

Zusammenhang zwischen Intensivpatienten und Anzahl elektiver Operationen an der Charité, Universitätsmedizin Berlin, während der COVID-19-Pandemie 2020 bis 2022

Zusammenfassung

Hintergrund

Die Coronavirus-Pandemie 2019 (COVID-19) führte weltweit zu Versorgungsengpässen auf den Intensivstationen. Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen pandemiebedingter Engpässe auf die Anzahl der an der Charité – Universitätsmedizin Berlin durchgeführten elektiven Operationen zu untersuchen und zu ermitteln, inwiefern die geplanten Operationen unter den Bedingungen erhöhter COVID-19-Intensivfälle durchgeführt werden können. Diese Analyse gibt Aufschluss über die Resilienz des Gesundheitssystems und die Fähigkeit, während globaler Gesundheitskrisen eine regelmäßige Gesundheitsversorgung aufrechtzuerhalten.

Methode

Die Datenerhebung umfasste den Zeitraum der COVID-19-Pandemie von Anfang 2020 bis Ende 2022. Die Zahl der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation und bei elektiven Operationen an der Charité – Universitätsmedizin Berlin wurde täglich erfasst. Es wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen der Anzahl der COVID-19-Fälle (Intensivpatienten) und der Anzahl der durchgeführten Operationen zu analysieren.

Ergebnisse

Es zeigte sich ein deutlicher negativer Zusammenhang zwischen der Anzahl der COVID-19-Intensivpatienten und der Anzahl der durchgeführten elektiven Ope-

Relationship between intensive care patients and the number of elective surgeries at Charité-Universitätsmedizin Berlin during the COVID-19 pandemic 2020 to 2022

H. Bäumler^{1,5} · V. Upadrasta² · R. Leitner² · A. Kämmer¹ · W. Chaisorn¹ · K. Fleischhauer¹ · B. Schroeter¹ · L. Wolf³ · L. Kaufner⁴ · T. Jürgensohn² · C. Spies⁴ · A. Prüß¹



www.ai-online.info

► **Zitierweise:** Bäumler H, Upadrasta V, Leitner R, Kämmer A, Chaisorn W, Fleischhauer K et al: Zusammenhang zwischen Intensivpatienten und Anzahl elektiver Operationen an der Charité – Universitätsmedizin Berlin während der COVID-19-Pandemie 2020 bis 2022. Anästh Intensivmed 2025;66:274–283. DOI: 10.19224/ai2025.274

rationen. Darin spiegelten sich die Schwankungen der Pandemiewellen und die von der Krankenhausleitung ergriffenen Maßnahmen (Lockdown, Personal) wider. Die Analyse zeigte, dass ein Anstieg der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation aufgrund von COVID-19 zu einer Verringerung der elektiven Operationen führte.

Schlussfolgerung

Pandemien können in der betroffenen Bevölkerung hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz unterschiedliche Verläufe auslösen. Es besteht ein hohes Risiko, die intensivmedizinische Betreuung aufrechtzuerhalten. Gesundheitseinrichtungen, die eine maximale Versorgung von Pandemiepatienten gewährleisten sollen, sollten frühzeitig Konzepte für die internistische OP- und Intensivlogistik entwickeln und mit regionalen Kliniken Möglichkeiten der Patientenverlegung abstimmen.

Summary

Purpose

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) led to supply shortages in critical care units worldwide. This study aimed to investigate the effects of pandemic-related bottlenecks on the number of elective surgeries performed at Charité-Universitätsmedizin Berlin. The aim of this study was to determine the extent to which planned surgeries could be performed under the conditions of increased COVID-19 intensive care cases. This analysis provides insights into

¹ Institut für Transfusionsmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin (Prof. Dr. A. Prüß)

² HFC Human-Factors-Consult GmbH, Berlin (Prof. Dr. R. Leitner)

³ Abteilung für Laboratoriumsmedizin, Bundeswehrkrankenhaus Berlin (Flottenarzt Dr. R. Müller)

⁴ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin CCM / CVK, Charité – Universitätsmedizin Berlin (Prof. Dr. Claudia Spies)

⁵ Faculty of Pharmacy, Payap University, Chiang Mai, Thailand
(Ass. Prof. Dr. Theraphong Tangjai)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

COVID-19 – Patienten auf der Intensivstation – Chirurgie – Pandemiemanagement – Intensivstation

Keywords

COVID-19 – Intensive Care Patients – Surgery – Pandemic Management – ICU

healthcare system resilience and the ability to maintain regular healthcare services during global health crises.

Method

The data collection covered the COVID-19 pandemic period from the beginning of 2020 to the end of 2022. The number of COVID-19 cases in the ICU and elective surgeries performed at Charité-Universitätsmedizin Berlin were recorded on a daily basis. Regression analysis was conducted to analyze the relationship between the number of COVID-19 cases (intensive care patients) and the number of surgeries performed.

Results

A clear negative relationship was found to exist between the number of COVID-19 intensive care patients and the number of elective surgeries performed. This reflected the fluctuations of the pandemic waves and the measures taken by hospital management (lockdown, personnel). The analysis showed that an increase in COVID-19 intensive care cases due to COVID-19 led to a reduction of elective surgeries.

Conclusion

Pandemics can trigger different courses in the affected population in terms of their clinical relevance. There is a high risk of maintaining intensive medical care. Health facilities that are intended to provide maximum care for pandemic patients should develop concepts for internal surgical and intensive care logistics at an early stage and agree with regional clinics on patient transfer options.

Einleitung

Die COVID-19-Pandemie, die von 2020 bis 2022 über den Globus hinwegfegte, stellte die Gesundheitssysteme weltweit vor eine noch nie dagewesene Herausforderung. Als die Krankenhäuser mit dem Anstieg der Coronavirus-Fälle zu kämpfen hatten, waren die Ressourcen angespannt, und das medizinische Fachpersonal stand vor schwierigen Entscheidungen über die Zuweisung ihrer begrenzten Mittel. Ein kritischer Aspekt, der von der Pandemie betroffen war, war

die Bereitstellung von elektiven Operationen, d. h. von Eingriffen, die im Voraus geplant werden und oft nicht notfallmäßig sind, aber für die Erhaltung der Gesundheit und des Wohlbefindens der Patienten unerlässlich sind.

Elektive Maßnahmen sind ein solider Indikator dafür, wie stabil die Durchführung regelmäßiger Operationen in einem Krankenhaus sind, und erfüllen gleichzeitig elementare Funktionen innerhalb des Gesundheitssystems. Neben der Vermeidung einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes des Patienten und der Vermeidung von Folgeeingriffen aufgrund der Verzögerung sind auch andere Faktoren relevant [1,2].

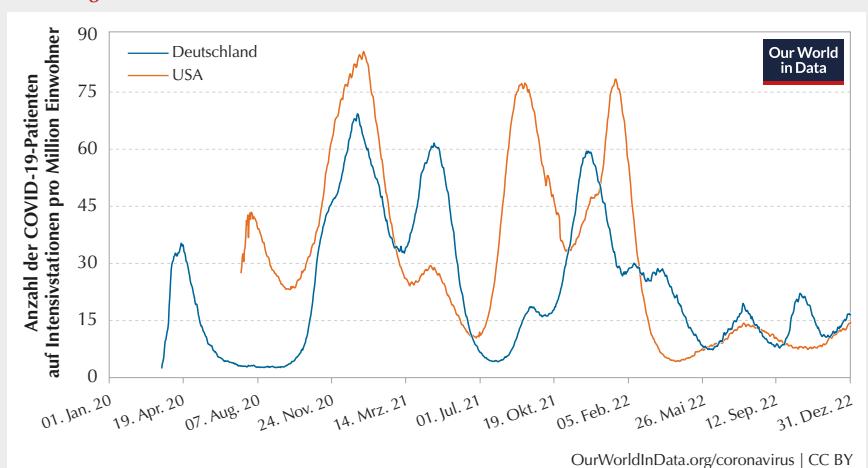
Einer dieser Faktoren ist die psychische Belastung, die vielen Patienten durch abgesagte Eingriffe auferlegt wird, was oft zu Ängsten bei den Patienten als Individuen führt [3]. Daraus können sich in ohnehin schwierigen Krisenzeiten unerwartete Nachteile ergeben. Während eine Studie keine signifikanten Unterschiede im Belastungsniveau zwischen Verschiebungen vor der Pandemie und Pandemievorschreibungen festgestellt hat, wurde bei beiden Gruppen ein hohes Maß an psychischer Belastung festgestellt [4]. Bei ausgewählten Herzoperationen waren Verschiebungen jedoch nicht mit einer erhöhten psychischen Belastung oder Komplikationen verbunden [5].

Einerseits führen die Absagen von elektiven Operationen auch zu finanziellen Einbußen für die Krankenhäuser, andererseits können nicht alle Mitarbeiterinnen des Gesundheitswesens, deren Zeitpläne durch diese Absagen frei werden, in die pandemiebedingte Versorgung umgezogen werden. Die hochspezialisierte Medizin erlaubt es nicht allen Beteiligten, ihre alltäglichen beruflichen Fähigkeiten in Krisensituationen einzusetzen. Des Weiteren sind die Infektion sowie die Zeit bis zur Genesung und ggf. der Leistungszustand danach nicht zu unterschätzen [6]. Es ist auch wichtig zu erkennen, dass das medizinische Personal selbst von der Pandemie betroffen ist und daher für Operationen nicht zur Verfügung steht. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die Personalsituation

mit einer Gesundheitskrise asymmetrisch verschlechtern wird, was weitere Absagen und Verspätungen zur Folge hat. Zu verstehen, ob und wie sich die Fallzahlen auf regelmäßige Operationen auswirken, wird das Gesundheitssystem stets von der ersten Stunde einer Krise an begleiten, um langfristig handlungsfähig zu bleiben.

Während der Pandemie mussten sich Krankenhäuser und Gesundheitseinrichtungen schnell an die sich entwickelnde Situation anpassen, indem sie der Behandlung von Patienten mit COVID-19 Vorrang einräumten und gleichzeitig auf die Bedürfnisse anderer Patienten eingingen, die medizinische Hilfe benötigten. Diese Dynamik führte zu erheblichen Änderungen bei der Planung und Verfügbarkeit von elektiven Operationen, wobei viele Eingriffe verschoben oder abgesagt wurden, um Ressourcen, einschließlich Betten auf der Intensivstation, Beatmungsgeräte und medizinisches Personal, für Patienten mit COVID-19 bereitzustellen.

Eine Studie in den Vereinigten Staaten deutete darauf hin, dass bis zu 25 % der COVID-19-Todesfälle auf einen unzureichenden Zugang zur Intensivstation zurückzuführen sein könnten. Als die Zahl der Patienten während der COVID-19-Pandemie dramatisch anstieg, gab es einen Mangel an Intensivbetten und Krankenhauspersonal [7]. Eine Übersicht aus *Our World in Data* (Abb. 1) spiegelte die Unterschiede zwischen der Anzahl der Patienten mit COVID-19 auf der Intensivstation in den USA und Deutschland aufgrund des unterschiedlichen COVID-19-Pandemiemanagements während der dritten Infektionswelle von Juli 2021 bis März 2022 wider. Einem frühen Bericht zufolge [8] verfügte Deutschland während der ersten Welle aufgrund einer großen Anzahl an Krankenhausbetten und sorgfältiger Planung über ausreichende Kapazitäten auf den Intensivstationen. Dennoch hatten die Beschäftigten im Gesundheitswesen mit einem Mangel an persönlicher Schutzausrüstung (PSA) zu kämpfen. Der Lockdown während der ersten Welle der COVID-19-Pandemie führte in Deutschland zu einem Rückgang des geplanten

Abbildung 1

Tägliche Anzahl von Patienten mit COVID-19 auf Intensivstationen pro Million Einwohner in den USA und Deutschland von März 2020 bis Dezember 2022 (Datenquelle: Offizielle Daten, zusammengestellt von Our World in Data [14]).

Betriebs um rund 40 %, wenngleich das Ausmaß im Vergleich der einzelnen Bundesländer deutlich schwankte. Dies könnte auf geografische Unterschiede in der Ausbreitungsrate von COVID-19 zurückzuführen sein [9].

In der zweiten Welle stellte sich heraus, dass die tatsächliche Kapazität der Intensivstationen geringer war als ursprünglich geschätzt, da es an Betten mangelte, die im Bericht der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) e. V. zwar registriert waren, aber nicht als Intensivbetten zur Verfügung standen (siehe DIVI-Register [10]). Darüber hinaus musste das Personal geschult werden, um alle verfügbaren Betten zu versorgen. Die Schulung des Personals wurde europaweit durch das Programm CoBaTrICE [11] mit modernen simulationsbasierten Virtual-Reality-Trainingsmethoden durchgeführt. Darüber hinaus wurde in Deutschland Telemedizin z. B. von der Charité im Rahmen des Innovationsfondskonzepts „Enhanced Recovery after Intensive Care“ (ERIC) durchgeführt [12]. ERIC wurde im Rahmen des Programms „SAVE-Berlin@COVID-19“ des Berliner Senats unter Verwendung evidenzbasierter interdisziplinärer Intensivvisiten eingesetzt, die von Intensivspezialisten der Charité durchgeführt wurden, um Inten-

sivstationen in der Region Berlin zu unterstützen [13]. Darüber hinaus deckten nationale und internationale telemedizinische Unterstützungsteams für Intensivstationen den Mangel an Schulungen auf der Intensivstation für alle von der Regierung angeforderten Bedürfnisse in allen verfügbaren Betten ab.

Im Nachhinein stellt sich die Frage, wie stark die aus der Pandemie resultierenden Maßnahmen den regelmäßigen Krankenhausbetrieb beeinflusst haben, was im Rahmen dieser Arbeit am Beispiel der elektiven Operation untersucht wurde.

Das Verständnis des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Patienten mit COVID-19, die eine Intensivpflege benötigen, und der Durchführung von elektiven Operationen ist für die Bewertung der Auswirkungen der Pandemie auf die Gesundheitsversorgung und die Patientenergebnisse von entscheidender Bedeutung. Durch die Analyse von Trends bei den Einweisungen auf die Intensivstation und der Leistung elektiver Operationen während der Pandemie können Einblicke in die Herausforderungen der Gesundheitssysteme, die Zielkonflikte bei der Ressourcenallokation und die potenziellen langfristigen Auswirkungen auf die Patientenversorgung und die Gesundheitspolitik gewonnen werden.

In dieser Studie wollten wir den Zusammenhang zwischen der Anzahl der COVID-19-Intensivpatienten und dem Umfang der während der Pandemie durchgeführten elektiven Operationen von 2020 bis 2022 untersuchen. Durch die Untersuchung von Daten aus Gesundheitseinrichtungen und Regionen, die stark von der Pandemie betroffen waren, haben wir versucht, Muster, Korrelationen und mögliche kausale Zusammenhänge zwischen diesen beiden Schlüsselaspekten der Gesundheitsversorgung aufzuklären. Solche Erkenntnisse können in die künftige Pandemievorsorge, Strategien zur Ressourcenzuweisung und gesundheitspolitische Entscheidungen einfließen, die darauf abzielen, die grundlegende Gesundheitsversorgung aufrechtzuerhalten und gleichzeitig effektiv auf Krisen im Bereich der öffentlichen Gesundheit zu reagieren.

Methodik

Die Daten wurden von Anfang 2020 bis Ende 2022 gesammelt und analysiert und decken somit den Zeitraum der COVID-19-Pandemie ab. Der Datensatz basiert auf zwei Primärquellen: 1) der internistischen chirurgischen Dokumentation der Charité – Universitätsmedizin Berlin, die die Anzahl der pro Tag durchgeführten Operationen umfasst, und 2) Daten zur Krankenhausbelegung und Kodierung nach den Deutschen Kodierrichtlinien (DKR) für COVID-19-Fälle auf der Intensivstation. Eingeschlossen wurden nur COVID-19-Patienten, die eine Intensivpflege benötigten, basierend auf den täglich registrierten COVID-19-Fällen auf der Intensivstation und den elektiven Operationen (Operation, die gemäß Operationsplan für den jeweiligen Tag geplant und durchgeführt wurde).

Vor dem Hintergrund, dass alle schweren COVID-19-Fälle im Rahmen des telemedizinisch gestützten Ressourcenallokationssystems SAVE-Berlin@COVID-19 [12] an die Charité überwiesen wurden, wurden spezifische Ressourcenanpassungen vorgenommen. Um den Zustrom von Patienten bewältigen zu können, wurden an der Charité 40 zusätzliche Inten-

sivbetten eröffnet. In der Folge wurden an der Charité weniger Operationen geplant, da das Anästhesiepersonal in erster Linie für die Betreuung der 40 Intensivbetten eingesetzt wurde.

Der Anteil dringender, ungeplanter Operationen (Klassifikation N0 bis N4) [15] war über den gesamten Zeitraum konstant und machte ca. 46 % der täglich geplanten Eingriffe aus.

Es wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen der Anzahl der COVID-19-Patienten auf der Intensivstation und der Anzahl der durchgeföhrten elektiven Operationen zu bewerten. Alle Annahmen wurden vor der Durchführung der Analyse getestet, wodurch die gewählte statistische Methode bestätigt wurde.

Um genaue Ergebnisse zu gewährleisten, wurden potenzielle Störfaktoren, die die Daten verzerrn könnten, vor der Analyse herausgefiltert. Da keine geplanten Operationen für die Wochenenden vorgesehen waren, wurden die Wochenenddaten weggelassen. Ebenso wurden alle Feiertage, einschließlich des Jahresendezeitraums (23. Dezember bis 1. Januar), ausgeschlossen. Darüber hinaus wurden alle Tage, die von Streiks an der Charité betroffen waren, aus dem Datensatz entfernt. Schließlich wurde die Anfangsphase der COVID-19-Krise (1. Januar 2020 bis 31. Mai 2020) aufgrund der katastrophalen Situation, der Unsicherheiten, der Ressourcenknappheit und des Personalmangels ausgeschlossen, was zur Aussetzung aller nicht kritischen Operationen führte.

Befund

Der erste Fall von COVID-19 in Deutschland wurde am 27. Januar 2020 in Bayern gemeldet [12]. Risikobewertungen und technische Richtlinien für Tests, Fallfindung, Kontakt nachverfolgung, Hygiene und Krankheitsmanagement sowie verschiedene andere Dokumente wurden zur Verfügung gestellt. Das Robert Koch Institut (RKI), das Institut für öffentliche Gesundheit in Deutschland, hat seit dem 23. Januar tägliche Lageberichte

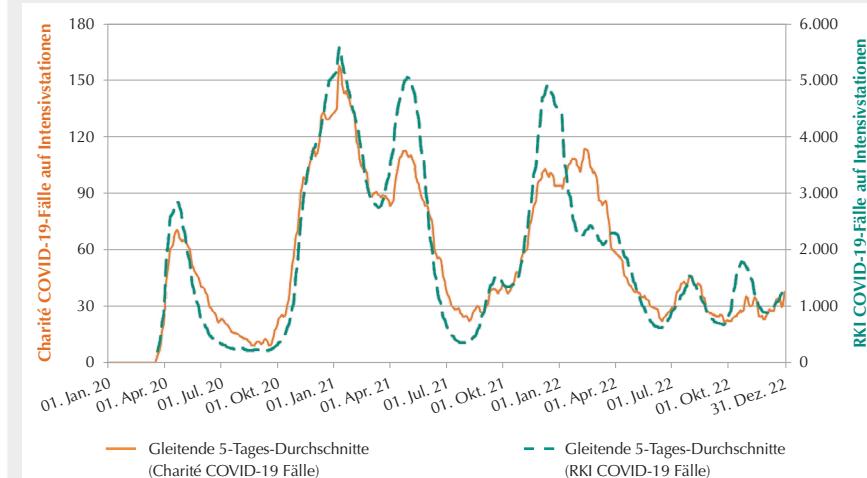
für den nationalen und internationalen Bereich des öffentlichen Gesundheitswesens erstellt [16].

In Anlehnung an den Ansatz des RKI wurde die tägliche Belegungsentwicklung der Intensivbetten durch die COVID-19-Patienten an der Charité – Universitätsmedizin Berlin berechnet. Abbildung 2 zeigt die gleitenden 2-Tage-Durchschnitte der COVID-19-Fälle in Deutschland (basierend auf RKI-Daten) neben den gleitenden 5-Tage-Durchschnitten von Patientinnen mit COVID-19 an der Charité. Die zeitlichen Trends blieben weitgehend konsistent, im August 2022 waren nur leichte Abweichungen sichtbar. Laut DIVI-Register zur Intensivstation (ICU) blieb die Bettenkapazität auf der Intensivstation – sowohl national als auch an der Charité – aufgrund der effizienten Ressourcenallokation, die durch SAVE-Berlin@-COVID-19 ermöglicht wurde, ausreichend [10]. Im Durchschnitt waren zu jedem Zeitpunkt zwischen 120 und 140 Intensivbetten in Betrieb. Der größere Bedarf an Kapazitätsanpassungen, wie z. B. die Suche nach zusätzlichen Intensivbetten und die Absage von elektiven Operationen, war vor allem zwischen Ende Oktober 2020 und Anfang Februar 2021 erforderlich.

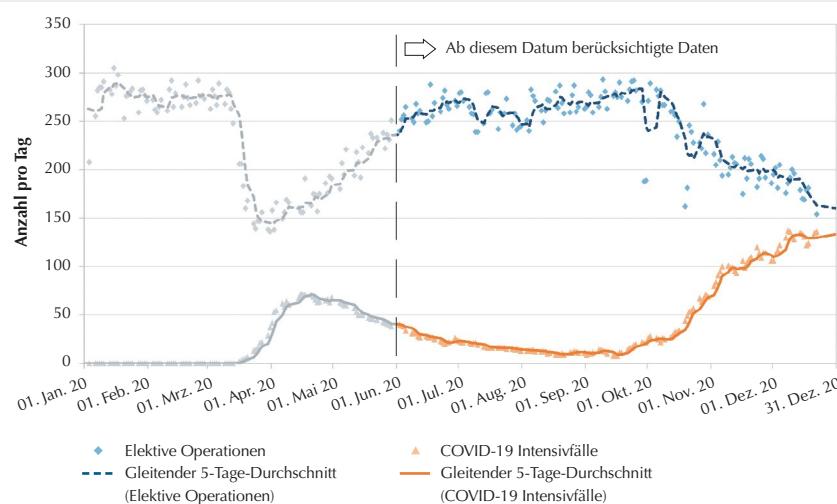
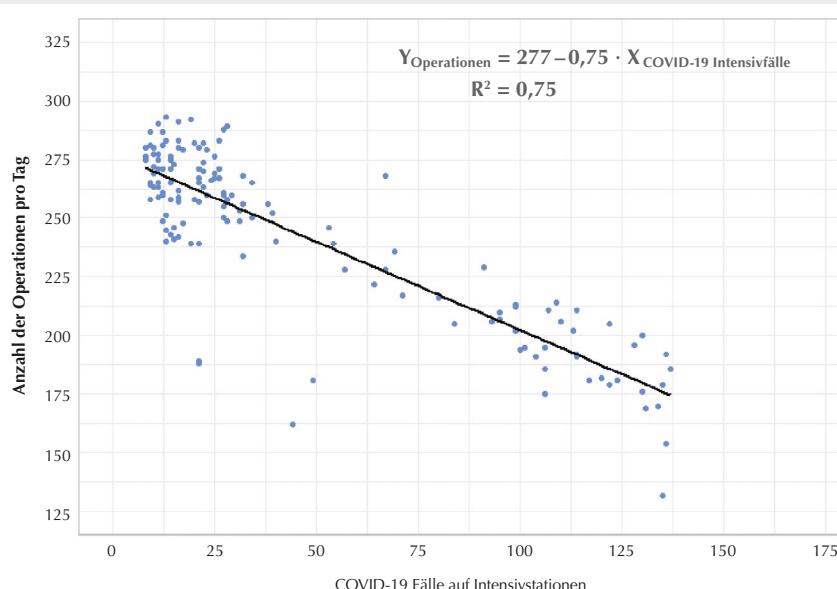
Unter der Annahme, dass die Vorgaben der Bundesregierung und die daraus resultierenden Aktivitäten des Krankenhausmanagements im Zeitverlauf elektive Operationen anhand von Patienten mit COVID-19 auf der Intensivstation widerspiegeln, führten wir jährliche Regressionsanalysen durch.

Abbildung 3a zeigt den Jahresverlauf 2020 für die Anzahl der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation und der durchgeföhrten elektiven Operationen, für die Intensivbetten zur Verfügung stehen mussten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit steigender Zahl der COVID-19-Fälle auf den Intensivstationen die Zahl der elektiven Operationen zurückging. Es wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um zu bewerten, inwieweit COVID-19-Fälle auf der Intensivstation die Anzahl der elektiven Operationen vorhersagen können (Abb. 3b). Es wurde eine signifikante Regression gefunden ($F(1,144) = 429,7$, $p < .001$). Der R^2 betrug 0,75, was darauf hindeutet, dass der Prädiktor „COVID-19-Fälle auf der Intensivstation“ 75 % der Varianz in der Anzahl der elektiven Operationen erklärte. Der Regressionskoeffizient für COVID-19-Fälle auf der Intensivstation betrug -0,75. Die Anzahl der Operationen ($V_{\text{Operationen}}$) hängt von der Anzahl der COVID-19-Fälle auf der

Abbildung 2



Die gleitenden 2-Tage-Durchschnitte der COVID-19-Fälle in Deutschland (Daten des Robert-Koch-Instituts (RKI)) und die gleitenden 5-Tage-Durchschnitte der COVID-19-Intensivpatienten in der Charité – Universitätsmedizin Berlin.

Abbildung 3a**Abbildung 3b**

Intensivstation ($X_{COVID-19 \text{ Intensivfälle}}$) ab und wird durch die folgende Regressionsgleichung ausgedrückt:

$$Y_{\text{Operationen}} = 277 - 0,75 \cdot X_{COVID-19 \text{ Intensivfälle}}$$

Das bedeutet, dass im Jahr 2020 infolge der Pandemie ein Anstieg der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation

0,75 Operationen entsprach, die nicht durchgeführt werden konnten. Zur Veranschaulichung: Ein Anstieg von vier Patienten mit COVID-19 auf der Intensivstation führte zur Absage von drei geplanten Operationen. Konfidenzintervalle zeigen, dass wir zu 95 % sicher sein können, dass die Steigung zur

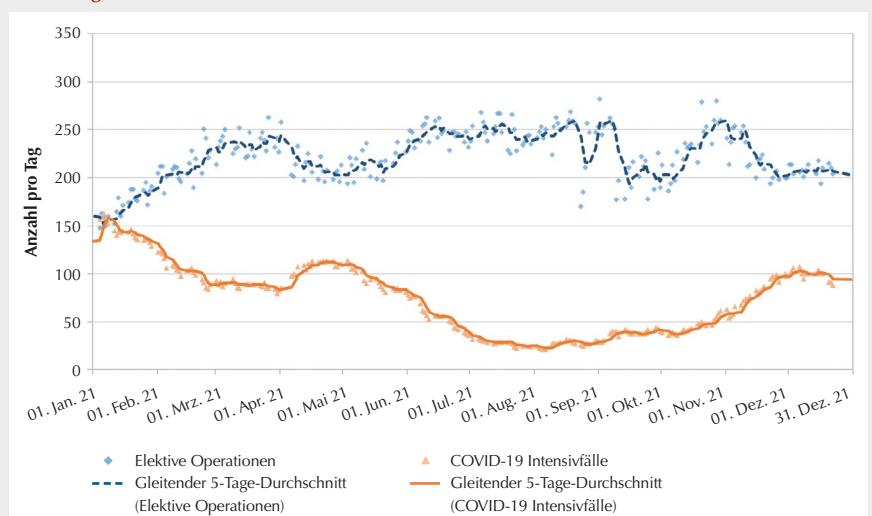
Vorhersage der Anzahl der elektiven Operationen bei den COVID-19-Fällen auf der Intensivstation zwischen [-0,82, -0,68] liegt.

Im Jahr 2021 spiegelt der zeitliche Verlauf der Operationen die Pandemiewellen deutlich wider (Abb. 4a). Nach dem Wintergipfel wurde ein Rückgang der COVID-19-Fälle dokumentiert, im Frühjahr kam es jedoch zu einem zweiten Peak, gefolgt von der Lockerungsphase im Sommer. Der folgende Wintergipfel war vergleichbar mit dem Frühlingsgipfel. Abbildung 4b zeigt das Verhältnis zwischen der Anzahl der Operationen und den COVID-19-Fällen auf der Intensivstation im Jahr 2021. Die lineare Regressionsanalyse ergab ein statistisch signifikantes Modell ($F(1,217) = 458,7, p < .001$) mit einem R^2 von 0,68 und einem 95 %-Konfidenzintervall von [-0,68, -0,56]. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass COVID-19-Fälle auf der Intensivstation 68 % der Varianz in der Anzahl der durchgeföhrten elektiven Operationen ausmachten. Der Regressionskoeffizient für COVID-19-Fälle auf der Intensivstation lag bei -0,62. Die folgende Regressionsgleichung drückt das Verhältnis zwischen der Anzahl der Operationen ($Y_{\text{surgeries}}$) und der Anzahl der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation ($X_{COVID-19 \text{ Intensivfälle}}$) aus:

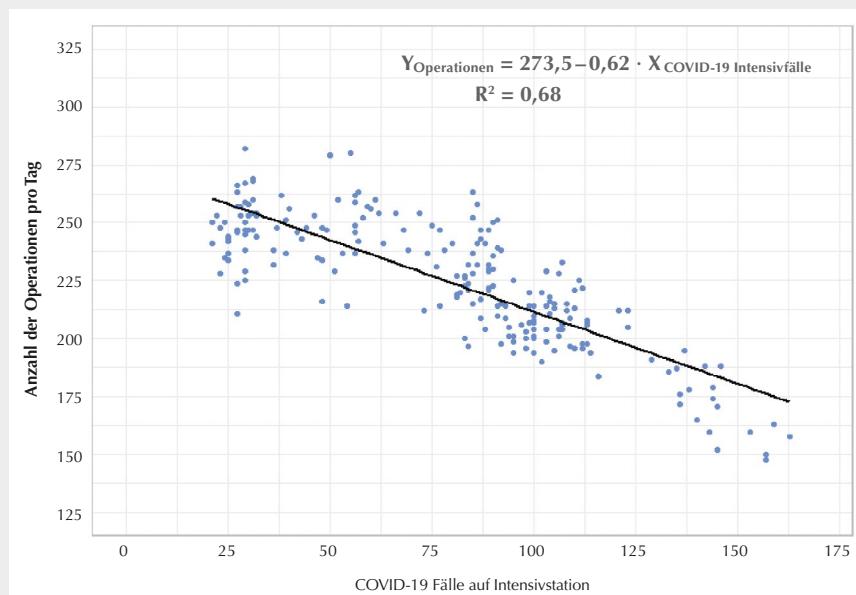
$$Y_{\text{Operationen}} = 273,5 - 0,62 \cdot X_{COVID-19 \text{ Intensivfälle}}$$

Dies deutet darauf hin, dass für jeden zusätzlichen COVID-19-Fall auf der Intensivstation ein durchschnittlicher Rückgang von 0,62 Operationen zu beobachten war. Das bedeutet, dass im Jahr 2021 auf jeweils fünf zusätzliche Fälle auf der Intensivstation etwa drei geplante Operationen abgesagt wurden. Ähnlich wie im Jahr 2020 hatten die COVID-19-Fälle auf der Intensivstation auch im Jahr 2021 einen großen Einfluss auf die Anzahl der durchgeföhrten elektiven Operationen.

Mit dem Abklingen der Pandemie im Jahr 2022 konnten Operationen wieder ohne Einschränkungen durchgeführt werden. Abbildung 5b zeigt das Streudiagramm und die Linienanpassung für das Jahr 2022. Die Ergebnisse der Regres-

Abbildung 4a

Zeitverlauf 2021 für die Anzahl der behandelten COVID-19-Fälle auf der Intensivstation und der durchgeführten elektiven Operationen, für die Intensivbetten zur Verfügung standen mussten.

Abbildung 4b

Anzahl der im Jahr 2021 durchgeführten Operationen in Abhängigkeit von COVID-19-Fällen auf der Intensivstation.

sion deuten darauf hin, dass COVID-19-Fälle auf der Intensivstation 21 % der Variation in der Anzahl der Operationen erklären ($F(1,245) = 62,97$, $p < 0,001$), $R^2 = 0,21$, 95 %-KI [-0,33, -0,20]. Dieser Prozentsatz ist im Vergleich zu 2020 und 2021 deutlich niedriger. Die folgende Regressionsgleichung drückt das

Verhältnis zwischen der Anzahl der Operationen ($Y_{\text{Operationen}}$) und der Anzahl der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation ($X_{\text{COVID-19 Intensivfälle}}$) aus:

$$Y_{\text{Operationen}} = 241 - 0,27 \cdot X_{\text{COVID-19 Intensivfälle}}$$

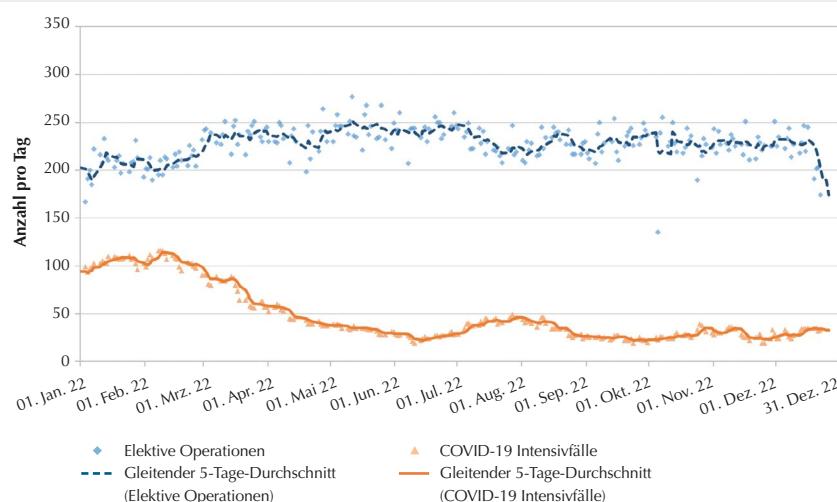
Das bedeutet, dass für jeden Anstieg der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation

0,21 Operationen weniger durchgeführt wurden. In der Praxis führte im Jahr 2022 ein Anstieg von etwa fünf Patienten mit COVID-19 auf der Intensivstation zur Absage einer geplanten Operation. Dies deutet darauf hin, dass der Einfluss von Intensivpatienten mit COVID-19 auf die Anzahl der elektiven Operationen im Vergleich zu den Vorjahren geringer ist.

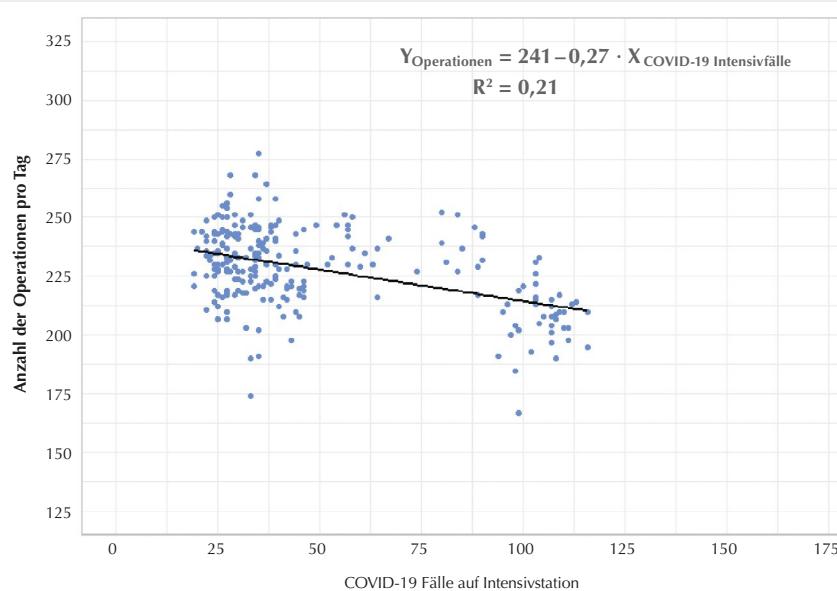
Diskussion

Die jährliche Zeitgeschichte von COVID-19 war geprägt von Infektionswellen mit unterschiedlicher Intensität und Auswirkung in verschiedenen Regionen der Welt. Seit seinem Auftreten Ende 2019 hat COVID-19 die Gesundheitssysteme weltweit vor Herausforderungen gestellt und zu einer erheblichen Anzahl von Krankenhausaufenthalten und in schweren Fällen zu Einweisungen auf die Intensivstation geführt. Während der Winterwelle 2021 war das Gesundheitssystem stark belastet. Die Krankenhäuser zogen sich wieder auf die regulären Dienstleistungen zurück, um Patienten mit COVID-19 unterzubringen. Es wurde auch deutlich, dass die Zahl der verfügbaren Intensivbetten kein angemessenes Maß für die Kapazität des Gesundheitssystems war, da einige Einrichtungen über Betten verfügten, aber nicht über genügend Personal, um die Zahl der Patienten angemessen zu behandeln [17].

In der Anfangsphase der Pandemie hatten viele Länder Schwierigkeiten, die Ausbreitung des Virus einzudämmen, was zu einem starken Anstieg der Infektionen und anschließenden Überlastungen der Gesundheitseinrichtungen führte. Die erste Welle, die Anfang 2020 auftrat, war in vielen Teilen der Welt besonders verheerend, da die Gesundheitssysteme durch den plötzlichen Zustrom von Patienten mit COVID-19, die einen Krankenhausaufenthalt und eine Intensivpflege benötigten, überfordert waren. Im Verlauf der Pandemie wurden Maßnahmen wie soziale Distanzierung, Maskenpflicht und Impfkampagnen umgesetzt, um die Ausbreitung des Virus einzudämmen und die Belastung der Ge-

Abbildung 5a

Zeitverlauf 2022 für die Anzahl der behandelten COVID-19-Fälle auf der Intensivstation und der durchgeführten elektiven Operationen, für die Intensivbetten zur Verfügung stehen mussten.

Abbildung 5b

Anzahl der im Jahr 2022 durchgeführten Operationen in Abhängigkeit von COVID-19-Fällen auf der Intensivstation.

sundheitssysteme zu verringern. Diese Maßnahmen führten oft zu Schwankungen der Infektionszahlen, was im Laufe der Zeit zu nachfolgenden Wellen des Virus führte. Die Zahl der Patienten mit COVID-19 auf den Intensivstationen schwankte parallel zu den Gesamtinfektionsraten. In Spitzenzeiten der Infektio-

nen kam es auf den Intensivstationen häufig zu einem Anstieg der Einweisungen, da mehr Personen aufgrund der mit dem Virus verbundenen schweren Atemwegssymptome auf der Intensivstation behandelt werden mussten. Dies übte einen immensen Druck auf das Personal und die Ressourcen des Gesundheitswe-

sens aus, was die Behörden dazu veranlasste, provisorische Intensivstationen einzurichten, bestehende Einrichtungen zu erweitern und medizinisches Personal zu mobilisieren, um der Nachfrage gerecht zu werden.

Ziel dieser Studie war es, den Zusammenhang zwischen der Anzahl der COVID-19-Intensivpatienten und dem Volumen der elektiven Operationen, die während der COVID-19-Pandemie von 2020 bis 2022 durchgeführt wurden, zu untersuchen. Durch die Untersuchung von Daten der Charité – Universitätsmedizin Berlin, die stark von der Pandemie betroffen war, versuchten wir, Muster, Korrelationen und mögliche kausale Zusammenhänge zwischen diesen beiden Schlüsselaspekten der Gesundheitsversorgung aufzuklären.

Zum einen ist die postoperative Aufnahme auf einer Intensivstation eine individuelle Entscheidung und hängt von der Krankengeschichte des Patienten, den Vorerkrankungen, der Art des chirurgischen Eingriffs sowie dem Verlauf der Operation und Narkose ab. Dennoch regeln spezifische Standardarbeitsanweisungen (SOPs) der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin der Charité [18] in Absprache mit den chirurgischen Abteilungen, welche chirurgischen Eingriffe aufgrund ihrer Komplexität in der Regel einer intensivmedizinischen Betreuung bedürfen (z. B. postoperative Beatmung, Tracheotomie, Perfusionskontrolle von Transplantaten, postoperatives Blutungsrisiko, spezielle Antikoagulationsstrategien). Auf der anderen Seite regeln ICU-SOPs die Aufnahmekriterien für die Intensivstation (Katecholamin- und Transfusionsanforderungen, Drainagesituation etc.). Daraus ergibt sich eine planbare intensivmedizinische Indikation für eine Vielzahl von chirurgischen Eingriffen, die perioperativ durch individuelle Faktoren jedes Patienten ergänzt wird.

Es war jedoch ungewiss und unvorhersehbar, ob ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der geplanten Operationen und der Anzahl der Patienten mit COVID-19, die auf einer Intensivstation behandelt werden müssen,

besteht. Den in dieser Studie gesammelten Daten zufolge war ein Anstieg der COVID-19-Fälle auf der Intensivstation im Jahr 2020 stark mit einem Rückgang der elektiven Operationen um den Faktor 0,75 verbunden. Dieses hohe Maß an erklärter Varianz unterstreicht die erheblichen Störungen, die durch die Pandemie verursacht wurden, bei der ein Anstieg von vier COVID-19-Intensivpatienten zur Absage von drei elektiven Operationen führte. Dies zeigt die Auswirkungen auf das Gesundheitssystem aufgrund der Zunahme von Patienten mit COVID-19 auf der Intensivstation.

Dieses Muster war auch im Jahr 2021 zu beobachten, auch wenn die Auswirkungen leicht abgeschwächt waren. Trotz eines etwas niedrigeren R2-Wertes blieb der Einfluss von COVID-19-Fällen auf der Intensivstation signifikant, was auf anhaltende Herausforderungen für die Krankenhausssysteme hindeutet. Im Laufe der Zeit haben Fortschritte bei den Behandlungsprotokollen, erhöhte Testkapazitäten und die Einführung von Impfstoffen dazu beigetragen, einige der Belastungen auf den Intensivstationen zu verringern. Bis 2022 waren die Auswirkungen von COVID-19-Fällen auf der Intensivstation auf elektive Operationen deutlich zurückgegangen. Mehrere Faktoren dürften dazu beigetragen haben, dass das Modell im Jahr 2022 eine geringere Vorhersagekraft hatte. Die Gesamtauswirkungen von COVID-19 auf die Kapazitäten der Intensivstationen hatten sich aufgrund verbesserter Behandlungsprotokolle, Impfkampagnen und eines besseren Ressourcenmanagements in den Krankenhäusern verringert. Anders als in den Jahren 2020 und 2021 hatten sich die Krankenhäuser an die Pandemie angepasst, was eine stabilere Fortführung der elektiven Operationen ermöglichte. Darüber hinaus änderten sich die Merkmale der COVID-19-Wellen, wobei weniger schwere Fälle eine Einweisung auf die Intensivstation erforderten, wodurch der direkte Zusammenhang zwischen der Belegung der Intensivstationen und chirurgischen Einschränkungen verringert wurde. Auch der Personalmangel war weniger störend, da weniger Beschäftigte im Gesundheitswesen auf-

grund von Infektionen oder Quarantäne fehlten. Obwohl neue Varianten des Virus und die Impfskepsis weiterhin eine anhaltende Herausforderung darstellten, führten sie nicht zu einem signifikanten Anstieg der Einweisungen auf die Intensivstation, was zu den geringeren Auswirkungen auf elektive Operationen im Jahr 2022 beitrug.

Die jährliche Zeitgeschichte von COVID-19 und seinen Auswirkungen auf Intensivpatienten erinnern daran, wie wichtig eine robuste Gesundheitsinfrastruktur, proaktive Maßnahmen im Bereich der öffentlichen Gesundheit und eine globale Zusammenarbeit bei der Bekämpfung von Infektionskrankheiten sind. Während wir weiterhin durch die COVID-19-Pandemie navigieren, werden kontinuierliche Wachsamkeit und Anpassung von entscheidender Bedeutung sein, um die Auswirkungen auf die Gesundheitssysteme und Gemeinschaften weltweit zu minimieren.

Im Zuge dieser umfassenden Evaluation versuchte das nationale Forschungsprojekt ResKriVer, Schlussfolgerungen für zukünftige Notfallszenarien zu ziehen. Die statistische Auswertung der verfügbaren Daten war ein elementares methodisches Instrument. Eingebettet in den Kontext anderer nationaler Forschungsanstrengungen wird so ein umfassender Beitrag zur nationalen Krisenvorsorge geleistet. Die allgegenwärtige und unverzichtbare Bedeutung des Gesundheits- und Medizinsektors wird durch die hier vorgestellten Daten verdeutlicht und ist auch Ausgangspunkt für aktive Verbesserungsbemühungen.

Zu beachten ist allerdings, dass die Ergebnisse der Regressionsanalysen nur für die lokalen Gegebenheiten der Charité und des Berliner Raumes während der Corona-Pandemie gelten. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Krankenhäuser ist daher nicht ohne weiteres möglich. Vor diesem Hintergrund soll in zukünftigen Studien auch diskutiert werden, ob Maßnahmen innerhalb der Krankenhausorganisation die Aufrechterhaltung regelmäßiger Operationen und damit der elektiven Versorgung verbessern können.

Schlussfolgerung

Pandemien können in der betroffenen Bevölkerung hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz unterschiedliche Verläufe auslösen. In schweren Fällen, bei denen Patienten auf der Intensivstation behandelt werden müssen oder die tödlich verlaufen, bestehen hohe Risiken für die Aufrechterhaltung einer regelmäßigen medizinischen Versorgung. Insbesondere die elektive Belegung von OP- und Intensivstationen sowie OP-Kapazitäten werden maßgeblich beeinflusst. Einrichtungen des Gesundheitswesens, die an der Maximalversorgung von Pandemiepatienten beteiligt sind, sollten frühzeitig Konzepte für die interne OP- und Intensivlogistik entwickeln und mit regionalen Kliniken Optionen zur Patientenverlegung abschließen.

Darüber hinaus unterstreicht diese Studie die Bedeutung einer robusten Gesundheitsinfrastruktur und proaktiver Maßnahmen im Bereich der öffentlichen Gesundheit in Zeiten einer Pandemie. Effektive Strategien zur Ressourcenzuweisung sind entscheidend für die Aufrechterhaltung eines Gleichgewichts zwischen der Notfallversorgung von Pandemiepatienten und der Fortsetzung elektiver Operationen, die für die allgemeine Gesundheit und das Wohlbefinden der Patienten von entscheidender Bedeutung sind. Durch das Verständnis der hier aufgezeigten Zusammenhänge zwischen der Belegung der Intensivstationen während einer Pandemie und der Reduzierung elektiver Operationen, durch das Vertrauen in das Bettenregister auf der Intensivstation [9], durch die Verwendung von Konzepten wie SAVE-Berlin@Covid-19 [13], durch die Nutzung telemedizinischer fachärztlicher Fernbehandlungen auf der Intensivstation und durch die Konzentration schwerer Fälle in bestimmten Krankenhäusern mit geschultem Personal und verfügbarer Ausrüstung sowie durch die Eröffnung von Betten in diesen Krankenhäusern, in denen diese schweren Fälle behandelt werden, können Gesundheitssysteme bessere Strategien entwickeln, um ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber künftigen Gesundheitskrisen zu erhöhen.

Botschaft zum Mitnehmen

Effektive Strategien zur Ressourcenzuweisung sind entscheidend für die Aufrechterhaltung eines Gleichgewichts zwischen der Notfallversorgung von Pandemiepatienten und der Fortsetzung elektiver Operationen, die für die allgemeine Gesundheit und das Wohlbefinden der Patienten von entscheidender Bedeutung sind. Durch das Verständnis der hier aufgezeigten Zusammenhänge zwischen der Belegung der Intensivstationen während einer Pandemie und der Reduzierung elektiver Operationen können Gesundheitssysteme bessere Strategien entwickeln, um ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber zukünftigen Gesundheitskrisen zu erhöhen.

Erklärungen und Deklarationen

Konkurrierende Interessen

Es gibt keine konkurrierenden Interessen.

Finanzierung

Diese Studie wurde im Rahmen des Projekts „ResKriVer – Kommunikations- und Informationsplattform für resiliente krisenrelevante Versorgungsnetze“ durchgeführt und HB, WC, KF, BS und AP wurden finanziell vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (01MK21006C) gefördert.

Ethik-Erklärungen

Die COVID-19-Datenbanken sind öffentlich zugänglich. Die Ethikgenehmigung der eICU-Datenbank war nicht anwendbar, da sie gemäß der Datenschutz-Grundverordnung der EU freigegeben wurde.

Literatur

- Hunger R, König V, Stillger R, Mantke R: Impact of the COVID-19 pandemic on delays in surgical procedures in Germany: a multi-center analysis of an administrative registry of 176,783 patients. *Patient Saf Surg* 2022 Jun;28;16(1):22
- McClelland PH, Cheng O, Hu J, Hunter JG, Winkler AC, Lee R, et al: Operative Shutdown and Recovery: Restructuring Surgical Operations During the SARS-CoV-2 Pandemic. *J Surg Res* 2021 Jun;16;268:181–189. DOI:10.1016/j.jss.2021.06.009.
- Byrnes ME, Brown CS, De Roo AC, Corriere MA, Fukuhara S, Kim KM, et al: Elective Surgical Delays Due to COVID-19: The Patient Lived Experience. *Med Care* 2021;59(4):288–294. DOI:10.1097/MLR.0000000000001503
- Thorup CN, Spindler H, Nohr D, Skjernberg H, Andreasen JJ: Distress and anxiety following postponed cardiac surgery prior to and during the COVID-19 pandemic. *Dan Med J* 2021 Dec;13;69(1):A06210492
- Spindler H, Thorup CB, Nohr N, Andreasen JJ: Postponement of elective cardiac surgery: A prospective observational analysis of anxiety, depression, social support and clinical complications. *J Clin Nurs* 2023;32:7346–7357
- COVIDSurg Collaborative: Delaying surgery for patients with a previous SARS-CoV-2 infection. *Br J Surg* 2020;107:e601–e602
- Griffin KM, Karas MG, Ivascu NS, Lief L: Hospital Preparedness for COVID-19: A Practical Guide from a Critical Care Perspective. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;201:1337–1344
- Wieler LH, Rexroth U, Gottschalk R: Emerging COVID-19 success story: Germany's push to maintain progress. 2021. <https://edoc.rki.de/handle/176904/8514> (Zugriffsdatum: 16.09.2024)
- Bialas E, Schleppers A, Auhuber T: COVID-19: Auswirkungen des Lockdowns auf die operative Patientenversorgung in Deutschland im April 2020. *Anästh Intensivmed* 2021;62:54–62
- Robert Koch Institut: DIVI-Intensivregister: <https://www.intensivregister.de/#/index> (Zugriffsdatum: 30.07.2024)
- European Society of Intensive Care Medicine: CoBaTrICE. 2024. <https://www.esicm.org/education/cobatrice/> (Zugriffsdatum: 16.09.2024)
- Spies CD, Paul N, Adrián C, Berger E, Busse R, Kraufmann B, et al: Effectiveness of an intensive care telehealth programme to improve process quality (ERIC): a multicentre stepped wedge cluster randomised controlled trial. *Intensive Care Med* 2023;49:191–204
- SAVE-Berlin@Covid-19: Maßnahmen zur Sicherstellung der akuten, intensivmedi-
- zinischen Versorgung im Epidemiefall Covid-19 für das Land Berlin. 2021. <https://www.parlament-berlin.de/adosservice/19/Haupt/vorgang/h19-0057.A-v.pdf> (Zugriffsdatum: 16.09.2024)
- Our World in Data: Number of COVID-19 patients in ICU per million. <https://ourworldindata.org/grapher/covid-icu-patients-per-million?time=2020-03-01..2022-12-31&country=DEU~USA>. (Zugriffsdatum: 06.11.2023)
- Bauer M, Rüggeberg J, Karst J, Schuster M: Glossar perioperativer Prozesszeiten und Kennzahlen – Update zur Ambulantisierung. Eine gemeinsame Empfehlung von BDA, BDC & VOPM. *Anästh Intensivmed* 2023;64:392–412
- Bundesministerium für Gesundheit: Coronavirus SARS-CoV-2: Chronik der bisherigen Maßnahmen. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html> (Zugriffsdatum: 10.04.2024)
- Bartsch M, Dahlkamp J, Thimm K, Weber N, Weinzierl A, Winter S: German ICUs Are Struggling to Keep Up with Corona. *Der Spiegel* 2020. <https://www.spiegel.de/international/germany/the-second-wave-hits-the-hospitals-german-icu-s-are-struggling-to-keep-up-with-corona-a-c096f95a-781c-4703-889b-08b523341551> (Zugriffsdatum: 23.11.2020)
- Spies C, Francis R, Kastrup M, Kerner T, Melzer-Gartzke C, Zielke H et al: SOPs in Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, 2. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2024.

Korrespondenzadresse

**Prof. Dr.
Hans Bäumler**



Forschungsabteilung
Institut für Transfusionsmedizin
Charité-Universitätsmedizin Berlin
Charitéplatz 1
10117 Berlin, Deutschland
E-Mail: hans.baemler@charite.de
ORCID-ID: 0000-0002-2573-2289