

Aus dem Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik
der Universität zu Köln
Direktor: Universitätsprofessor Dr. rer. nat A. Tresch

**Soziodemographische und behaviorale
Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des
Erwachsenen: Ergebnisse der Cologne Corona-
Surveillance (CoCoS) Studie**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Nadja Theresia Schnörch
aus Marburg

promoviert am 19. April 2024

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
Druckjahr 2024

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Professorin Dr. rer. medic. M. G. A. Hellmich

2. Gutachter: Universitätsprofessorin Dr. med. N. Skoetz

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herr Prof. Dr. Martin Hellmich

Frau Prof. Dr. Nicole Skoetz

Herr Prof. Dr. Florian Neuhan

Herr Dr. Max Oberste

Herr Dr. Dr. Kija Shah-Hosseini

Frau Teodora Asenova

Herr Kilian Bauman

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit vom Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik von Herrn Prof. Dr. Martin Hellmich, Herrn Dr. Max Oberste und Herrn Dr. Dr. Kija Shah-Hosseini erhoben und mir zur wissenschaftlichen Arbeit übergeben. Anhand des Datensatzes führte ich eine statistische Datenanalyse mit der Software SPSS (IBM, Version 27.0) durch. Die Ergebnisse dieser Datenanalyse wurden von Herrn Dr. Max Oberste mit der Software R (R Foundation for Statistical Computing, Version 4.0.5) ausgewertet. Abgebildete Grafiken und Tabellen wurden mit den Programmen Microsoft Word, Microsoft Excel und Microsoft PowerPoint von Herrn Prof. Dr. Martin Hellmich, Herrn Dr. Max Oberste und mir angefertigt. Gemeinsam mit Herrn Dr. Max Oberste verfasste ich ein Manuskript zur Veröffentlichung unserer Ergebnisse im BMC Public Health. Die zentrale Publikation dieser Dissertation wird auf PubMed aufgeführt und wurde in geteilter Erstautorenschaft zwischen Herrn Dr. Max Oberste und mir veröffentlicht.

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich besonders meiner Arbeitsgruppe am Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik der Universität zu Köln und dem Team der Cologne Corona-Surveillance Studie danken! Meinem Doktorvater Prof. Dr. Martin Hellmich und meinem Betreuer Dr. Max Oberste vielen herzlichen Dank für die Hilfe und die Unterstützung bei dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
1. ZUSAMMENFASSUNG	8
2. EINLEITUNG	9
2.1. Epidemiologie	9
2.1.1. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19	9
2.1.2. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19 in Deutschland	10
2.2. Definition und Klassifikation	10
2.2.1. Definition der SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19	10
2.2.2. Klassifikation der Virusvarianten des SARS-CoV-2	11
2.3. Klinische Verlaufsformen der SARS-CoV-2-Infektion, SARS-CoV-2-Testssysteme und COVID-19-Impfstoffe	12
2.3.1. Klinische Verlaufsformen der SARS-CoV-2-Infektion	12
2.3.2. SARS-CoV-2-Testsysteme	12
2.3.3. COVID-19-Impfstoffe und STIKO-Empfehlungen	13
2.4. COVID-19-Schutzverordnungen und Präventionsmaßnahmen in Deutschland	14
2.5. Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion – Stand der Forschung	15
2.5.1. Epidemiologische Corona-Monitoringstudien in Deutschland	15
2.5.2. Soziodemographische und behaviorale Risikofaktoren der SARS-CoV-2-Infektion	19
2.6. Fragestellungen und Ziele der Arbeit	20
3. PUBLIKATION	22
4. DISKUSSION	34
4.1. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion in Deutschland nach dem Ende der COVID-19-Pandemie	34
4.2. Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion im Vergleich mit den Ergebnissen epidemiologischer Corona-Monitoringstudien in Deutschland	34
4.3. Limitationen und Stärken der Ergebnisse	37

5.	LITERATURVERZEICHNIS	40
5.1.	Literaturverzeichnis der Publikation	46
6.	ANHANG	49
6.1.	Abbildungsverzeichnis	49
6.2.	Tabellenverzeichnis	49

Abkürzungsverzeichnis

AHA	Abstand von 1,5 m zu Mitbürgerinnen und Mitbürgern, Hygieneempfehlungen, Tragen einer Atemschutzbedeckung
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
BioNTech	Biopharmaceutical New Technologies
BMC	BioMed Central
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMI	Body-Mass-Index
BMI	Bundesministerium des Inneren
BNITM	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin
BZgA	Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
CoCoS	Cologne Corona-Surveillance Study
CoMoBu	Corona-Monitoring bundesweit
COSMO	COVID-19 Snapshot Monitoring
COVID-19	Coronavirus disease-2019
CT	Cycle-Threshold
DEMIS	Deutsches Elektronisches Melde- und Informationssystem für den Infektionsschutz
DJI	Deutsches Jugendinstitut
DWI	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EHIS	European Health Interview Survey
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
GEDA	German Health Update
HZI	Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IMSB	Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik
KI	Konfidenzintervall
KoCo19	Prospektive COVID-19 Kohorte München
MERS	Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus
ML	Maschinelles Lernen
mRNA	messenger-RNA
MusPAD	Multilokale und Serielle Prävalenzstudie zu Antikörper gegen SARS-2-Coronavirus in Deutschland
NIH	National Institutes of Health

NPI	Non-pharmacological intervention
PCR	Polymerase Chain Reaction
RKI	Robert Koch-Institut
RT-qPCR	Real-Time quantitative Polymerase Chain Reaction
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome
SARS-CoV-1	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 1
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2
SeBluCo	Serologische Untersuchungen von Blutspenden auf Antikörper gegen SARS-CoV-2
SeMaCo	Serologische Untersuchung von Blutspenden in Magdeburg auf Antikörper gegen SARS-CoV-2
SERODUS	Seroprävalenz COVID-19 Düsseldorf
SMC	Science Media Center
SOEP	Sozio-oekonomisches Panel
STIKO	Ständige Impfkommission
VOC	Variant of Concern
VOI	Variant of Interest
WHO	World Health Organization
YIGH	Yale Institute for Global Health
ZPID	Leibniz-Institut für Psychologie

1. Zusammenfassung

Ziel dieser Dissertation ist die Identifikation soziodemographischer und behavioraler Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen auf Basis der Daten der Cologne Corona-Surveillance (CoCoS) Studie. Hierfür erfolgte die statistische Datenanalyse einer repräsentativen Stichprobe (n = 2,433) der Studie. Ergebnisse der zentralen Publikation werden in dieser Dissertation im zeitlichen Kontext der COVID-19-Pandemie interpretiert. Ermittelte Hinweise auf Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen werden mit dem Ergebnisstand epidemiologischer Corona-Monitoringstudien in Deutschland während der COVID-19-Pandemie verglichen. In diesem Zusammenhang wird der protektive Einfluss staatlich verordneter COVID-19-Schutzmaßnahmen und Hygieneempfehlungen diskutiert. Hier zugrunde liegende Daten wurden im März 2021 und Juni 2021 im Rahmen der CoCoS in Form eines Querschnittsdesigns erhoben. Mithilfe eines Online-Fragebogens wurden soziodemographische und behaviorale Risikofaktoren sowie eine selbstberichtete SARS-CoV-2-Inzidenz der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ermittelt. Die statistische Datenanalyse wurde in SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 27.0) und R (R Foundation for Statistical Computing, Version 4.0.5) durchgeführt. Ergebnisse der statistischen Datenanalyse zeigten, dass ein Zusammenleben mit (mehreren) Kindern im Haushalt, zwischenmenschliche Kontakte am Arbeitsplatz und die Nichteinhaltung staatlich empfohlener Hygieneempfehlungen (AHA-Regeln) mit einem erhöhten Risiko für die SARS-CoV-2-Infektion in der Stichprobe assoziiert waren. Gleichzeitig wurden sowohl das Vermeiden zwischenmenschlicher Kontakte am Arbeitsplatz, beispielsweise durch Nutzung des Homeoffice, als auch die konsequente Einhaltung staatlich empfohlener Hygienemaßnahmen als hinweisend protektive Faktoren bezüglich der SARS-CoV-2-Infektion in der Stichprobe identifiziert. Zusammenhänge der ermittelten Risikofaktoren wurden ergänzend in einer univariablen und multivariablen logistischen Regressionsanalyse untersucht. Limitationen der Ergebnisse liegen in einer geringen Repräsentativität hinsichtlich des sozioökonomischen Hintergrunds und des Migrationshintergrunds der Stichprobe. Es erfolgte keine serologische Labordiagnostik auf SARS-CoV-2-Antikörper und der indirekten Datenerfassung minderjähriger Personen im Privathaushalt. Im Vergleich mit den Studienergebnissen des bundesweiten Corona-Monitorings geben die Ergebnisse der zentralen Publikation erste Hinweise auf Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen und die Effektivität staatlich empfohlener COVID-19-Schutzmaßnahmen.

2. Einleitung

2.1. Epidemiologie

2.1.1. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19

Aufgrund des Auftretens der Infektionserkrankung COVID-19 (Coronavirus disease-19)¹ erfolgte am 31. Dezember 2019 die erstmalige Berichterstattung aus der Stadt Wuhan (ca. 11,1 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner) der Volksrepublik China.² Im Rahmen einer Cluster-randomisierten Studie zeigten 41 hospitalisierte Patientinnen und Patienten Symptome einer Lungenentzündung mit einer bis zu diesem Zeitpunkt unbekanntem Pathogenese.³ Als viraler Erreger der Infektionserkrankung konnte das SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2) am 10. Januar 2020 molekularbiologisch nachgewiesen werden.² Nachdem der erste tödliche Fall einer labordiagnostisch bestätigten SARS-CoV-2-Infektion am 11. Januar 2020 in China berichtet wurde, setzte sich die Ausbreitung der SARS-CoV-2-Infektionen während des chinesischen Neujahrs in Thailand, Japan und Südkorea fort.⁴ Am 15. Januar 2020 wurde die erste SARS-CoV-2-Infektion in Washington, D.C. in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) bekannt gegeben, die auf einen Flugreisenden aus Wuhan zurückgeführt werden konnte.⁵ Der erste offizielle Fall einer SARS-CoV-2-Infektion in Europa wurde am 24. Januar 2020 in Bordeaux in Frankreich festgestellt.⁶ Die World Health Organization (WHO) bezeichnete die globale Ausbreitung von COVID-19 am 30. Januar 2020 als „gesundheitliche Notlage internationaler Tragweite“.⁷ Der Status der globalen Ausbreitung von COVID-19 als Pandemie wurde am 11. März 2020 seitens der WHO bekannt gegeben.⁷ Am 30. April 2023 endete der offizielle Pandemiestatus von COVID-19 seitens der WHO, woraufhin der Status der „gesundheitliche Notlage internationaler Tragweite“ am 5. Mai 2023 ebenfalls beendet werden konnte.⁸ Seit Beginn der globalen Ausbreitung von COVID-19 veranlassten Landesregierungen Gegenmaßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung.⁹ Frühe Gegenmaßnahmen bestanden in sogenannten Lockdowns,¹⁰ Grenzschließungen und internationalen Reisebeschränkungen.¹¹ Die offiziellen COVID-19-Schutzmaßnahmen in Deutschland während der COVID-19-Pandemie werden chronologisch in Punkt 2.4. dieser Arbeit beschrieben. Seit dem 30. Dezember 2019 veröffentlichte die WHO eine tagesaktuelle globale SARS-CoV-2-Inzidenz auf dem „WHO COVID-19 Dashboard“.¹² Bis zum Zeitpunkt dieser Dissertation wurden weltweit mehr als 770 Millionen Fälle von SARS-CoV-2-Infektionen erfasst.¹² Anhand der Datenerfassung der WHO wurden weltweit über 6 Millionen Todesfälle, die mit einer SARS-CoV-2-Infektion assoziiert waren, bekannt gegeben.¹²

2.1.2. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19 in Deutschland

Der erste offizielle Fall einer bestätigten SARS-CoV-2-Infektion in Deutschland wurde am 27. Januar 2020 in München (ca. 1,4 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner) festgestellt.¹² Die Indexperson war ein Geschäftsreisender, der im Rahmen einer Handelskonferenz mehrere Personen mit SARS-CoV-2 infizierte.¹³ In den darauffolgenden Wochen fand eine Ausbreitung der SARS-CoV-2-Infektionen in allen deutschen Bundesländern statt.¹² Simultan zu den Veröffentlichungen der WHO veröffentlichte das Robert Koch-Institut (RKI) die tagesaktuelle SARS-CoV-2-Inzidenz in Deutschland, die SARS-CoV-2-Inzidenz deutscher Städte und Landkreise sowie eine 7-Tage-Inzidenz auf dem „COVID-19 Dashboard“. Die Dokumentation der SARS-CoV-2-Inzidenz durch das RKI wurde am 1. Juni 2023 eingestellt. Das COVID-19 Dashboard des RKI ist seit dem Pandemieende weiterhin in Form eines Archivs verfügbar.¹⁴ Eine Veröffentlichung der SARS-CoV-2-Inzidenz in Deutschland findet zum Zeitpunkt dieser Arbeit weiterhin auf dem WHO COVID-19 Dashboard statt.¹² Gemäß dem Infektionsschutzgesetz (IfSG) wurden die positiven SARS-CoV-2-Testergebnisse an die zuständigen Gesundheitsämter deutscher Städte und Landkreise übermittelt.¹⁵ Meldungen positiver SARS-CoV-2-Testergebnisse wurden anschließend digital an das RKI übermittelt.¹⁵ Diese Übermittlung erfolgte über das Deutsche Elektronische Melde- und Informationssystem für den Infektionsschutz (DEMIS).¹⁶ Insgesamt wurden in Deutschland bis zum Zeitpunkt dieser Arbeit mehr als 38 Millionen SARS-CoV-2-Infektionen und mehr als 174.000 SARS-CoV-2-assoziierte Todesfälle gemeldet (Stand: 1. Juni 2023).¹⁴ Im Bundesland Nordrhein-Westfalen wurden über 8 Millionen bestätigte SARS-CoV-2-Infektionen bis zum 1. Juni 2023 erfasst.¹⁴ In der Stadt Köln wurden über 515.000 SARS-CoV-2-Infektionen gemeldet (Stand: 1. Juni 2023).¹⁴ Durch die DEMIS-Meldungen war es Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Gesundheitsamts der Stadt Köln möglich, digitale Fallakten der COVID-19-Fälle in Köln zu erstellen.¹⁵ Infolgedessen konnten Reinfektionen, die Anzahl der SARS-CoV-2-Impfungen und der verwendeten COVID-19-Impfstoffe erfasst werden.¹⁵ Zusätzlich wurde in Köln eine Registrierung im Digitalen Kontaktmanagement (DiKoMa) für positiv auf das SARS-CoV-2 getestete Personen ermöglicht, die ein Symptomtagebuch beinhaltet.¹⁷

2.2. Definition und Klassifikation

2.2.1. Definition von SARS-CoV-2-Infektion und COVID-19

Zum Verständnis müssen COVID-19 als Infektionserkrankung und das SARS-CoV-2 als viraler Erreger der Infektionserkrankung voneinander unterschieden werden.³ In dieser Arbeit wird nach Möglichkeit der Begriff SARS-CoV-2-Infektion genutzt, wenn die Risikofaktoren für eine Infektion untersucht werden, da eine Infektion den symptomatischen klinischen Verlauf nicht obligat voraussetzt. Das behüllte einzelsträngige RNA-Virus SARS-CoV-2 gehört zur weltweit verbreiteten Familie der Coronaviren (*Coronaviridae*).³ Der labordiagnostische

Erregernachweis des SARS-CoV-2 durch Sequenzierung des viralen Genoms aus biologischem Material infizierter Personen gelang erstmalig am 10. Januar 2020.² In der elektronenmikroskopischen Darstellung des SARS-CoV-2 sind sogenannte Spike-Glykoproteine auf der Membranoberfläche darstellbar (*lat. corona – Krone, Kranz*).¹⁸ Das Spike-Rezeptorbindeprotein des SARS-CoV-2 hat nachweislich einen Einfluss auf die Infektiosität des Virus. Durch genetische Variabilität können Orthocoronaviren (*Orthocoronavirinae*) verschiedene Säugetierarten als Wirtsorganismen nutzen.¹⁹ Das SARS-CoV-2 ist mit den viralen Erregern SARS-CoV-1 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 1) und MERS (Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus) verwandt, deren Infektionserkrankungen mit respiratorischen und gastrointestinalen Symptomen einhergehen können.³ Das SARS-CoV-1 verursachte 2003 die SARS-Pandemie,³ die Ausbreitung des MERS verblieb endemisch in Saudi-Arabien.²⁰ Klinisch können Infektionserkrankungen, die durch Coronaviren ausgelöst werden, Entzündungen der Nasenschleimhaut, der Bindehaut, des Halses und des Rachens hervorrufen.³ Die Beteiligung weiterer Organsysteme ist im Rahmen systemischer Infektionen ebenfalls möglich.⁴ Das SARS-CoV-2 wird, abhängig von der Größe und den physikalischen Eigenschaften der infektiösen Partikel, durch Tröpfcheninfektion und Aerosole übertragen.⁴ Als Entstehungsmechanismus des SARS-CoV-2 wird die zoonotische Transmission durch das Zusammenleben des Menschen mit anderen Säugetierarten untersucht.³ Der exakte molekulargenetische Entstehungsmechanismus des SARS-CoV-2 ist zum Zeitpunkt dieser Dissertationsschrift unbekannt.³

2.2.2. Klassifikation der Virusvarianten des SARS-CoV-2

Das SARS-CoV-2 entwickelte im zeitlichen Verlauf der globalen Ausbreitung Virusvarianten, die molekularbiologisch nachweisbar sind.²¹ Eine der ersten molekularbiologisch nachweisbaren Virusvarianten des SARS-CoV-2 war die Virusvariante B.1.1.7 (Alpha).²¹ Diese trat bereits im Januar 2020 in China und Deutschland auf.²¹ Die Virusvariante B.1.1.7 zeigte eine zum Wildtyp veränderte Codierung des Spike-Rezeptorbindeproteins und wies eine nachweisbar erhöhte Infektiosität auf.¹⁹ Die Variante B.1.1.7 zeigte eine schnelle Ausbreitungsdynamik und wurde bereits im Frühjahr 2020 zur global dominanten SARS-CoV-2-Virusvariante.²¹ Im zeitlichen Verlauf der COVID-19-Pandemie verbesserte sich die statistische Datenerfassung bezüglich der SARS-CoV-2-Virusvarianten.²² Der Zusammenhang zwischen der Fallsterblichkeitsrate (case fatality rate) und den SARS-CoV-2-Virusvarianten wird weiterhin untersucht.²³ Für die Klassifikation der SARS-CoV-2-Virusvarianten wird das dynamische System der Pango-Nomenklatur verwendet.²⁴ Die Klassifikation der Pango-Nomenklatur basiert auf einer Software, die Maschinelles Lernen (ML) nutzt. Die Pango-Nomenklatur berücksichtigt sowohl die Genomsequenzierung als auch die epidemiologische Relevanz der SARS-CoV-2-Virusvarianten. Anhand der Pango-

Nomenklatur werden SARS-CoV-2-Virusvarianten, die als „besorgniserregende Varianten“ oder „Varianten von Interesse“ gelten, durch die „WHO Virus Evolution Working Group“ mit Buchstaben des griechischen Alphabets bezeichnet.²⁵ Die Einstufung in besorgniserregende Varianten (VOC – Variant of Concern) und Varianten von Interesse (VOI – Variant of Interest) erfolgt entsprechend der epidemiologischen Relevanz der SARS-CoV-2-Virusvarianten.²⁵

2.3. Klinische Verlaufsformen der SARS-CoV-2-Infektion, SARS-CoV-2-Testsysteme und COVID-19-Impfstoffe

2.3.1. Klinische Verlaufsformen der SARS-CoV-2-Infektion

Klinische Verlaufsformen der SARS-CoV-2-Infektion werden anhand der vorliegenden klinischen Symptome kategorisiert.²⁶ Das klinische Spektrum der SARS-CoV-2-Infektion wird in den Behandlungsempfehlungen der National Institutes of Health (NIH) beschrieben.²⁶ Ein asymptomatischer oder präsymptomatischer Verlauf der SARS-CoV-2-Infektion liegt vor, wenn die infizierte Person ein positives virologisches SARS-CoV-2-Testergebnis, aber keine für COVID-19 typischen klinischen Symptome zeigt.²⁶ Ein leichter Verlauf der SARS-CoV-2-Infektion liegt vor, wenn die infizierte Person SARS-CoV-2 typische Symptome, aber keine klinischen Symptome der unteren Atemwege aufweist. In leichten Verläufen liegt eine periphere Sauerstoffsättigung von über 94% vor.²⁶ Moderate Verläufe der SARS-CoV-2-Infektion zeichnen sich durch klinische Symptome der unteren Atemwege bei einer peripheren Sauerstoffsättigung über 94% aus.²⁶ Schwere Verläufe der SARS-CoV-2-Infektion zeigen eine symptomatische Beteiligung der unterem Atemwege und eine periphere Sauerstoffsättigung von unter 94%.²⁶ Komplikationen sind die SARS-CoV-2-assoziierte Lungenentzündung, die zu einem akuten Lungenversagen (ARDS) führen kann. Schwere Verläufe der SARS-CoV-2-Infektion können eine intensivmedizinische Behandlung notwendig machen kann und sind mit einer erhöhten Mortalität verbunden ist.²⁷ Zum Zeitpunkt dieser Dissertation wurde in Studienergebnissen beschrieben, dass kardiovaskuläre und pulmonale Vorerkrankungen sowie ein hohes Lebensalter mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für schwere klinische Verläufe der SARS-CoV-2-Infektion und demzufolge mit einer erhöhten Mortalität verbunden sind.²⁷ Die medizinische Therapie der SARS-CoV-2-Infektion ist primär auf die Behandlung klinischer Komplikationen ausgerichtet.²⁹ Pharmakologische Therapieansätze der akuten SARS-CoV-2 Infektion werden weiterhin untersucht.²⁶

2.3.2. SARS-CoV-2-Testsysteme

Zum labordiagnostischen Nachweis der SARS-CoV-2-Infektion wurden erste auf RT-qPCR (Real-Time quantitative Polymerase Chain Reaction) basierende Testsysteme im Januar 2020 entwickelt.³⁰ Während frühe RT-qPCR-Testverfahren unspezifisch weitere Coronaviren miterfassten, konnte nach Genomsequenzierung des RNA-Primers des SARS-CoV-2 eine spezifische RT-qPCR-Testung erfolgen.³¹ Der nasopharyngeale RT-qPCR-Test gilt bis heute

als Goldstandard der SARS-CoV-2-Testung.³² Des Weiteren wurden Antigen-Schnelltestsysteme aus Speichelproben als Alternative zur nasopharyngealen RT-qPCR-Testung entwickelt. Diese praktikableren Antigen-Schnelltestsysteme, die je nach Modell unterschiedliche Anwendungsschritte erfordern, erreichten in Studienergebnissen eine Sensitivität von bis zu 83,2%.³³ Ein serologischer Nachweis von SARS-CoV-2-Antikörpern im peripheren Blut kann abgelaufene SARS-CoV-2-Infektionen und die Immunisierung durch COVID-19-Impfstoffe erfassen.³⁴ Serologische Neutralisationstestungen können eine retrospektive Differenzierung zwischen SARS-CoV-2-Seroprävalenz durch COVID-19-Impfstoffe und durch abgelaufene SARS-CoV-2-Infektionen ermöglichen.³⁴ Zudem kann der CT-Wert (Cycle-Threshold) bestimmt werden, der eine Quantifizierung der akuten Viruslast und damit eine Einschätzung der akuten Infektiosität ermöglicht.³⁵ Durch die Bestimmung des CT-Werts kann die Identifikation einer Reinfektion beim Auftreten neuer klinischer Symptome ermöglicht werden.³⁵ Durch ein molekulargenetisches Mutationscreening können SARS-CoV-2-Virusvarianten nachgewiesen werden.³⁶ Die flächendeckende Verfügbarkeit von SARS-CoV-2-Testsystemen verbesserte sich im zeitlichen Verlauf der COVID-19-Pandemie. In Deutschland konnten ab März 2020 nasopharyngeale RT-qPCR-Testungen in staatlich anerkannten Testzentren durchgeführt werden. Seit dem 3. Februar 2021 konnten Antigen-Schnelltestsysteme in Deutschland erworben werden. Aufgrund der nachweislich schlechteren Sensitivität und Spezifität der Antigen-Schnelltestsysteme im Vergleich zu nasopharyngealen RT-qPCR-Testresultaten,³⁷ sollte in Nordrhein-Westfalen bei Verdacht auf eine SARS-CoV-2-Infektion ein offizieller RT-qPCR-Test in einem Testzentrum erfolgen.³⁸ Das Gesundheitsamt der Stadt Köln erfasste seit Ende des Jahres 2021 eine ergänzende molekulargenetische Bestimmung der SARS-CoV-2-Virusvarianten von positiven Testergebnissen, wodurch dominante SARS-CoV-2-Virusvarianten in bestimmten Zeiträumen identifiziert werden konnten.³⁹

2.3.3. COVID-19-Impfstoffe und STIKO-Empfehlungen

Seit Beginn der Pandemie stand die Entwicklung eines SARS-CoV-2-Impfstoffs im Fokus der Strategien gegen die Ausbreitung von COVID-19.⁴⁰ Die Impfstoffe gegen die bereits bekannten Coronaviren SARS-CoV-1 und MERS durchliefen keine klinischen Studienphasen und wurden nicht für die Anwendung am Menschen zugelassen.⁴⁰ Am 16. März 2020 begann die erste klinische Testphase eines Impfstoffs gegen das SARS-CoV-2, der vom Unternehmen BioNTech entwickelt wurde. Parallel forschten weltweit verschiedene Institute an der Herstellung von COVID-19-Impfstoffen mit verschiedenen molekulargenetischen Wirkmechanismen.⁴¹ Der Impfstoff „Comirnaty“ von Pfizer-BioNTech wurde am 21.12.2020 offiziell in Deutschland zugelassen und basiert auf einem Wirkmechanismus der mRNA (messenger-RNA).⁴² Weltweit existieren zum Zeitpunkt dieser Dissertationsschrift über 40 für die Bevölkerung zugelassene SARS-CoV-2-Impfstoffe (Stand 12.12.2023).⁴⁰ Insgesamt

wurden zum Zeitpunkt dieser Dissertation 23 Impfstoffe (mRNA-Impfstoffe, proteinbasierte Impfstoffe und Vektor-Impfstoffe) in Deutschland zugelassen.⁴² Ein weiteres Ziel der COVID-19-Impfung war der Schutz von Risikogruppen für schwere klinische Verläufe durch die Gewährleistung einer Herdenimmunität.⁴³ Im Rahmen einer flächendeckenden Impfung der deutschen Bevölkerung im Dezember 2020 wurden zunächst Risikogruppen für einen klinisch schwerwiegenden Verlauf bevorzugt.⁴³ Für eine vollständige Immunisierung waren initial zwei Impfungen notwendig, die nach einem definierten Zeitraum durch Auffrischimpfungen ergänzt werden sollten.⁴³ Während der Datenerhebung der untersuchten Stichprobe dieser Dissertation im März und Juni 2021 zugelassene Impfstoffe waren „Comirnaty“ (mRNA-Impfstoff) des Herstellers BioNTech, „Spikevax“ (mRNA-Impfstoff) des Herstellers Moderna Biotec und „Vaxzevria“ (Vektor-Impfstoff) des Herstellers AstraZeneca.⁴³ Ein Ziel der Entwicklung neuer COVID-19-Impfstoffe liegt in einer ausreichenden Wirksamkeit gegen neuartige SARS-CoV-2-Virusvarianten.²³ Offizielle Empfehlungen bezüglich der COVID-19-Impfstoffe und der Auffrischimpfungen werden durch Informationen der STIKO (Ständige Impfkommision) bekannt gegeben.⁴⁴

2.4. COVID-19-Schutzverordnungen und Präventionsmaßnahmen in Deutschland

Erste COVID-19-Schutzverordnungen wurden am 28. Februar 2020 durch Pressemitteilungen des gemeinsamen Krisenstabs des BMI (Bundesministerium des Inneren) und des BMG (Bundesministerium für Gesundheit) öffentlich bekanntgegeben.⁴⁵ Frühe Verordnungen waren insbesondere auf Einreisebeschränkungen aus Risikogebieten, Großveranstaltungen und den allgemeinen Umgang der Polizei mit Corona-Verdachtsfällen ausgerichtet.⁴⁵ Am 22. März 2020 veröffentlichte die Bundesregierung erweiterte Leitlinien zur Beschränkung sozialer Kontakte.⁴⁶ Soziale Kontakte sollten privat und im öffentlichen Raum reduziert werden.⁴⁶ Zudem wurden zeitweise landesübergreifende Lockdowns durchgeführt, wie im Dezember 2020.⁴⁷ Die sozialen Restriktionen wurden auch im beruflichen Bereich verordnet.⁴⁷ Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wurden dazu angehalten, nach Möglichkeit von zu Hause aus zu arbeiten (Homeofficenutzung) oder soziale Kontakte am Arbeitsplatz zu minimieren.⁴⁷ Öffentliche Schulen und Kindergärten wurden über längere Zeiträume geschlossen.⁴⁷ Weiterhin wurden Schließungen von Restaurants und Einzelhandelsgeschäften für bestimmte Zeiträume veranlasst.⁴⁶ In Nordrhein-Westfalen wurden zeitweise Ausgangssperren verordnet.⁴⁸ Zudem wurde seitens des BMG dringend empfohlen, die offiziellen Hygieneempfehlungen zu befolgen, die neben der Einhaltung eines Abstands von mindestens 1,5 m zu Mitbürgerinnen und Mitbürgern auch eine regelmäßige Händedesinfektion und das Tragen einer Atemschutzbedeckung (AHA-Regeln) umfassten.⁴⁷ Der öffentliche Nahverkehr wurde in eingeschränktem Umfang unter Kontaktrestriktionen

aufrechterhalten.⁴⁸ Als Risikogruppen für schwere klinische Verläufe von COVID-19 wurden initial Personen in einem hohen Lebensalter und mit Vorerkrankungen definiert.⁴⁹ Für diese Risikogruppen bestand ein Anspruch auf besondere Schutzmaßnahmen, beispielsweise auf die frühzeitige Versorgung mit Atemschutzbedeckungen, eine Versorgung durch Transportdienste und den frühzeitigen Zugang zu COVID-19-Impfungen.⁴⁹ Nachdem erste COVID-19-Schutzmaßnahmen landesübergreifend verordnet wurden, zeigten sich im Laufe der COVID-19-Pandemie zunehmend Unterschiede in den von verschiedenen Bundesländern beschlossenen Schutzverordnungen.⁴⁸ Nach dem Auslaufen der COVID-19-Schutzverordnungen in Nordrhein-Westfalen am 28. Februar 2023 ist die „Historie der Corona-Verordnungen“ auf der offiziellen Internetseite des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen verfügbar.⁴⁸ Relevante Verordnungen in Köln während der ersten Datenerhebung der CoCoS (3. bis 18. März 2021) waren die Einschränkung sozialer Kontakte, die Umsetzung der AHA-Regeln, die Schließungen von Gastronomie- und Freizeitbetrieben, die Einstellung des Präsenzunterrichts in Schulen und die Schließung von Kindertagesstätten.⁴⁸ Während der zweiten Durchführungsrunde der CoCoS (6. bis 18. Juni 2021) wurden ebenfalls die Einschränkung sozialer Kontakte und die Befolgung der AHA-Regeln empfohlen.⁴⁸ Der Präsenzunterricht in Bildungseinrichtungen und der Regelbetrieb in Kindertagesstätten fanden in diesem Zeitraum hingegen statt.⁴⁸

2.5. Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion – Stand der Forschung

2.5.1. Epidemiologische Corona-Monitoringstudien in Deutschland

Zu Beginn der COVID-19-Pandemie bestand eine unzureichende statistische Datenlage hinsichtlich der SARS-CoV-2-Infektion in Deutschland. Initial wurde eine hohe Dunkelziffer asymptomatischer SARS-CoV-2-Infektionen angenommen und die realistische SARS-CoV-2-Inzidenz in der deutschen Bevölkerung wurde höher eingeschätzt.⁵⁰ Die Effektivität staatlich verordneter COVID-19-Schutzmaßnahmen konnten nicht evidenzbasiert beurteilt werden. Dementsprechend war die Durchführung umfassender epidemiologischer Beobachtungsstudien zur Verbesserung der statistischen Datenlage insbesondere bundesweit⁵¹ und in deutschen Großstädten wie Berlin,³⁴ München,⁵² Köln⁵³ und Bonn⁵⁴ von Interesse. Im Rahmen des bundesweiten Corona-Monitorings wurden epidemiologische Studien lokal und multilokal durchgeführt. Seroepidemiologische Corona-Monitoringstudien beinhalteten eine Erfassung der SARS-CoV-2-Seroprävalenz durch SARS-CoV-2-Antikörperbestimmung in Blutproben der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Lokale Corona-Monitoringstudien

Cologne Corona-Surveillance Studie (CoCoS)

Die Cologne Corona-Surveillance Studie wurde in Kooperation zwischen dem Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik (IMSB) und dem Gesundheitsamt der Stadt Köln (ca.

1,08 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner) durchgeführt.⁵³ Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer waren erwachsene Mitglieder aus Privathaushalten der Stadt Köln. Die Bestandteile der ersten beiden Durchführungsrounden im März und Juni 2021 umfassten die Beantwortung eines Online-Fragebogens und die Durchführung eines Antigen-Schnelltests.⁵³ Im Rahmen der dritten und vierten Durchführungsrounden wurden inhaltlich modifizierte Online-Fragebögen und keine SARS-CoV-2-Testsysteme versendet. Die Rekrutierung der ersten beiden Durchführungsrounden erfolgte entsprechend eines Querschnittsdesigns.⁵⁵ In der dritten und vierten Durchführungsrounde wurden jeweils unabhängige Stichproben erhoben.^{56,57} Die Datenerhebung der CoCoS wurde mit der vierten Durchführungsrounde im Januar 2023 abgeschlossen. Das Protokoll der Studie,⁵³ Ergebnisse hinsichtlich der SARS-CoV-2-Inzidenz⁵⁸ und Ergebnisse bezüglich hinweisender Risikofaktoren¹ wurden veröffentlicht.

Prospektive COVID-19 Kohorte München (KoCo19)

Die Durchführung der Prospektiven COVID-19 Kohorte München begann im April 2020 in Kooperation zwischen dem LMU Klinikum und dem Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI) der Stadt München.⁵² Als Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer wurden Einwohnerinnen und Einwohner mit einem Lebensalter von mindestens 13 Jahren aus Privathaushalten der Stadt München eingeladen. Die praktische Durchführung der Studie beinhaltete die Beantwortung eines Online-Fragebogens sowie eine Blutentnahme mittels Fingerprick für eine labordiagnostische SARS-CoV-2-Antikörpertestung. Die Datenerhebung der KoCo19 beinhaltete die Erfassung mehrerer Bewohnerinnen und Bewohner eines Privathaushalts. Die Studie wurde im Januar 2022 mit fünf vollständigen Durchführungsrounden abgeschlossen. Ergebnisse der SARS-CoV-2-Inzidenz, des Anstiegs der SARS-CoV-2-Inzidenz im Laufe der Durchführungsrounden sowie Originalpublikationen werden auf der offiziellen Internetseite der KoCo19 veröffentlicht.⁵⁹

Rheinland-Studie

Ursprünglich wurde die Rheinland-Studie als Langzeitbeobachtungsstudie für die Untersuchung neurodegenerativer Erkrankungen am Deutschen Zentrum für neurodegenerative Erkrankungen (DZNE) in Bonn (Einwohnerzahl: ca. 327.000 Einwohnerinnen und Einwohner) entwickelt.⁵⁴ Im April 2020 fand eine Kooperation zwischen der Rheinland-Studie und der Universitätsmedizin Berlin (Charité) statt. Dabei erfolgte die labordiagnostische Untersuchung der Blutproben von ca. 5.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Rheinland-Studie auf SARS-CoV-2-Antikörper mittels ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay).⁶⁰ Ergänzend wurden die Blutproben genutzt, um SARS-CoV-2-Antikörper mittels Immunfluoreszenz- und Neutralisationstests zu untersuchen, wodurch eine Differenzierung zwischen abgelaufenen SARS-CoV-2-Infektionen und Immunisierung durch COVID-19-Impfungen ermöglicht werden kann.⁶¹ Ergebnisse bezüglich der SARS-CoV-

2-Infektion der Rheinland-Studie wurden auf der offiziellen Internetseite der Rheinland-Studie veröffentlicht.⁵⁴

Weitere lokal durchgeführte epidemiologische und seroepidemiologische Studien:

Gutenberg COVID-19 Studie, Mainz,⁶² CoNAN-Studie, Neustadt,⁶³ SERODUS I und II, Düsseldorf.⁶⁴

Multilokale Corona-Monitoringstudien

COVID-19 Snapshot Monitoring (COSMO)

Das bundesweite COVID-19 Snapshot Monitoring diente vorrangig der Einschätzung der Risikowahrnehmung, des präventiven Verhaltens und des Wissens bezüglich der COVID-19-Pandemie in der deutschen Bevölkerung.⁶⁵ Die Studie wurde als Gemeinschaftsprojekt im März 2020 begonnen. An der Planung und Umsetzung waren die Universität Erfurt, das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNITM), das RKI, die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA), das Leibniz-Institut für Psychologie (ZPID), das Science Media Center (SMC) und das Yale Institute for Global Health (YIGH) beteiligt.⁶⁶ Die Inhalte der Online-Befragungen wurden während der COVID-19-Pandemie entsprechend aktueller Verordnungen und Interessen der Bevölkerung angepasst. Nach 70 Befragungsrunden wurde die Studie am 30.11.2022 abgeschlossen. Ergebnisse des sind auf der offiziellen Internetseite der Studie verfügbar.⁶⁵

Multilokale und Serielle Prävalenzstudie zu Antikörpern gegen SARS-CoV-2 in Deutschland (MuSPAD)

Die Multilokale und Serielle Prävalenzstudie zu Antikörpern gegen SARS-CoV-2 in Deutschland ist eine vom HZI entwickelte Studie zur Beurteilung der Seroprävalenz von SARS-CoV-2-Antikörpern in der deutschen Bevölkerung.⁶⁶ Die Studie wurde in sieben Landkreisen (Reutlingen, Freiburg, Aachen, Osnabrück, Magdeburg, Chemnitz und Vorpommern-Greifswald) in Zeitabständen von 3 bis 5 Monaten durchgeführt. Ein Ziel der MuSPAD bestand darin, die Seroprävalenz von SARS-CoV-2-Antikörpern der Teilnehmerinnen und Teilnehmer unterschiedlicher Standorte (multilokal) und in zeitlichen Abständen (sequenziell) zu beobachten. Ein weiteres Ziel der Studie bestand in der Erfassung der Rate der unerkannten SARS-CoV-2-Infektionen (missing case rate).⁶⁷ Die praktische Durchführung der MuSPAD beinhaltete die labordiagnostische Bestimmung von SARS-CoV-2-Antikörpern in Blutproben und einen Online-Fragebogen. Die Ergebnisse der MuSPAD wurden auf der offiziellen Internetseite der Studie veröffentlicht.⁶⁶

Corona-Monitoring bundesweit (CoMoBu/RKI-SOEP)

Das Corona-Monitoring bundesweit ist eine Studie des RKI, die auf Datenerhebungen des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) basiert.⁵¹ Die Umfragen des SOEP werden seit 1984 bundesweit erhoben. Darauf aufbauend konnte das Corona-Monitoring bundesweit den sogenannten SOEP-Core miterfassen, der einen Kern von Haushalten und Familien

beinhaltet, die regelmäßig an Befragungen des SOEP teilnehmen. Dementsprechend hatte das Corona-Monitoring bundesweit eine hohe Teilnahmequote (48% im Rahmen der ersten und 54% während der zweiten Durchführungsrunde). In der zweiten Durchführungsrunde des CoMoBu von November 2021 bis Februar 2022 wurden auch minderjährige Teilnehmerinnen und Teilnehmer ab 14 Jahren in der Datenerhebung erfasst. Die praktischen Bestandteile der ersten Durchführungsrunde des CoMoBu (Oktober 2020 bis Februar 2021) bestanden aus einem Antigen-Schnelltest, einer Blutprobenentnahme mittels Fingerprick zum Nachweis von und der Beantwortung eines Online-Fragebogens. Die praktischen Bestandteile der zweiten Durchführungsrunde beinhalteten eine Blutprobenabnahme mittels Fingerprick und einen Online-Fragebogen. Die Ergebnisse des CoMoBu werden auf der offiziellen Internetseite des RKI veröffentlicht.⁵¹

German Health Update (GEDA 2019/2020-EHIS)

Das German Health Update ist eine Langzeitbefragung des RKI, die seit 2008 durchgeführt wird und einem Gesundheitsmonitoring in der deutschen Bevölkerung dient.⁶⁸ Die Studie ist darauf ausgelegt, auf aktuelle gesundheitspolitische Fragestellungen eingehen zu können. Für die Befragungsrunden während der COVID-19-Pandemie wurden Online-Fragebögen des European Health Interview Survey (EHIS) verwendet. Durch eine hohe Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmern (n = 26.507 im Jahr 2020) konnte eine umfangreiche Datenerhebung stattfinden. Die Befragungen umfassen verschiedene Themenbereiche, von Risiken für schwere klinische COVID-19-Verläufe bis hin zu langfristigen psychologischen Folgen der COVID-19-Pandemie. Ergebnisse wurden auf der offiziellen Internetseite des RKI im Rahmen der „Journal of Health Monitoring - Beitragsreihe COVID-19“ veröffentlicht.⁶⁸

Corona-KiTa-Studie

Die Corona-KiTa-Studie wurde vom RKI in Kooperation mit dem Deutschen Jugendinstitut (DJI) durchgeführt.⁶⁹ Ziel war die Untersuchung der Rolle von Kindertagesstätten bei der Ausbreitung der SARS-CoV-2-Infektion. Die Monats- und Quartalsberichte der Corona-KiTa-Studie wurden auf der offiziellen Internetseite des Deutschen Jugendinstituts veröffentlicht.⁶⁹ Zudem wurde ein Abschlussbericht der Studie in einer Publikation mit dem Titel „Kindertagesbetreuung und Infektionsgeschehen während der COVID-19-Pandemie“ veröffentlicht.⁷⁰

Serologische Untersuchungen von Blutspenden auf Antikörper gegen SARS-CoV-2 (SeBluCo)

Für die Serologische Untersuchungen von Blutspenden auf Antikörper gegen SARS-CoV-2 des RKI fand eine Zusammenarbeit mit 13 Blutspendediensten und 28 virologischen Instituten in Deutschland statt.⁷¹ Insgesamt konnten 135.000 Blutproben auf das Vorliegen von SARS-CoV-2-Antikörpern untersucht werden.⁷¹ Die Daten wurden in mehreren Phasen der COVID-19-Pandemie von April 2020 bis Mai 2022 erhoben. Dementsprechend können die Ergebnisse

für die retrospektive Einschätzung der SARS-CoV-2-Inzidenz und der Immunisierung durch COVID-19-Impfstoffe verwendet werden.⁷¹ Weitere multilokal durchgeführte seroepidemiologische Studien: SeMaCo, Magdeburg.⁷²

2.5.2. Soziodemographische und behaviorale Risikofaktoren der SARS-CoV-2-Infektion

Zum Verständnis müssen die Risikofaktoren für ein SARS-CoV-2-Infektionsereignis von den Risikofaktoren für schwere klinische Verläufe der SARS-CoV-2-Infektion abgegrenzt werden. Da Ergebnisse dieser Arbeit sich auf die Risikofaktoren für ein SARS-CoV-2-Infektionsereignis beziehen, wird an dieser Stelle ein Überblick über den Stand der Forschung bezüglich bekannter Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion gegeben.

Soziodemographische Risikofaktoren

Ein kontinuierlich untersuchter soziodemographischer Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion ist das biologische Alter. Studienergebnisse weltweit beschreiben eine höhere SARS-CoV-2-Inzidenz von Personen in jüngeren Altersgruppen.^{73,74} Im Rahmen des Corona-Monitorings in München⁷⁵ sowie im CoMoBu⁷⁶ wurde dieser soziodemographische Risikofaktor ebenfalls festgestellt. Das biologische Geschlecht als soziodemographischer Risikofaktor wird in einigen Studienergebnissen als nicht relevant bezüglich des SARS-CoV-2-Infektionsrisikos beurteilt.⁷⁷ Auch im CoMoBu wurde das Geschlecht als nicht signifikant für das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko bewertet.⁷⁸ Entgegen diesen Ergebnissen zeigten die Follow-up Ergebnisse des Corona-Monitorings in München⁷⁵ und in Mainz⁶² eine leicht erhöhte SARS-CoV-2-Inzidenz der männlichen Teilnehmer. Des Weiteren ist ein niedriger sozioökonomischer Status als soziodemographischer Risikofaktor für eine Infektion mit SARS-CoV-2 zu bewerten,⁶² wie sich in Ergebnissen des Corona-Monitorings in Köln,⁷⁹ München⁸⁰ und im CoMoBu zeigte.⁸¹ Zudem erwies sich die sozioökonomische Lebenssituation hinsichtlich der Wohnraumgröße pro Person sowohl in der Gutenberg COVID-19 Studie in Mainz als auch im CoMoBu als hinweisender Risikofaktor für das Infektionsrisiko.^{62,78} Im Rahmen der Gutenberg COVID-19 Studie wurde eine größere Anzahl von Personen im gemeinsamen Haushalt als Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion beschrieben.⁶² Weitere Studienergebnisse weisen hingegen darauf hin, dass ein Zusammenleben mit (mehreren) Kindern im gemeinsamen Haushalt ein höheres SARS-CoV-2-Infektionsrisiko für Erwachsene darstellen könnte.⁸² Ergebnisse des CoMoBu beschreiben zudem, dass Personen mit niedrigem Bildungsniveau häufiger von SARS-CoV-2-Infektionen betroffen waren.⁷⁸ Ein weiterer soziodemographischer Risikofaktor betrifft die Berufstätigkeit im Gesundheitssektor, die mit interpersonellem Kontakt zu potenziell infizierten Personen einhergehen kann.⁸⁰ Ein erhöhtes SARS-CoV-2-Infektionsrisiko von Personen mit Migrationshintergrund wurde in Studienergebnissen in München und in Köln beschrieben.^{79,80}

Der Zusammenhang zwischen Migrationshintergrund und einem erhöhten Risiko für die Infektion mit SARS-CoV-2 in Europa wird in Metaanalysen der WHO beschrieben.⁸³ Zuletzt ist als häufig untersuchter soziodemographischer Risikofaktor das Übergewicht (BMI > 25) zu benennen, das in wissenschaftlichen Ergebnissen zwar mit keinem erhöhten Risiko für die SARS-CoV-2-Infektion assoziiert war, jedoch mit einem erhöhten Risiko für schwere klinische COVID-19-Verläufe, Hospitalisierungen und einer erhöhten Mortalität.⁸⁴

Behaviorale Risikofaktoren

Als behavioraler Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion kann die Nichtbefolgung von präventiven Hygienemaßnahmen beschrieben werden.⁷⁵ Ergebnisse der KoCo19 zeigen einen Zusammenhang zwischen der konsequenten Befolgung von Hygienemaßnahmen und einem niedrigen SARS-CoV-2-Infektionsrisiko.⁸⁵ Auch in Ergebnissen des CoMoBu wurde die Befolgung der Hygieneempfehlungen als protektiv hinsichtlich des Infektionsrisikos beschrieben.⁸⁶ In der Gutenberg COVID-19 Studie zeigten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit hoher Compliance zu den AHA-Regeln eine im Vergleich niedrigere SARS-CoV-2-Inzidenz.⁶² Ein weiterer behavioraler Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion betrifft häufige soziale Interaktionen mit geringem körperlichem Abstand.⁸⁵ Diesbezüglich wurden in Corona-Monitoringstudien verschiedene COVID-19-Schutzmaßnahmen, die auf Kontaktrestriktionen der Bürgerinnen und Bürger basieren, untersucht. Sowohl die Reduktion der interpersonellen Kontaktzeit am Arbeitsplatz als auch die Homeofficennutzung wurden in der Gutenberg COVID-19 Studie als effektiv zur Vermeidung der SARS-CoV-2-Infektion beschrieben.⁶² Die eingeschränkte Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel während der COVID-19-Pandemie unter modifizierten Bedingungen (durch Kontaktrestriktion und das Tragen von Mund-Nasen-Bedeckungen) wurde bisher in Studienergebnissen als nicht signifikant hinsichtlich eines erhöhten SARS-CoV-2-Infektionsrisikos beschrieben.⁸⁷ Durch die variierende Umsetzung der COVID-19-Schutzmaßnahmen in öffentlichen Verkehrsmitteln kann nicht abschließend beurteilt werden, ob die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs mit einem erhöhten SARS-CoV-2-Infektionsrisiko assoziiert war.⁸⁷ Entgegen den früheren Ergebnissen, die das Rauchen mit einem geringeren SARS-CoV-2-Infektionsrisiko in Verbindung setzten,⁸⁸ beschreibt die aktuelle Datenlage das Rauchen als Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion.⁸⁹ Zudem stellt das Rauchen einen Risikofaktor für schwere klinische Verläufe und eine erhöhte Mortalität durch COVID-19 dar.⁸⁹

2.6. Fragestellungen und Ziele der Arbeit

In dieser Arbeit wird die folgende wissenschaftliche Fragestellung untersucht:

Welche soziodemographischen und behavioralen Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion gibt es?

Zum Zeitpunkt der Datenerhebungen der Cologne Corona Surveillance-Studie (im März und Juni 2021) war eine geringe statistische Datenlage bezüglich der Risikofaktoren für die SARS-

CoV-2-Infektion verfügbar. Dementsprechend gingen wir als Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Arbeitsgruppe davon aus, dass unbekannte oder nicht ausreichend statistisch belegte Risikofaktoren existieren, die die Wahrscheinlichkeit für eine Infektion mit dem SARS-CoV-2 erhöhen. Ziel dieser Dissertation war es, durch eine statistische Datenanalyse einer repräsentativen Stichprobe (n = 2,433) der Cologne Corona-Surveillance Studie erste Beurteilungen von Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wurden COVID-19-Schutzmaßnahmen und Hygieneempfehlungen bezüglich ihrer Effektivität auf das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko in der Stichprobe untersucht. Die Umfragedaten der Studie beinhalteten Angaben zu soziodemographischen und behavioralen Risikofaktoren und zu der Compliance mit COVID-19-Schutzmaßnahmen und Hygieneempfehlungen (AHA-Regeln, Kontaktrestriktion am Arbeitsplatz, Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel). Die COVID-19-Schutzmaßnahmen betrafen einen großen Teil der Bürgerinnen und Bürger in ihrem alltäglichen Leben und zeigten über längere Zeiträume Auswirkungen auf die psychosoziale Gesundheit in der Bevölkerung.⁹⁰ Die wachsende statistische Datenlage zur evidenzbasierten Beurteilung und adäquaten Modifikation möglicher Schutzmaßnahmen ist zukunftsprospektiv relevant. Ein weiteres Ziel dieser Dissertation ist die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse im zeitlichen Kontext der COVID-19-Pandemie und im Vergleich mit den Studienergebnissen epidemiologischer Corona-Monitoringstudien in Deutschland.

3. Publikation

Oberste *et al. BMC Public Health* (2023) 23:260 <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15047-6>

BMC Public Health

RESEARCH

Open Access



Results of the Cologne Corona Surveillance (CoCoS) study – a cross-sectional study: survey data on risk factors of SARS-CoV-2 infection in adults

Max Oberste^{1*}, Nadja Schnörch^{1†}, Kija Shah-Hosseini¹, Teodora Asenova¹, Felix Dewald², Clara Lehmann³, Michael Buess⁴, Gerd Fätkenheuer³, Florian Klein², Kerstin Daniela Rosenberger¹, Annelene Kossov^{4,5}, Florian Neuhann^{4,6,7*} and Martin Hellmich^{1**}

Abstract

Background The personal, environmental, and behavioral risk factors that play an important role in the spread of SARS-CoV-2 are still largely unclear. At the same time, there is limited evidence on the effectiveness of specific countermeasures for SARS-CoV-2. As a first approach to these questions, we use data from the Cologne Corona Surveillance (CoCoS) study, a large cross-sectional study conducted in Cologne, Germany, in June 2021.

Methods This study was conducted in Cologne, Germany. Six thousand randomly selected Cologne residents who were 18 years of age or older were invited to participate in this study. Participant information was obtained via an online survey. Previous SARS-CoV-2 infections were recorded using self-reports. Sociodemographic and environmental information such as age, sex, living situation were collected. Potential SARS-CoV-2 risk behaviors were captured (workplace situation, adherence to hygiene regulations, and regular use of public transportation). Adherence to hygiene regulations was surveyed by determining the compliance with the 'AHA'-rules (German acronym that stands for keeping a distance of 1.5 m from fellow citizens, hand disinfection, and wearing a face mask). Binary logistic regression analysis was used to identify risk factors for SARS-CoV-2 infection.

Results A sample of 2,433 study participants provided information. Comparison of the sample with the general population showed representativeness for most sociodemographic characteristics with a preference for higher level of education in the study sample. Younger age, as well as living with minor children (under 18 years) in the same household were associated with a higher number of self-reported SARS-CoV-2 infections. Adherence to hygiene regulations was associated with fewer self-reported SARS-CoV-2 infections in adults. Gender, size of living space per person, workplace situation (work from home versus working with contact to colleagues/customers), and regular use of public transportation showed no significant association with self-reported SARS-CoV-2 infections in multivariable analysis.

*Max Oberste and Nadja Schnörch share first authorship position.

†Florian Neuhann and Martin Hellmich share last authorship position.

*Correspondence:

Martin Hellmich
martin.hellmich@uni-koeln.de

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless

indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Conclusion The presented results provide initial indications of which sociodemographic and behavioral factors may be associated with SARS-CoV-2 infection. However, the fact that these factors were recorded without exact dates and could have changed accordingly during the pandemic or after infection limits the strength of the results.

Trial registration DRKS.de, *German Clinical Trials Register* (DRKS), Identifier: DRKS00024046, Registered on 25 February 2021.

Keywords Risk association, Selfreported infection, Compliance to countermeasures, Age, Social factors.

Introduction

The SARS-CoV-2 pandemic has resulted in a global health crisis. More than 570 million people worldwide tested positive for SARS-CoV-2 at the time of writing in August 2022 [1]. Meanwhile, German health authorities have reported over 30 million cases and over 144,000 SARS-CoV-2-related deaths [2].

In order to prevent an overload of the health care system, the federal government of Germany initiated countermeasures against the spread of SARS-CoV-2. Citizens had to severely limit their social contacts [3]. This also included the occupational sector. Employees were encouraged to work from home or to minimize contact with customers and colleagues [4]. A closure of public schools and kindergartens was implemented over long periods [5]. At times, further closures, for example restaurants and retail were initiated [3] and curfews imposed. It was strongly recommended to follow the applicable hygiene regulations, which, in addition to social distancing, included washing hands regularly and wearing a face mask [5]. Local public transport was maintained to a reduced extent [6].

Groups with a higher risk for severe courses of illness were mainly defined by older age and pre-existing health conditions [7]. Those individuals were entitled to protective measures like an early supply of face masks, transportation services to avoid public traffic, and prioritized access to early vaccinations [6].

Implementing countermeasures came with the price of serious psychological, social and economic burden [8]. At the same time, the effectiveness of specific countermeasures and their interrelation remains largely unclear and little evidence is publicly available to this day. As a first approach to these questions, we use data from the Cologne Corona Surveillance (CoCoS) study, a large cross-sectional study conducted in Cologne, Germany, in March and June 2021 [9]. The aim was to identify associations between specific sociodemographic and behavioral factors and the cumulative prevalence of SARS-CoV-2 infection.

Methods

A detailed description of the CoCoS study design can be found elsewhere [1]. First results of the CoCoS study including saliva probes have been published [10]. Participants had to be citizens of Cologne 18 years of age or older and were identified using municipal registration. In the official registration management program (MESO, HSH Soft- und Hardware Vertriebs GmbH, Ahrensfelde OT Lindenberg, Germany) a random sample of citizens

meeting the inclusion criteria for inclusion in the database was drawn using a generator. The original study consisted of two surveillance rounds, the first in March 2021 and the second in June 2021. We present the data from the second surveillance round. The study design thus corresponds to a cross-sectional study design. A flowchart of the enrollment of study participants is shown in Fig. 1.

Setting

Cologne is located in the federal state of North RhineWestphalia and is the fourth largest city in Germany. The city has 1.1 million inhabitants of 183 different nationalities. Administratively, Cologne is organized into nine districts and 86 sub-districts. Of note, 17.5% of the population belong to the vulnerable age group (over 65 years) for SARS-CoV-2-infections [11]. Meanwhile, over 413,000 SARS-CoV-2-cases have been officially reported in Cologne [12]. Locally reported cases of SARS-CoV-2 infections were primarily congruent with the numbers throughout Germany [12]. The citizens of Cologne were subjected to SARS-CoV-2-countermeasures according to instructions of the federal state authorities of North Rhine-Westphalia and their local implementation by a municipal crisis unit [5].

Questionnaire

The participants received the invitation to our study by mail. Besides a request for written consent, the invitation letter contained a QR code with authorization to participate in the online survey. The questionnaire was designed similarly to the ELISA and MuSPAD questionnaires developed by the 'Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig, Germany' [13]. Firstly, the online survey requested basic information such as age and gender. Participants were asked if they received a positive SARS-CoV-2 test result in the past. This question did not include COVID-19 self-tests but asked

explicitly for PCR-test confirmed infection. Subjects could answer 'yes', 'no' or 'do not specify' as response options here. If subjects selected 'Yes', the follow-up question presented the following options: 'I had a positive test result at least once', 'I had negative test results only', 'test result not known' or 'no indication'. This strategy of questioning was intended to indicate all PCR test confirmed infections known to the subjects themselves. The questionnaire also included questions about participants' living conditions. Participants were asked about the size of the living space per person and the number of minor children in the household. For data analysis the variable 'age' was

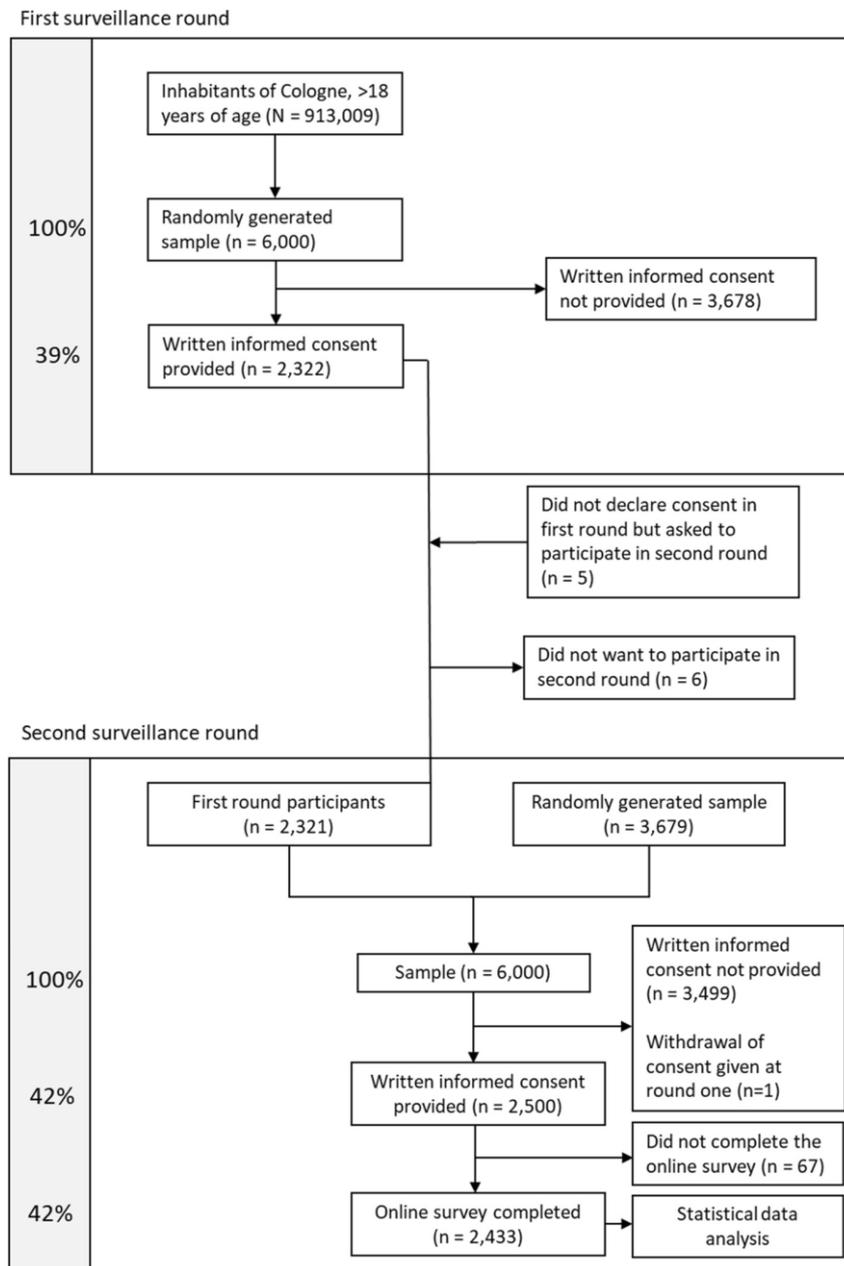


Fig. 1 Flow chart of enrollment and written consent in each surveillance round

Abbildung 1: Flowchart der Teilnahme und der schriftlichen Zustimmung in den beiden Überwachungsrounden.

stratified into the categories 18 to 44, 45 to 64, and 65 years of age or older with the latter as reference category. Living space per person was divided into categories 'less than 25m² per person', '25 to 50m² per person', and 'more than 50m² per person' (reference category). The variable 'number of minor children in household' was subdivided into the categories 'no children under 18 years in household', 'one child under 18 years in household', and 'two or more children under 18 years in household' because only 45 participants stated that they had three children or more.

In the following section, data considering potential risk behaviors of the participants was collected. These included the workplace situation, adherence to hygiene regulations, and regular use of public transportation. With regard to workplace situation, participants were asked about the use of 'working from home' and contact with employees or customers at work. The variable 'workplace situation' included the categories 'working from home or at working without contact to customers or colleagues', 'at work with contact to customers and/or colleagues', and 'not working' (reference category). Adherence to hygiene regulations was defined as adherence to the so-called 'AHA-rules'. The acronym 'AHA' stands for the German initials of the words for keeping your distance, washing/disinfecting your hands and wearing a face mask. The acronym 'AHA' was also used in official language in Germany to communicate hygiene regulations [4] and should have been widely known accordingly. Participants could indicate whether or not they followed the AHA-rules. The regular use of public transportation was queried by asking subjects to indicate whether they regularly used public transportation in the period from February 1, 2020 (the start of the pandemic) to the day of the survey. Participants were given the choice of answering: 'Yes, I regularly used public transport during this period' or 'No, I did not regularly use public transport during this period'. Regular use was counted if the participant reported to frequently use one of the vehicles 'bus', 'train', or 'cab' in the given time period.

It was assumed that uncertainties about online questionnaires occur disproportionately often in the group of older participants, and to prevent distortions here, the option of conducting the questionnaire in the form of a telephone interview was set up.

Statistical analysis

Absolute and relative frequencies of key sociodemographic characteristics of the sample of 6,000 potential participants were determined using data from the

municipal registration office. Absolute and relative frequencies of the more in-depth sociodemographic information from the questionnaire were determined from the participant sample. The sociodemographic information of potential participants and the participant sample were compared with the official statistics of the city of Cologne on its adult general population [11].

Binary logistic regression analysis was used to identify associations between the surveyed sociodemographic and behavioral factors and self-reported SARS-CoV-2 infection. The following sociodemographic and behavioral factors were considered: age, gender, living space per person, number of minor children in household, workplace situation, adherence to hygiene regulations (AHA-regulations) and use of public transportation. Univariable logistic regression was fitted for each variable. Before multivariable logistic regression was carried out, multicollinearity was assessed by examining variance inflation factors (VIFs) of all included variables. Any variable with VIF larger than five was supposed to be excluded.

All variables were initially included in the multivariable analysis. In the case of the variables 'Age' and 'Living space per person', which were evaluated univariably both continuously and discretely, the continuous variable was included in the multivariable analysis, since it provides more information than the variables divided into categories. Stepwise backward selection based on $p > 0.05$ (Wald statistic) was used for exclusion to identify relevant associations.

All reported p -values are 2-sided and were considered statistically significant if below 0.05. We did not adjust for multiple testing due to the explorative and descriptive character of this study. Calculations and figures were carried out using SPSS Statistics (IBM Corp., Armonk, NY, USA) and Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), as well as R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Table 1 Sociodemographic characteristics and SARS-CoV-2 specific information of the CoCoS study collective (survey completed, n = 2,433) compared to the potential participants and the general adult Cologne population

	General adult Cologne population		Potential participants		CoCoS study sample (survey completed)	
Sample						
Participants (18 yrs. or older)	913,009	100%	6,000	100%	2,433	40.55%
Gender^a						
Female	470,577	51.54%	3,086	51.44%	1,312	53.93%
Age^a						
18–34 years (%)	270,538	29.63%	1,662	27.70%	570	23.43%
35–59 years old (%)	388,678	42.57%	2,640	44.01%	1,125	46.24%
60–74 years old (%)	153,890	16.86%	1,095	18.25%	511	21.00%
75 years or older (%)	99,903	10.94%	602	10.04%	227	9.33%
No. of household members						
Average	913,009	1.88	NA	NA	1,906	2.32
1–2	438,859	77.68%	NA	NA	1,302	68.31%
3–4	106,314	18.82%	NA	NA	535	28.07%
5 or more	19,800	3.50%	NA	NA	69	3.62%
Missing values ^b	-	-	-	-	527	21.66%
School education						
No school leaving certificate	36,520	4.00%	NA	NA	9	0.46%
Secondary school diploma	374,333	41.00%	NA	NA	475	24.39%
High school graduation	502,155	55.00%	NA	NA	1,463	75.14%
Missing values ^b	-	-	-	-	486	19.97%
Employment status						
Student/apprenticeship	122,849	13.46%	NA	NA	178	8.90%
Employed	582,613	63.81%	NA	NA	1,153	57.71%
Self-employed	NA	NA	NA	NA	226	11.31%
Retired	NA	NA	NA	NA	326	16.32%
Unemployed	45,225	4.60%	NA	NA	49	2.45%
Other ^c	NA	NA	NA	NA	66	3.30%
Missing Values ^b	-	-	-	-	435	17.88%
Primary citizenship^a						
German	727,503	79.68%	5,039	84.00%	2,290	94.12%
Other than German	185,506	20.32%	960	16.00%	143	5.87%
Cumulative SARS-CoV-2 cases						
Start of the pandemic until June 18, 2021	46,195	5.06%	NA	NA	84	3.45% [2.73%- 4.18%]
Vaccination rate until June 18, 2021						
Vaccinated at least once	604,692	66.23%	NA	NA	1,591	79.95%
Vaccinated twice	351,674	38.52%	NA	NA	672	33.77%
Not vaccinated	308,308	33.76%	NA	NA	399	20.05%
Missing Values ^b	NA	NA	NA	NA	443	18.20%

^a Information obtained directly from the population register ^b While the percentages on the variables expressed relate to the respondents of the respective questionnaire item, the percentages on the missing values relate to the sample

^c Maternity leave, parental leave, parental leave or other leave of absence, retraining, federal voluntary service, voluntary social/ecological year

Tabelle 1: Soziodemographische Merkmale und SARS-CoV-2-spezifische Informationen der Stichprobe (Fragebogen vollständig beantwortet, n = 2,433) im Vergleich zu den potenziellen Teilnehmerinnen und Teilnehmern und der erwachsenen Kölner Allgemeinbevölkerung.

Results

Study recruitment and population

The flow chart of study recruitment is depicted in Fig. 1. In the first round of CoCoS study in March 2021, 6,000 participants were invited. Participants who had completed the first round were invited again for the second round in June 2021. The number of participants who had completed the first surveillance round and were therefore invited to the second round was 2,321 corresponding to 38.7%.

Description of study participants

A detailed description of the study population's sociodemographic characteristics is provided in Table 1. The study population was reasonably representative of the adult gengeneral adult population regarding gender, age, and size of household. However, the participants in the CoCoS study showed a higher level of education than the gengeneral adult population of Cologne regarding high school graduation (55.00%/75.14%). Moreover, the participants with citizenship other than German were underrepresented with 5.87% in the study whereas 20.32% of the general adult population of Cologne have a citizenship other than German. Not least, the study participants reported fewer SARS-CoV-2 infections with 3.45% (95% CI 2.73%-4.18%) compared to 5.06% (95% CI 3.60%-5.61%) officially recorded by Cologne health authorities in June 2021. In addition, the vaccination rate of the study sample was significantly higher with 79.95% receiving at least one vaccination in comparison to 66.23% of the general adult population receiving at least one vaccination by June 18th, 2021. At the same time, the rate of unvaccinated individuals in the study sample was lower compared to the general adult population (33.76%/20.05%).

Analysis of associations between the surveyed sociodemographic and behavioral factors and SARS-CoV-2 infection

Data of 2,433 participants were included in the statistical analysis. Eighty-four participants reported a previous infection with SARS-CoV-2 (3.45%; CI 2.73–4.18). The results of both univariable and multivariable logistic regression analyses are presented in Table 2 and depicted in Fig. 2. Estimated marginal means of probabilities for SARS-CoV-2 infection from multivariable logistic regression are shown in Fig. 3. In the multivariable analysis,

1,794 participants could be included. The multicollinearity test did not reveal any indication to take further steps, all predictors had a VIF smaller than 1.4. The results of the multicollinearity assessment are included in the Supplementary Material to this article. Sensitivity analysis using the subset of participants for multivariable analysis on univariable analyses is also provided in the Supplementary Material to this article.

Associations between sociodemographic factors and SARS-CoV-2 infection

The univariable analysis revealed that younger age was significantly associated with a higher number of SARS-CoV-2 infections (OR 0.972, 95% CI: 0.959–0.985, $p < 0.001$). Accordingly, the percentage of participants reporting an infection was the lowest within the age group of over 65 years with 1.1% (6/546) compared to 3.4% (31/906) within the age group 45–64 years and 4.8% (47/981) within the age group 18–44 years. Compared to reference age group of over 65 years, participants in the age group 45–64 years (OR 3.189, 95% CI: 1.322–7.693, $p = 0.010$) and in the age group 18–44 years (OR 4.529, 95% CI: 1.924–10.663, $p = 0.001$) were significantly less likely to report past SARS-CoV-2 infections. The association between younger age and more SARS-CoV-2 infections also persisted in the multivariable model. Multivariable logistic regression showed a significant decrease in the odds of infection by 2.6% per year of age (OR 0.974, 95% CI: 0.959–0.990, $p = 0.002$). Gender did not show to be significantly associated with SARS-CoV-2 infection, neither in univariable nor in multivariable logistic regression ($p = 0.705$). In univariable analysis, a significantly higher probability of self-reported infection with SARS-CoV-2 was found for smaller living space per person (OR 0.983, 95% CI: 0.970–0.996, $p = 0.010$). A percentage of 2.6% (17/652) of participants reported a SARS-CoV-2 infection in the category living in $> 50\text{m}^2$ per person, 4.2% (42/993) in the category living in $25\text{--}50\text{m}^2$ per person and 9.0% (17/188) in the category living in less than 25m^2 per person. Participants in the category with less than 25m^2 were significantly more likely to report past SARS-CoV-2 infections than the reference category of participants with more than 50m^2 of living space (OR 3.713, 95% CI: 1.857–7.427, $p < 0.001$). Interestingly, the association between square meters per person of living space and SARS-CoV-2 infection was no longer statistically significant in the multivariable logistic regression. The variable was excluded from the model during stepwise backward selection.

The number of minor children in household was found to be significantly associated with the number of reported SARS-CoV-2 infections in univariable analysis ($p=0.005$). Among participants living without minor children in the household, 2.9% (59/2014) reported that they had undergone a SARS-CoV-2 infection. Among those living with one minor child in the household, 4.9% (11/223) reported past SARS-CoV-2 infections, and those living with two or more minor children in the same household, 7.1% (14/196) reported past SARS-CoV-2 infections. Participants living with two children or more were statistically significant more likely to report past SARSCoV-2 infections than the reference category of participants without minor children in household in univariable analysis (OR 2.549, 95% CI: 1.396–4.654, $p=0.002$). This pattern also persisted in the multivariable model ($p=0.016$, comparison between ‘two or more children’ and ‘no children’: OR 2.326, 95% CI: 1.243–4.354, $p=0.008$).

Associations between behavioral factors and SARS-CoV-2 infection

Univariable analysis identified a significant association between workplace situation and reported SARS-CoV-2 infections ($p=0.013$). The workplace situation with work from home or at work without contact to customers or colleagues showed a percentage of 3.0% (25/823) reported infections compared to 6.2% (34/547) reported infections in the workplace situation with regular contact to customers and colleagues. At the same time, the networking reference group reported 3.5% (20/564) of infections. The greater odds of participants with regular contact to customers and colleagues to report past SARSCoV-2 infections compared to reference group of networking individuals reached statistical significance in univariable analysis (OR 1.803, 95% 1.024–3.173, $p=0.041$). However, in the multivariable analysis, the significant association between the situation at work and reported past SARS-CoV-2 infections did not hold. The variable was excluded from the model during stepwise backward selection.

Adherence to hygiene regulations (adherence to the widely implemented AHA-rules) was associated with a lower probability of SARS-CoV-2 infection. In the adherent group, a percentage of 2.5% (15/604) of participants reported an infection compared to 3.8% (69/1829) in the non-adherent group. This result failed to reach statistical significance in univariable analysis using the entire sample ($n = 2,433$, $p = 0.135$).

However, sensitivity analysis using the subset of participants for multivariable analysis on univariable analysis (see supplementary material to this article) showed significant influence of adherence to hygiene regulations ($p = 0.018$). In the multivariable analysis, nonadherence to hygiene regulation was found to be significantly associated with a higher number of SARSCoV-2 infections (OR 1.957, 95% CI 1.043, 3.669, $p = 0.036$) compared to adherence to hygiene regulations. Whether or not participants regularly used public transportation was not significantly associated with reported past SARS-CoV-2 infections, neither in univariable ($p = 0.751$) nor in multivariable logistic regression. A joint description based on the actual data of the high-risk group with younger age, minor children living in the same household, and no adherence to hygiene recommendations is provided in the supplementary material to this article.

Table 2 Results of univariable and multivariable logistic regression

Variables	No. of events/total no. (%)	Univariable analysis (N = 2,433)			Multivariable analysis (N = 1,794)		
		Odds	Odds Ratio	p	Adjusted Odds*	Adjusted Odds Ratio	p
Total	84/2433 (3.5)	0.036 [0.029, 0.044]					
Sociodemographics							
Age (continuous)			0.972 [0.959, 0.985]	< 0.001		0.974 [0.959, 0.990]	0.002
Age (discrete)				0.002			
≥ 65 years	6/546 (1.1)	0.011 [0.005, 0.035]					
45–64 years	31/906 (3.4)	0.035 [0.025, 0.051]	3.189 [1.322, 7.693]	0.010			
18–44 years	47/981 (4.8)	0.050 [0.038, 0.067]	4.529 [1.924, 10.663]	0.001			
Gender							
Male	37/1121 (3.3)	0.034 [0.025, 0.047]					
Female	47/1312 (3.6)	0.037 [0.028, 0.050]	1.089 [0.702, 1.687]	0.705			
Livings space per person							
(continuous)			0.983 [0.970, 0.996]	0.010			
(discrete)				0.001			
> 50 m ²	17/652 (2.6)	0.027 [0.017, 0.043]					
25–50 m ²	42/993 (4.2)	0.044 [0.032, 0.060]	1.650 [0.931, 2.924]	0.086			
< 25m ²	17/188 (9.0)	0.099 [0.060, 0.164]	3.713 [1.857, 7.427]	< 0.001			
Number of minor children in household							
				0.005			0.016
No minor children in household	59/2014 (2.9)	0.030 [0.023, 0.039]			0.029 [0.018, 0.040]		
One minor child in household	11/223 (4.9)	0.052 [0.028, 0.095]	1.719 [0.889, 3.324]	0.107	0.044 [0.022, 0.087]	1.651 [0.839, 3.249]	0.147
Two children or more minor children in household	14/196 (7.1)	0.077 [0.045, 0.132]	2.549 [1.396, 4.654]	0.002	0.057 [0.029, 0.113]	2.368 [1.272, 4.408]	0.007
Behavioral factors							
Workplace situation							
Not working	20/564 (3.5)	0.037 [0.024, 0.057]					0.013
Work from home/at work w/o contact	25/823 (3.0)	0.031 [0.021, 0.047]	0.852 [0.469, 1.550]	0.600			
At work with contact	34/547 (6.2)	0.066 [0.047, 0.094]	1.803 [1.024, 3.173]	0.041			
Adherence to hygiene regulations							
Adherence	15/604 (2.5)	0.025 [0.015, 0.043]			0.037 [0.018, 0.057]		

Tabelle 2: Ergebnisse der univariablen und multivariablen logistischen Regressionsanalyse.

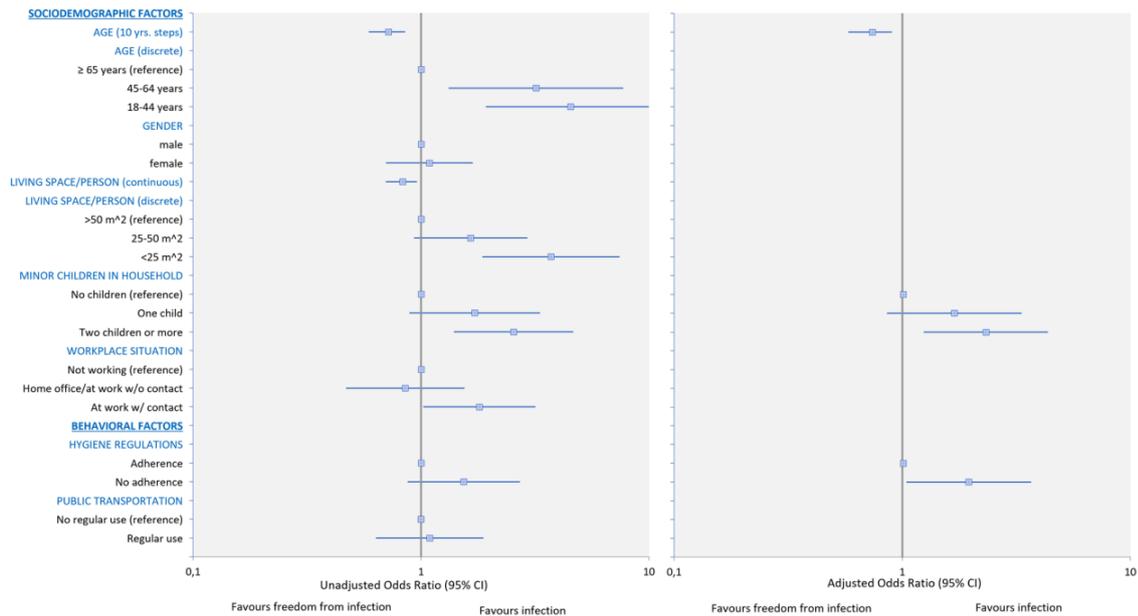


Fig. 2 Forest plots of the results of univariable and multivariable logistic regression. **A** Univariable risk factor analysis, **B** Multivariable risk factor analysis, CI: confidence interval

Abbildung 2: Forest-Plots der Ergebnisse der unvariablen und multivariablen logistischen Regressionsanalyse. (A) Univariable Risikofaktoranalyse, (B) Multivariable Risikofaktoranalyse, CI: Konfidenzintervall.

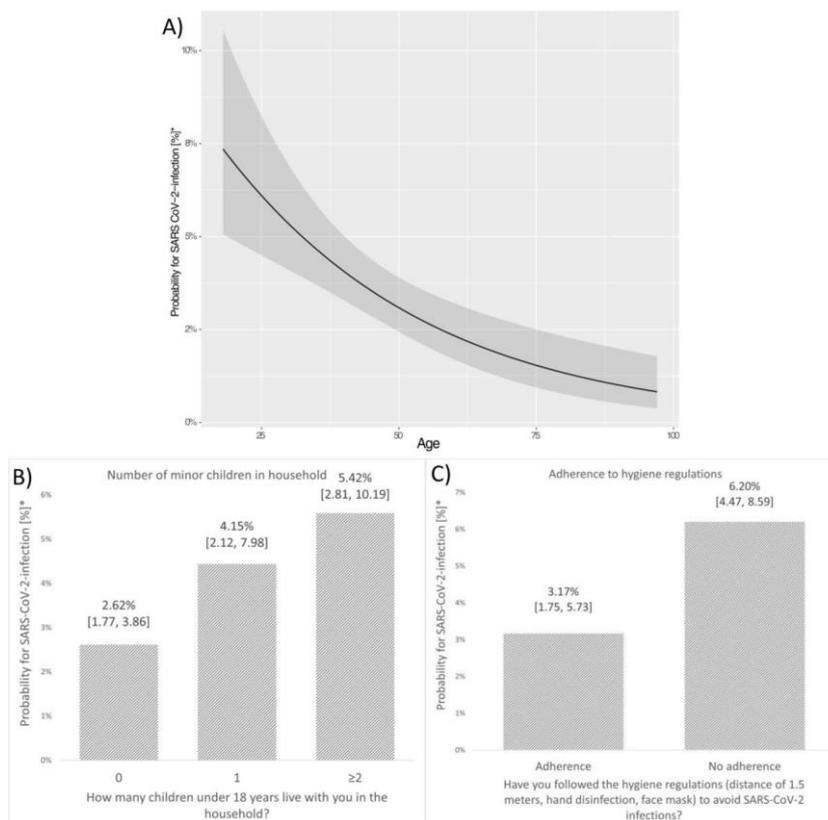


Fig. 3 Estimated marginal means of probabilities for SARS-CoV-2 infection from multivariable logistic regression with stepwise backward selection (Wald statistic as criterion). * Calculated as estimated marginal means from multivariable analysis. **A** Probability for SARS-CoV-2 infection [%] depending on predictor variable 'age' (continuous). **B** Probability for SARS-CoV-2 infection [%] depending on predictor variable 'number of minor children in household'. **C** Probability for SARS-CoV-2 infection [%] depending on predictor variable 'adherence to hygiene regulations'

Abbildung 3: Geschätzter Marginaler Effekt der Wahrscheinlichkeiten für eine SARS-CoV-2-Infektion durch multivariable logistische Regressionsanalyse. *Berechnete Marginale Effekte aus der multivariablen Regressionsanalyse. (A) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Alter (kontinuierlich), (B) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Zahl kleiner Kinder im Haushalt, (C) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Adhärenz zu Hygieneregulationen.

Discussion

This study provides data on cumulative self-reported SARS-CoV-2 infections in the adult Cologne population from the beginning of the pandemic until June 2021. Combined with a questionnaire on sociodemographic characteristics and behaviors, the study provides first indications of which sociodemographic characteristics and which behaviors might be associated with a higher number of SARS-CoV-2 infections. Our results show that younger people are more likely to acquire SARS-CoV-2 infection than older people. In addition, the results show an association between self-reported SARS-CoV-2 infection and living with minor children (under 18 years) in the household, as well as non-adherence to common hygiene regulations (AHA-regulations). At the same time, multivariable analysis showed no statistically significant association between self-reported SARS-CoV-2 infection and gender, living space per person, workplace situation, and regular use of public transportation (regular use of bus, train, or cab).

The model derived from the survey results shows that cumulative cases decrease sharply with age. Similar studies have confirmed that older age is associated with a lower prevalence of SARS-CoV-2 [14]. A possible explanation for this finding is that older people are more risk averse, having a higher likelihood of severe course of illness and higher mortality [15]. Studies show that older people indeed reported to be more careful and adherent to protective measures [16]. Furthermore, the decrease of infections by year of age could also be influenced by early vaccinations in the older population [14]. Although much less common, younger adults can also become seriously ill with COVID-19. In addition, numerous infections in the younger population can lead to a faster spread of SARS-CoV-2 [17]. One way to reduce the number of infections among younger people could be to increase awareness campaigns explicitly targeting this age group. This is already being addressed in the campaign presented by the German Federal Ministry of Health in October 2022, in which younger testimonials also emphasize the importance of protecting against the pandemic. The data of the present study do not provide any indications as to which aspects such campaigns should particularly address in order to reach younger people especially well. Future studies should explore these questions in order to make campaigns as effective as possible.

The finding that living with minor children in the same household is significantly associated with more self-reported SARS-CoV-2 infections of adults should be

further investigated in future studies. It should be noted that similar studies have also reached other conclusions that argue against an increased risk for adults living with minor children in the household [17]. A comparison between the risk of living with other adults and the risk of living with minors would allow a more nuanced risk evaluation, since living with minor children entails different daily chores and external exposures. If it is confirmed that living with children favors infections, measures such as additional sick leave for parents, as the German government has done for 2021, would certainly be a useful relief for families.

Adherence versus non-adherence to hygiene recommendations did not prove to be significant in the univariable model, but it did prove to be significantly associated with SARS-CoV-2 infection in the multivariable model. Wearing face masks, hand disinfection and keeping a 1.5 m distance from fellow citizens have been enforced by the German government (commonly known in Germany by the acronym ‘AHA-rules’, which stands for the first letters of the German words for keep your distance, wash your hands and wear a face mask) since early in the pandemic in 2020 [6]. In line with similar previous findings [17], adherence to the hygiene measures known as ‘AHA-rules’ in Germany were associated with fewer self-reported SARS-CoV-2 infections in the examined study population. However, it should not be ignored that people who follow the AHA rules may also be more likely to adopt broader preventive measures, such as general avoidance of social contact. Future studies should capture these further prevention strategies and analyze the effectiveness of adherence to the AHA rules in the context of these broader prevention strategies.

In the presented study population, gender was not associated with the cumulative prevalence of self-reported SARS-CoV-2 infection among the participants ($p = 0.705$). This was different in other studies that found a slightly increased risk of infection among male participants [17]. Those differences could be explained by varying sociodemographic characteristics in different study samples. Therefore, the effect of gender should be further investigated in upcoming studies.

Moreover, previous studies have shown that lesser living space per person increases the risk of SARS-CoV-2 infection [18]. In a recent study of our group, a lower socio-economic status was shown to be associated with an increased risk for SARS-CoV-2 infection [18]. However, in the current study, statistically significant association between less living space per person and more SARS-

analysis indicating interactions with other living conditions such as children in the household.

Compared to the unemployed reference group, participants in the regular workplace situation with customer and coworker contact reported a much higher percentage of SARS-CoV-2 infections. This result was significant in univariable logistic regression. According to the 'SARS-CoV-2 Occupational Health and Safety' ordinance from January 21, 2021 [4], general measures such as wearing a face mask, regular ventilation in closed rooms, and frequent SARS-CoV-2 testing were required in the regular workplace situation [5]. Therefore, protection against SARS-CoV-2 should have been provided to a certain degree in the regular work situation with customer and employee contact, although it remains unclear to what degree these specified measures were actually implemented. Work from home and work without interpersonal contact showed a lower percentage and lower association with SARS-CoV-2 infection. In addition, the effect of working from home in reducing infection risk has been observed in similar studies [17]. Results regarding the risk of infection at the regular workplace were published, especially about occupations with much SARS-CoV-2 contact showing a higher risk of infection [19]. It must be mentioned that not every occupational group has the opportunity of working from home, such as health care workers. Additionally, the association was no longer apparent in the multivariable logistic regression. This could be due to interactions with other included variables.

The here presented analyses come with strengths and limitations. A strength of the study is its large, representative sample. The participation rate of this study is comparable to most cohort studies with multiple conduction rounds in Germany [20]. The questionnaire covered a wide range of areas and created a detailed picture of the participant's sociodemographic profile and behaviors potentially associated with SARS-CoV-2 infection. A detailed analysis of the estimated SARS-CoV-2 incidence in this study sample has been published elsewhere [10]. However, the cumulative SARS-CoV-2 cases in the study population are 3.45% (95% CI 2.73–4.18). This is less than the official figures in this period, which were 5.06% (95% CI 3.60%-5.61). The difference could be explained by sociodemographic differences in the study sample with a higher acceptance of measures to contain COVID-19 compared to the general population resulting in fewer infections. Future conduction periods could aim at a higher participation rate, especially in underrepresented sociodemographic groups more likely to report a SARS-CoV-2 infection [18].

The sociodemographic characteristics of the sample indicate differences to the general adult population of Cologne in some respects. The sample shows a clear preference for a higher level of education, which can be associated with a higher socio-economic status. This assumption can be supported by a significantly lower percentage of unemployment in the study sample (4.6% in the general Cologne population versus 2.45% in the sample). These selection effects might have favored a lower estimated incidence in the sample. A recent study of our group shows that districts of Cologne with a lower socio-economic status reported more cumulative SARSCoV-2 cases from February 2020 to October 2021[18].

Since the presented cumulative SARS-CoV-2 cases are based on questionnaire data, the unreported number of asymptomatic infections discovered by blood sampling cannot be determined. Another relevant limitation of our study is the survey of infections in the population aged 18 and older. Results based on household information showed a significant association between children in the household and SARS-CoV-2 infection. This association could be further investigated by surveying the estimated seroprevalence of children and adolescents under 18 years of age. Furthermore, our study did not include institutionalized individuals who were shown to have a more SARS-CoV-2 infections at the given period [21].

The study design entails the risk of selection effects, which is particularly evident in the study group regarding school leaving certificate and higher education. Since we did not offer monetary compensation, the participation in several implementation rounds could be motivated by an increased sense of social responsibility, also leading to a higher adherence to countermeasures and regulations. Especially adherence to the hygiene regulations was significantly associated with fewer self-reported SARS-CoV-2 infections, both in univariable and multivariable logistic regression. Therefore, selection of risk-aware individuals and those with higher education could have led to observing a decreased number of SARSCoV-2 infections in the study population.

The study primarily observed associations between the presence or absence of self-reported SARS-CoV-2 infection in relation to sociodemographic and behavioral factors. Severity of the course of infection should be included in the examination of infection risk in future studies.

The categories of variables, such as the situation at work, are very broad due to the exploratory nature of the study. There is a risk that participants with very different

characteristics and behaviors are subsumed into the same category despite the inherent differences between professions in terms of interpersonal contact. This fact may have biased the results of the present study. Given the fairly high level of education of our sample, it is more likely that office work or similar occupations predominated among the participants. Future studies should go into further detail here in order to assess more accurately the associations with SARS-CoV-2 infection posed by the situation in the workplace.

The fact that the participants could only answer yes or no regarding adherence to hygiene regulations represents a simplification of the realities. Gradations, such as a 5-point Likert scale with the options 'never', 'rarely', 'sometimes', 'often' or 'always' can significantly increase the information content in future studies. The same applies to the joint consideration of the various hygiene measures. Individual observations of the three different measures would have provided more detailed insights.

The definition of regular use of public transport is imprecise. The term regular is not clearly defined and could have been interpreted differently between participants. Future studies can increase the information value by asking about the use of public transport with the answer options of, for example, a 5-point Likert scale from 'never' to 'daily'.

Associations between behavioral factors and cumulative prevalence must be interpreted with caution, as it is unclear whether behavior may have changed as a result of a positive test result or infection. Future surveys should ask more clearly about behavior before a possible infection. Last but not least, it should also be noted that we did not correct for multiple testing due to the exploratory and descriptive nature of our analysis.

Conclusion

Despite selection bias the study provides important insights into regional associations between SARS-CoV-2 infection and sociodemographic and behavioral factors. In the presented study, adherence to hygiene regulations (AHA) was significantly associated with fewer self-reported SARS-CoV-2 infections. Whether this result is an indication of the effectiveness of corresponding measures remains open due to the cross-sectional nature of the study. In addition, younger age and living with minor children in the household was significantly associated with self-reported SARS-CoV-2 infection. The presented results can help identify constellations with higher risk of acquiring SARS-CoV-2 infection and therefore target and communicate protective measures.

Abbreviations

DRKS	German Clinical Trials Register
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2
CoCoS-study	Cologne Corona Surveillance Study
COVID-19	Corona Virus Disease 19

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15047-6>.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the study for filling out our questionnaire. We thank the City of Cologne (Stadt Köln) for support with drawing the random sample of Cologne residents, Daniela Rehburg and Claudia Müller for practical support.

Authors' contributions

MO and NS have written the manuscript. MH, FN, AK, GF, CL, FK, TA, FD, MB and KS contributed to the manuscript development and provided scientific expertise. MH, KS, NS, FN, KR and MO designed the statistical procedures. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. German Federal Ministry of Education and Research ("Nationales Netzwerk Universitätsmedizin" grant number 01KX2021). The funding body did not play a role in the design of the study and collection, analysis, nor in interpretation of data or in writing the manuscript.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed within the current study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

This study was approved both by the Ethics Committee of the Medical Faculty of the University of Cologne (reference number 20-1685_2) and by the Ethics Committee of the North Rhine Medical Association (reference number 2020447). All methods were carried out in accordance with relevant guidelines and regulations. The trial was registered at www.drks.de (ID: DRKS00024046) prior to enrolment. Participants were informed about the risks and potential benefits of the study. Participation was voluntary. Written informed consent was obtained from all participants.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

None of the authors have any competing interests to declare.

Author details

¹ Institute of Medical Statistics and Computational Biology, Medical Faculty and University Hospital of Cologne, University of Cologne, Robert-Koch-Straße 10, 50931 Cologne, Germany. ² Institute of Virology, Medical Faculty and University Hospital of Cologne, University of Cologne, Fürst-Pückler-Straße 56, 50935 Cologne, Germany. ³ Department of Internal Medicine, Medical Faculty and University Hospital of Cologne, University of Cologne, Kerpener Str. 62, 50931 Cologne, Germany. ⁴ Cologne Health Authority, Cologne, Germany.

⁵ Institute of Hygiene, University Hospital of Muenster, University Muenster, Robert-Koch-Straße 49, 48149 Muenster, Germany. ⁶ Heidelberg Institute of Global Health, University, Heidelberg, Germany. ⁷ School of Medicine and Clinical Sciences, Levy Mwanawasa Medical University, Lusaka, Zambia.

Received: 8 September 2022 Accepted: 13 January 2023

Published online: 06 February 2023

4. Diskussion

4.1. Epidemiologie der SARS-CoV-2-Infektion in Deutschland nach dem Ende der COVID-19-Pandemie

Trotz der Verfügbarkeit von COVID-19-Impfstoffen und der Aufhebung von staatlich verordneten COVID-19-Schutzmaßnahmen in Deutschland stellt die SARS-CoV-2-Infektion weiterhin ein globales und nationales Gesundheitsrisiko dar.^{91,92,93} Nach der flächendeckenden Einführung von COVID-19-Impfstoffen in Deutschland konnte ein Anstieg der Seroprävalenz von SARS-CoV-Antikörpern entsprechend einer Grundimmunisierung in der deutschen Bevölkerung festgestellt werden, wie sich in Studienergebnissen der SeBluCo bestätigte.⁷¹ Dennoch können neue Virusvarianten Veränderungen im Ansprechen auf COVID-19-Impfstoffe verursachen. Seit der Verfügbarkeit der COVID-19-Impfung wird eine geringere Risikoaversion im Verhalten der Bevölkerung deutlich.^{85,95} Letzte Verordnungen und restriktive Maßnahmen in Deutschland wurden im Juni 2023 nach dem offiziellen Ende der COVID-19-Pandemie am 30. April 2023 flächendeckend eingestellt.⁹² Rückblickend können die Effektivität spezifischer COVID-19-Schutzmaßnahmen sowie das Risikoverhalten auf Basis der Datenerhebungen epidemiologischer Beobachtungsstudien während des Zeitraums der COVID-19-Pandemie eruiert werden.⁵¹

4.2. Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen im Vergleich mit den Ergebnissen epidemiologischer Corona-Monitoringstudien in Deutschland

Zu erwähnen ist, dass die Ergebnisse dieser Arbeit auf einer lokalen Datenerhebung erwachsener Personen basieren,⁵³ während einige der vergleichend aufgeführten Studienergebnisse auf multilokal erhobenen Stichproben basieren und die SARS-CoV-2-Inzidenz von Minderjährigen miteinbeziehen.⁷⁸ Des Weiteren beinhalten vergleichend aufgeführte Studienergebnisse eine Datenerfassung der SARS-CoV-2-Seroprävalenz.⁷¹

Soziodemographische Risikofaktoren

Im logistischen Regressionsmodell zeigte sich, dass die kumulative Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-2-Infektion mit dem steigenden biologischen Lebensalter abnahm. Bezüglich dieser negativen Korrelation von SARS-CoV-2-Inzidenz und biologischem Lebensalter wurden in weiteren epidemiologischen Beobachtungsstudien bundesweit kongruente Ergebnisse ermittelt.^{62,75,78} Inzwischen kann der Zusammenhang von biologischem Lebensalter und der SARS-CoV-2-Inzidenz vermehrt auf das Risikoverhalten der Altersgruppen zurückgeführt werden. Ergebnisse der KoCo19 zeigen, dass ältere Personen, die viele soziale Interaktionen angaben, ebenfalls eine höhere SARS-CoV-2-Seroprävalenz aufwiesen.⁷⁵ Gleichzeitig wurde

ein höherer Anstieg der SARS-CoV-2-Seroprävalenz der jüngeren Altersgruppe im Zeitraum der ersten Durchführungsrunde bis zum Follow-up der KoCo19 festgestellt, weswegen die Ergebnisse in der Nachuntersuchung auf Verhaltensunterschiede zurückgeführt wurden.⁷⁵ Folgeergebnisse zeigten, dass ältere Menschen das Vermeiden sozialer Kontakte im Vergleich zu anderen Präventionsmaßnahmen bevorzugten.⁸⁵ Ältere Personen zeigen auch bei bestehender Immunisierung durch Impfstoffe ein erhöhtes Risiko für schwere COVID-19-Verläufe und eine höhere Mortalität durch die Erkrankung.⁹⁶ Die daraus resultierende Risikoaversion und Kontaktrestriktion führen bei älteren Personen jedoch langfristig zu psychischen Belastungsfolgen der sozialen Isolation.⁹⁷ Die Bereitschaft jüngerer Personen zur Einhaltung präventiver Maßnahmen sinkt in Studienergebnissen aufgrund eines subjektiven Sicherheitsgefühls durch die COVID-19-Impfung.⁸⁵ Da Infektionen in der jüngeren Bevölkerung zu einer schnelleren Verbreitung des SARS-CoV-2 führen, sollte diese Altersgruppe in zukünftigen Präventionsstrategien nicht vernachlässigt werden.

Hinsichtlich des Geschlechts wurde in den zentralen Ergebnissen dieser Arbeit kein erhöhtes SARS-CoV-2-Infektionsrisiko ermittelt, worin sich Ergebnisse verschiedener epidemiologischer Beobachtungsstudien in Deutschland unterscheiden.^{51,62}

In der zugrunde liegenden Stichprobe dieser Arbeit wurde eine geringe Repräsentativität von sozioökonomisch schwächer gestellten Personen festgestellt, was auf Selektionseffekten beruhen und die Beurteilung des sozioökonomischen Status als Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion beeinflussen könnte. Lokale Studienergebnisse des Kölner Gesundheitsamts zeigen, dass sozioökonomisch schwächer gestellte Stadtteile vermehrte SARS-CoV-2-Infektionen in bestimmten Zeiträumen aufwiesen.⁷⁹ Im bundesweiten Vergleich konnte dieses sogenannte Clustering ebenfalls in der KoCo19 festgestellt werden.⁸⁰ Im Rahmen des CoMoBu wurden sozioökonomische Indikatoren untersucht, bei denen insbesondere prekäre Wohnbedingungen mit einer erhöhten SARS-CoV-2-Inzidenz assoziiert waren.⁸¹ Prekäre Wohnverhältnisse (< 9 m² pro Person) wurden in der Gutenberg COVID-19 Studie ebenfalls mit einem erhöhten SARS-CoV-2-Infektionsrisiko in Verbindung gebracht.⁶²

In den Ergebnissen dieser Arbeit zeigte eine geringe Wohnfläche (< 25 m² pro Person) einen signifikanten Einfluss auf die SARS-CoV-2-Inzidenz in der univariablen, jedoch nicht in der multivariablen logistischen Regressionsanalyse. Diese Unterschiede können auf beeinflussenden Faktoren, beispielsweise der Anzahl erwachsener Personen und Minderjähriger im gemeinsamen Haushalt, basieren (*confounding*). Eine höhere Anzahl von Personen im gemeinsamen Haushalt wurde in der Gutenberg COVID-19 Studie ebenfalls als Risikofaktor für eine SARS-CoV-2-Infektion beschrieben.⁶² Zusätzlich wurde das Zusammenleben mit (mehreren) Kindern im Haushalt als mögliches SARS-CoV-2-Infektionsrisiko genannt.⁶²

Zentrale Ergebnisse dieser Arbeit zeigen einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Zusammenleben mit (mehreren) Kindern im Haushalt und der SARS-CoV-2-Inzidenz der Stichprobe, der sowohl in der univariablen als auch in der multivariablen logistischen Regressionsanalyse nachweisbar war. Weitere Studienergebnisse beschreiben detaillierter, wie Kinder im gemeinsamen Haushalt das Infektionsrisiko für Erwachsene erhöhen können.⁹⁸ Aufgrund einer höheren Anzahl asymptomatischer Verläufe bei Kindern und des Infektionsrisikos durch den Besuch öffentlicher Einrichtungen (Kindergarten, Schule, KiTa) wird das Zusammenleben mit Kindern mit einem möglichen SARS-CoV-2-Infektionsrisiko für Erwachsene assoziiert.⁸³ In diesen Studienergebnissen wird die Annahme, Kinder seien ‚Schlüsselfiguren der COVID-19-Pandemie‘ (key drivers of the pandemic), aufgrund einer nicht ausreichenden Datenlage verneint.⁸²

Behaviorale Risikofaktoren

Ein Ziel der statistischen Datenanalyse bestand darin, den Einfluss der sozialen Kontakte am Arbeitsplatz auf das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko zu bewerten. Hierbei konnte der protektive Einfluss der Variable „working from home or at work without contact to customers or colleagues“ (Homeofficennutzung oder am Arbeitsplatz ohne Kontakt zu Kundinnen und Kunden oder Kolleginnen und Kollegen) in der univariablen logistischen Regressionsanalyse, jedoch nicht in der multivariablen logistischen Regressionsanalyse bestätigt werden. Demzufolge können im Haushalt relevante Faktoren, beispielsweise der Wohnraum pro Person oder das Zusammenleben mit (mehreren) Kindern, den protektiven Einfluss (insbesondere der Homeofficennutzung) beeinflussen (*confounding*). Ergebnisse weiterer Beobachtungsstudien in Deutschland zeigten ähnliche Hinweise auf ein niedrigeres SARS-CoV-2-Infektionsrisiko im Zusammenhang mit der Vermeidung sozialer Kontakte am Arbeitsplatz.⁶² In einer Datenerhebung der Corona-Health-App im Rahmen des CoMoBu gaben über 27% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Stichprobe an, im Zeitraum vom 23.07.2020 bis zum 1.12.2020 hauptsächlich im Homeoffice gearbeitet zu haben.⁹⁹ Mittlerweile werden die psychologischen und gesundheitlichen Auswirkungen des Arbeitens im Homeoffice untersucht.¹⁰⁰ Während der Pandemie war das Homeoffice keine geeignete Präventionsstrategie für Berufsgruppen im Gesundheitssystem, die im Alltag mit SARS-CoV-2-Infektionen exponiert waren.⁸⁰

In den Ergebnissen der statistischen Datenanalyse war eine geringe Compliance mit offiziellen Hygieneempfehlungen (AHA-Regeln) signifikant mit einer erhöhten kumulativen SARS-CoV-2-Inzidenz assoziiert. Auch in der univariablen und multivariablen Regressionsanalyse war dieser Zusammenhang statistisch signifikant. In Studienergebnissen des CoMoBu wurde die Befolgung der Hygieneempfehlungen mit besonderer Betonung der AHA-Regeln als nützliches Gesundheitsverhalten zur Eindämmung der Pandemie beschrieben.⁸⁶ In der Gutenberg COVID-19 Studie zeigten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit hoher Compliance

bezüglich der AHA-Regeln eine im Vergleich niedrigere SARS-CoV-2-Inzidenz.⁶² Anhand der Daten der KoCo19 wurden die Ursachen für eine höhere Compliance mit Hygienemaßnahmen und dem damit verbundenen niedrigen SARS-CoV-2-Infektionsrisiko ergänzend untersucht.⁸⁵ Hierfür wurde die Compliance mit sechs Schutzmaßnahmen (Händewaschen, Vermeiden der Berührung des Gesichts, Tragen einer Maske, Einhaltung des Abstands zu Mitmenschen, Vermeidung von Menschenansammlungen und Vermeidung öffentlicher Orte) untersucht.⁸⁵ Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass persönliche Risikoaversion einen signifikanten und konstanten Antrieb für die Compliance mit sogenannten NPIs (non-pharmacological interventions) darstellte.¹⁰¹ Zudem zeigte besonders die Personengruppe der berenteten Frauen mit Migrationshintergrund eine hohe Compliance mit Hygieneempfehlungen.⁸⁵ Ein weiterer behavioraler Risikofaktor für die SARS-CoV-2-Infektion ist der zwischenmenschliche Kontakt mit geringem körperlichem Abstand, was zu Beginn der COVID-19-Pandemie zu Kontakteinschränkungen im Rahmen der verordneten Schutzmaßnahmen führte. Ergebnisse des CoMoBu zeigten, dass die Einschränkungen oder Verbote von sozialen Kontakten und andauernde Quarantänemaßnahmen die psychosoziale Gesundheit der Bürgerinnen und Bürger beeinträchtigten.⁸⁶ Aktuelle Studienergebnisse und Metaanalysen deuten darauf hin, dass für die Eindämmung der COVID-19-Pandemie das multifaktorielle Vorgehen durch Hygienemaßnahmen und COVID-19-Impfungen relevanter war als die isolierte Beschränkung sozialer Kontakte.⁹⁵

Abschließend zeigten die Ergebnisse dieser Arbeit hinsichtlich der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel weder in der univariablen noch in der multivariablen logistischen Regressionsanalyse statistisch signifikante Ergebnisse, die auf ein erhöhtes SARS-CoV-2-Infektionsrisiko hindeuten. Die fehlende statistische Signifikanz in der Datenanalyse muss nicht implizieren, dass kein Zusammenhang besteht. Das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko ist je nach Verkehrsmittel, Dauer der Fahrt, der SARS-CoV-2-Inzidenz, der Lokalisation und der Umsetzung von Präventionsmaßnahmen schwer zu untersuchen.¹⁰² Studienergebnisse zeigen, dass präventive Maßnahmen, wie beispielsweise das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes, in den öffentlichen Verkehrsmitteln nicht von allen Personengruppen konsequent eingehalten wurden.¹⁰² Die heterogenen Ergebnisse umfangreicher Datenanalysen zeigen weiterhin, dass die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel während der COVID-19-Pandemie nicht eindeutig mit einem erhöhten SARS-CoV-2-Infektionsrisiko assoziiert war.¹⁰³

4.3. Limitationen und Stärken der Ergebnisse

Angesichts der Limitationen haben die separat betrachteten Ergebnisse dieser Arbeit eine geringe prädiktive Aussagekraft.¹ Ergänzend wurden bundesweite Studienergebnisse des epidemiologischen Corona-Monitorings beschrieben und zur vergleichenden Interpretation der Ergebnisse genutzt. Hier stellen Unterschiede in der Studiendurchführung (Lokalisation, Studiendesign, Zusammensetzung der Stichproben)^{51,52,71} Limitationen für die Vergleiche der

Studienergebnisse dar. Des Weiteren besteht eine Limitation dieser Arbeit in der retrospektiven Beurteilung im Rahmen der statistischen Datenanalyse, die zu Rückschaufehlern (*hindsight bias*) beitragen kann.¹⁰⁴ Zudem basieren die Ergebnisse auf Selbstangaben der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, wodurch Ungenauigkeiten und Verzerrungen (*reporting bias*) innerhalb der verwendeten Daten vorliegen können.¹⁰⁵ Wiederholte Teilnahmen anlässlich des Studiendesigns können Selektionseffekte (*selection bias*) begünstigen.¹⁰⁶ Darauf hinweisend ist eine geringe Repräsentativität der Stichprobe hinsichtlich des sozioökonomischen Hintergrunds, des Migrationshintergrunds und des Bildungsniveaus im Vergleich zur lokalen Kölner Allgemeinbevölkerung vorhanden.¹⁰⁷ Während der Datenerhebung der hier untersuchten Stichprobe wurden Einzelpersonen aus Privathaushalten rekrutiert.⁵³ Entgegen des (später) beschriebenen SARS-CoV-2-Infektionsrisikos durch Minderjährige im gemeinsamen Haushalt wurden Kinder und Jugendliche nur indirekt in der Datenerhebung der CoCoS erfasst.⁸² Unterschiede in der Sensitivität und Spezifität der selbstberichteten positiven SARS-CoV-2-Testergebnisse, die auf unterschiedlichen SARS-CoV-2-Testsystemen basieren, stellen ebenfalls eine Limitation der Ergebnisse dar.³³ Eine weitere Limitation der Ergebnisse ist eine fehlende Erfassung asymptomatischer SARS-CoV-2-Infektionen,⁵⁰ da die Datenerhebung keine serologische Labordiagnostik von Blutproben auf SARS-CoV-2-Antikörper beinhaltete.⁶⁰ Dahingehend war eine labordiagnostische Differenzierung zwischen Immunisierung durch COVID-19-Impfstoffe und abgelaufener SARS-CoV-2-Infektion durch Neutralisationstests nicht möglich.⁶¹ Weiterhin erschwert die fehlende Labordiagnostik bezüglich der SARS-CoV-2-Seroprävalenz in dieser Stichprobe folgende Vergleiche mit seroepidemiologischen Studienergebnissen,^{51,52,71} deren ermittelte SARS-CoV-2-Seroprävalenz als Referenz der retrospektiven Beurteilung der SARS-CoV-2-Inzidenz zum Zeitpunkt der Datenermittlung verwendet werden könnte. Zuletzt ist die niedrige kumulative SARS-CoV-2-Inzidenz der Stichprobe (3,45%, 95% CI: 2,73–4,18) im Vergleich zur offiziellen SARS-CoV-2-Inzidenz (5,06%, 95% CI: 3,60–5,61) in Köln zum Zeitpunkt der Datenerhebung als limitierender Faktor der Ergebnisse zu nennen. Hier können Selektionseffekte als Ursachen genannt werden, die mit einer höheren Compliance der Stichprobe bezüglich der COVID-19-Schutzverordnungen und Hygieneempfehlungen einhergehen können.¹⁰⁶

Als Stärke der Ergebnisse ist zu nennen, dass das hier verwendete Querschnittsdesign (cross-sectional study design) eine adäquate Methode für die Untersuchung der Determinanten von Gesundheitsfaktoren darstellt.⁵⁵ Eine weitere Stärke der Ergebnisse ist die Stichprobengröße ($n = 2,433$) sowie eine hohe Repräsentativität bezüglich relevanter soziodemographischer Merkmale (Alter, Geschlecht und Wohnbedingungen) im Vergleich zur lokalen Allgemeinbevölkerung.¹⁰⁷ In den ersten beiden Durchführungsrounds wurde eine ausreichende Teilnahmequote erzielt, die vergleichbar mit den durchschnittlichen Teilnahmen

an Kohortenstudien in Deutschland ist.¹⁰⁸ Eine weitere Stärke der Ergebnisse ist der zugrunde liegende Online-Fragebogen zur Datenerhebung. Vor dem Hintergrund des damaligen Kenntnisstands konnten relevante soziodemographische und behaviorale Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion erfasst werden, die weiterhin untersucht werden.⁵³ Durch die dritte und vierte Durchführungsrunde der CoCoS können in Zukunft Vergleiche innerhalb der Studienergebnisse erfolgen.^{56,57} In zukünftigen Auswertungen der CoCoS kann der Einfluss der COVID-19-Impfung auf das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko untersucht werden, was in dieser Auswertung aufgrund einer unvollständigen Grundimmunisierung bei der Mehrzahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht möglich war. Insgesamt besteht eine Stärke in der umfangreichen Datenerhebungen des Corona-Monitorings in Deutschland und der daraus resultierenden Datenlage.^{71,78} Auch wenn Vergleiche mit anderen Studienergebnissen limitiert möglich sind, zeigten sich in der vergleichenden Interpretation der Studienergebnisse Tendenzen hinsichtlich der SARS-CoV-2-Infektionsrisiken und der Effektivität von Hygieneempfehlungen.⁸⁵ Eine abschließende Beurteilung der identifizierten Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen und der Effektivität der COVID-19-Schutzmaßnahmen ist zum Zeitpunkt dieser Dissertationsschrift nicht möglich. Zukünftige epidemiologische Beobachtungsstudien sollten die Erfassung verschiedener Personen eines gemeinsamen Privathaushalts (einschließlich minderjähriger Personen), eine serologische Labordiagnostik und sequenzielle Datenerhebungen einer bestimmten Stichprobe über einen längeren Zeitraum anstreben. Zusammenfassend geben die Ergebnisse dieser Arbeit erste Hinweise auf soziodemographische und behaviorale Risikofaktoren für die SARS-CoV-2-Infektion des Erwachsenen und auf die Effektivität offizieller COVID-19-Schutzmaßnahmen.

5. Literaturverzeichnis

1. Oberste M, Schnörch N, Shah-Hosseini K, et al. Results of the Cologne Corona Surveillance (CoCoS) study – a cross-sectional study: survey data on risk factors of SARS-CoV-2 infection in adults. *BMC Public Health* 2023; 23(1): 260.
2. Carvalho T, Krammer F, Iwasaki A. The first 12 months of COVID-19: a timeline of immunological insights. *Nature Reviews Immunology* 2021; 21(4): 245-56.
3. Rathore JS, Ghosh C. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2), a newly emerged pathogen: an overview. *Pathogens and Disease* 2020; 78(6).
4. Singhal T. A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19). *Indian J Pediatr* 2020; 87(4): 281-6.
5. Haynes B, Messonnier NE, Cetron MS. First travel-related case of 2019 novel coronavirus detected in United States : press release, Tuesday, January 21, 2020. 2020.
6. Spiteri G, Fielding J, Diercke M, et al. First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the WHO European Region, 24 January to 21 February 2020. *Euro Surveill* 2020; 25(9).
7. World Health Organization. WHO Director-General's statement on IHR Emergency Committee on Novel Coronavirus (2019-nCoV). Geneva (CH): World Health Organization. [https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-statement-on-ihf-emergency-committee-on-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-statement-on-ihf-emergency-committee-on-novel-coronavirus-(2019-ncov)) (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
8. World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing – 5 May 2023. Geneva (CH): World Health Organization. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
9. World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020. Geneva (CH): World Health Organization. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
10. Flaxman S, Mishra S, Gandy A, et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature* 2020; 584(7820): 257-61.
11. Chinazzi M, Davis JT, Ajelli M, et al. The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science* 2020; 368(6489): 395-400
12. World Health Organization. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard – Overview. Geneva (CH): World Health Organization. <https://covid19.who.int/> (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
13. Rothe C, Schunk M, Sothmann P, et al. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany. *N Engl J Med* 2020; 382(10): 970-1.
14. Robert Koch-Institut. Archiv der täglichen Situationsberichte des RKI zu COVID-19. 2023 Berlin (DE): Robert Koch-Institut. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Archiv_tageb.html (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
15. 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. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2021; 64(9): 1093-106
16. Robert Koch-Institut. DEMIS – Deutsches Elektronisches Melde- und Informationssystem für den Infektionsschutz. 2021. Berlin (DE): Robert Koch-Institut https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/IfSG/DEMIS/DEMIS_node.html (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)
17. Stadt Köln. Stadt Köln bietet Infizierten weiterhin digitales Symptomtagebuch an. Köln (DE): Stadt Köln <https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/presse/mitteilungen/24255/index.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

18. Lauren Forchette WS, Tuoen LIU. A Comprehensive Review of COVID-19 Virology, Vaccines, Variants, and Therapeutics. 2021.
19. V'Kovski P, Kratzel A, Steiner S, Stalder H, Thiel V. Coronavirus biology and replication: implications for SARS-CoV-2. *Nat Rev Microbiol* 2021; 19(3): 155-70.
20. Mackay IM, Arden KE. MERS coronavirus: diagnostics, epidemiology and transmission. *Virology* 2015; 12: 222.
21. Robert Koch-Institut. SARS-CoV-2: Virologische Basisdaten sowie Virusvarianten im Zeitraum von 2020 – 2022. Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische_Basisdaten.html (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
22. Koyama T, Platt D, Parida L. Variant analysis of SARS-CoV-2 genomes. *Bull World Health Organ* 2020; 98(7): 495-504.
23. Barletta WA. The Influence of SARS-CoV-2 Variants on National Case-Fatality Rates: Correlation and Validation Study. *JMIRx Med* 2022; 3(2): e32935.
24. O'Toole Á, Pybus OG, Abram ME, Kelly EJ, Rambaut A. Pango lineage designation and assignment using SARS-CoV-2 spike gene nucleotide sequences. *BMC Genomics* 2022; 23(1): 121.
25. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19): Variants of SARS-COV-2. Geneva (CH): World Health Organization.
https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-%28covid-19%29-variants-of-sars-cov-2?gclid=CjwKCAjwvsqZBhAIEiwAqAHEIXCtsnZqCd2w5ilFIAnS_4pYWEBNVN18uKrwQ76-p40tikQF9ES3yxoCHJgQAvD_BwE (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
26. National Institutes of Health. Clinical Spectrum of SARS-CoV-2 Infection. COVID-19 Treatment Guidelines Panel. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. Bethesda (US): National Institutes of Health.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570371/pdf/Bookshelf_NBK570371.pdf (zuletzt aufgerufen am 29.09.2024)
27. Zhang JJ, Dong X, Liu GH, Gao YD. Risk and Protective Factors for COVID-19 Morbidity, Severity, and Mortality. *Clin Rev Allergy Immunol* 2023; 64(1): 90-107.
28. Aleksova A, Fluca AL, Gagno G, et al. Long-term effect of SARS-CoV-2 infection on cardiovascular outcomes and all-cause mortality. *Life Sci* 2022; 310: 121018.
29. Swenson KE, Swenson ER. Pathophysiology of Acute Respiratory Distress Syndrome and COVID-19 Lung Injury. *Crit Care Clin* 2021; 37(4): 749-76.
30. Deeks JJ, Dinnes J, Takwoingi Y, et al. Antibody tests for identification of current and past infection with SARS-CoV-2. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 6(6): Cd013652.
31. Park M, Won J, Choi BY, Lee CJ. Optimization of primer sets and detection protocols for SARS-CoV-2 of coronavirus disease 2019 (COVID-19) using PCR and real-time PCR. *Experimental & Molecular Medicine* 2020; 52(6): 963-77.
32. Dramé M, Tabue Teguo M, Proye E, et al. Should RT-PCR be considered a gold standard in the diagnosis of COVID-19? *J Med Virol* 2020; 92(11): 2312-3.
33. Butler-Laporte G, Lawandi A, Schiller I, et al. Comparison of Saliva and Nasopharyngeal Swab Nucleic Acid Amplification Testing for Detection of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Internal Medicine* 2021; 181(3): 353-60.
34. Santos-Hövenner C, Busch MA, Koschollek C, et al. Seroepidemiological study on the spread of SARS-CoV-2 in populations in especially affected areas in Germany – Study protocol of the CORONA-MONITORING lokal study. 2020: 1--15.
35. Chen YY, Shen X, Wang YJ, et al. Evaluation of the cycle threshold values of RT-PCR for SARS-CoV-2 in COVID-19 patients in predicting epidemic dynamics and monitoring surface contamination. *J Infect Public Health* 2022; 15(12): 1494-6.
36. Wang H, Jean S, Eltringham R, et al. Mutation-Specific SARS-CoV-2 PCR Screen: Rapid and Accurate Detection of Variants of Concern and the Identification of a Newly Emerging Variant with Spike L452R Mutation. *J Clin Microbiol* 2021; 59(8): e0092621.

37. Wagenhäuser I, Knies K, Rauschenberger V, et al. Clinical performance evaluation of SARS-CoV-2 rapid antigen testing in point of care usage in comparison to RT-qPCR. *eBioMedicine* 2021; 69.
38. Bundesministerium für Gesundheit. Coronavirus-Pandemie: Was geschah wann? Chronik aller Entwicklungen im Kampf gegen COVID-19 (Coronavirus SARS-CoV-2) und der dazugehörigen Maßnahmen des Bundesgesundheitsministeriums Berlin (DE): Bundesministerium für Gesundheit
<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
39. Stadt Köln. Krisenstab beschließt Untersuchung positiver PCR-Tests auf Virus-Varianten Köln (DE): Stadt Köln.
<https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/presse/corona-lage-koeln-36>
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
40. Li YD, Chi WY, Su JH, Ferrall L, Hung CF, Wu TC. Coronavirus vaccine development: from SARS and MERS to COVID-19. *J Biomed Sci* 2020; 27(1): 104.
41. Han X, Xu P, Ye Q. Analysis of COVID-19 vaccines: Types, thoughts, and application. *J Clin Lab Anal* 2021; 35(9): e23937.
42. Paul-Ehrlich-Institut. COVID-19. Impfstoffe. Langen (DE): Paul-Ehrlich-Institut
<https://www.pei.de/DE/Arzneimittel/impfstoffe/covid-19/covid-19-node.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
43. Datta S, Roy A. Herd Immunity Against Coronavirus: A Review. *Recent Pat Biotechnol* 2022; 16(3): 256-65.
44. Robert Koch-Institut. STIKO-Empfehlung zur COVID-19-Impfung. Berlin (DE): Robert Koch-Institut.
<https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Impfen/ImpfungenAZ/COVID-19/Impfempfehlung-Zusfassung.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
45. Bundesministerium für Gesundheit. Krisenstab des BMI und BMG beschließt Maßnahmen zur Gesundheitssicherheit gegen Corona-Infektionen. Berlin (DE): Bundesministerium für Gesundheit
<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/presse/pressemitteilungen/2020/1-quartal/krisenstab-bmg-bmi.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
46. Die Bundesregierung. Erweiterung der beschlossenen Leitlinien zur Beschränkung sozialer Kontakte. Besprechung der Bundeskanzlerin mit den Regierungschefinnen und Regierungschefs der Länder vom 22.03.2020. Berlin (DE): Die Bundesregierung.
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/besprechung-der-bundeskanzlerin-mit-den-regierungschefinnen-und-regierungschefs-der-laender-vom-22-03-2020-1733248> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
47. Die Bundesregierung. Lockdown: diese Regeln gelten ab dem 16. Dezember 2020. Berlin (DE): Die Bundesregierung.
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/bundesweiter-lockdown-1829134> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
48. Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen. Verordnungen zur Eindämmung des Coronavirus, Historie der Corona-Verordnungen Düsseldorf (DE): Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen. <https://www.mags.nrw/coronavirus-rechtlicheregelungen-nrw>
<https://www.mags.nrw/coronavirus-verordnungen> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
49. Robert Koch-Institut. Informationen und Hilfestellungen für Personen mit einem höheren Risiko für einen schweren COVID-19-Krankheitsverlauf. Berlin (DE): Robert Koch-Institut.
[https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Risikogruppen.html#:~:text=Herz-Kreislauf-erkrankungen%2C%20Diabetes%2C%20Erkrankungen%20des%20Atemungssystems,vorbestehenden%20Risikofaktoren%20\(Adipositas%2C%20chron.](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Risikogruppen.html#:~:text=Herz-Kreislauf-erkrankungen%2C%20Diabetes%2C%20Erkrankungen%20des%20Atemungssystems,vorbestehenden%20Risikofaktoren%20(Adipositas%2C%20chron.) (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
50. 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. *Official Journal of the Association of Medical Microbiology and Infectious Disease Canada* 2020; 5(4): 223-34.

51. Robert Koch-Institut. Informationen zur Studie "Corona-Monitoring bundesweit" (CoMoBu-Studie) Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/lid/lid_node.html#doc14779718bodyText2 (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
52. Radon K, Saathoff E, Pritsch M, et al. Protocol of a population-based prospective COVID-19 cohort study Munich, Germany (KoCo19). BMC Public Health 2020; 20(1): 1036.
53. Oberste M, Pusch L-M, Roth R, et al. Protocol of the Cologne Corona Surveillance (CoCoS) Study– a prospective population-based cohort study. BMC Public Health 2021; 21(1): 1295.
54. Rheinland Studie. DIE CORONA STUDIE Forschung für Gesundheit in der Pandemie. Bonn (DE): Rheinland Studie.
<https://www.rheinland-studie.de/forschung/corona-studie/> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
55. Wang X, Cheng Z. Cross-Sectional Studies: Strengths, Weaknesses, and Recommendations. Chest 2020; 158(1s): S65-s71.
56. Uniklinik Köln. Dritte Runde der CoCoS-Studie. Köln (DE): Uniklinik Köln.
<https://www.uk-koeln.de/de/uniklinik-koeln/aktuelles/detailansicht/dritte-runde-der-cocos-studie/> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
57. Uniklinik Köln. 4. Runde der CoCoS-Studie. Köln (DE): Uniklinik Köln.
<https://www.uk-koeln.de/uniklinik-koeln/aktuelles/detailansicht/4-runde-der-cologne-corona-surveillance-cocos-startet/> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
58. Oberste M, Pusch L-M, Roth R, et al. Results of the Cologne Corona surveillance (CoCoS) study – a prospective population-based cohort study: incidence data and potential underestimation of new SARS-CoV-2 adult infections by health authorities. BMC Public Health 2022; 22(1): 1379.
59. LMU Klinikum. Gemeinsam gegen COVID: Prospektive COVID-19 Kohorte München (KoCo19). München (DE): LMU Klinikum.
<https://www.lmu-klinikum.de/tropeninstitut/forschung/koco19-antikorperstudie/1538961499beaaa2> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
60. Luo S, Xu J, Cho CY, et al. Quantitative Detection of Anti-SARS-CoV-2 Antibodies Using Indirect ELISA. Lab Med 2022; 53(3): 225-34.
61. Aziz NA, Corman VM, Echterhoff AKC, et al. Seroprevalence and correlates of SARS-CoV-2 neutralizing antibodies from a population-based study in Bonn, Germany. Nature Communications 2021; 12(1): 2117.
62. Universitätsmedizin Mainz. Das Dashboard der Gutenberg COVID-19 Studie. Mainz (DE): Universitätsmedizin.
<https://www.unimedizin-mainz.de/gcs/dashboard-der-studie.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
63. Schnizer C, Andreas N, Vivas W, et al. Persistent humoral and CD4(+) T(H) cell immunity after mild SARS-COV-2 infection-The CoNAN long-term study. Front Immunol 2022; 13: 1095129.
64. Insa Backhaus ND, Friedrich Boege, Klaus Göbels, Derik Hermsen, Nadine Lübke, Jörg Timm. Seroprävalenz COVID-19 Düsseldorf: SERODUS I & II. 2021.
65. Cornelia Betsch SE, Lisa Felgendreff, Mattis Geiger, Lars Korn, Philipp Schmid, Parichehr Shamsrizi, Philipp Sprengholz, Frederike Taubert. COSMO — COVID-19 Snapshot Monitoring - Zusammenfassungen. 2022.
66. Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung. Webpage of the Multi-local and serial cross-sectional prevalence study on antibodies against SARS-CoV-2 in Germany. München (DE): Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung
http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Abteilung-fuer-Infektions-und-Tropenmedizin/download/de/KoCo19/2020_12_23-PM_KoCo19_Runde2_Zwischenergebnisse.pdf (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
67. Gornyk DH, M; Glöckner, S; Strengert, M; Kerrinnes, T; Heise, J; Maaß, H; Ortmann, J; Kessel, B; Kemmling, Y; Lange, B; Krause, G. SARS-CoV-2 Seroprevalence in Germany A Population-Based Sequential Study in Seven Regions. 2021.

68. Robert Koch-Institut. Gesundheitliche Lage in Deutschland in der COVID-19-Pandemie. Zeitliche Entwicklung ausgewählter Indikatoren der Studie GEDA 2019/2020 – Ein Update - Journal of Health Monitoring S3/2022. Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JHealthMonit_2022_S3_Gesundheitliche_Lage_COVID-19_GEDA_update.html
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
69. Robert Koch-Institut. Deutsches Jugendinstitut. Corona-KiTa-Studie. Berlin (DE): Robert Koch-Institut
<https://www.dji.de/ueber-uns/projekte/projekte/corona-kita-studie.html>
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
70. Kuger S, Haas, W., Kalicki, B., Loss, J. | Buchholz, U., Fackler, S., Finkel, B., Grgic, M., Jordan, S., Lehfeld, A.-S., Maly-Motta, H., Neuberger, F., Wurm, J. Braun, D., Iwanowski, H., Kubisch, U., Maron, J., Sandoni, A., Schienkewitz, A., Wieschke, J. Kindertagesbetreuung und Infektionsgeschehen während der COVID-19-Pandemie - Abschlussbericht der Corona-KiTa-Studie. 2022.
71. Robert Koch-Institut. Serologische Untersuchungen von Blutspenden auf Antikörper gegen SARS-CoV-2 (SeBluCo-Studie) - Zusammenfassung der Zwischenauswertung mit Datenstand 14.10.2022. Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Projekte_RKI/SeBluCo_Zwischenbericht.html (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
72. Pohl R, Stallmann C, Marquardt P, Kaasch AJ, Heuft H-G, Apfelbacher C. Cohort profile: a longitudinal regional cohort study to assess COVID-19 seroprevalence in blood donors – baseline characteristics of the SeMaCo study participants. *BMJ Open* 2023; 13(4): e068472.
73. Monod M, Blenkinsop A, Xi X, et al. Age groups that sustain resurging COVID-19 epidemics in the United States. *Science* 2021; 371(6536): eabe8372.
74. Hong D, Lee S, Choi YJ, et al. The age-standardized incidence, mortality, and case fatality rates of COVID-19 in 79 countries: a cross-sectional comparison and their correlations with associated factors. *Epidemiol Health* 2021; 43: e2021061.
75. Radon K, Bakuli A, Pütz P, et al. From first to second wave: follow-up of the prospective COVID-19 cohort (KoCo19) in Munich (Germany). *BMC Infectious Diseases* 2021; 21(1): 925.
76. Robert Koch-Institut. Journal of Health Monitoring S5/2020. Seroepidemiologische Studie zur Verbreitung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung an besonders betroffenen Orten in Deutschland – Protokoll von CORONA-MONITORING lokal. Berlin (DE): Robert Koch-Institut.
https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JoHM_S5_2020_Studienprotokoll_CORONA_MONITORING_lokal.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
77. Mukherjee S, Pahan K. Is COVID-19 Gender-sensitive? *J Neuroimmune Pharmacol* 2021; 16(1): 38-47.
78. Robert Koch-Institut. Corona-Monitoring bundesweit – Welle 2
Überblick zu ersten Ergebnissen (aktualisierte Version vom 14.12.2022). Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/lid/Factsheet-CoMoBu-Welle-2.pdf?__blob=publicationFile
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)
79. Florian Neuhan SG, Miachel Buess, Anna Wolff, Sabine Kugler, Günter Schlanstedt, Annelene Kossow, Johannes Nießen, Stefan Rüping. Analyse der zeitlich-räumlichen Verteilung von COVID-19 in Köln und beeinflussender sozialer Faktoren im Zeitraum Februar 2020 bis Oktober 2021. 2022.
80. Pritsch M, Radon K, Bakuli A, et al. Prevalence and Risk Factors of Infection in the Representative COVID-19 Cohort Munich. *Int J Environ Res Public Health* 2021; 18(7).
81. Robert Koch-Institut. Journal of Health Monitoring S7/2020: Soziale Ungleichheit und COVID-19.
Berlin (DE): Robert Koch-Institut
https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JoHM_S7_2020_Soziale_Ungleichheit_COVID_19.pdf?__blob=publicationFile

(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

82. Göttinger F, Strenger V. The Role of Children and Young People in the Transmission of SARS-CoV-2. *Pediatr Infect Dis J* 2022; 41(4): e172-e4.

83. Jaljaa A, Caminada S, Tosti ME, et al. Risk of SARS-CoV-2 infection in migrants and ethnic minorities compared with the general population in the European WHO region during the first year of the pandemic: a systematic review. *BMC Public Health* 2022; 22(1): 143.

84. Behl T, Kumar S, Singh S, et al. Reviving the mutual impact of SARS-COV-2 and obesity on patients: From morbidity to mortality. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2022; 151: 113178.

85. Pedron S, Laxy M, Radon K, et al. Socioeconomic and risk-related drivers of compliance with measures to prevent SARS-CoV-2 infection: evidence from the Munich-based KoCo19 study. *BMC Public Health* 2023; 23(1): 860.

86. Robert Koch-Institut. *Journal of Health Monitoring S8/2020 Gesundheitsverhalten und COVID-19: Erste Erkenntnisse zur Pandemie.*

Berlin (DE): Robert Koch-Institut

https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDo wnloads/JoHM_S8_2020_Gesundheitsverhalten_COVID_19.pdf?__blob=publicationFile

(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

87. Tirachini A, Cats O. COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs. *J Public Trans* 2020; 22(1): 1-21.

88. Au Yeung SL, Li AM, He B, Kwok KO, Schooling CM. Association of smoking, lung function and COPD in COVID-19 risk: a two-step Mendelian randomization study. *Addiction* 2022; 117(7): 2027-36.

89. Simons D, Shahab L, Brown J, Perski O. The association of smoking status with SARS-CoV-2 infection, hospitalization and mortality from COVID-19: a living rapid evidence review with Bayesian meta-analyses (version 7). *Addiction* 2021; 116(6): 1319-68.

90. Peters A, Rospleszcz S, Greiser KH, Dallavalle M, Berger K. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Self-Reported Health. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117(50): 861-7.

91. Robert Koch-Institut. *COVID-19-Impfungen in Deutschland (2022-03-16).* Berlin (DE): Robert Koch-Institut.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6361365>

(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

92. Die Bundesregierung. *Corona-Schutzmaßnahmen sind ausgelaufen.*

Berlin (DE): Die Bundesregierung.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/ende-corona-massnahmen-2068856#:~:text=Seit%208.,Schutzma%C3%9Fnahmen%20nach%20Infektionsschutzgesetz%20%C2%A7%2028b.&text=Vom%201.%20Oktober%202022%20und,Rechtsrahmen%20f%C3%BCr%20die%20Corona%2DSchutzma%C3%9Fnahmen.>

(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

93. Polatoğlu I, Oncu-Oner T, Dalman I, Ozdogan S. COVID-19 in early 2023: Structure, replication mechanism, variants of SARS-CoV-2, diagnostic tests, and vaccine & drug development studies. *MedComm (2020)* 2023; 4(2): e228.

94. Mistry P, Barmania F, Mellet J, et al. SARS-CoV-2 Variants, Vaccines, and Host Immunity. *Front Immunol* 2021; 12: 809244.

95. Pung R, Firth JA, Spurgin LG, et al. Using high-resolution contact networks to evaluate SARS-CoV-2 transmission and control in large-scale multi-day events. *Nature Communications* 2022; 13(1): 1956.

96. Soiza RL, Scicluna C, Thomson EC. Efficacy and safety of COVID-19 vaccines in older people. *Age Ageing* 2021; 50(2): 279-83.

97. Vernooij-Dassen M, Verhey F, Lapid M. The risks of social distancing for older adults: a call to balance. *Int Psychogeriatr* 2020; 32(10): 1235-7.

98. Solomon MD, Escobar GJ, Lu Y, et al. Risk of severe COVID-19 infection among adults with prior exposure to children. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2022; 119(33): e2204141119.

99. Robert Koch-Institut. *Journal of Health Monitoring (S6/2021) Lebensqualität während der COVID-19-Pandemie – Ergebnisse der CORONA-HEALTH-App-Studie.*

Berlin (DE): Robert Koch-Institut

https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsJ/JoHM_S6_2021_Lebensqualitaet_bei_COVID-19.pdf?__blob=publicationFile

(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

100. Xiao Y, Becerik-Gerber B, Lucas G, Roll SC. Impacts of Working From Home During COVID-19 Pandemic on Physical and Mental Well-Being of Office Workstation Users. *J Occup Environ Med* 2021; 63(3): 181-90.

101. Redlin M. Differences in NPI strategies against COVID-19. *J Regul Econ* 2022; 62(1-3): 1-23.

102. Shashina EA, Sannikova EA, Shcherbakov DV, et al. Analysis of the Face Mask Use by Public Transport Passengers and Workers during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022; 19(21): 14285.

103. Gartland N, Fishwick D, Coleman A, et al. Transmission and control of SARS-CoV-2 on ground public transport: A rapid review of the literature up to May 2021. *J Transp Health* 2022; 26: 101356.

104. Meuer M, Nestler S, Oeberst A. What determines hindsight bias in written work? One field and three experimental studies in the context of Wikipedia. *J Exp Psychol Appl* 2023; 29(2): 239-58.

105. Reid EK, Tejani AM, Huan LN, et al. Managing the incidence of selective reporting bias: a survey of Cochrane review groups. *Syst Rev* 2015; 4: 85.

106. Nohr EA, Liew Z. How to investigate and adjust for selection bias in cohort studies. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2018; 97(4): 407-16.

107. Stadt Köln. Politik & Verwaltung - Zahlen und Statistik. Kölner Zahlenspiegel. Köln (DE): Stadt Köln.

<https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/statistik/> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

108. Rach S, Günther K, Haderl B. Participants who were difficult to recruit at baseline are less likely to complete a follow-up questionnaire - results from the German National Cohort. *BMC Med Res Methodol* 2020; 20(1): 187.

5.1. Literaturverzeichnis der Publikation

1. World Health Organization. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard – Overview. Geneva (CH): World Health Organization.

<https://covid19.who.int/> (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)

2. World Health Organization. Weekly epidemiological update on COVID-19 - 31 August 2022. Geneva (CH): World Health Organization.

<https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19-31-august-2022> (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)

3. Die Bundesregierung. Erweiterung der beschlossenen Leitlinien zur Beschränkung sozialer Kontakte. Besprechung der Bundeskanzlerin mit den Regierungschefinnen und Regierungschefs der Länder vom 22.03.2020. Berlin (DE): Die Bundesregierung.

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/besprechung-der-bundeskanzlerin-mit-den-regierungschefinnen-und-regierungschefs-der-laender-vom-22-03-2020-1733248> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

4. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Dokumentation der SARS-CoV-2-Arbeitsschutzverordnung. Berlin (DE): Bundesministerium für Arbeit und Soziales.

<https://www.bmas.de/DE/Service/Gesetze-und-Gesetzesvorhaben/sars-cov-2-arbeitsschutzverordnung.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

5. Bundesministerium für Gesundheit, Arbeit und Soziales. Infektionsschutz und Corona: Rechtliche Regelungen in Nordrhein-Westfalen

Düsseldorf (DE): Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen.

<https://www.mags.nrw/coronavirus-rechtliche-regelungen-nrw> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

6. Bundesministerium für Gesundheit. Coronavirus-Pandemie: Was geschah wann? Chronik aller Entwicklungen im Kampf gegen COVID-19 (Coronavirus SARS-CoV-2) und der

dazugehörigen Maßnahmen des Bundesgesundheitsministeriums
Berlin (DE): Bundesministerium für Gesundheit

<https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

7. Robert Koch Institut. Informationen und Hilfestellungen für Personen mit einem höheren Risiko für einen schweren COVID-19-Krankheitsverlauf. Berlin (DE): Robert Koch Institut.

[https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Risikogruppen.html#:~:text=Herzkreislauferkrankungen%2C%20Diabetes%2C%20Erkrankungen%20des%20Atmungssystems,vorbestehenden%20Risikofaktoren%20\(Adipositas%2C%20chron.](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Risikogruppen.html#:~:text=Herzkreislauferkrankungen%2C%20Diabetes%2C%20Erkrankungen%20des%20Atmungssystems,vorbestehenden%20Risikofaktoren%20(Adipositas%2C%20chron.)
(zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

8. Peters A, Rospleszcz S, Greiser KH, Dallavalle M, Berger K. The Impact of the COVID 19 Pandemic on Self Reported Health. Dtsch Arztebl Int. 2020;117(50):861–7.

9. Oberste M, Pusch LM, Roth R, Shah Hosseini K, Dewald F, Muller C, et al. Protocol of the Cologne Corona surveillance (CoCoS) study a prospective population based cohort study. BMC Public Health. 2021;21(1):1295.

10. Oberste M, Pusch L M, Roth R, Shah Hosseini K, Schmitz J, Heger E, et al. Results of the Cologne Corona surveillance (CoCoS) study – a prospective population based cohort study: incidence data and potential underestimation of new SARS CoV 2 adult infections by health authorities. BMC Public Health. 2022;22(1):1379.

11. Stadt Köln. Politik & Verwaltung - Zahlen und Statistik. Kölner Zahlenspiegel. Köln (DE): Stadt Köln.

<https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/statistik/> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

12. Robert Koch-Institut. COVID-19 Dashboard (nicht mehr verfügbar) . Archiv der täglichen Situationsberichte des RKI zu COVID-19. Berlin (DE): Robert Koch-Institut.

https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Archiv_tabelle.html (zuletzt abgerufen am 21.11.2023)

13. Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung. Webpage of the Multi-local and serial cross-sectional prevalence study on antibodies against SARS-CoV-2 in Germany. München (DE): Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

[http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Abteilung-fuer-Infektions-und-Tropenmedizin/download/de/KoCo19/2020_12_23-](http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Abteilung-fuer-Infektions-und-Tropenmedizin/download/de/KoCo19/2020_12_23-PM_KoCo19_Runde2_Zwischenergebnisse.pdf)

[PM_KoCo19_Runde2_Zwischenergebnisse.pdf](http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Abteilung-fuer-Infektions-und-Tropenmedizin/download/de/KoCo19/2020_12_23-PM_KoCo19_Runde2_Zwischenergebnisse.pdf) (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

14. Soiza RL, Scicluna C, Thomson EC. Efficacy and safety of COVID 19 vaccines in older people. Age Ageing. 2021;50(2):279–83.

15. Kang S J, Jung SI. Age Related Morbidity and Mortality among Patients with COVID 19. Infect Chemother. 2020;52(2):154–64.

16. Vernooij Dassen M, Verhey F, Lapid M. The risks of social distancing for older adults: a call to balance. Int Psychogeriatr. 2020;32(10):1235–7.

17. Universitätsmedizin Mainz. Das Dashboard der Gutenberg COVID-19 Studie. Mainz (DE): Universitätsmedizin.

<https://www.unimedizin-mainz.de/gcs/dashboard-der-studie.html> (zuletzt aufgerufen am 05.12.2023)

18. Florian Neuhan SG, Miachel Buess, Anna Wolff, Sabine Kugler, Günter Schlanstedt, Annelene Kossow, Johannes Nießen, Stefan Rüping. Analyse der zeitlich-räumlichen Verteilung von COVID-19 in Köln und beeinflussender sozialer Faktoren im Zeitraum Februar 2020 bis Oktober 2021. 2022.

19. Pritsch M, Radon K, Bakuli A, et al. Prevalence and Risk Factors of Infection in the Representative COVID-19 Cohort Munich. Int J Environ Res Public Health 2021; 18(7).

20. Rach S, Günther K, Hadeler B. Participants who were difficult to recruit at baseline are less likely to complete a follow-up questionnaire - results from the German National Cohort. BMC Med Res Methodol 2020; 20(1): 187.

21. Robert Koch-Institut. Aktueller Lage-/Situationsbericht des RKI zu

COVID-19. Berlin: Robert-Koch-Institut; 2022.

6. Anhang

6.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flowchart der Teilnahme und der schriftlichen Zustimmung in den beiden Überwachungsrounden	24
Abbildung 2: Forest-Plots der Ergebnisse der univariablen und multivariablen logistischen Regressionsanalyse. (A) Univariable Risikofaktoranalyse, (B) Multivariable Risikofaktoranalyse, CI: Konfidenzintervall	30
Abbildung 3: Geschätzter Marginaler Effekt der Wahrscheinlichkeiten für eine SARS-CoV-2-Infektion durch multivariable logistische Regressionsanalyse. *Berechnete Marginale Effekte aus der multivariablen Regressionsanalyse. (A) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Alter (kontinuierlich), (B) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Zahl kleiner Kinder im Haushalt, (C) Wahrscheinlichkeit für eine SARS-CoV-Infektion [%] abhängig von der Prädiktorvariable Adhärenz zu Hygieneregulationen..	30

6.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Soziodemographische Merkmale und SARS-CoV-2-spezifische Informationen der Stichprobe (Fragebogen vollständig beantwortet, n = 2,433) im Vergleich zu den potenziellen Teilnehmerinnen und Teilnehmern und der erwachsenen Kölner Allgemeinbevölkerung.	26
Tabelle 2: Ergebnisse der univariablen und multivariablen logistischen Regressionsanalyse	29