

Analyse der Aeromedical Evacuation-Flüge von COVID-19-Patienten mittels Flächenflugzeugen

Analysis of aeromedical evacuation flights of COVID-19 patients with fixed-wing ambulance aircrafts

J. Post^{1,2*} · V. Jagel^{1,2*} · B. Hossfeld³ · L. Hannappel⁴ · J.-T. Gräsner⁴ · S. Sammito^{2,5}

► **Zitierweise:** Post J, Jagel V, Hossfeld B, Hannappel L, Gräsner J-T, Sammito S: Analyse der Aeromedical Evacuation-Flüge von COVID-19-Patienten mittels Flächenflugzeugen. *Anästh Intensivmed* 2022;63:388–396. DOI: 10.19224/ai2022.388

Zusammenfassung

Hintergrund: Seit Beginn der COVID-19-Pandemie wurden Patienten überregional zur Entlastung von Krankenhäusern mittels Sekundärtransporten verlegt. Bisher liegen nur begrenzte Daten zu den Veränderungen der Kreislauf- und Beatmungssituation von beatmeten COVID-19-Patienten beim Transport mittels Lufttransport vor.

Methoden: Insgesamt 57 Patienten, welche von der Deutschen Bundeswehr mittels Airbus A310 beginnend im Frühjahr 2020 transportiert wurden, wurden hinsichtlich Vorerkrankungen sowie Veränderung der Kreislauf- und Beatmungssituation während des Fluges untersucht. Neben den Intensivmedizintransportprotokollen wurden auch die Anforderungsschreiben und Arztbriefe ausgewertet. Für eine Subgruppe (Bergamo, Italien) wurde eine Langzeitauswertung zum Überleben durchgeführt.

Ergebnisse: Bei den insgesamt 41 männlichen und 16 weiblichen Patienten (Alter: 59,7 Jahre) kam es zu einer Zunahme der Katecholamingabe während des im Median 1:15 h langen Fluges gegenüber der Übernahme am Abflugflughafen ($p < 0,001$). Die Kreislauf- und Beatmungparameter veränderten sich nicht signifikant ($p > 0,05$). 64 % der Patienten der analysierten Subgruppe ($n = 22$) überlebten COVID-19 und konnten im Median nach 30,5 Tagen nach Durchführung der Flüge aus der stationären Therapie entlassen werden.

Schlussfolgerung: Zusammenfassend zeigt die vorliegende Analyse, dass auf der einen Seite der luftgebundene Transport mit keinen signifikanten Veränderungen der Kreislauf- und Beatmungsparameter von COVID-19-Patienten einhergeht, jedoch auf der anderen Seite die anschließende stationäre Therapie möglicherweise verlängert ist. Dies kann sowohl an dem schwer erkrankten Patientenkollektiv als auch am „Transporttrauma“ liegen.

Summary

Background: Since the beginning of the COVID-19 pandemic patients have been transferred to other regions by secondary transports to relieve hospitals. As yet, only limited data are available relating to alterations of the blood circulatory and ventilatory situation of ventilated COVID-19 patients during air transport.

Methods: A total of 57 patients who have been transported by the German Armed Forces in Airbus A310 aircrafts since the spring of 2020 were examined with regard to pre-existing conditions and changes in their circulatory and ventilatory situation during the flight. In addition to the intensive care transport protocols, the request letters and discharge summaries were evaluated. For a subgroup (Bergamo, Italy), a long-term survival evaluation was performed.

Results: In the total of 41 male and 16 female patients (age: 59.7 years), there was an increase in catecholamine ad-

- 1 Flugbereitschaft des Bundesministeriums der Verteidigung, Köln (Kommandeur: Oberst D. Draken)
 - 2 Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe, Köln (Leiter: Generalarzt Dr. B. Groß)
 - 3 Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Abteilung X – Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Ulm (Kommandeur: Generalarzt Dr. J. Ahrens)
 - 4 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel und Campus Lübeck (Direktor: Prof. Dr. J.-T. Gräsner)
 - 5 Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät, Otto von Guericke University, Magdeburg (Leitung: Prof. Dr. I. Böckelmann)
- * Beide Autoren teilen sich die Erstautorenschaft.

Finanzierung

Keine.

Verfügbarkeit der Daten

Die Daten können auf Anfrage beim Bundesministerium der Verteidigung bei berechtigtem Interesse angefragt werden.

Interessenkonflikt

JP, VJ, BH und SS sind Sanitätsstabsoffiziere der Bundeswehr. Sie besitzen keine Interessenkonflikte. LH und JTG sind Mitglieder der Fachgruppe COVRIIN am RKI, finanzielle Interessenkonflikte bestehen nicht.

Disclaimer

Die vorliegende Analyse spiegelt die Meinung der Autoren wider und nicht notwendigerweise die Auffassung der Deutschen Bundeswehr oder des Bundesministeriums der Verteidigung.

Schlüsselwörter

ARDS – SARS-CoV-2 – Intensivmedizin – Medizinischer Transport

Keywords

ARDS – SARS-CoV-2 – Intensive Care – Medical Transportation

ministration during the flight lasting a median of 1:15 hours relative to the take-over at the departure airport ($p < 0.001$). Circulatory and ventilatory parameters did not change significantly ($p > 0.05$). 64 % of the patients in the analysed subgroup ($n = 22$) survived COVID-19 and could be discharged from hospital therapy after a median interval of 30.5 days after the flights.

Conclusion: In summary, the present analysis shows that, on the one hand, airborne transport is not associated with any significant changes in circulatory and ventilatory parameters in COVID-19 patients. But, on the other hand, subsequent inpatient therapy may be prolonged. This may be due to both the severely ill patient population and the „transport trauma“.

Einleitung

Im Dezember 2019 kam es in der Provinz Wuhan (Volksrepublik China) zu einer neuartigen virusinduzierten

interstitiellen Lungenerkrankung. Anfang 2020 gelang es chinesischen Wissenschaftlern, ein über virushaltige Partikel übertragbares Coronavirus (SARS-CoV-2) als Verursacher dieser Erkrankung auszumachen [1,2]. Die Erkrankung breitete sich schnell sowohl innerhalb der Volksrepublik China im Januar 2020 als auch anschließend weltweit aus. Am 11. März 2020 deklarierte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die mittlerweile als COVID-19 definierte Erkrankung zur Pandemie.

Im Folgenden kam es trotz der ab Ende 2020 verfügbaren Impfmöglichkeit und lokaler Lockdowns weiterhin zu pandemischen Infektionszahlen. Weltweit wurden gemäß John-Hopkins-University bis Ende Juli mehr als 569 Millionen Menschen nachweislich mit SARS-CoV-2 infiziert, mehr als 6,3 Millionen Menschen sind mit oder an diesem Virus gestorben [3].

Während der ersten COVID-19-Welle kam es in Europa bereits im Frühjahr 2020 lokal zu einem hohen Behand-

lungsaufkommen von COVID-19-Patienten, insbesondere die damit meist einhergehende Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung mit Beatmungskapazitäten überschritt die Kapazitätsgrenzen von regionalen Gesundheitseinrichtungen [4,5]. Gleiches wiederholte sich mit regional unterschiedlichen Ausmaßen während der Wellen im Frühjahr und Herbst 2021. Um die Krankenhäuser zu entlasten, wurden COVID-19-Patienten sowohl überregional im selben Land als auch über die Landesgrenzen hinweg verlegt [6–8]. Dies erfolgte sowohl mit bodengebundenen Transportmitteln als auch mittels qualifiziertem Patientenlufttransport (Aeromedical Evacuation – AE) mit entsprechenden (Intensivtransport-)Hubschraubern und/oder Flächenflugzeugen. Bisher publizierte Arbeiten zum Einfluss dieser Transporte auf die Behandlungssituation der Patienten wiesen nur geringe Patientenzahlen auf, Langzeitdaten zum weiteren Behandlungsverlauf liegen nach unserer Kenntnis nicht vor.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, die medizinischen Daten von mittels Flächenflugzeugen transportierten intubierten und beatmeten, intensivmedizinisch zu betreuenden COVID-19-Patienten zu analysieren. Hierzu wurden die Intensivtransportprotokolle der durch die Deutsche Bundeswehr im Frühjahr 2020 und Herbst 2021 geflogenen Patienten aus Italien und Rumänien nach Deutschland und der im November und Dezember 2021 im Rahmen des sogenannten „Kleeblatt-Konzepts“ innerdeutsch transportierten COVID-19-Patienten ausgewertet.

Methode

Die vorliegende Analyse ist Teil des Resortforschungsauftrages des Zentrums für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe. Es wurden keine zusätzlichen medizinischen, diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen für die Analyse durchgeführt. Ein positives Votum des zuständigen Datenschutzbeauftragten liegt vor. Für die rein retrospektive Analyse ist gemäß Entscheidung der Ethikkommission der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg keine formale Zustimmung erforderlich.

Die Deutsche Bundeswehr transportierte im Zeitraum vom 28.03.2020 bis zum 03.12.2021 insgesamt 57 Patienten (Tab. 1). Diese verteilen sich auf 22 italienische, 12 rumänische und 23 deutsche Patienten. Alle Patienten wurden mittels eines hierfür umgebauten Airbus A310-304 MRTT [9] der Flugbereitschaft des Bundesministeriums der Verteidigung mit Stationierung am Flughafen Köln/Bonn transportiert. Diese spezielle AE-Version ist in der Lage, bis zu sechs intensivmedizinisch zu betreuende Patienten mit der Möglichkeit einer differenzierten invasiven Beatmung gleichzeitig zu transportieren (Abb. 1). Darüber hinaus ist der Airbus A310-304 MRTT in der Lage, weitere 38 Patienten liegend ohne weitergehende umfangreichere medizinische Behandlungsnotwendigkeiten zu befördern, was im Rahmen der vorliegenden Flüge nicht genutzt wurde (Abb. 2). Für jeweils zwei Intensivpatienten ist ein sogenanntes Intensivteam,

bestehend aus einem Anästhesisten/Intensivmediziner und einer Fachkraft für Anästhesie und Intensivpflege, für die gesamte medizinische Behandlung vom Zeitpunkt der Übernahme des Patienten vor dem Flug bis zur Übergabe am Zielflughafen nach dem Flug zuständig. Das medizinische Team wird durch einen Medical Director (Flugmediziner) und einen Medical Crew Chief (mind.

Notfallsanitäter) sowie bei den hier betrachteten Flügen durch mindestens vier Nofallsanitäter vervollständigt. Ein kürzlich veröffentlichter Artikel beschreibt die Fähigkeiten und Rahmenbedingungen im Detail [9].

Die vorliegende Analyse basiert primär auf der Auswertung der Intensivtransportprotokolle gemäß der Empfehlung der Deutschen Interdisziplinären Verei-

Tabelle 1

Übersicht über die durchgeführten Flüge mit Abflug- und Ankunftsflughafen, Anzahl der transportierten Patienten; Flugdauer und Flughöhe.

Datum	Flugroute	Patienten	Flugzeit (h)	Flughöhe (ft)	Kabinendruck (ft)
Italien nach Deutschland					
28.03.2020	BGY – CGN	6 italienische	1:05	20.000	2.380
29.03.2020	BGY – HAM	4 italienische	1:25	20.000	2.380
	BGY – HAM – CGN	2 italienische	2:05	20.000	2.380
01.04.2020	BGY – CGN	4 italienische	1:05	20.000	2.380
03.04.2020	BGY – CGN	6 italienische	1:10	20.000	2.380
Rumänien nach Deutschland					
01.10.2021	BUK – CGN	6 rumänische	2:30	30.000	4.900–8.800
03.10.2021	BUK – MUC	2 rumänische	2:10	30.000	4.900–8.800
	BUK – MUC – NUE	4 rumänische	2:50	30.000	
Innerhalb Deutschlands					
26.11.2021	FMM – FMO	6 deutsche	0:57	30.000	4.900–8.800
28.11.2021	MUC – HAM	5 deutsche	1:24	30.000	4.900–8.800
01.12.2021	DRS – CGN	6 deutsche	1:15	30.000	4.900–8.800
03.12.2021	FMM – PAD	6 deutsche	1:06	30.000	4.900–8.800

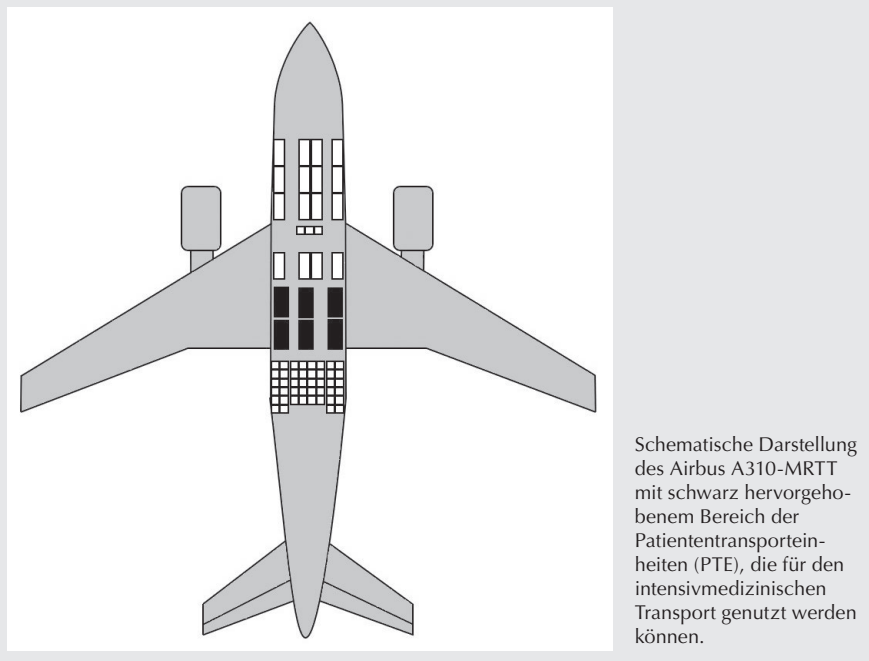
BUK: Flughafen Bukarest; **BGY:** Flughafen Bergamo; **CGN:** Flughafen Köln/Bonn; **DRS:** Flughafen Dresden; **FMM:** Flughafen Memmingen; **FMO:** Flughafen Münster-Osnabrück; **HAM:** Flughafen Hamburg; **PAD:** Flughafen Paderborn; **MUC:** Flughafen München; **NUE:** Flughafen Nürnberg.

Abbildung 1



Ausstattung des Intensivbereiches des Airbus A310-MRTT inkl. Zentralmonitoring vorne links (Fotoquelle: Bundeswehr).

Abbildung 2



nigung für Intensiv- und Notfallmedizin e. V. (DIVI) in der Version 1.1. Die Dokumentation wird durch den zuständigen Arzt mit Beginn der Übernahme des Patienten am Abflugflughafen (APOE) vom lokalen Rettungsdienst bis zur Übergabe an den lokalen Rettungsdienst am Zielflughafen (APOD) geführt. Die Daten wurden in die Statistiksoftware SPSS 24 für Microsoft Windows (SPSS Inc., IL, USA) für die deskriptive und statistische Analyse pseudonymisiert eingegeben. Während der Eingabe erfolgte eine Überprüfung auf Plausibilität der Daten, sofern notwendig wurden diese durch weitere Daten aus den Flugaufzeichnungen oder freien Textfeldern ergänzt bzw. korrigiert. Bei fehlenden Einträgen wurde das medizinische Personal zwecks Datenvervollständigung kontaktiert. Ergänzend wurden die sogenannten Transportanforderungen (Patient Movement Requests (PMR) und medizinische Unterlagen) zur Vervollständigung der Daten herangezogen.

Die Analyse der Flugzeiten erfolgte auf Basis der Daten des European Air Transport Command (EATC)¹ bzw. der Flugbereitschaft des Bundesministeriums der Verteidigung. Flugzeiten wurden definiert als Zeitraum zwischen Start und

Landung des Flugzeuges. Wenn ein Patient nach einer Zwischenlandung (z. B. zur Abgabe einzelner anderer Patienten) einen Anschlussflug absolvierte, so wurden die Flugzeiten beider Flüge addiert.

Die Behandlungszeit wurde als die Zeit definiert, die den Zeitraum von Übernahme am APOE bis zur Übergabe am APOD umfasst. Diese wurden dem DIVI-Protokoll als erster und letzter Eintrag entnommen und gegenüber den Flugzeiten auf Plausibilität geprüft. Das Verhältnis zwischen Flugzeiten und Behandlungszeit wird als TAT-Index (transport-in-air/transport time index) bezeichnet.

Die gesamten Daten werden als Median mit Minimum und Maximum für alle Patienten (n = 57) sowie für die drei Transportgruppen (Italien, Rumänien, innerhalb Deutschlands) getrennt dargestellt. Unterschiede zwischen den Subgruppen wurden mittels Chi²-Test oder mittels Wilcoxon-Rangsummentest für verbundene Stichproben mit einem primären Signifikanzlevel von p < 0,05 analysiert. Aufgrund der multiplen Testung wurde das Signifikanzlevel mittels Bonferroni-Korrektur angepasst (p* < 0,005 für 10 Parameter).

Ergebnisse

Insgesamt wurden 41 Männer und 16 Frauen (Alter im Median: 59,7 Jahre, Spannweite: 35,0–86,0 Jahre) transportiert. Neunundvierzig Patienten litten zum Transportzeitpunkt an Vorerkrankungen (Tab. 2). Für 37 der Patienten wurde durch die behandelnden Ärzte aus den abgebenden Krankenhäusern der Symptombeginn mitgeteilt oder er konnte aus dem PMR oder den medizinischen Unterlagen entnommen werden. Dieser lag im Median bei 18 Tagen (Spannweite: 6–35 Tage) vor dem Lufttransport. Alle Patienten waren zum Zeitpunkt des Transports beatmet und erhielten Injektionsanästhetika sowie Analgetika. Die Patienten erhielten Propofol (65 %), Midazolam (54 %) bzw. Ketamin (9 %) oder eine individuelle Kombination dieser Injektionsanästhetika (in 25 % der Fälle). Alle Patienten wurden mittels Fentanyl (100 %) analgesiert. Einundfünfzig Patienten (89 %) waren endotracheal intubiert, sechs Patienten hatten ein Tracheostoma (11 %). Die Beatmung war im Median sechs Tage vor dem Lufttransport begonnen worden (Spannweite: 1–28 Tage).

Die pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung (SpO₂) lag zum Beginn des Flugs bei 95 % (Spannweite: 75–100 %) und der endtidale Kohlendioxidanteil (EtCO₂) bei 43 mmHg (Spannweite: 33–99 mmHg). Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (F_iO₂) betrug 0,65 (Spannweite: 0,3–1,0). Die Atemfrequenz lag bei 17/min (Spannweite: 12–28/min) und das Atemminutenvolumen bei 8,3 l (Spannweite: 3,4–14,0 l). Der Blutdruck lag im Median bei 119/69 mmHg (Spannweite systolisch 70–170 mmHg, diastolisch 35–93 mmHg) mit einer Herzschlagfrequenz von 82/min (Spannweite: 51–152/min). Neunundzwanzig Patienten

¹ Das European Air Transport Command ist eine multinationale Kommandobehörde mit Sitz in Eindhoven, Niederlande, an der die Luftwaffen Belgiens, Deutschlands, Frankreichs, Luxemburgs, Italiens, der Niederlande und Spaniens beteiligt sind. Die Hauptaufgabe besteht in der Koordination und operativen Führung von Lufttransporten und Luftbetankungen inkl. entsprechender AE-Missionen.

Tabelle 2

Vergleich der demografischen Daten sowie der Kreislauf- und Beatmungsparameter vor Beginn des Fluges sowie nach Landung für alle Patienten sowie für die drei Subgruppen.

	Gesamt		Italien		Rumänien		Deutschland	
N	57		22		12		23	
Geschlecht								
• männlich	41 (72 %)		16 (73 %)		8 (67 %)		17 (74 %)	
• weiblich	16 (28 %)		6 (27 %)		4 (33 %)		6 (26 %)	
Alter (Jahre)	59,7 (35,0–86,0)		58,1 (46,0–67,1)		57,9 (35,0–76,4)		66,2 (35,1–86,0)	
BMI (kg/m ²)	27,8 (20,7–45,8)		27,7 (20,7–34,6)		n/a		29,2 (21,3–45,8)	
Flugzeit (hh:mm)	3:10 (1:15–07:00)		3:05 (1:15–6:30)		5:00 (3:30–7:00)		2:30 (1:25–4:00)	
Behandlungszeit (hh:mm)	1:15 (0:57–2:50)		1:10 (1:05–2:05)		2:30 (2:10–2:50)		1:06 (0:57–1:24)	
TAT-Index [†]	0,46 (0,22–0,93)		0,44 (0,22–0,93)		0,48 (0,40–0,71)		0,42 (0,24–0,93)	
Vorerkrankungen								
• gesamt	49 (86 %)		19 (86 %)		7 (58 %)		23 (100 %)	
• Diabetes	11 (19 %)		4 (18 %)		1 (8 %)		6 (26 %)	
• Bluthochdruck	15 (26 %)		4 (18 %)		5 (42 %)		6 (26 %)	
• Übergewicht	22 (39 %)		13 (59 %)		0 (0 %)		9 (39 %)	
• Adipositas	13 (23 %)		3 (13 %)		2 (17 %)		8 (35 %)	
Anzahl der Tage mit Symptomen vor dem Flug	19 (6–35)		18 (6–35)		n/a		20 (7–24)	
Anzahl der Tage mit maschineller Beatmung vor dem Flug	6 (1–28)		10 (3–28)		2 (1–12)		7 (3–12)	
Kreislaufsituation								
• ohne Katecholamine	28 (49 %)		15 (68 %)		5 (23 %)		8 (35 %)	
• mit Katecholamine	29 (51 %)	<0,001	7 (32 %)		17 (77 %)		15 (65 %)	
Blutdruck								
• systolisch (mmHg)	119 (70–170)	0,915	111 (80–160)		115 (80–156)		120 (90–170)	0,258
• diastolisch (mmHg)	69 (35–93)	0,017	63 (50–80)		70 (35–160)		70 (50–91)	0,009
Herzfrequenz (/min)	82 (51–152)	0,043	85 (60–135)		88 (45–162)		78 (52–114)	0,472
Atemfrequenz (/min)	17 (12–28)	0,041	16 (12–20)		18 (12–25)		18,5 (12–28)	0,649
Atemminutenvolumen (l)	8,3 (3,4–14,0)	0,273	8,0 (6,0–11,0)		9,1 (4,5–13,2)		9,0 (4,5–14,0)	0,586
SaO ₂ (%)	95 (75–100)	0,027	98 (90–100)		97 (88–100)		95 (90–100)	0,058
EtCO ₂ (mm Hg)	43 (23–99)	0,046	42 (27–68)		43 (27–58)		42 (27–62)	0,972
FO ₂	0,65 (0,3–1,0)	0,260	0,67 (0,3–1,0)		0,6 (0,4–1,0)		0,5 (0,4–1,0)	0,065
PEEP (cm H ₂ O)	12,0 (5,0–18,0)	0,079	14,0 (8,0–15,0)		12,0 (9,0–18,0)		12,0 (5,0–15,0)	0,231

BMI: Body-Mass-Index; **SaO₂:** Periphere Sauerstoffsättigung; **EtCO₂:** Endexpiratorischer Kohlendioxidanteil; **FO₂:** Sauerstoffanteil an Einatemluft; **PEEP:** Positiver endexpiratorischer Druck; Signifikanzniveau nach Bonferroni-Korrektur auf $p < 0,005$ für 10 Parameter festgelegt.

[†] Das Verhältnis zwischen Flugzeiten und Behandlungszeit wird als TAT-Index (transport-in-air/transport time index) bezeichnet.

benötigten bei Übernahme Katecholamine (51 %), dieser Anteil erhöhte sich signifikant ($p^* < 0,001$) bis Übergabe am APOD auf 42 Patienten (74 %). Für alle anderen Parameter konnte kein Unterschied zwischen Zeitpunkt bei Übernahme und Übergabe des Patienten festgestellt werden ($p^* > 0,005$). Es kam bei keinem der Patienten zu einem Zwischenfall während Umlagerung oder Transport.

Die Transportzeit betrug im Median 1:15 h (Spannweite: 0:57–2:50 h) und die Behandlungszeit 3:10 h (Spannweite: 1:15–7:30 h). Der TAT-Index lag über alle Patienten im Median bei 0,46 (Spannweite: 0,22–0,93).

Tabelle 2 zeigt eine detaillierte Analyse aller drei Subgruppen (Patienten geflogen aus Italien und Rumänien sowie innerhalb Deutschlands). In allen drei Subgruppen zeigte die Detailanalyse vergleichbare Ergebnisse, signifikante Unterschiede in den Beatmungs- und Kreislaufparametern zwischen Beginn Übernahme vor Flug und Abgabe nach Flug zeigten sich bei den Subgruppen ebenfalls nicht ($p > 0,05$).

Aus der Subgruppe der 22 Patienten, welche im Rahmen der ersten Welle von Italien nach Deutschland geflogen wurden, überlebten 14 Patienten die COVID-19-Erkrankung und konnten im Median 30,5 Tage (Spannweite: 8–62 Tage) nach dem Flug wieder aus der stationären Therapie entlassen werden. Acht Patienten (37 %) verstarben im Median 14 Tage (Spannweite: 5–43 Tage) nach dem Flug im Krankenhaus.

Diskussion

Die vorliegende Analyse der AE-Flüge der Deutschen Bundeswehr mit intubierten und beatmeten COVID-19-Patienten ist die erste, welche mögliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Wellen der COVID-19-Pandemie untersuchte und das langfristige Outcome der Patienten in einer der Subgruppen betrachtet. Die Analyse kann dabei unterstützen, das Verständnis für Veränderungen bei der Behandlung während eines solchen luftgebundenen Transports

zu verstehen und die Herausforderungen für die medizinische Crew zu analysieren. Sie wird dabei helfen, zukünftige Transporte zu optimieren.

Wenngleich ein akutes Lungenversagen (acute respiratory distress syndrome, ARDS) keine seltene Erkrankung ist, sind Daten zum luftgebundenen Transport von Patienten mit dieser Erkrankung nur begrenzt vorhanden. Daten zum Lufttransport von COVID-19-Erkrankten mit entsprechendem Lungenversagen sind bis dato ebenfalls rar [6,7]. Basierend auf Daten der US-amerikanischen Streitkräfte von November 2005 bis März 2007 fanden Dorlac et al. [10] lediglich fünf Patienten mit entsprechenden Lungenerkrankungen, welche mit Intensivrespiratoren auf einem AE-Flug transportiert werden mussten. Es muss angemerkt werden, dass im selben Zeitraum intubierte und beatmete Patienten mit anderen Primärerkrankungen oder aufgrund von Verletzungen durchaus in höherer Zahl transportiert wurden. So zeigte eine Analyse aus dem Zeitraum von Oktober 2001 bis Mai 2006, dass 1.265 intubierte und beatmete Traumapatienten von der United States Air Force aus den Einsatzgebieten in Irak und Afghanistan herausgeflogen wurden [11]. Barillo et al. haben in ihrer Arbeit die Daten von druckkontrolliert beatmeten Verbrennungspatienten während eines luftgebundenen AE publiziert [12]. Auch die Analyse von Ponsin et al. [13] mit den Erfahrungen aus 16 Jahren militärischer AE der französischen Luftwaffe mit intensivmedizinischen Teams an Bord zeigt, dass der Transport möglich ist. In dieser Studie waren 150 der insgesamt 453 Patienten mechanisch beatmet. All diese Studien zeigen, dass der luftgebundene Transport von intubierten und beatmeten Patienten möglich ist, jedoch die Übertragbarkeit auf die aktuelle Situation beim Transport von intubierten und beatmeten COVID-19-Patienten nur begrenzt möglich ist, da hier neben der reinen Beatmungssituation auch das Lungenversagen im Vordergrund steht.

Für den Sekundärtransport von COVID-19-Patienten liegen lediglich wenige Studien vor [6–8,14]. Die Analyse mit einer größeren Fallzahl von Patienten

von Hilbert-Carius et al. [14] analysierte insgesamt 385 COVID-19-Patienten, welche jedoch im Schwerpunkt primär bodengebunden oder im Sinne eines Sekundärtransports mit Helikoptern transportiert wurden. Hierbei zeigte sich, dass beim Primärtransport die Patienten weniger krank waren als bei Sekundärtransporten, diese wurden jedoch bevorzugt mittels Helikopter transportiert. In ihrer Übersichtsarbeit berichten Albrecht et al. [8] von ihren Erfahrungen mit COVID-19-Lufttransporten und geben einige Empfehlungen zum Transport dieses Patientenkollektivs via Helikopter [15] und Flächenflugzeugen [16,17]. Diese Empfehlungen basieren jedoch auf den Transporten mit Patienten mit anderen Infektionserkrankungen bzw. auf den Transporten von lediglich einer geringen Anzahl an COVID-19-Patienten zu Beginn der Pandemie. Zusammenfassend erweitert die vorliegende Datenanalyse die wissenschaftlich verfügbaren Kenntnisse zum luftgebundenen Transport von COVID-19-Patienten mittels Flächenflugzeug.

In der vorliegenden Analyse zeigte sich kein wesentlicher Unterschied zwischen den drei Subgruppen, welche während der unterschiedlichen Wellen durch die Deutsche Bundeswehr aus unterschiedlichen Orten zur Weiterbehandlung in Kliniken im Bundesgebiet transportiert wurden. Dieser Ansatz wurde gewählt, weil zwischen den drei Gruppen grundsätzliche Unterschiede in den Rahmenbedingungen der abgebenden Kliniken und der Gesundheitssysteme bestanden. So konnten u. a. Unterschiede in der bereits durchgeführten Dauer der Beatmung im Vorfeld des Fluges festgestellt werden, was jedoch durch einen Selektionsbias der Patienten vor Ort verursacht worden ist. So wurden z. B. in Rumänien bewusst Patienten selektioniert, die erst kurz vor dem Flug beatmungspflichtig geworden sind. Aus Analysen eines deutsch-französischen Vergleichs von Flügen aus der ersten Welle könnte dies möglicherweise mit einem Vorteil für die Patienten verbunden sein [7]. Inwieweit dies auch im vorliegenden Fall zutreffend ist, kann jedoch aufgrund der noch nicht vorliegenden Daten zum

klinischen Verlauf der Patienten nicht abschließend beantwortet werden.

Die vorliegende Analyse zeigt aber auch, dass der luftgebundene Transport von beatmeten COVID-19-Patienten eine enorme Herausforderung mit der Notwendigkeit einer durchgängigen intensivmedizinischen Betreuung vor, während und nach dem Flug darstellt. Die damit einhergehenden Behandlungszeiten zeigen sich u. a. in der Vor- und Nachbereitungszeit, welche vor Start und Landung notwendig sind, was zu mehr als einer Verdopplung der Gesamtbehandlungszeit gegenüber der reinen Flugzeit führt. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass durch diese Transporte regional ausgelastete Gesundheitssysteme von intensivmedizinisch zu betreuenden Patienten entlastet werden können, was in der Gesamtheit dem dort tätigen Personal und den Patienten zugute kommt.

Gerade vor dem Hintergrund der notwendigen Vorbereitung und Betreuung der Patienten vor, während und nach dem Flug und der damit einhergehenden Stabilisierung aufgrund zusätzlich auftretender flugspezifischer Stressoren (u. a. Beschleunigungskräfte in der Start- und Landephase, Vibration, einer Minimierung des Sauerstoffpartialdrucks durch die Kabinendruckhöhe) [9,18] kann die Anzahl der zu betreuenden Patienten pro Intensivteam (hier zwei Patienten pro Team) nicht ohne Qualitätsverluste vergrößert werden. Die dabei eingesetzten Teams müssen darüber hinaus neben dem regelmäßigen Training und der Kenntnis der intensivmedizinischen Geräte auch die entsprechenden Einweisungen auf das Luftfahrzeug besitzen. Gerade die dabei sehr spezifischen medizinischen und technischen Besonderheiten gilt es hierbei zu berücksichtigen [19–22]. Dies führt jedoch in Zeiten der Überlastung regionaler Gesundheitssysteme zur Bindung der Hochwertressource Intensivmediziner, welche zeitgleich nicht Patienten stationär behandeln können, wenn sie stattdessen luftgebundene Transporte überwachen und begleiten müssen. Dies gilt gleichermaßen für die notwendigen bodengebundenen Ret-

tungsmittel, welche die Patienten zum und vom Flughafen zu den jeweiligen Krankenhäusern bringen. Daher sollten, wann immer möglich, solche Transporte so frühzeitig durchgeführt werden, dass noch genügend personelle Ressourcen zur Verfügung stehen.

Unabhängig von den personellen Ressourcen werden die wiederholten Diskonnektierungen der Patienten vom Beatmungsgerät beim Wechsel des Transportmittels und die damit verbundene Unterbrechung der Beatmung und ggf. der Verlust bestehender Beatmungsdrücke (von der Intensivstation zum bodengebundenen Transportmittel, bei Übergabe am Flugzeug, bei Übergabe am Zielflughafen zum bodengebundenen Transportmittel und erneut am Zielkrankenhaus) zu Verlusten in der Behandlungskontinuität führen, die gerade bei dem Krankheitsbild einer COVID-19-Erkrankung besonders wichtig ist. Ferner sind bodengebundene Rettungsmittel häufig (insbesondere im Ausland) nur unzureichend mit Intensivrespiratoren ausgestattet [23]. Dies kann die Fehleranfälligkeit in der Behandlung der Patienten erhöhen und negative Auswirkungen auf das Outcome der Patienten haben [24,25]. So überlebten 66 % der italienischen Patienten die anschließende stationäre Behandlung, waren jedoch im Median nahezu doppelt so lange im Anschluss noch stationär, als dies bei beatmeten COVID-19-Patienten in einer Universitätsklinik zum Zeitpunkt der ersten Welle beschrieben wurde [26,27]. Selbstverständlich werden die Behandlungsergebnisse multifaktoriell beeinflusst, ein Transporttrauma kann überdies jedoch nicht ausgeschlossen werden [28]. Dies muss gleichermaßen bei der Planung Berücksichtigung finden.

Die vorliegende Studie hat Stärken und Schwächen. Als Stärke ist die nach unserer Kenntnis bisher größte Patientenzahl von luftgebunden transportierten COVID-19-Patienten zu nennen, die unter gleichbleibenden Transportbedingungen mit lediglich einem Transportmittel und bei gleichbleibenden Behandlungsmöglichkeiten auf intensivmedizinischem Niveau transportiert wor-

den sind. Dennoch ist die Patienten-Gruppe mit insgesamt 57 Patienten eher als klein zu bezeichnen. Obwohl die Primärerkrankung (COVID-19) sowie das Transportmittel bei allen Patienten immer gleich waren, wäre eine größere Patientenanzahl wünschenswert. Ferner gilt es zu bedenken, dass, wenn auch alle transportierten Patienten in die Analyse eingeschlossen wurden, die Auswahl der Patienten, z. B. bei den Flügen aus Italien, durch nationale Behörden im Vorfeld des Fluges erfolgte und nicht nach (flugmedizinisch) relevanten Faktoren. Dies ist lediglich für die rumänischen Patienten durch Fliegerärzte im Vorfeld des Fluges und für die im Rahmen des „Kleeblatt-Konzepts“ verlegten Patienten im Vorfeld durch die COVRIIN-Arbeitsgruppe im Rahmen einer entsprechenden Checkliste erfolgt [29]. Eine weitere Schwäche der vorliegenden Analyse ist, dass lediglich auf die Daten zurückgegriffen werden konnte, die beim Transport dokumentiert wurden oder durch die PMR und verfügbaren Arztbriefe vorlagen. Darüber hinaus ist die Dokumentation gerade in stressigen Übergabesituationen teilweise eingeschränkt möglich. Zusätzlich birgt die Übergabe von Patienten aus anderen Nationen aufgrund einer möglichen Sprachbarriere zusätzliche Risiken bei der Patientenbehandlung aufgrund von Verständigungsproblemen. Soweit wie möglich wurden fehlende Angaben aus anderen Quellen (PMR, Arztbriefe, Flugaufzeichnungen) ergänzt, eine Vollständigkeit kann aber nicht sicher gewährleistet werden.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Analyse, dass auf der einen Seite der luftgebundene Transport nicht mit einer signifikanten Veränderung der Kreislauf- und Beatmungsparameter von COVID-19-Patienten einhergeht, jedoch auf der anderen Seite die anschließende stationäre Therapie möglicherweise verlängert ist. Inwieweit dies mit einem besonders schwer erkrankten Patientenkollektiv oder primär mit dem „Transporttrauma“ (Stressoren während des Transports, häufiger Wechsel der Beatmungssituation) zusammenhängt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Danksagung

Die Autoren danken im Besonderen allen Kollegen, Fachkräften für Anästhesie und Intensivpflege und der fliegerischen Besatzung, die an den COVID-19-Flügen beteiligt waren. Sie möchten außerdem Oberfeldarzt Dr. von Perbandt vom European Air Transport Command, Eindhoven, Niederlande, für die Bereitstellung der Flugzeiten, Oberfeldarzt Dr. Marquardt für die Unterstützung durch das Patient Evacuation Coordination Center im Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr, Koblenz, und Oberfeldarzt Kohl von der Flugbereitschaft des Bundesministeriums der Verteidigung, Köln-Bonn, Dank aussprechen.

Literatur

1. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses: The species severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol* 2020;5:536–544
2. Phelan AL, Katz R, Gostin LO: The novel coronavirus originating in Wuhan, China: Challenges for global health governance. *JAMA* 2020;323(8):709–710
3. Johns Hopkins University: Coronavirus Resource Center; July 24th 2022. coronavirus.jhu.edu (Zugriffsdatum: 24.07.2022)
4. Livingston E, Bucher K: Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in Italy. *JAMA* 2020;323(14):1335
5. Yuan J, Li M, Lv G, Lu ZK: Monitoring transmissibility and mortality of COVID-19 in Europe. *Int J Infect Dis* 2020;pii: S1201-9712(20)30182-X
6. Sammito S, Post J, Ritter D, Hossfeld B, Erley OM: European aeromedical evacuation transports with SARS-CoV 2 positive patients. *Notarzt* 2020;36:263–270
7. Sammito S, Turc J, Post J, Beaussac M, Hossfeld B, Boutonnet M: Analysis of European Air Medical Evacuation Flights of Coronavirus Disease 2019 Patients. *Air medical journal* 2021;40:211–215
8. Albrecht R, Knapp J, Theiler L, Eder M, Pietsch U: Transport of COVID-19 and other highly contagious patients by helicopter and fixed-wing air ambulance: a narrative review and experience of the Swiss air rescue Rega. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2020;28:40
9. Wernecke S, Lührs J, Hossfeld B: The Strategic-Aeromedical-Evacuation-System of the German Armed Forces. Long-distance air transport as a challenge for intensive care nurses. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2019;114:752–758
10. Dorlac GR, Fang R, Pruitt VM, Marco PA, Stewart HM, Barnes SL, et al: Air transport of patients with severe lung injury: development and utilization of the Acute Lung Rescue Team. *J Trauma* 2009;66:S164–71
11. Bridges E, Evers K: Wartime critical care air transport. *Military medicine* 2009;174:370–375
12. Barillo DJ, Dickerson EE, Cioffi WG, Mazingo DW, Pruitt BA: Pressure-controlled ventilation for the long-range aeromedical transport of patients with burns. *The Journal of burn care & rehabilitation* 1997;18:200–205
13. Ponsin P, Swiech A, Poyat C, Alves F, Jacques AE, Franchin M, et al: Strategic air medical evacuation of critically ill patients involving an intensive care physician: A retrospective analysis of 16 years of mission data. *Injury* 2021;52:1176–1182
14. Hilbert-Carius P, Braun J, Abu-Zidan F, Adler J, Knapp J, Dandriofosse D, et al: Pre-hospital care & interfacility transport of 385 COVID-19 emergency patients: an air ambulance perspective. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2020;28:94
15. Bredmose PP, Diczbalis M, Butterfield E, Habig K, Pearce A, Osbakk SA, et al: Decision support tool and suggestions for the development of guidelines for the helicopter transport of patients with COVID-19. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2020;28:43
16. Lemay F, Vanderschuren A, Alain J: Aeromedical evacuations during the COVID-19 pandemic: practical considerations for patient transport. *CJEM* 2020;22:584–586
17. Martin T: Fixed wing patient air transport during the Covid-19 pandemic. *Air medical journal* 2020;39:149–153
18. Graf J, Stüben U, Pump S: In-flight medical emergencies. *Dtsch Arztebl Int* 2012;109:591–602
19. Droogh JM, Smit M, Hut J, Vos R de, Ligtenberg JMM, Zijlstra JG: Inter-hospital transport of critically ill patients; expect surprises. *Crit Care* 2012;16:R26
20. Uusaro A, Parviainen I, Takala J, Ruokonen E: Safe long-distance interhospital ground transfer of critically ill patients with acute severe unstable respiratory and circulatory failure. *Intensive Care Med* 2002;28:1122–1125
21. Wiegersma JS, Droogh JM, Zijlstra JG, Fokkema J, Ligtenberg JMM: Quality of interhospital transport of the critically ill: impact of a mobile intensive care unit with a specialized retrieval team. *Crit Care* 2011;15:R75
22. Boutonnet M, Pasquier P, Raynaud L, Vitiello L, Bancarel J, Coste S, et al: Ten Years of En Route Critical Care Training. *Air medical journal* 2017;36:62–66
23. Jahn N, Voelker MT, Bercker S, Kaisers U, Laudi S: Interhospitaltransport von Patienten mit ARDS. *Der Anaesthetist* 2017;66:604–613
24. Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P: Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive care medicine* 2004;30:1579–1585
25. Parmentier-Decrucq E, Poissy J, Favory R, Nseir S, Onimus T, Guerry M-J, et al: Adverse events during intrahospital transport of critically ill patients: incidence and risk factors. *Annals of intensive care* 2013;3:10
26. Schilling J, Lehfeld A-S, Schumacher D, Diercke M, Buda S, Haas W et al: Krankheitsschwere der ersten COVID-19-Welle in Deutschland basierend auf den Meldungen gemäß Infektionsschutzgesetz 2020. <https://edoc.rki.de/handle/176904/7489>
27. Tolksdorf K, Buda S, Schuler E, Wieler LH, Haas W: Eine höhere Letalität und lange Beatmungsdauer unterscheiden COVID-19 von schwer verlaufenden Atemwegsinfektionen in Grippewellen 2020. <https://edoc.rki.de/handle/176904/6952>
28. Poloczek S, Madler C: Transport von Intensivpatienten. *Notfall & Rettungsmedizin* 2000;3:445–456
29. Innerdeutsche Verlegungen: *Deutsches Ärzteblatt* 2021;117:A2321-3.

Korrespondenz- adresse

**Oberfeldarzt
Priv.-Doz. Dr.
med. habil.
Stefan Sammito**



Zentrum für Luft- und Raumfahrt-
medizin der Luftwaffe
Flughafenstraße 1
51147 Köln, Deutschland

E-Mail:
stefansammito@bundeswehr.org
ORCID-ID: 0000-0001-5605-1040