

Aus der
Universitätsklinik für Allgemeine, Viszeral- und
Transplantationschirurgie Tübingen

**Einfluss der SARS-CoV-2-Pandemie auf die
Viszeralchirurgie in Deutschland**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Ngjelina, Jonel

2026

Dekanin: Professorin Dr. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Quante

2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Rausch

Tag der Disputation: 03.07.2026

Für meine Familie und Freunde

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	9
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	11
1. EINLEITUNG	13
1.1. WIE BEGANN DIE COVID-19-PANDEMIE?	13
1.2. SARS-CoV-2	14
1.2.1. Das Virus	14
1.2.2. Epidemiologie von COVID-19	14
1.2.3. Ursprung von SARS-CoV-2	16
1.2.4. SARS-CoV-2 Varianten	16
1.2.5. Übertragung von SARS-CoV-2	17
1.2.6. Virale Übertragungsfaktoren	21
1.2.7. Symptomatik von COVID-19	22
1.2.8. Diagnostik von COVID-19	25
1.2.9. Therapieentwicklung für COVID-19	27
1.2.10. Prävention und Impfung	30
1.3. VISZERALCHIRURGIE IN ZEITEN VON COVID-19 PANDEMIE	32
1.3.1. Überblick	32
1.3.2. Indikation und präoperative Testung vor viszeralchirurgischen Eingriffen während der COVID-19-Pandemie	35
1.3.3. Operatives Vorgehen während der COVID-19-Pandemie	36
1.3.4. SARS-CoV-2-Infektionen beim Gesundheitspersonal	40
1.4. ZIELSETZUNG	41
2. MATERIAL UND METHODEN	43
2.1. STUDIENDESIGN	43
2.1.1. Patienten-Pool und Einschlusskriterien	45
2.1.2. Ausschlusskriterien	46
2.2. PARAMETER	46
2.3. DATENSCHUTZ	46
2.4. STATISTISCHE ANALYSEN	47
3. ERGEBNISSE	48
3.1. APPENDEKTOMIEN	48
3.2. CHOLEZYSTEKTOMIEN	51
3.3. THYREOIDEKTOMIEN	55
3.4. LEISTENHERNIENCHIRURGIE	58
3.5. KOLOREKTALE CHIRURGIE	61
3.6. PANKREASCHIRURGIE	65
3.7. LEBERCHIRURGIE	68
3.8. ÖSOPHAGUSCHIRURGIE	72
3.9. MAGENCHIRURGIE	75
3.10. VISZERALCHIRURGIE GESAMT	79
4. DISKUSSION	100
4.1. SCHLUSSFOLGERUNG DER ARBEIT	120
5. ZUSAMMENFASSUNG	122

6.	LITERATURVERZEICHNIS:.....	125
7.	ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL	145
8.	DANKAUSGANG.....	146

Abkürzungsverzeichnis

ACE2	Angiotensin Converting Enzyme 2
ALT	Alanin-Aminotransferase
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
AST	Aspartat-Aminotransferase
AuNP	Gold nanoparticles
AuNP-LF	Gold nanoparticles Lateral-Flow-System
aPTT	Aktivierte partielle Thromboplastinzeit
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CMV	Cytomegalievirus
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
cDNA	Komplementäre DNA
ct-Wert	Cycle Threshold Wert
DGAV	Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie
DNA	Desoxyribonukleinsäure
dsDNA	doppelsträngige DNA
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
ESR	Erythrozytensedimentationsrate
FFP	Filtering Face Piece
HSV	Herpes simplex-Virus

ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
ICN	International Council of Nurses
JAK	Januskinase
LDH	Laktatdehydrogenase
mAK	Virusneutralisierende <i>monoklonale Antikörper</i>
MERS	Middle East Respiratory Syndrome
MNS	Mund-Nase-Schutz
NIH	National Institutes of Health
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
ORF	Open Reading Frame
PCR-Test	Polymerase-Kettenreaktion-Test
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PT	Prothrombinzeit
RE	effektive Reproduktionszahl
RKI	Robert-Koch-Institut
RNA	Ribonukleinsäure
R_0	Reproduktionszahl
RT-PCR	Reverse transcription polymerase chain reaction
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2
SD	Standardabweichung
SpO2	Periphere Sauerstoffsättigung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STIKO	Ständige Impfkommission

VOI	Variant of Interest
VOC	Variant of Concern
WHO	World Health Organization

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 OPERATIONEN UND ZUGEHÖRIGE OPS-VERSCHLÜSSELUNGEN	43
TABELLE 2 KOMPLIKATIONEN UND ZUGEHÖRIGE OPS-/ICD-10-VERSCHLÜSSELUNGEN	44
TABELLE 3 ANZAHL DER APPENDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	48
TABELLE 4 MORTALITÄT VON APPENDEKTOMIEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	49
TABELLE 5 LIEGEDAUER DER APPENDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	49
TABELLE 6 KOMPLIKATIONEN NACH APPENDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	51
TABELLE 7 ANZAHL DER CHOLEZYSTEKTOMIE VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	51
TABELLE 8 MORTALITÄT VON CHOLEZYSTEKTOMIEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	52
TABELLE 9 LIEGEDAUER BEI CHOLEZYSTEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	52
TABELLE 10 KOMPLIKATIONEN NACH CHOLEZYSTEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	54
TABELLE 11 ANZAHL DER THYREOIDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	55
TABELLE 12 DIE STERBLICHKEIT NACH THYREOIDEKTOMIEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE ...	56
TABELLE 13 LIEGEDAUER DER THYREOIDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	56
TABELLE 14 KOMPLIKATIONEN NACH THYREOIDEKTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	57
TABELLE 15 ANZAHL DER INGUINALEN HERNIOTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPE	58
TABELLE 16 DIE STERBLICHKEIT NACH INGUINALEN HERNIOTOMIEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	59
TABELLE 17 LIEGEDAUER BEI INGUINALEN HERNIOTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	59
TABELLE 18 KOMPLIKATIONEN NACH INGUINALEN HERNIOTOMIEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	60
TABELLE 19 ANZAHL DER KOLOREKTALEN OPERATIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	61
TABELLE 20 DIE STERBLICHKEIT NACH KOLOREKTALEN OPERATIONEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	62
TABELLE 21 LIEGEDAUER KOLOREKTALER OPERATIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	62
TABELLE 22 KOMPLIKATIONEN NACH KOLOREKTALEN OPERATIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	64
TABELLE 23 ANZAHL DER PANKREASRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN....	65
TABELLE 24 DIE STERBLICHKEIT NACH PANKREASRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	66
TABELLE 25 LIEGEDAUER DER PANKREASRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	66
TABELLE 26 KOMPLIKATIONEN NACH PANKREASRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	68
TABELLE 27 ANZAHL DER LEBEROPERATIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	69
TABELLE 28 DIE STERBLICHKEIT NACH LEBERRESEKTIONEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE ...	70
TABELLE 29 LIEGEDAUER DER LEBERRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	70
TABELLE 30 KOMPLIKATIONEN NACH LEBERRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	71
TABELLE 31 ANZAHL DER ÖSOPHAGUSRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN.	72
TABELLE 32 DIE STERBLICHKEIT NACH ÖSOPHAGUSRESEKTIONEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	73
TABELLE 33 LIEGEDAUER DER ÖSOPHAGUSRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	73
TABELLE 34 KOMPLIKATIONEN NACH ÖSOPHAGUSRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	75
TABELLE 35 ANZAHL DER MAGENRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	76
TABELLE 36 DIE STERBLICHKEIT NACH MAGENRESEKTIONEN IN DEN JAHREN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE..	76
TABELLE 37 LIEGEDAUER DER MAGENRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	76
TABELLE 38 KOMPLIKATIONEN NACH MAGENRESEKTIONEN VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE	78
TABELLE 39 GESAMTE OPERATIONSZAHL VOR UND WÄHREND DER PANDEMIE NACH ALTERSGRUPPEN	79

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ANZAHL ALLER IN DIESER ANALYSE ERFASSTER VISZERALCHIRURGISCHER EINGRIFFE IN DEN JAHREN 2018 – 2021 MIT UNTERTEILUNG NACH ALTERSGRUPPEN.	80
ABBILDUNG 2: ANZAHL ALLER IN DIESER ANALYSE ERFASSTEN VISZERALCHIRURGISCHEN EINGRIFFE UND MORTALITÄTSRATE PRO JAHR IN DEN JAHREN 2018–2021.	81
ABBILDUNG 3: POSTOPERATIVE STERBLICHKEIT IN PROZENT (%) NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF UND JAHR IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	81
ABBILDUNG 4: ABSOLUTE COVID-19-ASSOZIIERTE POSTOPERATIVE STERBEFÄLLE NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN PANDEMIEJAHREN 2020 UND 2021.....	83
ABBILDUNG 5: MITTLERE GESAMTE LIEGEDAUER PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	84
ABBILDUNG 6: MITTLERE LIEGEDAUER IN TAGEN AUF DER NORMALSTATION PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IM ERFASSUNGSZEITRAUM 2018 – 2021.	84
ABBILDUNG 7: MITTLERE LIEGEDAUER AUF DER INTENSIVSTATION PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	85
ABBILDUNG 8: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON LUNGENEMBOLIEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	87
ABBILDUNG 9: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON LUNGENEMBOLIEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	87
ABBILDUNG 10: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON MYOKARDINFARKTEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	88
ABBILDUNG 11: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON MYOKARDINFARKTEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	88
ABBILDUNG 12: ABSOLUTE FALLZAHLEN GASTROINTESTINALER BLUTUNGEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	89
ABBILDUNG 13: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT GASTROINTESTINALER BLUTUNGEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	89
ABBILDUNG 14: ABSOLUTE FALLZAHLEN AKUTER NIERENINSUFFIZIENZEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	91
ABBILDUNG 15: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT AKUTER NIERENINSUFFIZIENZEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	91
ABBILDUNG 16: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON ANASTOMOSENINSUFFIZIENZEN, EINSCHLIEßLICH KLAMMERNNAHTINSUFFIZIENZEN UND ZYSTIKUSTUMPFINNSUFFIZIENZEN, PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	92
ABBILDUNG 17: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON ANASTOMOSENINSUFFIZIENZEN, EINSCHLIEßLICH KLAMMERNNAHTINSUFFIZIENZEN UND ZYSTIKUSTUMPFINNSUFFIZIENZEN, PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	92
ABBILDUNG 18: ABSOLUTE ZAHL AN PERITONITISFÄLLEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.....	94
ABBILDUNG 19: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON PERITONITIDEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018–2021.	94
ABBILDUNG 20: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON SEPSISFÄLLEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018–2021.....	95
ABBILDUNG 21: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON SEPSIS PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.....	96
ABBILDUNG 22: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON ARDS-FÄLLEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	97

ABBILDUNG 23: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON ARDS PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021	97
ABBILDUNG 24: ABSOLUTE FALLZAHLEN VON PNEUMONIEFÄLLEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	98
ABBILDUNG 25: PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON PNEUMONIEN PRO JAHR NACH VISZERALCHIRURGISCHEM EINGRIFF IN DEN JAHREN 2018 – 2021.	99

1. Einleitung

1.1. Wie begann die COVID-19-Pandemie?

Im Dezember 2019 wurden in Wuhan, China, erstmals mehrere Pneumonien unklarer Genese und mit bislang unbekanntem Krankheitsverlauf mit hoher Mortalität beobachtet. Diese Patientinnen und Patienten lebten hauptsächlich im Bereich des Huanan Seafood Market, sodass der Seafood Market in Wuhan aktuell als Ursprung des neuen Severe Adult Respiratory Syndrom Corona Virus 2 (SARS-CoV-2) angesehen wird [1].

Die Symptome bei diesen Patientinnen und Patienten waren hauptsächlich Fieber, Atemnot, Husten und Abgeschlagenheit. Weitere, eher seltene und unspezifische Begleitsymptome waren Kopfschmerzen, Gliederschmerzen, gastrointestinale Beschwerden wie Erbrechen und Durchfall, Geschmacksstörungen sowie Hyposmie oder Anosmie. Typisch und gefährlich für diese neue Erkrankung war die rasche Verschlechterung der respiratorischen Situation, die zu einem akuten Atemnotsyndrom mit Atemversagen führte, eine stationäre und intensivmedizinische Behandlung erforderte, im Verlauf mit schweren Komplikationen wie Herzkreislauf-, Leber-, Nieren-, Gerinnungsstörungen, Sepsis und einer damit verbundenen hohen Mortalität einherging [2].

Zunächst waren die chinesischen Behörden auf der Suche nach dem ursächlichen Erreger. Am 7. Januar 2020 hat das chinesische Center for Disease Control and Prevention (CDC) ein neues Coronavirus als Erreger identifiziert. Im Anschluss hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Entdeckung des neuen Coronavirus SARS-COV-2 mit einer Reihe von Empfehlungen zur Erkennung, Diagnose, Therapie sowie zur Prävention und Isolierung der Infektion bekanntgegeben [2][3].

In diesem Zeitraum wurde auch die Genomstruktur von SARS-CoV-2 bestimmt. SARS-CoV-2 gehört zur Familie der Coronaviridae, Gattung β -Coronaviridae, und weist eine genomische Ähnlichkeit von ca. 80% mit den Coronavirussequenzen des schweren akuten Atemwegssyndroms (SARS-CoV) und des Middle East Respiratory Syndroms (MERS) auf. Aufgrund dieser Ähnlichkeiten wurde das Vi-

rus von der Coronavirus Study Group des International Committee on Taxonomy of Viruses als SARS-CoV-2 bezeichnet [4][5].

1.2. SARS-CoV-2

1.2.1. Das Virus

SARS-CoV-2 ist ein RNA-Virus (Ribonukleinsäure-Virus) mit einem Durchmesser von 60 bis 140 nm und einem Genom von 29.891 Nukleotiden. Dieses Genom kodiert vier Strukturproteine und 16 Nichtstrukturproteine. Zu den strukturellen Bestandteilen zählen das Spike-Protein, das Nukleokapsid-Protein, das Membranprotein und das Hüllprotein [6][7].

Der Rezeptor des SARS-CoV-2-Virus ist das Angiotensin Converting Enzyme 2 (ACE 2). ACE 2 kommt im respiratorischen Epithel, in Monozyten, Alveolarmakrophagen sowie in Leber-, Nieren-, Herz- und im Gastrointestinaltrakt vor. Als alternative Rezeptoren für SARS-CoV-2 wurden auch CD147 und CD209L beschrieben, jedoch mit geringerer Affinität [8].

Die Interaktion des viralen Spike-Proteins mit ACE2 stellt den entscheidenden Schritt für den Eintritt des Virus in die Wirtszelle dar. Die Bindung von SARS-CoV-2 an ACE 2 erfolgt über das S-Protein und stellt den Eintritt des Virus dar. Nach der Fusion der Virushülle mit der Zellmembran wird die virale RNA in das Zytoplasma freigesetzt. Nach der Transkription wird die SARS-CoV-2-RNA in einem Minus-Strang-Molekül repliziert und dann zu 6 - 9 subgenomischen mRNAs generiert, die zur Translation von Strukturproteinen der nachfolgenden ORFs (Open Reading Frame) führen [9][10][11].

1.2.2. Epidemiologie von COVID-19

Die Familie der Coronaviren besteht aus mehreren Vertretern, die für Menschen und Tiere infektiös sind. Tiere stellen Reservoir für Coronaviren dar, die diese auf den Menschen übertragen können. Bekannte Ausbrüche von Coronaviren waren die SARS-Epidemie im Jahr 2002 und die MERS-Epidemie von 2012 [12][13].

Im Vergleich zu SARS-CoV und MERS war der Schweregrad der durch SARS-CoV-2 verursachten Erkrankung geringer, mit einer jedoch deutlich höheren Infektiosität. Diese erhöhte Infektiosität ist unter anderem auf die virale Replikation im oberen Respirationstrakt, die hohe Affinität zum ACE-2-Rezeptor sowie die relativ lange Inkubationszeit zurückzuführen. Die Infektiosität von SARS-CoV-2 ist vergleichbar mit der von Influenza [14][15].

Nach dem Ausbruch von SARS-CoV-2 in China im Dezember 2019 ist die Zahl der COVID-19-Fälle rapide angestiegen. Die Infektion breitete sich vom Huanan Seafood Market in Wuhan aus, wobei der genaue Weg der ersten Übertragung noch nicht abschließend geklärt ist. Bis Februar 2020 stieg die Zahl der Infizierten in China und weltweit schnell an, während Anfang März 2020 die Zahlen aufgrund neuer Erkenntnisse zur Diagnose, Behandlung und gleichzeitigen Isolierung der neu diagnostizierten Fälle in China etwas zurückgingen [16][17].

Der erste offiziell gemeldete Fall außerhalb Chinas wurde am 13. Januar 2020 in Thailand registriert. Weltweit waren die ersten gemeldeten Fälle Reisende, die sich in China infiziert hatten, und die Krankheit auf andere Länder oder Regionen ausbreiteten als sie in ihre Heimatländer zurückkehrten. Die ersten Fälle von COVID-19 außerhalb Chinas wurden aus Thailand, den USA, der Republik Korea, Taiwan, Japan, Hongkong, Singapur, Vietnam, Malaysia, Australien, Kanada, Frankreich und Italien gemeldet [18][19]. In Deutschland wurde am 28. Januar 2020 ein erster Fall von SARS-CoV-2 im Labor bestätigt [20][21].

Am 11. März 2020 wurde COVID-19 von der WHO als Pandemie eingestuft. Bis zum 15. März 2020 waren bereits 153.517 durch Labordiagnostik bestätigte COVID-19- Fälle und 5.735 Todesfälle gemeldet [22].

Dieser rapide Anstieg der Inzidenz und der Sterblichkeit hat zu Veränderungen im Lebensstil und zu Präventionsmaßnahmen geführt. Der zwischenmenschliche Kontakt wurde eingeschränkt und die Arbeitsformen änderten sich. Wichtige Änderungen gab es auch in Krankenhäusern, wie das Personal mit den SARS-CoV-2 infizierten Personen umgehen sollte oder mit den übrigen, nicht von COVID-19 betroffenen Patienten mit oder ohne Kontakt zu SARS-CoV-2 infizierten Perso-

nen. Dies stellte eine neue Herausforderung dar, die auch Auswirkungen auf die Behandlung von Patientinnen und Patienten insgesamt hatte [23].

1.2.3. Ursprung von SARS-CoV-2

Der Ursprung von SARS-CoV-2 ist bislang nicht eindeutig geklärt. Es wurde jedoch bei Tieren wie Fledermäusen, Schlangen und Larvenroller auf dem Huanan Seafood Market in Wuhan nachgewiesen, was darauf hindeutet, dass diese Tiere ein mögliches tierisches Reservoir darstellten und durch diese eine Übertragung auf den Menschen erfolgt sein könnte [23][24].

Mehrere der ersten COVID-19-Patientinnen bzw. Patienten berichteten über einen direkten Bezug zum Huanan Seafood Market, was eine zoonotische Entstehung nahelegt. Nach der initialen Übertragung vom Tier auf den Menschen wird eine anschließende Mensch-zu-Mensch-Übertragung angenommen. In einer frühzeitigen Analyse der Übertragungsdynamik unter den ersten 425 bestätigten Fällen wurde festgestellt, dass etwa 55 % der Betroffenen vor dem 1. Januar 2020 eine Verbindung zum Seafood Market hatten, während dieser Anteil nach diesem Zeitpunkt auf 8,6 % sank [25][26][27]. Dies deutet darauf hin, dass die primäre Übertragung in der Frühphase über engen menschlichen Kontakt stattfand und sich das Virus bereits ab Mitte Dezember 2019 von Mensch zu Mensch verbreitete.

Ein zoonotischer Ursprung konnte bisher allerdings nicht bewiesen werden. Einige Studien weisen darauf hin, dass SARS-CoV-2 ein rekombinantes Virus zwischen dem Fledermaus-Coronavirus und einem Coronavirus unbekannter Herkunft ist, von dem man annimmt, dass es von Schuppentieren und Nerzen stammt. Bis heute gibt es mehrere Spekulationen über den Ursprung, aber keine wissenschaftlich eindeutigen Belege dafür [28][29].

1.2.4. SARS-CoV-2 Varianten

Während der COVID-19 Pandemie wurden mehrere Varianten von SARS-CoV-2 isoliert. Diese wurden von der World Health Organisation (WHO) und dem Center for Disease Control and Prevention (CDC) der Vereinigten Staaten von Amerika

in 2 Gruppen eingeteilt: in besorgniserregende Varianten (Variants of Concern, VOC) und Varianten unter Beobachtung (Variant of Interest, VOI) [30]. Diese Einteilung erfolgte anhand der Eigenschaften Virulenz, Übertragbarkeit, klinische Präsentation und Auswirkungen auf die Therapie oder Immunantwort.

Als VOI klassifizierte die WHO SARS-CoV-2 mit folgenden Eigenschaften: (1) eine Veränderung des Phänotyps oder Mutationen, die den Phänotyp wahrscheinlich oder sicher beeinflussen, (2) Fallcluster oder Fälle in verschiedenen Ländern im Rahmen einer Gemeinschaftsübertragung oder (3) von der WHO als VOI klassifiziert [31].

VOC sind Virusvarianten mit veränderten Erregereigenschaften, mit erhöhter Übertragbarkeit, mit klinisch erhöhter Virulenz oder die die Resistenz gegen diagnostische Nachweismethoden, Impfstoffe sowie therapeutische Maßnahmen negativ beeinflussen [32].

Die WHO hat offiziell fünf Varianten von SARS-CoV-2 als VOC aufgenommen: B.1.1.7, B.1.351, P.1, B.1.617.2 und B.1.529 [30][31]. Diese werden zur Vereinfachung nach der Reihenfolge ihrer Entdeckung mit den griechischen Buchstaben Alpha, Beta, Gamma, Delta und Omikron bezeichnet [30].

1.2.5. Übertragung von SARS-CoV-2

Die Übertragung von SARS-CoV-2 erfolgt hauptsächlich über die Atemwege. Raumbelüftung und Nähe zwischen Menschen spielen dabei eine wichtige Rolle [33]. Besonders relevant sind dabei enge zwischenmenschliche Kontakte sowie unzureichend belüftete Innenräume. Die Infektion erfolgt durch virushaltige Partikel (Tröpfchen oder Aerosole), die beim Atmen, Sprechen, Husten oder Niesen aus Mund und Nase freigesetzt werden und über die Schleimhäute von Nase, Mund oder Augen aufgenommen werden können und den Menschen infizieren [33][34][35].

Die Übertragung über die Luft durch aerosolerzeugende Verfahren steht im Zusammenhang mit der Verbreitung von COVID-19 [36]. Neben der klassischen Tröpfchenübertragung wird unter bestimmten Bedingungen auch eine Übertragung über Aerosole diskutiert. Insbesondere in geschlossenen Räumen mit ho-

her Personendichte und schlechter Belüftung, wie beispielsweise bei Veranstaltungen, sportlichen Aktivitäten oder in gastronomischen Einrichtungen, wurden Ausbruchsgeschehen beschrieben, die auf diesen Übertragungsweg hindeuten [37][38][39]. Die Übertragungswahrscheinlichkeit ist in geschlossenen Räumen deutlich höher als im Freien. In einem wöchentlichen Bericht aus Irland wurde die Übertragungsrate im Freien mit unter 1 % angegeben [40][41].

Eine Übertragung auf unbelebten Oberflächen (Fomiten) wurde ebenfalls vermutet, aber es gab keine sicheren Beweise dafür. In einigen Studien wurde SARS-CoV-2 auf Fomiten nachgewiesen, die Infektiosität blieb jedoch unklar [43][44][45]. Eine fäkal-orale Übertragung scheint ebenfalls möglich, für diese Hypothese gibt es aber keine sicheren Belege [45]. Ebenso wurde trotz des Nachweises von Virusbestandteilen in verschiedenen Körperflüssigkeiten bislang keine gesicherte Übertragung über Blut oder sexuelle Kontakte beschrieben [46][47][48][49]. Perinatale Übertragungen sind selten dokumentiert, obwohl ein Nachweis von Viren in der Muttermilch möglich war. In den wenigen beschriebenen Fällen einer Transmission von der infizierten Mutter auf den Säugling traten allerdings nur milde Krankheitsverläufe auf [34][50].

Bei Organspendern ist das Übertragungsrisiko bei Patientinnen und Patienten, die keine Lungentransplantation erhalten haben, gering, aber die Datenlage ist ebenfalls eingeschränkt [51].

Bei stationären Patientinnen und Patienten wurden in einer retrospektiven Studie nosokomiale Übertragungen bei 44% berichtet. Diese Studie wurde allerdings noch in der Anfangsphase des Ausbruchs in Wuhan durchgeführt, bevor Maßnahmen zur Infektionsprävention ergriffen wurden [52]. Andere Studien, die sich mit medizinischem Personal befassten, zeigten, dass die nosokomiale Übertragung bei Kontakt- und Tropfschutzmaßnahmen gering ausfiel [53][54].

1.2.5.1. Übertragungsdynamik im Zusammenhang mit Symptomen

Die Übertragung von SARS-CoV-2 ist am wahrscheinlichsten, wenn die Exposition der Kontaktperson kurz vor oder unmittelbar nach dem Auftreten der Symp-

tome erfolgte. In einer Studie war das Infektionsrisiko am höchsten, wenn die Exposition zwischen dem zweiten und dritten Tag nach Auftreten der Symptome erfolgte [34][55][56]. Eine retrospektive Kohortenstudie zur sekundären Übertragung von SARS-CoV-2 in China zeigte, dass die klinische Ausprägung der Infektion bei Kontaktpersonen von der Symptomatik der infizierten Person abhängt [57]. Wurde die Infektion von einer asymptomatischen Person übertragen, blieb sie bei den Kontaktpersonen ebenfalls asymptomatisch. Bei Übertragung von symptomatischen Personen entwickelten die sekundär Infizierten hingegen entweder milde oder schwere Krankheitsverläufe. Mehrere Studien bestätigten einen Zusammenhang zwischen der Schwere der Erkrankung bei der übertragenden Person und der klinischen Präsentation der sekundär Infizierten [34][53][54].

In einer retrospektive Kohortenstudie mit 94 Patientinnen und Patienten von Xi He et al. betrug die mittlere Dauer der Infektiosität bei milden Symptomen in einer Gemeinschaftsumgebung etwa fünf Tage. Die Symptome traten im Median drei Tage vor dem Höchstwert der viralen RNA im nasopharyngealen Abstrich auf [55]. Weniger als 25% der Fälle konnten Viren vor dem Auftreten von Symptomen verbreiten, etwa 66 % waren fünf Tage nach dem Auftreten von Symptomen noch infektiös und 25 – 33 % waren nach sieben Tagen noch infektiös [54][56].

Die Übertragung selbst hängt insgesamt von der spezifischen Art der Exposition, den Wirts- und Kontaktfaktoren und der Umgebung bzw. Umwelt ab. Zu den Faktoren, die eine erhöhte Übertragung begünstigen, gehören Innenräume mit schlechter Belüftung, Zusammentreffen mehrerer Personen, eine kalte Umgebungstemperatur und niedrige Luftfeuchtigkeit. Zu den Wirtsfaktoren, die eine Übertragung begünstigen, gehören schwere Erkrankung, hohe Viruslast, hohes Alter, Immundefizienz und Komorbiditäten. Weitere Faktoren, die die Übertragung begünstigen, sind Verhalten und Hygiene, wie Husten, Schreien, Niesen, Küssen oder die Nichtverwendung von Masken sowie die Nichtbeachtung von Hygienemaßnahmen [57][58][59][60].

1.2.5.2. Symptomatische Übertragung

Die Übertragung durch symptomatisch infizierte Personen stellt einen wesentlichen Mechanismus der Weiterverbreitung von SARS-CoV-2 dar. Die Übertragung erfolgt vor allem im Rahmen enger zwischenmenschlicher Kontakte durch Tröpfchen oder Aerosole einer symptomatisch infizierten Person. Die Infektiosität hängt jedoch von der Virusmenge, der Art des Kontakts, der Umgebung und den ergriffenen Maßnahmen ab [34][58][60][61].

1.2.5.3. Präsymptomatische Übertragung

Eine Übertragung des Virus kann auch während der Inkubationszeit vor dem Auftreten klinischer Symptome erfolgen. Es gibt klinische Hinweise auf eine Übertragung durch präsymptomatisch infizierte Personen, aber die Häufigkeit ist bisher nicht eindeutig oder unterschiedlich bewertet [33][59][62][63][64]. Systematische Übersichtsarbeiten legen nahe, dass ca. 7 % der SARS-CoV-2 Infektionen von präsymptomatisch infizierten Personen auf ihre Kontaktpersonen übertragen wurden [65][66].

1.2.5.4. Asymptomatische Übertragung

Es wurden auch SARS-CoV-2-positive Fälle bei asymptomatischen Personen (durch Labordiagnostik bestätigte Infektion) diagnostiziert. In einer retrospektiven Studie mit nahezu 10 Millionen Personen wurden 300 asymptomatisch positive Fälle festgestellt. Die Ansteckungsgefahr war sehr gering, und es gab keine Hinweise auf eine Weiterverbreitung des Virus durch diese Personen [67][68]. Nach den Ergebnissen einer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse von Byambasuren et al. tragen asymptomatische Infektionen vermutlich nur in geringem Ausmaß zur Übertragung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung bei [69].

Jedoch lässt sich vermuten, dass Personen im Gesundheitswesen potenziell zu asymptomatischen Übertragungen von SARS-CoV-2 beigetragen haben. Eine Querschnittsstudie von Platten et al. mit 1.363 Krankenhausangestellten ergab, dass 3,9 % des Personals positiv auf SARS-CoV-2 getestet wurde. Von den positiv getesteten Mitarbeitern berichteten 10,1 % über keine COVID-19-typischen

Symptome [70][71][72]. Eine Metaanalyse ergab, dass der Anteil asymptomatischer Fälle zwischen 14 % und 50 % lag [66].

1.2.6. Virale Übertragungsfaktoren

1.2.6.1. Inkubationszeit

Die Inkubationszeit von SARS-CoV-2 wurde mit 1 bis 14 Tage mit einem Median von 5 bis 7 Tagen angegeben [73][74][75]. Neuere Untersuchungen zeigen, dass sich dieser Zeitraum im Verlauf der Pandemie verändert hat. Insbesondere bei später aufgetretenen Virusvarianten wurde eine verkürzte Inkubationszeit beobachtet. Während für den ursprünglichen Wildtyp noch eine Inkubationszeit von rund 5,2 Tagen angegeben wurde, nahm dieser Wert bei den nachfolgenden Varianten schrittweise ab und lag bei der Omicron-Variante bei etwa 3,4 Tagen. Die zusammengefasste durchschnittliche Inkubationszeit betrug 6,57 Tage (Spanne von 1,8 bis 18,87 Tagen). Bei älteren Erwachsenen (7,43 Tage) und bei Kindern (8,82 Tage) war die Inkubationszeit tendenziell länger [69][76][77].

1.2.6.2. Reproduktionszahl (R_0)

Die Basisreproduktionszahl R_0 gibt an, wie viele Personen sich im Durchschnitt durch eine infizierte Person anstecken können [33]. Diese Kennziffer wird vor der Anwendung von Schutzmaßnahmen bestimmt, also unter der Annahme, dass keinerlei präventive Maßnahmen wie Impfungen, Isolation oder andere Interventionen greifen. Die verschiedenen SARS-CoV-2-Varianten hatten unterschiedliche R_0 -Werte, wobei in einer Analyse der ersten SARS-CoV-2-Variante "Wildtyp" der Mittelwert zwischen 2,8 und 3,8 lag [33][75].

Wichtig ist auch die effektive Reproduktionszahl (R_E), welche angibt, wie viele Personen eine infizierte Person unter Berücksichtigung von Infektionsschutzmaßnahmen wie Isolierung von Infizierten, Mundschutz, Abstand halten oder Immunisierung durchschnittlich anstecken können. In einer Studie war z. B. die effektive Reproduktionszahl R_E der Omikron-Variante 3,2-mal höher als die R_E der Delta-Variante [78][79].

1.2.6.3. *Viruslast*

Einer der wichtigsten Übertragungsfaktoren ist die Viruslast. Eine höhere Viruslast im Trachealsekret geht mit einer erhöhten Rate an Sekundärinfektionen sowie einem höheren Risiko für die Entwicklung einer symptomatischen Erkrankung einher [33][80]. Zu Beginn der Erkrankung erreicht die Viruslast in den oberen Atemwegen typischerweise in der ersten Woche ihren Höhepunkt, bevor sie in den unteren Atemwegen ansteigt [33][81]. Normalerweise sinkt die Viruslast nach Abklingen der Symptome ab. Patientinnen und Patienten mit schwerem Krankheitsverlauf weisen im Vergleich zu mild erkrankten Personen eine höhere Viruslast auf, während das Virus bei asymptomatischen Infizierten in der Regel schneller eliminiert wird [33][82].

1.2.6.4. *Virusausscheidung*

Die Virusausscheidung von SARS-CoV-2 variiert ebenfalls in Abhängigkeit von der Lokalisation des Virus und der Virusvarianten. Die durchschnittliche Dauer der Virusausscheidung in den oberen Atemwegen beträgt 17 Tage (maximal 83 Tage), in den unteren Atemwegen 14,6 Tage (maximal 59 Tage) und im Stuhl 17,2 Tage (maximal 126 Tage) [82].

Die Dauer der Virusausscheidung variiert auch in Abhängigkeit von der Patientengruppe, wobei symptomatische Patientinnen und Patienten das Virus in der Regel länger ausscheiden als asymptomatische, Kinder eine längere Ausscheidungsdauer aufweisen als Erwachsene und bei schwer erkrankten Personen eine verlängerte Virusausscheidung im Vergleich zu mild oder asymptomatisch verlaufenden Infektionen beobachtet wird [61][83][84][85].

1.2.7. *Symptomatik von COVID-19*

COVID-19 zeigt ein breites Spektrum klinischer Manifestationen, von asymptomatischen Infektionen über milde respiratorische Beschwerden bis hin zu schweren Krankheitsverläufen mit möglichem tödlichen Ausgang. Dies variiert auch zwischen den Virus-Varianten. Zu den häufigsten Symptomen nach Ablauf der Inkubationszeit zählen Fieber, Husten, Myalgien, Fatigue sowie Kopfschmerzen,

Rhinitis, Diarrhö und Hämoptoe. Bei schwereren Verläufen kann es zudem zur Entwicklung einer Pneumonie mit progredienter Dyspnoe kommen [86][87].

Patientinnen und Patienten mit mildem Krankheitsverlauf zeigen in der Regel innerhalb von etwa einer Woche eine vollständige Genesung [88].

Schwere Verläufe können durch akutes respiratorisches Versagen mit der Notwendigkeit einer mechanischen Beatmung, septischen Schock und multiples Organversagen bis hin zum Tod gekennzeichnet sein. Die am meisten gefährdeten Patientinnen und Patienten sind diejenigen mittleren und höheren Alters mit Komorbiditäten wie malignen Tumoren, Leberzirrhose, arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, koronare Herzkrankheit und M. Parkinson [89][90][102].

In einer Metaanalyse, welche 212 Studien aus 11 Ländern mit 281.461 Personen umfasste, wurde der Verlauf von COVID-19 bei 23 % als schwer und die Mortalität insgesamt mit 6 % angegeben [91].

Um die unterschiedlichen klinischen Erscheinungsbilder von COVID-19 anhand von Symptomen, Verlauf, Komplikationen sowie Labor- oder Röntgenveränderungen einzuteilen, wurde vom NIH (National Institutes of Health) eine Klassifizierung mit 5 Verlaufsformen vorgeschlagen:

- Asymptomatische oder präsymptomatische Infektion: laborbestätigte Personen mit SARS-CoV-2 ohne Symptome.
- Leichte Erkrankung: Personen mit typischen Symptomen wie Husten, Halsschmerzen, Anosmie, Gliederschmerzen, Fieber oder Fatigue ohne Atemnot und ohne pathologische Befunde im Röntgen Thorax.
- Moderate Erkrankung: infizierte Personen mit typischen Symptomen und klinischen oder radiologischen Anzeichen einer Erkrankung der unteren Atemwege und einer Sauerstoffsättigung (SpO_2) ≥ 94 % bei Raumluft.
- Schwere Erkrankung: infizierte Personen mit einer SpO_2 von weniger als 94 % bei Raumluft, einem Verhältnis zwischen dem Partialdruck des arteriellen Sauerstoffs und der Fraktion des eingeatmeten Sauerstoffs (PaO_2/FiO_2) von weniger als 300, ausgeprägter Tachypnoe mit einer Atemfrequenz von mehr als 30 Atemzügen/Minute oder Lungeninfiltraten im

Röntgen Thorax, die mehr als 50 % des gesamten Lungenvolumens betragen.

- Kritische Erkrankung: infizierte Personen mit akuter respiratorischer Insuffizienz und septischem Schock sowie Multiorganversagen. Dies kann zu einem schweren kritischen Verlauf mit Entwicklung eines Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) führen [30][92].

SARS-CoV-2 befällt in der Regel den Respirationstrakt, es sind aber auch Fälle von Manifestationen außerhalb der Lunge beschrieben worden.

Bei Patientinnen und Patienten mit COVID-19 treten vermehrt Nierenfunktionsverschlechterungen auf [93][94]. In einer retrospektiven Studie mit 5.449 hospitalisierten COVID-19-Patientinnen und -Patienten wurde bei 36,6 % eine akute Nierenschädigung festgestellt [95]. Innerhalb dieser Gruppe benötigten 14,3 % eine Nierenersatztherapie. Die Studie differenzierte jedoch nicht explizit zwischen vorübergehender und dauerhafter Dialysepflichtigkeit [95].

Auch kardiale Erkrankungen wie Myokarditiden und Myokardischämien standen im Zusammenhang mit COVID-19 [96]. In einer Metaanalyse von 60 Studien mit insgesamt etwa 9.509 COVID-19-Patientinnen und -Patienten wurde eine hohe Prävalenz kardiovaskulärer Vorerkrankungen festgestellt. Diese waren signifikant mit einer erhöhten Mortalität sowie einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine Aufnahme auf die Intensivstation assoziiert [97].

Vermehrte venöse Thrombembolien und Veränderungen der Blutgerinnung (erhöhte D-Dimer- und Fibrinogenwerte, verlängerte Prothrombinzeit sowie partielle Thromboplastinzeit) wurden bei COVID-19-Patientinnen und -Patienten beobachtet [98][99][100].

Übelkeit, Diarrhoe, abdominelle Schmerzen, Appetitlosigkeit bis hin zu Mesenterialarterienischämien und Thrombosen im Pfortadersystem wurden als Manifestationen von COVID-19 im Gastrointestinaltrakt beschrieben [30][101][102]. Eine akute Erhöhung der Aspartat-Transaminase (AST) und der Alanin-Transaminase (ALT) wird bei 14% bis 53% der Patientinnen und Patienten mit COVID-19-Infektion beobachtet [102].

Hautmanifestationen von COVID-19 mit akralen Läsionen, erythematösem makulopapulösen Ausschlag, vesikulärem und urtikariellen Ausschlag, vaskulärem Ausschlag und Erythema multiforme wurden ebenfalls häufig beschrieben [30][103].

Das Blutbild von COVID-19-Patientinnen und -Patienten zeigte häufig eine Lymphopenie, Thrombozytopenie, Leukopenie, erhöhtes C-reaktives Protein (CRP) und Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG), Laktatdehydrogenase (LDH) und Leukozytose wurden ebenfalls bei COVID-19-Patientinnen und -Patienten beobachtet [30][104].

Eine weitere Manifestation von SARS-CoV-2 stellt das postvirale Syndrom in Form des Long-COVID-Syndroms dar. Darunter versteht man Symptome, die nach der akuten Infektion neu auftreten oder persistieren und über mindestens 4 Wochen bis Monate anhalten [105][106]. Diese Beschwerden können fluktuieren, chronifizieren und führen häufig zu einer erheblichen Einschränkung der Lebensqualität sowie Arbeitsfähigkeit. Typische Symptome betreffen das neurologische und systemische Spektrum, darunter Fatigue, kognitive Beeinträchtigungen (Konzentrations-, Wortfindungs- und Gedächtnisstörungen), Schlafstörungen, Schmerzsyndrome (Kopf-, Muskel- und Gelenkschmerzen), autonome Dysfunktionen (z. B. Palpitationen, Schwindel, Tachykardie), sensorische Störungen (Kribbeln, Brennen) sowie Atemnot und Beeinträchtigung des Geruchs- und Geschmackssinns [106][107].

1.2.8. Diagnostik von COVID-19

Seit dem ersten Auftreten von SARS-CoV-2 im Dezember 2019 wurden mehrere Tests für die Diagnostik von COVID-19 entwickelt. Der im Handel erhältliche COVID-19-Test basiert hauptsächlich auf der Methode der reversen Transkriptase Polymerasekettenreaktion (RT-PCR) zum Nachweis viraler RNA aus einer klinischen Probe [108][109]. Allerdings existieren auch andere sensitive Test für die Diagnose von COVID-19 wie z.B. isothermische Nukleinsäure-Amplifikations-tests, serologische und immunologische Tests zum Nachweis von Anti-SARS-CoV-2-Antikörper, Hybridisierungs-Microarray-Tests und die Computertomogra-

phie des Thorax. Eine Herausforderung während der Pandemie bestand darin, asymptomatische Fälle zu identifizieren und eine weitere Ausbreitung der Pandemie zu verhindern [110][111].

1.2.8.1. PCR-Test

Aktuell ist die RT-PCR aus nasooropharyngealen Abstrichen der Goldstandard für den Nachweis von SARS-CoV-2 [112]. Der PCR-Test beginnt mit der Gewinnung der RNA aus einer klinischen Probe. Diese RNA wird anschließend mithilfe eines Enzyms (reverse Transkriptase) in komplementäre DNA (cDNA) umgewandelt. In einem weiteren Schritt wird die cDNA durch eine Polymerase-Kettenreaktion (PCR) vervielfältigt, bis genügend genetisches Material vorhanden ist, um den Virusnachweis über ein Fluoreszenz- oder elektrisches Signal sichtbar zu machen [113][114].

1.2.8.2. Serologischer Test

Serologische Tests, bei denen Blutserum oder andere Körperflüssigkeiten auf spezifische Biomarker wie Antikörper untersucht werden, dienen in der Regel der Überwachung des Krankheitsverlaufs und der Beurteilung der Immunantwort [115]. Verschiedene serologische Tests wie der Enzyme-linked Immunosorbentassay (ELISA) wurden verwendet, um Personen zu identifizieren, die Antikörper gegen das SARS-CoV-2-Virus entwickelt haben [116][117]. Es wurden zwei Arten von ELISA-Immunoassays entwickelt: zum Nachweis von COVID-19-Antigenen oder von Antikörpern gegen Virusantigene. Diese Tests sind ähnlich und unterscheiden sich in der Beschichtung der Mikrotiterplatte. Ist die Platte mit Antigenen beschichtet, werden Antikörper gegen das Virus nachgewiesen. Umgekehrt ermöglicht die Beschichtung mit antiviralen Antikörpern den Nachweis viraler Antigene [117].

1.2.8.3. Computertomographie

Die Computertomographie (CT) wurde in vielen Ländern als Frühdiagnoseinstrument für COVID-19 eingesetzt, vor allem weil es initial keinen anderen diagnos-

tischen Tests gab [118]. Bilaterale, periphere milchglasartige Opazitäten sind dabei charakteristisches Merkmal von COVID-19, während im späteren Krankheitsverlauf unregelmäßig geformte Konsolidierungen auftreten können [118][119]. Ähnliche Muster lassen sich auch bei den meisten anderen viralen oder atypischen Pneumonien beobachten, die beispielsweise durch Influenza, Cytomegalievirus (CMV), Herpes-simplex-Virus (HSV) oder Pneumocystis jirovecii (PJP) hervorgerufen werden. Besonders bei immungeschwächten Patientinnen und Patienten sollten diese Erreger als mögliche Differenzialdiagnosen berücksichtigt und gezielte diagnostische Tests durchgeführt werden, um diese als Ursache auszuschließen [119].

1.2.9. Therapieentwicklung für COVID-19

In der Pathogenese von COVID-19 stellen zwei Prozesse mögliche Ansatzpunkte für die Therapie dar: 1. Die Virusreplikation in der Frühphase der Erkrankung und 2. Die resultierende gestörte Immunabwehr und Entzündungsreaktion auf SARS-CoV-2, die zu systemischen Gewebeschädigungen in der Spätphase der Erkrankung führen [89][92]. Daher empfehlen die Richtlinien die therapeutische Gabe von antiviralen Medikamenten zur Hemmung der Virusreplikation in der Frühphase der Erkrankung und von Immunmodulatoren in der Spätphase der Erkrankung [30][120].

Nach der aktuellen deutschen S3-Leitlinie sollen Patientinnen und Patienten mit einem Risiko für einen schweren Verlauf in der Regel unmittelbar nach Symptombeginn eine antivirale Therapie erhalten [120]. Die antivirale Therapie sollte individuell entschieden werden, wobei Verfügbarkeit, Kontraindikationen, Hospitalisierungsstatus und das persönliche Risiko des Patienten berücksichtigt werden müssen. Bei Patientinnen und Patienten mit COVID-19-Pneumonie und geringem Sauerstoffbedarf sowie bei solchen mit schwerem Krankheitsverlauf wird zusätzlich der Einsatz von Immunmodulatoren empfohlen [120]. Für Patientinnen und Patienten mit mildem Verlauf ohne Risikofaktoren empfiehlt sich eine Behandlung mit COVID-19 in Kombination mit symptomlindernden Medikamenten, Schonung und Bettruhe [121].

- Antivirale Therapien

Als antivirale Wirkstoffe gegen COVID-19 wurden hauptsächlich virale Polymeraseinhibitoren, virale Proteaseinhibitoren, Inhibitoren der viralen nukleosidischen und nukleotidischen reversen Transkriptase, Entry- und Uncoating-Inhibitoren sowie andere antivirale Wirkstoffe angewendet. In der aktuellen S3-Leitlinie sind Nirmatrelvir/Ritonavir und Remdesivir empfohlen [120].

- Proteaseinhibitoren

Die Protease ist eines der wichtigsten viralen Enzyme bei der Verarbeitung der SARS-CoV-2-Polyproteine. Nirmatrelvir ist ein Inhibitor der 3-CL („chymotrypsin-like cysteine“-)Protease und hemmt dadurch die Replikation von SARS-CoV-2. Der Wirkstoff Ritonavir, der vor allem aus der Therapie von HIV bekannt ist, hemmt den CYP3A-vermittelten Abbau von Nirmatrelvir. Durch höhere Plasmaspiegel soll die Wirksamkeit von Nirmatrelvir verbessert werden. Nirmatrelvir/Ritonavir sollte bei Personen mit hohem Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf innerhalb der ersten 5 Tage eingesetzt werden [120][122].

- Polymeraseinhibitoren

Remdesivir ist ein virales Nukleosidanalogen und sein aktiver Metabolit ist in der Lage, die Aktivität der viralen RNA-Polymerase zu hemmen, die ein Hauptenzym für die Replikation verschiedener Viren wie Coronaviridae ist. Remdesivir zeigt antivirale Aktivität gegenüber SARS-CoV-2 und wurde für die Behandlung von COVID-19 zugelassen [123][124]. Remdesivir sollte bei Patientinnen und Patienten mit hohem Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf innerhalb von 7 Tagen nach dem Symptombeginn eingesetzt werden und kann bei Patienten mit COVID-19-Pneumonie und Sauerstofftherapie mit niedrigem Durchfluss eingesetzt werden [120].

- Immunmodulatorische Therapie

In der Spätphase einer schwer verlaufenden COVID-19-Erkrankung kommt es zu einer überschießenden Immunreaktion, so dass hier immunmodulatorische Medikamente zum Einsatz kommen können [120]. Als Immunmodulatoren bei COVID-19 werden Steroide, neutralisierende Antikörper und Januskinase-Inhibito-

ren (JAK-Inhibitoren) eingesetzt [30][120]. Kortikosteroide sind die Basis immunmodulatorischer Therapien bei hospitalisierten Patientinnen und Patienten, die mindestens eine Low-Flow-Sauerstofftherapie erhalten [120][124][125]. Weitere immunmodulatorische Therapieoptionen wie die Blockade des Interleukin-6-Rezeptors, eines proinflammatorischen Zytokins, und die Modulation des Januskinase-STAT-Signalwegs wurden in klinischen Studien getestet und für die Therapie von COVID-19 zugelassen [126][127]. Die Kombination verschiedener Immunmodulatoren hat bisher zu keinen unerwünschten Nebenwirkungen geführt [120][125].

- Glukokortikosteroide

In klinischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Steroide das Überleben von Patientinnen und Patienten mit schwerem Verlauf von COVID-19 verbessern können. Es wird vermutet, dass diese besonders bei der Behandlung des Zytokinsturms, der durch SARS-CoV-2 verursacht werden kann, vorteilhaft sind [120][131].

Von den Glukokortikosteroiden schnitt Dexamethason in verschiedenen Studien am besten ab. Dexamethason konnte die Zahl der beatmungsfreien Tage bei COVID-19-Patientinnen und -Patienten mit schwerem ARDS im Vergleich zur Standardtherapie allein erhöhen, führte aber nicht zu einer Reduzierung der Mortalität oder einer Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität [120][128][129][130][132].

Die S3-Leitlinie empfiehlt eine Therapie mit Dexamethason bei Patientinnen und Patienten mit COVID-19 Pneumonie und Sauerstofftherapie bzw. nicht-invasiver oder invasiver Beatmung mit 6 mg Dexamethason p.o. oder i.v. über 10 Tage [120][131].

- neutralisierende Antikörper

Virusneutralisierende monoklonale Antikörper (mAK) haben die Fähigkeit, durch Interaktion mit dem SARS-CoV-2 Spike-Protein, den Eintritt des Virus in die Zelle zu verhindern, indem sie spezifisch an verschiedene Epitope des Spike-Proteins binden und so die Interaktion mit dem zellulären ACE2-Rezeptor blockieren

[120][133]. In der aktuellen S3-Leitlinie wird Tocilizumab als neutralisierender Antikörper gegen COVID-19 empfohlen [120]. In Studien wurde der positive Einfluss einer Therapie mit Tocilizumab bei Patientinnen und Patienten mit COVID-19 vor allem auf die Mortalität sowie auf die Progression zu invasiver mechanischer Beatmung gezeigt [120][134].

Gemäß der aktuellen S3-Leitlinie soll Tocilizumab bei COVID-19-Patientinnen und -Patienten mit progredienter schwerer oder kritischer Erkrankung in Kombination mit Dexamethason verabreicht werden. Die Dosierung soll sich nach dem Körpergewicht richten und einmalig intravenös verabreicht werden [120].

- Nicht empfohlene Medikamente

Im Verlauf von COVID-19 Pandemie wurden viele Medikamente eingesetzt, die später in randomisierten kontrollierten klinischen Studien keinen oder keinen sicheren Nutzen zeigten [32][135]. Aktuell in der S3-Leitlinie nicht mehr empfohlen werden u.a. inhalative Steroide, Molnupiravir, Baricitinib, Anakinra, Azithromycin, Fluvoxamin, Ivermectin, Colchicin, Simvastatin, Rekonvaleszenz-Plasma und Vitamin D [120][136][137][138].

1.2.10. Prävention und Impfung

2024 und 2025 ging die COVID-19-Pandemie in eine endemische Welle über. Derzeit wird das SARS-CoV-2 Virus weiterhin in der Bevölkerung übertragen, wobei die Infektionen aufgrund der hohen Immunität in der Bevölkerung, durch Impfungen sowie bereits durchgemachte Infektionen milder verlaufen [139]. Heute gibt es weniger schwere Krankheitsverläufe [139]. Eine Infektion mit SARS-CoV-2 ist dennoch gefährlich und kann bei nicht geimpften Personen, bei über 60-Jährigen oder bei Patienten mit Vorerkrankungen immer noch einen schweren Verlauf nehmen [90][139].

In einer in Schweden durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass eine Impfung gegen SARS-CoV-2 einen gewissen Schutz gegen das long-COVID bieten kann [140][141].

Aktuell empfiehlt die Ständige Impfkommission (STIKO) die Impfungen gegen SARS-CoV-2 für die folgenden Personen [90][142]:

- Alle Personen im Alter ≥ 18 Jahre;
- Bewohnende in Einrichtungen der Pflege
- Kinder und Jugendliche im Alter von sechs Monaten bis 17 Jahren mit einer Grundkrankheit, die mit einem erhöhten Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf einhergeht
- Personen jeden Alters mit einem erhöhten beruflichen Infektionsrisiko in der medizinischen und pflegerischen Versorgung mit direktem Kontakt zu Patientinnen und Patienten oder Bewohnenden
- Familienangehörige und enge Kontaktpersonen ab dem Alter von sechs Monaten von Personen, bei denen nach einer COVID-19-Impfung keine schützende Immunantwort zu erwarten ist
- Frauen im gebärfähigen Alter und Schwangere

Sowie jährliche Auffrischungsimpfungen im Herbst für Personen mit erhöhtem Risiko:

- Alle Personen ab 60 Jahren
- Bewohnende in Einrichtungen der Pflege
- Alle Personen ab dem Alter von sechs Monaten mit relevanten Grundkrankheiten
- Personen jeden Alters mit einem erhöhten beruflichen Infektionsrisiko in der medizinischen und pflegerischen Versorgung mit direktem Kontakt zu Patientinnen und Patienten oder Bewohnenden
- Familienangehörige und enge Kontaktpersonen von Personen, bei denen durch die COVID-19-Impfung vermutlich keine schützende Immunantwort erzielt werden kann

Während der Pandemie wurden mehr als 200 Impfstoffe entwickelt, darunter eine große Anzahl von Impfstoffen, die auf einer Vielzahl von Plattformen verschiedener pharmazeutischer Unternehmen und ihrer Impfstoffkandidaten basieren, wie BNT162 von Pfizer-BioNTech, AZD1222 von Oxford-AstraZeneca, CoronaVac von Sinovac, mRNA-1273 von Moderna, Ad26.COV2. S, Sputnik-V, Vektorimpfstoffe (Gamaleya National Research Centre for Epidemiology and Microbiology) und adjuvantierte rekombinante Protein-Nanopartikel (Novavax) [143][144].

In Deutschland zugelassene COVID-19-Impfstoffe sind Bimervax (entwickelt von HIPRA Human Health, S.L.U., Spanien), Comirnaty (entwickelt von BioNTech und Pfizer), Nuvaxovid (entwickelt von Novavax CZ a.s.) und Spikevax (COVID-19 Vaccine Moderna entwickelt von Moderna Biotech Spain, S.L.) [144].

1.3. Viszeralchirurgie in Zeiten von COVID-19 Pandemie

1.3.1. Überblick

Die COVID-19-Pandemie hatte weitreichende Auswirkungen auf nahezu alle Bereiche der medizinischen Versorgung, insbesondere auf operative Fachdisziplinen wie die Allgemein- und Viszeralchirurgie. Als Fachgebiet mit einem hohen Anteil elektiver und notfallmäßiger Eingriffe war diese Disziplin sowohl national als auch international erheblich betroffen [145][146][149][150][153]. Bereits in den ersten Wochen der Pandemie kam es weltweit zu umfangreichen Einschränkungen des chirurgischen Leistungsspektrums. Schätzungen zufolge wurden über 30 Millionen Operationen verschoben, darunter etwa 80 % der elektiven, nicht-onkologischen Eingriffe [145][146]. Ziel dieser Maßnahmen war es, Krankenhausressourcen wie Intensivkapazitäten, Beatmungsgeräte und Schutzausrüstung für die Versorgung von COVID-19-Patienten freizuhalten.

Auch in Deutschland wurden auf Grundlage von Empfehlungen, unter anderem durch die Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV), elektive Operationen weitgehend ausgesetzt. Eine Umverteilung medizinischen Personals etwa in die Intensivmedizin oder COVID-Stationen, war ebenfalls not-

wendig, um der dynamisch steigenden Zahl schwer erkrankter Patientinnen und Patienten gerecht zu werden [147][148]. Die chirurgische Infrastruktur war von diesen Maßnahmen stark betroffen. Eine Erhebung unter deutschen Universitätskliniken zeigte eine durchschnittliche Reduktion der Bettenkapazität um 38 %, bei gleichzeitiger Reduktion der OP-Kapazitäten um etwa 45 % [149].

Auch in der Notfallchirurgie kam es zu relevanten Veränderungen. Beispielsweise wurde ein Rückgang der Appendektomien um 12–18 % berichtet, bei gleichzeitig vermehrtem Auftreten komplizierter Verläufe und einer Zunahme konservativer Therapien mit Antibiotika [145][151]. Ähnlich zeigte sich ein Rückgang der notfallmäßigen und elektiven Cholezystektomien während der ersten Pandemiewelle [150]. Die kolorektale Chirurgie war ebenfalls spürbar eingeschränkt. So wurde in Studien ein signifikanter Rückgang elektiver kolorektaler Resektionen dokumentiert. Parallel dazu wurde ein Anstieg endständiger Kolostomien, teils als sogenannte „COVID-Stomata“ bezeichnet, beobachtet. Diese Entwicklung lässt sich vermutlich durch den Versuch erklären, postoperative Komplikationen wie Anastomoseninsuffizienzen mit intensivmedizinischem Behandlungsbedarf zu vermeiden [145][152].

Auch die minimal-invasive Chirurgie war betroffen. So kam es etwa in Großbritannien zu einem deutlichen Rückgang laparoskopisch durchgeführter kolorektaler Operationen [145]. Der Rückgang wurde teils durch Unsicherheiten hinsichtlich Aerosolbildung bei laparoskopischen Verfahren sowie durch Kapazitätsengpässe begründet. Robotergestützte Eingriffe verzeichneten in vielen Kliniken ebenfalls deutliche Rückgänge. In einer Umfrage unter 89 viszeralchirurgischen Abteilungen mit robotischer Ausstattung gaben 70 % der Einrichtungen einen Rückgang entsprechender Eingriffe an, insbesondere im zweiten Quartal 2020 [154]. Gründe hierfür lagen unter anderem im pandemiebedingten Personalmangel (z. B. in Anästhesie und Pflege), in speziellen COVID-19-Regelungen sowie in begrenzten Intensivkapazitäten. Auch die robotergestützte chirurgische Ausbildung war betroffen. In vielen Kliniken wurde die Schulung am OP-Tisch oder an der zweiten Konsole vollständig pausiert [154].

Neben operativen Einschränkungen führte die Pandemie auch zu Verzögerungen in der Diagnostik und Therapie onkologischer Erkrankungen. Früherkennungsmaßnahmen wurden ausgesetzt oder verschoben, was möglicherweise zu einer verzögerten Diagnosestellung und damit zu einer Verschlechterung der Prognose bei bestimmten Patientengruppen führte [145].

Aus der Literatur geht hervor, dass auch bei früheren Pandemien und Epidemien die chirurgische Versorgung eingeschränkt war.

Beginnend mit der Influenza-Pandemie von 1918–1920, der sogenannten Spanischen Grippe, bei der weltweit etwa 40 Millionen Menschen starben, kam es zu erheblichen Engpässen beim Pflegepersonal sowie bei Krankenhaus-Kapazitäten. Dies führte in zahlreichen Krankenhäusern in Europa und Nordamerika zum weitgehenden Kollaps der elektiven chirurgischen Versorgung [155]. Ähnlich wie während der COVID-19-Pandemie wurde auch bei anderen Epidemien wie der SARS-CoV-1-Epidemie und der H1N1-Influenza in den betroffenen Ländern eine deutliche Abnahme elektiver Operationen dokumentiert. Der Fokus lag stattdessen auf der Behandlung chirurgischer Notfälle und der Infektionskontrolle [156][157]. Während der SARS-Epidemie im Jahr 2002 und der MERS-Epidemie im Jahr 2012 wurden ebenfalls pandemiebedingte Maßnahmen ergriffen, darunter Isolation, die Reduktion elektiver chirurgischer Eingriffe und eine gezielte Personaleinteilung mit dem Ziel, die weitere Ausbreitung der Infektion zu verhindern. Diese Maßnahmen dienten später auch als eine Grundlage für das Management der COVID-19-Pandemie [158].

Erwähnenswert ist, dass das Ausmaß der chirurgischen Einschränkungen während der COVID-19-Pandemie weltweit deutlich ausgeprägter war als bei früheren Pandemien und Endemien. Gleichzeitig bildeten diese früheren Ereignisse jedoch das Fundament für den Umgang mit der chirurgischen Versorgung in pandemiebedingten Ausnahmesituationen [146][159].

1.3.2. Indikation und präoperative Testung vor viszeralchirurgischen Eingriffen während der COVID-19-Pandemie

Die COVID-19 Pandemie stellte eine große Herausforderung für die Chirurgie insgesamt dar. Die Schwierigkeit bestand in der chirurgischen Versorgung von SARS-CoV-2 positiven (symptomatischen und asymptomatischen) und gleichzeitig negativen Patientinnen und Patienten, in der Durchführung von Operationen unter pandemischen Bedingungen unter Schutzmaßnahmen sowie in der Priorisierung von Kapazitäten auf Normal- und Intensivstation [160].

Mit steigenden Infektionszahlen zu Beginn der Pandemie wurde in vielen Krankenhäusern entsprechend der Empfehlung des RKIs ein präoperatives Screening durchgeführt, wobei in der Nationalen Teststrategie des RKIs ein PCR-Screening in Krankenhäusern bei (Wieder-)Aufnahmen sowie vor ambulanten Operationen oder ambulanter Dialyse empfohlen wurde [161].

Im Oktober 2020 war auch in Deutschland ein Antigen-Schnelltest verfügbar. Obwohl er im Vergleich zum PCR-Test eine geringere Sensitivität und Spezifität aufwies, da eine höhere Viruslast erforderlich war, ermöglichte er eine schnelle Identifizierung von SARS-CoV-2-Infektionen. Trotz des Antigen-Schnelltests empfahl das RKI die zusätzliche Durchführung des PCR-Tests [162][163][164].

In einer internationalen Kohortenstudie der COVIDSurg-Kollaborationsgruppe wurden 1.128 Patienten aus 235 Krankenhäusern aus 24 Ländern vom 1. Januar bis 31. März 2020, die sich in diesem Zeitfenster einer elektiven oder notfallmäßigen Operation unterzogen, untersucht. Bei 26,1 % der Patienten wurde mittels PCR-Test SARS-CoV-2 bestätigt, wovon wiederum 38 % verstarben [165].

In einer weiteren internationalen Studie des Forschungsnetzwerkes COVIDSurg Collaborative wurde eine erhöhte Sterblichkeit bei Operationen innerhalb von 6 Wochen nach COVID-19 festgestellt. Daher wurden Operationen von präoperativ positiv getesteten Patientinnen und Patienten um mindestens sieben Wochen verschoben, um das Risiko für postoperative Komplikationen zu reduzieren [166].

Bei klinischem Verdacht auf SARS-CoV-2 Infektion bei Patientinnen und Patienten, die notfallmäßig operiert werden mussten und trotz negativem Antigen-Schnelltest Hinweise auf eine SARS-CoV-2-Infektion zeigten, wurde großzügig eine ergänzende Thorax-CT-Bildgebung zur Bestätigung bzw. zum Ausschluss der Verdachtsdiagnose eingesetzt [119].

Eine große Herausforderung war der Umgang mit SARS-CoV-2-positiven Patientinnen und Patienten, die eine Notfalloperation benötigten. Die Indikation für eine Notfalloperation bei positiv getesteten Patienten wurde unter strenger Abwägung der Erfolgsaussichten und Risiken gestellt. Letzteres wurde zusammen mit dem Schutz der Patientinnen und Patienten sowie dem Infektionsrisiko für das Behandlungsteam betrachtet [167][168]. In einer retrospektiven Studie von Lei et al. an COVID-19-Patientinnen und -Patienten mit Pneumonie, die in der asymptomatischen Phase verschiedene Operationen erhielten, wurde bei 44 % der Patientinnen und Patienten postoperativ eine intensivmedizinische Behandlung notwendig, von denen wiederum 20 % verstarben [169].

Es wurde auch empfohlen, Operationen nach Möglichkeit während der Routinezeit und nicht während des Bereitschaftsdienstes durchzuführen, da der personelle und zeitliche Aufwand deutlich höher war als bei Operationen an nicht infizierten Personen [168][170].

1.3.3. Operatives Vorgehen während der COVID-19-Pandemie

Für Patientinnen und Patienten, die während der COVID-19 Pandemie operiert werden mussten, wurden durch die DGAV und das RKI Empfehlungen zu Vorgehensweisen herausgegeben: Alle Patientinnen und Patienten sollten am Tag vor der OP stationär aufgenommen werden, um die präoperative Abstrich-Testung zu gewährleisten. Bei negativem Abstrich konnten die Patientinnen und Patienten auf die einzelnen Fachstationen übernommen werden. Bereits positiv getestete COVID-19-Patientinnen und Patienten, die operiert werden mussten, wurden generell auf einer Isolierstation betreut.

Bei begrenzter OP-Kapazität wurde seitens der DGAV eine Priorisierung der Eingriffe empfohlen. Während Notfalleingriffe immer stattfinden sollten, gab es für die elektiven Eingriffe folgende dezidierte absteigende Einstufung der Dringlichkeit:

1. Tumor-Patientinnen und -Patienten mit vital bedrohlicher Erkrankung
2. Patientinnen und Patienten ohne Tumorerkrankung mit potentiell vital bedrohlichem Verlauf
3. Alle Patientinnen und Patienten mit hohem Risiko der Erkrankungsverschlechterung ohne OP
4. Patientinnen und Patienten ohne Tumorerkrankung mit Risiko eines erneuten Erkrankungsschubes
5. Patientinnen und Patienten ohne Tumorerkrankung und stabiler Erkrankung ohne alternative Therapieoption
6. Patientinnen und Patienten ohne Tumorerkrankung und ohne größere Einschränkung der Lebensqualität

Was das Personal betraf, so sollte nur geschultes Personal für die Betreuung von COVID-19-Patienten eingesetzt werden. Die Anzahl der Kontaktpersonen wurde begrenzt und es sollten so wenig Personen wie möglich das Patientenzimmer betreten [170][171].

Durch das RKI wurde generell die Anlage dicht anliegender MNS (Mund-Nase-Schutz) bzw. FFP (Filtering-Face-Piece)-Atemschutzmasken (mind. FFP2 oder FFP3) empfohlen [163]. Insbesondere bei Aerosolexposition (z.B. ausgeprägter Husten bei Patienten, die keinen MNS tragen konnten) sowie bei der Bronchoskopie oder bei der Intubation sollte eine FFP-Atemschutzmaske angelegt werden [172][173].

Das Tragen eines Schutzkittels sowie einer Schutzbrille und ggf. eines Gesichtsschildes wurde ebenfalls empfohlen, da es sich bei der Übertragung von SARS-CoV-2 um eine Tröpfcheninfektion handelt und eine Infektion über die Konjunktiven prinzipiell möglich ist [174][175]. Intensivmediziner haben für das Intensivpersonal sogar das gleichzeitige Tragen von Schutzbrille und Gesichtsschild vorgeschlagen [173][176].

Auch der intrahospitale Transport der infizierten Patientinnen und Patienten erfolgte nach geregelten Maßnahmen und einer festen Planung. Der Weg von der Notaufnahme zu den Stationen, zur Intensivstation oder zum Operationssaal bzw. zwischen den Stationen und dem Operationssaal wurde vorher genau geplant [171]. Auf dem Weg zum Operationssaal und im Operationssaal sollte das Personal, das den Patientinnen und Patienten transportierte und lagerte, mit FFP2-Masken geschützt sein. Die Patientinnen und Patienten selbst sollten einen MNS tragen, es sei denn, sie wurden mit einer gutsitzenden Sauerstoffmaske versorgt [171][174].

Während der Operation gab es ebenfalls empfohlene Maßnahmen. Operationsäle mit Unterdruck waren optimal, um das Risiko einer Infektion zu reduzieren. Allerdings sind OP-Säle in der Regel mit einer Überdruckbelüftung konzipiert. Eine hohe Luftwechselrate (mindestens 25 Zyklen pro Stunde) konnte dazu beitragen, die Viruskonzentration im OP wirksam zu senken [177][178]. Die während der Operation vorhandene Ausrüstung sollte, abhängig vom jeweiligen Eingriff, auf das absolut Notwendige beschränkt werden. Während der Operation sollte möglichst nur auf bereits im Raum befindliches Material zurückgegriffen werden, um die Bewegung des Personals in und aus dem OP zu minimieren und so das Infektionsrisiko zu verringern [177]. Die Wahl der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) hing von der Art des Eingriffs und dem damit verbundenen Infektionsrisiko ab. Bei medizinischen Maßnahmen, die zur Aerosolbildung führten – wie Intubationen, Absaugungen, Tracheotomien sowie Operationen im Rachen- oder Mund-Kiefer-Gesichtsbereich – war ein besonders hoher Schutz erforderlich. In solchen Fällen sollten FFP3-Masken in Kombination mit einer Schutzbrille oder einem Visier getragen werden [171][173]. Für andere chirurgische Eingriffe war der

Schutzbedarf etwas geringer. Hier war das Tragen einer FFP2-Maske in Verbindung mit einer Schutzbrille oder Visier vorgeschrieben, um eine ausreichende Sicherheit für das OP-Personal zu gewährleisten [173].

Alle benötigten chirurgischen Instrumente wie Nahtmaterial oder Skalpellklingen mussten in sterilisierbaren Drahtkörben vorrätig sein, für kontaminierte und scharfe Einmalinstrumente waren spezielle Behälter erforderlich und Desinfektionsmittel für die Händehygiene mussten jederzeit griffbereit sein [171][177][179]. Es wurde die Verwendung von Einwegmaterialien, einschließlich OP-Tüchern, bevorzugt. Das gesamte OP-Team (Chirurgen, Anästhesisten, Pflegepersonal) sollte den Operationssaal rechtzeitig betreten und sich dort nur so lange wie nötig aufhalten; einmal im Operationssaal, sollten sie diesen bis zum Ende der Operation nicht mehr verlassen und nach dem Verlassen nicht wieder betreten [173][177]. Ein Verlassen des Operationssaals sollte ausschließlich in dringenden Notfällen erfolgen. Chirurgische Eingriffe wurden ausschließlich von erfahrenen Fachkräften durchgeführt, weshalb Ausbildungsmaßnahmen in diesem Bereich entfielen. Praktikanten und Famulanten waren nicht zugelassen, ebenso wenig wie eine Rotation des Personals durch Pausenvertretungen, um die Stabilität und Sicherheit des OP-Teams zu gewährleisten [171][173][177].

Die postoperative Betreuung von Patientinnen und Patienten mit bestätigter SARS-CoV-2-Infektion war mit erhöhtem organisatorischem und medizinischem Aufwand verbunden. Diese Patientinnen und Patienten mussten strikt isoliert und von nicht-infizierten Personen getrennt untergebracht werden. In zahlreichen Kliniken wurden hierfür spezielle Maßnahmen ergriffen, indem entweder gesamte Gebäude oder ausgewählte Operationssäle ausschließlich für die Behandlung von COVID-19-positiven Patientinnen und Patienten reserviert wurden [173][181]. Das RKI empfahl zudem, die Versorgung dieser Patientinnen und Patienten bereits im prästationären und ambulanten Bereich strikt getrennt zu organisieren, um das Infektionsrisiko für andere Patienten und das medizinische Personal zu minimieren [179][182].

1.3.4. SARS-CoV-2-Infektionen beim Gesundheitspersonal

Ein wesentliches Problem während der COVID-19-Pandemie war auch die Gefahr der Infektion des Gesundheitspersonals und der Umgang mit der täglichen klinischen Arbeit bei Ausfall von Ressourcen. Das Gesundheitspersonal war während der COVID-19-Pandemie in direkter Gefahr, sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren und mit Konsequenzen nicht nur für die eigene Gesundheit, sondern auch für die weitere Versorgung der Patienten.

Ärzte und Pflegepersonal machen etwa 11% der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter zwischen 18 und 65 Jahren aus. In einer in Schottland durchgeführten Studie wurde festgestellt, dass das Risiko einer COVID-19-Erkrankung bei Personen mit direktem Kontakt zu infizierten Patienten höher war. Es wurde eine dreimal höhere Infektionshäufigkeit beim Gesundheitspersonal im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung festgestellt [180].

Zu Beginn der Pandemie infizierten sich täglich etwa 20 Mitarbeiter des Gesundheitswesens mit SARS-CoV-2. Bis zum 27. Juli 2020 sind nach Angaben des RKIs ca. 14.200 Mitarbeiter des Gesundheitswesens erkrankt und 22 verstorben [182][183]. Der Weltbund der Krankenschwestern und Krankenpfleger (International Council of Nurses, ICN) hat geschätzt, dass bis Anfang Juni 2020 mehr als 230.000 Krankenschwestern und Krankenpfleger mit SARS-CoV-2 infiziert waren [184]. Ende 2020 waren nach Angaben des RKI im Lagebericht vom 15. November ca. 21.700 Beschäftigte im Gesundheitswesen mit SARS-CoV-2 infiziert, was ca. 3 % aller 790.000 Infizierten in Deutschland entsprach [182].

Aus anderen Ländern wurden ebenfalls hohe Infektionsraten unter medizinischem Personal gemeldet. In Italien war bis März 2020 etwa ein Fünftel des Gesundheitspersonals infiziert [159][183]. Für Wuhan wurde berichtet, dass rund 41 % aller Mensch-zu-Mensch-Übertragungen im Gesundheitswesen stattfanden [185].

Die WHO berichtete Mitte Juli 2020, dass weltweit über 1,3 Millionen Ärzte und Pflegekräfte mit SARS-CoV-2 infiziert waren, was etwa 10 % der globalen COVID-19-Fälle ausmachte. Bezogen auf die Todesfälle unter infiziertem Gesundheitspersonal verzeichnete bis Juni 2020 das Vereinigte Königreich mit 272 Todesfällen die höchste Zahl in Europa, gefolgt von Italien mit 188 und Spanien mit 63 offiziell gemeldeten Todesfällen. In den USA meldete das CDC Anfang Juli 507 Todesfälle unter medizinischem Personal. In Russland wurden bis Ende Mai 101 Todesfälle vom Gesundheitsministerium registriert. Für Afrika und Asien lagen keine offiziellen Daten vor [184].

Nach Schätzungen der WHO waren bis Mitte Mai 2021 weltweit etwa 115.000 Beschäftigte im Gesundheitswesen an einer Infektion mit SARS-CoV-2 verstorben [186].

1.4. Zielsetzung

Ziel dieser Promotionsarbeit war es, eine umfassende und systematische Analyse der bisher verfügbaren Daten von Patientinnen und Patienten in ganz Deutschland, die während der COVID-19-Pandemie in den Jahren 2020 und 2021 einen viszeralchirurgischen Eingriff erhalten haben, durchzuführen. Dabei sollten insbesondere die begleitende Morbidität, Liegedauer und Mortalität im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 vor der Pandemie untersucht werden.

Durch diese Untersuchung sollten mögliche Veränderungen in den Behandlungsstrategien, Operationsindikationen und postoperativen Verläufen identifiziert werden. Zudem wurde untersucht, ob sich mögliche indirekte Auswirkungen pandemiebedingter Rahmenbedingungen in den analysierten Parametern wie Operationshäufigkeit, Mortalität, Verweildauer und Komplikationsraten, manifestierten.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Viszeralchirurgie und das deutsche Gesundheitssystem beitragen. Sie können als Grundlage für zukünftige Strategien dienen, um chirurgische Versorgungsprozesse in Krisenzeiten besser zu verstehen und gegebenenfalls zu optimieren. Auf Grundlage dieser deskriptiven

Daten können zukünftige Analysen und Planungen unterstützt werden, um chirurgische Versorgungsprozesse in Krisenzeiten besser einordnen zu können.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Diese wissenschaftliche Arbeit basiert ausschließlich auf bereits vorhandenen, anonymisierten Patientendaten aus Deutschland. Eingeschlossen wurden alle Patientinnen und Patienten, die sich zwischen dem 01.01.2018 und dem 31.12.2021 einem viszeralchirurgischen Eingriff unterzogen. Die Daten wurden vom Statistischen Bundesamt Deutschland (Destatis) erhoben (Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DRG-Statistik 2018 bis 2021, eigene Berechnungen). Die Auswahl der Operationen erfolgte anhand von Operationszahlen und OPS-Verschlüsselungen (Operationen- und Prozedurenschlüssel), wie in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Operationen und zugehörige OPS-Verschlüsselungen

Operation	OPS-Verschlüsselung
Appendektomie (offen, laparoskopisch)	5-470.0, 5-470.1
Cholezystektomie (offen, laparoskopisch, konvertiert)	5-511.0, 5-511.1, 5-511.2
Thyreoidektomie (Hemi-/ Thyreoidektomie)	5-061.0, 5-061.2
Inguinale Herniotomie (TAPP, TEP, Lichtenstein)	5-530.31, 5-530.32, 5-530.33, 5-530.34
Kolorektale Operationen	5-455.4, 5-455.5, 5-455.6, 5-455.7, 5-455.9, 5-455.a, 5-455.b, 5-455.c, 5-455.d, 5-456, 5-484, 5-485
Pankreasresektion (Kopf-, Links-, totale Resektion)	5-524.0, 5-524.1, 5-524.2, 5-524.3, 5-524.4, 5-525.0, 5-525.1, 5-525.2

Operation	OPS-Verschlüsselung
Leberresektionen (atypische, segmentale, erweiterte Hemihepatektomie)	5-501, 5-502, 5-502.1, 5-502.2, 5-502.3
Ösophagusresektion (Ivor-Lewis, McKweon)	5-423.0, 5-423.1, 5-423.2, 5-423.3, 5-424.0, 5-424.1, 5-424.2, 5-425.0, 5-425.1, 5-425.2, 5-426.0, 5-426.1, 5-426.2, 5-427.0, 5-427.1, 5-438.0, 5-438.1, 5-438.2, 5-438.3
Magenoperation (partielle, totale)	5-435.0, 5-435.1, 5-435.2, 5-437.0, 5-437.1, 5-437.2, 5-437.3, 5-437.4, 5-437.5

Für die Erfassung von Komplikationen nach den Eingriffen wurden die folgenden OPS- und ICD-10-Verschlüsselungen (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme) für die Jahre 2018, 2019, 2020 und 2021 verwendet (Tabelle 2):

Tabelle 2: Komplikationen und zugehörige OPS-/ICD-10-Verschlüsselungen

Komplikationen	OPS-/ICD-10-Verschlüsselung
Lungenarterienembolie	I26.0, I26.9
Myokardinfarkt	I21, I22
Gastrointestinale Blutung	K92
Akute Nierenschädigung	N17
Anastomoseninsuffizienz	K91.8
Peritonitis	K65.09, K65.8, K65.9

Komplikationen	OPS-/ICD-10-Verschlüsselung
Sepsis	A40, A41, R57.2, R65
ARDS (insgesamt)	J80
COVID-19	U07.1!, U07.2!
Pneumonie	J10, J11, J12, J13, J14, J15, J16, J17, J18, U69.01!, U69.02!, U69.03!

Die demografische Klassifizierung der Patientinnen und Patienten erfolgte anhand der folgenden Altersgruppen:

- Unter 55 Jahre (< 55 Jahre)
- 55 bis 75 Jahre (55 – 75 Jahre)
- Über 75 Jahre (> 75 Jahre)

Zusätzlich wurden die folgenden Parameter durch das Statistische Bundesamt (Destatis) erhoben:

- Krankenhaussterblichkeit
- Verweildauer auf Normalstation
- Verweildauer auf Intensivstation

Die Daten wurden in Microsoft Excel- und Word-Tabellen sortiert und für die Analyse vorbereitet. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mithilfe von Python (Version 3.10; Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA).

2.1.1. Patienten-Pool und Einschlusskriterien

Die Untersuchung umfasst alle Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum von 2018 bis 2021 einen der in Tabelle 1 aufgeführten viszeralchirurgischen Eingriffe in Deutschland erhielten. Die Daten wurden im Rahmen des Projekts mit der Nummer UK Tübingen - Fischer - 4546-2022 beim Bundesamt für Statistik angefordert. Diese Daten geben einen Überblick über die Häufigkeit viszeralchirurgi-

scher Operationen sowie die damit verbundenen Komplikationen und Sterblichkeitsraten. Ein Vergleich zwischen den Jahren 2018 und 2019 (vor der COVID-19-Pandemie) und den Jahren 2020 und 2021 (während der Pandemie) wurde durchgeführt, um mögliche Auswirkungen auf die chirurgische Versorgung und deren Ergebnisse zu analysieren.

2.1.2. Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Patientinnen und Patienten, bei denen im definierten Zeitraum keiner der in Tabelle 1 genannten viszeralchirurgischen Eingriffe mit entsprechender OPS-Kodierung durchgeführt wurde. Weiterhin wurden Patientinnen und Patienten < 18 Jahre ausgeschlossen.

2.2. Parameter

In dieser Studie wurden folgende Parameter analysiert:

- Anzahl der durchgeführten Eingriffe
- Mortalitätsrate (30-Tage- und Krankenhaussterblichkeit)
- Demografische Daten (Alter)
- Verweildauer auf Normalstation und Intensivstation
- Auftreten postoperativer Komplikationen (gemäß Tabelle 2)

Die Datenaufbereitung und -analyse erfolgte mithilfe der Software SPSS® Version 28.0.0.0 (190) (IBM Corp., Armonk, NY, USA) sowie Microsoft Word® und Microsoft Excel® Version (Microsoft 365) (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA).

2.3. Datenschutz

Alle in dieser Studie verwendeten Daten liegen anonymisiert vor, sodass keine direkte Identifikation der Patientinnen und Patienten möglich ist. Die Speicherung und Verwaltung der Daten erfolgte unter Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und anderer relevanter Datenschutzrichtlinien. Die Daten wurden in geeigneten digitalen Formaten gesichert, einschließlich Microsoft Word®,

Microsoft Excel® und SPSS®-Dateien. Der Zugriff auf die Daten ist auf autorisierte Studienmitarbeiter beschränkt.

2.4. Statistische Analysen

Diese retrospektiv angelegte Kohortenstudie analysierte Patientinnen und Patienten, die sich zwischen 2018 und 2021 einer viszeralchirurgischen Operation unterzogen haben. Die Daten wurden vom Statistischen Bundesamt bezogen (Quelle: FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, DRG-Statistik 2018 bis 2021, eigene Berechnungen) und umfassen Informationen zu Eingriffsart, Liegedauer und Komorbiditäten. Nach der Aufzeichnung und Prüfung der Daten in IBM SPSS®, Microsoft Excel® und Microsoft Word® wurden die statistischen Auswertungen durchgeführt.

Deskriptive Statistiken wurden mit IBM SPSS® durchgeführt. Die Datenstrukturierung erfolgte mit Microsoft Excel® und Microsoft Word®. Die grafische Visualisierung der Daten erfolgte mit Python (Version 3.10; Python Software Foundation, Wilmington, DE, USA) unter Verwendung der Visualisierungsbibliothek *matplotlib*. Das Signifikanzniveau für statistische Auffälligkeiten wurde vorab auf $\alpha = 0,05$ festgelegt. Die vergleichende Darstellung der Fallzahlen, Mortalität und postoperativen Komplikationen zwischen den Pandemie Jahren 2020 bis 2021 und den Vorjahren 2018 bis 2019 erfolgte tabellarisch mittels deskriptiver Statistik.

Zur Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen kategorialen Daten wurden mittels Kontingenzanalyse Chi-Quadrat-Tests nach Pearson durchgeführt. Für den Zwei- oder Mehrstichproben-Vergleich von kontinuierlichen Daten wurden unter Normalverteilungsannahme t-Tests oder ANOVA verwendet.

3. Ergebnisse

3.1. Appendektomien

In den Jahren 2018 und 2019 vor der Pandemie wurden 82.884 bzw. 80.686 Appendektomien durchgeführt. Im ersten Pandemiejahr 2020 kam es zu einem Rückgang auf 77.589 Eingriffe, was einer Reduktion von etwa 3,8 % ($n = 3.097$) im Vergleich zu 2019 entspricht. Im Jahr 2021 stabilisierte sich die Zahl mit 78.075 durchgeführten Appendektomien auf einem vergleichbaren Niveau. Der Großteil der Appendektomien entfiel auf die Altersgruppe unter 55 Jahren. In dieser Gruppe wurden 63.034 Eingriffe im Jahr 2018, 60.657 im Jahr 2019, 57.403 im Jahr 2020 und 57.047 im Jahr 2021 durchgeführt (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Anzahl der Appendektomien vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Appendektomie	82.884	80.686	77.589	78.057
< 55 Jahre	63.034	60.657	57.403	57.047
55 – 75 Jahre	15.712	15.921	16.175	17.145
> 75 Jahre	4.138	4.108	4.011	3.865

Die Mortalität nach Appendektomie blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg auf einem niedrigen Niveau und zeigte keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Jahren vor und während der COVID-19-Pandemie. Im Jahr 2018 lag die Mortalitätsrate bei 0,37 % ($n = 303$), 2019 bei 0,34 % ($n = 273$). Während der Pandemie sank die Rate geringfügig auf 0,35 % im Jahr 2020 ($n = 269$) und auf 0,31 % im Jahr 2021 ($n = 242$). Statistisch konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren für die Mortalität festgestellt werden (vgl. Tabelle 4). Die durchschnittliche Gesamtverweildauer zeigte einen leichten Rückgang im Zeitverlauf, blieb jedoch in allen Jahren oberhalb von vier Tagen. Im Jahr 2018 betrug sie 4,8 Tage, 2019 4,7 Tage, im ersten Pandemiejahr 2020 4,6 Tage und sank 2021 auf 4,5 Tage. Die Verweildauer auf der Intensivstation

blieb über den gesamten Zeitraum konstant bei durchschnittlich 0,1 Tagen und zeigte keine Abweichungen zwischen den betrachteten Jahren (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 4: Mortalität von Appendektomien in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Appendektomie	303	273	269	242
	(0,37 %)	(0,34 %)	(0,35 %)	(0,31 %)

Tabelle 5: Liegedauer der Appendektomien vor und während der Pandemie

Appendektomie				
Liegedauer (SD) ¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	4,8 (5,9)	4,7 (5,5)	4,6 (4,9)	4,5 (5,0)
Normalstation	4,7 (5,5)	4,6 (5,0)	4,5 (4,5)	4,4 (4,8)
Intensivstation	0,1 (1,6)	0,1 (1,5)	0,1 (1,4)	0,1 (1,2)

¹ SD – standard deviation

Die häufigste postoperative Komplikation in allen untersuchten Jahren war die Sepsis, deren Inzidenz in den Pandemie Jahren kontinuierlich zunahm. Im Jahr 2018 lag die Rate bei 1,18 % (981 Fälle), 2019 bei 1,24 % (1.002 Fälle). Im Jahr 2020 zeigte sich ein Anstieg auf 1,30 % (1.012 Fälle), gefolgt von einem weiteren Anstieg auf 1,69 % (1.323 Fälle) im Jahr 2021. Dieser Anstieg im Jahr 2021 war im Vergleich zu den Vorpandemie Jahren 2018 und 2019 statistisch signifikant ($p < 0,001$). An zweiter Stelle der Komplikationen stand die akute Niereninsuffizienz, die ebenfalls eine zunehmende Tendenz zeigte. Die Inzidenz betrug 2018 1,12 % (930 Fälle), 2019 1,24 % (1.008 Fälle) und lag in den beiden Pandemie Jahren 2020 und 2021 jeweils bei 1,40 % (1.093 Fälle). Im Vergleich zu 2018 wurde in den Jahren 2020 und 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg festgestellt ($p < 0,001$). Die Pneumonie war die dritthäufigste Komplikation mit 0,78 % (647 Fälle) im Jahr 2018, 0,80 % (652 Fälle) im Jahr 2019, steigend mit 0,84 % (657 Fälle) im Jahr 2020 und einem Rückgang auf 0,77 % (606 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den einzelnen Jahren konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Zahl der Stumpfsuffizienzen blieb über den gesamten

Zeitraum stabil mit 0,52 % (439 Fälle) im Jahr 2018, 0,53 % (428 Fälle) im Jahr 2019 sowie 0,53 % (414 Fälle) und 0,53 % (418 Fälle) in den Pandemie Jahren 2020 und 2021. Auch hier zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren. Im Jahr 2021 zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Peritonitis-Inzidenz. Während in den Jahren 2018 und 2019 Inzidenzen von 0,31 % (261 Fälle) bzw. 0,39 % (315 Fälle) dokumentiert wurden und sich im Jahr 2020 mit 0,39 % (309 Fälle) kein Unterschied zeigte, stieg die Rate im Jahr 2021 deutlich auf 1,24 % (975 Fälle) an. Der Anstieg im Jahr 2021 war im Vergleich zu allen Vorjahren statistisch signifikant ($p < 0,001$), wohingegen zwischen den Jahren 2018, 2019 und 2020 keine signifikanten Unterschiede bestanden. Die Inzidenz gastrointestinaler Blutungen zeigte über den gesamten Beobachtungszeitraum keine wesentlichen Schwankungen. Sie lag bei 0,16 % (134 Fälle) im Jahr 2018, 0,20 % (164 Fälle) im Jahr 2019, 0,18 % (147 Fälle) im Jahr 2020 und 0,18 % (145 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch ergaben sich hierbei keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. Auch die Häufigkeit von Lungenembolien blieb über den Untersuchungszeitraum weitgehend konstant mit 0,09 % (82 Fälle) im Jahr 2018, 0,10 % (88 Fälle) im Jahr 2019, 0,09 % (74 Fälle) im Jahr 2020 und 0,10 % (88 Fälle) im Jahr 2021. Auch hier konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Ein vergleichbares Muster zeigte sich bei den Myokardinfarkten, deren Inzidenz über die Jahre stabile Werte aufwies mit 0,07 % (64 Fälle) im Jahr 2018, 0,06 % (53 Fälle) im Jahr 2019, 0,06 % (52 Fälle) im Jahr 2020 und 0,08 % (64 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Jahren bestanden keine signifikanten Unterschiede. Das akute respiratorische Distress-Syndrom (ARDS) trat insgesamt selten auf und zeigte ebenfalls eine konstante Inzidenz mit 0,06 % (58 Fälle) im Jahr 2018, 0,06 % (52 Fälle) im Jahr 2019, 0,06 % (50 Fälle) im Jahr 2020 und 0,06 % (48 Fälle) im Jahr 2021. Auch hier ergaben sich keine statistisch signifikanten Veränderungen im Zeitverlauf. Im Zusammenhang mit einer SARS-CoV-2-Infektion wurden im Jahr 2020 insgesamt 24 Patientinnen und Patienten (0,03 %) nach Appendektomie registriert, von denen 6 (0,007 %) verstarben. Im Jahr 2021 stieg die Zahl der infizierten Patientinnen und Patienten auf 68 (0,08 %), mit 17 Todesfällen (0,02 %) (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Komplikationen nach Appendektomien vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Appendektomien	82.884	80.686	77.589	78.057
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	82 - xxx ¹	88 - 11	74 - 10	88 - 15
Myokardinfarkt	64 - 13	53 - 9	52 - 8	64 - 12
Gastrointestinale Blutungen	134 - 23	164 - 17	147 - 14	145 - 20
Akute Nierenschädigung	930 - 156	1.008 - 132	1.093 - 136	1.093 - 132
Klammernahtinsuffizienz	435 - 29	428 - 23	414 - 23	418 - 21
Peritonitis	261 - 12	315 - 12	309 - 10	975 - 43
Sepsis	981 - 154	1.002 - 125	1.012 - 129	1.323 - 132
ARDS²	58 - 24	52 - 17	60 - 15	48 - 18
COVID-19³	-	-	24 - 6	68 - 17
Pneumonie	647 - 90	652 - 79	657 - 90	606 - 93

¹ Aus Datenschutzgründen wurden geringe Fallzahlen anonymisiert

² ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

³ COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.2. Cholezystektomien

In den Jahren 2018 und 2019 wurden 176.026 bzw. 180.425 Cholezystektomien durchgeführt. Im ersten Pandemiejahr 2020 kam es zu einem Rückgang um etwa 13.052 Eingriffe (rund 7,2 %) auf 167.373. Im darauffolgenden Pandemiejahr blieb diese Zahl bei 167.913 stabil (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Anzahl der Cholezystektomie vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Cholezystektomien	176.026	180.425	167.373	167.913

< 55 Jahre	74.770	75.958	69.371	68.863
55 - 75 Jahre	69.042	71.767	66.870	68.201
> 75 Jahre	32.214	32.700	31.132	30.849

Die Mortalität nach Cholezystektomien betrug im Jahr 2018 1,3 % (n = 2.295) und im Jahr 2019 1,23 % (n = 2.216). Während der COVID-19-Pandemie stieg sie auf 1,38 % (n = 2.313) im Jahr 2020 und auf 1,45 % (n = 2.436) im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 8). Statistisch konnte ein signifikanter Anstieg der Mortalität im Jahr 2021 im Vergleich zu den Vorpandemiejahren 2018 und 2019 festgestellt werden ($p < 0,001$). Die meisten Cholezystektomien wurden in der Altersgruppe der unter 55-Jährigen durchgeführt. Im Jahr 2018 lag die Gesamtzahl der Eingriffe in dieser Altersgruppe bei 74.770, im Jahr 2019 bei 75.958. Während der Pandemie kam es zu einem Rückgang auf 69.371 Eingriffe im Jahr 2020 und 68.863 im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 7). Die durchschnittliche Gesamtverweildauer blieb im gesamten Zeitraum konstant und betrug stets über 6 Tage: 6,3 Tage im Jahr 2018, 6,0 Tage im Jahr 2019 sowie 6,1 im Jahr 2020 und erneut 6,0 Tage 2021. Auch die Verweildauer auf der Intensivstation blieb in allen Jahren unverändert bei durchschnittlich 0,2 Tagen (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 8: Mortalität von Cholezystektomien in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Cholezystektomie	2.295 (1,3 %)	2.216 (1,23 %)	2.313 (1,38 %)	2.436 (1,45 %)

Tabelle 9: Liegedauer bei Cholezystektomien vor und während der Pandemie

Cholezystektomie				
Liegedauer (SD)¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	6,3 (8,6)	6,0 (8,2)	6,1 (8,4)	6 (8,6)
Normalstation	6,0 (7,9)	5,8 (7,4)	5,9 (7,7)	5,7 (7,9)
Intensivstation	0,2 (2,9)	0,2 (2,6)	0,2 (2,7)	0,2 (2,6)

¹ SD – standard deviation

Die häufigste postoperative Komplikation in allen untersuchten Jahren war die akute Niereninsuffizienz. Im Jahr 2018 wurden 3,03 % (5.351 Fälle) dokumentiert, im Jahr 2019 3,15 % (5.684 Fälle). In den Pandemie Jahren kam es zu einem Anstieg auf 3,69 % (6.178 Fälle) im Jahr 2020 und 3,82 % (6.423 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Vorpandemie Jahren (2018–2019) und den Pandemie Jahren (2020–2021) konnte ein statistisch signifikanter Anstieg festgestellt werden ($p < 0,001$). Innerhalb der jeweiligen Zeiträume (Vor- bzw. Pandemie Jahre) zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. Die Sepsis war über alle Jahre hinweg die zweithäufigste Komplikation und zeigte ebenfalls einen Anstieg während der Pandemie Jahre. Im Jahr 2018 lag die Inzidenz bei 2,86 % (5.041 Fälle) und im Jahr 2019 bei 2,80 % (5.059 Fälle). Im Jahr 2020 stieg sie auf 3,06 % (5.133 Fälle) und erreichte im Jahr 2021 mit 3,42 % (5.752 Fälle) den höchsten Wert des Untersuchungszeitraums. Auch hier zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg sowohl im Vergleich zwischen den Vorpandemie Jahren und den Pandemie Jahren ($p < 0,001$) als auch zwischen den Pandemie Jahren selbst (2020 vs. 2021; $p < 0,001$). Pneumonien stellten die dritthäufigste postoperative Komplikation dar und zeigten in den Pandemie Jahren einen moderaten Anstieg. Die Inzidenz lag bei 2,07 % (3.660 Fälle) im Jahr 2018, 2,06 % (3.727 Fälle) im Jahr 2019, 2,25 % (3.780 Fälle) im Jahr 2020 und 2,20 % (3.705 Fälle) im Jahr 2021. Ein statistisch signifikanter Anstieg konnte lediglich im Vergleich der Jahre 2018 und 2019 mit dem Jahr 2020 festgestellt werden ($p < 0,001$), nicht jedoch im Vergleich zum Jahr 2021. Im Jahr 2021 wurden 5,07 % (8.516 Fälle) Peritonitiden erfasst. Damit lag die Inzidenz mehr als viermal höher als in den Vergleichsjahren 2018 mit 1,35 % (2.380 Fälle), 2019 mit 1,32 % (2.384 Fälle) und 2020 mit 1,39 % (2.338 Fälle). Der Anstieg im Jahr 2021 war im Vergleich zu allen anderen Jahren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die Inzidenz von Galleleckagen blieb über den Untersuchungszeitraum weitgehend stabil, mit 0,76 % (1.349 Fälle) im Jahr 2018, 0,77 % (1.399 Fälle) im Jahr 2019, einem Anstieg auf 0,84 % (1.409 Fälle) im Jahr 2020 und einem Rückgang auf 0,79 % (1.330 Fälle) im Jahr 2021. Auch hier konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Postoperative gastrointestinale Blutungen zeigten während der Pandemie eine zunehmende Tendenz. Im Jahr 2018 wurden 0,44

% (788 Fälle) dokumentiert, 2019 0,49 % (889 Fälle), 2020 0,50 % (851 Fälle) und 2021 0,56 % (952 Fälle). Der Anstieg von 2018 bis 2021 war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Auch die Inzidenz von Lungenembolien nahm während der Pandemie kontinuierlich zu mit 0,13 % (234 Fälle) im Jahr 2018, 0,15 % (280 Fälle) im Jahr 2019, 0,18 % (305 Fälle) im Jahr 2020 und 0,20 % (341 Fälle) im Jahr 2021. Der Anstieg war sowohl im Vergleich von 2018 zu den Pandemie Jahren 2020 und 2021 als auch zwischen 2019 und 2021 statistisch signifikant. Bei den Myokardinfarkten zeigte sich über den gesamten Zeitraum eine weitgehend stabile Situation. Es wurden 0,22 % (396 Fälle) im Jahr 2018, 0,22 % (407 Fälle) im Jahr 2019, 0,23 % (392 Fälle) im Jahr 2020 und 0,23 % (389 Fälle) im Jahr 2021 festgestellt. Es konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Für das postoperative akute respiratorische Distress-Syndrom (ARDS) wurde im zweiten Pandemiejahr 2021 ein Anstieg auf 0,20 % (351 Fälle) beobachtet, verglichen mit 0,14 % (257 Fälle) im Jahr 2018, 0,12 % (221 Fälle) im Jahr 2019 und 0,14 % (241 Fälle) im Jahr 2020. Dieser Anstieg im Jahr 2021 war im Vergleich zu den Vorpandemie Jahren statistisch signifikant ($p < 0,001$). Bezüglich der mit SARS-CoV-2 infizierten Patientinnen und Patienten wurden im Jahr 2020 insgesamt 121 Fälle (0,07 %) registriert, von denen 50 (0,02 %) verstarben. Im Jahr 2021 stieg die Zahl der infizierten Patientinnen und Patienten auf 240 (0,14 %), mit 92 Todesfällen (0,05 %) (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Komplikationen nach Cholezystektomien vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Cholezystektomien	176.026	180.425	167.373	167.913
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	234 - 58	280 - 76	305 - 72	341 - 89
Myokardinfarkt	369 - 94	407 - 101	392 - 96	289 - 93
Gastrointestinalen Blutung	788 - 126	889 - 166	851 - 147	952 - 173
Akute Nierenschädigung	5.351 - 1.284	5.684 - 1.280	6.178 - 1.386	6.423 - 1.454
Zystikusstumpfsuffizienz	1.349 - 227	1.399 - 220	1.409 - 244	1.330 - 210

Peritonitis	2.380 - 190	2.384 - 168	2.338 - 200	8.516 - 873
Sepsis	5.041 - 1.268	5.059 - 1.228	5.133 - 1.365	5.752 - 1.462
ARDS¹	257 - 135	221 - 115	241 - 119	351 - 191
COVID-19²	-	-	121 - 50	240 - 91
Pneumonie	3.660 - 819	3.727 - 788	3.780 - 891	3.705 - 980

¹ ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

² COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.3. Thyreoidektomien

Im Jahr 2018 wurden 22.517 Thyreoidektomien durchgeführt, 2019 stieg die Zahl auf 23.496 Eingriffe. Mit Beginn der COVID-19-Pandemie war ein Rückgang der Operationszahlen zu verzeichnen. Im Jahr 2020 wurden 21.080 Eingriffe vorgenommen, was einem Rückgang von 10,2 % im Vergleich zu 2019 entspricht. Im Jahr 2021 stieg die Zahl wieder leicht auf 21.375 Eingriffe an, was aber weiterhin 1.696 Eingriffe weniger als im letzten vor der Pandemie Jahr bedeutet. Die häufigste Altersgruppe bei diesen Eingriffen war durchgehend die Gruppe der unter 55-jährigen, im Jahr 2018 wurden in dieser Altersgruppe 12.953 Eingriffe durchgeführt, im Jahr 2019 waren es 13.179, im Jahr 2020 11.777 und im Jahr 2021 11.616 (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Anzahl der Thyreoidektomien vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Thyreoidektomie	22.517	23.496	21.080	21.375
< 55 Jahre	12.953	13.179	11.777	11.616
55 – 75 Jahre	8.378	9.074	8.252	8.589
> 75 Jahre	1.186	1.243	1.051	1.170

Die Mortalität nach Thyreoidektomie betrug in den Jahren 2018 und 2019 jeweils 0,1 % (22 bzw. 24 Todesfälle). Im ersten Pandemiejahr 2020 war ein Rückgang auf 0,07 % (15 Patienten) zu verzeichnen, gefolgt von einem Anstieg auf 0,13 % (27 Todesfälle) im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 12). Diese Schwankungen waren sta-

tistisch nicht signifikant. Die durchschnittliche Gesamtverweildauer im Krankenhaus wurde durch die Pandemie geringfügig beeinflusst. Sie lag in den Jahren 2018 und 2019 bei durchschnittlich 3,3 bzw. 3,2 Tagen. In den Pandemie Jahren reduzierte sich die Verweildauer auf 3,1 Tage (2020) und schließlich 3,0 Tage (2021) (vgl. Tabelle 13). Die Verweildauer auf Intensivstation blieb in allen Jahren unverändert bei 0,1 Tagen.

Tabelle 12: Die Sterblichkeit nach Thyreoidektomien in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2020
Thyreoidektomien	22 (0,1 %)	24 (0,1 %)	15 (0,07 %)	27 (0,13 %)

Tabelle 13: Liegedauer der Thyreoidektomien vor und während der Pandemie

Thyreoidektomien				
Liegedauer (SD) ¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	3,3 (4,0)	3,2 (3,9)	3,1 (3,5)	3 (4,4)
Normalstation	3,2 (3,6)	3,0 (3,3)	3 (3,2)	2,9 (4,2)
Intensivstation	0,1 (1,5)	0,1 (1,8)	0,1 (1,1)	0,1 (1)

¹ SD – standard deviation

Die postoperativen Komplikationen nach Thyreoidektomie wurden durch die COVID-19-Pandemie zahlenmäßig nicht statistisch signifikant beeinflusst. Die häufigste postoperative Komplikation war die Pneumonie, mit einer Inzidenz von 0,32 % (74 Fälle) im Jahr 2018, 0,34 % (80 Fälle) im Jahr 2019 sowie 0,32 % (69 Fälle) und 0,33 % (72 Fälle) in den Pandemie Jahren 2020 und 2021. An zweiter Stelle trat die akute Niereninsuffizienz auf, mit 0,26 % (59 Fälle) im Jahr 2018, 0,22 % (54 Fälle) im Jahr 2019 sowie 0,27 % (59 Fälle) und 0,29 % (63 Fälle) in den Pandemie Jahren 2020 und 2021. Für die Sepsis zeigten sich über den Untersuchungszeitraum keine pandemiebedingten Auffälligkeiten mit 0,10 % (23 Fälle) im Jahr 2018, 0,17 % (41 Fälle) im Jahr 2019, 0,13 % (29 Fälle) im Jahr 2020 und 0,12 % (26 Fälle) im Jahr 2021. Lungenembolien traten ebenfalls konstant auf, mit 0,03 % (9 Fälle) im Jahr 2018, 0,05 % (12 Fälle) im Jahr 2019, 0,03

% (8 Fälle) im Jahr 2020 und 0,03 % (7 Fälle) im Jahr 2021. Ähnlich verhielt es sich bei Myokardinfarkten, die zwischen 4 und 12 Fällen pro Jahr lagen, die Inzidenz war 0,05 % (12 Fälle) im Jahr 2018, 0,01 % (4 Fälle) im Jahr 2019, 0,02 % (6 Fälle) im Jahr 2020 und 0,05 % (11 Fälle) im Jahr 2021. Für das postoperative ARDS lagen im Jahr 2018 aufgrund von Datenschutzgründen keine auswertbaren Daten vor. In den Folgejahren wurden 0,02 % (5 Fälle) im Jahr 2019, 0,01 % (4 Fälle) im Jahr 2020 und 0,02 % (6 Fälle) im Jahr 2021 dokumentiert. Die Anzahl der SARS-CoV-2-positive Patientinnen und Patienten nach Thyreoidektomien wurden aus Datenschutzgründen bei geringer Fallzahl anonymisiert (in der Tabelle mit xxx angegeben), in dieser Gruppe traten jedoch keine Todesfälle auf (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Komplikationen nach Thyreoidektomien vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Thyreoidektomien	22.517	23.496	21.080	21.375
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	9 - xxx ¹	12 - xxx	8 - xxx	7 - 0
Myokardinfarkt	12 - 3	4 - 0	6 - 0	11 - xxx
Gastrointestinale Blutung	8 - 0	5 - xxx	8 - 0	10 - xxx
Akute Nierenschädigung	59 - 8	54 - 8	59 - 7	63 - 5
Peritonitis	0 - 0	xxx - 0	0 - 0	xxx - xxx
Sepsis	23 - 5	41 - 10	29 - 6	26 - 7
ARDS²	xxx - 0	5 - xxx	4 - xxx	6 - 3
COVID-19³	-	-	xxx - 0	xxx - 0
Pneumonie	74 - 5	80 - 10	69 - 8	72 - 16

¹ Aus Datenschutzgründen wurden geringe Fallzahlen anonymisiert

² ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

³ COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.4. Leistenhernienchirurgie

Die Hernienchirurgie war ebenfalls Teil dieser Arbeit mit Zahlen zu Leistenherniotomien mit Netzimplantation aller Art, sowohl offene (Lichtenstein) als auch minimal invasive Verfahren (TAPP/TEP). Im Jahr 2018 wurden 141.590 inguinale Herniotomien durchgeführt und 2019 146.823. Im ersten Jahr der Pandemie COVID-19 2020 gab es einen Rückgang der inguinalen Herniotomien um 23.630 Fälle (16,09 %) im Vergleich zum Vorjahr 2019. Es wurden im Jahr 2020 123.193 inguinale Herniotomien durchgeführt. Im folgenden Pandemiejahr 2021 blieb diese Zahl mit 122.592 Leistenherniotomien ungefähr konstant. Die Altersgruppe mit den meisten Leistenherniotomien war zwischen 55 und 75 Jahre alt mit 63.908 im Jahr 2018, 66.885 im Jahr 2019, 56.383 im Jahr 2020 und 57.264 im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl der inguinalen Herniotomien vor und während der Pandemie nach Altersgruppe

	2018	2019	2020	2021
Inguinale Herniotomie (TAPP¹, TEP², Lichtenstein)	141.590	146.823	123.193	122.592
< 55 Jahre	45.940	46.633	38.100	36.078
55 – 75 Jahre	63.908	66.885	56.383	57.264
> 75 Jahre	31.742	33.305	28.710	29.250

¹ TAPP: Transabdominelle Präperitoneale Patch-Plastik

² TEP: Total Extraperitoneale Plastik

Die Mortalität lag bei 0,16 % (n = 222) im Jahr 2018 und bei 0,14 % (n = 203) im Jahr 2019. In den Pandemie Jahren lag die Mortalität im Jahr 2020 bei 0,17 % (n = 209) und im Jahr 2021 bei 0,18 % (n = 215) (vgl. Tabelle 16). Statistisch wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Die durchschnittliche Gesamtverweildauer lag vor und während der Pandemie bei 2 Tagen bzw. 2,1 Tagen im Jahr 2018. Die Verweildauer auf der Intensivstation blieb in allen Jahren unverändert bei 0 Tagen (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 16: Die Sterblichkeit nach inguinalen Herniotomien in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Inguinale Herniotomie	222	203	209	215
(TAPP, TEP, Lichtenstein)	(0,16 %)	(0,14 %)	(0,17 %)	(0,18 %)

Tabelle 17: Liegedauer bei inguinalen Herniotomien vor und während der Pandemie

Inguinale Herniotomie				
Liegedauer (SD) ¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	2,1 (3,1)	2,0 (3,1)	2,0 (3,0)	2 (3,1)
Normalstation	2,1 (2,9)	2,0 (2,9)	2,0 (3,0)	1,9 (3,0)
Intensivstation	0,0 (0,7)	0,0 (0,7)	0,0 (0,6)	0,0 (0,5)

¹ SD – standard deviation

Die häufigste postoperative Komplikation war vor und während der Pandemiejahre die Niereninsuffizienz. Die Inzidenz lag bei 0,40 % (575 Fälle) im Jahr 2018, 0,43 % (635 Fälle) im Jahr 2019, 0,50 % (618 Fälle) im ersten Pandemiejahr 2020 und 0,52 % (647 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch konnte ein signifikanter Anstieg der akuten Niereninsuffizienzen in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu 2018 nachgewiesen werden, ebenso ein signifikanter Anstieg von 2019 auf 2021 ($p < 0,001$). Die zweithäufigste postoperative Komplikation war die Pneumonie, deren Inzidenz über den gesamten Beobachtungszeitraum weitgehend stabil blieb. Im Jahr 2018 lag die Rate bei 0,29 % (415 Fälle), 2019 bei 0,30 % (444 Fälle). In den Pandemie Jahren zeigte sich kein relevanter Anstieg, mit 0,30 % (381 Fälle) im Jahr 2020 und 0,31 % (384 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren konnten nicht nachgewiesen werden. Während der COVID-19-Pandemie war ein Anstieg der postoperativen Sepsis-Inzidenz zu beobachten. Im Jahr 2018 wurden 0,12 % (181 Fälle) registriert, 2019 blieb die Rate mit 0,12 % (182 Fälle) nahezu unverändert. Im Jahr 2020 stieg die Inzidenz leicht auf 0,15 % (190 Fälle) und erreichte im Jahr 2021 mit 0,17 % (218 Fälle) ihren Höchstwert. Der Anstieg zwischen den Vorpandemie Jahren (2018–2019) und dem Jahr 2021 war statistisch signifikant ($p <$

0,001). Ein Anstieg der Peritonitiden wurde im Jahr 2021 beobachtet, mit 0,20 % (256 Fälle) im Vergleich zu 0,07 % (103 Fälle) im Jahr 2018, 0,06 % (99 Fälle) im Jahr 2019 und 0,08 % (107 Fälle) im ersten Pandemiejahr 2020. Statistische Signifikanz erreichte der Anstieg der Peritonitiden im Jahr 2021 im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 ($p < 0,001$). Anastomoseninsuffizienzen, die mutmaßlich infolge von Darmresektionen während der Herniotomien auftraten, zeigten im Beobachtungszeitraum keine wesentlichen Veränderungen. Die Inzidenz lag bei 0,07 % (110 Fälle) im Jahr 2018, 0,07 % (105 Fälle) im Jahr 2019, 0,08 % (102 Fälle) im Jahr 2020 und 0,07 % (98 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Jahren. Die Inzidenz postoperativer gastrointestinaler Blutungen zeigte während der COVID-19-Pandemie keine konsistente Veränderung. Im Jahr 2018 wurden 0,08 % (126 Fälle) dokumentiert, 2019 0,10 % (156 Fälle), 2020 0,09 % (116 Fälle) und 2021 0,11 % (145 Fälle). Statistisch waren die Unterschiede zwischen den Jahren nicht signifikant. Die Inzidenz postoperativer Lungenembolien betrug 0,02 % (35 Fälle) im Jahr 2018, stieg auf 0,03 % (49 Fälle) im Jahr 2019, sank auf 0,02 % (32 Fälle) im Jahr 2020 und erhöhte sich erneut auf 0,03 % (44 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt werden. Die Inzidenz postoperativer Myokardinfarkte blieb über den Beobachtungszeitraum stabil und zeigte keine statistisch signifikanten Veränderungen, mit 0,05 % (72 Fälle) im Jahr 2018, 0,04 % (66 Fälle) im Jahr 2019, 0,05 % (66 Fälle) im Jahr 2020 und 0,04 % (59 Fälle) im Jahr 2021. Es gab sieben (0,005%) infizierte Patientinnen und Patienten mit SARS-CoV-2 im Jahr 2020, von denen drei (0,002%) starben und 24 Infizierte im Jahr 2021 mit acht Verstorbenen (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Komplikationen nach inguinalen Herniotomien vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Inguinale Herniotomie	141.590	146.823	123.193	122.592
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	35 - 10	49 - 11	32 - xxx ¹	44 - 8

Myokardinfarkt	72 - 13	66 - 7	66 - 17	59 - xxx
Gastrointestinale Blutung	126 - 12	156 - 17	116 - 11	145 - xxx
Akute Nierenschädigung	575 - 108	635 - 94	618 - 95	647 - 110
Anastomososeninsuffizienz	110 - 11	105 - 12	102 - 8	98 - xxx
Peritonitis	103 - 6	99 - 5	107 - xxx	256 - xxx
Sepsis	181 - 63	182 - 56	190 - 68	218 - 74
ARDS²	11 - 7	21 - 9	11 - xxx	24 - 11
COVID-19³	-	-	7 - 3	24 - 8
Pneumonie	415 - 77	444 - 68	381 - 65	384 - 79

¹ Aus Datenschutzgründen wurden geringe Fallzahlen anonymisiert

² ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

³ COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.5. Kolorektale Chirurgie

Gemäß der Erhebungen des Statistischen Bundesamtes wurden in Deutschland im Jahr 2018 insgesamt 98.469 kolorektale Eingriffe durchgeführt. Im Jahr 2019 stieg die Zahl leicht auf 99.208 an, bevor sie im ersten Jahr der COVID-19-Pandemie 2020 zurückging. Die Anzahl der kolorektalen Eingriffe sank um 8.463 auf 90.745, was einem Rückgang von etwa 8,5 % im Vergleich zu 2019 entspricht. Im darauffolgenden Jahr 2021 setzte sich dieser Trend fort. Die Fallzahl ging um weitere 1.565 Eingriffe auf insgesamt 89.180 zurück. Am häufigsten wurden kolorektale Eingriffe in der Altersgruppe der 55- bis 75-Jährigen durchgeführt. In dieser Gruppe wurde im Jahr 2018 insgesamt 47.485 Eingriffe dokumentiert, im Jahr 2019 waren es 48.513, im Jahr 2020 sank die Zahl auf 44.547 und im Jahr 2021 weiter auf 43.947 (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Anzahl der kolorektalen Operationen vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Kolorektale Operationen	98.469	99.208	90.745	89.180
< 55 Jahre	17.776	17.659	16.141	15.716

55 – 75 Jahre	47.485	48.513	44.547	43.947
> 75 Jahre	33.208	33.036	30.057	29.517

Die Mortalitätsrate lag im Jahr 2018 bei 7,47 % (n= 7.351) und im Jahr 2019 bei 7,37 % (n= 7.313). Während der COVID-19-Pandemie stieg die Mortalität auf 7,84 % (n= 7.110) im Jahr 2020 und weiter auf 7,95 % (n= 7.088) im Jahr 2021 an (vgl. Tabelle 20). Statistisch zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Mortalität im Jahr 2021 im Vergleich zu den beiden Vorpandemiejahren 2018 und 2019 sowie auch im Vergleich zwischen 2019 und 2020 ($p < 0,001$). Im Hinblick auf die durchschnittliche Gesamtverweildauer zeigte sich während der Pandemiejahre eine tendenzielle Verkürzung dieser. Vor der Pandemie betrug die durchschnittliche Verweildauer 19,3 Tage im Jahr 2018 und 18,8 Tage im Jahr 2019. Im Jahr 2020 verringerte sich dieser Wert auf 18,4 Tage und sank im Jahr 2021 weiter auf 18,0 Tage. Auch die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation nahm während der Pandemie ab. In den Jahren 2018 und 2019 lag die durchschnittliche Intensivverweildauer bei 1,5 Tagen, während sie 2020 auf 1,4 Tage und auf 2021 auf 1,3 Tage sank (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 20: Die Sterblichkeit nach kolorektalen Operationen in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Kolorektale Operationen	7.351 (7,47 %)	7.313 (7,37 %)	7.110 (7,84 %)	7.088 (7,95 %)

Tabelle 21: Liegedauer kolorektaler Operationen vor und während der Pandemie

Kolorektale Operationen				
Liegedauer (SD)¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	19,3 (17,3)	18,8 (17)	18,4 (16,7)	18 (16,7)
Normalstation	17,8 (15,9)	17,3 (15,6)	16,9 (15,2)	16,7 (15,5)
Intensivstation	1,5 (6,5)	1,5 (6,3)	1,4 (6,4)	1,3 (6,0)

¹ SD – standard deviation

Unter den postoperativen Komplikationen war die akute Niereninsuffizienz in den Jahren 2018 bis 2020 die häufigste Komplikation. Die Zahl der dokumentierten akuten Niereninsuffizienzen betrug 10,89 % (10.731 Fälle) im Jahr 2018, 11,26 % (11.180 Fälle) im Jahr 2019 und stieg in den Pandemie Jahren auf 12,28 % (11.144 Fälle) im Jahr 2020 sowie 12,51 % (11.158 Fälle) im Jahr 2021. Es zeigte sich statistisch ein signifikanter Anstieg der akuten Niereninsuffizienzen in den Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu den Vorpandemie Jahren ($p < 0,001$). Die zweithäufigste Komplikation war die Sepsis mit 9,22 % (9.079 Fälle) im Jahr 2018, 9,31 % (9.238 Fälle) im Jahr 2019, einem Anstieg auf 9,61 % (8.728 Fälle) im Jahr 2020 und einem erneuten Anstieg auf 10,20 % (9.099 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch gesehen war der Anstieg im Jahr 2021 im Vergleich zu allen anderen Jahren signifikant ($p < 0,001$), während zwischen den übrigen Jahren keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. An dritter Stelle der postoperativen Komplikationen standen die Anastomoseninsuffizienzen. Vor der Pandemie wurden 8,82 % (8.812 Fälle) im Jahr 2018 und 8,88 % (8.816 Fälle) im Jahr 2019 dokumentiert. In den Pandemie Jahren sank die Inzidenz auf 8,69 % (8.144 Fälle) im Jahr 2020 und 8,54 % (8.041 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren. Im Jahr 2021 zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Peritonitis, die in diesem Jahr die höchste Inzidenz im gesamten Untersuchungszeitraum aufwies. Die Fallzahl stieg im Vergleich zum Vorjahr 2020 (1.959 Fälle) auf das Fünffache an. Es wurden 12,80 % (11.417 Fälle) dokumentiert. In den Jahren 2018 und 2019 lagen die Fallzahlen mit 2,08 % (2.058 Fälle) bzw. 2,06 % (2.048 Fälle) auf einem vergleichbaren Niveau. Der Anstieg im Jahr 2021 war statistisch signifikant im Vergleich zu allen anderen Jahren ($p < 0,001$), während zwischen den Jahren 2018, 2019 und 2020 keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Die Inzidenz postoperativer Pneumonien stieg von 8,06 % (7.942 Fälle) im Jahr 2018 auf 8,56 % (8.493 Fälle) im Jahr 2019 an und nahm in den ersten Pandemie Jahren erneut zu, mit 8,83 % (8.018 Fälle) im Jahr 2020, bevor sie im Jahr 2021 wieder auf 8,54 % (7.616 Fälle) zurückging. Statistisch zeigte sich eine signifikante Zunahme der Pneumonien in den Jahren 2019 sowie 2020 und 2021 im Vergleich zu 2018 (jeweils $p < 0,001$). Ein Anstieg wurde auch beim ARDS im zweiten Pandemie Jahr

beobachtet. Die Fallzahlen lagen bei 0,68 % (677 Fälle) im Jahr 2018, 0,67 % (672 Fälle) im Jahr 2019, 0,69 % (629 Fälle) im Jahr 2020 und 0,79 % (708 Fälle) im Jahr 2021. Trotz dieses Anstiegs ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren. Die Inzidenz postoperativer gastrointestinaler Blutungen stieg von 3,99 % (3.930 Fälle) im Jahr 2018 auf 4,23 % (4.204 Fälle) im Jahr 2019 und nahm in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 leicht auf 4,31 % (3.918 Fälle) bzw. 4,28 % (3.818 Fälle) ab. Ein signifikanter Anstieg wurde lediglich zwischen 2018 und 2020 festgestellt ($p < 0,001$). Bei den Lungenembolien war während der Pandemie ein kontinuierlicher Anstieg der Inzidenz zu beobachten mit 1,25 % (1.237 Fälle) im Jahr 2018, 1,27 % (1.266 Fälle) im Jahr 2019, 1,52 % (1.385 Fälle) im Jahr 2020 und 1,63 % (1.455 Fälle) im Jahr 2021. Dieser Anstieg in den Pandemie Jahren im Vergleich mit den Vorpandemie Jahren war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Demgegenüber zeigte sich bei den Myokardinfarkten ein rückläufiger Trend mit 0,83 % (827 Fälle) im Jahr 2018, 0,76 % (756 Fälle) im Jahr 2019, 0,77 % (701 Fälle) im Jahr 2020 und 0,69 % (618 Fälle) im Jahr 2021. Diese Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Im Zusammenhang mit COVID-19 wurden im Jahr 2020 insgesamt 208 (0,22%) infizierte Patientinnen und Patienten mit kolorektalem Eingriff registriert, von denen 92 (0,1%) verstarben. Im Jahr 2021 stieg die Zahl der infizierten Patientinnen und Patienten auf 438 (0,49%), bei denen 186 (0,2 %) Todesfälle dokumentiert wurden (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Komplikationen nach kolorektalen Operationen vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Kolorektale Operationen	98.469	99.208	90.745	89.180
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	1.237 - 287	1.266 - 291	1.385 - 324	1.455 - 334
Myokardinfarkt	827 - 296	756 - 227	701 - 247	618 - 217
Gastrointestinale Blutung	3.930 - 610	4.204 - 653	3.918 - 655	3.818 - 665
Akute Nierenschädigung	10.731 - 3.992	11.180 - 4.016	11.144 - 4.035	11.158 - 4.006

Anastomosensinsuffizienz	8.812 - 1.337	8.816 - 1.306	8.144 - 1.266	8.041 - 1.272
Peritonitis	2.058 - 500	2.048 - 548	1.958 - 492	11.417 - 2.844
Sepsis	9.079 - 3.763	9.238 - 3.822	8.728 - 3.854	9.099 - 4.031
ARDS¹	677 - 402	672 - 367	629 - 342	708 - 424
COVID-19²	-	-	208 - 92	438 - 186
Pneumonie	7.942 - 2.195	8.493 - 2.385	8.018 - 2.412	7.616 - 2.379

¹ ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

² COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.6. Pankreaschirurgie

Pankreasresektionen zeigten nach den vorliegenden Daten keine pandemiebedingten Rückgänge. Im Jahr 2018 wurden bundesweit 10.842 Pankreasresektionen (einschließlich Pankreaskopfresektionen, Linksresektionen und totale Pankreatektomien) durchgeführt. Im Jahr 2019 stieg die Zahl leicht auf 10.968. Auch in den Pandemie Jahren blieb das Fallaufkommen stabil bzw. nahm zu mit 11.082 Eingriffen im Jahr 2020 und 10.926 im Jahr 2021. Am häufigsten wurden Pankreaseingriffe in der Altersgruppe zwischen 55 und 75 Jahren durchgeführt. In dieser Gruppe wurden 6.272 Resektionen im Jahr 2018, 6.226 im Jahr 2019, 6.316 im Jahr 2020 und 6.346 im Jahr 2021 durchgeführt (vgl. Tabelle 23).

Tabelle 23: Anzahl der Pankreasresektionen vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Pankreasresektionen	10.842	10.968	11.082	10.926
< 55 Jahre	1.765	1.772	1.743	1.539
55 – 75 Jahre	6.272	6.226	6.316	6.346
> 75 Jahre	2.805	2.970	3.023	3.041

Im Verlauf der COVID-19-Pandemie zeigte sich bei Patientinnen und Patienten nach Pankreasresektionen ein tendenzieller Rückgang der Mortalität. Im Jahr 2018 lag die postoperative Mortalität bei 9,03 % (n= 979), im Jahr 2019 bei

8,77 % (n= 962). In den Pandemie Jahren 2020 und 2021 ging sie auf 8,30 % (n= 920) bzw. 7,99 % (n= 873) (vgl. Tabelle 24) weiter zurück. Die beobachteten Unterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant. Auch bei der stationären durchschnittlichen Gesamtverweildauer zeigte sich ein rückläufiger Trend. Vor Beginn der Pandemie betrug die durchschnittliche Verweildauer 26,7 Tage im Jahr 2018 und 26,0 Tage im Jahr 2019. In den Pandemie Jahren verkürzte sich diese auf 25,4 Tage im Jahr 2020 und 25,3 Tage im Jahr 2021. Die Verweildauer auf der Intensivstation blieb im Jahr 2020 im Vergleich zu den Vorjahren stabil: im Jahr 2018 lag sie bei 2,8 Tagen, im Jahr 2019 bei 2,7 Tagen, im Jahr 2020 bei 2,7 Tagen und ging im Jahr 2021 zurück auf durchschnittlich 2,3 Tage (vgl. Tabelle 25).

Tabelle 24: Die Sterblichkeit nach Pankreasresektionen vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Pankreasresektionen	979 (9,03 %)	962 (8,77 %)	920 (8,3 %)	873 (7,99 %)

Tabelle 25: Liegedauer der Pankreasresektionen vor und während der Pandemie

Pankreasresektionen				
Liegedauer (SD)¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	26,7 (19,7)	26,0 (18,7)	25,4 (19,4)	25,3 (19,1)
Normstation	23,9 (18,0)	23,3 (17,0)	22,7 (17,2)	23 (17,6)
Intensivstation	2,8 (8,6)	2,7 (8,2)	2,7 (8,7)	2,3 (7,5)

¹ SD – standard deviation

In den Jahren vor der COVID-19-Pandemie gehörten die Anastomosensuffizienzen zu den häufigsten Komplikationen nach Pankreasresektionen. Auch in den Pandemie Jahren stellten sie die zweithäufigste Komplikation dar. Die Häufigkeit blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum weitgehend stabil mit 13,32 % (1.445 Fälle) im Jahr 2018, 13,84 % (1.518 Fälle) im Jahr 2019, 13,82 % (1.532 Fälle) im Jahr 2020 und 13,48 % (1.508 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt werden. Im

ersten Pandemiejahr 2020 trat die akute Niereninsuffizienz mit 14,14 % (1.567 Fälle) erstmals an die Spitze der Komplikationen. Im Jahr 2021 sank der Anteil auf 13,52 % (1.478 Fälle), womit die Niereninsuffizienz an zweiter Stelle lag. Auch in den Jahren vor der Pandemie war sie eine der häufigsten Komplikationen, mit 12,86 % (1.395 Fälle) im Jahr 2018 und 13,82 % (1.516 Fälle) im Jahr 2019. Auch hier zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im Jahresvergleich. Im Jahr 2021 kam es hingegen zu einem sprunghaften Anstieg der Peritonitis-Inzidenz. Mit 13,80 % (1.508 Fälle) lag die Fallzahl rund fünfmal höher als im Vorjahr 2020 mit 1,88 % (209 Fälle). Auch im Vergleich zu den Jahren 2018 mit 1,94 % (211 Fälle) und 2019 mit 2,06 % (226 Fälle) zeigte sich eine deutliche Zunahme. Dieser Anstieg der Peritonitis im Jahr 2021 im Vergleich mit allen anderen Jahren war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die Sepsis gehörte ebenfalls zu den häufigen postoperativen Komplikationen und zeigte über den Untersuchungszeitraum hinweg nur geringe Schwankungen. Die Inzidenz betrug 12,37 % (1.342 Fälle) im Jahr 2018, 12,56 % (1.378 Fälle) im Jahr 2019, fiel im ersten Pandemiejahr 2020 auf 10,90 % (1.218 Fälle) und stieg 2021 wieder auf 11,62 % (1.270 Fälle) an. Statistisch signifikante Unterschiede wurden hierbei nicht festgestellt. Die Inzidenz postoperativer Pneumonien zeigte während der Pandemie einen rückläufigen Trend: 11,38 % (1.234 Fälle) im Jahr 2018, 11,79 % (1.294 Fälle) im Jahr 2019, 11,36 % (1.260 Fälle) im Jahr 2020 und 10,76 % (1.176 Fälle) im Jahr 2021. Dieser Rückgang war jedoch statistisch nicht signifikant. Bei den gastrointestinalen Blutungen zeigte sich während der Pandemie ebenfalls eine abnehmende Tendenz. Die Inzidenz betrug 4,03 % (438 Fälle) im Jahr 2018, 4,28 % (470 Fälle) im Jahr 2019, 4,17 % (463 Fälle) im Jahr 2020 und 3,72 % (407 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Jahren bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Die Inzidenz postoperativer Lungenembolien zeigte in den Pandemiejahren einen Anstieg. Vor der Pandemie lag sie bei 2,52 % (274 Fälle) im Jahr 2018 und 2,28 % (251 Fälle) im Jahr 2019. Im Jahr 2020 stieg die Inzidenz auf 2,68 % (298 Fälle) und im Jahr 2021 auf 3,04 % (333 Fälle). Der Anstieg von 2019 zu 2021 war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Myokardinfarkte traten vergleichsweise selten auf, ohne dass signifikante Veränderungen über die Jahre erkennbar waren, mit 0,91 % (99 Fälle) im Jahr 2018, 0,76 % (84 Fälle)

im Jahr 2019, 0,83 % (92 Fälle) im Jahr 2020 und erneut 0,76 % (84 Fälle) im Jahr 2021. Im Rahmen der COVID-19-Pandemie wurden vereinzelte Fälle von SARS-CoV-2-infizierten Patientinnen und Patienten nach Pankreasresektion dokumentiert. Im Jahr 2020 wurden 0,18 % (21 Fälle) infizierte Patientinnen und Patienten registriert, von denen 0,09 % (10 Fälle) verstarben. Im Folgejahr 2021 stieg die Zahl auf 0,50 % (55 Fälle) COVID-19-positive, operierte Patientinnen und Patienten, mit einer Letalität von 0,19 % (21 Todesfällen) (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 26: Komplikationen nach Pankreasresektionen vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2020
Pankreasresektionen	10.842	10.968	11.082	10.926
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	274 - 53	251 - 52	298 - 54	333 - 53
Myokardinfarkt	99 - 38	84 - 29	92 - 41	84 - 28
Gastrointestinale Blutung	438 - 111	470 - 89	463 - 92	407 - 88
Akute Nierenschädigung	1.395 - 598	1.516 - 598	1.568 - 571	1.478 - 546
Anastomosensuffizienz	1.445 - 366	1.518 - 367	1.532 - 357	1.473 - 356
Peritonitis	211 - 58	226 - 73	209 - 58	1.508 - 330
Sepsis	1.342 - 530	1.378 - 485	1.218 - 475	1.270 - 458
ARDS¹	121 - 79	118 - 75	103 - 60	107 - 65
COVID-19²	-	-	21 - 10	55 - 21
Pneumonie	1.234 - 307	1.294 - 291	1.260 - 311	1.176 - 289

¹ ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

² COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.7. Leberchirurgie

Im Jahr 2018 wurden bundesweit 22.226 Leberresektionen durchgeführt, im Folgejahr 2019 waren es 21.665 Eingriffe. Während der COVID-19-Pandemie kam es zu einem moderaten Rückgang der Operationszahlen. Im Jahr 2020 wur-

den 21.049 Leberresektionen verzeichnet (–2,8 % im Vergleich zu 2019), im Jahr 2021 sank die Zahl weiter auf 20.082 Eingriffe. Die Altersgruppe mit der höchsten Eingriffszahl war durchgehend die der 55- bis 75-Jährigen. Im Jahr 2018 wurden in dieser Altersgruppe 12.567 Leberresektionen durchgeführt, 12.296 im Jahr 2019, 11.932 im Jahr 2020 und 11.432 im Jahr 2021. Diese Entwicklung zeigt einen schrittweisen Rückgang über den gesamten Beobachtungszeitraum (vgl. Tabelle 27).

Tabelle 27: Anzahl der Leberoperationen vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Leberoperationen	22.226	21.665	21.049	20.082
< 55 Jahre	4.490	4.286	4.151	3.977
55 – 75 Jahre	12.567	12.296	11.932	11.432
> 75 Jahre	5.169	5.083	4.966	4.673

Die Mortalität nach Leberresektionen lag im Jahr 2018 bei 5,03 % (n= 1.118) und im Jahr 2019 bei 5,02 % (n= 1.088). Während der COVID-19-Pandemie war ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Im Jahr 2020 betrug die Mortalität 4,94 % (n= 1.040) und sank im Jahr 2021 weiter auf 4,71 % (n= 946) (vgl. Tabelle 28). Statistisch ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren. Die durchschnittliche Gesamtverweildauer vor der Pandemie war mit 15,4 Tagen im Jahr 2018 und 15,6 Tagen im Jahr 2019 vergleichbar. In den Pandemie Jahren war ein moderater Rückgang auf 15,0 Tagen im Jahr 2020 und 14,5 Tage im Jahr 2021 zu beobachten. Auch die Verweildauer auf der Normalstation reduzierte sich im Pandemieverlauf. Während sie vor der Pandemie bei durchschnittlich 14,1 Tagen (2018) und 14,3 Tagen (2019) lag, betrug sie 13,7 Tage im Jahr 2020 und 13,4 Tage im Jahr 2021. Die Intensivverweildauer lag im Jahr 2018 und erneut im Jahr 2020 bei jeweils 1,3 Tagen. Im Jahr 2019 war sie mit 1,4 Tagen leicht erhöht, bevor sie im zweiten Pandemiejahr 2021 auf 1,1 Tage sank (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 28: Die Sterblichkeit nach Leberresektionen in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Leberresektionen	1.118 (5,03 %)	1.088 (5,02 %)	1.040 (4,94 %)	946 (4,71 %)

Tabelle 29: Liegedauer der Leberresektionen vor und während der Pandemie

Leberresektionen				
Liegedauer (SD) ¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	15,4 (15,8)	15,6 (16,5)	15,0 (15,5)	14,5 (15,3)
Normalstation	14,1 (14,2)	14,3 (14,8)	13,7 (13,8)	13,4 (14,1)
Intensivstation	1,3 (5,9)	1,4 (6,3)	1,3 (5,7)	1,1 (5,1)

¹ SD – standard deviation

Die akute Niereninsuffizienz war in allen untersuchten Jahren die häufigste postoperative Komplikation. Die Inzidenz lag bei 7,93 % (1.764 Fälle) im Jahr 2018, 8,76 % (1.900 Fälle) im Jahr 2019, 8,97 % (1.889 Fälle) im Jahr 2020 und 8,85 % (1.779 Fälle) im Jahr 2021. Im Vergleich zu 2018 zeigte sich in den Pandemie-jahren 2020 und 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg ($p < 0,001$). Die zweit-häufigste postoperative Komplikation war die Sepsis. Die Inzidenz lag bei 6,36 % (1.414 Fälle) im Jahr 2018 und 6,72 % (1.457 Fälle) im Jahr 2019. In den Pande-miejahren sank sie auf 6,35 % (1.337 Fälle) im Jahr 2020 und 6,21 % (1.249 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Jahren zeigten sich keine statistisch signifi-kanten Unterschiede. Anastomoseninsuffizienzen lagen an dritter Stelle der Komplikationen. Die Inzidenz blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum stabil mit 5,14 % (1.143 Fälle) im Jahr 2018, 5,03 % (1.091 Fälle) im Jahr 2019, 5,42 % (1.142 Fälle) im Jahr 2020 und 5,17 % (1.040 Fälle) im Jahr 2021. Statis-tisch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt werden. Im Jahr 2021 betrug die Inzidenz der Peritonitis 7,20 % (1.446 Fälle) und lag damit drei- bis viermal höher als in den Vorjahren mit 1,37 % (307 Fälle) im Jahr 2018, 1,44 % (314 Fälle) im Jahr 2019 und 1,52 % (322 Fälle) im Jahr 2020. Dieser Anstieg war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die Inzidenz der Lungen-embolien zeigte in den Pandemie-jahren einen leichten Anstieg von 1,57 % (351

Fälle) im Jahr 2018 auf 1,54 % (335 Fälle) im Jahr 2019, 1,69 % (357 Fälle) im Jahr 2020 und 1,80 % (362 Fälle) im Jahr 2021, wobei zwischen den einzelnen Jahren keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Die Inzidenz postoperativer Myokardinfarkte blieb vor und während der Pandemie weitgehend konstant mit 0,47 % (106 Fälle) im Jahr 2018, 0,40 % (87 Fälle) im Jahr 2019, 0,38 % (81 Fälle) im Jahr 2020 und 0,41 % (84 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Jahren wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt. Postoperative gastrointestinale Blutungen traten mit geringen Schwankungen auf. Es wurde eine Inzidenz von 1,79 % (399 Fälle) im Jahr 2018, 1,97 % (428 Fälle) im Jahr 2019, 1,92 % (406 Fälle) im Jahr 2020 und 1,93 % (389 Fälle) im Jahr 2021 dokumentiert. Statistisch war kein signifikanter Unterschied erkennbar. Die Pneumonie war die häufigste pulmonale Komplikation. Die Inzidenz betrug 5,97 % (1.327 Fälle) im Jahr 2018, 6,58 % (1.427 Fälle) im Jahr 2019, 6,58 % (1.384 Fälle) im Jahr 2020 und 5,61 % (1.128 Fälle) im Jahr 2021. Der Rückgang im Jahr 2021 im Vergleich zu 2019 war statistisch signifikant ($p < 0,001$). ARDS trat in den Jahren 2018 bis 2020 konstant auf mit einer Inzidenz von 0,48 % (108 Fälle), 0,49 % (107 Fälle) und 0,51 % (108 Fälle), bevor sie im Jahr 2021 auf 0,43 % (88 Fälle) zurückging. Statistisch zeigte sich auch hier kein signifikanter Unterschied. Im Jahr 2020 wurden 0,18 % (38 Fälle) Patientinnen und Patienten mit einer SARS-CoV-2-Infektion im Zusammenhang mit einer Leberresektion registriert, von denen 0,08 % (18 Fälle) verstarben. Im Jahr 2021 stieg die Zahl infizierter Patientinnen und Patienten auf 0,24 % (50 Fälle), bei gleichzeitigem Rückgang der Mortalität auf 0,07 % (16 Todesfälle) (vgl. Tabelle 30).

Tabelle 30: Komplikationen nach Leberresektionen vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Leberresektionen	22.226	21.665	21.049	20.082
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	351 - 79	335 - 74	357 - 57	362 - 68
Myokardinfarkt	106 - 32	87 - 26	81 - 23	84 - 26
Gastrointestinale Blutung	399 - 101	428 - 97	406 - 83	389 - 96

Akute Nierenschädigung	1.764 - 660	1.900 - 628	1.889 - 594	1.779 - 582
Anastomoseninsuffizienz	1.143 - 207	1.091 - 220	1.142 - 204	1.040 - 212
Peritonitis	307 - 64	314 - 66	322 - 55	1.446 - 300
Sepsis	1.414 - 523	1.457 - 513	1.337 - 499	1.249 - 485
ARDS¹	108 – 70	107 - 64	108 - 74	88 - 57
COVID-19²	-	-	38 - 18	50 - 16
Pneumonie	1.327 - 170	1.427 - 66	1.386 - 378	1.128 - 323

¹ ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

² COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.8. Ösophaguschirurgie

Die Fallzahlen der Ösophagusresektionen blieben über die Jahre stabil mit 3.692 Eingriffe im Jahr 2018, 3.760 im Jahr 2019, 3.767 im Jahr 2020 und 3.770 im Jahr 2021. Die größte Patientengruppe bildeten in allen Jahren die der 55- bis 75-Jährigen. In dieser Altersgruppe wurden 2.450 Eingriffe im Jahr 2018, 2.538 im Jahr 2019, 2.556 im Jahr 2020 und 2.563 im Jahr 2021 durchgeführt. Auch hier war kein pandemiebedingter Rückgang zu verzeichnen (vgl. Tabelle 31).

Tabelle 31: Anzahl der Ösophagusresektionen vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Ösophagusresektionen	3.692	3.760	3.767	3.770
< 55 Jahre	593	581	582	557
55 – 75 Jahre	2.450	2.538	2.556	2.563
> 75 Jahre	649	641	629	650

Die Mortalitätsrate nach Ösophagusresektionen zeigte im Untersuchungszeitraum keine Unterschiede zwischen den Vorpandemie- und Pandemie Jahren. Im Jahr 2018 lag die Mortalität bei 7,88 % (n = 291), 2019 bei 8,46 % (n = 318). In den Pandemie Jahren wurde ein Rückgang auf 7,62 % im Jahr 2020 (n = 287) beobachtet, gefolgt von einem moderaten Anstieg auf 8,09 % (n = 305) im Jahr

2021. Statistische Analysen zeigten jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Jahren (vgl. Tabelle 32). Die durchschnittliche Gesamtverweildauer blieb in den Jahren 2018 und 2019 mit jeweils 29,1 Tagen konstant. Davon entfielen 23,7 Tage im Jahr 2018 bzw. 23,6 Tage im Jahr 2019 auf die Normalstation, während die Intensivstationsverweildauer 5,4 Tage im Jahr 2018 bzw. 5,5 Tage im Jahr 2019 betrug. In den Pandemiejahren kam es zu einer Reduktion der Aufenthaltsdauer. Die durchschnittliche Gesamtverweildauer betrug 28 Tage im Jahr 2020 und 27 Tage im Jahr 2021. Die Intensivverweildauer sank dabei auf 5,3 Tage im Jahr 2020 und 4,4 Tage im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 33).

Tabelle 32: Die Sterblichkeit nach Ösophagusresektionen in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Ösophagusresektionen	291 (7,88 %)	318 (8,46 %)	287 (7,62 %)	305 (8,09 %)

Tabelle 33: Liegedauer der Ösophagusresektionen vor und während der Pandemie

Ösophagusresektionen				
Liegedauer (SD) ¹	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	29,1 (23,7)	29,1 (25,5)	28,0 (24,2)	27 (23,4)
Normalstation	23,7 (20,7)	23,6 (21,8)	22,7 (21,4)	22,6 (20,4)
Intensivstation	5,4 (14,3)	5,5 (14,9)	5,3 (13,5)	4,4 (12,49)

¹ SD – standard deviation

Die häufigste postoperative Komplikation nach Ösophagusresektion war in allen Jahren die Pneumonie. Die Inzidenz lag bei 26,78 % (989 Fälle) im Jahr 2018, stieg leicht auf 27,02 % (1.016 Fälle) im Jahr 2019 und erreichte 28,16 % (1.061 Fälle) im Jahr 2020. Im Jahr 2021 fiel die Inzidenz auf 25,70 % (969 Fälle) zurück. Statistisch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren. An zweiter Stelle traten Anastomoseninsuffizienzen auf. Die Inzidenz lag bei 21,69 % (801 Fälle) im Jahr 2018 und stieg auf 22,84 % (859 Fälle) im Jahr 2019.

In den Pandemie Jahren zeigte sich ein Rückgang auf 22,16 % (835 Fälle) im Jahr 2020, gefolgt von einem Anstieg auf 23,36 % (881 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt werden. Die Sepsis war die dritthäufigste Komplikation mit einer Inzidenz von 16,35 % (604 Fälle) im Jahr 2018, 15,63 % (588 Fälle) im Jahr 2019, 14,89 % (561 Fälle) im Jahr 2020 und 15,17 % (572 Fälle) im Jahr 2021. Zwischen den Jahren konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die akute Niereninsuffizienz zeigte einen leichten Anstieg in den Pandemie Jahren, jedoch ohne statistische Signifikanz. Die Inzidenz lag bei 11,80 % (436 Fälle) im Jahr 2018, 12,04 % (453 Fälle) im Jahr 2019, 12,37 % (466 Fälle) im Jahr 2020 und 12,30 % (464 Fälle) im Jahr 2021. Die Inzidenz postoperativer Lungenembolien nahm in den Pandemie Jahren zu mit 3,57 % (132 Fälle) im Jahr 2018, 3,80 % (143 Fälle) im Jahr 2019, 4,08 % (154 Fälle) im Jahr 2020 und 4,16 % (157 Fälle) im Jahr 2021. Auch hier wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt. Die Häufigkeit von Myokardinfarkten nahm während der Pandemie leicht ab: 0,94 % (35 Fälle) im Jahr 2018, 0,79 % (30 Fälle) im Jahr 2019, 0,76 % (29 Fälle) im Jahr 2020 und 0,74 % (28 Fälle) im Jahr 2021. Auch hier waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant. Eine detaillierte Auswertung der Peritonitisfälle war aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich; es wurden 0,73 % (27 Fälle) im Jahr 2018 und 0,69 % (26 Fälle) im Jahr 2020 dokumentiert. Das Auftreten eines ARDS blieb über alle Jahre hinweg weitgehend konstant: 2,78 % (103 Fälle) im Jahr 2018, 3,29 % (124 Fälle) im Jahr 2019, 2,97 % (112 Fälle) im Jahr 2020 und 2,75 % (104 Fälle) im Jahr 2021. Statistisch wurden für alle postoperativen Komplikationen nach Ösophagusresektionen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren festgestellt. Daten zur Anzahl COVID-19-positiver Patientinnen und Patienten lagen aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht vollständig vor. Es ist jedoch bekannt, dass im Jahr 2020 insgesamt 0,26 % (n = 10) und im Jahr 2021 0,29 % (n = 11) der Patientinnen und Patienten nach Ösophagusresektion mit bestätigter SARS-CoV-2-Infektion verstarben, was jeweils lediglich 10 bzw. 11 Fälle innerhalb der Gesamtheit der operierten Patientinnen und Patienten entsprach (vgl. Tabelle 34).

Tabelle 34: Komplikationen nach Ösophagusresektionen vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Ösophagusresektionen	3.692	3.760	3.767	3.770
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	132 - 25	143 - xxx ¹	154 - 18	157 - 33
Myokardinfarkt	35 - 10	30 - 7	29 - 6	28 - 11
Gastrointestinale Blutung	76 - 20	97 - xxx	85 - 21	87 - 18
Akute Nierenschädigung	436 - 167	453 - 164	466 - 165	464 - 171
Anastomoseninsuffizienz	801 - 148	859 - 154	835 - 139	881 - 162
Peritonitis	27 - 5	xxx - 15	26 - xxx	xxx - 62
Sepsis	604 - 178	588 - 176	561 - 177	572 - 187
ARDS²	103 - 51	124 - 61	112 - 48	104 - 47
COVID-19³	-	-	xxx - 10	xxx - 11
Pneumonie	989 - 170	1.016 - 183	1.061 - 186	969 - 174

¹ Aus Datenschutzgründen wurden geringe Fallzahlen anonymisiert

² ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

³ COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.9. Magenchirurgie

In die Analysen zu Magenoperationen wurden sowohl Teil- als auch Totalresektionen einbezogen. In den Jahren vor der COVID-19-Pandemie wurden 5.272 Eingriffe im Jahr 2018 und 5.059 im Jahr 2019 dokumentiert. In den Pandemie-jahren zeigte sich hingegen ein Rückgang der Operationszahlen. Im Jahr 2020 wurden 4.891 Eingriffe durchgeführt, was einem Rückgang von rund 3,3 % im Vergleich zu 2019 entspricht. Im Jahr 2021 setzte sich dieser Trend mit einem weiteren Rückgang auf 4.487 Eingriffe fort. Die Altersgruppe der 55- bis 75-Jäh-rigen stellte über den gesamten Zeitraum die größte Patientengruppe dar. Im Jahr 2018 wurden in dieser Altersgruppe 2.655 Eingriffe durchgeführt, 2019 wa-ren es 2.505, gefolgt von 2.568 im Jahr 2020 und 2.395 im Jahr 2021 (vgl. Tabelle 35).

Tabelle 35: Anzahl der Magenresektionen vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Magenresektionen (partielle, totale)	5.272	5.059	4.891	4.487
< 55 Jahre	806	831	695	657
55 – 75 Jahre	2.655	2.505	2.568	2.395
> 75 Jahre	1.811	1.723	1.628	1.435

Die Mortalität nach Magenresektionen lag im Jahr 2018 bei 12,33 % (n = 650) und stieg im Jahr 2019 auf 13,13 % (n = 664) an. In den Pandemie Jahren blieb die Sterblichkeit auf einem vergleichbaren Niveau mit 13,58 % (n = 664) im Jahr 2020 und 13,42 % (n = 602) im Jahr 2021. Statistisch konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Jahren festgestellt werden (vgl. Tabelle 36). Die durchschnittliche Gesamtverweildauer zeigte einen kontinuierlich rückläufigen Trend über den gesamten Beobachtungszeitraum. Vor der COVID-19-Pandemie betrug sie im Jahr 2018 insgesamt 24,7 Tage, davon 21,7 Tage auf der Normalstation und 3,0 Tage auf der Intensivstation. Im Jahr 2019 verringerte sich die Gesamtdauer auf 23,8 Tage (21,0 Tagen Normalstation; 2,8 Tagen Intensivstation). Dieser Trend setzte sich auch während der Pandemie fort. Im Jahr 2020 lag die Verweildauer bei 23,4 Tagen (20,5 Tage Normalstation; 2,8 Tage Intensivstation), gefolgt von einem weiteren Rückgang auf 23,0 Tage im Jahr 2021 (20,3 Tage Normalstation; 2,7 Tage Intensivstation) (vgl. Tabelle 37).

Tabelle 36: Die Sterblichkeit nach Magenresektionen in den Jahren vor und während der Pandemie

Sterblichkeit (%)	2018	2019	2020	2021
Magenresektionen (partielle, totale)	650 (12,33 %)	664 (13,13 %)	664 (13,58 %)	602 (13,42 %)

Tabelle 37: Liegedauer der Magenresektionen vor und während der Pandemie

Magenresektionen				
Liegedauer (SD)¹	2018	2019	2020	2021

Insgesamt	24,7 (21,6)	23,8 (19,4)	23,4 (20,0)	23,0 (20,3)
Normalstation	21,7 (19,4)	21 (17,7)	20,5 (18)	20,3 (18,8)
Intensivstation	3,0 (10,5)	2,8 (8,5)	2,8 (9,1)	2,7 (8,4)

¹ SD – standard deviation

Die häufigste Komplikation im Jahr 2018 war die Anastomoseninsuffizienz mit 15,97 % (842 Fälle). Im Jahr 2019 stieg die Inzidenz auf 16,70 % (845 Fälle), wodurch sie zur zweithäufigsten Komplikation wurde. Im ersten Pandemiejahr 2020 erhöhte sich die Zahl leicht auf 17,35 % (849 Fälle) und im Jahr 2021 auf 17,71 % (795 Fälle). Statistisch zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Jahren. Pneumonien waren im Jahr 2019 mit 17,21 % (871 Fälle) und 2020 mit 17,78 % (870 Fälle) die häufigste postoperative Komplikation. Im Jahr 2018 lagen sie mit 15,00 % (791 Fälle) an zweiter Stelle und im Jahr 2021 mit 16,58 % (744 Fälle) an dritter Stelle, wobei die Fallzahlen abnahmen. Im Vergleich zu 2018 zeigte sich in den Pandemiejahren 2020 und 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg der Pneumonien ($p < 0,001$). Im Jahr 2021 wurden 20,48 % (919 Fälle) Peritonitiden dokumentiert, wodurch diese Komplikation die häufigste im Jahr 2021 darstellte. Im Vergleich zu den Vorjahren war die Inzidenz im Jahr 2021 etwa siebenmal so hoch wie zuvor. Im Jahr 2018 betrug sie 2,59 % (137 Fälle), 2019 2,80 % (142 Fälle) und 2020 2,98 % (146 Fälle). Dieser Anstieg im Jahr 2021 war statistisch signifikant ($p < 0,001$) im Vergleich zu den anderen Jahren. Sepsis war im Jahr 2018 mit 13,41 % (707 Fälle) die zweithäufigste Komplikation. In den Folgejahren zeigte sich eine zunehmende Tendenz mit 13,54 % (685 Fälle) im Jahr 2019, 14,25 % (697 Fälle) im Jahr 2020 und 15,06 % (676 Fälle) im Jahr 2021. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte hierbei nicht nachgewiesen werden. Die akute Niereninsuffizienz trat 2018 mit 13,22 % (697 Fälle) als vierthäufigste Komplikation auf. In den Pandemiejahren stieg die Inzidenz auf 14,96 % (757 Fälle) im Jahr 2019, 16,78 % (821 Fälle) im Jahr 2020 und 16,13 % (724 Fälle) im Jahr 2021. Der Anstieg in den Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu 2018 war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Gastrointestinale Blutungen zeigten über den gesamten Zeitraum nur geringe Schwankungen mit 7,34 % (387 Fälle) im Jahr 2018, 7,25 % (367 Fälle) im Jahr 2019, 7,44 % (364 Fälle) im

Jahr 2020 und 6,90 % (310 Fälle) im Jahr 2021, ohne statistisch signifikanten Unterschied. Für Lungenembolien wurden 2,01 % (106 Fälle) im Jahr 2018, 2,56 % (130 Fälle) im Jahr 2019 sowie 2,82 % (138 Fälle) im Jahr 2020 und 3,03 % (136 Fälle) im Jahr 2021 in den Pandemie Jahren erfasst. Statistisch zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Myokardinfarkte wiesen Schwankungen der Häufigkeit mit 1,06 % (56 Fälle) im Jahr 2018, 0,98 % (50 Fälle) im Jahr 2019, 1,00 % (49 Fälle) im Jahr 2020 und 0,84 % (38 Fälle) im Jahr 2021 auf, ebenfalls ohne statistisch signifikante Unterschiede. Bezüglich COVID-19-Infektionen wurden im Jahr 2020 insgesamt 0,24 % (12 Patientinnen und Patienten) mit einer SARS-CoV-2-Infektion dokumentiert, von denen 0,16 % (8 Fälle) verstarben. Im Jahr 2021 waren 0,44 % (20 Patientinnen und Patienten) betroffen, mit einer Letalität von 0,24 % (11 Fälle) (vgl. Tabelle 38).

Tabelle 38: Komplikationen nach Magenresektionen vor und während der Pandemie

	2018	2019	2020	2021
Magenresektionen	5.272	5.059	4.891	4.487
Komplikationen - Tod				
Lungenembolie	106 - 23	130 - 28	138 - 29	136 - 38
Myokardinfarkt	56 - 30	50 - 20	49 - 22	38 - 15
Gastrointestinale Blutung	387 - 93	367 - 81	364 - 86	310 - 91
Akute Nierenschädigung	697 - 341	757 - 378	821 - 391	724 - 341
Anastomosensinsuffizienz	842 - 264	845 - 275	849 - 308	795 - 277
Peritonitis	137 - 48	142 - 54	146 - 48	919 - 328
Sepsis	707 - 346	685 - 346	697 - 357	676 - 334
ARDS¹	68 - 48	81 - 45	77 - 47	66 - 43
COVID-19²	-	-	12 - 8	20 - 11
Pneumonie	791 - 226	871 - 266	870 - 297	744 - 233

¹ ARDS: Acute Respiratory Distress Syndrome

² COVID-19: Coronavirus Disease 2019

3.10. Viszeralchirurgie gesamt

Im Rahmen der Analyse wurden für die Jahre 2018 bis einschließlich 2021 die Anzahl der viszeralchirurgischen Eingriffe, die postoperative Mortalität, die durchschnittliche Gesamtverweildauer, das Patientenalter sowie das Auftreten postoperativer Komplikationen systematisch erfasst und ausgewertet. Insgesamt wurden im Jahr 2018 544.327 Operationen, 553.309 im Jahr 2019, 502.858 im Jahr 2020 sowie 501.257 im Jahr 2021 dokumentiert. Die Cholezystektomie war in allen Jahren der am häufigsten durchgeführte Eingriff, während Ösophagusresektionen in dieser Analyse am seltensten vorgenommen wurden. Die Altersgruppe der 55- bis 75-Jährigen stellten mit 218.725 Operationen im Jahr 2018, 226.256 im Jahr 2019, 206.444 im Jahr 2020 und 209.060 im Jahr 2021 jeweils die Patientengruppe dar, in welcher die meisten Operationen erfolgten. In Bezug auf demografische Merkmale zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Jahren vor und während der COVID-19 Pandemie (vgl. Tabelle 39; Abbildung 1).

Tabelle 39: Gesamte Operationszahl vor und während der Pandemie nach Altersgruppen

	2018	2019	2020	2021
Insgesamt	544.327	553.309	502.858	501.357
< 55 Jahre	218.419	217.933	196.483	192.907
55 – 75 Jahre	218.725	226.256	206.444	209.060
> 75 Jahre	107.183	109.120	99.931	99.390

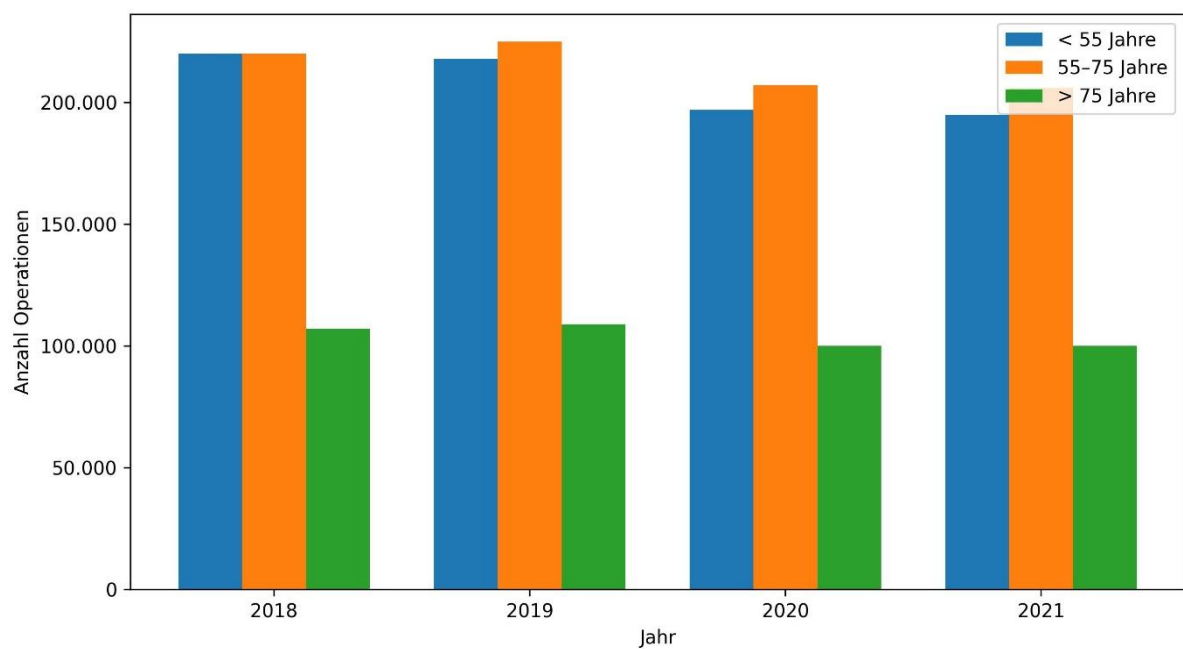


Abbildung 1: Anzahl aller in dieser Analyse erfasster viszeralchirurgischer Eingriffe in den Jahren 2018 – 2021 mit Unterteilung nach Altersgruppen.

Die Gesamtmortalität lag bei 2,43 % (13.231 Fälle) im Jahr 2018, 2,36 % (13.061 Fälle) im Jahr 2019, 2,55 % (12.827 Fälle) im Jahr 2020 und 2,53 % (12.734 Fälle) im Jahr 2021 (vgl. Abbildung 2).

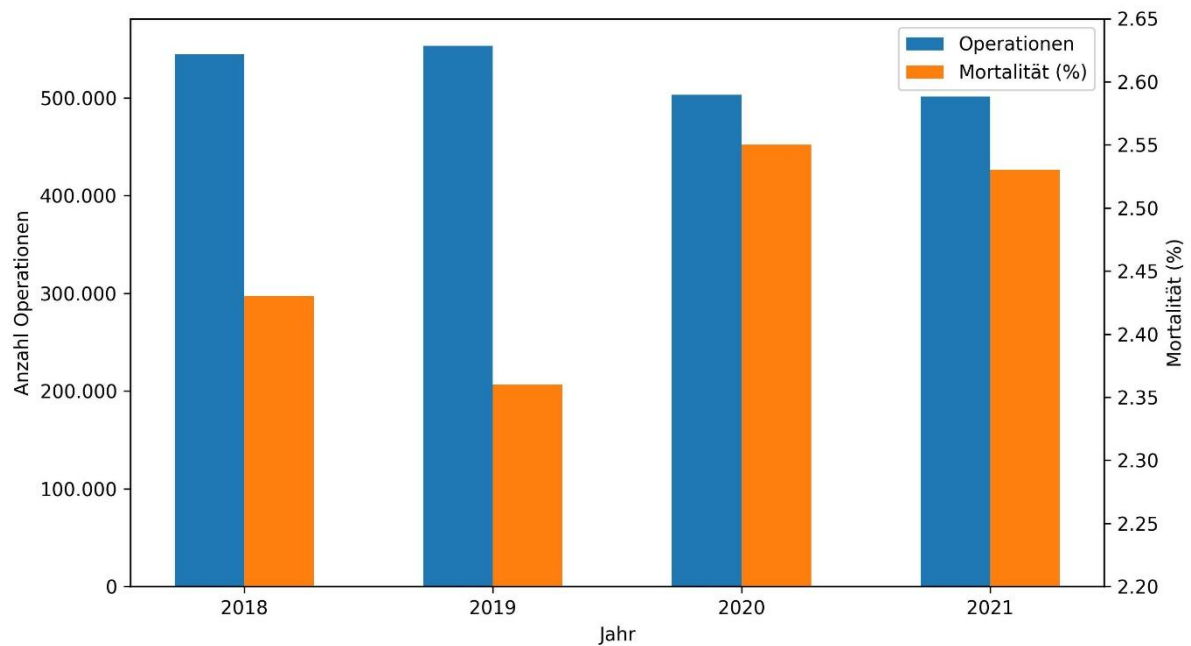


Abbildung 2: Anzahl aller in dieser Analyse erfassten viszeralkirurgischen Eingriffe und Mortalitätsrate pro Jahr in den Jahren 2018–2021.

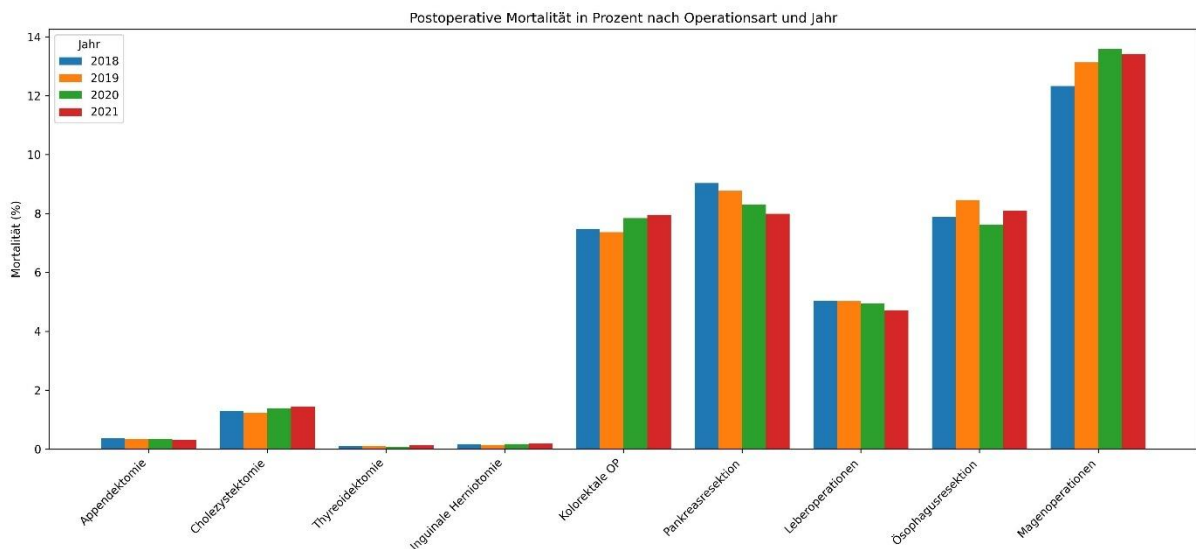


Abbildung 3: Postoperative Sterblichkeit in Prozent (%) nach viszeralkirurgischem Eingriff und Jahr in den Jahren 2018 – 2021.

Der Anstieg der Mortalität in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 war statistisch signifikant ($p < 0,001$). Die höchste postoperative Mortalitätsrate wurde im Jahr 2021 bei Magenresektionen mit

13,42 % verzeichnet, während die niedrigste bei Thyreoidektomien im Jahr 2020 mit 0,07 % beobachtet wurde (vgl. Abbildung 3). Die meisten SARS-CoV-2-Infektionen nach operativen Eingriffen traten im Jahr 2021 bei Patientinnen und Patienten nach kolorektalen Resektionen auf, mit insgesamt 438 dokumentierten Fällen, von denen 186 tödlich verliefen. Insgesamt zeigte sich, dass, mit Ausnahme der Leberchirurgie, im Jahr 2021 bei allen untersuchten Eingriffsarten mehr Todesfälle unter SARS-CoV-2 -positiven Patientinnen und Patienten dokumentiert wurden als im Vorjahr 2020 (vgl. Abbildung 4).

Im Jahr 2020 wurden insgesamt weniger Patientinnen und Patienten mit einer SARS-CoV-2-Infektion diagnostiziert als im Folgejahr 2021. Für nahezu alle viszeralchirurgischen Eingriffe, mit Ausnahme der Leberresektionen, zeigte sich im Jahr 2021 eine höhere Mortalität unter SARS-CoV-2-positiven Patientinnen und Patienten. Bei Leberresektionen wurde im Jahr 2021 trotz einer höheren Zahl infizierter Patientinnen und Patienten eine geringere Anzahl an Todesfällen im Vergleich zum Jahr 2020 dokumentiert (vgl. Abbildung 4). Bei Patientinnen und Patienten mit gleichzeitiger SARS-CoV-2-Infektion wurde im Rahmen viszeralchirurgischer Eingriffe eine erhöhte Mortalität beobachtet. Bei Appendektomien verstarben im Jahr 2020 von 24 infizierten Patientinnen und Patienten sechs, was einer Mortalität von 25 % entspricht. Im Jahr 2021 wurden 68 Infizierte registriert, von denen 17 verstarben (25 % Mortalität). Bei Cholezystektomien lag die Mortalität deutlich höher: Im Jahr 2020 verstarben von 121 infizierten Patientinnen und Patienten 50 (41 % Mortalität), im Jahr 2021 von 240 Infizierten 91 (37 % Mortalität). Bei Thyreoidektomien traten keine Todesfälle unter SARS-CoV-2-positiven Patientinnen und Patienten auf. Nach Leistenhernienoperationen verstarben im Jahr 2020 von sieben infizierten Patientinnen und Patienten drei (42 % Mortalität). Im Jahr 2021 lag die Mortalität bei 33 %, mit acht Todesfällen unter 24 Infizierten. Bei kolorektalen Eingriffen, die die größte Gruppe SARS-CoV-2-positiver Patientinnen und Patienten in dieser Analyse beinhaltete, wurden im Jahr 2020 insgesamt 208 Infizierte registriert, von denen 92 verstarben (44 % Mortalität). Im Jahr 2021 stieg die Zahl der Infizierten auf 438 mit 186 Todesfällen (42 % Mortalität). Nach Pankreasresektionen wurden im Jahr 2020 21 infizierte Patientinnen und Patienten dokumentiert, von denen zehn verstarben (47 % Mor-

alität). Im Jahr 2021 waren 55 Patientinnen und Patienten infiziert, 21 davon verstarben (38 % Mortalität). Bei Leberresektionen lag die Mortalität im Jahr 2020 bei 47 % (18 Todesfälle unter 38 Infizierten). Im Jahr 2021 wurden 50 infizierte Patientinnen und Patienten registriert, von denen 16 verstarben entsprechend einer Mortalitätsrate von 32 %. Für Ösophagusresektionen lagen aufgrund datenschutzrechtlicher Einschränkungen keine Angaben zur Zahl der infizierten Patientinnen und Patienten vor, dokumentiert wurden jedoch zehn Todesfälle im Jahr 2020 und elf im Jahr 2021. Bei Magenresektionen wurden im Jahr 2020 zwölf SARS-CoV-2-positive Patientinnen und Patienten behandelt, von denen acht verstarben (60 % Mortalität). Im Jahr 2021 lag die Zahl der Infizierten bei 20, mit elf Todesfällen (55 % Mortalität).

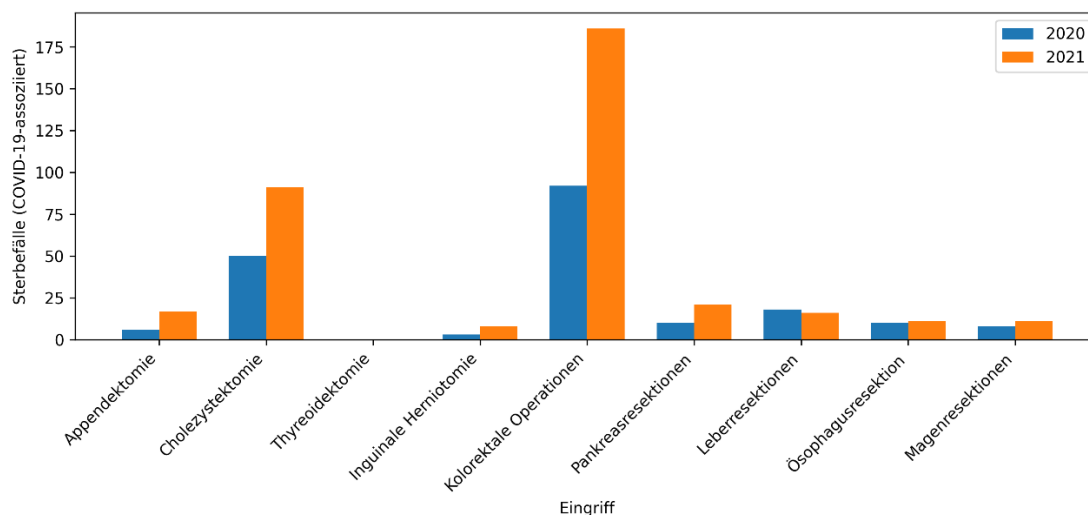


Abbildung 4: Absolute COVID-19-assoziierte postoperative Sterbefälle nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Pandemie Jahren 2020 und 2021.

In den Pandemie Jahren 2020 und 2021 ließ sich über alle viszeralchirurgischen Eingriffe hinweg eine tendenzielle Verkürzung der durchschnittliche Gesamtverweildauer im Krankenhaus beobachten (vgl. Abbildung 5).

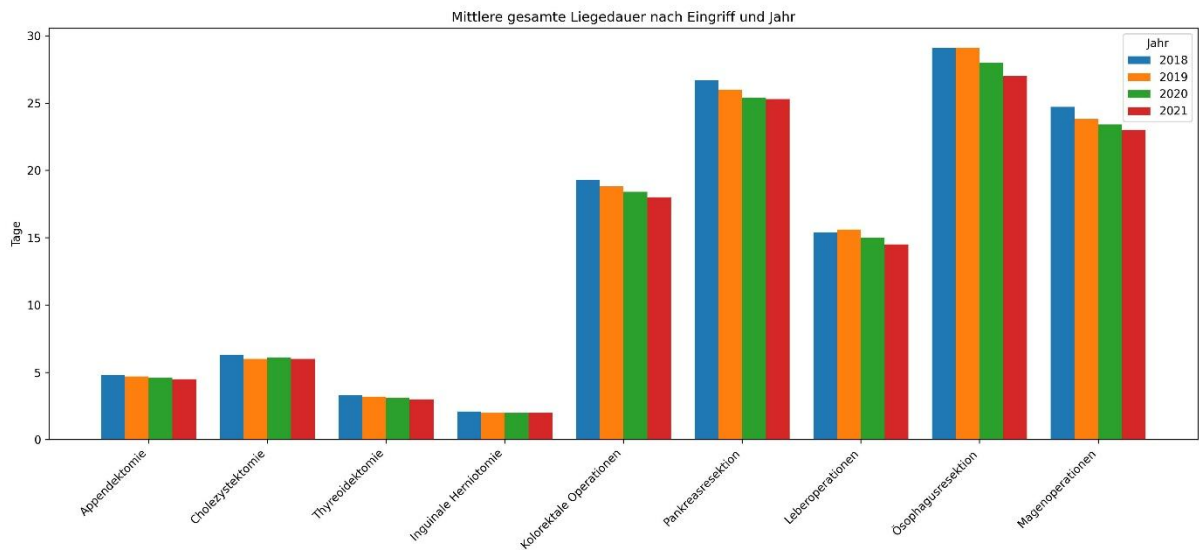


Abbildung 5: Mittlere gesamte Liegedauer pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Für alle viszeralchirurgischen Eingriffe zeigte sich in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 eine Verkürzung der Verweildauer auf der Normalstation. Am deutlichsten fiel diese Reduktion in der Leberchirurgie aus, mit einem Rückgang um 0,9 Tage zwischen 2019 und 2021. Die geringste Veränderung wurde in der Leistenhernienchirurgie verzeichnet, mit einer durchschnittlichen Verkürzung von nur 0,1 Tagen im Jahr 2021 (vgl. Abbildung 6).

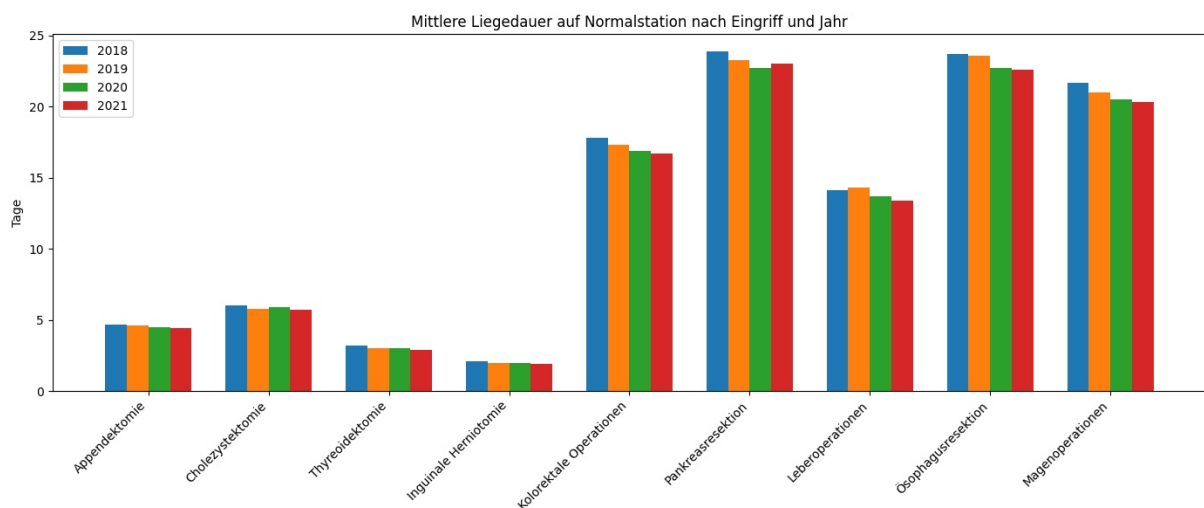


Abbildung 6: Mittlere Liegedauer in Tagen auf der Normalstation pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff im Erfassungszeitraum 2018 – 2021.

Auf Intensivstation wurde in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 eine signifikante Verkürzung der Verweildauer dokumentiert, insbesondere nach größeren Eingriffen, die üblicherweise eine postoperative intensivmedizinische Betreuung erforderten. Bei Operationen, die in der Regel keinen Intensivaufenthalt nach sich ziehen (z. B. Appendektomie, Cholezystektomie, Thyreoidektomie und Leistenherniotomie), blieb die Verweildauer unverändert. Den stärksten Rückgang der Liegedauer auf Intensivstation wiesen Ösophagusresektionen auf, mit einer Reduktion von durchschnittlich 5,5 Tagen vor der Pandemie auf 4,4 Tage im zweiten Pandemiejahr (vgl. Abbildung 7).

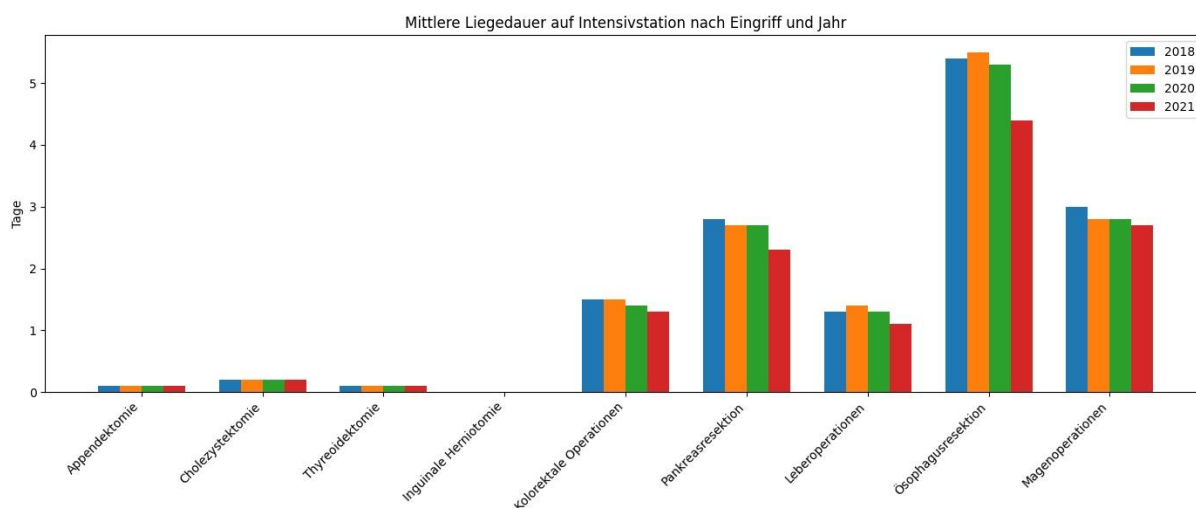


Abbildung 7: Mittlere Liegedauer auf der Intensivstation pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Die statistische Analyse der postoperativen Komplikationen zeigte in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 trotz insgesamt rückläufiger Operationszahlen eine Zunahme postoperativer Lungenembolien bei den meisten untersuchten Eingriffen (vgl. Abbildungen 8 und 9). Bei Appendektomien lag die Inzidenz postoperativer Lungenembolien bei 0,09 % (82 Fälle) im Jahr 2018, 0,10 % (88 Fälle) im Jahr 2019, 0,09 % (74 Fälle) im Jahr 2020 und 0,10 % (88 Fälle) im Jahr 2021. Für Cholezystektomien zeigte sich ein kontinuierlicher Anstieg der Inzidenz von 0,13 % (234 Fälle) im Jahr 2018 über 0,15 % (280 Fälle) im Jahr 2019 und 0,18 % (305 Fälle) im Jahr 2020 auf 0,20 % (341 Fälle) im Jahr 2021. Bei Thyreoidektomien blieb die Inzidenz postoperativer Lungenembolien insgesamt niedrig und weitgehend konstant mit 0,03 % (neun Fälle) im Jahr 2018, 0,05 % (zwölf Fälle)

im Jahr 2019, 0,03 % (acht Fälle) im Jahr 2020 und 0,03 % (sieben Fälle) im Jahr 2021. Ähnlich zeigte sich bei inguinalen Herniotomien eine geringe, jedoch schwankende Inzidenz von 0,02 % (35 Fälle) im Jahr 2018, 0,03 % (49 Fälle) im Jahr 2019, 0,02 % (32 Fälle) im Jahr 2020 und 0,03 % (44 Fälle) im Jahr 2021. Deutlich höhere Inzidenzen wurden bei komplexeren Eingriffen beobachtet. Bei kolorektalen Operationen stieg die Rate postoperativer Lungenembolien von 1,25 % (1.237 Fälle) im Jahr 2018 und 1,27 % (1.266 Fälle) im Jahr 2019 auf 1,52 % (1.385 Fälle) im Jahr 2020 und 1,63 % (1.455 Fälle) im Jahr 2021. Auch bei Pankreasresektionen zeigte sich ein Anstieg während der Pandemie: Die Inzidenz lag bei 2,52 % (274 Fälle) im Jahr 2018 und 2,28 % (251 Fälle) im Jahr 2019, stieg jedoch auf 2,68 % (298 Fälle) im Jahr 2020 und weiter auf 3,04 % (333 Fälle) im Jahr 2021. Bei Leberresektionen nahm die Inzidenz von 1,57 % (351 Fälle) im Jahr 2018 und 1,54 % (335 Fälle) im Jahr 2019 auf 1,69 % (357 Fälle) im Jahr 2020 und 1,80 % (362 Fälle) im Jahr 2021 zu. Die höchsten Inzidenzen postoperativer Lungenembolien wurden bei Ösophagusresektionen beobachtet. Hier stieg die Rate von 3,57 % (132 Fälle) im Jahr 2018 über 3,80 % (143 Fälle) im Jahr 2019 auf 4,08 % (154 Fälle) im Jahr 2020 und 4,16 % (157 Fälle) im Jahr 2021. Entsprechend zeigte sich bei Magenresektionen ein Anstieg von 2,01 % (106 Fälle) im Jahr 2018 und 2,56 % (130 Fälle) im Jahr 2019 auf 2,82 % (138 Fälle) im Jahr 2020 und 3,03 % (136 Fälle) im Jahr 2021. Bei Cholezystektomien wurde in den Pandemie Jahren im Vergleich zu 2018 sowie im Jahr 2021 im Vergleich zu 2019 ein signifikanter Anstieg festgestellt (jeweils $p < 0,001$). Auch bei kolorektalen Eingriffen zeigte sich in beiden Pandemie Jahren ein signifikanter Anstieg gegenüber 2018 und 2019 ($p < 0,001$). Für Pankreasresektionen wurde im Jahr 2021 ein signifikanter Anstieg der Lungenembolien im Vergleich zu 2019 nachgewiesen ($p < 0,001$) (vgl. Abbildung 8 und 9).

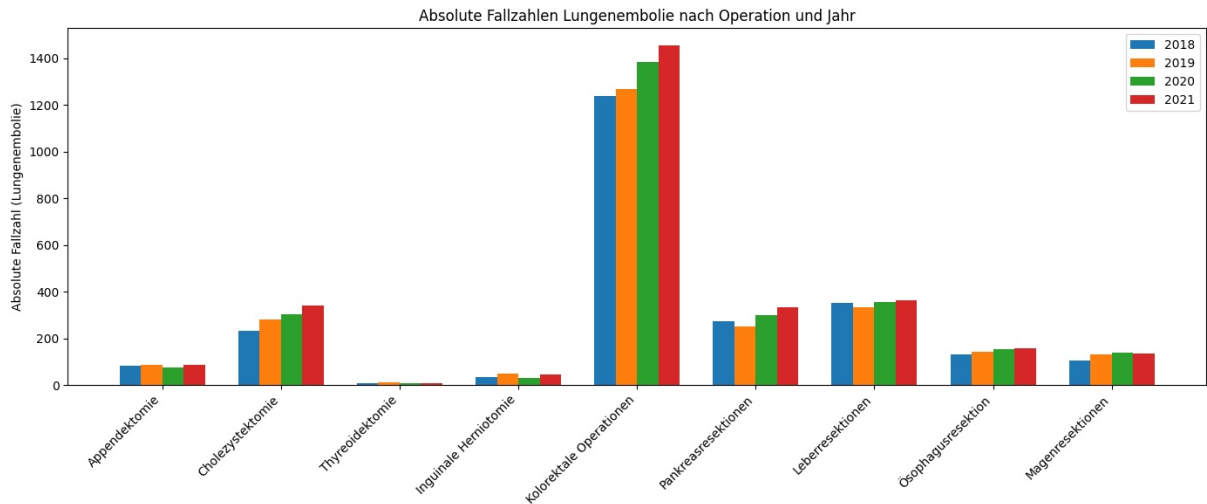


Abbildung 8: Absolute Fallzahlen von Lungenembolien pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

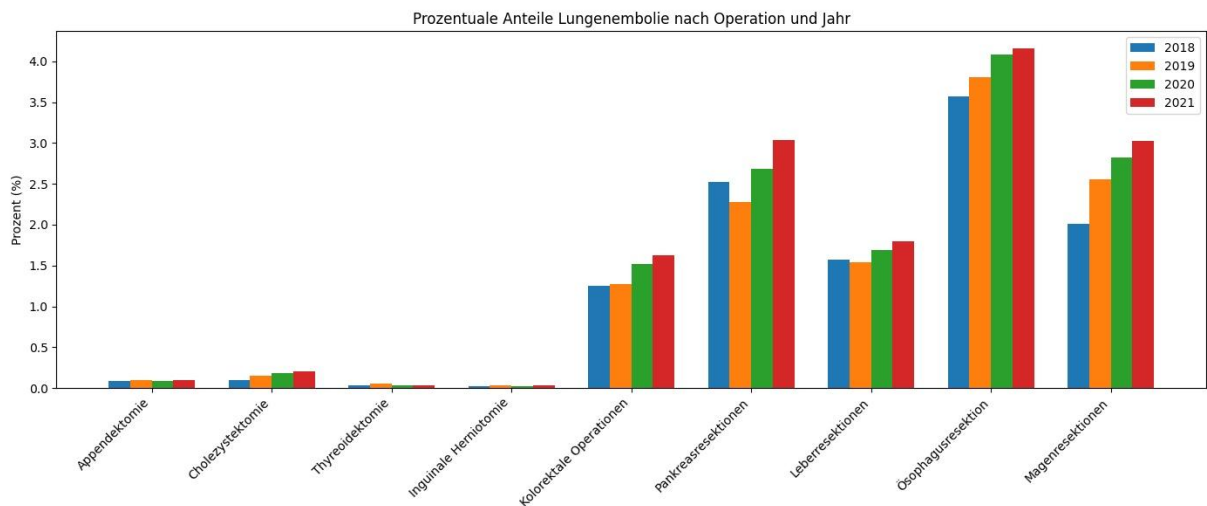


Abbildung 9: Prozentuale Häufigkeit von Lungenembolien pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Die Anzahl der Myokardinfarkte blieb vor und während des beobachteten Pandemiezeitraums weitgehend konstant, zeigte jedoch prozentual eine leichte Abnahme. Ein statistisch signifikanter Unterschied zeigte sich ausschließlich bei keinem Eingriff (vgl. Abbildungen 10 und 11).

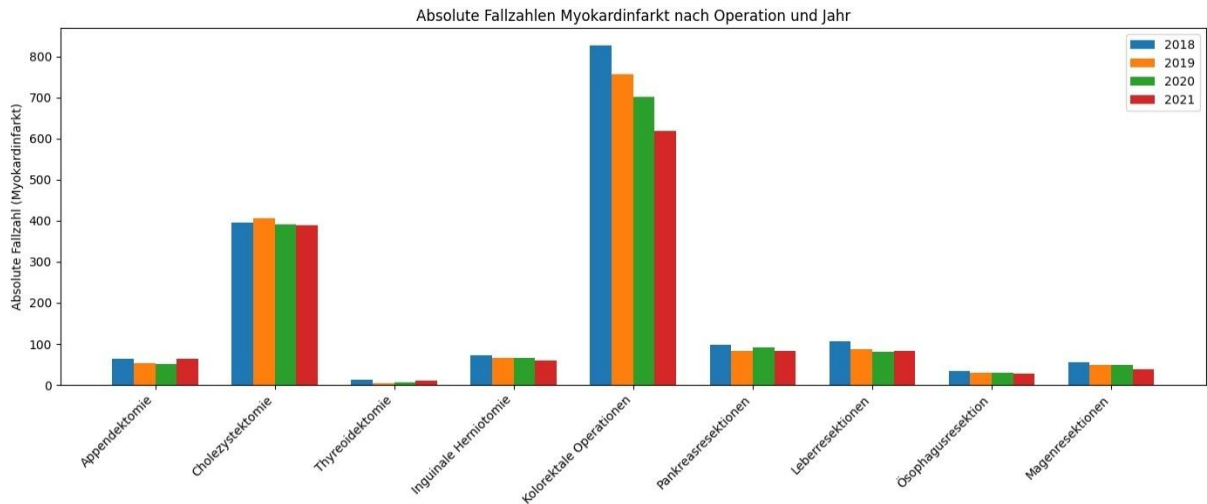


Abbildung 10: Absolute Fallzahlen von Myokardinfarkten pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

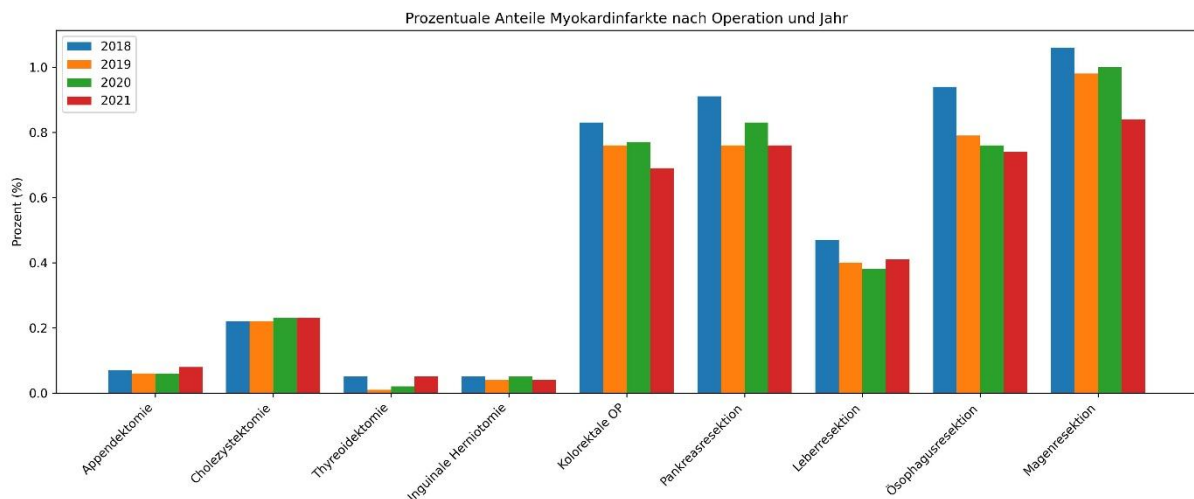


Abbildung 11: Prozentuale Häufigkeit von Myokardinfarkten pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Die Anzahl der postoperativen gastrointestinalen Blutungen schwankte über die Jahre je nach Eingriffsart, zeigte aber keine einheitliche Veränderung. Ein statistisch signifikanter Anstieg wurde bei Cholezystektomien beobachtet. Die Inzidenz erhöhte sich von 0,44 % (788 Fälle) im Jahr 2018 über 0,49 % (889 Fälle) im Jahr 2019 und 0,50 % (851 Fälle) im Jahr 2020 auf 0,56 % (952 Fälle) im Jahr 2021. Der Anstieg im Jahr 2021 war im Vergleich zu 2018 statistisch signifikant ($p < 0,001$) (vgl. Abbildungen 12 und 13).

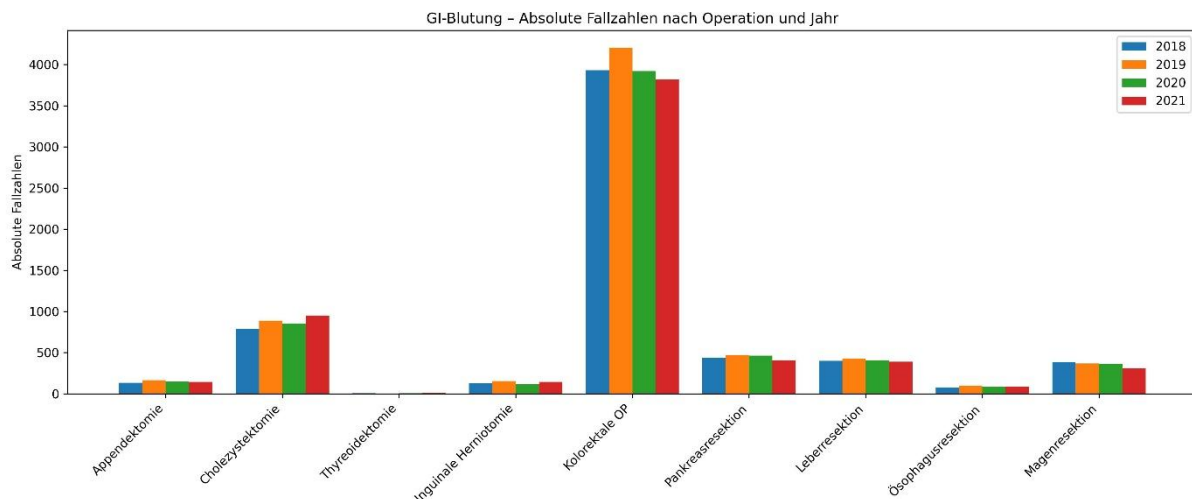


Abbildung 12: Absolute Fallzahlen gastrointestinaler Blutungen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

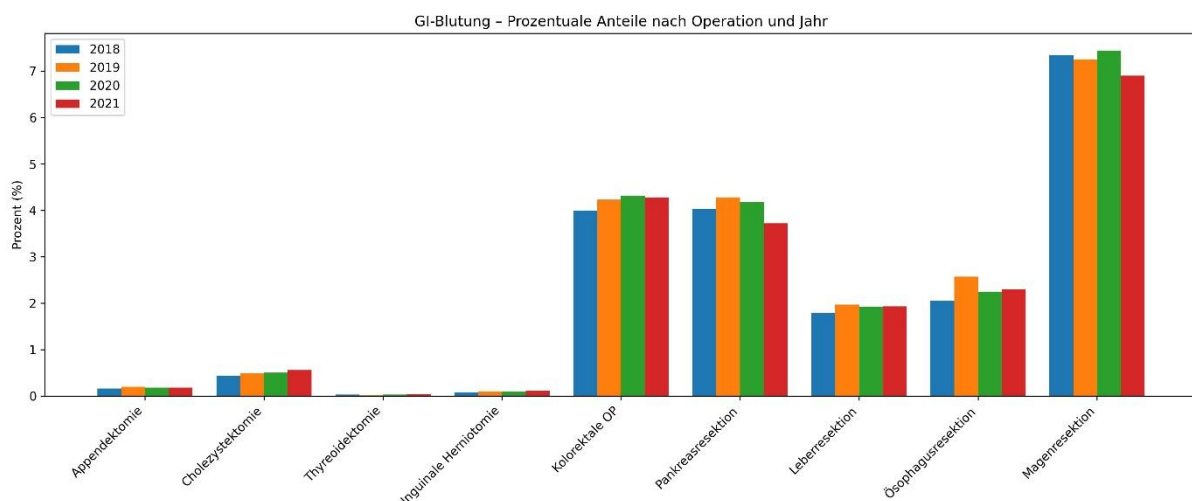


Abbildung 13: Prozentuale Häufigkeit gastrointestinaler Blutungen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Trotz des Rückgangs der Gesamtoperationszahlen während der Pandemiejahre zeigte sich bei der akuten Niereninsuffizienz ein deutlicher Anstieg, wie in Abbildungen 14 und 15 dargestellt. Dieser Anstieg war bei mehreren Eingriffsarten statistisch signifikant nachweisbar. Bei Appendektomien lag die Inzidenz postoperativer Niereninsuffizienzen bei 1,12 % (930 Fälle) im Jahr 2018 und stieg auf 1,24 % (1.008 Fälle) im Jahr 2019. In den beiden Pandemie Jahren 2020 und 2021 betrug sie jeweils 1,40 % (1.093 Fälle). Sowohl im Jahr 2020 als auch im Jahr 2021 zeigte sich im Vergleich zu 2018 ein statistisch signifikanter Anstieg ($p <$

0,001). Auch bei Cholezystektomien zeigte sich ein signifikanter Anstieg postoperativer Niereninsuffizienzen. Während im Jahr 2018 eine Inzidenz von 3,03 % (5.351 Fälle) und im Jahr 2019 von 3,15 % (5.684 Fälle) dokumentiert wurde, kam es in den Pandemie Jahren zu einem Anstieg auf 3,69 % (6.178 Fälle) im Jahr 2020 und 3,82 % (6.423 Fälle) im Jahr 2021. Sowohl 2020 als auch 2021 war dieser Anstieg im Vergleich zu den Vorpandemie Jahren 2018 und 2019 statistisch signifikant ($p < 0,001$). Ein ähnliches Bild ergab bei inguinalen Herniotomien. Die Inzidenz postoperativer Niereninsuffizienzen lag bei 0,40 % (575 Fälle) im Jahr 2018 und 0,43 % (635 Fälle) im Jahr 2019. Im ersten Pandemie Jahr 2020 stieg sie auf 0,50 % (618 Fälle) und im Jahr 2021 weiter auf 0,52 % (647 Fälle). Sowohl in den Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu 2018 als auch zwischen 2021 und 2019 wurde ein statistisch signifikanter Anstieg festgestellt ($p < 0,001$). Auch bei kolorektalen Eingriffen zeigte sich ein signifikanter Anstieg akuter postoperativer Niereninsuffizienzen. Die Inzidenz betrug 10,89 % (10.731 Fälle) im Jahr 2018 und 11,26 % (11.180 Fälle) im Jahr 2019. In den Pandemie Jahren stieg sie auf 12,28 % (11.144 Fälle) im Jahr 2020 sowie auf 12,51 % (11.158 Fälle) im Jahr 2021. In beiden Pandemie Jahren wurde im Vergleich zu den Vorpandemie Jahren 2018 und 2019 ein statistisch signifikanter Anstieg festgestellt ($p < 0,001$). Bei größeren Eingriffen, wie Leberresektionen, stieg die Inzidenz der akuten Niereninsuffizienz von 7,93 % (1.764 Fälle) im Jahr 2018 über 8,76 % (1.900 Fälle) im Jahr 2019 auf 8,97 % (1.889 Fälle) im Jahr 2020 und lag 2021 bei 8,85 % (1.779 Fälle). Auch bei Magenoperationen erhöhte sich die Inzidenz von 13,22 % (697 Fälle) im Jahr 2018 auf 14,96 % (757 Fälle) im Jahr 2019 sowie auf 16,78 % (821 Fälle) im Jahr 2020 und 16,13 % (724 Fälle) im Jahr 2021. Insgesamt zeigte sich für beide Eingriffe in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu 2018 ein signifikanter Anstieg der akuten Niereninsuffizienz ($p < 0,001$) (vgl. Abbildungen 14 und 15).

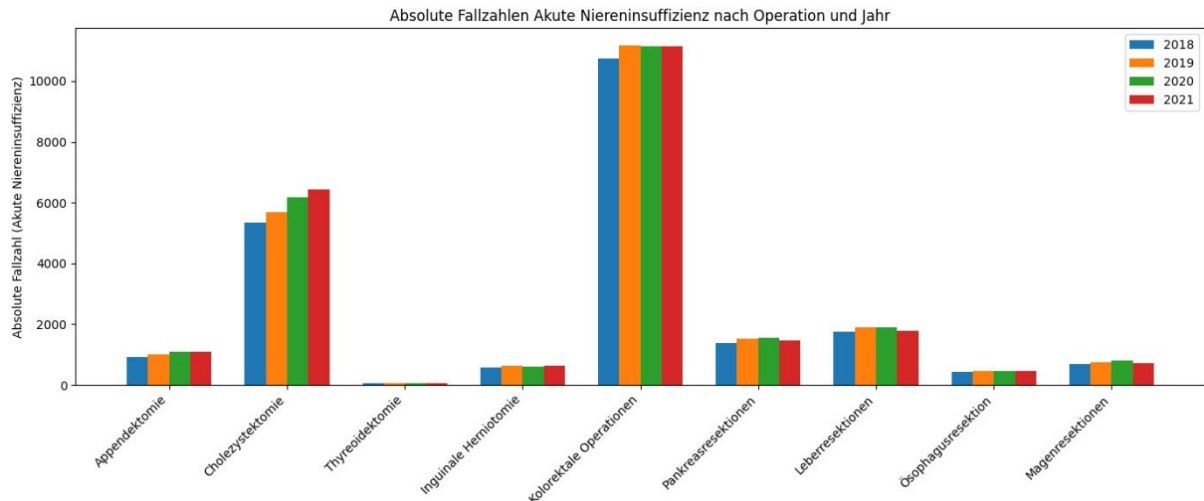


Abbildung 14: Absolute Fallzahlen akuter Niereninsuffizienzen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

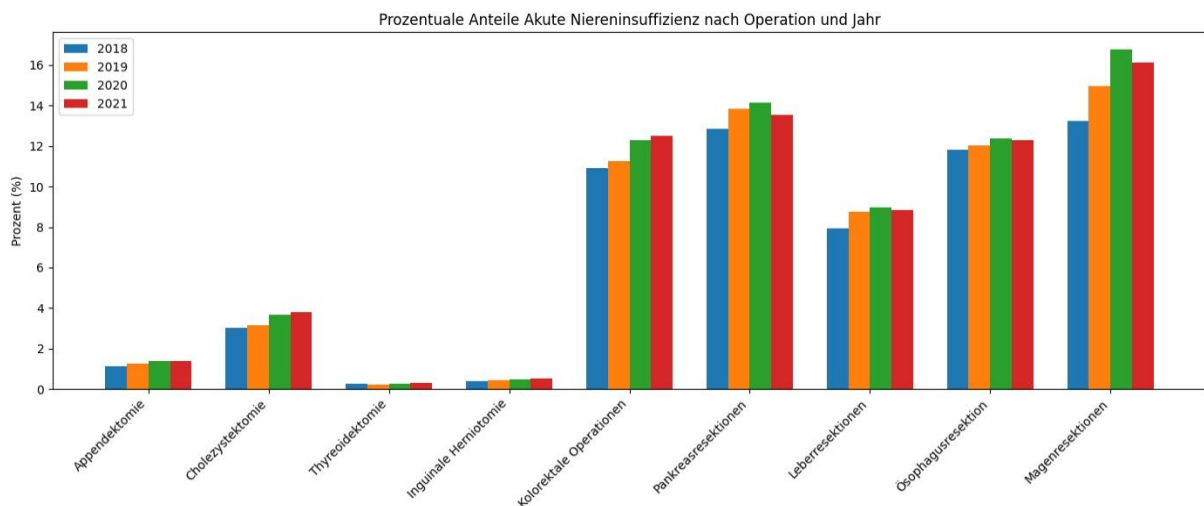


Abbildung 15: Prozentuale Häufigkeit akuter Niereninsuffizienzen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

In unserer Analyse zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der COVID-19-Pandemie und dem Auftreten einer Anastomoseninsuffizienz. Die Inzidenz dieser Komplikation blieb über alle Eingriffsarten hinweg weitgehend proportional zu den Operationszahlen konstant. Eine Ausnahme waren die Magenresektionen, bei denen die Inzidenz von 15,97 % (842 Fälle) im Jahr 2019 über 16,70 % (845 Fälle) im ersten Pandemiejahr 2020 auf 17,35 % (849 Fälle) im Jahr 2021 sowie 17,71 % (795 Fälle) anstieg. Diese steigende Tendenz zeigte sich, ohne dass über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg statistisch

signifikante Veränderungen nachgewiesen werden konnten (vgl. Abbildungen 16 und 17).

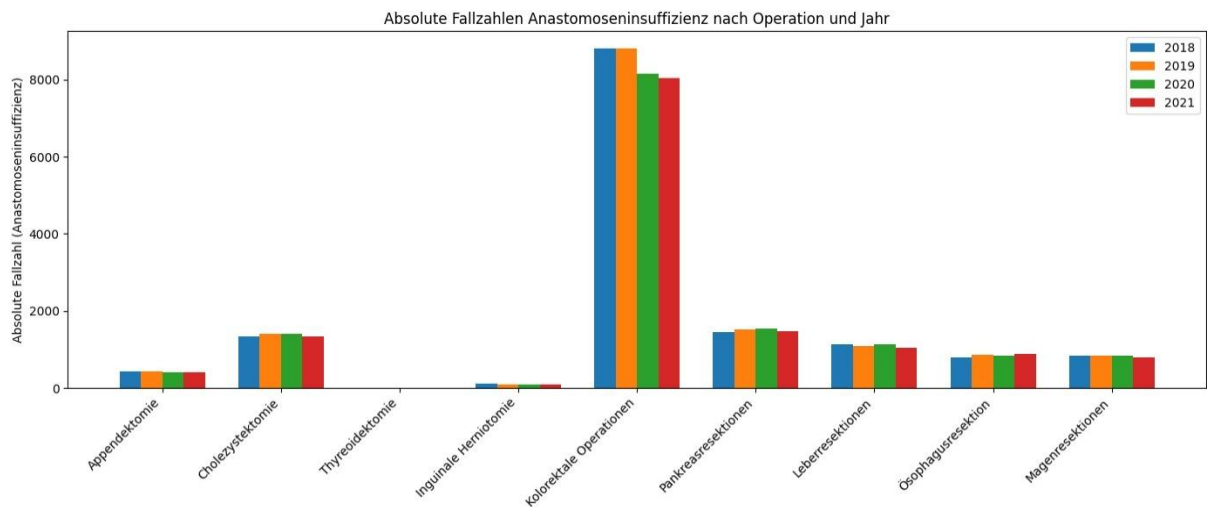


Abbildung 16: Absolute Fallzahlen von Anastomosensuffizienzen, einschließlich Klammernahtinsuffizienzen und Zystikusstumpfinsuffizienzen, pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

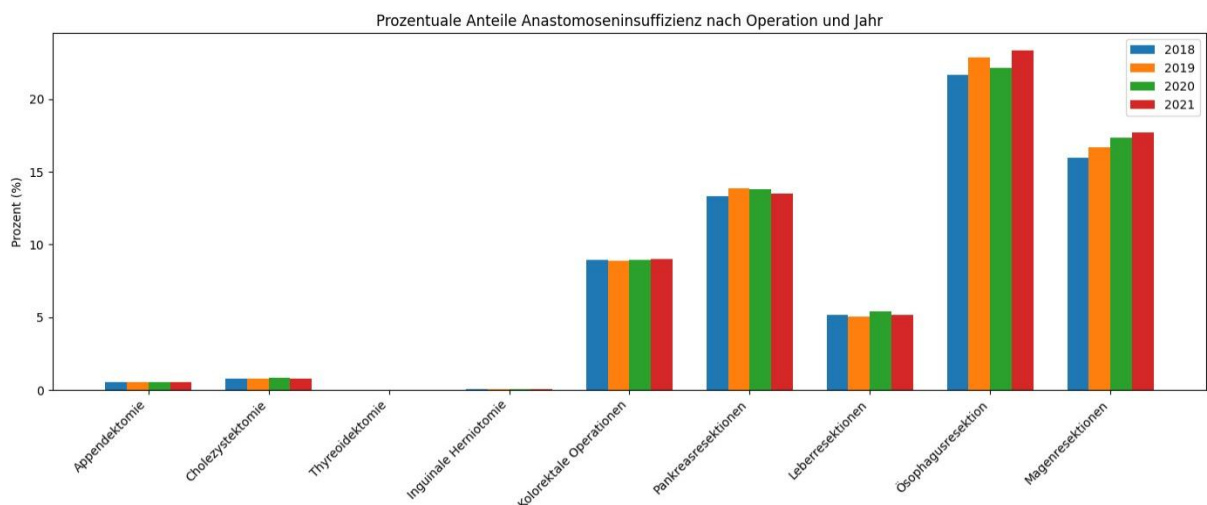


Abbildung 17: Prozentuale Häufigkeit von Anastomosensuffizienzen, einschließlich Klammernahtinsuffizienzen und Zystikusstumpfinsuffizienzen, pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Die Peritonitis stellte im Jahr 2021 eine der häufigsten postoperativen Komplikationen dar, mit einem mehrfachen Anstieg der Fallzahlen im Vergleich zu den Vorjahren. Statistisch signifikante Zunahmen im Jahr 2021 gegenüber den präpandemischen Jahren 2018 und 2019 wurden für zahlreiche viszeralchirurgische Eingriffe festgestellt. Bei Appendektomien lagen die Inzidenzen in den Jahren

2018 und 2019 bei 0,31 % (261 Fälle) bzw. 0,39 % (315 Fälle) und blieben auch 2020 mit 0,39 % (309 Fälle) nahezu unverändert. Im Jahr 2021 stieg die Rate jedoch deutlich auf 1,24 % (975 Fälle) an. Auch bei Cholezystektomien war die Inzidenz im Jahr 2021 mehr als vierfach höher als in den Vergleichsjahren 2018 mit 1,35 % (2.380 Fälle), 2019 mit 1,32 % (2.384 Fälle) und 2020 mit 1,39 % (2.338 Fälle). Ein signifikanter Anstieg der Peritonitiden wurde zudem bei inguinalen Herniotomien beobachtet. Die Inzidenz lag 2018 bei 0,07 % (103 Fälle), 2019 bei 0,06 % (99 Fälle) und im ersten Pandemiejahr 2020 bei 0,08 % (107 Fälle), während sie im Jahr 2021 auf 0,20 % (256 Fälle) anstieg. Bei kolorektalen Eingriffen zeigte sich im Jahr 2021 ein ausgeprägter Anstieg der Peritonitis. Die Fallzahl stieg im Vergleich zum Jahr 2020 (1.959 Fälle) auf mehr als das Fünffache an und erreichte 12,80 % (11.417 Fälle). In den Jahren 2018 und 2019 lagen die Inzidenzen mit 2,08 % (2.058 Fälle) bzw. 2,06 % (2.048 Fälle). Auch bei Pankreasresektionen war im Jahr 2021 ein deutlicher Anstieg zu beobachten. Mit einer Inzidenz von 13,80 % (1.508 Fälle) lag die Fallzahl rund fünfmal höher als im Jahr 2020 mit 1,88 % (209 Fälle) und deutlich über den Werten der Jahre 2018 mit 1,94 % (211 Fälle) und 2019 mit 2,06 % (226 Fälle). Bei Leberresektionen betrug die Inzidenz der Peritonitis im Jahr 2021 7,20 % (1.446 Fälle) und lag damit drei- bis vierfach höher als in den Vorjahren mit 1,37 % (307 Fälle) im Jahr 2018, 1,44 % (314 Fälle) im Jahr 2019 und 1,52 % (322 Fälle) im Jahr 2020. Auch bei Magenresektionen wurde 2021 mit 20,48 % (919 Fälle) eine deutlich erhöhte Inzidenz der Peritonitis dokumentiert. Im Vergleich zu den Vorjahren war die Rate damit etwa siebenfach höher als zuvor, nachdem sie 2018 bei 2,59 % (137 Fälle), 2019 bei 2,80 % (142 Fälle) und 2020 bei 2,98 % (146 Fälle) gelegen hatte. Auch im direkten Vergleich der beiden Pandemiejahre zeigte sich 2021 ein signifikanter Anstieg der Peritonitisfälle bei Appendektomien, Leistenhernien, kolorektalen Eingriffen und Magenresektionen im Vergleich zu 2020 ($p < 0,001$). Bereits im ersten Pandemiejahr 2020 konnte für Appendektomien ein statistisch signifikanter Anstieg gegenüber 2018 festgestellt werden (vgl. Abbildungen 18 und 19).

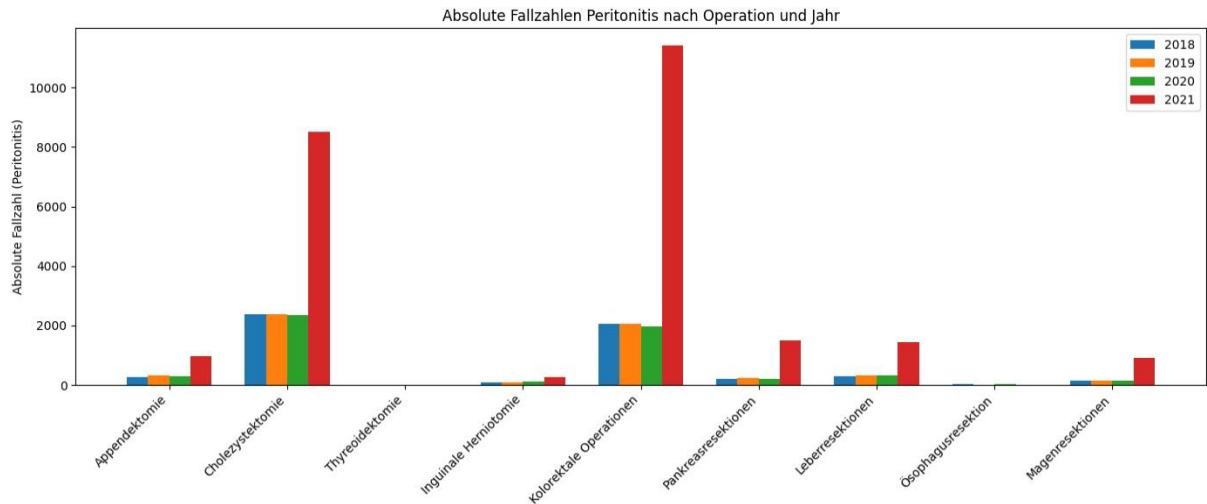


Abbildung 18: Absolute Zahl an Peritonitisfällen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

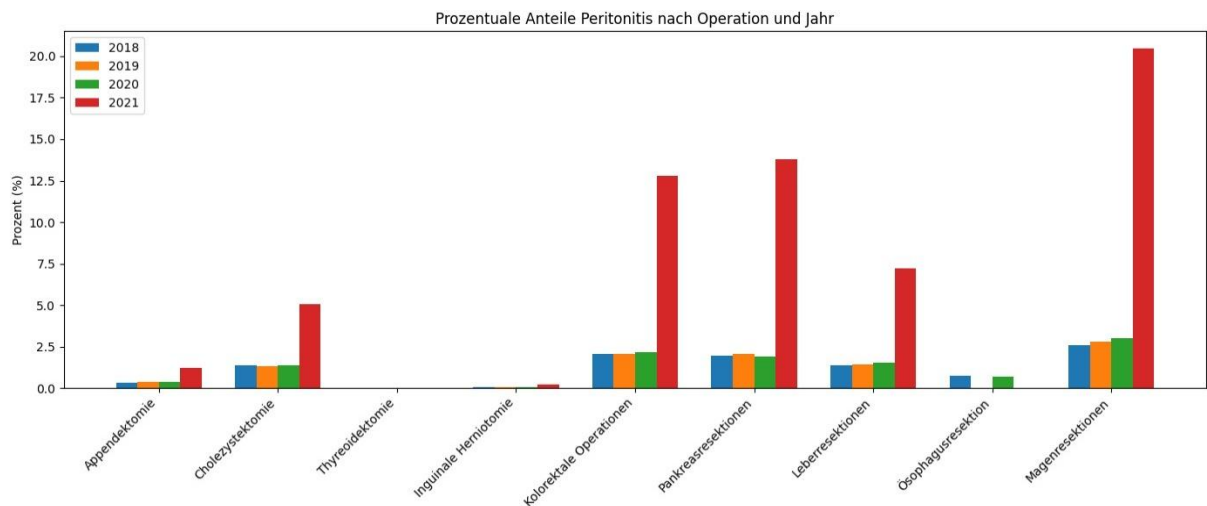


Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit von Peritonitiden pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018–2021.

Auch die Sepsis nahm in den Pandemie Jahren als postoperative Komplikation zu. Ein statistisch signifikanter Anstieg der Sepsis-Inzidenz im Jahr 2021 im Vergleich zu den präpandemischen Jahren 2018 und 2019 wurde bei Appendektomien, Leistenherniotomien und kolorektalen Eingriffen festgestellt ($p < 0,001$). Bei Appendektomien lag die Sepsis-Inzidenz 2018 bei 1,18 % (981 Fälle) und 2019 bei 1,24 % (1.002 Fälle). Im Jahr 2020 stieg sie auf 1,30 % (1.012 Fälle) und erhöhte sich 2021 weiter auf 1,69 % (1.323 Fälle).

Bei Leistenherniotomien betrug die Inzidenz 0,12 % (181 Fälle) im Jahr 2018, 0,12 % (182 Fälle) im Jahr 2019, 0,15 % (190 Fälle) im Jahr 2020 und 0,17 % (218 Fälle) im Jahr 2021. Bei kolorektalen Eingriffen lag die Sepsis-Inzidenz 2018 bei 9,22 % (9.079 Fälle) und 2019 bei 9,31 % (9.238 Fälle). In den Pandemie-jahren erhöhte sie sich auf 9,61 % (8.728 Fälle) im Jahr 2020 und auf 10,20 % (9.099 Fälle) im Jahr 2021. Auch bei Cholezystektomien zeigte sich in den Pandemie-jahren 2020 und 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg der Sepsis-Inzidenz im Vergleich zu den präpandemischen Jahren 2018 und 2019 ($p < 0,001$). Während die Inzidenz 2018 bei 2,86 % (5.041 Fälle) und 2019 bei 2,80 % (5.059 Fälle) lag, stieg sie 2020 auf 3,06 % (5.133 Fälle) an und erreichte 2021 mit 3,42 % (5.752 Fälle) ihren höchsten Wert. Darüber hinaus wurde ein weiterer signifikanter Anstieg der Sepsisfälle im Jahr 2021 im Vergleich zu 2020 bei Cholezystektomien und kolorektalen Eingriffen beobachtet ($p < 0,001$) (vgl. Abbildungen 20 und 21).

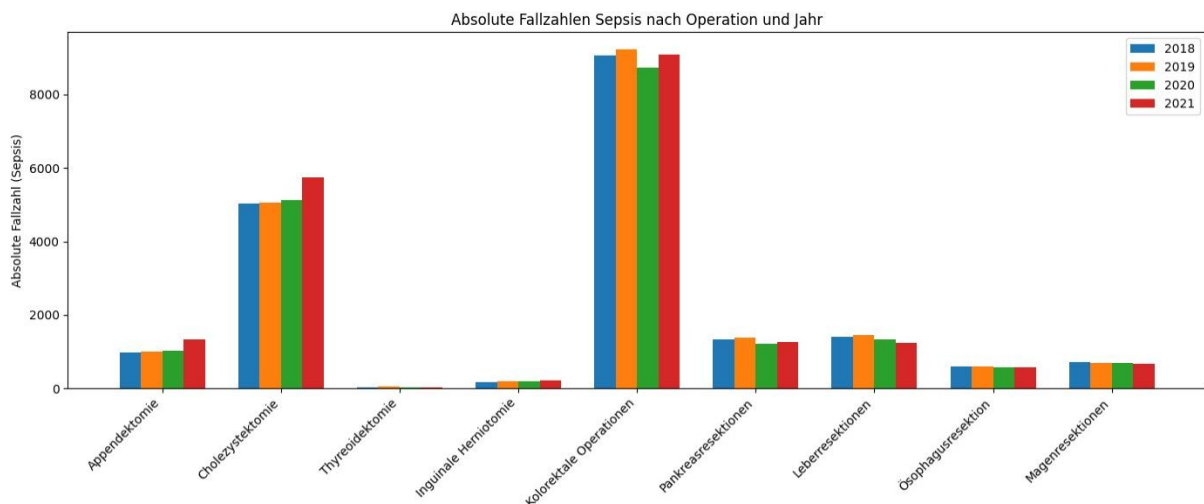


Abbildung 20: Absolute Fallzahlen von Sepsisfällen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018–2021.

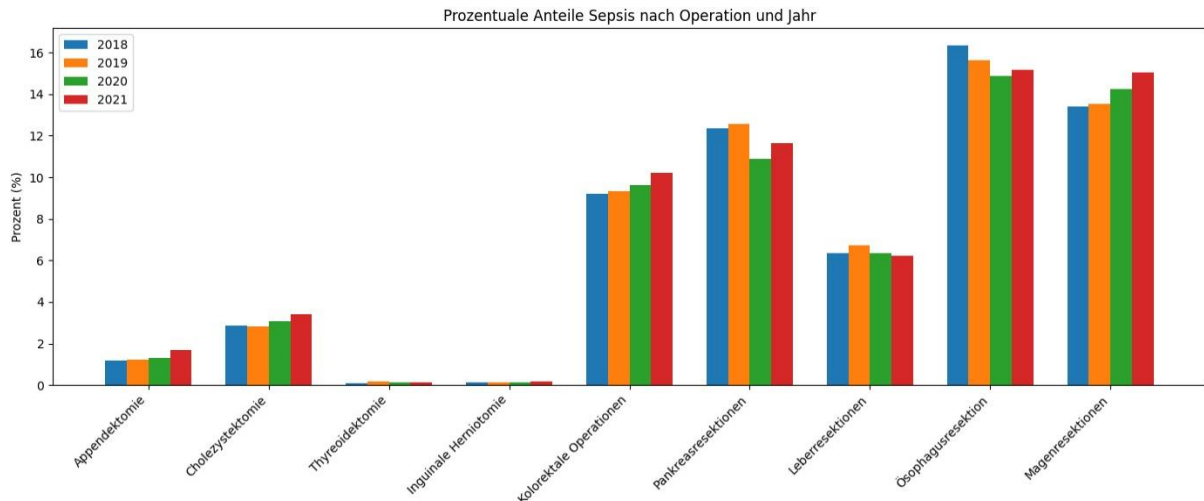


Abbildung 21: Prozentuale Häufigkeit von Sepsis pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

In unserer Studie wurden auch postoperative respiratorische Komplikationen analysiert. Trotz der Tatsache, dass SARS-CoV-2 primär das Atmungssystem betrifft, konnte kein nennenswerter Einfluss der Pandemie auf die Häufigkeit respiratorischer Komplikationen nach viszeralchirurgischen Eingriffen festgestellt werden. Lediglich beim ARDS zeigte sich bei Cholezystektomien im zweiten Pandemiejahr 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg im Vergleich zu den präpandemischen Jahren 2018 und 2019 ($p < 0,001$). Die Inzidenz stieg 2021 auf 0,20 % (351 Fälle), nachdem sie 2018 bei 0,14 % (257 Fälle), 2019 bei 0,12 % (221 Fälle) und 2020 bei 0,14 % (241 Fälle) gelegen hatte. Bei allen anderen untersuchten Eingriffen blieb die Inzidenz des postoperativen ARDS über die Jahre hinweg ohne statistisch signifikante Veränderungen (vgl. Abbildungen 22 und 23).

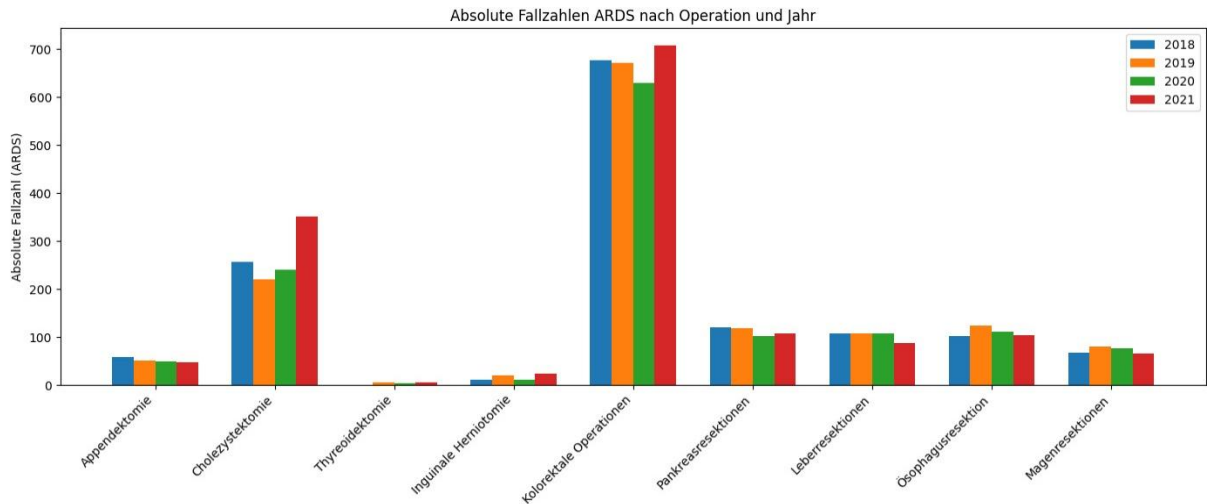


Abbildung 22: Absolute Fallzahlen von ARDS-Fällen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

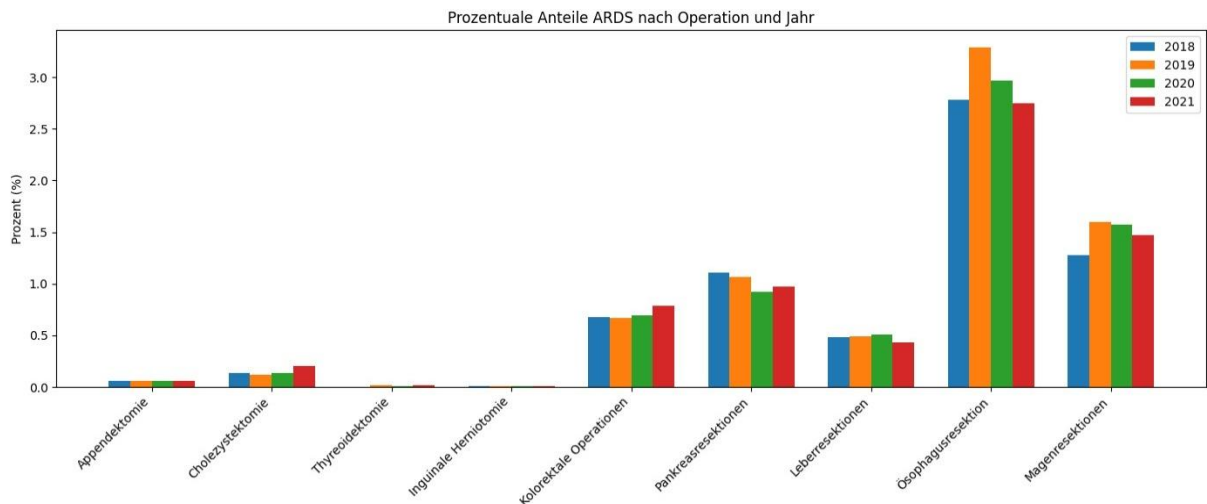


Abbildung 23: Prozentuale Häufigkeit von ARDS pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Auch postoperative Pneumonien wurden im Rahmen der Analyse systematisch erfasst und ausgewertet. Bei Cholezystektomien lag die Inzidenz postoperativer Pneumonien bei 2,07 % (3.660 Fälle) im Jahr 2018 und 2,06 % (3.727 Fälle) im Jahr 2019. Im ersten Pandemiejahr 2020 stieg sie auf 2,25 % (3.780 Fälle) an und lag 2021 bei 2,20 % (3.705 Fälle). Im Vergleich zu den präpandemischen Jahren 2018 und 2019 zeigte sich im Jahr 2020 ein statistisch signifikanter Anstieg der Pneumonien ($p < 0,001$). Auch bei kolorektalen Eingriffen nahm die Inzidenz postoperativer Pneumonien zu. Sie stieg von 8,06 % (7.942 Fälle) im Jahr

2018 auf 8,56 % (8.493 Fälle) im Jahr 2019 und erhöhte sich in den Pandemie-jahren weiter auf 8,83 % (8.018 Fälle) im Jahr 2020, bevor sie 2021 wieder auf 8,54 % (7.616 Fälle) zurückging. Insgesamt zeigte sich ein signifikanter Anstieg der postoperativen Pneumonien nicht nur in den Pandemie-jahren 2020 und 2021, sondern bereits im Jahr 2019 im Vergleich zu 2018 ($p < 0,001$). Auch bei Magen-resektionen konnte eine statistisch signifikante Zunahme der Inzidenz postope-rativer Pneumonien festgestellt werden. Die Inzidenz betrug 15,00 % (791 Fälle) im Jahr 2018, stieg auf 17,21 % (871 Fälle) im Jahr 2019 und erreichte 2020 mit 17,78 % (870 Fälle) ihren Höchstwert, bevor sie 2021 auf 16,58 % (744 Fälle) zurückging. Im Vergleich zum Jahr 2018 zeigten sich in den Jahren 2020 und 2021 signifikant erhöhte Inzidenzen ($p < 0,001$) (vgl. Abbildungen 24 und 25).

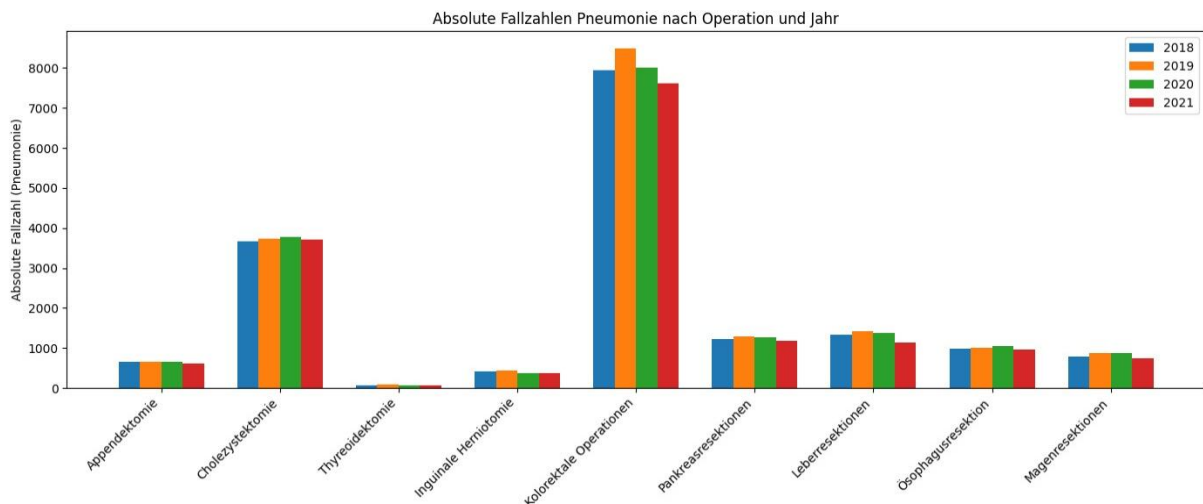


Abbildung 24: Absolute Fallzahlen von Pneumoniefällen pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

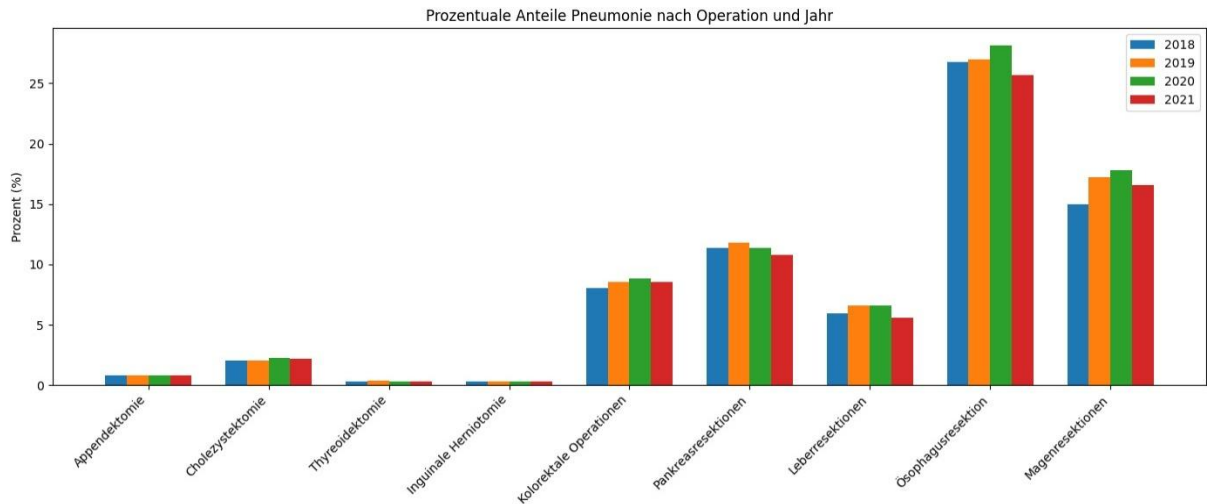


Abbildung 25: Prozentuale Häufigkeit von Pneumonien pro Jahr nach viszeralchirurgischem Eingriff in den Jahren 2018 – 2021.

Unsere Analyse zeigte insgesamt eine Tendenz zur Zunahme postoperativer Komplikationen in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu den Jahren vor der Pandemie 2018 und 2019. Abgesehen von einem statistisch signifikanten Rückgang der Pneumonien bei Leberresektionen im Jahr 2021 im Vergleich zu 2019 ($p < 0,001$) konnten entweder kein signifikanter Unterschied festgestellt werden oder es zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Komplikationsraten während der Pandemie.

4. Diskussion

Der Deutsche Bundestag hat am Donnerstag, dem 10. Juli 2025, die Einsetzung einer Enquete-Kommission „Aufarbeitung der Corona-Pandemie und Lehren für zukünftige pandemische Ereignisse“ beschlossen. Ziel dieser Kommission ist es, die vielfältigen Erfahrungen mit der SARS-CoV-2-Pandemie aus dem Gesundheitssystem, der Gesellschaft und der Politik interdisziplinär aufzuarbeiten, um daraus konkrete Empfehlungen zur Stärkung der Resilienz gegenüber zukünftigen Gesundheitskrisen abzuleiten [187]. Auch in unserer Arbeit wurde der Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die Viszeralchirurgie detailliert untersucht. Der Fokus lag dabei insbesondere auf Veränderungen in der Häufigkeit, der Gesamtverweildauer, der Altersdemografie und den Komplikationen und Mortalität der häufigsten viszeralchirurgischen Eingriffe. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, die Auswirkungen pandemiebedingter Versorgungsrestriktionen besser zu verstehen und als Grundlage für die Vorbereitung auf vergleichbare zukünftige Ausnahmesituationen dienen.

Die COVID-19-Pandemie beeinflusste seit ihrer offiziellen Ausrufung durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) am 11.03.2020 nicht nur das gesellschaftliche Leben weltweit, sondern stellte insbesondere die Gesundheitssysteme vor enorme Herausforderungen. Mit dem damit verbundenen nationalen politischen Maßnahmenkatalog, beginnend ab dem 12. März 2020, veranlasste das Bundesministerium für Gesundheit eine generelle Verschiebung elektiver Operationen, um Krankenhausressourcen für COVID-19-Patientinnen und -Patienten bereitzustellen [146][154]. Die Wiederaufnahme elektiver viszeralchirurgischer Eingriffe erfolgte erst wieder schrittweise nach Abklang der ersten Welle, wobei der genaue Zeitpunkt je nach Region und Krankenhaus variierte. Allgemein begann die Wiederaufnahme elektiver Operationen in Deutschland ab Mai 2020, nachdem die Zahl der COVID-19-Fälle zurückgegangen war und die Krankenhäuser ihre Kapazitäten entsprechend anpassen konnten [188].

Da in der Viszeralchirurgie ein hoher Anteil elektiver Eingriffe besteht, war diese Disziplin von den Einschränkungen in besonderem Maße betroffen. In unserer

Studie wurden die frühen Auswirkungen der Pandemie auf die Viszeralchirurgie in Deutschland über einen Zeitraum von zwei Jahren (2020 und 2021) analysiert und mit den beiden Jahren unmittelbar vor der Pandemie (2018 und 2019) verglichen.

Bis dato wurden bereits zahlreiche Studien zum Einfluss und zu den Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf mehrere Fachrichtungen durchgeführt. Die meisten Studien, welche mit Fokus auf die Allgemein- und Viszeralchirurgie in Deutschland durchgeführt wurden, decken aber lediglich die erste Welle der Pandemie (sechs Monate, März bis Oktober 2020) oder bis zu einem Jahr ab, während unsere Arbeit einen Zeitraum über zwei Jahre bis Dezember 2021 während der Pandemie in Deutschland abdeckt und mit den beiden Jahren unmittelbar vor der Pandemie vergleicht. Damit können sowohl ein direkter Vergleich mit den von der Pandemie unbeeinflussten Jahren erfolgen als auch Rückschlüsse auf den direkten Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die Eingriffszahlen und Komplikationsraten in der Viszeralchirurgie gezogen werden.

Die in Abbildung 2 dargestellten Daten zeigen einen signifikanten Rückgang der häufigsten viszeralchirurgischen Eingriffe im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie. Im Vergleich zum Jahr 2019, dem letzten Jahr vor Ausbruch der Pandemie in Deutschland, wurden im Jahr 2020 (erstes Pandemiejahr) 50.451 Operationen weniger durchgeführt, was einem Rückgang von 9,1 % entspricht. Im Jahr 2021 (zweites Pandemiejahr) setzte sich der Trend fort, mit einem Rückgang um 52.952 Operationen gegenüber dem Jahr 2019, was einer Abnahme von 9,3 % entspricht. Im Vergleich zum Jahr 2020 verringerte sich die Zahl der Eingriffe nochmals um 1.501 Operationen (-0,29 %). Besonders stark betroffen war die Leistenhernienchirurgie mit einem Rückgang von 16 %, gefolgt von der Thyreoidektomie (-10,2 %), kolorektalen Eingriffen (-8,5 %) und Cholezystektomien (-7,2 %). Appendektomien und Magenresektionen verzeichneten Rückgänge von 3,8 % bzw. 3,3 %. Die Leberchirurgie war mit einem Minus von 2,8 % am geringsten betroffen.

Die Beobachtungen der rückläufigen OP-Zahlen in der Viszeralchirurgie stimmen mit den Ergebnissen anderer Studien überein. Steffani et al. analysierten die Fallzahlen elektiver Cholezystektomien und Appendektomien während der ersten Pandemiewelle in Universitätskliniken und Krankenhäusern der Grundversorgung in Deutschland. Im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 zeigte sich zwischen dem 15. März und 5. Mai 2020 ein Rückgang um 33 % bei Appendektomien in Universitätskliniken und ein Rückgang von 57 % elektiver Cholezystektomien. In Krankenhäusern der Grundversorgung wurden in diesem Zeitraum 48 % weniger Appendektomien und 30 % weniger Cholezystektomien durchgeführt [150]. Eine weitere Studie von Koch et al., die Eingriffszahlen in 68 Akutkrankenhäusern untersuchte, zeigte zwischen März und September 2020 einen Rückgang der Cholezystektomien um 51 % im Vergleich zum Vorjahr [189]. Auch im Bereich der kolorektalen Chirurgie zeigte die Analyse von Lock et al. einen Rückgang der Operationszahlen zwischen April und Oktober 2020 um 17 % bei Kolonkarzinomen und 23 % bei Rektumkarzinomen [145].

Unsere Studie verdeutlicht, dass dieser Rückgang der Fallzahlen insbesondere zu Beginn der Pandemie stark ausgeprägt war. Im weiteren Verlauf der Pandemie kam es dann zu einer allmählichen Stabilisierung, wobei sich die Fallzahlen auf einem insgesamt reduzierten Niveau einpendelten. Bemerkenswert ist, dass hochspezialisierte Zentrumseingriffe, wie beispielsweise Pankreas- oder Ösophagusresektionen, von der Pandemie kaum beeinflusst wurden. In unserer Analyse stieg die Zahl der Pankreasresektionen im Jahr 2020 sogar leicht um 1 % an. Auch im Jahr 2021 blieb die Zahl dieser Eingriffe konstant. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen der Studie von Uttinger et al., in der für die erste Pandemiewelle sogar ein Anstieg der Pankreasresektionen um 3 % festgestellt wurde [190]. Auch bei den Ösophagusresektionen blieb die Zahl der Eingriffe in unserer Analyse konstant. Laut Babic et al. mussten zwar einzelne Ösophagusoperationen pandemiebedingt verschoben werden, insgesamt blieb die Anzahl der durchgeführten Eingriffe jedoch bemerkenswert stabil [191]. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass zu Beginn der Pandemie Intensivkapazitäten vorgehalten und später gezielt für onkologische Hochrisikoeingriffe genutzt wurden. Die Leberchirurgie war vergleichsweise wenig betroffen. In un-

serer Studie wurde ein Rückgang der Leberresektionen im Jahr 2020 um 2,8 % festgestellt. Dies steht im Einklang mit den Beobachtungen von Yurttas et al., die ebenfalls über einen Rückgang der Leberoperationen während der ersten Pandemiewelle berichteten, ohne kompensatorischen Anstieg in den Folgemonaten [192]. Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Analyse von Hillebrandt et al., die in vielen Zentren insbesondere während der ersten Welle einen deutlichen Rückgang der Fallzahlen dokumentierte, der sich im weiteren Jahresverlauf nicht vollständig normalisierte [153]. Auch im Bereich der Magenchirurgie konnte in unserer Studie im ersten Pandemiejahr ein Rückgang um etwa 3,3 % beobachtet werden. Dies korrespondiert mit Daten des Instituts für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK), das für das Jahr 2020 einen Rückgang der Magenresektionen aufgrund von Karzinomen um rund 5 % gegenüber dem Vorjahr berichtete. In derselben Untersuchung zeigte sich zudem ein Anstieg der Pankreasresektionen um 2 % sowie ein Anstieg der Ösophagusresektionen um 4 % [193]. Insgesamt lassen sich aus den vorliegenden Daten pandemiebedingte Rückgänge der Operationszahlen insbesondere bei elektiven und gut planbaren Eingriffen mit geringem oder moderatem Risiko wie Cholezystektomien und kolorektalen Operationen ablesen. Dagegen blieben komplexe onkologische Zentrumseingriffe wie Pankreas- und Ösophagusresektionen weitgehend unbeeinflusst. Dies ist möglicherweise auf die Priorisierung hochkomplexer, onkologischer Eingriffe auch unter pandemiebedingten Einschränkungen und spezialisierte Versorgungsstrukturen auch in Krisenzeiten zurückzuführen.

Im Vergleich zu anderen in der Literatur verfügbaren Studien, die sich hauptsächlich auf die erste Infektionswelle oder das erste Jahr der Pandemie konzentrieren, bietet unsere Studie einen umfassenden Überblick über die Operationszahlen während der ersten zwei Pandemiejahre, also für die Jahre 2020 und 2021. In Summe zeigte sich, dass die Zahl der Operationen im ersten Jahr der Pandemie deutlich zurückging, während sie im darauffolgenden Jahr weitgehend stabil blieb oder sogar einen leichten Anstieg verzeichnete. Anhand der uns vorliegenden Zahlen ist allerdings nicht zu belegen, ob diese im weiteren Verlauf der Pandemie bzw. danach wieder angestiegen sind oder unverändert geblieben sind. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die COVID-19-Pandemie langfristig die

operative Planung und Entscheidungsfindung in der Viszeralchirurgie verändert hat. Es ist auffällig, dass sich die meisten bislang verfügbaren Studien nur auf die frühe Pandemiephase fokussieren, wohingegen die mittel- und langfristigen Auswirkungen bislang nur unzureichend untersucht wurden. Unsere Ergebnisse leisten daher einen wichtigen Beitrag zur Bewertung der Pandemieeffekte über einen erweiterten Zeitraum und zur Diskussion zukünftiger struktureller Anpassungen in der chirurgischen Versorgung.

In unserer Studie wurde ein signifikanter Anstieg der Mortalität in den beiden ersten Jahren der Pandemie im Vergleich zu den beiden Jahren vor der Pandemie beobachtet ($p < 0,001$). Die Gesamtmortalität bei den von uns beleuchteten häufigsten viszeralchirurgischen Eingriffen betrug im Jahr 2018 2,43 % (12.331 Patienten), im Jahr 2019 2,36 % (13.061 Patienten), im Jahr 2020 2,55 % (12.827 Patienten) und im Jahr 2021 2,53 % (12.734 Patienten). Diese Werte liegen leicht über dem von Baum et al. in einer Studie aus dem Jahr 2015 berichteten Mortalitätsniveau in der Viszeralchirurgie von rund 2 % für den Zeitraum 2009 bis 2015 [194]. In unserer Studie lag die Mortalität vor der Pandemie im Bereich von 2,3 - 2,4 % und zeigte dann einen deutlichen Anstieg der Mortalität während der Pandemie auf über 2,5 % in den beiden ersten Pandemie Jahren 2020 und 2021 [194].

Eine differenzierte Analyse der Mortalität in Bezug auf einzelne Operationsarten zeigt, dass insbesondere in der kolorektalen Chirurgie sowie bei Cholezystektomien im Jahr 2021 signifikant erhöhte Mortalitätsraten im Vergleich zum Zeitraum vor der Pandemie auftraten. Bei den übrigen Eingriffen war die Mortalität im Vergleich zu den Jahren vor der Pandemie statistisch nicht signifikant verändert. Die Mortalität bei Cholezystektomien zeigte einen tendenziellen Anstieg in den Pandemie Jahren mit 1,30 % (2.295 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2018, 1,23 % (2.216 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2019 und während der COVID-19-Pandemie 1,38 % (2.313 Patienten) im Jahr 2020 und 1,45 % (2.436 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2021. Die Mortalität in der kolorektalen Chirurgie betrug 7,47 % (7.351 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2018 und 7,37 % (7.313 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2019. In den Pandemie Jahren stieg die Mortalitätsrate leicht an auf 7,84 % (7.110 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2020

und 7,95 % (7.088 Patientinnen und Patienten) im Jahr 2021. Die Mortalität nach Cholezystektomien zeigte im Vergleich zur Studie von Baum et al. einen deutlichen Anstieg, welcher mit 0,4 % angegeben wird. In der kolorektalen Chirurgie berichteten Baum et al. eine Mortalität von 7,5 %. Vergleichbare Werte zeigten sich auch in unserer Studie mit 7,47 % im Jahr 2018 und 7,37 % im Jahr 2019. Während der Pandemiejahre kam es jedoch zu einem signifikanten Anstieg auf 7,84 % im Jahr 2020 und 7,95 % im Jahr 2021 [194]. Gemäß den Ergebnissen einer Studie der internationalen COVIDSurg Collaborative betrug die 30-Tage-Mortalität nach kolorektaler Chirurgie während der frühen Phase der COVID-19-Pandemie (bis April 2020) 1,8 % bei insgesamt 2.073 Patientinnen und Patienten [152]. In derselben Studie wurde eine deutlich erhöhte Mortalität von 38,5 % bei Patientinnen und Patienten mit kombiniertem Auftreten einer Anastomoseninsuffizienz und einer SARS-CoV-2-Infektion berichtet [152]. Insgesamt verdeutlichen unsere Daten, dass insbesondere bei kolorektalen Eingriffen und Cholezystektomien eine Erhöhung der Mortalität in den Pandemie Jahren 2020 und 2021 im Vergleich zu den Vorjahren zu verzeichnen war. Ob der Zusammenhang kausal mit dem Auftreten der Pandemie zusammenhängt, lässt sich anhand unserer Daten zwar nicht beweisen, ist aber naheliegend.

Im Vergleich zur Studie von Baum et al. aus dem Jahr 2015 zur Krankenhaussterblichkeit in der Viszeralchirurgie in Deutschland zeigen sich teils deutliche Unterschiede in den Mortalitätsraten einzelner Eingriffe in unserer Analyse, die sowohl die Zeit vor der Pandemie als auch die Pandemiejahre umfasst. Für Thyreoidektomien lag die Mortalität laut Baum et al. bei 0,1 %. Dieser Wert wurde in unserer Studie für die Jahre 2018 und 2019 ebenfalls erreicht. Im Jahr 2020 war ein leichter Rückgang auf 0,07 % zu verzeichnen, gefolgt von einem Anstieg auf 0,13 % im Jahr 2021. Trotz dieser Schwankungen bleibt die Mortalität in einem sehr niedrigen Bereich. Bei Leistenherniotomien wurde in der Studie von Baum et al. eine Krankenhausmortalität von 0,04 % festgestellt, wohingegen unsere Analyse deutlich höhere Werte zwischen 0,16 % und 0,18 % ergab [194]. Diese Diskrepanz könnte aufgrund der sechsjährigen Datenerhebung von Baum et al. und dem damit längerfristigen Zeitraum zurückzuführen sein [194].

Die Mortalität in der Pankreaschirurgie war in der Studie von Baum et al. mit 6,9 % etwas niedriger als in den Jahren vor der Pandemie in unserer Studie mit 8,77 - 9,05 %. In den Pandemie Jahren 2020 und 2021 sank die Sterblichkeit in der Pankreaschirurgie, wie in unseren Ergebnissen beschrieben, auf 7,99 - 8,30 %. Für die Leberchirurgie wurde die Krankenhaussterblichkeit von Baum et al. mit 7,7 % angegeben [194]. In unserer Studie betrug die Mortalität in der Leberchirurgie vor der Pandemie 5 % und sank danach leicht auf 4,71-4,94 %. Auch hier ist ein Rückgang der Mortalität trotz pandemischer Belastungen zu beobachten. In der Ösophaguschirurgie wurde die Sterblichkeit mit 8,6 % angegeben. In unserer Studie lag die Sterblichkeit in der Pandemie zwischen 7,88 und 8,46 % und in den Pandemie Jahren zwischen 7,63 und 8,09 %. Damit lässt sich auch hier ein leichter Rückgang feststellen.

Diese Entwicklungen sind auffällig, da die Anzahl hochkomplexer onkologischer Eingriffe wie Pankreas-, Leber- und Ösophagusresektionen während der Pandemie nicht nur stabil blieb, sondern teilweise sogar eine verbesserte Mortalitätsentwicklung aufwies. Dies könnte in der Priorisierung dieser Eingriffe liegen. Während elektive und weniger dringliche Operationen reduziert oder verschoben wurden, erhielten onkologische Patienten in Deutschland, die einen komplexen Eingriff benötigten, möglicherweise uneingeschränkten Zugang zu chirurgischen und intensivmedizinischen Ressourcen. Es erscheint plausibel, dass die durch die pandemiebedingte Reduktion elektiver Eingriffe freigewordenen personellen und strukturellen Ressourcen gezielt für die Versorgung komplexer Hochrisikopatienten eingesetzt wurden. Dies könnte zu einer qualitativ hochwertigeren Behandlung mit optimierter perioperativer Betreuung geführt haben. Diese hochkomplexen Eingriffe wurden aufgrund des erhöhten intensivmedizinischen Bedarfs vermutlich überwiegend in Einrichtungen der Maximalversorgung durchgeführt. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass in dieser Phase vermehrt Patientinnen und Patienten in spezialisierten Zentren mit entsprechender Expertise behandelt wurden, was als möglicher Einflussfaktor auf die beobachtete Reduktion der Mortalität in Betracht gezogen werden kann.

In der bereits zitierten Studie von Baum et al. wiesen Magenresektionen mit einer Krankenhausmortalität von 11,7 % die höchste Sterblichkeit unter den viszeralchirurgischen Eingriffen im Zeitraum von 2009 bis 2015 auf [194]. Dieses Muster bestätigt sich auch in unserer Untersuchung, bei der die Mortalitätsraten bei Magenresektionen über den gesamten Studienzeitraum hinweg die höchsten aller analysierten Eingriffe waren. In den Vorpandemiejahren 2018 und 2019 lag die Sterblichkeit zwischen 12,33 % und 13,13 %, was bereits oberhalb der in der Studie von Baum et al. berichteten Werte lag. Während der COVID-19-Pandemie stieg die Mortalität weiter auf 13,42 % im Jahr 2020 und 13,58 % im Jahr 2021 an. Zu beachten ist, dass sich die Studie von Baum et al. auf einen längeren Zeitraum von sechs Jahren (2009 – 2015) mit größeren Fallzahlen stützt, was möglicherweise zu einer Glättung kurzfristiger Schwankungen geführt hat.

In unserer Studie zeigte sich, dass trotz der insgesamt geringen Zahl SARS-CoV-2-positiver Patientinnen und Patienten die Mortalität in dieser Subgruppe mit 25 – 60 % sehr hoch war. Aufgrund der begrenzten Fallzahl ist eine belastbare Schlussfolgerung nur schwerlich möglich. Eine sehr viele höhere Dunkelziffer SARS-CoV-2-positiver Patientinnen und Patienten ist in Anbetracht der anfänglich noch nicht vorhandenen oder nur unzureichenden Testung anzunehmen. Während der Pandemiejahre 2020 und 2021 wurde eine signifikant erhöhte Mortalität bei kolorektalen Eingriffen im Vergleich zum unmittelbar präpandemischen Zeitraum von 2018 – 2019 festgestellt. Der Anteil der Patientinnen und Patienten mit laborbestätigter SARS-CoV-2-Infektion war in dieser Operationsgruppe höher als bei allen anderen viszeralchirurgischen Eingriffen. Die postoperativ verstorbenen Patientinnen und Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion stellten die größte Untergruppe innerhalb der analysierten viszeralchirurgischen Kohorte dar, und ihre Mortalitätsrate lag signifikant über jener nicht infizierter Vergleichspatientinnen und -patienten. Mehrere internationale Studien berichten ebenfalls ein deutlich erhöhtes Mortalitätsrisiko bei Patientinnen und Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion, die sich einer operativen Behandlung unterziehen mussten: Lock et al. berichteten in einer Studie, dass perioperative COVID-19-Infektionen mit einer signifikant erhöhten postoperativen Mortalität verbunden waren, obwohl in der Originalarbeit keine spezifischen Prozentzahlen für die Mortalität angegeben

werden [145]. In einer internationalen Kohortenstudie, die zu Beginn der Pandemie in *The Lancet* (2020) veröffentlicht wurde, verstarben 23,8 % der Patientinnen und Patienten mit einer perioperativen SARS-CoV-2-Infektion innerhalb von 30 Tagen nach der Operation [165]. Laut der internationalen COVIDSurg Collaborative Study lag die 30-Tage-Mortalität bei Patientinnen und Patienten mit kolorektalen Eingriffen ohne SARS-CoV-2-Infektion bei 1,8 %, während sie bei gleichzeitig vorliegender SARS-CoV-2-Infektion auf 14,3 % im Falle der Anlage eines endständigen Stomas bzw. 15,7 % nach Anlage einer Anastomose deutlich anstieg. Besonders kritisch war die Kombination aus einer Anastomosensuffizienz mit einer SARS-CoV-2-Infektion, bei der eine Mortalitätsrate von 38,5 % beschrieben wurde [152]. In einer spanischen Multicenter-Studie von Osorio et al. zu den Ergebnissen von Notfalleingriffen in der Allgemein- und Viszeralchirurgie während der COVID-19-Pandemie lag die 30-Tage-Mortalität bei COVID-19-positiven Patientinnen und Patienten bei 12,6 % (23 von 183 Fällen) im Vergleich zu 4,6 % (98 von 2.132 Fällen) bei COVID-19-negativen Patientinnen und Patienten [195]. In einer US-amerikanischen Studie von Kamal et al. wurde in einer Meta-Analyse bei chirurgischen onkologischen Patientinnen und Patienten mit COVID-19 eine postoperative Mortalität von 27,15 % festgestellt [196]. Eine Metaanalyse von Abate et al. zeigte eine weltweite postoperative Mortalitätsrate von circa 20 % bei Patientinnen und Patienten mit perioperativer SARS-CoV-2-Infektion [197].

Um zweifelsfrei zu klären, ob ein Zusammenhang zwischen einer SARS-CoV-2-Infektion und der erhöhten postoperativen Letalität besteht, wäre allerdings eine detailliertere Betrachtung und weitere prospektive Forschung erforderlich. Mehrere Faktoren könnten zum allgemeinen Anstieg der Sterblichkeit während der Pandemie beigetragen haben. Zum einen führten lange Verschiebungen und Verzögerungen von notwendigen Operationen aufgrund des Krankheitsverlaufs oder pandemiebedingter organisatorischer Einschränkungen in den Krankenhäusern dazu, dass Eingriffe häufig erst in einem fortgeschrittenen oder komplizierten Krankheitsstadium durchgeführt wurden. Auch die eingeschränkte Möglichkeit zur frühzeitigen Vorstellung und Behandlung von Notfällen spielte hier vermutlich eine Rolle. In einer prospektiven Studie der COVIDSurg

Collaborative zur Resektabilität elektiv verschobener kolorektaler Karzinome während der ersten Pandemiewelle zeigte sich, dass eine Verzögerung der operativen Therapie die primäre Resektabilität nicht signifikant beeinträchtigte. Allerdings war die Operationsverzögerung mit einer potenziell ungünstigeren Prognose assoziiert, was unter anderem auf eine vermehrte mikrometastatische Tumorausbreitung zurückgeführt wurde [198]. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass die Aussagekraft der Studie durch ein vergleichsweise kurzes Follow-up von lediglich 30 Tagen begrenzt war [198]. Auch die eingeschränkte Möglichkeit zur frühzeitigen Vorstellung und Behandlung von Notfällen trug hier vermutlich dazu bei. In einer Studie von Wichmann et al. wurde an der Universitätsklinik Tübingen während der ersten COVID-19-Pandemiewelle ein signifikanter Anstieg der Inzidenz perforierter Appendizitiden im Vergleich zu den Vorjahren 2018 und 2019 beobachtet. Die Autoren führten diesen Umstand unter anderem auf eine verzögerte Inanspruchnahme medizinischer Versorgung während der Pandemie zurück, was zu fortgeschritteneren Krankheitsstadien bei Erstvorstellung geführt haben könnte [199]. Des Weiteren lag der Fokus des medizinischen Personals insbesondere zu Beginn der Pandemie vermutlich überwiegend auf der Versorgung von COVID-19-Patientinnen und -Patienten, vor allem auf den Intensivstationen. Dies führte möglicherweise zu einer veränderten Ressourcenverteilung, welche eine adäquate postoperative Versorgung chirurgischer Patientinnen und Patienten erschwert haben könnte. Vor diesem Hintergrund lässt sich vermuten, dass nicht nur SARS-CoV-2-Infektionen, sondern auch eine insgesamt beeinträchtigte Gesundheitsversorgung zu einer verschlechterten Prognose und damit zu einer erhöhten postoperativen Mortalität beigetragen haben könnten. Unseren Daten zufolge war die Zahl der an COVID-19 erkrankten Patientinnen und Patienten in der Kolorektalchirurgie am höchsten, was vermutlich linear mit einem Anstieg der Sterblichkeit einherging. Zukünftige Untersuchungen könnten dazu beitragen, die detaillierten Gründe für den Anstieg der Sterblichkeit bei viszeralchirurgischen Patientinnen und Patienten während der COVID-19-Pandemie besser zu differenzieren.

Als Surrogat für die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Notfallversorgung in der Viszeralchirurgie können in unserer Studie die Appendektomie

gewertet werden, bei der es sich in der Regel um eine Notfalloperation handelt, In unserer Studie war mit 3.097 (- 3,8 %) durchgeführten Appendektomien ein Rückgang der Zahl der Eingriffe in Deutschland im ersten Jahr der Pandemie festzustellen. Im zweiten Jahr der Pandemie stieg die Anzahl der Eingriffe wieder leicht an (+0,6 %). Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die meisten Patientinnen und Patienten mit entsprechendem Beschwerdebild nicht direkt die Notaufnahme aufsuchten. Es wurde beschrieben, dass sich Patientinnen und Patienten, die zu diesem Zeitpunkt die Notaufnahme aufsuchten, bereits in einem fortgeschrittenen Stadium befanden oder primär konservativ behandelt wurden und daher zu einem späteren Zeitpunkt mit persistierenden oder erneuten Beschwerden zur operativen Therapie vorstellig wurden. Diese Hypothese wurde auch in der Studie von Harnoss et al. angeführt, in welcher es trotz Antibiotikatherapie zu rezidivierenden Beschwerden und operativer Versorgung innerhalb eines Jahres kam [200]. Die bereits erwähnte Arbeit von Wichmann et al. zeigte eine signifikante Zunahme perforierter Appendizitiden in der ersten Pandemiewelle [199]. In einer Studie von Willms et al., in welcher die Ergebnisse von 41 chirurgischen Abteilungen in der ersten COVID-19 Lockdownphase untersucht wurden, zeigte sich ein Rückgang der Appendektomien in dieser Phase um ca. 19 % und reziprok ein Anstieg der komplizierten Appendizitiden um ca. 6,2 %. Mortalität und Komplikationen blieben jedoch unverändert [201]. In einer weiteren Studie von Meyer et al. zu akuten Appendizitiden bei Kindern in den ersten sechs Monaten der Pandemie wurde eine Zunahme der Perforationen um ca. 19 % im Vergleich zu den Vorjahren und Literaturdaten festgestellt [202]. In einer Metaanalyse von Kohler et al. zum therapeutischen Vorgehen bei akuter Appendizitis im ersten Pandemiejahr 2020 wurden nicht nur bei Kindern, sondern auch bei Erwachsenen vermehrt komplizierte Appendizitiden beobachtet. Die Hospitalverweildauer war jedoch nicht verändert [203]. Auch in anderen Ländern wurde während der ersten Pandemiewelle eine erhebliche Reduktion der Notfälle beobachtet. So wurde in Großbritannien ein Rückgang um 52 % berichtet [204] und in Schottland gingen die Notfälle in der ersten Welle der Pandemie um 53 % zurück [205]. In einer italienischen Studie von Pirozzolo et al. zeigte sich während der COVID-19-Pandemie 2020 ein Rückgang der Notaufnahmebesuche, während

die Zahl der Notfalloperationen unverändert blieb. Die verzögerten Krankenhauszugänge waren mit schwereren klinischen Zuständen bei Aufnahme und einer schlechteren postoperativen Prognose verbunden [206]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Notfallchirurgie zunächst einen signifikanten Rückgang der Fallzahlen erlebte, gefolgt von einem erneuten Anstieg, bevor es zu einem moderaten Rückgang kam. Diese zeitliche Verzögerung bzw. die mögliche Verschiebung von Notfällen hatte, wie auch durch unsere Untersuchung erläutert, vermutlich einen direkten Einfluss auf die Zunahme von postoperativen Komplikationen.

Bezogen auf die Altersdemografie konnte keine Veränderung während der COVID-19-Pandemie beobachtet werden. Das Verhältnis blieb gleich und die meisten viszeralchirurgischen Eingriffe wurden in den Jahren vor und während der Pandemie in der Altersgruppe der 55- bis 75-Jährigen durchgeführt. Für das Alter unter 55 Jahren wurden am häufigsten Appendektomien, Cholezystektomien, Thyreoidektomien und zwischen 55 und 75 Jahren Leistenherniotomien, kolorektale Operationen, Pankreasresektionen, Leberresektionen, Ösophagusresektionen und Magenoperationen durchgeführt. Im Vergleich zu anderen Studien zeigte die Untersuchung von Baum et al. lediglich bei Leistenhernienoperationen einen Unterschied, in welcher dieser Eingriff häufiger bei Patientinnen und Patienten unter 55 Jahren durchgeführt wurde. Hinsichtlich der demografischen Merkmale gab es ansonsten keine Abweichungen zu früheren Studien. Dies deutet darauf hin, dass die COVID-19-Pandemie keinen nennenswerten Einfluss auf die demografischen Eigenschaften der viszeralchirurgischen Patientinnen und Patienten hatte [194].

Bezüglich der Verweildauer zeigte sich bei nahezu allen größeren Operationen ein deutlicher Trend zur Verkürzung der Gesamt-, stationären sowie intensivmedizinischen Liegedauer, insbesondere bei Eingriffen, die vor der Pandemie mit einer längeren Verweildauer verbunden waren. Die ausgeprägteste Reduktion wurde bei der Pankreaschirurgie beobachtet, mit einer Gesamtverkürzung von 1,4 Tagen – von durchschnittlich 26,7 Tagen im Jahr 2018 auf 25,3 Tage im Jahr 2021. Auf der Normalstation reduzierte sich die Aufenthaltsdauer von 23,9 Tagen

vor der Pandemie auf 23 Tage im Jahr 2021, auf der Intensivstation von 2,8 auf 2,3 Tage. Andere Studien berichteten in der ersten Pandemiewelle entweder keine signifikanten Unterschiede oder nur geringe Reduktionen der Krankenhausverweildauer [145][150][152]. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Studie von Baum et al. (2009 – 2015) zeigten sich teils vergleichbare, teils abweichende Verweildauern. Bei Leistenhernienoperationen war die Verweildauer mit durchschnittlich 2,1 Tagen ähnlich wie in unserer Studie. Bei Schilddrüsenoperationen lag sie mit 4,3 Tagen höher als in unserer Untersuchung (3 – 3,3 Tage). Für Appendektomien wurde eine leicht höhere Verweildauer von 5,1 Tagen berichtet (vs. 4,5 – 4,8 Tage in unserer Studie). Bei Cholezystektomien war sie mit 5,7 Tagen etwas kürzer als in unserer Studie (6 – 6,3 Tage). Kolorektale Eingriffe wiesen eine Verweildauer von 20,2 Tagen auf, welche damit geringfügig höher war als in unserer Analyse (18 – 19,3 Tage). Die Pankreaschirurgie zeigte mit 25,4 Tagen ähnliche Werte wie oben beschrieben. Für die Leberchirurgie ergab sich mit 21 Tagen eine deutlich längere Verweildauer im Vergleich zu unserer Studie (14,5 – 15,4 Tage). Ösophagusresektionen lagen mit 30 Tagen vor der Pandemie leicht über den Werten unserer Studie (29 Tage), nach der Pandemie dagegen mit 27 Tagen deutlich darunter. Bei Magenresektionen waren die Werte mit 24,5 Tagen nahezu identisch zu unseren Ergebnissen (23 – 24,7 Tage) [194].

Die durchschnittliche Liegedauer nach viszeralchirurgischen Eingriffen blieb während der COVID-19-Pandemie weitgehend konstant, zeigte jedoch eine Tendenz zur Verkürzung. In den meisten Studien wird dies damit erklärt, dass Krankenhaus- und Operationskapazitäten in Zeiten der maximalen Belastung optimiert wurden [145][207]. Diese Entwicklung könnte durch pandemiebedingte Anpassungen im Krankenhausmanagement erklärt werden. So wurde vermehrt angestrebt, Patientinnen und Patienten möglichst schnell von den Intensivstationen auf Normalstationen oder in periphere Einrichtungen zu verlegen, um das Risiko nosokomialer Infektionen, insbesondere durch SARS-CoV-2, zu minimieren. Darüber hinaus bestand eine generelle Tendenz zu einer beschleunigten Entlassung der Patientinnen und Patienten, da Krankenhäuser als potenzielle Infektionsherde galten [208].

Während der COVID-19-Pandemie war zudem eine signifikante Zunahme von Komplikationen bei chirurgischen Eingriffen zu beobachten. Besonders auffällig war der deutliche Anstieg von Peritonitiden, der im Jahr 2021 bei fast allen Operationen statistisch signifikant war ($p < 0,001$). Betroffen waren unter anderem Appendektomien, Cholezystektomien, Leistenherniotomien, kolorektale Operationen, Pankreasresektionen, Leberresektionen und Magenresektionen. Auch die Sepsis stellte eine häufige Komplikation dar, die in den Pandemie Jahren bei vielen Eingriffen auftrat. Besonders auffällig war ein Anstieg der Sepsisrate bei Cholezystektomien in den beiden Pandemie Jahren im Vergleich zu den Jahren vor der Pandemie. Ebenso bei Appendektomien und Herniotomien zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg der Sepsisfälle im Jahr 2021, während bei kolorektalen Eingriffen ein statistisch signifikanter Anstieg der Sepsisrate ($p < 0,001$) zu verzeichnen war. Der Anstieg von schweren Appendizitiden und Cholezystitiden mit begleitender Peritonitis wurde auch in anderen Studien dokumentiert. In einer Untersuchung von Meyer et al. wurde während der ersten sechs Monate der Pandemie ein deutlicher Anstieg der perforierten Appendizitiden bei Kindern festgestellt. Die Perforationsrate stieg auf 39,5 % im Vergleich zu 20,6 % vor der COVID-19-Pandemie. Ebenso berichteten Willms et al. von einem Anstieg der komplizierten Appendizitiden um etwa 6,2 % während der Pandemie [201][202]. Eine Studie von Stolberg et al. zeigte ebenfalls einen Anstieg schwerer Cholezystitiden im ersten Pandemie Jahr 2020. Dabei wiesen die Patienten häufiger eine begleitende Peritonitis auf (29,1 % vs. 15,4 %) im Vergleich zum Jahr zuvor und während der Pandemie [209]. In einer Studie von Rahimli et al. zur laparoskopischen Cholezystektomie in peripheren Kliniken in Deutschland zeigte sich während der ersten Phase der COVID-19-Pandemie, dass zunehmend ältere Patientinnen und Patienten mit schwereren Cholezystitiden (z.B. gangränös) operiert wurden und sich sowohl der Krankheitszustand als auch der Zeitpunkt der Behandlung im Vergleich zum Vorjahr verschlechterten [210]. In einer weiteren internationalen prospektiven Beobachtungsstudie wurde ein Anstieg gangränöser Cholezystitiden und Sepsis während der COVID-19-Pandemie festgestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass Patientinnen und Patienten mit einer

SARS-CoV-2-Infektion häufiger schwere Verlaufsformen der Cholezystitis präsentierte [211].

Für weitere chirurgische Eingriffe gibt es in der aktuellen Literatur hingegen keine spezifische Analyse der Peritonitis als Komplikation. Während bereits über einen direkten Effekt von SARS-CoV-2 auf die Inzidenz von SARS-CoV-2-assoziiierter Sepsis berichtet wurde, konnte bislang kein direkter Zusammenhang zwischen SARS-CoV-2 und der Entstehung von Peritonitiden beschrieben werden [212][213]. Die wahrscheinlichste Erklärung für den signifikanten Anstieg der Peritonitiden während der Pandemie ist die in zahlreichen Studien beschriebene Verzögerung der Vorstellung von Patientinnen und Patienten in Notaufnahmen nach Auftreten von Symptomen oder die Verschiebung elektiver Operationen, die sich später als kompliziert oder akut mit begleitender Peritonitis herausstellten. Diese Hypothese wird auch durch unsere Ergebnisse untermauert.

In unserer Studie konnte kein direkter Einfluss der COVID-19-Pandemie auf Anastomoseninsuffizienzen festgestellt werden. Es wurden keine signifikanten statistischen Veränderungen bei allen analysierten Eingriffen festgestellt. Für die Kolorektalchirurgie wurde von der internationalen COVIDSurg Collaborative Study berichtet, dass es während der COVID-19-Pandemie zu einer deutlichen Zunahme der Anlage terminaler Stomata (44 % auf 70 %) so genannten COVID-19-end-Stomas, und konsekutiv zu einer Abnahme von Anastomoseninsuffizienzen (4.9 % versus 7.7 %), kam. Damit wurde die Wahrscheinlichkeit einer Anastomoseninsuffizienz reduziert, während 5 % der Patientinnen und Patienten vor der Pandemie typischerweise eine primäre Anastomose erhalten hätten [152]. Eine ähnliche Entwicklung wurde in der Studie von Lock et al. beschrieben, gemäß derer die Häufigkeit der Stomaanlage in Großbritannien von 44 % auf 56 % anstieg [145].

Ein weiterer relevanter Anstieg pandemieassoziiierter Komplikationen wurde bei der akuten Niereninsuffizienz beobachtet. In unserer Analyse zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg ($p < 0,001$) im Kontext von Appendektomien, Cholezystektomien, Leistenherniotomien sowie kolorektalen Eingriffen in beiden

Pandemiejahren (2020 und 2021) im Vergleich zu den beiden Vorjahren. Auch bei Leber- und Magenresektionen war ein signifikanter Anstieg der Inzidenz im Vergleich zu 2018 festzustellen. Ein möglicher Erklärungsansatz liegt in der direkten Assoziation zwischen SARS-CoV-2-Infektionen und akuter Niereninsuffizienz, wie unter anderem in der Arbeit von Noriega et al. und Hirsch et al. beschrieben [94][95]. Die renale Beteiligung bei COVID-19 wird vermutlich durch verschiedene pathophysiologische Mechanismen beeinflusst, darunter direkte virale Invasion der Glomeruli, endotheliale Dysfunktion, zytokinvermittelte Entzündungsreaktionen und thrombotische Mikroangiopathien [214][215]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Teil der Patientinnen und Patienten möglicherweise unbemerkt (asymptomatisch oder ungetestet) mit SARS-CoV-2 infiziert war, wodurch die tatsächliche Prävalenz entsprechender Komplikationen möglicherweise noch unterschätzt wurde. Die Ergebnisse unserer Studie unterstreichen die Notwendigkeit der Früherkennung und Prävention von akuten Nierenfunktionsstörungen bei chirurgischen Patientinnen und Patienten in Pandemiesituationen, unabhängig des nachgewiesenen Infektionsstatus, erhöhte Bedeutung beizumessen.

Hinsichtlich atemwegsbezogener Komplikationen zeigt unsere Studie ebenfalls pandemiebedingte Auswirkungen auf viszeralchirurgische Eingriffe, die sich jedoch auf einzelne Operationen und spezifische Jahre beschränkten. So wurde bei Cholezystektomien im zweiten Pandemiejahr 2021 ein statistisch signifikanter Anstieg des Auftretens eines ARDS im Vergleich zu den präpandemischen Jahren festgestellt ($p < 0,001$). Darüber hinaus wurde im ersten Pandemiejahr (2020) bei Cholezystektomien ein signifikanter Anstieg der postoperativen Pneumonien im Vergleich zu 2018 und 2019 beobachtet ($p < 0,001$). Auch bei kolorektalen Eingriffen und Magenresektionen wurde in den Pandemiejahren im Vergleich zu den Referenzjahren 2018 und 2019 ein signifikanter Anstieg der Pneumonien beobachtet ($p < 0,001$). Für andere Eingriffsarten konnten hingegen keine signifikanten Veränderungen der atemwegsassoziierten Komplikationen festgestellt werden. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit anderen internationalen Studien, die während der COVID-19-Pandemie einen Anstieg pulmonaler Komplikationen bei chirurgischen Patientinnen und Patienten dokumentierten. Die COVID-

Surg Collaborative (2020) berichtete in einer multizentrischen Studie über eine erhöhte postoperative Pneumonie- und ARDS-Rate bei infizierten Patientinnen und Patienten, insbesondere bei elektiven Eingriffen, die unter asymptomatischer oder nicht diagnostizierter SARS-CoV-2-Infektion durchgeführt wurden [165].

Zudem weisen weitere Studien darauf hin, dass pandemiebedingte Faktoren wie verlängerte präoperative Wartezeiten, reduzierte Lungenfunktion durch Inaktivität, sowie Einschränkungen bei der postoperativen Mobilisation und Atemphysiotherapie mögliche Risikofaktoren für pulmonale Komplikationen darstellen könnten [216]. In unserer Analyse zeigte sich insgesamt ein begrenzter Einfluss auf viszeralchirurgische Eingriffe. Die insgesamt geringe und auf einzelne Bereiche begrenzte Zunahme respiratorischer Komplikationen lässt sich möglicherweise durch die strenge Selektion der Patientinnen und Patienten vor elektiven Eingriffen erklären. Entscheidendes Kriterium für die Operationsfreigabe war dabei insbesondere der Atemwegsstatus der Patientinnen und Patienten, sodass in der überwiegenden Mehrheit SARS-CoV-2-negative Personen oder solche mit einem ausreichenden zeitlichen Abstand von mindestens sieben Wochen nach einer durchgemachten Infektion operiert wurden [167]. Zusätzlich wurden während dieses Zeitraums spezielle COVID-19-freie Stationen für die postoperative Versorgung eingerichtet. Eine internationale Studie der COVIDSurg Collaborative konnte zeigen, dass Patientinnen und Patienten, die in strikt von SARS-CoV-2-positiven Bereichen getrennten, sogenannten „COVID-19-freien“ Behandlungsbereichen operiert und postoperativ behandelt wurden, signifikant bessere klinische Ergebnisse sowie eine geringere Rate respiratorischer Komplikationen aufwiesen [217]. Insgesamt verdeutlichen solche Maßnahmen, dass während der postoperativen Betreuung nach viszeralchirurgischen Eingriffen in der Pandemie ein besonderer Fokus auf die Prävention pulmonaler Komplikationen zukam, nicht zuletzt aufgrund der primär respiratorischen Manifestation von SARS-CoV-2.

In unserer Studie zeigte sich trotz rückläufiger Operationszahlen während der Pandemiejahre eine Zunahme von Lungenembolien bei allen untersuchten Eingriffsarten (vgl. Abbildungen 15 und 16). Besonders deutlich war dieser Anstieg

bei Cholezystektomien, kolorektalen Eingriffen sowie Pankreasresektionen im Jahr 2021 im Vergleich zu 2019, wobei die Zunahme in diesen Gruppen statistisch signifikant war ($p < 0,001$). Diese Beobachtung deckt sich mit der in der Literatur beschriebenen erhöhten Inzidenz thromboembolischer Ereignisse im Zusammenhang mit COVID-19 [218]. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass SARS-CoV-2 eine prothrombotische Wirkung entfaltet, die das Risiko für venöse Thromboembolien, einschließlich Lungenembolien, signifikant erhöht, auch unabhängig von operativen Eingriffen [98][219][220]. Darüber hinaus könnten pandemiebedingte Verzögerungen in der Diagnostik, reduzierte Mobilisation aufgrund längerer präoperativer Wartezeiten oder eingeschränkte Frührehabilitation während der stationären Aufenthalte zusätzliche Risikofaktoren für thromboembolische Komplikationen dargestellt haben. Unsere Ergebnisse unterstreichen daher die Notwendigkeit, bei chirurgischen Patientinnen und Patienten in pandemischen Ausnahmesituationen ein besonderes Augenmerk auf Thromboseprophylaxe und frühzeitige Mobilisation zu legen [98].

Im Jahr 2020 wurden im Zusammenhang mit den analysierten viszeralchirurgischen Eingriffen insgesamt 431 SARS-CoV-2-positive Patientinnen und Patienten erfasst. Im Folgejahr 2021 stieg diese Zahl auf 895, also mehr als das Doppelte. Dieser Unterschied lässt sich einerseits durch den Verlauf der Pandemie erklären, aber auch durch vermehrtes Testen und sensitivere Diagnostik. Während 2020 durch einen weitreichenden Lockdown, begrenzte Mobilität und stark eingeschränkte elektive chirurgische Versorgung geprägt war, kam es im Jahr 2021 zu einer sukzessiven Lockerung der Maßnahmen, einer verbesserten Testverfügbarkeit sowie zu Fortschritten im Impfprogramm und dem beginnenden Aufbau einer partiellen Herdenimmunität [221][222]. Insbesondere für das Jahr 2020 ist von einer hohen Dunkelziffer an SARS-CoV-2-Infektionen auszugehen. Zu Beginn der Pandemie waren die Testkapazitäten und Teststrategien deutlich limitiert, sodass insbesondere asymptomatische oder nur mild verlaufende Infektionen häufig nicht erfasst wurden. Seroprävalenzdaten des RKIs deuten darauf hin, dass die tatsächliche Anzahl von SARS-CoV-2-Infektionen die gemeldeten Fallzahlen um etwa den Faktor 3,5 überstieg [223]. Im Folgejahr 2021 kam es hingegen zu einer verbesserten Identifikation SARS-CoV-2-positiver Patientin-

nen und Patienten, was mutmaßlich auf eine ausgeweitete Teststrategie sowie eine erhöhte Testkapazitäten zurückzuführen ist und nicht ausschließlich auf eine tatsächliche Zunahme infizierter und operierter Patientinnen und Patienten. Diese Entwicklungen führten dazu, dass mehr Patientinnen und Patienten mit bestätigter SARS-CoV-2-Infektion (teils symptomatisch, teils asymptomatisch) chirurgisch versorgt wurden. Dieser Trend zeigt sich in nahezu allen untersuchten viszeralchirurgischen Eingriffsarten und unterstreicht die zunehmende Relevanz eines strukturierten perioperativen Managements SARS-CoV-2-positiver Patientinnen und Patienten im weiteren Pandemieverlauf.

Unsere Studie weist einige inhärente Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Zunächst handelt es sich um eine retrospektive Analyse, welche einen vergleichsweisen kurzen Zeitraum von insgesamt vier Jahren, bestehend aus zwei präpandemischen Jahren und den ersten beiden Jahren während der COVID-19-Pandemie, abdeckt. Dadurch konnte lediglich ein begrenzter Einblick in die kurzfristigen Auswirkungen der Pandemie auf die Viszeralchirurgie gewonnen werden, während mögliche langfristige Effekte hierdurch nicht erfasst werden konnten. Eine weitere Einschränkung betrifft die Auswahl und Anzahl der analysierten Eingriffe. Berücksichtigt wurden überwiegend häufige viszeralchirurgische Operationen, sodass das gesamte Spektrum der Viszeralchirurgie nicht vollständig abgebildet werden konnte. Zudem erfolgte keine systematische Differenzierung zwischen elektiven und notfallmäßigen Eingriffen. Mit Ausnahme der Appendektomie, die in der Regel als Notfall-eingriff durchgeführt wird, wurden alle übrigen Operationen unabhängig von ihrer Dringlichkeit gemeinsam analysiert. Entsprechend ist die Aussagekraft hinsichtlich der Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die viszeralchirurgische Notfallversorgung insgesamt eingeschränkt und im Wesentlichen auf Appendektomien begrenzt. Ein weiterer wesentlicher Limitationsfaktor ist die potenzielle Untererfassung von SARS-CoV-2-Infektionen, insbesondere in der frühen Phase der Pandemie aufgrund noch nicht vorhandener oder nur limitierter Testkapazitäten. Dies kann zu einer Fehlklassifikation des Infektionsstatus geführt und den beobachteten Einfluss von SARS-CoV-2 auf postoperative Verläufe abgeschwächt haben. Darüber hinaus basieren die verwendeten Daten auf Sekundär-

daten des Statistischen Bundesamtes, die nicht primär für wissenschaftliche Analysen erhoben wurden. Insbesondere während der pandemiebedingten Belastung des Gesundheitssystems könnten Dokumentationsqualität und Vollständigkeit variiert haben. Zusammenfassend limitieren diese Aspekte die Möglichkeit, Kausalitäten abzuleiten und die Ergebnisse uneingeschränkt auf zukünftige Pandemien oder andere medizinische Herausforderungen zu übertragen. Die vorliegenden Daten erlauben jedoch eine erste robuste Einschätzung der Veränderungen in der viszeralchirurgischen Versorgung während der COVID-19-Pandemie und können somit als Grundlage für weiterführende Untersuchungen dienen.

Zusammenfassend bietet unsere Studie einen Überblick über die Veränderungen bei den häufigsten viszeralchirurgischen Eingriffen in Deutschland zu Beginn der SARS-CoV-2-Pandemie im Vergleich zu den beiden Jahren unmittelbar vor der Pandemie. Die Analyse erlaubt eine differenzierte Betrachtung einzelner Operationsarten hinsichtlich Fallzahlen, Mortalität, Krankenhausverweildauer sowie der Komplikationsraten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Visceralchirurgie in Deutschland während der ersten beiden Pandemiejahre deutliche Veränderungen erlebt hat. Insbesondere die meisten elektiven viszeralchirurgischen Eingriffe waren zu Beginn der COVID-19-Pandemie durch eine ausgeprägte Reduktion gekennzeichnet, gefolgt von einer partiellen Kompensation im weiteren Verlauf, mit Ausnahme größerer und komplexer Zentrums Eingriffe. Die Eingriffszahlen erreichten jedoch bis Ende 2021 nicht das präpandemische Niveau. Dies deutet darauf hin, dass entweder die operative Kapazität nachhaltig eingeschränkt blieb oder sich die operative Strategie unter pandemischen Bedingungen verändert hat und möglicherweise auch langfristig beeinflusst wurde. Hervorzuheben ist zudem, dass während der Pandemie eine eindeutige Verkürzung der Krankenhausverweildauer im Vergleich zu den präpandemischen Jahren beobachtet wurde. Gleichzeitig zeigte sich jedoch ein Anstieg der Komplikationsraten. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob eine Reduktion oder Aufschub der Operationen und eine verkürzte stationäre Behandlung bei gleichzeitig steigenden Komplikationen eine geeignete Versorgungsstrategie in Krisen- und Pandemiesituationen darstellt. Zur abschließenden Beurteilung dieser Fragestellung sind weiterführende Studien erforderlich, die insbesondere die mittel- und langfristige Prog-

nose der während der Pandemie operierten Patientinnen und Patienten untersuchen sollten. Aufgrund der diskutierten Limitationen erlaubt unsere Studie nur eingeschränkte Aussagen zum direkten kausalen Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die viszeralchirurgischen Behandlungsergebnisse. Dennoch liefert die vorliegende Arbeit wichtige Erkenntnisse zum Verständnis der Entwicklungen während einer Pandemie auf eine chirurgische Fachdisziplin, insbesondere auf die elektive Visceralchirurgie. Sie trägt dazu bei, kritische Versorgungsbereiche zu identifizieren, in denen unter pandemischen Bedingungen besondere Vorsicht geboten ist, und hebt Aspekte hervor, die in zukünftigen Pandemien besondere Aufmerksamkeit erfordern. Damit kann diese Arbeit als wichtiger Beitrag zur besseren Vorbereitung auf zukünftige pandemische Ereignisse verstanden werden und dabei helfen, strukturelle und organisatorische Probleme frühzeitig zu erkennen.

4.1. Schlussfolgerung der Arbeit

Unsere Studie zeigt, dass es während der COVID-19-Pandemie zu zahlreichen Veränderungen in der viszeralchirurgischen Versorgung in Deutschland kam. Insbesondere in der ersten Pandemiewelle war ein ausgeprägter Rückgang elektiver Eingriffe zu beobachten, während sich die Fallzahlen im Jahr 2021 weitgehend stabilisierten, jedoch ohne eine vollständige Kompensation des initialen Rückgangs zu erreichen. Parallel dazu wurde während der Pandemiejahre eine erhöhte Mortalität nach viszeralchirurgischen Eingriffen beobachtet, insbesondere bei kolorektalen Operationen und Cholezystektomien. Zudem zeigte sich bei nahezu allen untersuchten Eingriffsarten eine tendenzielle Verkürzung der Verweildauer sowohl auf Normal- als auch auf Intensivstationen. Gleichzeitig nahm die Häufigkeit schwerer Komplikationen, darunter Lungenembolien, Peritonitis, Sepsis und akute Niereninsuffizienz, zu. Komplexe viszeralchirurgische Eingriffe wie die Pankreas-, Leber- und Ösophaguschirurgie waren demgegenüber in geringerem Ausmaß von diesen Veränderungen betroffen. Aufgrund inhärenter Limitationen des retrospektiven Studiendesigns über einen begrenzten Zeitraum von vier Jahren, davon zwei Jahre unmittelbar vor der Pandemie, lassen sich aus den vorliegenden Daten allerdings keine kausalen Schlussfolgerun-

gen ziehen. Die beobachteten Veränderungen stehen jedoch zeitlich in engem Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie und sind höchstwahrscheinlich multifaktoriell bedingt. Neben direkten Effekten einer SARS-CoV-2-Infektion könnten strukturelle Veränderungen im Gesundheitssystem, Anpassungen der Behandlungsstrategien sowie verändertes Inanspruchnahme- und Entscheidungsverhalten von Patientinnen und Patienten und medizinischem Personal eine Rolle gespielt haben. Weitere Studien sind daher erforderlich, um den individuellen Beitrag dieser Faktoren zu differenzieren und im Detail zu untersuchen, inwieweit die während der Pandemie beobachteten Veränderungen langfristige Auswirkungen auf operative Strategien und Behandlungsroutinen in der Viszeralchirurgie haben und welche Erkenntnisse sich daraus für den Umgang mit zukünftigen pandemischen Situationen ableiten lassen.

5. Zusammenfassung

Diese Arbeit untersuchte den Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die häufigsten viszeralchirurgischen Eingriffen in Deutschland. Grundlage der Analyse waren bundesweite Routinedaten des Statistischen Bundesamtes (Destatis) zu allen Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2018 bis zum 31.12.2021 einem viszeralchirurgischen Eingriff unterzogen wurden. Untersucht wurden die häufigsten viszeralchirurgischen Operationen, darunter grundversorgende Eingriffe wie Appendektomien, Cholezystektomien, Thyreoidektomien und Leistenhernienoperationen sowie komplexere Operationen wie kolorektale, hepatobiliäre, pankreatische sowie ösophagogastrale Eingriffe.

Die Analyse umfasste die Anzahl der Eingriffe, die Mortalität, demografische Parameter, die Dauer des Krankenhausaufenthalts sowie postoperative Komplikationen. Berücksichtigt wurden dabei die in der Visceralchirurgie häufigsten Komplikationen, darunter Lungenembolien, Myokardinfarkte, gastrointestinale Blutungen, akute Niereninsuffizienz, Peritonitis, Sepsis, ARDS, SARS-CoV-2-Infektionen und Pneumonien. Zur Untersuchung der Auswirkungen der Pandemie wurden die genannten Parameter vor und während der COVID-19-Pandemie statistisch verglichen. Für die Analyse möglicher Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen wurden Pearson-Chi-Quadrat-Tests im Rahmen von Kontingenzanalysen durchgeführt.

Während der Pandemie zeigte sich ein deutlicher Rückgang der Operationszahlen, insbesondere während der ersten Pandemiewelle. Im Jahr 2021 stabilisierten sich die Fallzahlen weitgehend, ohne jedoch den initialen Rückgang vollständig zu kompensieren. Komplexe Eingriffe sowie Operationen in spezialisierten Zentren waren hiervon weniger stark betroffen. Insgesamt zeigte sich während der COVID-19-Pandemie ein signifikanter Anstieg der Mortalität. Aufgeschlüsselt nach Operationsarten war insbesondere bei Cholezystektomien und kolorektalen Eingriffen eine erhöhte Mortalität zu beobachten. Demografische Parameter blieben hingegen weitgehend unbeeinflusst. Gleichzeitig verkürzte sich die Dauer

des Krankenhausaufenthalts sowohl insgesamt als auch auf Normal- und Intensivstationen, was insbesondere auf die begrenzten Kapazitäten und die Priorisierung von SARS-CoV-2-infizierten Patientinnen und Patienten zurückzuführen ist. Hinsichtlich postoperativer Komplikationen zeigte sich während der Pandemie ein allgemeiner Anstieg, insbesondere bei Lungenembolien, Peritonitis, Sepsis und akuter Niereninsuffizienz.

Zusammenfassend zeigt diese Analyse, dass sich in den ersten beiden Jahren der COVID-19-Pandemie im Vergleich zu den präpandemischen Jahren deutliche Veränderungen zentraler Kennzahlen der Viszeralchirurgie ergaben. Insbesondere elektive Eingriffe waren zu Beginn der Pandemie von einem deutlichen Rückgang betroffen, gefolgt von einer nur teilweisen Erholung im weiteren Verlauf. Bis Ende 2021 wurde das präpandemische Niveau nicht wieder erreicht. Dies deutet darauf hin, dass chirurgische Kapazitäten nachhaltig eingeschränkt blieben oder sich operative Strategien unter Pandemiebedingungen dauerhaft verändert hatten. Parallel zur Reduktion der Krankenhausverweildauer war ein Anstieg der Komplikationsraten zu beobachten, was auf indirekte Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die viszeralchirurgische Versorgung in Deutschland hinweist.

Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit weiterer langfristiger prospektiver Untersuchungen, um die zugrunde liegenden Mechanismen besser zu verstehen und evidenzbasierte Strategien für die Sicherstellung einer resilienten chirurgischen Versorgung in zukünftigen Krisensituationen zu entwickeln.

Tübingen, den 30.01.2026

PD Dr. med. Markus Quante

6. Literaturverzeichnis:

1. Worobey M, Levy JI, Malpica Serrano L, Crits-Christoph A, Pekar JE, Goldstein SA, et al. The Huanan Seafood Wholesale Market in Wuhan was the early epicenter of the COVID-19 pandemic. *Science*. 2022;377(6609):951–9. doi:10.1126/science.abp8715.
2. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395(10223):497–506. doi:10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
3. World Health Organization. Listings of WHO's response to COVID-19: 29 June 2020 Statement [Internet]. Geneva: WHO; 2020. Verfügbar unter: <https://www.who.int/news/item/29-06-2020-covidtimeline>
4. Wang MY, Zhao R, Gao LJ, Gao XF, Wang DP, Cao JM. SARS-CoV-2: Structure, biology, and structure-based therapeutics development. *Front Cell Infect Microbiol*. 2020;10:587269. doi:10.3389/fcimb.2020.587269.
5. 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(4):536–44. doi:10.1038/s41564-020-0695-z.
6. Chan JF, Kok KH, Zhu Z, Chu H, To KK, Yuan S, Yuen KY. Genomic characterization of the 2019 novel human-pathogenic coronavirus isolated from a patient with atypical pneumonia after visiting Wuhan. *Emerg Microbes Infect*. 2020;9:221–236. doi: 10.1080/22221751.2020.1719902
7. Wu F, Zhao S, Yu B, Chen YM, Wang W, Song ZG, Hu Y, Tao ZW, Tian JH, Pei YY, Yuan ML, Zhang YL, Dai FH, Liu Y, Wang QM, Zheng JJ, Xu L, Holmes EC, Zhang YZ. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. 2020;579:265–269. doi: 10.1038/s41586-020-2008-3
8. Amraei R, Yin W, Napoleon MA, Suder EL, Berrigan J, Zhao Q, et al. CD209L/L-SIGN and CD209/DC-SIGN act as receptors for SARS-CoV-2. *bioRxiv* [Preprint]. 2021 Jun 14. doi:10.1101/2020.06.22.165803.
9. Yadav R, Chaudhary JK, Jain N, Chaudhary PK, Khanra S, Dhamija P, et al. Role of structural and non-structural proteins and therapeutic targets of SARS-CoV-2 for COVID-19. *Cells*. 2021;10(4):821. doi:10.3390/cells10040821.
10. Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R., et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N. Engl. J. Med*. 2020;382:727–733. doi: 10.1056/NEJMoa2001017
11. Wang Y., Grunewald M., Perlman S. Coronaviruses: An Updated Overview of Their Replication and Pathogenesis. *Methods Mol. Biol*. 2020;2203:1–29. doi: 10.1007/978-1-0716-0900-2_1.

12. Muralidar S, Ambi SV, Sekaran S, Krishnan UM. The emergence of COVID-19 as a global pandemic: understanding the epidemiology, immune response and potential therapeutic targets of SARS-CoV-2. *Biochimie*. 2020;179:85–100. doi:10.1016/j.biochi.2020.09.018.
13. Zhu, Z., Lian, X., Su, X. *et al*. From SARS and MERS to COVID-19: a brief summary and comparison of severe acute respiratory infections caused by three highly pathogenic human coronaviruses. *Respir Res* 21, 224 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12931-020-01479-w>
14. Salzberger, B., Buder, F., Lampl, B. *et al*. Epidemiologie von SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19. *Internist* 61, 782–788 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00108-020-00834-9>
15. Ge H, Wang X, Yuan X, Xiao G, Wang C, Deng T, et al. The epidemiology and clinical information about COVID-19. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2020;39(6):1011–9. doi:10.1007/s10096-020-03874-z.
16. World Health Organization. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Geneva: WHO; 2020 Feb 28. Available from: [https://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-\(covid-19\)](https://www.who.int/publications/i/item/report-of-the-who-china-joint-mission-on-coronavirus-disease-2019-(covid-19))
17. Ahn DG, Shin HJ, Kim MH, Lee S, Kim HS, Myoung J, et al. Current status of epidemiology, diagnosis, therapeutics, and vaccines for novel coronavirus disease 2019 (COVID-19). *J Microbiol Biotechnol*. 2020;30(3):313–24. doi:10.4014/jmb.2003.03011.
18. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19): situation report – 26. Weekly Epidemiological Record. 2020 Feb 15;95(7):85–92 [cited 2024 Nov 2]. Available from: <https://www.who.int/publications/journals/weekly-epidemiological-record>
19. Stang A, Standl F, Kowall B, Brune B, Böttcher J, Brinkmann M, et al. Excess mortality due to COVID-19 in Germany. *J Infect*. 2020;81(5):797–801. doi:10.1016/j.jinf.2020.09.012.
20. Robert Koch-Institut. Beschreibung des bisherigen Ausbruchsgeschehens mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2 in Deutschland: Stand 12. Februar 2020. Berlin: RKI; 2020 [cited 2024 Nov 4]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-02-12-de.pdf
21. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Robert Koch-Institut. Beschreibung des bisherigen Ausbruchsgeschehens mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2 in Deutschland (Stand: 12. Februar 2020). *Epid Bull*. 2020;7:3–4. doi:10.25646/6476.
22. Deutsches Ärzteblatt. WHO bezeichnet Ausbruch des neuen Coronavirus nun als Pandemie. Dtsch Arztebl. 2020 Mar 11 [cited 2024 Dez 14]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/110885/WHO-bezeichnet-Ausbruch-des-neuen-Coronavirus-nun-als-Pandemie>
23. World Health Organization. Weekly epidemiological update on COVID-19 – 30 March 2021. Geneva: WHO; 2021 Mar 30 [cited 2024 Dez 14]. Avail-

able from: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---30-march-2021>

24. Lau SK, Woo PC, Li KS, Huang Y, Tsoi HW, Wong BH, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102(39):14040–5. doi:10.1073/pnas.0506735102.
25. Liu WJ, Liu P, Lei W, Jia Z, He X, Shi W, et al. Surveillance of SARS-CoV-2 at the Huanan Seafood Market. *Nature*. 2024;631(8020):402–8. doi:10.1038/s41586-023-06043-2.
26. Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. *N Engl J Med*. 2020;382(13):1199–207. doi:10.1056/NEJMoa2001316.
27. Buder, F., Hitzentbichler, F., Ehrenstein, B. et al. Der Ausbruch von COVID-19 in China. *Internist* 61, 776–781 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00108-020-00833-w>
28. Neuartiges Coronavirus (SARS-CoV-2). *Z Gastroenterol*. 2020;58(3):213–4. doi:10.1055/a-1134-6010.
29. Deutsches Ärzteblatt. WHO-Report: Herkunft von SARS-CoV-2 bleibt unklar. *Dtsch Arztebl*. 2021 Mar 31 [cited 2024 Dez 16]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/122204/WHO-Report-Herkunft-von-SARS-CoV-2-bleibt-unklar>
30. Cascella M, Rajnik M, Aleem A, et al. Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus (COVID-19) [Updated 2023 Aug 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>
31. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19): Variants of SARS-CoV-2. Geneva: WHO; 2023 Nov 20 [cited 2024 Dez 20]. Available from: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/coronavirus-disease-%28covid-19%29-variants-of-sars-cov-2>
32. Oh DY, Kröger S, Wedde M, Hartkopf F, Budt M, Seifried J, et al. SARS-CoV-2-Varianten: Evolution im Zeitraffer. *Dtsch Arztebl*. 2021;118(9):A460/B388.
33. Robert Koch-Institut. Epidemiologischer Steckbrief zu SARS-CoV-2 und COVID-19. Berlin: RKI; 2023 [cited 2024 Dez 24]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html
34. Oh DY, Böttcher S, Kröger S, von Kleist M. SARS-CoV-2-Übertragungswege und Implikationen für den Selbst- und Fremdschutz. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz*. 2021;64(9):1050–7. doi:10.1007/s00103-021-03389-8.
35. Deutsches Zentrum für Infektionsforschung. SARS-CoV-2. Braunschweig: DZIF; 2025 Jul 31. Available from: <https://www.dzif.de/de/glossar/sars-cov-2>

36. Gesellschaft für Aerosolforschung Association for Aerosol Research ; Positionspapier der Gesellschaft für Aerosolforschung zum Verständnis der Rolle von Aerosol partikeln beim SARS-CoV-2 Infektionsgeschehen
37. Sharma A, Ahmad Farouk I, Lal SK. COVID-19: a review on the novel coronavirus disease evolution, transmission, detection, control and prevention. *Viruses*. 2021;13(2):202. doi:10.3390/v13020202.
38. Moritz S, Gottschick C, Horn J, Popp M, Langer S, Klee B, et al. The risk of indoor sports and culture events for the transmission of COVID-19. *Nat Commun*. 2021;12(1):5096. doi:10.1038/s41467-021-25317-9.
39. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Cheng P, Ling H, et al. Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *Build Environ*. 2021;196:107788. doi:10.1016/j.buildenv.2021.107788.
40. McGreevy R. Outdoor transmission accounts for 0.1% of State's Covid 19 cases. The Irish Times. 2021 Apr 5 [cited 2024 Dez 22]. Available from: <https://www.irishtimes.com/news/ireland/irish-news/outdoor-transmission-accounts-for-0-1-of-state-s-covid-19-cases-1.4529036>
41. Health Protection Surveillance Centre. Epidemiology of COVID-19 in Ireland: Weekly report, week ending 24 March 2021. Dublin: HPSC; 2021 [cited 2025 Jan 12]. Available from: <https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/coronavirus/novelcoronavirus/casedefinitions/weeklyepidemiologicalreports/>
42. World Health Organization. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Geneva: WHO; 2020 Jul 9 [cited 2025 Jan 17]. Available from: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>
43. Zhou J, Otter J, Price JR, Cimpeanu C, Garcia DM, Kinross J, et al. Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London (pre-print). *MedRxiv*. 2020 doi: 10.1101/2020.05.24.20110346.
44. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*. 2020;382:1564–7. doi:10.1056/NEJMc2004973.
45. Termansen MB, Frische S. Fecal-oral transmission of SARS-CoV-2: a systematic review of evidence from epidemiological and experimental studies. *Am J Infect Control*. 2023;51(12):1430–7. doi:10.1016/j.ajic.2023.04.170.
46. Holtmann N, Edimiris P, Andree M, Doehmen C, Baston-Buest D, Adams O, et al. Assessment of SARS-CoV-2 in human semen – a cohort study. *Fertil Steril*. 2020;114(2):P233–8. doi:10.1016/j.fertnstert.2020.06.024.
47. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2 offenbar nicht sexuell übertragbar. Dtsch Arztebl. 2020 Apr 24 [cited 2025 Jan 20]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/112337/SARS-CoV-2-offenbar-nicht-sexuell-uebertragbar>

48. Peng L, Liu J, Xu W, Luo Q, Chen D, Lei Z, et al. SARS-CoV-2 can be detected in urine, blood, anal swabs, and oropharyngeal swabs specimens. *J Med Virol*. 2020;92(9):1676–80. doi:10.1002/jmv.25936.
49. Siedlecki J, Brantl V, Schworm B, Mayer WJ, Gerhardt M, Michalakakis S, et al. COVID-19: ophthalmological aspects of the SARS-CoV-2 global pandemic. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2020;237(5):675–80. doi:10.1055/a-1164-9381.
50. Deniz M, Tezer H. Vertical transmission of SARS CoV-2: a systematic review. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2020;1–8. doi:10.1080/14767058.2020.1786055.
51. Jayasekera CR, Vikram HR, Rifat Z, Wagler J, Okubo K, Braaksma BR, et al. Solid organ transplantation from SARS-CoV-2-infected donors to uninfected recipients: a single-center experience. *Transplant Direct*. 2022;8(2):e1286. doi:10.1097/TXD.0000000000001286.
52. Wang X, Zhou Q, He Y, Liu L, Ma X, Wei X, et al. Nosocomial outbreak of COVID-19 pneumonia in Wuhan, China. *Eur Respir J*. 2020;55(6):2000544. doi:10.1183/13993003.00544-2020.
53. Pfenninger EG, Christ P, Neumüller M, Dinse-Lambracht A. Beurteilung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 für medizinisches Personal – Erkenntnisse aus der Praxis. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz*. 2021;64(3):304–13. doi:10.1007/s00103-021-03277-1.
54. Robert Koch-Institut. COVID-19. RKI-Ratgeber. Berlin: RKI; 2025
55. He X, Lau EHY, Wu P, Deng X, Wang J, Hao X, et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med*. 2020;26(5):672–5. doi:10.1038/s41591-020-0869-5.
56. Hakki S, Zhou J, Jonnerby J, Singanayagam A, Barnett JL, Madon KJ, et al.; ATACCC study investigators. Onset and window of SARS-CoV-2 infectiousness and temporal correlation with symptom onset: a prospective, longitudinal, community cohort study. *Lancet Respir Med*. 2022;10(11):1061–73. doi:10.1016/S2213-2600(22)00226-0.
57. Zhang W, Cheng W, Luo L, Ma Y, Xu C, Qin P, et al. Secondary transmission of coronavirus disease from presymptomatic persons, China. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(8):1924–6. doi:10.3201/eid2608.201142.
58. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Patienten stecken Kontaktpersonen schon vor den ersten Symptomen an. *Dtsch Arztebl*. 2021 Aug 25 [cited 2025 Feb 22]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/223456/SARS-CoV-2-Patienten-stecken-Kontaktpersonen-schon-vor-den-ersten-Symptomen-an>
59. Yan D, Zhang X, Chen C, Jiang D, Liu X, Zhou Y, et al. Characteristics of viral shedding time in SARS-CoV-2 infections: a systematic review and meta-analysis. *Front Public Health*. 2021;9:652842. doi:10.3389/fpubh.2021.652842.
60. Kreutz J, Heitmann J, Schäfer AC, Aldudak S, Schieffer B, Schieffer E. Environmental factors and their impact on the COVID-19 pandemic. *Herz*. 2023;48(3):234–8. doi:10.1007/s00059-023-05178-2.

61. World Health Organization. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions. Scientific Brief. Geneva: WHO; 2020 Jul 9 [cited 2025 Feb 25]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>
62. Alsved M, Nygren D, Thuresson S, Medstrand P, Fraenkel CJ, Löndahl J. SARS-CoV-2 in exhaled aerosol particles from COVID-19 cases and its association to household transmission. *Clin Infect Dis*. 2022;75(1):e50–6. doi:10.1093/cid/ciac202.
63. Robert Koch-Institut. SARS-CoV-2: Virologische Basisdaten sowie Virusvarianten im Zeitraum von 2020–2022. Berlin: RKI; 2023 [cited 2025 März 1]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische-Basisdaten.html
64. Zhang C, Zhou C, Xu W, Zheng S, Gao Y, Li P, et al. Transmission risk of asymptomatic SARS-CoV-2 infection: a systematic review and meta-analysis. *Infect Med (Beijing)*. 2023;2(1):11–18. doi:10.1016/j.imj.2022.12.001.
65. Buitrago-Garcia D, Egli-Gany D, Counotte MJ, Hossmann S, Imeri H, Ipekci AM, et al. Occurrence and transmission potential of asymptomatic and presymptomatic SARS-CoV-2 infections: a living systematic review and meta-analysis. *PLoS Med*. 2020;17(9):e1003346. doi:10.1371/journal.pmed.1003346.
66. Ma Q, Liu J, Liu Q, Kang L, Liu R, Jing W, et al. Global percentage of asymptomatic SARS-CoV-2 infections among the tested population and individuals with confirmed COVID-19 diagnosis: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*. 2021;4(12):e2137257. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.37257
67. Zhou J, Singanayagam A, Goonawardane N, Moshe M, Sweeney FP, Sukhova K, et al. Viral emissions into the air and environment after SARS-CoV-2 human challenge: a phase 1, open label, first-in-human study. *Lancet Microbe*. 2023;4(8):e579–90. doi:10.1016/S2666-5247(23)00101-5.
68. Cao, S., Gan, Y., Wang, C. et al. Post-lockdown SARS-CoV-2 nucleic acid screening in nearly ten million residents of Wuhan, China. *Nat Commun* 11, 5917 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19802-w>
69. Byambasuren O, Cardona M, Bell K, Clark J, McLaws M-L, Glasziou P. Estimating the extent of asymptomatic COVID-19 and its potential for community transmission: systematic review and meta-analysis. *medRxiv*. [preprint]. 2020. doi:10.1101/2020.05.10.20097543.
70. Platten M, Nienhaus A, Peters C, Cranen R, Wisplinghoff H, Kersten JF, et al. Cumulative incidence of SARS-CoV-2 in healthcare workers at a general hospital in Germany during the pandemic—a longitudinal analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(4):2429. doi:10.3390/ijerph19042429.

71. Müller O, Neuhann F, Razum O. Epidemiologie und Kontrollmaßnahmen bei COVID-19. *Dtsch Med Wochenschr.* 2020;145(10):670–4. doi:10.1055/a-1162-1987.
72. Robert Koch-Institut. Epidemiologisches Bulletin. 2021–2022. Berlin: RKI; 2022 [cited 2025 Mar 21]. Available from: <https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/EpidBull.html>
73. Hu, B., Guo, H., Zhou, P. *et al.* Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol* 19, 141–154 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00459-7>
74. Lippi, G., Sanchis-Gomar, F., Mattiuzzi, C., & Henry, B. M. (2023). SARS-CoV-2: An Update on the Biological Interplay with the Human Host. *COVID*, 3(10), 1586-1600. <https://doi.org/10.3390/covid3100108>
75. COVID-19-Patienten schon zweieinhalb Tage vor Symptombeginn infektiös. *Pneumo News.* 2020;12(3):27–8. doi:10.1007/s15033-020-1826-1.
76. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Alter, Geschlecht, Maske und Rauchen beeinflussen Inkubationszeit. *Dtsch Arztebl.* 2023 Apr 19 [cited 2025 Mar 28]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/273456/SARS-CoV-2-Alter-Geschlecht-Maske-und-Rauchen-beeinflussen-Inkubationszeit>
77. Salzberger B, Buder F, Lampl BT, et al. Epidemiologie von SARS-CoV-2/COVID-19. *Gastroenterologe.* 2020;15:443–51. doi:10.1007/s11377-020-00479-y.
78. Wu Y, Kang L, Guo Z, Liu J, Liu M, Liang W. Incubation Period of COVID-19 Caused by Unique SARS-CoV-2 Strains: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2022;5(8):e2228008. doi:10.1001/jamanetworkopen.2022.28008
79. Deutsches Ärzteblatt. Kürzere Inkubationszeit: Omikron führt schneller zur Erkrankung als frühere Varianten. *Dtsch Arztebl.* 2022 Aug 23 [cited 2025 Apr 4]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/265432/Kuerzere-Inkubationszeit-Omikron-fuehrt-schneller-zur-Erkrankung-als-fruehere-Varianten>
80. Robert Koch-Institut. Täglicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19), 25.04.2020 – aktualisierter Stand für Deutschland. Berlin: RKI; 2020 Apr 25 [cited 2025 Apr 4]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-04-25-de.pdf
81. Ito K, Piantham C, Nishiura H. Predicted dominance of variant Delta of SARS-CoV-2 before Tokyo Olympic Games, Japan, July 2021. *Euro Surveill.* 2021;26(27):2100570. doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.27.2100570.
82. Cevik M, Tate M, Lloyd O, Maraolo AE, Schafers J, Ho A. SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-CoV viral load dynamics, duration of viral shedding, and infectiousness: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Microbe.* 2021;2(1):e13–22. doi:10.1016/S2666-5247(20)30172-5.

83. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Viruslast im Rachen zu Beginn der Erkrankung am höchsten. *Dtsch Arztebl.* 2020 Apr 2 [cited 2025 Apr 7]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/111234/SARS-CoV-2-Viruslast-im-Rachen-zu-Beginn-der-Erkrankung-am-hoechsten>
84. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Virusausscheidung in den ersten Tagen der Infektion am höchsten. *Dtsch Arztebl.* 2020 Nov 22 [cited 2025 Apr 10]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/121234/SARS-CoV-2-Virusausscheidung-in-den-ersten-Tagen-der-Infektion-am-hoechsten>
85. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Asymptomatische (jüngere) Menschen verbreiten Viren länger als angenommen. *Dtsch Arztebl.* 2020 Aug 7 [cited 2025 Apr 7]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/116789/SARS-CoV-2-Asymptomatische-juengere-Menschen-verbreiten-Viren-laenger-als-angenommen>
86. da Rosa Mesquita R, Francelino Silva Junior LC, Santos Santana FM, Farias de Oliveira T, Campos Alcântara R, Monteiro Arnozo G, et al. Clinical manifestations of COVID-19 in the general population: systematic review. *Wien Klin Wochenschr.* 2021;133(7–8):377–382. doi:10.1007/s00508-020-01760-4.
87. Panknin HT, Trautmann M. SARS-CoV-2 Mutationen im geschwächten Immunsystem: Der Einfallsreichtum des Virus ist begrenzt. *Procure.* 2021;26(5):22–3. doi:10.1007/s00735-021-1352-3.
88. Deutsches Ärzteblatt. SARS-CoV-2: Virusausscheidung in den ersten Tagen der Infektion am höchsten. *Dtsch Arztebl.* 2020 Nov 22 [cited 2025 Apr 10]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/121234/SARS-CoV-2-Virusausscheidung-in-den-ersten-Tagen-der-Infektion-am-hoechsten>
89. Becker MA. Coronavirus: Was bisher über SARS-CoV-2 bekannt ist. *Die Hebamme.* 2020;33(2):17–22. doi:10.1055/a-1110-2007.
90. Lax SF, Skok K, Zechner PM, Setaffy L, Kessler HH, Kaufmann N, et al. Systemische Auswirkungen und klinische Aspekte der SARS-CoV-2-Infektion. *Pathologe.* 2021;42(2):155–63. doi:10.1007/s00292-021-00913-0.
91. Li J, Huang DQ, Zou B, Yang H, Hui WZ, Rui F, et al. Epidemiology of COVID-19: a systematic review and meta-analysis of clinical characteristics, risk factors, and outcomes. *J Med Virol.* 2021;93(3):1449–58. doi:10.1002/jmv.26424.
92. National Institutes of Health. COVID-19 Treatment Guidelines. Bethesda (MD): NIH; 2025 [cited 2025 May 7]. Available from: <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/>
93. Fritschka E. Diabetes begünstigt Nierenversagen bei COVID-19-Patienten. *MMW Fortschr Med.* 2020;162(18):31. doi:10.1007/s15006-020-4481-x.
94. Noriega MdLM, Husain-Syed F, Wiech T. COVID-19 und Niere. *Nephrologie.* 2022;17:393–8. doi:10.1007/s11560-022-00611-9.

95. Hirsch JS, Ng JH, Ross DW, Sharma P, Shah HH, Barnett RL, et al. Acute kidney injury in patients hospitalized with COVID-19. *Kidney Int.* 2020;98(1):209–18. doi:10.1016/j.kint.2020.05.006.
96. Arnold JR, Yeo JL, Budgeon CA, Shergill S, England R, Shiwani H, et al.; Oxford Acute Myocardial Infarction OxAMI Study Investigators; COVID-HEART investigators; McCann GP, Greenwood JP. Myocardial ischaemia following COVID-19: a cardiovascular magnetic resonance study. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2025;41(2):247–56. doi:10.1007/s10554-024-03304-7.
97. Hessami A, Shamshirian A, Heydari K, Pourali F, Alizadeh-Navaei R, Moosazadeh M, et al. Cardiovascular diseases burden in COVID-19: systematic review and meta-analysis. *Am J Emerg Med.* 2021;46:382–91. doi:10.1016/j.ajem.2021.02.024.
98. COVIDSurg Collaborative, GlobalSurg Collaborative. SARS-CoV-2 infection and venous thromboembolism after surgery: an international prospective cohort study. *Anaesthesia.* 2022;77(1):28–39. doi:10.1111/anae.15563.
99. Gupta A, Madhavan MV, Sehgal K, Nair N, Mahajan S, Sehrawat TS, et al. Extrapulmonary manifestations of COVID-19. *Nat Med.* 2020;26(7):1017–32. doi:10.1038/s41591-020-0968-3.
100. Deutsches Ärzteblatt. COVID-19: Thromboserisiko bleibt nach der Genesung über Monate erhöht. *Dtsch Arztebl.* 2022 Apr 7 [cited 2025 May 10]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/268901/COVID-19-Thromboserisiko-bleibt-nach-der-Genesung-ueber-Monate-erhoeht>
101. Azouz E, Yang S, Monnier-Cholley L, Arrivé L. Systemic arterial thrombosis and acute mesenteric ischemia in a patient with COVID-19. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1464–5. doi:10.1007/s00134-020-06187-5.
102. Xu L, Liu J, Lu M, Yang D, Zheng X. Liver injury during highly pathogenic human coronavirus infections. *Liver Int.* 2020;40(5):998–1004. doi:10.1111/liv.14435.
103. Daneshgaran G, Dubin DP, Gould DJ. Cutaneous manifestations of COVID-19: an evidence-based review. *Am J Clin Dermatol.* 2020;21(5):627–39. doi:10.1007/s40257-020-00558-4.
104. Zhang ZL, Hou YL, Li DT, Li FZ. Laboratory findings of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Clin Lab Invest.* 2020;80(6):441–447. doi:10.1080/00365513.2020.1768587.
105. Davis HE, Assaf GS, McCorkell L, Wei H, Low RJ, Re'em Y, et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact. *EClinicalMedicine.* 2021;38:101019. doi:10.1016/j.eclinm.2021.101019.
106. Deutsche Gesellschaft für ME/CFS e. V. Die Deutsche Gesellschaft für ME/CFS e. V. stellt eine Fortbildung zu Long COVID und ME/CFS: Was ist Long COVID? 2025 [cited 2025 Jun 2]. Available from: <https://www.mecfs.de/fortbildung-long-covid/>

107. Dehlia A, Guthridge MA. The persistence of myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome (ME/CFS) after SARS-CoV-2 infection: a systematic review and meta-analysis. *J Infect.* 2024;89(6):106297. doi:10.1016/j.jinf.2024.106297.
108. Jawerth N. How is the COVID-19 virus detected using real time RT-PCR? *IAEA Bulletin, Infectious Diseases.* 2020;61(2). Available from: <https://www.iaea.org/newscenter/news/how-is-the-covid-19-virus-detected-using-real-time-rt-pcr>
109. Mayo Clinic. COVID-19 diagnostic tests. Rochester (MN): Mayo Clinic; [cited 2025 May 17]. Available from: <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/coronavirus-disease-2019-covid-19-testing/about/pac-20488261>
110. Robert Koch-Institut. Hinweise zur Testung von Patientinnen und Patienten auf SARS-CoV-2. Berlin: RKI; 2023 Dec 20 [cited 2025 May 18]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Testung/Testung.html
111. von Stillfried S, Boor P. Nachweismethoden von SARS-CoV-2 in Gewebe. *Pathologe.* 2021;42:208–15. doi:10.1007/s00292-021-00919-8.
112. Drame M., Tabue Teguo M., Proye E., Hequet F., Hentzien M., Kanagaratnam L., Godaert L. Should RT-PCR be considered a gold standard in the diagnosis of COVID-19? *J. Med. Virol.* 2020;92:2312–2313. doi:10.1002/jmv.25996.
113. Carter LJ, Garner LV, Smoot JW, Li Y, Zhou Q, Saveson CJ, et al. Assay techniques and test development for COVID-19 diagnosis. *ACS Cent Sci.* 2020;6(5):591–605. doi:10.1021/acscentsci.0c00501.
114. Dutta D, Naiyer S, Mansuri S, Soni N, Singh V, Bhat KH, et al. COVID-19 diagnosis: a comprehensive review of the RT-qPCR method for detection of SARS-CoV-2. *Diagnostics (Basel).* 2022;12(6):1503. doi:10.3390/diagnostics12061503.
115. Deutsches Ärzteblatt. Erster Antikörpertest für SARS-CoV-2 vorgestellt. *Dtsch Arztebl.* 2020 Mar 20 [cited 2025 May 19]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/110234/Erster-Antikoerpertest-fuer-SARS-CoV-2-vorgestellt>
116. Amanat F, Nguyen THO, Chromikova V, Strohmeier S, Stadlbauer D, Javier A, et al. A serological assay to detect SARS-CoV-2 seroconversion in humans. *Nat Med.* 2020. doi:10.1101/2020.03.17.20037713.
117. Deshpande N, Suryawanshi PV, Tripathy S. Unveiling the quest: crafting an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) technique to uncover COVID-19 antibodies. *Cureus.* 2024;16(8):e66659. doi:10.7759/cureus.66659.
118. Zylka-Menhorn V. Radiologie und COVID-19: Ein Lungen-CT nicht ohne rechtfertigende Indikation. *Dtsch Arztebl.* 2020;117(17):A-872/B-732 [cited 2025 May 23]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/217493/Radiologie-und-COVID-19-Ein-Lungen-CT-nicht-ohne-rechtfertigende-Indikation>

119. Lohöfer FK, Makowski MR, Kaissis GA, Braren RF. CT-Diagnostik bei COVID-19: Nutzen und Limitationen im klinischen Alltag. Dtsch Arztebl. 2020;117(17):A-876/B-734 [cited 2025 May 23]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/217497/CT-Diagnostik-bei-COVID-19-Nutzen-und-Limitationen-im-klinischen-Alltag>
120. Kluge S, Janssens U, Welte T, Schälte G, Spinner CD, Malin JJ, et al. S3-Leitlinie – Empfehlungen zur Therapie von Patienten mit COVID-19. Stand: 31 Jan 2024.
121. Robert Koch-Institut. COVID-19: Medikamentöse und nicht-medikamentöse Therapieempfehlungen nach Erkrankungsphase. Orientierungshilfe für Ärztinnen und Ärzte. Berlin: RKI; 2024 Apr 9 [cited 2025 May 25]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Therapieempfehlungen.html
122. Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft. COVID-19. Berlin: Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft; 2025 [cited 2025 May 25]. Available from: <https://www.akdae.de/Arzneimittelsicherheit/Coronavirus>
123. Gordon CJ, Tchesnokov EP, Woolner E, et al. The antiviral compound remdesivir potently inhibits RNA-dependent RNA polymerase from Middle East respiratory syndrome coronavirus. *J Biol Chem*. 2020;295:4773–9. doi:10.1074/jbc.RA120.013056.
124. Deutsches Ärzteblatt. Können Kortikosteroide die COVID-19-Therapie unterstützen? Dtsch Arztebl. 2021 Aug 27 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/223789/Koennen-Kortikosteroide-die-COVID-19-Therapie-unterstuetzen>
125. Schön MP, Berking C, Biedermann T, Buhl T, Erpenbeck L, Eyerich K, et al. COVID-19 und Immunregulation – von grundlegenden und translationalen Aspekten zu klinischen Implikationen. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2020;18(8):795–809. doi:10.1111/ddg.14169_g.
126. Zart R. IL-1-Rezeptorblockade bei COVID-19: Schwere Verläufe früh erkennen. Dtsch Arztebl. 2022;119(42):A-1809 [cited 2025 May 28]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/273456/IL-1-Rezeptorblockade-bei-COVID-19-Schwere-Verlaeuft-frueh-erkennen>
127. Deutsches Ärzteblatt. WHO empfiehlt IL-6-Antagonisten bei COVID-19. Dtsch Arztebl. 2021 Jul 7 [cited 2025 May 30]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/222345/WHO-empfiehl-IL-6-Antagonisten-bei-COVID-19>
128. Kolditz M, Dellweg D, Geerdes-Fenge H, Lepper PM, Schaberg T, Ewig S, et al. Therapie mit Dexamethason bei Patienten mit COVID-19 [Treatment with Dexamethasone in patients with COVID-19 – a position paper of the German Respiratory Society (DGP)]. *Pneumologie*. 2020;74(8):493–495. doi:10.1055/a-1216-5739.
129. Deutsches Ärzteblatt. COVID-19: Meta-Analyse bestätigt Nutzen von Kortikosteroiden. Dtsch Arztebl. 2020 Sep 3 [cited 2025 May 30]. Availa-

- ble from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/117890/COVID-19-Meta-Analyse-bestaetigt-Nutzen-von-Kortikosteroiden>
130. Deutsches Ärzteblatt. Low-dose Dexamethason senkt Sterblichkeit bei schweren Verlaufsformen von COVID-19. Dtsch Arztebl. 2020 Jun 16 [cited 2025 May 30]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/114567/Low-dose-Dexamethason-senkt-Sterblichkeit-bei-schweren-Verlaufsformen-von-COVID-19>
 131. Deutsches Ärzteblatt. Dexamethason-Studie: WHO sieht „Durchbruch“ im Kampf gegen COVID-19. Dtsch Arztebl. 2020 Jun 17 [cited 2025 Jun 2]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/114589/Dexamethason-Studie-WHO-sieht-Durchbruch-im-Kampf-gegen-COVID-19>
 132. Deutsches Ärzteblatt. Leitlinie zur Therapie von COVID-19 aktualisiert. Dtsch Arztebl. 2024 Jan 31 [cited 2025 Jun 2]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/276543/Leitlinie-zur-Therapie-von-COVID-19-aktualisiert>
 133. Erber J, Iakoubov R, Schmid RM, Geisler F, Spinner CD, Schneider J. Neutralisierende monoklonale Antikörper bei SARS-CoV-2-Infektionen. *Bayerisches Ärzteblatt*. 2021 Dec 8.
 134. RECOVERY Collaborative Group. Tocilizumab in patients admitted to hospital with COVID-19 (RECOVERY): a randomised, controlled, open-label, platform trial. *Lancet*. 2021;397(10285):1637–1645. doi:10.1016/S0140-6736(21)00676-0.
 135. Martinez MA. Lack of Effectiveness of Repurposed Drugs for COVID-19 Treatment. *Front Immunol*. 2021;12:635371. doi:10.3389/fimmu.2021.635371.
 136. European Medicines Agency. Meeting highlights from the Committee for Medicinal Products for Human Use (CHMP), 20–23 February 2023. Amsterdam: EMA; 2023 [cited 2025 Jun 3]. Available from: <https://www.ema.europa.eu/en/news/meeting-highlights-committee-medicinal-products-human-use-chmp-20-23-february-2023>
 137. Deutsches Ärzteblatt. Baricitinib senkt COVID-19-Sterberisiko in Phase-3-Studie. Dtsch Arztebl. 2021 Sep 3 [cited 2025 Jun 2]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/224567/Baricitinib-senkt-COVID-19-Sterberisiko-in-Phase-3-Studie>
 138. Pasin L, Cavalli G, Navalesi P, Sella N, Landoni G, Yavorovskiy AG, Likhvantsev VV, Zangrillo A, Dagna L, Monti G. Anakinra for patients with COVID-19: a meta-analysis of non-randomized cohort studies. *Eur J Intern Med*. 2021;86:34–40. doi:10.1016/j.ejim.2021.01.016.
 139. Bundesministerium für Gesundheit. Informationen zur COVID-19-Impfung. Berlin: BMG; 2024 Dec 9 [cited 2025 Jun 10]. Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/impfen.html>
 140. Deutsches Ärzteblatt. Coronaimpfung mit niedrigerem Risiko für Long COVID verbunden. Dtsch Arztebl. 2023 Nov 27 [cited 2025 Jun 11]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/275678/Coronaimpfung-mit-niedrigerem-Risiko-fuer-Long-COVID-verbunden>

141. Lundberg-Morris L, Leach S, Xu Y, Martikainen J, Santosa A, Gisslén M, et al. Covid-19 vaccine effectiveness against post-covid-19 condition among 589 722 individuals in Sweden: population based cohort study. *BMJ*. 2023;383:e076990. doi:10.1136/bmj-2023-076990.
142. Robert Koch-Institut. Schutzimpfung gegen COVID-19. Berlin: RKI; 2025 Jan 21 [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Impfen/Schutzimpfung/Schutzimpfung_node.html
143. Hildt E. Übersicht über die in der EU zugelassenen COVID-19-Impfstoffe – von der Technologie über die klinische Prüfung zur Zulassung. *Bundesgesundheitsbl*. 2022;65:1237–43. doi:10.1007/s00103-022-03600-4.
144. Paul-Ehrlich-Institut (Bundesinstitut für Impfstoffe und biomedizinische Arzneimittel). COVID-19-Pandemie – Impfstoffe im Fokus. Langen: PEI; 2022 Feb 21 [cited 2025 Jun 13]. Available from: https://www.pei.de/DE/newsroom/dossiers/coronavirus/coronavirus_node.html
145. Lock JF, Köhler F, Germer CT, et al. Auswirkung von COVID-19 auf die elektive und notfallmäßige Kolorektalchirurgie. *Chirurg*. 2021;92:924–8. doi:10.1007/s00104-021-01464-z.
146. Collaborative CO. Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *Br J Surg*. 2020;107:1440–9. doi:10.1002/bjs.11746.
147. Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV). DGAV Rundschreiben zu OP-Indikationen. 2020 Mar 22 [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://www.dgav.de/presse/aktuelle-meldungen/dgav-rundschreiben-zu-op-indikationen/>
148. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). Update zur Stellungnahme zur Terminierung elektiver operativer Eingriffe nach COVID-19 Infektion oder Impfung bei Erwachsenen. 2025 [cited 2025 Jun 17]. Available from: <https://www.dgai.de/presse/news/update-zur-stellungnahme-zur-terminierung-elektiver-operativer-eingriffe-nach-covid-19-infektion-oder-impfung-bei-erwachsenen.html>
149. Stöß C, Haffer H, Steffani M, et al. Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie auf die Chirurgie – Eine nationale Querschnittsstudie. *Chirurg*. 2020;91:762–8. doi:10.1007/s00104-020-01256-x.
150. Steffani M, Merz C, Stöß C, Landau L, Hüser N, Hartmann D, et al. Auswirkungen der ersten COVID-19-Welle auf die Viszeralchirurgie: Ein retrospektiver Fallzahlenvergleich an einem Universitätsklinikum und einem Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung. *Chirurg*. 2021;92(6):559–66. doi:10.1007/s00104-021-01434-5.
151. Lock JF, Wiegering A. Changes in the management of acute appendicitis during the COVID-19 pandemic. *Langenbecks Arch Surg*. 2021 Mar;406(2):503-504. doi: 10.1007/s00423-021-02099-8. PMID: 33533983; PMCID: PMC7854877.

152. COVIDSurg Collaborative. Outcomes from elective colorectal cancer surgery during the SARS-CoV-2 pandemic. *Colorectal Dis.* 2020 Nov 15;23(3):732–749. doi: 10.1111/codi.15431.
153. Hillebrandt K, Nevermann N, Globke B, et al. Auswirkung der COVID-19-Pandemie auf die hepatopankreatobiliäre Chirurgie und die Organtransplantation. *Chirurg.* 2021;92:918–23. doi:10.1007/s00104-021-01463-0.
154. Stockheim J, Andric M, Acciuffi S, et al. Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die robotische Viszeralchirurgie in Deutschland. *Chirurgie.* 2022;93:765–77. doi:10.1007/s00104-022-01684-x.
155. Brown LK. Flu: The story of the great influenza pandemic of 1918 and the search for the virus that caused it. *Chest.* 2003;123(6):2165–6. doi: 10.1378/chest.123.6.2165-a.
156. Schull MJ, Stukel TA, Vermeulen MJ, Zwarenstein M, Alter DA, Manuel DG, et al. Effect of widespread restrictions on the use of hospital services during an outbreak of severe acute respiratory syndrome. *CMAJ.* 2007;176(13):1827–32. doi: 10.1503/cmaj.061174.
157. Cheng VC, Chan JF, To KK, Yuen KY. Clinical management and infection control of SARS: lessons learned. *Antiviral Res.* 2013;100(2):407–19. doi: 10.1016/j.antiviral.2013.08.016.
158. Al-Jabir A, Kerwan A, Nicola M, Alsafi Z, Khan M, Sohrabi C, et al. Impact of the Coronavirus (COVID-19) pandemic on surgical practice - Part 1. *Int J Surg.* 2020;79:168–179. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.05.022.
159. Lenzen-Schulte M. COVID-19: Chirurgie in Zeiten der Pandemie. *Dtsch Arztebl.* 2020;117(15):A-768–70.
160. Robert Koch-Institut. Hinweise zu Erkennung, Diagnostik und Therapie von Patienten mit COVID-19. Berlin: RKI; 2020 Dec 23 [cited 2025 Jun 24]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Hinweise.html
161. Rassweiler-Seyfried MC, Miethke T, Becker KP, et al. Ergebnisse der präoperativen SARS-CoV-2-Testung („severe acute respiratory syndrome coronavirus 2“) in der Coronaviruspandemie. *Urologe.* 2021;60:331–6. doi:10.1007/s00120-021-01459-y.
162. Robert Koch-Institut. Coronavirus SARS-CoV-2 – Nationale Teststrategie: wer wird in Deutschland auf das Vorliegen einer SARS-CoV-2-Infektion getestet? Berlin: RKI; 2020 Nov 29 [cited 2025 Jun 24]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Teststrategie/Nat-Teststrat.html
163. Scheiblaue H, Filomena A, Nitsche A, Puyskens A, Corman VM, Drost C, et al. Comparative sensitivity evaluation for 122 CE-marked rapid diagnostic tests for SARS-CoV-2 antigen, Germany, September 2020 to April 2021. *Euro Surveill.* 2021;26:2100441. doi:10.2807/1560-7917.ES.2021.26.34.2100441.

164. Paul-Ehrlich-Institut. Antigen-Schnelltests auf SARS-CoV-2: vergleichende Sensitivitätsbewertung CE-gekennzeichneter Tests. Langen: PEI; 2021.
165. COVIDSurg Collaborative. Mortality and pulmonary complications in patients undergoing surgery with perioperative SARS-CoV-2 infection: an international cohort study. *Lancet*. 2020 Jul 4;396(10243):27-38. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31182-X.
166. COVIDSurg Collaborative. Timing of surgery following SARS-CoV-2 infection: an international prospective cohort study. *Anaesthesia*. 2021;76(6):748-58. doi:10.1111/anae.15458
167. Kronberger IE. Operationszeitpunkt bei COVID-19-positiven Patienten: Wann sollen wir operieren? [Timing of surgery in COVID-19-positive patients]. *Coloproctology*. 2021;43(5):364-365. doi: 10.1007/s00053-021-00558-w.
168. Mahlke L, Flohé S, Matthes G, et al. Chirurgie in der SARS-CoV-2-Pandemie. *Unfallchirurg*. 2020;123:571–8. doi:10.1007/s00113-020-00830-6.
169. Lei S, Jiang F, Su W, Chen C, et al. Clinical characteristics and outcomes of patients undergoing surgeries during the incubation period of COVID-19 infection. *EClinicalMedicine*. 2020; doi:10.1016/j.eclinm.2020.100331.
170. Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV). COVID-19 Empfehlungen der DGAV e.V. Berlin: DGAV; 2020 Apr 24.
171. Robert Koch-Institut. Empfehlungen des RKI zu Hygienemaßnahmen im Rahmen der Behandlung und Pflege von Patienten mit einer Infektion durch SARS-CoV-2. Stand: 14. April 2020. Berlin: RKI; 2020. Verfügbar unter: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Hygiene.html [Zugegriffen am 14. Apr. 2020].
172. World Health Organisation (2020) Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations. www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations. Zugegriffen: 14. Apr. 2020
173. Wax RS, Christian MD. Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients. *Can J Anesth*. 2020; doi:10.1007/s12630-020-01591-x.
174. Favi F. Elective surgery in the time of COVID-19. *Updates Surg*. 2020 Jun;72(2):251-252. doi:10.1007/s13304-020-00822-7.
175. Radonovich LJ, Bessesen MT, Cummings DA, et al. The respiratory protection effectiveness clinical trial (ResPECT): a cluster-randomized comparison of respirator and medical mask effectiveness against respiratory infections in healthcare personnel. *BMC Infect Dis*. 2016;16:243. doi:10.1186/s12879-016-1566-7.
176. Yeh HC, Turner RS, Jones RK, Muggenburg BA, Lundgren DL, Smith JP. Characterization of aerosols produced during surgical procedures in

- hospitals. *Aerosol Sci Technol.* 1995;22(2):151–61.
doi:10.1080/02786829508965345.
177. Moletta L, Pierobon ES, Capovilla G, Costantini M, Salvador R, Merigliano S, Valmasoni M. International guidelines and recommendations for surgery during Covid-19 pandemic: A Systematic Review. *Int J Surg.* 2020 Jul;79:180-188. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.05.061.
 178. Robert Koch-Institut. Management von COVID-19-Ausbrüchen im Gesundheitswesen. Berlin: RKI; 2023 Nov 28.
 179. Robert Koch-Institut. Empfehlungen zum Umgang mit SARS-CoV-2 in der Pflege/Betreuung (außerhalb des Krankenhauses). Berlin: RKI; 2024 May 7.
 180. Fenton L, Gribben C, Caldwell D, Colville S, Bishop J, Reid M, White J, Campbell M, Hutchinson S, Robertson C, Colhoun HM, Wood R, McKeigue PM, McAllister DA. Risk of hospital admission with COVID-19 among teachers compared with healthcare workers and other adults of working age in Scotland, March 2020 to July 2021: population based case-control study. *BMJ.* 2021;374:n2060. doi:10.1136/bmj.n2060
 181. Robert Koch-Institut. Coronavirus SARS-CoV-2 – Situationsbericht vom 27.7.2020. Berlin: RKI; 2020 Jul 27 [cited 2025 Sep 1]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-07-27-de.pdf
 182. Fischer-Fels J. Infiziertes Gesundheitspersonal: Notfallpläne und Realitäten. *Dtsch Arztebl.* 2020;117(47):A-2410 [cited 2025 Sep 1]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/120987/Infiziertes-Gesundheitspersonal-Notfallplaene-und-Realitaeten>
 183. Aliberti SM, De Caro F, Boccia G, Capunzo M. Ist die Corona-Krise eine Lehrmeisterin für die Zukunft? Italienische Erfahrungen im Rahmen weltweiter Diskurse [Is the Coronavirus crisis a teacher for the future? Italian experiences in the frame of worldwide discourses]. *Z Evid Fortbild Qual Gesundhwes.* 2020 Dec;158-159:16-21. doi: 10.1016/j.zefq.2020.10.011.
 184. Fischer-Fels J. Gesundheitspersonal und COVID-19: Infektionszahlen nehmen zu. *Dtsch Arztebl.* 2020;117(31-32):A-1567 [cited Jul 1]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/116543/Gesundheitspersonal-und-COVID-19-Infektionszahlen-nehmen-zu>
 185. 2019-nCoV: Nosokomiale „Superspreader“-Ereignisse in Studie bestätigt. *Dtsch Arztebl Int.* 2020 Feb 10 [cited 2025 Jul 11]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/news/2019-ncov-nosokomiale-superspreader-ereignisse-in-studie-bestaetigt-d2741be3-efa2-4fd7-89e8-b72d9e46c1cf>
 186. Deutsches Ärzteblatt. WHO-Schätzung: Weltweit 115.000 Pflegekräfte an Corona gestorben. *Dtsch Arztebl.* 2021 May 25 [cited 2025 Jul 11]. Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/223012/WHO-Schaetzung-Weltweit-115-000-Pflegekraefte-an-Corona-gestorben>
 187. Deutscher Bundestag. Enquete-Kommission „Aufarbeitung der Corona-Pandemie und Lehren für zukünftige pandemische Ereignisse“ [Internet].

- Berlin: Deutscher Bundestag; [zitiert am 1. Okt 2025]. Verfügbar unter: https://www.bundestag.de/ausschuesse/weitere_gremien/ee01
188. Binder J, Brunner M, Maak M, Denz A, Weber GF, Grützmann R, et al. Ökonomische Auswirkung der COVID-19-Pandemie in der Allgemein- und Viszeralchirurgie: ein Vergleich von Leistungs- und Erlösdaten zweier Kliniken aus Krankenhäusern unterschiedlicher Versorgungsstufen. *Chirurg*. 2021;92(7):630–9. doi:10.1007/s00104-021-01448-z.
 189. Koch F, Hohenstein S, Bollmann A, Meier-Hellmann A, Kühlen R, Ritz JP. Cholecystectomies in the COVID-19 pandemic during and after the first lockdown in Germany: an analysis of 8561 patients. *Langenbecks Arch Surg*. 2022;407:123–132. doi:10.1007/s00423-021-02355-8
 190. Uttinger KL, Diers J, Baum P, Hankir M, Germer CT, Wiegeling A. Impact of the COVID pandemic on major abdominal cancer resections in Germany: a retrospective population-based cohort study. *Int J Surg*. 2023 Apr 1;109(4):670–678. doi: 10.1097/JS9.0000000000000202.
 191. Babic B, Datta RR, Schröder W, Schiffmann LM, Schmidt T, Bruns CJ, Fuchs HF. Auswirkungen von COVID-19 auf die onkologische Chirurgie des oberen Gastrointestinaltrakts [Impact of COVID-19 on oncological surgery of the upper gastrointestinal tract]. *Chirurg*. 2021;92(10):929–935. doi:10.1007/s00104-021-01489-4.
 192. Yurttas C, Schleicher C, Fischer I, Meisner C, Nadalin S, Königsrainer A, Löffler MW. Einfluss der Coronapandemie auf die Leberchirurgie und Lebertransplantationen in Deutschland. *Chirurg*. 2022;93:812–821. doi:10.1007/s00104-022-01710-5.
 193. Busse R, Nimptsch U. COVID-19-Pandemie: historisch niedrige Bettenauslastung. *Dtsch Arztebl*. 2021;118(10):A-456/B-378.
 194. Baum P, Diers J, Lichthardt S, Kastner C, Schlegel N, Germer CT, Wiegeling A. Sterblichkeit und Komplikationen nach viszeralchirurgischen Operationen. *Dtsch Arztebl Int*. 2019;116:739–746. doi:10.3238/arztebl.2019.0739.
 195. Osorio J, Madrazo Z, Videla S, Sainz B, Rodríguez-González A, Campos A, et al.; COVID-CIR Collaborative Group. Analysis of outcomes of emergency general and gastrointestinal surgery during the COVID-19 pandemic. *Br J Surg*. 2021;108(12):1438–47. doi:10.1093/bjs/znac299.
 196. Kamal M, Baudo M, Shmushkevich S, Geng Y, Hanna E, Goepfert RP, Lewis CM, Rahouma M. COVID-19 infection and its consequences among surgical oncology patients: A systematic analysis, meta-analysis and meta-regression. *J Surg Oncol*. 2022 Apr;125(5):813–823. doi: 10.1002/jso.26787.
 197. Abate SM, Mantefardo B, Basu B. Postoperative mortality among surgical patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Patient Saf Surg*. 2020 Oct 12;14:37. doi: 10.1186/s13037-020-00262-6.
 198. COVIDSurg Collaborative. The impact of surgical delay on resectability of colorectal cancer: An international prospective cohort study. *Colorectal Dis*. 2022 Mar 14;24(6):708–26. doi: 10.1111/codi.16117.

199. Wichmann D, Schweizer U, Wulff D, Thiel K, Beltzer C, Königsrainer A, Archid R. Incidence of Perforated Appendicitis during the COVID-19 Pandemic: Lessons to Be Considered in the Second Wave. *J Gastrointest Surg.* 2021 Sep;25(9):2404-2406. doi: 10.1007/s11605-021-04915-4.
200. Harnoss JC, Zelenka I, Probst P, Grummich K, Müller-Lantzsch C, Harnoss JM, Ulrich A, Büchler MW, Diener MK. Antibiotics versus surgical therapy for uncomplicated appendicitis: systematic review and meta-analysis of controlled trials (PROSPERO 2015). *Ann Surg.* 2017;265:889–900. doi:10.1097/SLA.0000000000001962.
201. Willms AG, Oldhafer KJ, Conze S, Thasler WE, von Schassen C, Hauer T, Huber T, Germer CT, Günster S, Bulian DR, Hirche Z, Filser J, Stavrou GA, Reichert M, Malkomes P, Seyfried S, Ludwig T, Hillebrecht HC, Pantelis D, Brunner S, Rost W, Lock JF; CAMIN Study Group. Appendicitis during the COVID-19 lockdown: results of a multicenter analysis in Germany. *Langenbecks Arch Surg.* 2022;407:1563–1575. doi:10.1007/s00423-022-02581-9.
202. Meyer T. Auswirkung der COVID-19-Pandemie auf die Appendizitis bei COVID-19-negativen Kindern. *Eur J Pediatr Surg.* 2021;31:715–722. doi:10.1055/s-0041-1723784.
203. Köhler F, Müller S, Hendricks A, Kastner C, Reese L, Boerner K, Flemming S, Lock JF, Germer CT, Wiegering A. Changes in appendicitis treatment during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *Int J Surg.* 2021;93:106148. doi:10.1016/j.ijsu.2021.106148.
204. Callan R, Assaf N, Bevan K. Impact of the COVID-19 pandemic on acute general surgical admissions in a district general hospital in the United Kingdom: a retrospective cohort study. *Surg Res Pract.* 2020;2020:2975089. doi:10.1155/2020/2975089.
205. Dick L, Green J, Brown J, et al. Changes in emergency general surgery during COVID-19 in Scotland: a prospective cohort study. *World J Surg.* 2020;44:3590–3594. doi:10.1007/s00268-020-05760-3.
206. Pirozzolo G, Bao RQ, Vignotto C, Baiano L, Piangerelli A, Peluso C, Palumbo R, Cimino FGM, Meneghetti G, Grassetto A, Rizzo M, Viola GGM, Fiumara F, Scarpa M, Recordare AG. The impact of COVID-19 pandemic on access to medical services and its consequences on emergency surgery. *Front Surg.* 2023;10:1059517. doi:10.3389/fsurg.2023.1059517.
207. Flemming S, Hankir M, Ernestus RI, et al. Surgery in times of COVID-19: recommendations for hospital and patient management. *Langenbecks Arch Surg.* 2020;405:359–364. doi:10.1007/s00423-020-01888-x.
208. COVIDSurg Collaborative. Global guidance for surgical care during the COVID-19 pandemic. *Br J Surg.* 2020 Aug;107(9):1097-1103. doi: 10.1002/bjs.11646.
209. Stolberg-Stolberg MN, Becker F, Gerß J, Brüwer M. Severe cholecystitis during the COVID-19 pandemic: influence of the COVID-19 pandemic on the frequency of surgery and outcome for elective and emergency chole-

- cystectomy: a monocentric retrospective cohort analysis. *Chirurg.* 2024;95:450–459. doi:10.1007/s00104-024-02085-y.
210. Rahimli M, Wex C, Wiesmueller F, Weber F, Dölling M, Rose A, Al-Madhi S, Andric M, Croner R, Perrakis A. Laparoscopic cholecystectomy during the COVID-19 pandemic in a tertiary care hospital in Germany: higher rates of acute and gangrenous cholecystitis in elderly patients. *BMC Surg.* 2022 May 10;22(1):168. doi: 10.1186/s12893-022-01621-z.
 211. Cavallaro A, Zanghi A, Cappellani A, Valenti MR, Veroux M, Volpicelli A, Gioco R, Bianco F, Biondi A, Vacante M, Griggio G; Kiriscügel et al. The ChoCO W prospective observational global study: Does COVID 19 increase gangrenous cholecystitis? *World J Emerg Surg.* 2022;17:61. doi:10.1186/s13017-022-00466-4.
 212. World Health Organization. Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic. Geneva: WHO; 2021 [cited 2021 Apr 26]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
 213. Shappell CN, Klompas M, Kanjilal S, Chan C, Rhee C. Prevalence, Clinical Characteristics, and Outcomes of Sepsis Caused by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Versus Other Pathogens in Hospitalized Patients With COVID-19. *Crit Care Explor.* 2022 May 13;4(5):e0703. doi: 10.1097/CCE.0000000000000703.
 214. Su H, Yang M, Wan C, Yi LX, Tang F, Zhu HY, Yi F, Yang HC, Fogo AB, Nie X, Zhang C. Renal histopathological analysis of 26 postmortem findings of patients with COVID-19 in China. *Kidney Int.* 2020 Jul;98(1):219–227. doi: 10.1016/j.kint.2020.04.003.
 215. Ronco C, Reis T. Kidney involvement in COVID-19 and rationale for extracorporeal therapies. *Nat Rev Nephrol.* 2020 Jun;16(6):308–310. doi: 10.1038/s41581-020-0284-7.
 216. Nachon-Acosta A, Martinez-Mier G, Flores-Gamboa V, Avila-Mercado O, Garcia IM, Yoldi-Aguirre C, Olivares-Garcia I, la Paz-Roman M. Surgical Outcomes During COVID-19 Pandemic. *Arch Med Res.* 2021 May;52(4):434–442. doi: 10.1016/j.arcmed.2021.01.003.
 217. COVIDSurg Collaborative. Elective cancer surgery in COVID-19-free surgical pathways during the SARS-CoV-2 pandemic: an international, multicenter, comparative cohort study. *Ann Surg.* 2021;273(2):242–249. doi:10.1097/SLA.0000000000004352.
 218. Miesbach W, Adam EH. Thrombotische Komplikationen: Gerinnungsneigung und COVID-19. *Dtsch Arztebl.* 2020;117(22-23):A-1158/B-978.
 219. Klok FA, Kruip MJHA, van der Meer NJM, Arbous MS, Gommers DAMPJ, Kant KM, Kaptein FHJ, van Paassen J, Stals MAM, Huisman MV, Endeman H. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with COVID-19. *Thromb Res.* 2020;191:145–147. doi:10.1016/j.thromres.2020.04.013.
 220. Middeldorp S, Coppens M, van Haaps TF, Foppen M, Vlaar AP, Müller MCA, Bouman CCS, Beenen LFM, Kootte RS, Heijmans J, Smits LP, Bonta PI, van Es N. Incidence of venous thromboembolism in hospitalized

- patients with COVID-19. *J Thromb Haemost.* 2020;18(8):1995–2002. doi:10.1111/jth.14888.
221. Schilling J, Tolksdorf K, Marquis A, et al. Die verschiedenen Phasen der COVID-19-Pandemie in Deutschland: eine deskriptive Analyse von Januar 2020 bis Februar 2021. *Bundesgesundheitsbl.* 2021;64:1093–1106. doi:10.1007/s00103-021-03394-x.
 222. Wieler LH, Antao E- M, Hanefeld J. Reflections from the COVID- 19 pandemic in Germany: lessons for global health. *BMJ Glob Health* 2023;8:e013913. doi:10.1136/ bmjgh-2023-013913.
 223. Robert Koch-Institut. Corona-Monitoring lokal – Eckdaten für Kupferzell [Internet]. Berlin: Robert Koch-Institut; 2021 [cited 2025 Okt 18]. Available from: https://www.rki.de/DE/Themen/Nichtuebertragbare-Krankheiten/Studien-und-Surveillance/Studien/Corona-Monitoring-lokal/Factsheet_Kupferzell.html

7. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Allgemeine-, Viszeral- und Transplantationschirurgie unter der Betreuung von PD Dr. med. Can Yurttas und Dr. med. Markus Quante als Doktorvater angefertigt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit PD Dr. med. Can Yurttas und PD Dr. med. Markus Quante.

Die Daten wurden im Rahmen des Projekts mit der Nummer UK Tübingen - Fischer - 4546-2022 beim Bundesamt für Statistik angefordert. Die Daten ermöglichen einen Überblick über die Häufigkeit viszeralchirurgischer Eingriffe sowie über damit assoziierte Komplikationen und Mortalitätsraten.

Die statistische Auswertung wurde nach Beratung durch Dr. Gunnar Blumenstock (Institut für Klinische Epidemiologie und Angewandte Biometrie, Tübingen) eigenständig durchgeführt. Für die statistische Analyse wurde das Programm SPSS genutzt. Die grafische Darstellung der Abbildungen erfolgte mithilfe des Programms Python.

Zur Überprüfung von Rechtschreibung und Grammatik wurde das KI-basierte Schreibwerkzeug DeepL Write verwendet. Ich versichere, dass die inhaltliche Ausarbeitung, Interpretation der Daten und finale Textfreigabe ausschließlich durch mich erfolgten.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen den 05.02.2026

Jonel Ngjelina

8. Dankausgang

An dieser Stelle möchte ich allen Menschen von Herzen danken, die mich auf dem Weg zur Fertigstellung dieser Dissertation begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt zuallererst meinem Doktorvater PD Dr. med. Markus Quante sowie meinem Betreuer PD Dr. med. Can Yurttas für ihr Vertrauen in mich, ihre kontinuierliche Unterstützung und die professionelle wie menschliche Begleitung während des gesamten Promotionsprozesses. Ich bin zutiefst dankbar dafür, dass sie mir den Zugang zur wissenschaftlichen Forschung eröffnet und mich auf diesem Weg gefördert haben.

Ein weiterer herzlicher Dank gilt Dr. Gunnar Blumenstock, der mir mit seinem Fachwissen, seiner Geduld und seiner stets hilfsbereiten Art jederzeit wertvolle Unterstützung und Anleitung bei der statistischen Analyse gegeben hat.

Mein tiefster Dank gilt meiner Familie, meiner Partnerin sowie meinen engsten Freunden und Kollegen, die mir auf diesem langen und herausfordernden Weg stets zur Seite standen, mich ermutigt und nie an mir gezweifelt haben.

