



JULI 2020  
SPECIAL ISSUE **4**

GESUNDHEITSBERICHTERSTATTUNG DES BUNDES  
GEMEINSAM GETRAGEN VON RKI UND DESTATIS

# Journal of Health Monitoring

## Studien zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in Deutschland und international

Journal of Health Monitoring · 2020 5(S4)  
DOI 10.25646/7023  
Robert Koch-Institut, Berlin

Christina Poethko-Müller<sup>1\*</sup>, Franziska Prütz<sup>1\*</sup>,  
Nina Buttmann-Schweiger<sup>1</sup>, Julia Fiebig<sup>1</sup>,  
Giselle Sarganas<sup>1</sup>, Stefanie Seeling<sup>1</sup>,  
Roma Thamm<sup>1</sup>, Jan Baumann<sup>2</sup>,  
Osamah Hamouda<sup>3</sup>, Ruth Offergeld<sup>3</sup>,  
Lars Schaade<sup>4</sup>, Thomas Lampert<sup>1</sup>,  
Hannelore Neuhauser<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Robert Koch-Institut, Abteilung für  
Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring

<sup>2</sup> Robert Koch-Institut, Zentrum für  
Internationalen Gesundheitsschutz

<sup>3</sup> Robert Koch-Institut, Abteilung für  
Infektionsepidemiologie

<sup>4</sup> Robert Koch-Institut, Zentrum für  
Biologische Gefahren und  
Spezielle Pathogene, Vizepräsident

\* geteilte Erstautorenschaft

Eingereicht: 06.07.2020

Akzeptiert: 17.07.2020

Veröffentlicht: 28.07.2020

# Studien zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in Deutschland und international

## Abstract

Seit Beginn des Jahres 2020 hat sich das Coronavirus SARS-CoV-2 in rasantem Tempo weltweit ausgebreitet. Studien zur Häufigkeit von Antikörpern gegen SARS-CoV-2 in der Bevölkerung dienen dazu, den Anteil der Personen mit einer bereits durchgemachten Infektion zu ermitteln. Außerdem sollen sie Rückschlüsse auf die Dunkelziffer, das heißt die anhand von Meldedaten nicht identifizierten Infektionen, liefern. Für eine Einordnung der Ergebnisse sind stichprobenbedingte Verzerrungen und Leistungsparameter der verwendeten Tests zu berücksichtigen. Das Robert Koch-Institut stellt auf seiner Webseite eine Übersicht seroepidemiologischer Studien in Deutschland zusammen, die laufend aktualisiert wird, um die wissenschaftliche Vernetzung und Kooperation zu unterstützen. Dazu werden nach einer Recherche, etwa in Pressemitteilungen, Studienregistereinträgen oder Vorabpublikationen, die Studienleitungen kontaktiert. Von den 40 angeschriebenen Studien hatten innerhalb kurzer Zeit 24 Studien Informationen zur Verfügung gestellt. Es kann zwischen Studien in der Allgemeinbevölkerung, in ausgewählten Bevölkerungsgruppen wie Gesundheitspersonal oder innerhalb bestehender Kohortenstudien differenziert werden. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über diese nationalen, aber auch ausgewählte internationale Studien. Auf Studien zu Kindern und Jugendlichen, denen mit Blick auf die Wiederaufnahme des Regelbetriebs in Kinderbetreuungseinrichtungen und Schulen ein besonderes Interesse entgegengebracht wird, wird gesondert eingegangen.

📌 SEROEPIDEMIOLOGISCHE STUDIEN · ANTIKÖRPER · SARS-COV-2 · SEROPRÄVALENZ · INFEKTIONSEPIDEMIOLOGIE

## 1. Einleitung

COVID-19 hat sich in rasantem Tempo weltweit verbreitet und die Erkrankung und ihr Erreger, das neuartige Coronavirus SARS-CoV-2, sind Gegenstand intensiver Forschungsanstrengungen. Ein wichtiger Forschungsbereich sind seroepidemiologische Studien, vor allem bevölkerungsbezogene Studien zur Häufigkeit von Antikörpern gegen SARS-CoV-2 (Seroprävalenz) in der Bevölkerung

oder in einer Bevölkerungsgruppe [1, 2]. Serologische Studien geben Aufschluss über den Anteil der Personen, die bereits eine Infektion durchgemacht haben, und schließen dabei nicht erkannte Infektionen (Dunkelziffer) ein. So können der Versorgungsbedarf abgeschätzt, Einflussfaktoren für symptomatische und asymptomatische Verläufe untersucht [3], besonders stark betroffene Bevölkerungsgruppen identifiziert und die Infektionssterblichkeit (Letalität) bestimmt werden. Zudem sind die

### Infobox 1: Antikörper gegen SARS-CoV-2

- ▶ Spezifische IgG-Antikörper gegen SARS-CoV-2 zeigen eine durchgemachte Infektion an.
- ▶ Nicht alle infizierten Personen bilden gleichermaßen Antikörper aus.
- ▶ Noch ist unklar, wie lange Antikörper im Verlauf nachweisbar bleiben [10, 11, 19].

### Immunität

- ▶ Antikörper zeigen eine immunologische Reaktion auf SARS-CoV-2 an.
- ▶ Eine Immunität wird weder durch den Nachweis von Antikörpern garantiert, noch durch den fehlenden Nachweis von Antikörpern ausgeschlossen [9].
- ▶ Die Seroprävalenz von Antikörpern auf Bevölkerungsebene ist nach bisherigem Kenntnisstand dennoch der beste Indikator für die Entfernung zu einer potenziellen Herdenimmunität.

Ergebnisse von großer Bedeutung für die Steuerung von Maßnahmen des Infektionsschutzes und die Evaluation nicht-pharmakologischer Interventionen. Der Nachweis von Antikörpern ist nicht gleichzusetzen mit Immunität [4, 5] (Infobox 1). Doch erlaubt die Seroprävalenz in einer Bevölkerung Rückschlüsse auf die Entfernung zu einer potenziellen Herdenimmunität.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat im Rahmen der sogenannten Unity Studies frühzeitig ein Protokoll für die Durchführung bevölkerungsbezogener Antikörperstudien zu SARS-CoV-2 vorgelegt, an dem sich weltweit viele Studien orientieren [6]. Primäres Ziel ist die Ermittlung der Seroprävalenzen nach Geschlecht und Altersgruppen und die Schätzung des Anteils asymptomatischer, präsymptomatischer oder subklinischer Infektionen in der Allgemeinbevölkerung. Das Protokoll dient als Rahmen für die Wahl von Studienpopulation, -design, -dauer sowie Probenmaterial und enthält einen Kurzfragebogen für Mindestinformationen von den Teilnehmenden. Bei der Studienplanung soll an nationale Gegebenheiten wie die Verfügbarkeit von Ressourcen und Laborkapazitäten angepasst werden. Das Protokoll wurde so konzipiert, dass Daten schnell und systematisch gesammelt und in einem Format ausgetauscht werden können, das die Aggregation, tabellarische Darstellung und Analyse weltweit erleichtert.

In Deutschland und international werden aktuell Antikörperstudien durchgeführt oder geplant, einige Untersuchungen sind bereits abgeschlossen. Der vorliegende Artikel gibt einen kurzen Überblick über die aktuelle, sehr dynamische Studienlage mit Fokus auf Deutschland: Welches sind die wichtigsten methodischen Aspekte zur

Beurteilung seroepidemiologischer Studien? Welche Ergebnisse liegen bereits vor? Welche Studien sind aktuell in der Erhebungsphase? Darüber hinaus wird umfassend auf erste Ergebnisse internationaler seroepidemiologischer Studien sowie auf seroepidemiologische Studien bei Kindern eingegangen.

## 2. Methodische Aspekte

### 2.1 Recherche und Suchstrategie

Noch sind nur wenige seroepidemiologische Studien zu SARS-CoV-2 als peer-reviewte Publikation (mit wissenschaftlicher Begutachtung) in Literaturdatenbanken auffindbar (PubMed und Embase). Dies gilt vor allem für Studien aus Deutschland, die vielfach erst kürzlich gestartet sind. Daher wurde die Suche auch auf Manuskripte ausgeweitet, die vor dem Peer-Review auf sogenannten Preprint-Servern veröffentlicht wurden (medRxiv, bioRxiv, arXiv, ChemRxiv, preprints.org, ResearchSquare, Social Science Research Network (SSRN)). Die definierten Suchbegriffe im Titel der Publikationen aus Funden einer ersten Suche nach SARS-CoV-2 und verwandten Begriffen sind „sero OR antibod OR immune OR immunity OR immunology OR fatality rate OR population-based OR cohort study OR dried blood OR test strategy“. Auch Berichte und Meldungen der WHO, des European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) und des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) sowie Studienregister (Deutsches Register Klinischer Studien, ClinicalTrials.gov) wurden durchsucht und die Medienberichterstattung verfolgt.

## Infobox 2: SARS-CoV-2-Antikörpertests

[13, 14, 16, 18–20]

**Sensitivität** gibt an, wie gut der Test Personen mit SARS-CoV-2-spezifischen Antikörpern richtig erkennt.

**Spezifität** gibt an, wie gut der Test Personen ohne SARS-CoV-2-spezifische Antikörper richtig erkennt.

### Übersichten zu Sensitivität und Spezifität von SARS-CoV-2-Antikörpertests

Unter anderem

- ▶ bei der Stiftung FIND (Foundation for Innovative New Diagnostics) [21],
- ▶ auf den Internetseiten der EU-Kommission [22],
- ▶ beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zu Daten der in Deutschland behördlich registrierten Tests [23].

### Falsch positive Ergebnisse

- ▶ Anteil abhängig von der Spezifität des Tests und der Vortestwahrscheinlichkeit (Prävalenz).
- ▶ Hoher Anteil falsch positiver Ergebnisse möglich bei niedriger Vortestwahrscheinlichkeit (niedriger Prävalenz).
- ▶ Anschauliche Rechenbeispiele finden sich bei [13, 20, 24].

### Vortestwahrscheinlichkeit für einen positiven Test

- ▶ Entspricht bei Testung ohne konkreten Anlass der Prävalenz in der Bevölkerung.
- ▶ Ist erhöht bei anlassbezogener Testung, zum Beispiel bei Symptomen oder Kontakt zu infizierten Personen.

## 2.2 Methodische Unterscheidungsmerkmale seroepidemiologischer Studien

Ergebnisse seroepidemiologischer Studien können nur unter Berücksichtigung methodischer Aspekte beurteilt werden. Zur Abschätzung der Auswirkungen von Verzerrungseffekten sind insbesondere Kenntnisse über die Stichprobe relevant, um einzuschätzen, wie gut diese die Bevölkerungsgruppe abbildet. Die Validität der Ergebnisse ist weiterhin von den verwendeten Antikörpertests, laboranalytischen Verfahren, Grenzwerten für einen positiven Befund sowie von Zeitpunkt und Art der Blutprobenentnahme abhängig. Maßgeblich für die Bewertung der Ergebnisse ist letztlich die Methoden- und Ergebnistransparenz [7]. Im Idealfall sind diese Informationen bereits im Studienprotokoll verfügbar und berücksichtigen dabei die Qualitäts- und Transparenzstandards der Leitlinien zum Berichten von Beobachtungsstudien, die auch in einer auf seroepidemiologische Studien abgestimmten Version vorliegen [8].

Die Wahrscheinlichkeiten, auf Personen mit bereits durchgemachter Infektion zu treffen, unterscheiden sich je nach Wahl des Stichprobenrahmens, der Zielpopulation und der Response (Teilnahmequote) und bilden nicht uneingeschränkt das Infektionsgeschehen in der Allgemeinbevölkerung ab. Insbesondere Freiwilligenstichproben oder Stichproben mit einer geringen Response können zu Selektionseffekten führen. Besonders bei Gruppenvergleichen gilt es auch zu überlegen, ob das Stichprobendesign zu unterschiedlichen Auswahlwahrscheinlichkeiten von Teilnehmenden führt, etwa bei Haushaltsstichproben mit mehreren Teilnehmenden pro Haushalt.

Bezüglich der verwendeten Antikörpertests ist eine Reihe methodischer Aspekte zu berücksichtigen [9]. In Seroprävalenzstudien werden vor allem Antikörper der Klasse Immunglobulin G (IgG) bestimmt, zum geringeren Teil zusätzlich IgA- und IgM-Antikörper. Während bei den meisten Personen mit symptomatischer COVID-19-Infektion der direkte Erregernachweis (virale Ribonukleinsäure, RNA) in Nasen-/Rachen-Abstrichen bereits einige Tage vor dem Auftreten erster Symptome oder innerhalb der ersten Woche nach Auftreten der Symptome nachweisbar ist, werden IgM- und IgG-Antikörper erst frühestens ab der zweiten Woche nach Symptombeginn messbar [10, 11]. Der Antikörpernachweis kann semiquantitativ beziehungsweise quantitativ sein (Titerbestimmung) oder qualitativ angezeigt werden. Bei positiven Testergebnissen sollen möglichst Bestätigungstests durchgeführt werden [12]. In der Regel sind dies Tests auf neutralisierende Antikörper (Neutralisationstests), die in Zellkulturen testen, ob infektiöses Virus durch Antikörper des zu testenden Serums gehemmt wird. Die Interpretation von Antikörpertestergebnissen muss vor allem die fehlerfreie Durchführung, die Sensitivität und Spezifität des Tests und die sogenannte Vortestwahrscheinlichkeit berücksichtigen [13–16] (Infobox 2). Online-Rechner, anschauliche Rechenbeispiele und Entscheidungsbäume zur Interpretation der Testergebnisse, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, verdeutlichen diese Zusammenhänge [13, 17, 18]. Zusätzlich zu Antikörpertests werden in vielen seroepidemiologischen Studien auch Tests auf akute Infektionen durchgeführt (direkter Erregernachweis in Nasen-/Rachen-Abstrichen, in der Regel mittels Polymerase-Ketten-Reaktion, PCR). Die Summe der zu einem Zeitpunkt PCR-positiven Fälle und der Antikörper-positiven Fälle ist in

**Seroepidemiologische Studien untersuchen, wie viele Personen in einer Bevölkerung bereits eine Infektion durchgemacht haben, und schließen dabei auch nicht erkannte Infektionen ein.**

bevölkerungsepidemiologischen Studien die beste verfügbare Annäherung an die Gesamtzahl der bislang mit SARS-CoV-2 infizierten Personen.

### 3. Seroepidemiologische Studien in Deutschland

In Deutschland werden aktuell eine ganze Reihe von Studien geplant und durchgeführt, in denen die Seroprävalenz von SARS-CoV-2 bestimmt wird. Das Spektrum der Studien umfasst sowohl Quer- als auch Längsschnittstudien, die lokal und regional sehr unterschiedliche Studienpopulationen adressieren. Um ein aussagekräftiges Gesamtbild des SARS-CoV-2-Infektionsgeschehens in Deutschland zeichnen zu können, stellt das Robert Koch-Institut (RKI) auf seiner Webseite eine Übersicht seroepidemiologischer Studien in Deutschland zusammen, die laufend aktualisiert wird ([www.rki.de/covid-19-ak-studien](http://www.rki.de/covid-19-ak-studien)). Die Informationen basieren auf den Angaben der Studienleitungen, die nach den in Kapitel 2.1 beschriebenen Recherchen vom RKI kontaktiert werden. Angeschrieben wurden mit Stand 25.06.2020 insgesamt 40 Studien. Der vorliegende Artikel basiert auf 24 Studien, für die eine Antwort bereits vorlag. Informationen über weitere Studien können dem RKI über ein [Kontaktformular](#) auf der Webseite mitgeteilt werden. Veröffentlichte ausführliche Studienprotokolle lagen für drei der gelisteten Studien vor, eine Registrierung beim Deutschen Register Klinischer Studien besteht für sieben der Studien. Zu diesem Zeitpunkt gab es einen als peer-reviewtes wissenschaftliches Manuskript publizierten Ergebnisbericht [25] sowie zwei Studien, deren Ergebnisse als wissenschaftliche Manuskripte vorab veröffentlicht wurden [26, 27].

Verschiedene Einschlussverfahren (Rekrutierung) sind in den Studienprotokollen beschrieben: Vollerhebungen kleinerer Grundgesamtheiten, Zufallsstichproben basierend auf Einwohnermeldeamtregistern, Haushaltsstichproben im Random-Walk-Verfahren bis hin zu nicht-zufälligen Studieneinschlüssen (Convenience samples) wie Freiwilligenstichproben mit unterschiedlichen Rekrutierungsansätzen. Es werden semiquantitative Verfahren mittels Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA), quantitative Immunfluoreszenztests und Luciferase-Immunopräzipitations-Tests (LIPS-Assay) eingesetzt. Nur von einer Erhebung ist bislang bekannt, dass ein Schnelltestverfahren (Lateral-Flow-Test) verwendet werden soll. Zur Bestätigung positiver Antikörpertests wird in einigen der Studien der Neutralisationstest eingesetzt.

Die Deutschlandkarte ([Abbildung 1](#)) zeigt auf Basis der eingegangenen Informationen (Stand 25.06.2020) zur Abfrage für die Webseite des RKI, wo derzeit in Deutschland seroepidemiologische Studien durchgeführt werden.

#### 3.1 Studien in der Allgemeinbevölkerung

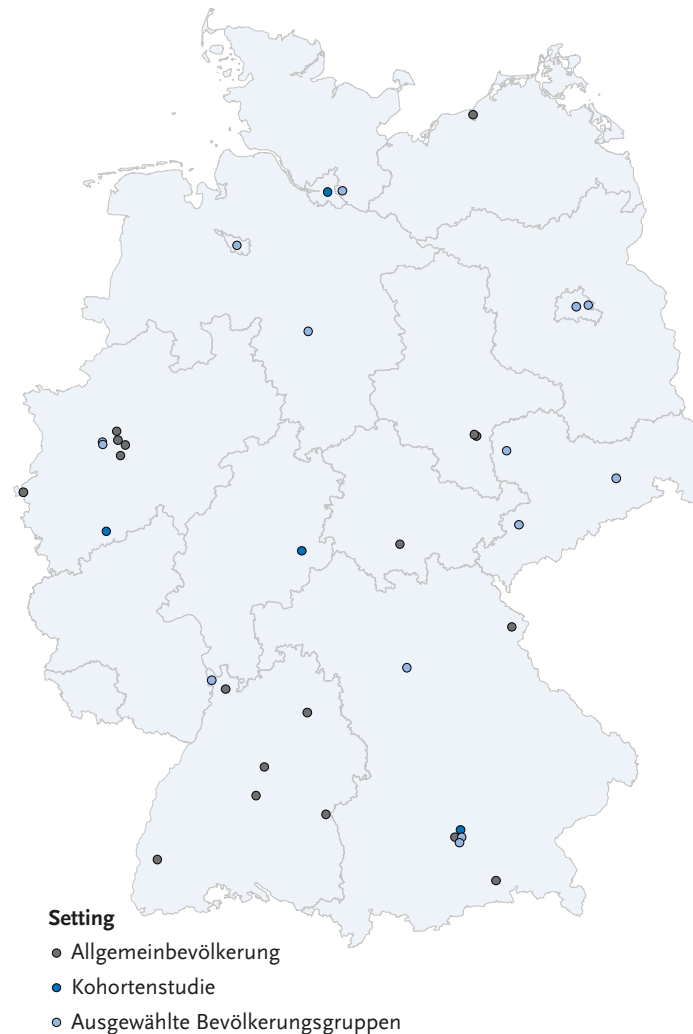
Es wurden bisher 13 seroepidemiologische Studien mit Stichproben aus der Allgemeinbevölkerung identifiziert und auf der Webseite dargestellt, davon drei aus Gemeinden mit hohem Ausbruchsgeschehen („Hotspots“) und zehn aus größeren Städten oder Regionen.

Die von der Universität Bonn durchgeführte Seroprävalenzstudie in der Gemeinde Gangelt im Kreis Heinsberg, Nordrhein-Westfalen, hat als erste Studie in der Allgemeinbevölkerung Ergebnisse zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in einem Ort mit hohem Ausbruchsgeschehen



**Abbildung 1**  
**Seroepidemiologische Studien in Deutschland,**  
**Ergebnisse der Abfrage des**  
**Robert Koch-Instituts (Stand: 25.06.2020)**  
 Quelle: Eigene Darstellung

**Die Stichprobe und die verwendeten Tests können die Ergebnisse erheblich beeinflussen.**



in Deutschland berichtet. Basierend auf mehr als 900 ELISA-IgG-Ergebnissen einschließlich grenzwertig positiver Ergebnisse, ergänzt durch PCR-Testung, wurde für Gangelgert, dass 15,5 % der Einwohnerinnen und Einwohner bereits mit SARS-CoV-2 infiziert waren. Weitere wichtige

Ergebnisse sind ein Anteil von 22,2 % asymptomatischen Infektionen sowie eine Untererfassung der infizierten Personen (80 % Meldedaten-Dunkelziffer, das heißt, die gefundene Seroprävalenz von 15,5 % lag etwa um den Faktor 5 über der anhand der Meldedaten ermittelten Prävalenz). Die Infektionssterblichkeit in Gangelgert bis Anfang April wurde mit 0,36 % berechnet [27]. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse der Gangelgert-Studie wie auch der noch folgenden „Hotspot“-Studien auf ganz Deutschland ist nicht möglich.

Eine weitere „Hotspot“-Studie hat im Juni 2020 im Landkreis Tirschenreuth in Bayern begonnen (TiKoCo, Seroprävalenz und -inzidenz Studie im Landkreis Tirschenreuth) und ist als wiederholte Querschnittuntersuchung geplant [28].

Das RKI führt die Studie CORONA-MONITORING lokal [29] in vier besonders durch die Epidemie betroffenen Orten durch. Erhoben werden die Daten sowohl durch Direktnachweis einer SARS-CoV-2-Infektion (PCR) als auch durch Bestimmung von IgG-Antikörpern gegen das Virus mit Bestätigung im Neutralisationstest. Neben einer Abschätzung der Seroprävalenz, der Meldedaten-Dunkelziffer und der asymptomatischen Infektionen, die Aussagen über die tatsächliche Verbreitung der Infektion in der Bevölkerung ermöglichen, sollen Einflussfaktoren für symptomatische und asymptomatische Verläufe, für Folgen der Infektion sowie für verschiedene Übertragungsdynamiken abgeschätzt werden. Im Mai 2020 hat die Studie in der Gemeinde Kupferzell (Hohenlohekreis) begonnen und wurde im Juni in der Gemeinde Bad Feilnbach im Landkreis Rosenheim fortgesetzt; untersucht wurden und werden an jedem der vier Orte 2.000 zufällig ausgewählte Erwachsene [29].

**In Deutschland wurden bis Ende Juni 2020 bereits mehr als 40 seroepidemiologische Studien in unterschiedlichen Settings und mit unterschiedlichen Methoden begonnen.**

Auch das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung führt örtlich begrenzte „Hotspot-Studien“ durch, unter anderem mit dem Ziel, in repräsentativen Stichproben die Immunität in der Bevölkerung vor Ort abzuschätzen und sowohl geografische Unterschiede als auch die zeitliche Entwicklung zu bewerten. Gestartet wurde Anfang Juli mit einer Studie im Landkreis Reutlingen. In den nächsten Monaten sollen sieben weitere Landkreise folgen [30].

Daneben sind in Städten durchgeführte Studien zu beachten. Die Studie Prospektive COVID-19 Kohorte München (KoCo19), die von der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) durchgeführt wird, hat die erste querschnittliche Datenerhebung in 3.003 zufällig ausgewählten Haushalten in München abgeschlossen. Ergebnisse werden ab Ende Juli erwartet und die Studie wird als Längsschnittuntersuchung fortgesetzt [31, 32].

Zwei Studien in Halle (COVID-19 Antikörperstatus Halle/Saale und die Bevölkerungsbasierte Forschungsplattform für COVID-19 Epidemie), die im Mai 2020 in Stuttgart gestartete Studie Ausbreitung des neuen Coronavirus (SARS-CoV-2) und die gesundheitlichen Folgen [33] und die COVID-19-Studie in Neustadt am Rennsteig sind ebenso wie eine Studie mit Fokus auf Mütter mit Kindern unter zehn Jahren in Rostock [34] sowie eine an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg koordinierte Studie an Schwangeren in Franken [35] weitere Studien in der – hauptsächlich – erwachsenen Allgemeinbevölkerung auf lokaler und regionaler Ebene.

Weitere größere Studien sind angekündigt. Eine vom RKI gemeinsam mit dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) geplante bundesweite

seroepidemiologische Studie (CORONA-MONITORING bundesweit) sieht vor, die vorhandene Infrastruktur des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) des DIW zu nutzen und bei etwa 30.000 Personen, die bereits am SOEP teilnehmen, Befragungen durchzuführen. Zusätzlich sollen Proben für einen PCR-Abstrich und einen IgG-Antikörpertest über Test-Kits von den Teilnehmenden selbst entnommen werden (Selbstbeprobung).

### 3.2 Studien in ausgewählten Gruppen

Zeitnah und in stetig zunehmender Zahl werden auch Studien in ausgewählten Bevölkerungsgruppen durchgeführt, etwa bei Beschäftigten im Gesundheitswesen, Angestellten, Bewohnerinnen und Bewohnern von Einrichtungen oder bei nicht wegen COVID-19 aufgenommenen Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern. So gibt es in München, Reinbek, Hannover und Fulda Studien, bei denen Krankenhauspersonal untersucht wird, in den ersten beiden Studien als Vollerhebung. Eine Bremer Studie fokussiert auf Beschäftigte des Öffentlichen Dienstes.

Standardisiert ausgewählte Blutspendeeseren stellen eine relativ niedrigschwellige Basis für seroepidemiologische Studien dar. Eine Untersuchung des RKI in Kooperation mit Blutspendediensten ([SeBluCo](#)) zielt seit April 2020 darauf ab, in 14-tägigem Abstand in 29 Testregionen jeweils 5.100 Blutproben aus Spenden von Erwachsenen aus ganz Deutschland zu untersuchen und so die Entwicklung der Virusausbreitung über die Zeit zu verfolgen, wobei Blutspenderinnen und Blutspender ein gutes Proxy (stellvertretendes Maß) für die gesunde allgemeine Erwachsenenbevölkerung darstellen.

Einige Studien nutzen bestehende Kohorten von etablierten Langzeitstudien, um Studienteilnehmende zu gewinnen, wie zum Beispiel die Rheinland Studie [36], das COVID-19-Modul der City Health Study in Hamburg und die Studie Frida-COVID19. Dieser Zugang ist auch für die NAKO Gesundheitsstudie möglich, die bereits mit Befragungen der Teilnehmenden begonnen hat [37]. Die detaillierten Informationen, die zu den Teilnehmenden an Kohortenstudien bereits vorliegen, eignen sich besonders gut zur Untersuchung von Risikofaktoren für eine Infektion beziehungsweise für bestimmte Verläufe.

#### 4. Seroepidemiologische Studien in anderen Ländern

Seroepidemiologische Studien sind beginnend ab März und vermehrt ab April 2020 in sehr kurzer Zeit und mit den jeweils verfügbaren Antikörpertests in vielen Ländern gestartet worden. Eine Zusammenstellung internationaler Studien wird von einer Gruppe von Forscherinnen und Forschern von sechs renommierten internationalen Universitäten kontinuierlich aktualisiert und auf einem sogenannten Dashboard dargestellt sowie durch eine tabellarische Aufstellung von methodischen Details, wichtigen Ergebnissen und Links zu Berichten oder Publikationen ergänzt [38]. Zudem wurden die ersten identifizierten 23 Studien (Stand 01.05.2020) für eine schnelle Zusammenführung vorliegender Evidenz in Form eines sogenannten systematischen Rapid Reviews kritisch bewertet und als Preprint publiziert. Dabei wurde vor allem auf die große methodische Heterogenität, insbesondere bezüglich verwendeter Tests, Stichprobenzugänge und Fallzahlen dieser frühen Studien hingewiesen [39]. Zu einigen Studien lagen oder

liegen zunächst nur Medienberichte vor, teilweise sind (Zwischen-)Ergebnisse bekannt geworden, bevor das Studiendesign veröffentlicht wurde, wobei ebenfalls über Medien einschließlich sozialer Medien auch eine kritische Aufarbeitung erfolgt ist [40].

Eine neuere Zusammenstellung europäischer Studien wurde vom ECDC im Rapid Risk Assessment vom 11.06.2020 veröffentlicht [41]. In der Zusammenschau zeigen die meisten regionalen Studien aus der Allgemeinbevölkerung oder Studien mit Blutspendeeseren meist einstellige Seroprävalenzen [39, 41–43]. Außergewöhnlich stark von Ausbruchsgeschehen betroffene Regionen wie zum Beispiel die Tiroler Gemeinde Ischgl und der italienische Ort Bergamo zeigen mit 42,4% (Ischgl) und 57% (Bergamo) jedoch deutlich höhere Seroprävalenzen in der Bevölkerung [44, 45].

Auch im Zusammenhang mit Risikofaktoren wie der Zugehörigkeit zu Gesundheitsberufen in stark betroffenen Regionen sind Seroprävalenzen von etwa 33% aus New York City und aus Bergamo berichtet worden [45, 46]. Innerhalb stärker betroffener Regionen konnten auch deutliche soziale Unterschiede gezeigt werden [47, 48]. Noch höhere Zahlen müssen zum jetzigen Zeitpunkt zunächst methodisch kritisch hinterfragt werden, etwa wenn in Hotspots schnelle Studien mit wenigen freiwilligen Teilnehmenden durchgeführt werden [49] oder wenn ein Schulausbruch nachträglich serologisch untersucht wird [50].

Ab Mai 2020 ist der Start großer nationaler Seroprävalenzstudien in verschiedenen Ländern bekannt geworden, zum Beispiel in den USA [51], Italien [52], Spanien und dem Vereinigten Königreich [53]. Die aus Spanien bereits vorliegenden Ergebnisse zeigen für die zweite Erhebungswelle



## Mit Blick auf Kinderbetreuungseinrichtungen und Schulen besteht ein dringender Bedarf an Daten zum Infektionsgeschehen bei Kindern und Jugendlichen.

der Studie mit 63.564 Teilnehmenden in 52 Regionen eine Seroprävalenz von durchschnittlich 5,2% mit großen regionalen Unterschieden bis zu einer Seroprävalenz von 14,7% [54]. Aus dem Vereinigten Königreich wird eine Seroprävalenz von 5% oder höher, und aus London von 17% als Zwischenergebnis berichtet [53].

Neuere Erkenntnisse deuten darauf hin, dass sich SARS-CoV-2 bereits von Januar 2020 an über die Grenzen Asiens hinaus verbreitet hat [55, 56]. Dies trifft auch auf einige Länder des afrikanischen Kontinents zu. Der Großteil der afrikanischen Länder befindet sich derzeit in einer vermeintlich frühen Phase des Ausbruchsgeschehens mit ansteigenden Fallzahlen. Jedoch zeigten sich in einigen Ländern bereits zuvor vermehrt respiratorische Infektionen [57]. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten im Bereich der öffentlichen Gesundheit und der Surveillance in vielen Staaten wäre eine unentdeckte Ausbreitung von COVID-19 bereits vor April 2020 möglich. In diesem Zusammenhang würde die Bestimmung der sub-nationalen Seroprävalenzen unter anderem in der afrikanischen, aber auch südamerikanischen Bevölkerung zur Entwicklung nationaler und regionaler COVID-19-Eindämmungsstrategien beitragen können (zu einer ersten Studie in Brasilien siehe [58]). Im Rahmen von bereits bestehenden Projekten unterstützt das RKI derzeit eine Reihe von Ländern, mit Schwerpunkt auf dem afrikanischen Kontinent, in der Vorbereitung und Durchführung von Seroprävalenzstudien, unter anderem in Malawi und Nigeria.

### 5. Seroepidemiologische Studien bei Kindern

Im Vergleich zu Erwachsenen verläuft die COVID-19-Erkrankung bei Kindern häufiger asymptomatisch oder nur

mit milden Symptomen. Deshalb wird bei ihnen weniger häufig eine akute SARS-CoV-2-Infektion mittels direktem Erregernachweis festgestellt [59–62]. Vor diesem Hintergrund sind seroepidemiologische Studien insbesondere bei Kindern von großer Bedeutung, da sie unabhängig von Erkrankungssymptomen der Frage nachgehen, wer bereits eine Infektion mit SARS-CoV-2 durchgemacht hat. Gerade im Hinblick auf die Wiederaufnahme des Regelbetriebs von Kinderbetreuungseinrichtungen und Schulen besteht derzeit dringender Bedarf an validen Daten zum SARS-CoV-2-Antikörperstatus bei Kindern und Jugendlichen, idealerweise im zeitlichen Verlauf.

In Deutschland werden momentan einige seroepidemiologische Studien mit unterschiedlichem Studiendesign bei Kindern durchgeführt. Eine Studie, die sich auf Kinder konzentriert, ist die Studie bei 1- bis 10-Jährigen in Baden-Württemberg (Freiwilligenstichprobe). Nach ersten Zwischenergebnissen auf Basis von 2.466 bisher untersuchten Elternteil-Kind-Paaren, lag die Seroprävalenz für 1- bis 5-Jährige bei 0,6% (7/1.120), für 6- bis 10-Jährige bei 0,9% (12/1.346) und für Eltern bei 1,8% (45/2.466) [63]. Weitere Studien in der Allgemeinbevölkerung, die Kinder einschließen, sind beispielsweise eine Studie in Stuttgart (Einwohnermeldeamtstichprobe,  $\geq 5$  Jahre) und die KoCo19-Kohortenstudie in München (Random-Walk-Haushaltsstichprobe). Im Rahmen der Corkid-Studie im Ruhrgebiet sollen 3.000 Kinder und Jugendliche bis 18 Jahre eingeschlossen werden, bei denen im Rahmen von Vorsorgeuntersuchungen der Antikörperstatus bestimmt wird [64].

Zu den Antikörperstudien in ausgewählten Bevölkerungsgruppen zählen die Schulerhebung CORONA bei

**Erst die zusammenführende Bewertung der Ergebnisse der derzeit durchgeführten sowie zukünftigen Studien wird ein umfassendes Bild ergeben.**

Kindern der ersten bis achten Klasse in Leipzig, Dresden und Zwickau [65]. Eine Zeitreihenuntersuchung in 14 großen Kinderkliniken aus ganz Deutschland rekrutiert Patientinnen und Patienten von 0 bis 18 Jahren [66]. Untersuchungen auf SARS-CoV-2-Antikörper bei Kindern werden außerdem im Rahmen der bereits bestehenden Frida-Kohortenstudie bei 2- bis 10-Jährigen in Bayern durchgeführt, einer Kinderkohorte zur Früherkennung des Typ-1-Diabetes [67]. Eine weitere Studie ist in Kooperation zwischen dem Deutschen Jugendinstitut (DJI) und dem RKI angelaufen (Corona-KiTa-Studie). Sie konzentriert sich auf Kinder in Kindertageseinrichtungen und soll unter anderem die Frage klären, wie stark das Öffnungsgeschehen in der (erweiterten) Notbetreuung bis zum eingeschränkten Regelbetrieb mit gehäuften Infektionen bei Kindern und beteiligten Erwachsenen einhergeht.

International liegen erste seroepidemiologische Ergebnisse für Kinder aus der Schweiz und Schweden vor. Die SEROCOv-POP-Studie im Kanton Genf ist eine bevölkerungsrepräsentative Studie zufällig ausgewählter ehemaliger Teilnehmenden des jährlichen Gesundheitssurveys des Kantons Genf und ihrer Haushaltsmitglieder ( $\geq 5$  Jahre). Von geplanten zwölf aufeinanderfolgenden wöchentlichen Sero-surveys liegen die Prävalenzen für SARS-CoV-2-Antikörper nach fünf Wochen (06.04.–09.05.2020) für 5- bis 9-Jährige ( $n=123$ ) bei 0,8% und für 10- bis 19-Jährige ( $n=332$ ) bei 9,6%. Zum Vergleich, die entsprechende Prävalenz für 20- bis 49-Jährige ( $n=1.096$ ) liegt bei 9,9% [42]. Als aktuelle Zwischenergebnisse einer schwedischen Studie mit Restseren (aus anderen Untersuchungen verbliebene Serumproben) aus der ambulanten Versorgung wurden für den Erhebungszeitraum 11.–17.05.2020 für 0- bis 19-Jährige

7,5%, für 20- bis 64-Jährige 6,5% und für die Altersgruppe ab 65 Jahre 2,9% Seroprävalenz berichtet. Diese Ergebnisse sind insbesondere deshalb bedeutsam, da anders als in fast allen anderen Ländern die meisten Schulen und die Kinderbetreuungseinrichtungen in Schweden seit Ausbruch der Pandemie nicht geschlossen wurden [68].

## 6. Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine Vielzahl von seroepidemiologischen Studien zu SARS-CoV-2 in Deutschland und international gestartet wurden, um drängenden Fragen nachzugehen, insbesondere zur Seroprävalenz in besonderen Settings, Regionen und Bevölkerungsgruppen. Aufgrund der hohen psychosozialen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kosten eines generellen Lockdowns besteht ein besonderes Interesse an der regional differenzierten Dynamik des Infektionsgeschehens, auch im Kontext der getroffenen Maßnahmen. Dabei zeigen die ersten (Zwischen-)Ergebnisse jedoch konsistent, dass noch in keinem Land die erhoffte Herdenimmunität auch nur annähernd erreicht ist [69].

Die Kritik an einigen dieser frühen Studien sowie an der beschleunigten und stellenweise stark verkürzten Berichterstattung hat ein breiteres Verständnis für die Möglichkeiten und Grenzen seroepidemiologischer Studien sowie für die Bedeutung der Studienmethodik geweckt. Die methodische Weiterentwicklung ist bereits an dem Update des WHO-Protokolls für bevölkerungsbezogene serologische Studien [12] sowie an den internationalen Standardisierungs- und Reporting-Aktivitäten ersichtlich [38, 39]. Eine hohe Zahl weiterer regionaler seroepidemiologischer

Studien wäre allein zur Beantwortung der Frage nach dem Erreichen einer lokalen Herdenimmunität zu diesem Zeitpunkt zu hinterfragen. Umso wichtiger erscheinen jedoch weitere Forschungsfragen seroepidemiologischer Studien, etwa zur Verbreitungsdynamik, zu Höhe und Muster der Untererfassung von Infektionen in den Meldedaten, zu altersgruppenspezifischen Anteilen asymptomatisch infizierter Personen, zu Risiko- und Schutzfaktoren für eine Infektion, zu Antikörperverläufen über die Zeit und zu Langzeitfolgen der Infektion.

Unter Berücksichtigung der Heterogenität der Studiendesigns und Stichproben sowie der Laborverfahren können Ergebnisse aus seroepidemiologischen Studien in verschiedenen Regionen und Settings zunehmend auch für prognostische Modellierungen der Pandemie genutzt werden [14, 70]. Dabei gilt es in dem hohen, von dem Pandemiegeschehen vorgegebenen Tempo zu erkennen, wann Studien vor allem lokale oder zeitlich einzigartige Geschehnisse aufzeigen und wann es sich um verallgemeinerbare Muster handelt. Das Zusammenwirken der verschiedenen Studien und die gemeinsame Ableitung weiterer Forschungsfragen werden wichtig sein, um zu einem besseren Verständnis der Pandemiedynamik zu gelangen und eine epidemiologische Datenbasis zu liefern, die zur Gestaltung von wirkungsvollen und verhältnismäßigen Maßnahmen beitragen kann.

**Korrespondenzadresse**

PD Dr. Hannelore Neuhauser  
Robert Koch-Institut  
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring  
General-Pape-Str. 62–66  
12101 Berlin  
E-Mail: [NeuhauserH@rki.de](mailto:NeuhauserH@rki.de)

**Zitierweise**

Poethko-Müller C, Prütz F, Buttman-Schweiger N, Fiebig J, Sarganas G et al. (2020) Studien zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in Deutschland und international. *Journal of Health Monitoring* 5(S4): 2–16. DOI 10.25646/7023

**Förderungshinweis**

Der Aufbau der Webseite zu seroepidemiologischen Studien in Deutschland und das vorliegende Manuskript wurden aus Eigenmitteln des Robert Koch-Instituts finanziert.

**Interessenkonflikt**

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Danksagung**

Wir danken den Studienleitungen für die Bereitstellung von Informationen. Martin Thißen danken wir für die Erstellung der Karte und dem Team der RKI-Bibliothek für die Unterstützung bei der Literatursuche.

## Literatur

1. Cheng MP, Yansouni CP, Basta NE et al. (2020) Serodiagnostics for Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus-2: A Narrative Review. *Ann Intern Med* (efirst)
2. Winter AK, Hegde ST (2020) The important role of serology for COVID-19 control. *Lancet Infect Dis* 20(7): 758-759
3. Gandhi M, Yokoe DS, Havlir DV (2020) Asymptomatic Transmission, the Achilles' Heel of Current Strategies to Control Covid-19. *N Engl J Med* 382(22):2158-2160
4. Altmann DM, Douek DC, Boyton RJ (2020) What policy makers need to know about COVID-19 protective immunity. *Lancet* 395(10236):1527-1529
5. Kirkcaldy RD, King BA, Brooks JT (2020) COVID-19 and Postinfection Immunity: Limited Evidence, Many Remaining Questions. *JAMA* 323(22):2245-2246
6. World Health Organization (WHO) (2020) Coronavirus disease (COVID-19) technical guidance: The Unity Studies: Early Investigations Protocols. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/early-investigations> (Stand: 22.06.2020)
7. Hoffmann W, Latza U, van den Berg N et al. (2018) Leitlinien und Empfehlungen zur Sicherung von Guter Epidemiologischer Praxis (GEP) – Überarbeitete Fassung 2018. [https://www.dgepi.de/assets/Leitlinien-und-Empfehlungen/Leitlinien\\_fuer\\_Gute\\_Epidemiologische\\_Praxis\\_GEP\\_vom\\_September\\_2018.pdf](https://www.dgepi.de/assets/Leitlinien-und-Empfehlungen/Leitlinien_fuer_Gute_Epidemiologische_Praxis_GEP_vom_September_2018.pdf) (Stand: 25.06.2020)
8. Horby PW, Laurie KL, Cowling BJ et al. (2017) CONSIDER statement on the reporting of Seroepidemiologic Studies for influenza (ROSES-I statement): an extension of the STROBE statement. *Influenza Other Respir Viruses* 11(1):2-14
9. Robert Koch-Institut (RKI) (2020) Hinweise zur Testung von Patienten auf Infektion mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2. [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Vorl\\_Testung\\_nCoV.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Vorl_Testung_nCoV.html) (Stand: 25.06.2020)
10. Kellam P, Barclay W (2020) The dynamics of humoral immune responses following SARS-CoV-2 infection and the potential for reinfection. *J Gen Virol* (efirst)
11. Sethuraman N, Jeremiah SS, Ryo A (2020) Interpreting Diagnostic Tests for SARS-CoV-2. *JAMA* (efirst)
12. World Health Organization (WHO) (2020) Population-based age-stratified seroepidemiological investigation protocol for coronavirus 2019 (COVID-19) infection. Version: 2.0. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Seroepidemiology-2020.2> (Stand: 25.06.2020)
13. Horvath K, Semlitsch T, Jeitler K et al. (2020) Antibody tests for COVID-19: What the results tell us. *Z Evid Fortbild Qual Gesundh wesen* (efirst)
14. Bryant JE, Azman AS, Ferrari MJ et al. (2020) Serology for SARS-CoV-2: Apprehensions, opportunities, and the path forward. *Sci Immunol* 5(47)
15. Kofler N, Baylis F (2020) Ten reasons why immunity passports are a bad idea. *Nature* 581(7809):379-381
16. Saah AJ, Hoover DR (1997) "Sensitivity" and "specificity" reconsidered: the meaning of these terms in analytical and diagnostic settings. *Ann Intern Med* 126(1):91-94
17. Cheng MP, Papenburg J, Desjardins M et al. (2020) Diagnostic Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2: A Narrative Review *Ann Intern Med* 172(11):726-734
18. Morgan D (2020) Medical Test Calculator. Better understand test results. <https://calculator.testingwisely.com/playground/5/90/90/positive> (Stand: 24.06.2020)
19. Der Arzneimittelbrief (2020) SARS-CoV-2-Antikörper-Tests: Vorsichtige Interpretation der Ergebnisse, keine Schnelltests! *Der Arzneimittelbrief* 54 (5)
20. Arznei-Telegramm (2020) Was bringen Tests auf Antikörper gegen SARS-CoV-2? 51:41–43
21. Foundation for Innovative New Diagnostics (FIND) (2020) SARS-CoV-2 Diagnostic Pipeline. <http://www.finddx.org/covid-19/pipeline/> (Stand: 15.07.2020)
22. European Commission (2020) Current performance of COVID-19 test methods and devices and proposed performance criteria – Working document of Commission services. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/40805?locale=de> (Stand: 24.06.2020)
23. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) (2020) Angezeigte Tests zum neuartigen Coronavirus (SARS-CoV-2) in Deutschland und Europa. <https://www.dimdi.de/dynamic/de/medizinprodukte/datenbank-recherche/corona-tests/> (Stand: 24.06.2020)

24. Frasier SL (2020) Coronavirus Antibody Tests Have a Mathematical Pitfall. The accuracy of screening tests is highly dependent on the infection rate.  
[https://www.scientificamerican.com/article/coronavirus-antibody-tests-have-a-mathematical-pitfall/?utm\\_source=Nature+Briefing&utm\\_campaign=2426c56bed-briefing-dy-20200617&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_c9dfd39373-2426c56bed-45425886](https://www.scientificamerican.com/article/coronavirus-antibody-tests-have-a-mathematical-pitfall/?utm_source=Nature+Briefing&utm_campaign=2426c56bed-briefing-dy-20200617&utm_medium=email&utm_term=0_c9dfd39373-2426c56bed-45425886)  
(Stand: 24.06.2020)
25. Korth J, Wilde B, Dolff S et al. (2020) SARS-CoV-2-specific antibody detection in healthcare workers in Germany with direct contact to COVID-19 patients. *J Clin Virol* 128: 104437
26. Kraehling V, Kern M, Halwe S et al. (2020) Epidemiological study to detect active SARS-CoV-2 infections and seropositive persons in a selected cohort of employees in the Frankfurt am Main metropolitan area. medRxiv:  
<https://doi.org/10.1101/2020.05.20.20107730>  
(Stand: 20.07.2020)
27. Streeck H, Schulte B, Kuemmerer B et al. (2020) Infection fatality rate of SARS-CoV-2 infection in a German community with a super-spreading event. medRxiv:  
<https://doi.org/10.1101/2020.05.04.20090076>  
(Stand: 20.07.2020)
28. Universität Regensburg (2020) Pressemitteilung. Gemeinsam gegen Corona. Start der Antikörperstudie zu bislang unerkannten COVID-19-Infektionen im Landkreis Tirschenreuth.  
<https://www.uni-regensburg.de/pressearchiv/pressemitteilung/1066465.html> (Stand: 24.06.2020)
29. Lampert T, Santos-Hövenner C (2020) Seroepidemiologische Studie zur Verbreitung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung an besonders betroffenen Orten in Deutschland – CORONA-MONITORING lokal. Studienprotokoll, Entwurf (Stand 15.5.2020).  
<https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/cml-studie/Fachinformationen/Studienprotokoll.htm>  
(Stand: 25.06.2020)
30. Helmholtz Zentrum für Infektionsforschung (HZI) (2020) News. Start der bundesweiten Antikörperstudie des HZI. Landkreis Reutlingen ist die erste Region für Untersuchung der Seroprävalenz in der Bevölkerung.  
<https://www.helmholtz-hzi.de/de/aktuelles/news/news-detail/article/complete/start-der-bundesweiten-seropraevalenzstudie-des-hzi/> (Stand: 30.06.2020)
31. Radon K, Saathoff E, Pritsch M et al. (2020) Protocol of a population-based prospective COVID-19 cohort study Munich, Germany (KoCo19). *BMC Public Health* (2020) 20:1036
32. Michael Hölscher (2020) Kolloquium „Statistische Methoden in der empirischen Forschung“ zur Corona-Krise. GEMEINSAM GEGEN COVID: Prospektive COVID-19 Kohorte München (KoCo19).  
<https://www.youtube.com/watch?v=egBRDEJyibE&feature=youtu.be>  
(Stand: 24.06.2020)
33. Klinikum Stuttgart (2020) Presseinformation. Studie zur Verbreitung des Corona-Virus in Stuttgart Stichprobenuntersuchung von 1000 Einwohnern angelaufen.  
<https://www.klinikum-stuttgart.de/aktuell-im-klinikum/presse/presseinformation/studie-zur-verbreitung-des-corona-virus-in-stuttgart> (Stand: 24.06.2020)
34. Universitätsmedizin Rostock (2020) Pressemitteilung. Rostocker Studie soll die Covid-Infektionen bei Kindern und Familien aufklären.  
<https://www.med.uni-rostock.de/medien/pressemitteilungen/aktuelles/news/rostocker-studie-soll-die-covid-infektionen-bei-kindern-und-familien-aufklaeren> (Stand: 24.06.2020)
35. Deutsches Register Klinischer Studien (2020) Studiendokument der Studie DRKS00022088: Prävalenz von SARS-CoV-2 (COVID-19) in der Schwangerschaft und bei Geburt in Franken.  
[https://www.drks.de/drks\\_web/navigate.do?navigationId=trial.HTML&TRIAL\\_ID=DRKS00022088](https://www.drks.de/drks_web/navigate.do?navigationId=trial.HTML&TRIAL_ID=DRKS00022088) (Stand: 24.06.2020)
36. Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen e.V. (DZNE) (2020) Rheinland Studie. Die Corona-Studie.  
<https://www.rheinland-studie.de/die-studie/die-corona-studie.html> (Stand: 24.06.2020)
37. NAKO e.V. (2020) Sonderfragebogen COVID-19.  
<https://nako.de/studienteilnehmer/das-untersuchungsprogramm/gesundheitsfragebogen/sonderfragebogen-covid-19/>  
(Stand: 30.06.2020)
38. SeroTracker (2020) Online Plattform zur Visualisierung von Ergebnissen aus Serosurveys.  
<https://serotracker.com> (Stand: 25.06.2020)
39. Bobrovitz N, Arora RK, Yan T et al. (2020) Lessons from a rapid systematic review of early SARS-CoV-2 serosurveys. medRxiv:  
<https://doi.org/10.1101/2020.05.10.20097451>  
(Stand: 20.07.2020)
40. Vogel G (2020) Antibody surveys suggesting vast undercount of coronavirus infections may be unreliable.  
<https://www.sciencemag.org/news/2020/04/antibody-surveys-suggesting-vast-undercount-coronavirus-infections-may-be-unreliable> (Stand: 24.06.2020)



41. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (2020) Rapid Risk Assessment. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in the EU/EEA and the UK – tenth update, 11 June 2020. <https://www.ecdc.europa.eu/en/current-risk-assessment-novel-coronavirus-situation> (Stand: 24.06.2020)
42. Stringhini S, Wisniak A, Piumatti G et al. (2020) Seroprevalence of anti-SARS-CoV-2 IgG antibodies in Geneva, Switzerland (SEROCoV-POP): a population-based study. *Lancet* (efirst)
43. Gudbjartsson DF, Helgason A, Jonsson H et al. (2020) Spread of SARS-CoV-2 in the Icelandic Population. *N Engl J Med* 382(24):2302-2315
44. Medizinische Universität Innsbruck (2020) PR & Medien. Ischgl-Studie: 42,4 Prozent sind Antikörper-positiv. <https://www.i-med.ac.at/pr/presse/2020/40.html> (Stand: 29.06.2020)
45. Kunkel C (2020) Wie viele Menschen waren bereits infiziert? <https://www.sueddeutsche.de/gesundheit/coronavirus-test-antikoerper-dunkelziffer-1.4932892> (Stand: 24.06.2020)
46. Mansour M, Levin E, Muellers K et al. (2020) Prevalence of SARS-CoV-2 Antibodies Among Healthcare Workers at a Tertiary Academic Hospital in New York City. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.05.27.20090811> (Stand: 20.07.2020)
47. FOX11News (2020) Governor: Antibody survey shows wide exposure to virus in NY. <https://fox11online.com/news/coronavirus/health-official-1-million-in-nyc-possibly-exposed-to-virus> (Stand: 24.06.2020)
48. Cuomo AM (2020) Pressroom: Amid Ongoing COVID-19 Pandemic, Governor Cuomo Announces Results of State's Antibody Testing Survey at Churches in Lower-Income NYC Communities of Color Show 27 Percent of Individuals Tested Positive for COVID-19 Antibodies. <https://www.governor.ny.gov/news/amid-ongoing-covid-19-pandemic-governor-cuomo-announces-results-states-antibody-testing-survey> (Stand: 24.06.2020)
49. Rodriguez A (2020) MGH Coronavirus Case Study In Chelsea Will Help Researchers Understand Immunity. <https://boston.cbslocal.com/2020/04/23/coronavirus-mgh-case-study-john-iafrate-herd-immunity/> (Stand: 25.06.2020)
50. Fontanet A, Tondeur L, Madec Y et al. (2020) Cluster of COVID-19 in northern France: A retrospective closed cohort study. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.04.18.20071134> (Stand: 20.07.2020)
51. Brown N (2020) Reuters Health News. Exclusive: CDC plans sweeping COVID-19 antibody study in 25 metropolitan areas. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-testing-cdc-exclus/exclusive-cdc-plans-sweeping-covid-19-antibody-study-in-25-metropolitan-areas-idUSKBN22U2TZ> (Stand: 26.06.2020)
52. Ministero della Salute (2020) Protocollo metodologico per un'indagine di siero-prevalenza sul SARS-CoV-2 condotta dal Ministero della salute dall'ISTAT Decreto Legge 10 maggio 2020 n.30. [http://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_campagneComunicazione\\_146\\_o\\_file.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_campagneComunicazione_146_o_file.pdf) (Stand: 26.06.2020)
53. Mahase E (2020) Covid-19: Roll out of 10m antibody tests to begin next week, government announces. *BMJ* 369:m2072
54. Ministerio de Sanidad (2020) ESTUDIO ENE-COVID19: SEGUNDA RONDA ESTUDIO NACIONAL DE SERO-EPIDEMIOLOGÍA DE LA INFECCIÓN POR SARS-COV-2 EN ESPAÑA. INFORME PRELIMINAR: 3 DE JUNIO DE 2020. [https://www.msbs.gob.es/ciudadanos/ene-covid/docs/ESTUDIO\\_ENE-COVID19\\_SEGUNDA\\_RONDA\\_INFORME\\_PRELIMINAR.pdf](https://www.msbs.gob.es/ciudadanos/ene-covid/docs/ESTUDIO_ENE-COVID19_SEGUNDA_RONDA_INFORME_PRELIMINAR.pdf) (Stand: 26.06.2020)
55. Deslandes A, Berti V, Tandjaoui-Lambotte Y et al. (2020) SARS-CoV-2 was already spreading in France in late December 2019. *Int J Antimicrob Agents* 55(6): 106006
56. Istituto Superiore di Sanità (2020) CS N°39/2020 – Studio ISS su acque di scarico, a Milano e Torino Sars-Cov-2 presente già a dicembre. [https://www.iss.it/primo-piano/-/asset\\_publisher](https://www.iss.it/primo-piano/-/asset_publisher) (Stand: 26.06.2020)
57. Menkir TF, Chin T, Hay JA et al. (2020) Estimating the number of undetected COVID-19 cases exported internationally from all of China. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20038331> (Stand: 20.07.2020)
58. Hallal P, Hartwig F, Horta B et al. (2020) Remarkable variability in SARS-CoV-2 antibodies across Brazilian regions: nationwide serological household survey in 27 states. medRxiv: <https://doi.org/10.1101/2020.05.30.20117531> (Stand: 20.07.2020)
59. Mehta NS, Mytton OT, Mullins EWS et al. (2020) SARS-CoV-2 (COVID-19): What do we know about children? A systematic review. *Clin Infect Dis*:ciaa556
60. Fretheim A (2020) The role of children in the transmission of SARS-CoV-2-19 – a rapid review. Folkehelseinstituttet/Norwegian Institute of Public Health, Oslo

61. Robert Koch-Institut (RKI) (2020) Laborbasierte Surveillance von SARS-CoV-2. Wochenbericht vom 02.06.2020.  
[https://ars.rki.de/Docs/SARS\\_CoV2/Wochenberichte/20200602\\_Wochenbericht.pdf](https://ars.rki.de/Docs/SARS_CoV2/Wochenberichte/20200602_Wochenbericht.pdf) (Stand: 26.06.2020)
62. Robert Koch-Institut (RKI) (2020) Wiedereröffnung von Bildungseinrichtungen – Überlegungen, Entscheidungsgrundlagen und Voraussetzungen. Epid Bull 19:6–12
63. Debatin KM, Henneke P, Hoffmann GF et al. (2020) Prevalence of COVID-19 in children in Baden-Württemberg Preliminary study report.  
[https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/pressestelle/Kinderstudie/Prevalence\\_of\\_COVID-19\\_in\\_BaWu\\_.pdf](https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/pressestelle/Kinderstudie/Prevalence_of_COVID-19_in_BaWu_.pdf)  
(Stand: 26.06.2020)
64. Universitätskinderklinik Bochum (2020) CorKID: Serokonversionsrate von SARS-CoV-2 bei Kindern und Jugendlichen und ihren Eltern im Ruhrgebiet.  
<https://corkid.de/> (Stand: 26.06.2020)
65. Leipziger Forschungszentrum für Zivilisationserkrankungen (2020) LIFE Child: Schulerhebung „Corona“.  
<https://home.uni-leipzig.de/lifechild/> (Stand: 26.06.2020)
66. Medizinische Fakultät Mannheim (2020) Pressemitteilung. SARS-CoV-2 KIDS-Studie: Große multizentrische Studie mit Kindern und Jugendlichen.  
[https://www.umm.uni-heidelberg.de/medien/pressemitteilungen/pressemitteilung/?no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Bpointer%5D=1&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=3924&tx\\_ttnews%5Bttnews%5D=5489&cHash=8f7427c48084fce61e79f6896893eb10](https://www.umm.uni-heidelberg.de/medien/pressemitteilungen/pressemitteilung/?no_cache=1&tx_ttnews%5Bpointer%5D=1&tx_ttnews%5BbackPid%5D=3924&tx_ttnews%5Bttnews%5D=5489&cHash=8f7427c48084fce61e79f6896893eb10)  
(Stand: 26.06.2020)
67. Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH) (2020) Die Fr1daplus-Studie kombiniert mit Antikörpertest gegen SARS-CoV-2-Forschung in Bayern.  
<https://www.typ1diabetes-frueherkennung.de/informationen-fuer-aerzte/fr1daplus-sars-cov-2.html> (Stand: 26.06.2020)
68. Folkhälsomyndigheten (2020) Påvisning av antikroppar efter genomgången covid-19 i blodprov från öppenvården (Delrapport 1).  
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/9c5893f84bdo49e691562b9eeboca280/pavisning-antikroppar-genomgangen-covid-19-blodprov-oppenvarden-delrapport-1.pdf>  
(Stand: 01.07.2020)
69. Miller JC (2012) A note on the derivation of epidemic final sizes. Bull Math Biol 74(9):2125-2141
70. Larremore DB, Fosdick BK, Bubar KM et al. (2020) Estimating SARS-CoV-2 seroprevalence and epidemiological parameters with uncertainty from serological surveys. medRxiv:  
<https://doi.org/10.1101/2020.04.15.20067066>  
(Stand: 20.07.2020)

## Impressum

### Journal of Health Monitoring

#### Herausgeber

Robert Koch-Institut  
Nordufer 20  
13353 Berlin

#### Redaktion

Johanna Gutsche, Dr. Birte Hintzpeter, Dr. Franziska Prütz,  
Dr. Martina Rabenberg, Dr. Alexander Rommel, Dr. Livia Ryl,  
Dr. Anke-Christine Saß, Stefanie Seeling, Martin Thißen,  
Dr. Thomas Ziese  
Robert Koch-Institut  
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring  
Fachgebiet Gesundheitsberichterstattung  
General-Pape-Str. 62–66  
12101 Berlin  
Tel.: 030-18 754-3400  
E-Mail: [healthmonitoring@rki.de](mailto:healthmonitoring@rki.de)  
[www.rki.de/journalhealthmonitoring](http://www.rki.de/journalhealthmonitoring)

#### Satz

Gisela Dugnus, Kerstin Möllerke, Alexander Krönke

#### Bildnachweis

Aufnahme von SARS-CoV-2 auf Titel und Marginalspalte:  
© CREATIVE WONDER – stock.adobe.com

ISSN 2511-2708

#### Hinweis

Inhalte externer Beiträge spiegeln nicht notwendigerweise die  
Meinung des Robert Koch-Instituts wider.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer  
Creative Commons Namensnennung 4.0  
International Lizenz.



Das Robert Koch-Institut ist ein Bundesinstitut im  
Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit