ein breites Publikum erreicht werden mit Berichten u.a. in NDR Nordmagazin, Zeit Online und Süddeutsche Zeitung Online.

Veranstaltungen

- Bevölkerungsworkshop zum Co-Design von Netzwerkstrukturen zur Integration von UAS (12.11.2020, virtuell, 20 Teilnehmende, Leitung: Franziska Gerken)

8.4 Sonstiges

Auf Einladung der Enquete-Kommission "Zukunft der medizinischen Versorgung in M-V" erfolgte im Frühjahr 2021 die Vorstellung der Projektergebnisse aus MVLD-Pilot sowie eine Information über das aktuelle Projekt mit daraus abgeleiteten Empfehlungen für die Weiterentwicklung der regionalen Versorgung. Zudem erfolgte ein wiederholter Austausch mit Präsentation des Projektes mit Fachorganisationen wie bspw. dem Verband für unbemannte Luftfahrt UAV DACH e.V., dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe und dem Bayerischen Roten Kreuz

9 Verwertung der Projektergebnisse und nachhaltiger Transfer

Durch die MVLD-Projekte ist die ideale Ausgangslage geschaffen, einen erweiterten Testbetrieb unter Echtbedingungen zu realisieren.

9.1 Versorgungssysteme und allgemeine Richtlinien

Mit Projektabschluss liegen nun Konzepte zur Implementierung vor, welche für eine deutschlandweite Verwertung zur Verfügung stehen.

Diese können zukünftig der Gestaltung von Versorgungssystemen dienen, welche den Einsatz von UAS in der medizinischen Versorgung beschleunigen und die medizinische Versorgung in Nicht-Ballungsgebieten nachhaltig verbessern. Zudem können diese herangezogen werden, um Finanzierungsbarrieren durch ganzheitliche und nachhaltige Innovations- und Förderprogramme auf Basis von bestehenden Finanzierungsoptionen (z. B. Rettungsdienstgesetze der Bundesländer) zu überwinden. Insbesondere die Blaupause zu Betreiber- und Finanzierungsmodellen kann dabei eine Netzwerkentwicklung unterstützen, mit der Möglichkeit der Leistungsübertragung an Dritte nach den in den Rettungsdienstgesetzen vorgesehenen

Vergabeverfahren, einer umfassenden Technologieweiterentwicklung und insbesondere unter einer fortgesetzten Einbindung von Akteuren aller Bereiche der öffentlichen Daseinsvorsorge.

Darüber hinaus können die erarbeiteten Konzepte wichtige Hinweise für die weitere Diskussion der erforderlichen rechtlichen Rahmenbedingungen liefern. Wesentlich bleibt dabei, einen Rechtsrahmen zu schaffen, der Rechtssicherheit für die beteiligten Akteure bietet, insbesondere auch in den notfallmedizinischen Ad-hoc-Szenarien. Es ist zu beachten, dass der Betrieb von UAS zu medizinischen Zwecken erheblich zur Förderung der Akzeptanz dieser neuen Technologie beitragen kann.

Betreiber von UAS zu medizinischen Zwecken dürften auch weiterhin vornehmlich Behörden oder Organisationen mit Sicherheitsaufgaben sein, die voraussichtlich auch künftig in den Genuss gewisser formaler Zulassungs- und Betriebserleichterungen kommen. Die Erleichterungen dürfen aber bei solchen Akteuren nicht zur Unsicherheit führen, welche Anforderungen und Regelungen auch sie weiterhin einzuhalten haben. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die Regelungsklarheit und auch die Nachvollziehbarkeit an allgemein geltende Anforderungen für einen sicheren Betrieb.

Der Gesetzgeber steht vor der Herausforderung, Anforderungen für einen sicheren Betrieb zu definieren, welche die notwendige Rechtssicherheit bieten, flexible Einsätze zulassen und Innovationsprozesse in diesem neuen Technologiebereich nicht unnötig einschränken. Maßgeblich ist dabei zukünftig der länder- und ressortübergreifende Austausch und die Abstimmung von relevanten Förderprogrammen. Denkbar wäre hier die Ausschreibung eines Förderprogramms für ein nationales Kompetenzzentrum für medizinischen Drohnenflug unter Ausarbeitung eines Modells für eine nationale Testregion für die unterschiedlichen Anwendungsszenarien. Diese könnten relevant dazu beitragen, die gesundheitsökonomische Fragestellung nach dem Nutzen der neuen Technologie zu beantworten. Zielsetzung eines nationalen Kompetenzzentrums müsste dabei die Schaffung einer geschützten Forschungsumgebung für nationale, interdisziplinäre, branchen- und fachübergreifenden Partner sein, welche durch die gemeinsame Erarbeitung von Standards Skalen- und Synergieeffekte schaffen und die Übertragbarkeit von Ergebnissen auf andere Regionen Deutschland ermöglichen.

Neben der Verwertung im Kontext medizinischer UAS, finden die Projektergebnisse insbesondere im übergeordneten Versorgungsnetzwerk eine Weiterverwendung. Durch die Initiative AED-Patenschaft sowie den Konzeptentwurf zur Allianz der Lebensrettenden werden die bisher aufgebauten Strukturen in der Region gestärkt. Langfristige Fragestellung ist auch hier die gesundheitsökonomische und medizinische Bewertung dieser Versorgungskonzepte. Hinsichtlich der Tele-CPR weisen die Projektergebnisse darauf hin, dass die Standardprotokolle insbesondere hinsichtlich der Atemkontrolle weiterentwickelt werden sollten.

9.2 Technische Weiterentwicklung

Die Ergebnisse des Projektes unterstreichen erneut, dass die adäquate Weiterentwicklung von UAS-Systemen Grundvoraussetzung für die Umsetzung im Echtbetrieb bleibt. Die aktuell getesteten Drohrentypen konnten nicht alle Anforderungen so erfüllen, dass Transporte mit einem überschaubaren Risiko für das transportierte Material durchführbar sind. Dafür sind technische Lösungen anzustreben. Diese Entwicklung sollte auf Basis von gemeinsamen Standards der medizinischen Anwenderinnen und Anwender erfolgen. Eine Ausrichtung auf die medizinischen Ansprüche, so dass Fluggeschwindigkeiten, Nutzlasten und Reichweiten jedes Einsatzszenario uneingeschränkt erfüllen, bleibt wichtiges nächstes Entwicklungsziel. Die im Projekt definierten Anforderungen und der begonnene Austausch mit den UAS-Herstellern sowie wesentlichen Schnittstellendiensten, wie beispielsweise der Krankenhauslogistik und Rohrpostherstellern, müssen in Folgeprojekten berücksichtigt werden.

Ein vollautomatisierter Drohnenport mit Anbindung an das Rohrpostsystem ist zur Zeit des Projekts noch nicht verfügbar, eine Entwicklung in absehbarer Zeit wird aber als wahrscheinlich angesehen. Zur Wahrung des Datenschutzes und zur Gewährleistung des Schutzes der Patientenproben vor unberechtigtem Zugriff, sollen für den UAS-Transport nur verschließbare RPK verwendet werden. Schlüssel müssen sowohl beim Absender wie auch beim Empfänger vorhanden sein. Als Konsequenz sollen vorbereitende Maßnahmen in die kommenden baulichen Vorhaben an interessierten Kliniken eingeschlossen werden. Das erarbeitete Konzept einer Kombination von Rohrpostsystem für den innerbetrieblichen Transport und eines UAS für den standortübergreifenden Transport hat das Potential über den Gesundheitssektor hinaus auch für andere Bereiche nutzbar zu sein.

Bezüglich der technischen Routenplanung dient das erarbeitete GIS als Beispiel, wie zukünftig eine solche umfangreichen Softwarelösung in die Flugplanung zu integrieren ist. Alternativ sind Schnittstellenlösungen zwischen den Herstellerprogrammen sowie Programmen zur Luftraumüberwachung ebenso wie den Programmen der Leitstellen erforderlich, die Rettungskräften ebenso wie Drohnenpilot*innen einen ad-hoc umfassenden Überblick garantieren.

Grundvoraussetzung bleibt darüber hinaus die langfristige und standardisierte Entwicklung von Technologie und Prozessen um die sichere Integration von UAS in den Luftraum sicherzustellen. Hier sei auf die durch das BMVI geförderten Projekte bspw. in Hamburg verwiesen.

9.3 Spezifische Anforderungen für Transport von medizinischen Gütern

Die aktuell geleistete Vorarbeit war essentiell, um die Risiken eines Transports von Blutproben, insbesondere in der Notfallsituation, von Krankenhaus zu Krankenhaus oder vom Unfallort zum Krankenhaus mithilfe von UAS besser einschätzen zu können und anhand praktischer

Expertise nach technischen Lösungen zu suchen. Der Transport von Blutproben scheint prinzipiell möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bestimmung der Blutgruppenmerkmale ABO, Rhesus, Kell valide durchführbar sind. Die Identifizierung von irregulären erythrozytären Antikörpern (Labortest: „Antikörpersuche“, Methode: indirekter Antihumanglobulintest als Capture®-und Gelkartentest) ist nach einem Drohnen-Transport ebenfalls möglich. Der Transport einer Rohrpostkartusche, befüllt mit maximal sechs **Blutproben**, ist problemlos möglich. Damit können bis zu sechs Patienten gleichzeitig versorgt werden. Dies verdeutlicht das Potential dieser Innovation. Aus technischer wie transfusionsmedizinischer Sicht wurden wichtige Meilensteine erreicht. Eine Implementierung des Drohnen-Transports von Blutprodukten zur transfusionsmedizinischen Versorgung erscheint zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich.

9.4 Zusammenfassung

An der Universitätsmedizin Greifswald setzt die Arbeitsgruppe MV|LIFE|DRONE die Forschungstätigkeit in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus Deutschland und der EU fort. Die Arbeitsgruppe verfolgt dabei das Ziel, am Beispiel der Modellregion des Landkreises Vorpommern-Greifswald mit breiter Einbindung von Akteuren der Gesundheitsversorgung und Öffentlichkeit eine zeitnahe Erprobung im Echtbetrieb zu realisieren. Die Projektergebnisse fließen in die weitere Umsetzungsplanung ein.

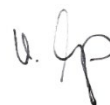
Das Umzugskonzept für eine zukünftige Förderung liegt vor und umfasst:

- Echtbetrieb im Versorgungsnetzwerk über mindestens 3 Jahre mit gesundheitsökonomischer Evaluation
- Ausentwicklung der Infrastruktur an den Krankenhäusern (Start- und Landemöglichkeiten, sowie Forschung an automatisierten Be- und Entladeprozessen)
- Weitere Stärkung der Laien- und Ersthelfendenreanimation, inkl. Ausbau der Allianz der Lebensrettenden

Übergeordnet ist die Wahrung des luftfahrtrechtlichen Behördenprivilegs sowie der Ausbau des Mobilfunknetzes sicherzustellen. Flankierend sollte die Arbeit an nationalen Standards für den medizinischen Anwendungsfall von UAS fortgesetzt werden.



Dr. Mina Baumgarten



Prof. Dr. Klaus Hahnenkamp

Greifswald, 31.01.2022

10 Weiterführende Dokumente

Die im Projektzeitraum erstellten Konzeptentwürfe unterliegen ob des hohen Innovationsgrades einer konstanten Prüfung und Anpassung. Die jeweils aktuellen Materialien und Vorlagen werden auf folgenden Seiten online bereitgestellt:

- [Seite der Klinik für Anästhesie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin der Universitätsmedizin Greifswald](#)
- [Seite des Bundesministerium für Gesundheit zur Ressortforschung zum Handlungsfeld "Gesundheitsversorgung"](#)



11 Literaturverzeichnis

Amukele, Timothy (2019) Current State of Drones in Healthcare: Challenges and Opportunities. *The Journal of Applied Laboratory Medicine*; 4(2), S. 296–298.

Arbeiter-Samariter-Bund. HAMBURG-SCHOCKT rettet Leben (2013) <https://www.hamburg-schockt.de/nc/home/> (zuletzt aufgerufen am 29. Juni 2021).

Arbeiter-Samariter-Bund. Defi Standorte (2013) <https://www.mv-schockt.de/defi-standorte/karte/>. (zuletzt aufgerufen am 29. Juni 2021).

Baumgarten, M. et al. (2021): Drones delivering automated external defibrillators—Integrating unmanned aerial systems into the chain of survival: A simulation study in rural Germany [https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572\(21\)00533-5/fulltext#relatedArticles](https://www.resuscitationjournal.com/article/S0300-9572(21)00533-5/fulltext#relatedArticles) (zuletzt aufgerufen am 25.01.2022).

Bundesanzeiger Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl219014_Anlageband.pdf#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl219014_Anlageband.pdf%27%5D__16354854254839 (zuletzt aufgerufen am 29.10.2021).

Definetz e.V. Defikatastar: Standorte der Defibrillatoren (2013) <http://definetz.online/defikataster-hp> (zuletzt aufgerufen am 29. Juni 2021).

FORPLAN Forschungs- und Planungsgesellschaft für Rettungswesen, Brand- und Katastrophenschutz mbH (2016) Gutachten zur Versorgungsqualität und Organisation des Rettungsdienstes im Land Berlin. Bonn : FORPLAN Forschungs- und Planungsgesellschaft für Rettungswesen, Brand- und Katastrophenschutz mbH.

Griffis HM., et al. (2016) Employment and residential characteristics in relation to automated external defibrillator locations. *Am Heart J* 72:185–191.

Hansen CM., et al. (2013) Automated external defibrillators inaccessible to more than half of nearby cardiac arrests in public locations during evening, nighttime, and weekends. *Circulation* 128:2224–2231.

Hasselqvist-Ax, I., et al. (2015) Early Cardiopulmonary Resuscitation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med.* 372, S. 2307-2315.

Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM) Klinikum der Universität München (2015) Schlussbericht Forschungsprojekt PrimAir, Konzept zur primären Luftrettung in strukturschwachen Gebieten, 12/2015 <https://doi.org/10.2314/GBV:863971075> (zuletzt aufgerufen am 25.01.2022).

Karlsson, L. und al., et. (2019) Automated external defibrillator accessibility is crucial for bystander defibrillation and survival: A registry-based study Resuscitation., Vol. 136,S. 30-37.

Mathiesen, W. T., et al. Effects of modifiable prehospital factors on survival after out-of-hospital cardiac arrest in rural versus urban areas. Critical Care., S. 22-99.

Nolan, J. P., et al. (2018) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. Resuscitation 2010, 81, S. 1219-1276.

Stevens, A. (2016) Blaulicht und Martinshorn im Strafrecht. Wiesbaden : Springer Fachmedien.

SQR-BW Stelle zur trägerübergreifenden Qualitätssicherung im Rettungsdienst Baden-Württemberg (2018) Qualitätsbericht Rettungsdienst Baden-Württemberg Berichtsjahr 2018. 2018.

Vaillancourt, C., et al. Evaluating the Effectiveness of Dispatch-assisted Cardiopulmonary Resuscitation Instructions (2007) Academic Emergency Medicine, 14, S. 877-883.

Wnent, J., et al. (2019) Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters. Außerklinische Reanimation 2018. Anästhesiologie und Intensivmedizin., 60, S. V91-V93.

Steinvoord, Mark. (2012) GIS-gestützte Analyse von Fahrgeschwindigkeiten unter Sonder- und Wegerecht, Bachelor-Arbeit im Studiengang Gefahrenabwehr/Hazard Control. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg.