

# Konzeptentwicklung zum Materialtransport per Drohne zwischen den drei Kreisspitalstiftungskliniken im Kreis Neu-Ulm

## Development of a concept for the supply transportation with drones between the hospitals in the Neu-Ulm district



### Autoren

Marcel S. A. Stitz<sup>1</sup>, Walter Swoboda<sup>2</sup>, Felix Holl<sup>2,3</sup>

### Institute

- 1 Fakultät Gesundheitsmanagement, Hochschule Neu-Ulm
- 2 Institut DigiHealth, Hochschule Neu-Ulm
- 3 Institut für medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie, Ludwig-Maximilians-Universität München

### Schlüsselwörter

Unbemanntes Luftfahrzeug, Luftverkehrs-Ordnung, Materialtransport, Luftfahrt, Krankenhauslogistik

### Key words

Unmanned aerial vehicle, air traffic regulations, material transport, aviation, hospital logistics

### Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1277-6787>

Online-Publikation: 03.11.2020

Gesundh ökon Qual manag 2020; 25: 285–290

© 2020. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

ISSN 1432-2625

### Korrespondenzadresse

Felix Holl, M.Sc.  
Hochschule Neu-Ulm  
Institut DigiHealth  
Wileystr. 1  
89231 Neu-Ulm  
Germany  
E-Mail: [Felix.holl@hnu.de](mailto:Felix.holl@hnu.de)

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Logistik stellt Kliniken im ländlichen Raum mit mehreren Standorten vor große organisatorische und finanzielle Herausforderungen. Mit einer Machbarkeitsstudie wurde der Einsatz von drohnengetriebenem Materialtransport untersucht. Die wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeit eines drohnengetriebenen Materialtransportes zwischen drei Kliniken in Bayern gestaltet sich schwierig. Föderalismus, komplexe Gesetzgebung und geringe Transportkapazitäten verhindern einen sinnvollen Einsatz der Technologie zum Materialtransport im beleuchteten Szenario.

### ABSTRACT

Logistics is a major organizational and financial challenge for clinics in rural areas with multiple locations. The use of drone-gear material transport was examined with a feasibility study. The economic and legal feasibility of a drone-driven material transport between three clinics in the rural Neu-Ulm district in Bavaria is difficult. Federalism, the complex legislation as well as low transport capacities prevent a sensible use of the technology for material transport in the illuminated scenario.

## Einführung

Unbemannte Luftfahrzeuge (UAV) bieten durch ihre Geschwindigkeit als auch den Grad der Automatisierung eine Möglichkeit die Transportkosten gering zu halten und dies bei gleichzeitig hoher Flexibilität. Die intelligente Vernetzung von Kliniken oder Klinikver-

bunden inklusive der Zentralisierung von patientenfernen Strukturen bietet dabei mehrere Vorteile. So wären Drohnen in der Lage, z. B. Blutproben direkt zu Zentrallaboren für automatisierte Analysen zu fliegen, ohne dass die Genauigkeit der Ergebnisse leidet [1]. Medikamente könnten individuell im Bedarfsfall aus Zentral-

depots geholt und in die jeweiligen Kliniken geflogen werden. Eine Vorhaltung in jeder einzelnen Klinik entfällt. Die Automatisierung des Warentransportes bietet die Chance Kapazitäten von Personal effektiver zu nutzen, um den Fachkräftemangel abzuschwächen. Speziell öffentliche Kliniken im ländlichen Raum haben mit der Zentralisierung von Einrichtungen zu kämpfen [2]. In seiner Gesamtheit betrachtet hat der Einsatz von UAVs das Potential den ambulanten als auch den stationären Gesundheitssektor zu verändern. Deshalb wird sich diese Arbeit mit dem Krankenhausumfeld befassen. Im speziellen wird hierbei das „Landkrankenhaus“ für die Konzeption betrachtet, da sich hier die Vorteile der Drohne nutzen lassen. Viele der bereits zentralisierten Krankenhäuser verfügen über interne Warentransportsysteme (z. B. Rohrpost), die den Drohnen überlegen scheinen und daher ausgeklammert werden. Als Beispiel für diese regionalen Krankenhäuser werden die Kliniken der Kreisspitalstiftung im Landkreis Neu-Ulm dienen.

Ziel ist zu klären, ob ein Materialtransport per Drohne zwischen den Kliniken der Kreisspitalstiftungen im Rahmen der aktuellen Verordnungen und sonstigen Limitierungen (z. B. Technik und Meteorologie) möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.

## Methodik

Mit Hilfe von Key Information Interviews wurden möglichen Szenarien für den Transport per Drohne, im Rahmen der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm, identifiziert. Im Anschluss erfolgte eine Zusammenfassung der durch die Key Informanten angesprochenen Szenarien. Die ausgearbeiteten Szenarien wurden unter Einsatz einer Strength-Weakness-Opportunity-Treats-Analyse (SWOT) bzgl. des Drohneinsatzes bewertet. Mit dem Ziel der Einhaltung des § 21b Abs. 1 Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) wurden die möglichen Flugrouten zwischen den Kliniken, unter Zuhilfenahme verschiedener Kartenmaterialien (u. a. ICAO Karte Stuttgart, BayernAtlas), identifiziert und auf ihre Wirtschaftlichkeit analysiert. Abschließend erfolgte die regulatorische Einordnung im Rahmen einer exemplarischen deutschen Risikobewertung für den genehmigungspflichtigen Betrieb (SORA-GER).

## Ergebnisse

Die durch die Key-Informanten beschriebenen Szenarien lassen sich wie folgt unterteilen:

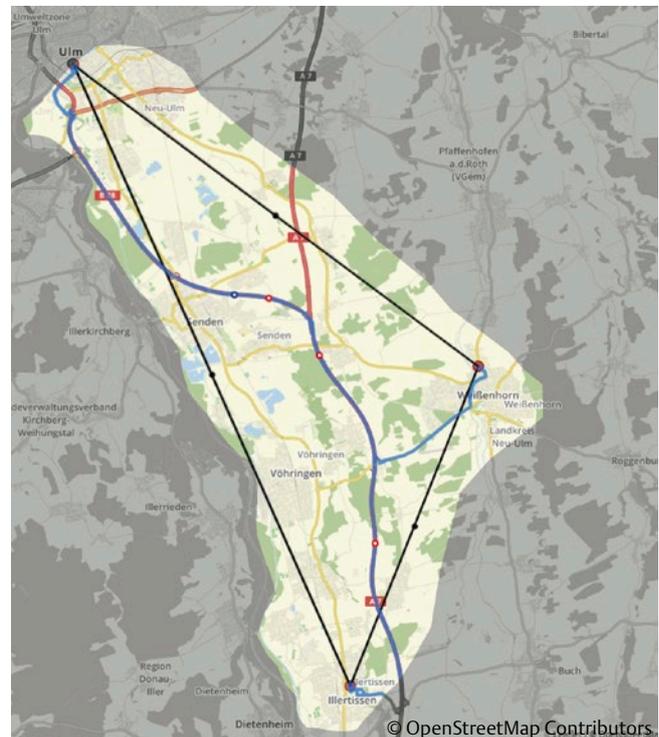
Der Transport von:

- medizinischen oder klinischen Materialien (u. a. Medikamente, Laborproben, Blutkonserven)
- Verwaltungsmaterialien (u. a. Hauspost, Datenträger, Abrechnungsunterlagen)
- sonstigen Gütern

### Flugroutenanalyse

Anmerkung: Die zur Erstellung der Arbeit vorliegende Gesetzgebung untersagt den Überflug als auch die Annäherung auf weniger als 100 Meter an Krankenhäuser (vgl. § 21b Abs. 1 Nr. 11 LuftVO). Eine gesetzliche Ausnahme für selbigen Paragraphen wird in § 21b Abs. 3 LuftVO nicht erwähnt.

Daher ist die Betrachtung theoretischer Natur unter Ausschluss des oben genannten Paragraphen.



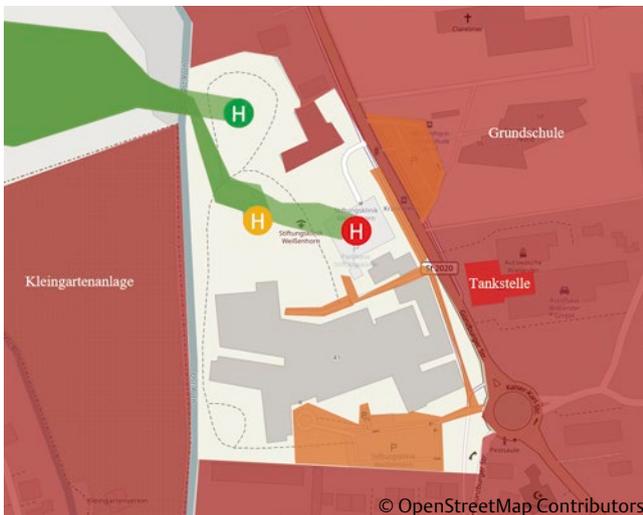
► **Abb. 1** Potentielles Operationsgebiet basierend auf [5, 6] eingefärbt durch Autoren. © OpenStreetMap-Mitwirkende. [www.openstreetmap.org/copyright](http://www.openstreetmap.org/copyright)

Der Bereich, über welchen geflogen werden soll, beinhaltet zahlreiche Städte und Gemeinden. Zu den größten Städten des Landkreises Neu-Ulm zählen Neu-Ulm, Senden, Illertissen, Vöhringen, Weißenhorn [3]. Die Illertal- als auch die Donau Klinik befinden sich direkt in den Städten Illertissen und Neu-Ulm. Lediglich die Stiftungsklinik Weißenhorn kann dem Stadtrandgebiet von der gleichnamigen Stadt zugeordnet werden. Neben den Städten und Gemeinden umfasst das Operationsgebiet vier Bundesfernstraßen nach § 1 Abs. 2 Bundesfernstraßengesetz, drei Bahnlinien [4], zahlreiche Stromtrassen, sowie ein Vogelschutz-, drei Naturschutzgebiete und zwei Flora-Fauna-Habitate.

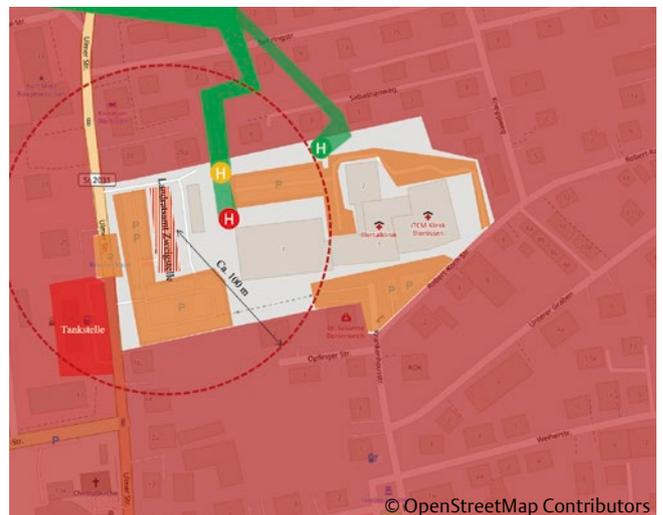
Für alle Krankenhäuser werden Ausnahmegenehmigungen durch die zuständigen Behörden notwendig sein. Selbst wenn der Flugkorridor in Weißenhorn ggf. kein Wohngrundstück überfliegen sollte, so ist die Ausnahmegenehmigung sinnvoll, sollte ein Abtreiben des UAV erfolgen.

Die Behörden werden zu folgenden Aspekten Ausnahmen laut § 21b Abs. 1 LuftVO genehmigen müssen, wenn ein Flug möglich sein soll:

- 100 Meter seitlicher Abstand von Menschenansammlungen,
- 100 Meter seitlicher Abstand von Industrieanlagen,
- 100 Meter seitlicher Abstand zu Liegenschaften der Polizei und anderer Sicherheitsbehörden,
- über Naturschutzgebieten und Gebieten im Sinne des § 7 Abs. 1 Nr. 6, 7 Bundesnaturschutzgesetz,
- über Wohngrundstücken,
- „über und in einem seitlichen Abstand von 100 Metern von der Begrenzung von Krankenhäusern“ (§ 21 b Abs. 1 Nr. 11 LuftVO) (aktuell laut Gesetz nicht möglich).



► **Abb. 2** Stiftungsklinik Weißenhorn mit potenziellen Landeplätzen und Zoneneinteilungen basierend auf OpenStreetMap Kartendaten [6]. © OpenStreetMap-Mitwirkende. www.openstreetmap.org/copyright



► **Abb. 4** Illertalklinik mit potenziellen Landeplätzen und Zoneneinteilungen basierend auf OpenStreetMap Kartendaten [6]. © OpenStreetMap-Mitwirkende. www.openstreetmap.org/copyright



► **Abb. 3** Donauklinik mit potenziellen Landeplätzen und Zoneneinteilungen basierend auf OpenStreetMap Kartendaten [6]. © OpenStreetMap-Mitwirkende. www.openstreetmap.org/copyright

► **Tab. 1** Flugstreckenlänge zwischen den Kliniken der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm.

	Länge UAV-Flugroute
Donauklinik ↔ Illertalklinik	28,4 Kilometer
Donauklinik ↔ Stiftungsklinik Weißenhorn	18,8 Kilometer
Illertalklinik ↔ Stiftungsklinik Weißenhorn	18,3 Kilometer

sich folgende Flugstreckenlängen zwischen den Kliniken der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm (siehe ► **Tab. 1**).

Im Gegensatz zur Luftlinie sind diese Routen zwischen 15 % und 77 % länger. Der Streckenzuwachs ergibt sich durch die geographischen Gegebenheiten in Kombination mit den rechtlichen Vorgaben, die eine Anpassung der Route unabdingbar machen.

Neben der Streckenanpassung ist die Einrichtung von Notlandpunkten essenziell. Besonders in dichtbesiedelten Gebieten gestaltet sich dies schwierig.

### Effizienz kalkulation

Für die Effizienz kalkulation werden folgende Vertreter eingesetzt:

- Kraftfahrzeug (Volkswagen Transporter Kombi EcoProfi KR 2.0 TDI EU6 SCR BMT 75 kW 5-Gang) [7]
  - Verbrauch: 6,7 l/100 Kilometer Dieselkraftstoff; Höchstgeschwindigkeit: 157 km/h; Zuladung: 952 Kilogramm
- Unbemanntes Luftfahrzeug (Globe UAV GUAV8 IXON) [8]
  - Verbrauch: 680 Wh/30 Kilometer Strom; Höchstgeschwindigkeit: 80 km/h; Zuladung: 1,5 Kilogramm

Es werden für die Berechnungen 1,252 Euro/Liter Dieselkraftstoff [9] und 18,44 Cent/kWh Gewerbestrom [10] angesetzt.

Allein nur für die direkte Umgebung der Krankenhäuser ist die Komplexität der Zulassung hoch. Es ist davon auszugehen, dass sich das Zulassungsverfahren über einen längeren Zeitraum erstrecken wird. In einigen Fällen könnte es zu Klagen durch die Anwohner kommen, die mit einem Überflug oder dem Geräuschpegel der Drohne nicht einverstanden sind.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die jeweiligen Kliniken der Stiftung inklusive der Gefahren- und Einschränkungszonen in Rot/Orange als auch der potenziellen Einflugkorridore in grün. Für jede Klinik wurden drei potenzielle Landeplätze, dargestellt in grün, gelb und rot eruiert.

Unter Beachtung der durch die Luftverkehrsordnung vorgeschriebenen Einschränkungen und Abstandsregelungen ergeben

► **Tab. 2** Fahrt- und Flugzeiten zwischen den Kliniken der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm und Zeitersparnis des UAV gegenüber dem Kfz.

	Kfz	UAV	Ersparnis gegenüber Kfz
Donauklinik ↔ Illertalklinik	24 min	24,33 min	-0,33 min (keine Ersparnis)
Donauklinik ↔ Stiftungs-klinik Weißenhorn	21 min	16,01 min	4,9 min
Illertalklinik ↔ Stiftungs-klinik Weißenhorn	17 min	15,68 min	1,31 min

Der Durchschnittspreis pro Kilogramm Transportgewicht (im Drohnenflug) aller Strecken ist zu Beginn starken Schwankungen unterworfen, pendelt sich jedoch bei größeren Mengen (> 30 Kilogramm) im 0,12 € Bereich ein. Der Transport per Kraftfahrzeug zeichnet sich durch eine exponentielle Abnahme der Kosten pro Kilogramm aus und läuft bei 60 Kilogramm gegen 0,03 €.

Wie in ► **Abb. 4** ersichtlich, lohnt sich der Einsatz der Drohne bei geringen Gewichten zwischen ca. 13 Kilogramm bei der Strecke Illertalklinik ↔ Stiftungsklinik Weißenhorn und ca. 18 Kilogramm (Donauklinik ↔ Stiftungsklinik Weißenhorn) bei einer reinen Kostenbetrachtung.

Bezieht man die Transportzeiten in die Effizienz kalkulation ein geben sich für die Gewichte Flugzeiten zwischen 4:26 h (Illertalklinik ↔ Stiftungsklinik Weißenhorn) und 7:42 h (Donauklinik ↔ Illertalklinik) unter Idealbedingungen bei maximaler Geschwindigkeit ohne Be- und Entladezeiten. Grund für die signifikant erhöhten Zeiten ist die geringe Zuladung des UAV, die mehrmaliges befliegen der Strecke unabdingbar macht. Im Gegensatz dazu benötigt der Transporter bis zu einer Zuladung von 952 Kilogramm keine Mehrfahrten im Gegensatz zu (1.269 Flügen per UAV für 952 Kilogramm). Lediglich bei einfachen Flügen führt der Einsatz des UAV auf  $\frac{2}{3}$  der Strecken zu Zeitersparnissen unter Idealbedingungen. Alle Gewichte über 1,5 Kilogramm benötigen mindestens einen Rückflug und weiteren Hinflug.

## Regulatorische Bewertung

Für das gegebene Szenario ergibt sich hinsichtlich dem exemplarischen Kopter eine unkorrigierte Ground-Risk-Class (GRC) von 12, die mit einem Korrekturwert von -3, auf neun gesenkt werden kann. Für die unkorrigierte Air-Risk-Class (ARC) ist ein Wert von sieben anzuwenden. Verschiedene schadensreduzierende Maßnahmen senken den Wert auf fünf. Da der höhere Wert (GRC oder ARC-Wert) gilt, ist der Einsatz der Drohne nach aktueller SORA-GER nicht erlaubnisfähig [11, 12]. Auch für UAVs die über höhere Schutzmechanismen verfügen wird die GRC Klasse nicht auf das erlaubnisfähige Level von < 7 fallen.

## Diskussion

Das Ziel der Arbeit war festzustellen, ob Material zwischen den Kliniken der Kreisspitalstiftung per Drohne im Einklang mit verschiedenen Aspekten, wie u. a. Verordnungen sowie technischen und meteorologischen Limitierungen unter wirtschaftlichen Bedingun-

gen, geflogen werden kann oder nicht. Dies muss mit Nein beantwortet werden.

Auch wenn durch die Key Informanten vielversprechende Einsatzszenarien mit großen Chancen beim Transport von medizinischen Materialien, in der Verwaltung und Patienteninteraktion angesprochen und ein offenes Verhältnis zum Drohneinsatz gepflegt wird, so untersagt allein der § 21b Abs. 1 Nr. 11 der Luftverkehrsordnung die Annäherung als auch den Überflug von Krankenhäusern. Dies macht die von den Key Informanten angesprochenen Szenarien praktisch unmöglich. Selbst wenn man die gesetzliche Regelung außer Acht lässt, zeigt sich, dass unter aktuellen Bedingungen kein Transport realistisch machbar ist.

Die drei Kliniken der Fallstudie sind aufgrund ihrer Relevanz für die Umgebung innerhalb der städtischen Grenzen zu finden, welche sowohl die Flugstreckenkorridore als auch die Notfalllandemöglichkeiten durch Wohngebiete, Parks oder Behördenansiedlungen extremst einschränken. Zulassungen für diese Transportwege zu erhalten ist unwahrscheinlich, da in unzähligen Fällen Ausnahmen von den Verboten in § 21b Abs. 1 LuftVO durch die Behörden genehmigt werden müssten. Klagen z. B. durch Dritte sind zu erwarten, die einerseits Fluglärm und Risiken reduzieren, zum anderen die Natur und andere Güter schützen wollen. Auch die Genehmigung der Überflüge von kritischen Infrastrukturen, wie der Autobahn 7, Bundesstraßen, Stromtrassen oder Industriegebieten, die bei den Flügen gekreuzt werden müssen, wird sich außergewöhnlich schwierig gestalten. Nach praktischen Erfahrungen des Autors sind die Behörden in Bezug auf Genehmigungen in diesem Bereich zurückhaltend. Fehlende Urteile und redaktionelle Unstimmigkeiten [13, 14] bei der Gesetzeserstellung führen zu dieser behördlichen Hemmung. Besonders in diesem Bereich sind Nachbesserungen notwendig, um sichere Entscheidungsfreiräume zu schaffen. Mit Hilfe dieser können zukünftig die Zulassungswahrscheinlichkeiten besser durch den jeweiligen Initiator abgeschätzt werden. Aber auch danach wird die öffentliche Unsicherheit als auch die aktuelle kritische Berichterstattung den großflächigen Einsatz von Drohnen mittelfristig zumindest in Deutschland verhindern.

Der § 21b Abs. 3 LuftVO sollte die Ausnahmeerlaubnis auch für Krankenhäuser aufnehmen, da hier, wie in den Key Informant Interviews ersichtlich, enorme Potenziale liegen, die im Ernstfall Leben retten oder die Behandlung von Patienten verbessern können.

Neben der Komplexität der Routen stützt auch die Risikobewertung SORA die negative Machbarkeitsbewertung. Die Unvorhersagbarkeit des Auftretens von Menschenansammlungen (z. B. durch Hochzeitsgesellschaften, Ausflügler) in den Flugkorridoren sowie die hohe Anzahl an Risikogebieten in Verbindung mit einem Flug außerhalb der Sichtweite führt zu einer Punkteanzahl, die auch durch extreme Schutzmaßnahmen und durch die Einführung zukünftiger Technologien nicht auf ein erlaubnisfähiges Niveau im Ground Risk Assessment gesenkt werden kann. Hier muss der Gesetzgeber nachbessern, um eine Zulassung zu ermöglichen. Ist dies nicht der Fall, lassen sich die meisten Szenarien, die größere unkontrollierbare Gebiete abdecken oder flexible Routen benötigen, nicht realisieren. Für kleinere kontrollierte Bereiche, z. B. Firmengelände, stellt die Unvorhersagbarkeit (u. a. von Menschenansammlungen) ein kleineres Risiko dar. Im Bereich des Air Risk Assessments verschlechtert besonders der Hubschrauberlandeplatz der Kreisspitalklinik Weißenhorn die Zulassungsaussichten drastisch.

Erschwerend kommt hinzu, dass dieser nicht wie andere Flugplätze im Operationsgebiet umgangen werden kann. Auch in diesem Fall sind Anpassungen durch den Gesetzgeber gefragt. Bei der Air Risk muss eine bessere Abstimmung mit den Luftsicherungsbehörden stattfinden, um die Flugverbotsbereiche zu reduzieren und damit die Routen variabler zu gestalten.

Der wirtschaftliche und zeitliche Aspekt muss hingegen differenziert betrachtet werden. Für Transportgewichte, welche unterhalb des maximalen Zuladungsgewichtes des jeweiligen UAV liegen, kann wirtschaftlich und zeitlich effizient geflogen werden. Sobald man diese jedoch überschreitet steigen die Flugzeiten durch Mehrfachflüge in Bereiche, die eine praktische Anwendung ausschließen und die Beförderung per Kraftfahrzeug begünstigen. Für den Transport von dringend benötigten Medikamenten, welche Ad-hoc zur Verfügung gestellt werden müssen und das Transportgewicht nicht überschreiten, könnte ein Einsatz der Drohnen als lohnenswert betrachtet werden. Zum Flug von Verwaltungsgütern oder sonstigen Materialien scheint nach SWOT-Analyse der Einsatz als nicht rentabel und von der Zulassung her aktuell noch aussichtsloser als bei Transporten im Notfall. Besonders durch die zunehmende Digitalisierung wird der Transport von physischen Datenträgern oder Akten nach Meinung des Autors an Bedeutung verlieren. Die Einrichtung einer Drohnentransportlösung für diese Aspekte hält dieser weiterhin auch für den mittelfristigen Einsatz für wirtschaftlich nicht rechtfertigbar. Die Entfernungen zwischen den Kliniken lassen sich durch die aktuelle Drohnengeneration abdecken und werden im Zuge neuer Technologien noch besser steuerbar.

Technische Limitierungen der unbemannten Fluggeräte finden sich jedoch bei Temperaturen, Windgeschwindigkeiten als auch Hagel- und Regenbeständigkeit, sodass neben der Drohne immer eine Beförderungsalternative vorgehalten werden sollte. Dies reduziert die Wirtschaftlichkeit und Effizienz. Selbiges gilt für die umfangreichen Flugvorbereitungen, die eingehalten werden müssen und somit den Start als auch den Transport verzögern können.

Die Ergebnisse der Arbeit sollten jedoch differenziert betrachtet werden. Zum einen liegt die Genehmigung des Betriebes als auch die Einschätzung im Rahmen der SORA im Ermessen des jeweiligen behördlichen Vertreters. Dieser kann zu anderen Erkenntnissen als der Autor der Arbeit kommen und aufgrund der Relevanz der Transporte von Gütern im Krankenhausumfeld eine Genehmigung erteilen, auch wenn dies äußerst unrealistisch erscheint. Notfalleinsätze, die auch aktuell unter Sondersignal stattfinden, sind in den Ergebnissen nicht berücksichtigt und könnten gegebenenfalls einen Drohnentransport begünstigen. Zum anderen beruht die wirtschaftliche Einschätzung auf Grund des Umfangs der Arbeit auf einem Vertreter der Kategorie. Höhere Zuladungen und Geschwindigkeiten von anderen UAVs mögen die Wirtschaftlichkeit steigern. Selbiges gilt für die Robustheit der Technologie, die ggf. das Vorhalten von alternativen Transportmöglichkeiten drastisch reduziert. Es ist durchaus im Rahmen des denkbaren, dass Drohnen existieren, die keine Vorhaltung einer alternativen Transportmöglichkeit mehr benötigen und vom Autor bei seiner Recherche nicht identifiziert wurden. Zukünftige Drohnengenerationen könnten die Wirtschaftlichkeit und Effizienz steigern, da mit stärkerer Technologiedurchsetzung auch ein Preisverfall angenommen werden kann, welcher die Drohne am Ende in Preis-

regionen eines Kleintransporters bzw. weit darunter vordringen lassen könnte. Offen bleiben auch die Auswirkungen auf die Personal- und Instandhaltungskosten sowie der Flug mit selbst hergestellter Solarenergie, was durch den Autor nicht geklärt werden konnte. Weiterhin wurde nur die Anschaffung einer Drohne und eines Fahrzeuges beleuchtet. Bei der Anschaffung von mehreren Drohnen und Fahrzeugen kann sich das Anschaffungskostenverhältnis ggf. auch in Richtung Drohne verschieben, da für die erste Drohne eine Steuerung angeschafft werden muss, die sich evtl. für andere Drohnen simultan verwenden lässt und somit nicht bei jedem Kauf zu Buche schlägt. Beim Einsatz von mehreren Drohnen auf einer Strecke mögen sich auch die Transportzeiten verbessern, wenn simultan geflogen wird.

Die Routenplanung wurde basierend auf verschiedenen Karten durchgeführt. Diese können von der Realität abweichen und bestimmte Aspekte nicht widerspiegeln, die dennoch für die Planung relevant sein können. Gleiches gilt für die Zugänglichkeit der Gebiete, die teilweise eingeschränkt ist. So könnte es bei der praktischen Umsetzung durchaus zu weiteren Anpassungen kommen, die in dieser Arbeit nicht reflektiert sind. Jede der Routen müsste abgefahren/abgelaufen werden, um die Machbarkeit zu prüfen als auch die Notlandeplätze festzulegen. Es gibt nach Kenntnisstand des Autors keine frei verfügbare Karte, die alle relevanten Planungsaspekte berücksichtigt. Daher mussten die verschiedenen geographischen und infrastrukturellen Besonderheiten auf eine Karte virtuell projiziert werden. Dabei entstandene Fehler wurden bei mehrfachen Überprüfungen versucht zu reduzieren, können aber nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der permanenten Veränderung des Operationsgebietes z. B. durch die Definition neuer Wohngebiete, den Ausbau von Straßen zu Bundesstraßen, die Einrichtung neuer Naturschutzgebiete oder dem Bau neuer hoher Objekte, wie Windräder, unterliegen die Flugrouten einer ständigen Adaptierung. Auch dieser Aspekt wirkt sich negativ auf die Komplexität aus. Im Gegensatz zu definierten Straßen auf der Erdoberfläche gibt es bei Drohnen (noch) keine definierten Verkehrsrouten. Diese würden ggf. die Planung erleichtern und zu einer niedrigeren Komplexität bei höherer Wirtschaftlichkeit führen. Basierend auf dem Modell der Innovationsdiffusion [15] könnte mit zunehmender Marktdurchdringung eine Gewöhnung der Population an die Technologie (Adaption) stattfinden und somit die Regulierung als auch Vorbehalte möglicherweise herabgesetzt werden. Vielleicht sind dann auch direktere Flüge durch eine reduzierte Anzahl von Verbotszonen möglich.

Im Allgemeinen ist das Thema durch seine Nähe zur Luftfahrt sehr komplex und kann im Zuge einer wissenschaftlichen Arbeit nicht vollständig beleuchtet werden. Es müssen Abstriche bei der Ausarbeitung gemacht werden, deren Einfluss nicht endgültig durch den Autor eingeschätzt werden können.

## Interessenkonflikt

Die Autoren MS und FH erklären, dass sie keine finanziellen Verbindungen mit einer für den Artikel relevanten Firma haben. WS ist Beirat der Kliniken der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei dem Leiter der Kreisspitalstiftung Neu-Ulm Herrn Engelhardt, der die Erlaubnis zur Fallbetrachtung der Kliniken gewährt hat. Ferner möchten sie den Mitarbeitern der Kreisspitalstiftung Herrn Pröll und Herrn Dr. Fiederling danken, die ihnen Einblicke in ihr Arbeitsumfeld und Denkanstöße zum Einsatzszenario „Drohne“ gegeben haben.

## Literatur

- [1] Amukele TK, Sokoll LJ, Pepper D et al. Can unmanned aerial systems (Drones) be used for the routine transport of chemistry, hematology, and coagulation laboratory specimens? PLoS One 2015; 10: e0134020. Im Internet: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0134020>; Stand: 15.06.2019
- [2] AOK-Bundesverband, Wissenschaftliches Institut der AOK. Krankenhausstrukturen in Deutschland müssen zentralisiert werden. In: Krankenhaus-Report 2018. Im Internet: [www.wido.de](http://www.wido.de); Stand: 14.06.2019
- [3] 2018 Jahresbericht des Landkreises und des Landratsamtes Neu-Ulm. Neu-Ulm; 2019
- [4] Bayerische Eisenbahngesellschaft MbH. Linientaktkarte des Bahnverkehrs im Freistaat Bayern im Freistaat Bayern. 2020
- [5] Fyfe G, Fyfe S, Dye D, Crabb H. Use of Anatomage tables in a large first year core unit. 30th Annu Conf Aust Soc Comput Learn Tert Educ ASCILITE 2013 2013; 298–302
- [6] Openstreetmap contributors (Cartographer). OpenStreetMap. 2019; Im Internet: <https://www.openstreetmap.de/karte.html>
- [7] Volkswagen AG. Konfigurator | Volkswagen Deutschland Der Transporter Kombi EcoProfi Ihr Wunschfahrzeug. 2019; Im Internet: <https://www.volkswagen-nutzfahrzeuge.de/de/modelle/transporter-6-1-kombi.html>
- [8] Globe-UAV GmbH. Technische Daten Drohne GUAUV8 IXON. 2018
- [9] ADAC e.V. Kraftstoffpreis-Entwicklung in Deutschland 1950–2019. 2019; Im Internet: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/deutschland/kraftstoffpreisentwicklung/>
- [10] BDEW Bundesverband der Energie-und Wasserwirtschaft e.V. BDEW-Strompreisanalyse Juli 2019. 2019; Im Internet: [https://www.bdew.de/login/?next=/media/documents/190723\\_BDEW-Strompreisanalyse\\_Juli-2019.pdf](https://www.bdew.de/login/?next=/media/documents/190723_BDEW-Strompreisanalyse_Juli-2019.pdf)
- [11] Beck M. Drohnen Guide – Risikomanagement für zivile Drohnen & SORA. Auflage 1. Eisenschmidt, R, 2018
- [12] Phiesel D. Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder für die Erteilung von Erlaubnissen und die Zulassung von Ausnahmen zum Betrieb von unbemannten Fluggeräten gemäß § 21a und § 21b Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) Nachricht für Luftfahrer. 2017
- [13] Dieckert U, Eich S. Drohnen – Technik und Recht. : bei gewerblicher und behördlicher Nutzung. Bundesanzeiger Verlag, 2018
- [14] Giemulla E, Schyndel H van, Friedl A. Gewerblicher und privater Einsatz von Drohnen : Regelung des Betriebs von unbemannten Fluggeräten. 1. Aufl. Hermann Luchterhand Verlag, 2017
- [15] Rogers EM. Diffusion of Innovations. Simon and Schuster, 2003 Im Internet: [https://www.amazon.de/Diffusion-Innovations-5th-Everett-Rogers/dp/0743222091/ref=sr\\_1\\_1?\\_\\_mk\\_de\\_DE=ÅÄÖ&dchild=1&keywords=Diffusion+of+Innovations%2C&qid=1591617435&sr=8-1](https://www.amazon.de/Diffusion-Innovations-5th-Everett-Rogers/dp/0743222091/ref=sr_1_1?__mk_de_DE=ÅÄÖ&dchild=1&keywords=Diffusion+of+Innovations%2C&qid=1591617435&sr=8-1)