



POTENTIALE VON 5G-GESTÜTZTEN TECHNOLOGIEN IN DER RETTUNGSKETTE

WHITE PAPER IM RAHMEN DES FORSCHUNGSPROJEKTES 5URVIVE

PETER GÖDDE, DANIEL KOPPLIN, VIKTORIA SIRKKU MAREWSKI, DANIEL KEN WULF-MISAKI

2024

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG.....	1
HERAUSFORDERUNGEN IN DER NOTFALLMEDIZINISCHEN VERSORGUNG EINES HERZKREISLAUFSTILLSTANDES	2
WEITERENTWICKLUNG VON ERSTHELFFERSYSTEMEN – POTENZIALE VON ASSISTED UND AUGMENTED REALITY	3
AKTUELLE ENTWICKLUNGEN BEIM EINSATZ VON DROHNEN DURCH BOS.....	6
HERAUSFORDERUNGEN BEI DER IMPLEMENTIERUNG VON DROHNEN ALS TRANSPORTMITTEL IN DER RETTUNGSMEDIZIN	7
MÖGLICHES ZIELBILD FÜR DEN EINSATZ VON DROHNEN IM REALEINSATZ	10
ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	12
LITERATURVERZEICHNIS	13

Einleitung

In Deutschland sind jährlich ca. 55.000 Personen von einem plötzlichen außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand betroffen (Fischer et al., 2024). Die Überlebensrate bei einem solchen Notfall hängt maßgeblich von der Effizienz und dem Zusammenspiel der sogenannten Rettungskette ab, die von der Erkennung und Alarmierung bis hin zur medizinischen Versorgung durch den Rettungsdienst und die Übergabe der Patient*innen ins Krankenhaus reicht (Semeraro et al., 2021).

Das Forschungsprojekt SURVIVE hat sich im Zeitraum von 2022 bis 2024 mit diesem Zusammenspiel der verschiedenen Bestandteile der Rettungskette auseinandergesetzt und ein integriertes 5G-basiertes System für den Notfalleinsatz entwickelt. Durch die Vernetzung und Optimierung der relevanten Glieder der Rettungskette soll die Überlebensrate der Patient*innen mit Herz-Kreislaufstillständen verbessert werden. Das Projekt strebt eine interdisziplinäre Erforschung und Bewertung der Technologie an, um sowohl ihre Vorteile als auch mögliche Grenzen und Problemfelder zu identifizieren. Gleichzeitig soll durch einen proaktiven und offenen Ansatz die öffentliche Akzeptanz gesteigert und der Nutzen der 5G-Technologie in der Rettungsmedizin demonstriert werden (RWTH Aachen University, 2024).

Die wichtigsten Faktoren für die Überlebenswahrscheinlichkeit von Patient*innen sind schnell begonnene Wiederbelebensmaßnahmen sowie der Einsatz eines automatischen externen Defibrillators (AED) (Gässler et al., 2020; Gräsner et al., 2020). Mit dem Ziel eine schnelle und adäquate Wiederbelebung sicherzustellen noch bevor der Rettungsdienst eintrifft, werden in immer mehr Regionen Deutschlands sogenannte Ersthelfersysteme aufgebaut. Hierbei werden geschulte Personen, die sich in der Nähe befinden, per App zum Notfallort navigiert (Semeraro et al., 2021). Eine der größten Herausforderungen stellt in einem solchen Fall die schnelle Verfügbarkeit des AEDs dar (Stieglis et al., 2020; Lee et al., 2022). SURVIVE hat in diesem Zusammenhang die Unterstützung der Ersthelfenden durch eine*n Telenotarzt/ärztin (TNA) betrachtet. Um die Verbindung zu diesem herzustellen und um das Problem der AED-Verfügbarkeit zu lösen, werden sowohl Smart Glasses als auch ein AED mit einer Transportdrohne zum Einsatzort gebracht (RWTH Aachen University, 2024). In diesem White Paper werden die gesammelten Erkenntnisse aufgegriffen, um ausgewählte Elemente hinsichtlich eines möglichen Transfers in die Praxis zu erörtern. Hierfür wird zu Beginn auf die aktuellen Herausforderungen der Notfallrettung, vor allem in ländlichen Gebieten Deutschlands, eingegangen, um dann im weiteren Verlauf die Potenziale von Smartglasses und Drohnen in der Patientenversorgung zu erläutern.

Weitere, in diesem Dokument nicht näher betrachtete, Projektbestandteile waren die automatische KI-gestützte Erkennung von Kollaps-Szenarien, verbesserte Routenplanungen basierend auf Echtzeit-Verkehrsdaten sowie die Kommunikation mit Autofahrenden für eine schnellere Bildung von Rettungsgassen

Herausforderungen in der notfallmedizinischen Versorgung eines Herzkreislaufstillstandes

Der Rettungsdienst in Deutschland hat die Aufgabe die präklinische professionelle Notfallversorgung im Fall von Lebensgefahr sicher zu stellen und um schwere gesundheitliche Schäden zu vermeiden (vgl. § 2 Abs. 2 Satz 1-3 BayRDG; § 2 Abs. 2 Satz 1-2 RDG; § 2 Nr. 2 HmbRDG). Mit dem Ziel eine schnelle Hilfeleistung zu ermöglichen, wurde die sogenannte Hilfsfrist etabliert, welche Vorgaben darüber macht, in welchem Zeitraum nach Absetzen des Notrufes das erste geeignete Rettungsmittel am Notfallort eintreffen sollte. Diese variiert von Bundesland zu Bundesland und kann, wie im Fall von Brandenburg, Rheinland-Pfalz oder Thüringen, bis zu 15 Minuten in dünn besiedelten Regionen betragen (§ 8 Abs. 2 Satz 1 Bbg RettG; § 8 Abs. 2 Satz 1 RettDG; § 12 Abs. 1 Nr. 1 ThüRettG). Diese beschriebene Zeitspanne, die für eine lange Anfahrt benötigt wird, ist vor allem bei zeitkritischen Einsätzen eine große Herausforderung. Mit am gravierendsten kann dies bei Herzkreislaufstillständen der Fall sein, da hier schnellstmögliches Handeln besonders wichtig ist, um ein Überleben der Patient*innen zu ermöglichen:

Herzkreislaufstillstände, welche sich außerhalb von Krankenhäusern ereignen, stellen in Deutschland die dritthäufigste Todesursache dar (Bundesministerium für Gesundheit, 2024). Das Deutsche Reanimationsregister gibt in seinem aktuellen Jahresbericht für 2023 an, dass ca. 55.000 Personen (auf ganz Deutschland hochgerechnet) nach einem außerklinischen Herzkreislaufstillstand reanimiert wurden. Von den Patient*innen, die nach einer Reanimation in ein Krankenhaus verbracht wurden, lag die 24-Stunden-Überlebensrate für das Jahr 2023 bei 19,9%, während 10,4% lebend entlassen werden konnten (Fischer et al., 2024). Hierbei ist zu beachten, dass die Rate derer, die ohne oder mit einem leichten neurologischen Defizit das Krankenhaus verlassen konnten, im Jahr 2022 bei nur 6,85% lag (Fischer et al., 2023). Dieser Wert betont die Relevanz einer schnellen und adäquaten Patientenversorgung, egal ob sie sich in einer Stadt oder auf dem Land befinden. Je schneller Reanimationsmaßnahmen begonnen werden und das therapiefreie Intervall verkürzt wird, desto höher ist die Überlebenschance der Betroffenen (Gässler et al., 2020; Gräsner et al., 2020). Hierzu gehören sowohl die Thoraxkompression und Beatmung als auch der Einsatz eines AEDs, der für die Laienanwendung konzipiert ist und den Herzrhythmus selbstständig analysiert, um diesen in bestimmten Fällen mit Schockabgaben zu korrigieren. Eine Schockabgabe ist möglich, wenn bei den Patient*innen entweder ein Kammerflimmern oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie vorliegt (Olasveengen et al., 2021). Ein solcher defibrillierbarer Rhythmus ist in den ersten zwei Minuten nach Einsetzen des Herzkreislaufstillstandes noch in ca. 75% der Fälle vorhanden. Danach fällt dieser Wert konsekutiv ab (Oving et al., 2020). Die Daten zeigen deutlich, wie wichtig es für das Überleben der Patient*innen ist, einen AED so früh wie möglich anzuwenden. Dies bestätigt sich auch in Studien aus dem Ausland: so konnte in einer multizentrischen Studie aus den USA und Kanada nachgewiesen werden, dass eine frühe Defibrillation durch Ersthelfende, verglichen zu solchen durch den Rettungsdienst, zu einem besseren funktionalen Ergebnis der Patient*innen bei Entlassung aus dem Krankenhaus führt, 57% im Kontrast zu 33% (Pollack et al., 2018).

Allerdings wurde deutschlandweit im Jahr 2022 nur in 1,2% der außerklinischen Reanimationen vor dem Eintreffen des Rettungsdienstes ein AED eingesetzt (Fischer et al., 2023).

Dies kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden. Zum einen sind AEDs häufig nicht schnell genug verfügbar, da sie zumeist auf private Initiative hin, zum Beispiel von Firmen und Geschäften, vorgehalten werden. Eine Installation im öffentlichen Raum erfolgt in den meisten Fällen nicht

bedarfsorientiert (Lee et al., 2022). Diese Problematiken verschärfen sich durch verlängerte Distanzen in ländlich geprägten Regionen. Stieglis und Kollegen (2020) empfehlen die Vorhaltung von zwei Geräten pro Quadratkilometer. Dieser Wert wird auch in den aktuellen Guidelines des European Resuscitation Council aufgegriffen (Semeraro et al., 2021). Zum anderen ist die Unwissenheit der Bevölkerung in Bezug auf die Nutzung von AEDs als weitere Herausforderung zu nennen sowie die Unkenntnis darüber, wo ein solches Gerät zu finden sein kann (Perkins et al., 2017; ADAC, 2020).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für ein Überleben der Patient*innen nach einem HerzKreislaufstillstand mit keinen oder nur geringen neurologischen Defiziten ein möglichst verzögerungsfreier Beginn von effektiven Thoraxkompressionen durch Ersthelfende und der Einsatz eines AEDs vor dem Eintreffen des Rettungsdienstes von elementarer Bedeutung ist (Gässler et al., 2020; Gräsner et al., 2020; Olasveengen et al., 2021).

Weiterentwicklung von Ersthelfersystemen – Potenziale von Assisted und Augmented Reality

In immer mehr Regionen Deutschlands wurden in den vergangenen Jahren Ersthelfersysteme eingeführt und etabliert, um bei HerzKreislaufstillständen eine möglichst schnelle und qualitativ hochwertige Versorgung der Patient*innen zu sichern. Hierbei handelt es sich um organisierte Netzwerke von geschulten Laien und professionellen Ersthelfenden. Diese Systeme sind digital vernetzt und nutzen mobile Anwendungen, um registrierte Personen in der Nähe des Notfallortes zu alarmieren und zu den Patient*innen zu navigieren (Kramer-Johansen et al., 2022). Ein Beispiel hierfür ist die corhelper-App, die Ersthelfenden über ihr Smartphone benachrichtigt und sie zum Einsatzort navigiert und als eine Grundlage für das Projekt SURVIVE fungierte (RWTH Aachen University, 2024; umlaut telehealthcare GmbH, 2024). Der Aufbau solcher Systeme umfasst die Anbindung zur Leitstelle, welche den Rettungsdienst disponiert, eine mobile App, eine Datenbank mit registrierten Helfenden und oft auch eine Integration von AED-Standorten (Kramer-Johansen et al., 2022).

Eine Möglichkeit, diese Systeme in der Zukunft zu ergänzen, ist der Einsatz von Assisted Reality (AssR) und Augmented Reality (AR) Smartglasses. Diese Smartglasses können Echtzeit-Anweisungen und visuelle Unterstützung bieten, was besonders für Laien-Ersthelfende von großem Nutzen sein kann. Durch die Integration von 5G-Technologien ist es möglich, dass AR-Smartglasses hochauflösende Echtzeitdaten übertragen, wodurch erfahrene TNAs die Ersthelfenden bei der Patientenversorgung anleiten können. Dies ermöglicht eine präzise und effektive Durchführung von Wiederbelebensmaßnahmen oder der Bedienung eines AEDs. Die Möglichkeit, in einer stressigen Ausnahmesituation remote Anweisungen zu erhalten, könnte die Qualität der Erstversorgung erheblich verbessern und die Überlebenschancen bei HerzKreislaufstillständen weiter erhöhen (Du et al., 2020).

Mögliche Einsatzspektren von Assisted und Augmented Reality in der Notfallversorgung und im Rettungsdienst wurde in verschiedenen Studien und Veröffentlichungen bereits untersucht. Smartglasses mit AR und Indoor-Lokalisierungssystemen können Rettungskräften unter anderem helfen, sich in komplexen Innenräumen zu orientieren, Gefahren zu erkennen und Opfer zu finden, selbst bei schlechter Sicht (Codina et al., 2019). Eine systematische Übersicht zeigt, dass Smartglasses im Gesundheitswesen, besonders in der Notfallmedizin, zunehmend verwendet werden (Kim & Choi, 2021). Sie ermöglichen

Echtzeit-Datenvisualisierung und -kommunikation, wodurch die Behandlungszeit verkürzt und die Entscheidungsfindung verbessert wird. In Thailand steigerte der Einsatz von Smartglasses beispielsweise die Effizienz der Patientenversorgung, indem visuelle und auditive Daten in Echtzeit an Krankenhäuser übertragen wurden (Apiratwarakul et al., 2023).

Das SURVIVE Forschungsprojekt beinhaltet eine Untersuchung über den Einsatz und die Nutzbarkeit von AssR und AR in der Notfallversorgung. Hierbei liegt der Fokus auf dem Informationsaustausch zwischen Ersthelfenden und TNA zur Anleitung der Wiederbelebensmaßnahmen und zur Bedienung des AEDs (RWTH Aachen University, 2024).

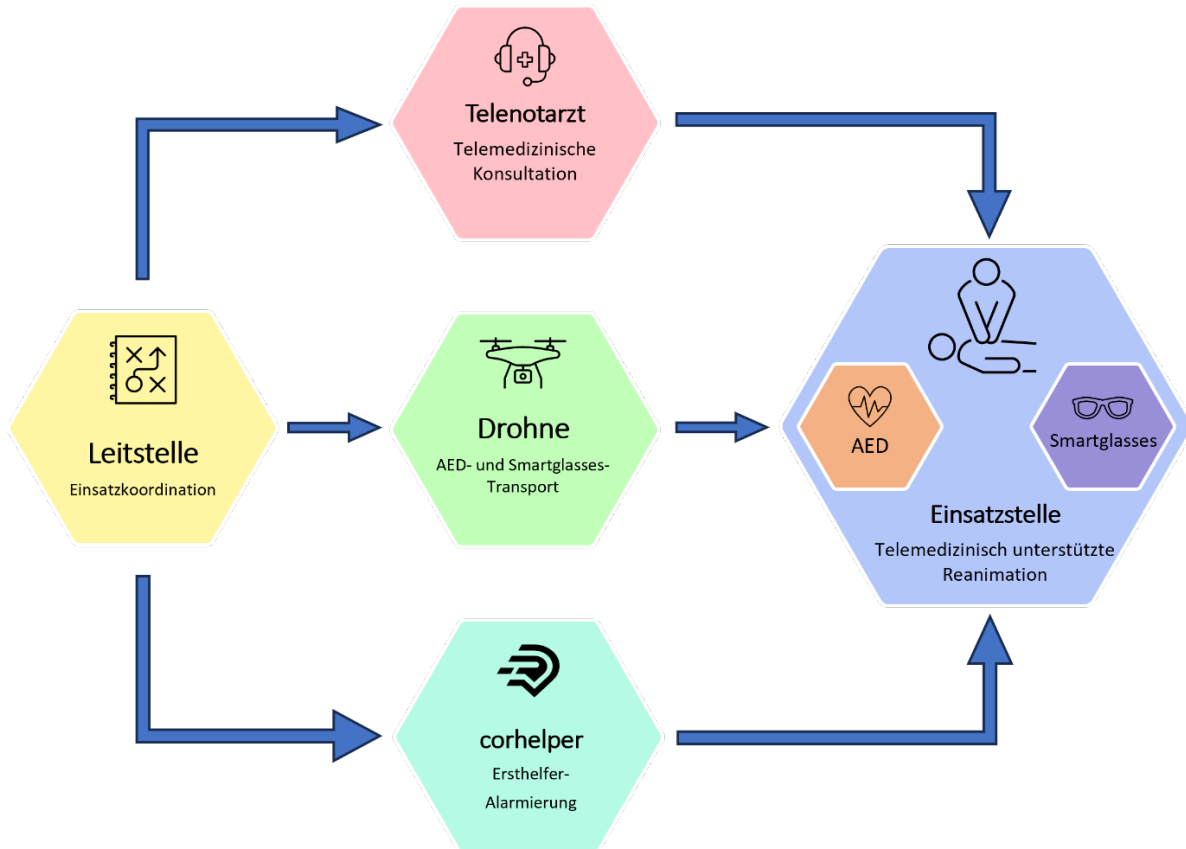


Abb. 1: Graphische Darstellung des möglichen Einsatzablaufes

Die Integration von AssR und AR-Smartglasses in Ersthelfersysteme könnte die Akzeptanz und Nutzung von AEDs erheblich steigern. Durch visuelle Unterstützung und klare Anweisungen könnten Ängste und Unsicherheiten bei der Nutzung von AEDs abgebaut werden, was zu einer höheren Einsatzrate führen würde. Weiterhin könnten Schulungen und Übungen mit Smartglasses Laien-Ersthelfende besser auf reale Notfälle vorbereiten, indem sie in einer sicheren, aber realistischen Umgebung trainieren können (Pedersen et al., 2021). Langfristig könnten solche Technologien dazu beitragen, die Erste-Hilfe-Kultur zu stärken und die Bereitschaft zur Teilnahme an Ersthelfersystemen zu erhöhen und somit im Bedarfsfall Leben zu retten. Zudem ist es möglich, dass auf diesem Weg mehrere Einsätze parallel von einem/r TNA begleitet werden (Metelmann et al., 2024).



Abb. 2: *Virtuell überlagerte Annotation an Reanimationspuppe aus Sicht des AR-Nutzenden*

Abbildung 2 zeigt eine Reanimationspuppe, auf die eine virtuelle Annotation projiziert ist, wie sie aus der Sicht eines AR-Nutzenden erscheint. Diese visuelle Unterstützung ermöglicht es dem Ersthelfenden, präzise und klare Anweisungen zu erhalten, was besonders während der Durchführung lebensrettender Maßnahmen wie der Herz-Lungen-Wiederbelebung von großer Bedeutung sein kann. Durch die Überlagerung der digitalen Informationen mit der realen Welt kann die Genauigkeit und Effizienz der Notfallmaßnahmen verbessert werden.

Die hier vorgestellten Beispiele zeigen, dass die Vorteile von AR-Smartglases in der medizinischen Versorgung vielfältig sein können. Die verbesserte Kommunikation durch visuelle und audio-visuelle Hilfsmittel ermöglicht eine klarere und direktere Interaktion zwischen Ersthelfenden und TNAs. Darüber hinaus führt die präzise Überlagerung von Anweisungen und Markierungen zu einer erhöhten Genauigkeit bei der Durchführung von Notfallprozeduren, was in stressigen und zeitkritischen Situationen lebensrettend sein kann.

Aktuelle Entwicklungen beim Einsatz von Drohnen durch BOS

Der Einsatz von Drohnen wird im Bereich der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) bereits seit einigen Jahren praktiziert. Dabei werden unterschiedliche Anwendungsfälle verfolgt, die sich vor allem durch den Anwenderkreis unterscheiden. Grundsätzlich sind die Aufgaben der Drohnen hier als Einsatzmittel sowie als Mittel zur Führungsunterstützung zu sehen (BBK, 2024).

Die Polizei in NRW hat bereits im Jahr 2021 über 70 Drohnen beschafft und setzt diese zu kriminaltechnischen Untersuchungen, Verkehrsunfallaufnahmen oder etwa zur Generierung von Lagebildern ein (Polizei NRW, 2020). Auch in Bundesländern wie Niedersachsen oder Sachsen kommen mittlerweile Drohnen zum Einsatz (NMIS, 2023; MDR Sachsen, 2024).

Außerdem nutzen vor allem auch Feuerwehren oder Institutionen wie das Technische Hilfswerk (THW) oder die Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e.V. (DLRG) Drohnen als Hilfsmittel. Hier finden die Systeme bspw. zur Einsatzlagebewertung Anwendung, um schnell und zuverlässig Lagebilder von Gefahrensituationen zu erstellen. Drohnen werden hier in einem breiten Spektrum eingesetzt – von der Tier- und Personensuche, über die Detektion von Waldbränden, Glutnestern oder Gefahrenstoffen oder aber bspw. die Kontrolle von Deichen in Hochwasserlagen. Besonderer Vorteil ist die Erreichbarkeit von Bereichen, die nur schwer zugänglich sind, sich über weite Areale erstrecken oder etwa Gefahrenpotentiale für Einsatzkräfte bergen (Feuerwehr Hamburg, 2022; Wielens, 2024; THW, 2024; DLRG Rastatt, 2024).

Die dargestellten Anwendungen konzentrieren sich damit aktuell vor allem auf die Bereiche der sensorgestützten Lagebildgenerierung sowie der damit verbundenen Einsatz- und Führungsunterstützung. Seltener werden Drohnen aktuell auch zum Transport, bspw. von Einsatz-Ausrüstung, Blutkonserven oder Medikamenten, genutzt. In Deutschland wurden hierzu in der Vergangenheit bereits diverse Forschungsprojekte initiiert, die vor allem den Transport von Blutkonserven und Laborproben zwischen Krankenhäusern verfolgen (Kleibauer, 2023; Quantum Systems, 2023; medify, 2024).

Allen Projekten ist hier gemein, dass es sich um Pilot- bzw. Forschungsprojekte handelt. Die einzusetzenden Drohnen werden hierbei aus einer ortsfesten Infrastruktur eingesetzt, innerhalb planbarer bzw. festgelegter Einsatzszenarien. Damit reduziert sich auf der einen Seite die Komplexität für den Betrieb, auf der anderen Seite entstehen jedoch auch regulatorische Herausforderungen, da hier – anders als beim Einsatz durch BOS - die Anforderungen gem. europäischer Richtlinien und nationaler Gesetzgebung in vollem Umfang gelten (vgl. z.B. Durchführungsverordnung (EU) 2019/947, Luftverkehrsgesetz, Luftverkehrsordnung).

Ein Novum – zumindest in Deutschland – ist der Einsatz von Drohnen zur Lieferung von Equipment wie AEDs oder AR-Smartglasses in der Notfallmedizin. Insbesondere in ländlich geprägten Räumen kann die Anfahrtszeit von Rettungskräften länger dauern und selbst wenn bspw. eine vorgeschriebene Hilfsfrist von bis zu 15min (§ 8 Abs. 2 Satz 1 Bbg RettG; § 8 Abs. 2 Satz 1 RettDG; § 12 Abs. 1 Nr. 1 ThüRettG) eingehalten wird, kann dies im Falle eines Herzkreislaufstillstandes bereits zu spät sein (Gässler et al., 2020; Gräsner et al., 2020).

In Schweden wurde erstmalig eine medizinische Studie durchgeführt, bei der Drohnen zum Transport von AED bei Herz-Kreislauf-Stillständen eingesetzt wurden. In einem viermonatigem Versuchszeitraum wurden insgesamt 55 Drohneneinsätze wissenschaftlich ausgewertet. Dabei war die eingesetzte Drohne in 37

Fällen schneller am Einsatzort als der gleichzeitig alarmierte Rettungswagen. Der Zeitvorsprung betrug im Mittel 3 Minuten 14 Sekunden. Bei 18 Einsätzen handelte es sich um tatsächlich lebensgefährliche Situationen, wobei hier in sechs Fällen der von der Drohne gelieferte AED bei der Versorgung des Herzstillstandes eingesetzt werden konnte. Die Drohne ist hier mittlerweile in den Regeldienst aufgenommen worden (Everdrone, 2022; Schierbeck et al., 2023).

In Deutschland ist aktuell noch kein regelhafter Einsatz von AED-Drohnen möglich, wenngleich Forschungsprojekte wie SURVIVE oder Initiativen wie die vom Verein „Region der Lebensretter“ hierfür Konzepte entwickeln und erproben (RWTH Aachen University, 2024; Westrup, 2024). In der Praxis stoßen bisherige Initiativen auf Barrieren, für deren Überwindung es noch an politischer Umsetzung, Konzepten und einem finanziellen Grundgerüst mangelt.

Herausforderungen bei der Implementierung von Drohnen als Transportmittel in der Rettungsmedizin

Um Drohnen in dynamischen und nicht planbaren Szenarien zum Transport von AEDs, AR-Smartglasses oder ähnlichen Produkten im Rettungsdienst einsetzen zu können, müssen diverse Handlungsfelder und Einflussfaktoren berücksichtigt werden, von denen hier die Wesentlichen genannt werden:

- Rechtliche Fragestellungen

Mit dem Ziel Drohnen für die Lieferung von Produkten zur Unterstützung der rettungsmedizinischen Erstversorgung einzusetzen, müssen diverse rechtliche Fragestellungen erörtert werden. Hierrunter fallen u.a. Fragen der Haftung durch den Drohnenbetreiber sowie Betriebsgrenzen für die eingesetzten Technologien. Im Rahmen der Empfehlungen für Gemeinsame Regelungen zum Einsatz von Drohnen im Bevölkerungsschutz (EGRED) wurde hierzu bereits ein umfangreiches Rahmendokument geschaffen, auch wenn Drohnen hier als Transportmittel noch nicht betrachtet werden (BBK, 2024). Um unter die Ausnahmetatbestände gem. § 21k Luftverordnung (LuftVO) zu fallen, müssen Drohnen durch BOS betrieben werden. Die Abstützung auf externe, zivile Dienstleister ist damit nicht möglich bzw. würde bedeuten, dass diese vollumfänglich unter die Auflagen der Luftverordnung, Luftverkehrsgesetz sowie Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 fallen. Dies hätte wiederum Auswirkungen auf die eingesetzte Technik, die Einsatzräume, Genehmigungsverfahren, Reaktionsgeschwindigkeit usw. Nichtsdestotrotz kann es in Abhängigkeit der zu transportierenden Güter sowie Einsatzräume notwendig sein, Betriebsgenehmigungen nach Artikel 6 bzw. 12 der oben genannten EU-Verordnung einzuholen.

- Organisatorische Anforderungen

Zur Nutzung der regulatorischen BOS-Privilegien wäre es notwendig, BOS-interne Organisationsstrukturen zu schaffen, die für den Betrieb und den damit verbundenen Tätigkeiten verantwortlich sind. Die begleitenden Prozesse und Maßnahmen könnten durch Dienstleister gewährleistet werden (Training, Wartung und Instandsetzung, Dokumentation usw.). Der Transport von Produkten mittels Drohne erfordert jedoch auch eine übergreifende, ganzheitliche Organisationsstruktur, die die bestehenden Elemente der Rettungskette berücksichtigen und sich in diese eingliedern. Hierzu gehört auch eine Bedarfs- und Anforderungsanalyse, um wirksame

und effiziente Strukturen zu definieren und implementieren. Hier muss gewährleistet werden, dass klare Rollenbeschreibungen mit Verantwortungsbereichen und Kompetenzen im gegenwärtigen Organisationsmodell verortet werden. Diese neu aufzustellenden Organisationseinheiten bedürfen Ressourcen zur Erfüllung ihrer Aufgaben. Dazu gehört auch die Einrichtung von ortsfesten Infrastrukturen, von denen aus fest stationierten Drohnen betrieben werden können.

- Betriebliche Anforderungen

Auch wenn der Einsatz der Drohnen durch Sonderrechte erleichtert wird, bestehen nichtsdestotrotz hohe Anforderungen an den Betrieb, um diesen zuverlässig und sicher zu gewährleisten. Wie der Betrieb auszugestaltet ist, ist in einem Operationskonzept verbindlich zu definieren. Dieses beschreibt Strukturen, Prozesse, Verantwortlichkeiten, Techniken und Anforderungen, anhand deren der gesamte betriebliche Ablauf geregelt wird. Mithilfe dieser Verfahrensanweisungen ist es möglich, standardisiert und sicher Drohnen in der Rettungsmedizin einzusetzen. Ein Rahmengerüst kann hier bspw. aus Leitfäden für Betriebshandbücher der EASA, des Luftfahrtbundesamtes (LBA) oder der EGRED 2 bestehen (BBK, 2024). Darüber hinaus ist jedoch auch die Einbindung in bereits bestehende Prozesse wie das Alarmierungswesen sicherzustellen. Auch die Anbindung an dritte Stellen kann notwendig sein, um bspw. die Luftraumkoordination mit Rettungshubschraubern sicherstellen zu können oder mit anderen BOS-Kräften oder alarmierten Ersthelfenden zu kommunizieren. Eine besondere betriebliche Herausforderung ist, dass die Zielorte der Drohnen nicht vorgeplant sind und darum bei Alarmierung ein unklares Lagebild vor Ort besteht. Damit besteht eine hohe Komplexität durch Variablen im Einsatzumfeld, denen mittels Prozeduren und Techniken begegnet werden muss, um die Sicherheit für Unbeteiligte zu jedem Zeitpunkt zu gewährleisten.

- Personelle Anforderungen

An das Drohnen-Betriebspersonal (Fernpilot*innen) bestehen besondere Anforderungen, die in der Mehrzahl der aktuellen Anwendungszwecke von Drohnen durch BOS nicht abgebildet werden. Hier findet der Drohneneinsatz in der Regel innerhalb der Sichtweite der Pilot*innen, bei Tageslicht und unter gemäßigten Wetterbedingungen statt. Für einen wirtschaftlichen und personell tragbaren Betrieb kann die Einrichtung eines zentralen Leitstandes sinnvoll sein, von dem aus der/die Fernpilot*in ortsunabhängig eine oder mehrere Drohnen gleichzeitig bedienen und überwachen kann. Damit einher gehen hohe Anforderungen hinsichtlich Themen wie Luftrecht, Meteorologie, Flugverhalten und Aerodynamik von Luftfahrzeugen, Flugfunk, Human Factors usw. Diese Qualifikation muss durch eine entsprechende Ausbildung und wiederkehrendes Training gewährleistet werden und geht weit über die Anforderungen wie den Kompetenznachweis A2 hinaus. Der/die Fernpilot*in muss hier in der Lage sein, nach Instrumentenflugregeln sicher und zuverlässig zu agieren, ohne Dritte zu gefährden. Auch weiteres Personal muss mit dem Umgang von Drohnen geschult werden – von Disponierenden, die die Einsatzentscheidung treffen, über die Mechaniker*innen, die die Wartung der Technik verantworten, bis zu den Rettungskräften, die unter Umständen etwa Startvorbereitungen für den Rückflug unterstützen können müssen.

- Technische und infrastrukturelle Anforderungen

Lösungen für Transport-Drohnen durchdringen in zunehmender Anzahl den kommerziellen Markt. Damit besteht grundsätzlich eine breite Anzahl von Systemen zur Verfügung, die theoretisch auch durch BOS in der Rettungsmedizin genutzt werden könnten. Hier bedarf einer dedizierten Anforderungsanalyse, um tragfähige Systemlösungen zu finden. Allein das Drohnensystem muss hierbei zahlreiche Anforderungen erfüllen, wie:

- IP-Zertifizierung (Schutz vor Staub und Wasser)
- redundantes Kommunikationssystem (Mobilfunk, Richtfunk, Satellitenkommunikation)
- redundante Not-Abschaltung mit integriertem Fallschirmsystem
- RGB bzw. Thermalkamera (Lagefeststellung vor Landeanflug)
- Hinderniserkennungssysteme (Kollisionsvermeidung für Flug und Landung)
- Drohnen-Hangar (integrierte Ladefunktion, Witterungsschutz)
- ADS-B Transponder (Ermittlung Positionsdaten von Luftfahrzeugen)
- UTM-Transponder (Nutzung Verkehrsmanagementsystem)

Hinzu kommen weitere Anforderungen im Bereich der Software, die neben der Flugsteuerung und Überwachung auch Aspekte wie Cyber Sicherheit erfüllen muss. Auch Schnittstellen zur Leitstelle und Ersthelfersystemen sind erforderlich, um die Auftragssteuerung zu ermöglichen.

Insgesamt ist ein hoch automatisierter Prozess notwendig, um einen relevanten Zeitgewinn zu erzielen.

Aus den hier auszugsweise dargestellten Handlungsfeldern ergeben sich defacto auch die mutmaßlichen Gründe, warum bisher keine Adaption der verfügbaren Technik in die Praxis, abseits von Forschungsprojekten, stattfindet. Nicht berücksichtigt wurden an dieser Stelle weitere Aspekte, wie die Finanzierung derartiger Systeme über das Krankenkassensystem.

Mögliches Zielbild für den Einsatz von Drohnen im Realeinsatz

Die aufgezeigten Feldversuche haben gezeigt, dass der Transport von Produkten wie AEDs mittels Drohne mittlerweile technisch, rechtlich und organisatorisch umsetzbar ist. Dies ermöglicht eine bessere Erstversorgung von Patient*innen durch Ersthelfende, noch bevor der Rettungsdienst die Patientenversorgung übernimmt. Hierdurch können wertvolle Minuten gewonnen werden, die für das Überleben der Patient*innen bzw. die Reduzierung von Folgeschäden entscheidend sein können. Die zusätzliche Unterstützung der Ersthelfenden mittels via Drohne gelieferter AR-Smartglases kann dabei einen zusätzlichen Mehrwert generieren, indem diese durch TNAs unterstützt werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes SURVIVE wurde diese Methodologie aufgenommen. Das Zielbild zeigt zwei parallel ablaufende Prozesse:

1. Die Erste Hilfe durch qualifizierte Ersthelfende, die mittels Drohne geliefertem AED sowie AR-Smartglases und dem/r damit verbundenem/n TNA die Reanimation beginnen können.
2. Die reguläre Alarmierung von Rettungskräften zum Einsatzort.

Damit kann, wie in Schweden gezeigt, die Erstversorgung von Patient*innen mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand schneller gewährleistet werden, wodurch die Überlebenschancen signifikant gesteigert werden kann (Everdrone, 2022; Schierbeck et al., 2023).

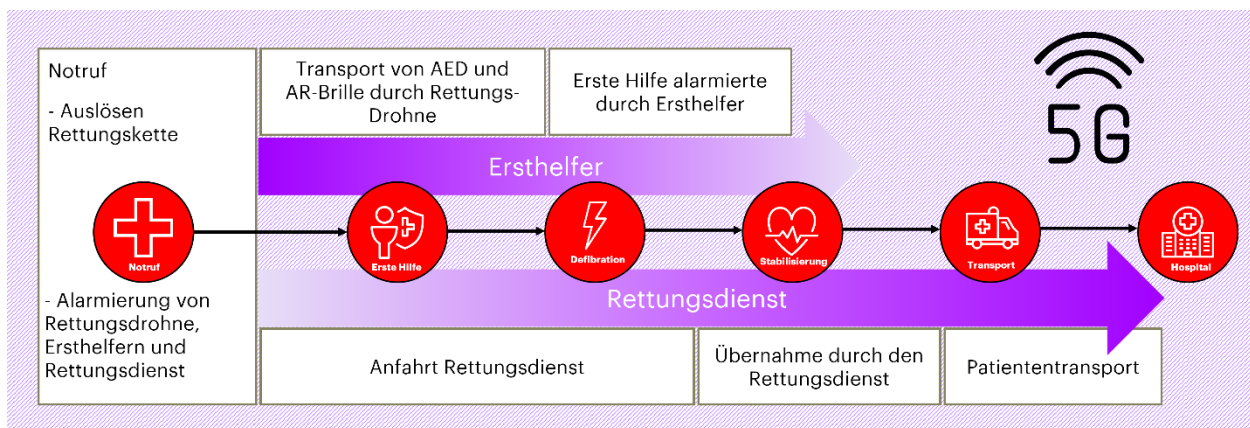


Abb. 3: Die Rettungskette im Projekt SURVIVE

Um den tatsächlichen Nutzen von Drohnen zur Lieferung von AEDs und AR-Smartglases wissenschaftlich evaluieren zu können, braucht es reale, praktische Versuchsfelder. In diesen gilt es, exemplarisch Konzepte, Strukturen und Prozesse zu testen und zu implementieren, um hieraus Best Practices Beispiele abzuleiten. Im Rahmen dieses Proof of Concepts gilt es zu definieren, welches Setup, mit welchen Organisations- und Betriebsstrukturen, an welchen Orten wirksam ist.

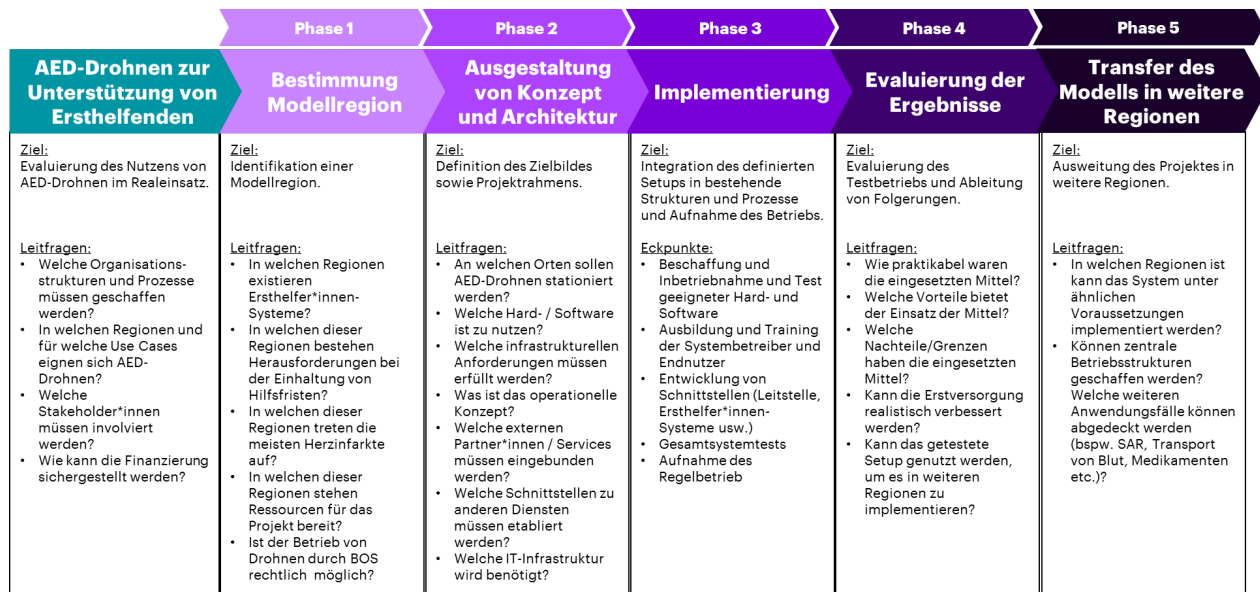


Abb. 4: Beispiel Implementierungsplan

Zusammenfassung und Ausblick

Das Forschungsprojekt SURVIVE zielte darauf ab, Möglichkeiten zur Erhöhung der Überlebensrate von Personen mit Herz-Kreislaufstillstand zu verbessern. Dazu wurde ein integriertes, auf 5G basierendes Notfallsystem entwickelt, bestehende Prozesse effizienter gestaltet und Ersthelfende bei der Ersten Hilfe unterstützt (RWTH Aachen University, 2024). Die Betrachtung des Forschungsprojektes konzentrierte sich dabei auf den urbanen Raum, wobei wie hier dargestellt, insbesondere im ländlichen Raum mit längeren Hilfsfristen eine schnelle Erstversorgung noch herausfordernder sein kann (§ 8 Abs. 2 Satz 1 Bbg RettG; § 8 Abs. 2 Satz 1 RettDG; § 12 Abs. 1 Nr. 1 ThüRettG). Gerade in dünn besiedelten Räumen, mit einer geringen Verfügbarkeit von Rettungsmitteln und weiten Distanzen, kann der Einsatz von Drohnen zum Transport von AEDs und AR-Smartglasses entscheidende Vorteile bringen (Everdrone, 2022; Schierbeck et al., 2023). Er erlaubt, im Zusammenspiel mit Ersthelfersystemen, eine effiziente und effektive Erstversorgung von Personen mit einem Herz-Kreislaufstillstand. Die Unterstützung von Ersthelfenden durch TNAs könnte dazu beitragen, Wiederbelebensmaßnahmen situationsgerecht anzuleiten und zugleich mentale Hilfe zu geben. Der Einsatz der AR-Smartglasses könnte auch dazu führen, dass die Akzeptanz und Nutzungsraten von AEDs durch Ersthelfende erhöht werden können.

Weiterhin wurden die Herausforderungen und Anforderungen für die Implementierung von Drohnen als Transportmedium in der Rettungsmedizin, einschließlich rechtlicher, organisatorischer, betrieblicher, personeller, technischer und infrastruktureller Überlegungen betrachtet. Die mittlerweile am Markt verfügbare Technologie sowie die rechtlichen Voraussetzungen ermöglichen dabei grundsätzlich den Einsatz von Drohnen durch BOS – hier konkret für den Transport von Hilfsmitteln wie AEDs und AR-Smartglasses (BBK, 2024).

Für die wissenschaftliche Evaluierung des tatsächlichen Nutzens von Drohnen zur Lieferung von AEDs und AR-Smartglasses, in Verbindung mit Telemedizin und Ersthelfersystemen sind reale, praktische Versuchsfelder notwendig. In diesen gilt es, exemplarisch Konzepte, Strukturen und Prozesse zu testen und zu implementieren, um hieraus Best Practices Beispiele abzuleiten. Eine mögliche Strategie zur Umsetzung wurde in dem vorliegenden Dokument entwickelt und aufgezeigt.

Literaturverzeichnis

ADAC (2020). AED-Kenntnisse in der Bevölkerung. https://stiftung.adac.de/app/uploads/2020/05/AED_Befragung_Ergebnisse_20200120.pdf

Apiratwarakul K, Cheung LW & Ienghong K. (2023). Impact of Smart Glasses on Patient Care Time in Emergency Medical Services Ambulance. *Prehospital and Disaster Medicine*, 38(6):735-739. <https://doi.org/10.1017/S1049023X23006489>

BBK (2024). Empfehlungen für Gemeinsame Regelungen zum Einsatz von Drohnen im Bevölkerungsschutz – EGRED 2. https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Krisenmanagement/Lagebild/Drohnen/drohnen_node.html

Breckwoldt, J., Schloesser, S. & Arntz, H. R. (2009). Perceptions of collapse and assessment of cardiac arrest by bystanders of out-of-hospital cardiac arrest (OOHCA). *Resuscitation*, 80(10):1108-1113. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.06.028>

Bundesministerium für Gesundheit (2024). Herz-Kreislauf-Stillstand. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/herz-kreislauf-stillstand/>

Codina, M.; Castells-Rufas, D.; Carrabina, J.; Salmon, I.; Ayuso, N.; Guerendiain, A. & Alvarez, G. (2019). Augmented Reality for Emergency Situations in Buildings with the Support of Indoor Localization. *Proceedings*, 31:76. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031076>

DLRG Rastatt (2024). Wir retten Leben. Drohnen in der DLRG. <https://rastatt.dlrg.de/drohnen/>

Du, M., Liu, Z., Xu, H. & Zhou, Z. (2020). Real-time AR assistance for CPR and AED use: A pilot study. *Journal of Medical Systems*, 44(11):189. <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01651-1>

Everdrone (2022). For the first time in medical history, an autonomous drone helps save the life of a cardiac arrest patient. <https://everdrone.com/news/2022/01/04/for-the-first-time-in-medical-history-an-autonomous-drone-helps-save-the-life-of-a-cardiac-arrest-patient/>

Feuerwehr Hamburg (2022). Dachstuhlbrand in Altona mit Drohneneinsatz. <https://www.feuerwehr-hamburg.de/2022/05/dachstuhlbrand-in-altona-mit-drohneneinsatz/>

Fischer, M., Wnent, J. & Gräsner, J. T., Seewald S., Brennert S., Bein B., Ristau P. & Bohn A. (2023). Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation im Notarzt- und Rettungsdienst 2022. *Anästh Intensivmed*, 64:161-169. <https://doi.org/10.19224/ai2024.V101>

Fischer, M., Wnent, J., Gräsner, J. T., Seewald, S., Rück, L., Hoffmann, H., Bein, B., Ramshorn-Zimmer, A. & Bohn, A. (2024). Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation im Notarzt und Rettungsdienst 2023. *Anästh Intensivmed*, 65:101–110. <https://doi.org/10.19224/ai2024.V101>

Fischer, M., Wnent, J., Gräsner, J.-T., Seewald, S., Rück, L., Hoffmann, H., Bein, B., Ramshorn-Zimmer, A., Bohn, A. (2024). Öffentlicher Jahresbericht 2023 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2023. www.reanimationsregister.de/berichte.html

Gässler, H., Helm, M., Hossfeld, B. & Fischer, M. (2020). Überleben nach Laienreanimation. *Dtsch Arztebl International*, 117(51-52):871-7. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0871>

Gräsner, J. T., Wnent, J., Herlitz, J., Perkins, G. D., Lefering, R., Tjelmeland, I., ... & Bossaert, L. (2020). Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe-Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*, 148:218-226. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.12.042>

Grätzel (2017). Die Laiendefibrillation macht einen Unterschied. <https://www.springermedizin.de/kardiologie/die-laiendefibrillation-macht-einen-unterschied/24651384>

Kim, D. & Choi, Y. (2021). Applications of Smart Glasses in Applied Sciences: A Systematic Review. *Appl. Sci.*, 11:4956. <https://doi.org/10.3390/app11114956>

Kleibauer (2023). Hier fliegen Drohnen bald mit Blutproben in 130 Metern Höhe durch die Luft. <https://www.schwaebische.de/regional/baden-wuerttemberg/blutproben-in-130-metern-hoehe-wenn-die-drohne-ans-labor-liefert-1598793>

Kramer-Johansen, J., Nakstad, A. R. & Myklebust, H. (2022). Mobile apps for emergency first responders: An evaluation of current applications. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 30(1):12. <https://doi.org/10.1186/s13049-022-00944-6>

Lee, D., Stiepak, J., Pommerenke, C., Poloczek, S., Grittner, U. & Prugger, C. (2022). Öffentlich zugängliche Defibrillatoren und sozioökonomische Faktoren auf kleinräumiger Ebene in Berlin. Eine Querschnittsanalyse. *Dtsch Arztebl Int*, 119: 393-9, <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2022.0180>

MDR Sachsen (2024). Sächsische Polizei setzt verstärkt auf Drohnen. <https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen/dresden/innenministerium-polizei-einsatz-drohnen-100.html>

medifly (2024). DIE TESTFLÜGE. Erfahren Sie mehr zu den Testflügen aus Phase 1 von Medifly! <https://medifly.hamburg/testfluege/>

Metelmann, C., Renzing, N., Gräsner, J. T., Dölger, L., Beckers, S. K., Felzen, M., Schöder, H., Overheu, D., Jacobsen, N. & Metelmann, B. (2020). Prähospitaler Telenotfallmedizin. *Notfallmedizin up2date*, 15(04):381-395. <https://doi.org/10.1055/a-1131-6472>

NMIS (2023). Einsatzunterstützung aus der Luft: Polizei Niedersachsen kann landesweit Drohnen einsetzen. <https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/einsatzunterstuetzung-aus-der-luft-polizei-niedersachsen-kann-landesweit-drohnen-einsetzen-227558.html>

Olasveengen, T. M., Semeraro, F., Ristagno, G., Castren, M., Handley, A., Kuzovlev, A., Monsieurs, K. G., Raffay, V., Smyth, M., Soar, J., Svavarsdóttir, H. & Perkins, G. D. (2021). Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (Basic Life Support). *Notfall+ Rettungsmedizin*, 24(4):386-405. <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00885-x>

Oving, I., de Graaf, C., Karlsson, L., Jonsson, M., Kramer-Johansen, J., Berglund, E., ... & Blom, M. T. (2020). Occurrence of shockable rhythm in out-of-hospital cardiac arrest over time: a report from the COSTA group. *Resuscitation*, 151:67-74. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.03.014>

Pedersen, T. H., Moller, T. P. & Larsen, M. L. (2021). Enhancing first aid training with augmented reality: A randomized controlled trial. *Resuscitation*, 167:109-116. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.07.021>

Perkins, G. D., Handley, A. J., Koster, R. W., Castrén, M., Smith, G. B. & Wenzel, V. (2017). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation*, 95:81-99. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.038>

Polizei NRW (2020). Unterstützung aus der Luft: Drohnen ermöglichen der Polizei NRW ganz neue Perspektiven. <https://polizei.nrw/artikel/unterstuetzung-aus-der-luft-drohnen-ermoeglichen-der-polizei-nrw-ganz-neue-perspektiven>

Pollack, R. A., Brown, S. P., Rea, T., Aufderheide, T., Barbic, D., Buick, J. E. & Weisfeldt, M. (2018). Impact of bystander automated external defibrillator use on survival and functional outcomes in shockable observed public cardiac arrest. *Circulation*, 137:2104-13. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.03070>

Quantum Systems (2023). Erfolgreicher Abschluss MEDinTime Projekt. <https://quantum-systems.com/bvlos-flug-transport-notfallmedikamente/>

Ringh, M., Rosenqvist, M., Hollenberg, J., Jonsson, M., Fredman, D., Nordberg, P., ... & Svensson, L. (2015). Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *New England Journal of Medicine*, 372(24):2316-2325. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1406038>

RWTH Aachen University (2024). Projekt. <https://5urvive.de/projekt/>

Schierbeck, S., Nord, A., Svensson, L., Ringh, M., Nordberg, P., Hollenberg, J., ... & Claesson, A. (2023). Drone delivery of automated external defibrillators compared with ambulance arrival in real-life suspected out-of-hospital cardiac arrests: a prospective observational study in Sweden. *The Lancet Digital Health*, 5(12):862-871. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00161-9](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00161-9)

Schoettker, P., Degerli, A., Raetzo, M. A., Iten, A. & Albrecht, R. (2020). Real-time AR guidance for novice rescuers improves CPR quality: A randomized controlled crossover study. *Resuscitation*, 152:70-75. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.04.035>

Semeraro, F., Greif, R., Böttiger, B. W., Burkart, R., Cimpoesu, D., Georgiou, M., ... & Monsieus, K. G. (2021). Lebensrettende Systeme. *Notfall+ Rettungsmedizin*, 24(4):367-385. <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00889-7>

Stieglis, R., Zijlstra, J. A., Riedijk, F., Smeekes, M., van der Worp, W. E. & Koster, R. W. (2020). AED and text message responders density in residential areas for rapid response in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*, 150:170-177. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2020.01.031>

THW (2024). Trupp Unbemannte Luftfahrtsysteme.
https://www.thw.de/SharedDocs/Einheiten/DE/012_trul.html

umlaut telehealthcare GmbH (2024). Die corhelper-App. <https://www.corhelper.de/fuer-ersthelfer/>

Westrup (2024). Freiburger Ärzte zeigen, wie Drohnen Leben retten können.
<https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/suedbaden/verein-lebensretter-in-freiburg-wollen-rettungskette-verbessern-100.html>

Wielens (2024). Halterner DLRG beim Hochwasser in Saarbrücken High-Tech-Drohne leistete wichtige Hilfe.
<https://www.halternerzeitung.de/haltern/halterner-dlrg-beim-hochwasser-in-saarbruecken-high-tech-drohne-leistete-wichtige-hilfe-w885398-3001201720/>

Bei den Abbildungen handelt es sich um eigene Darstellungen bzw. Fotoaufnahmen im Rahmen des Forschungsprojektes SURVIVE.