

Projektbericht
Research Report

November 2020

Kostenoptimierung diverser Maßnahmen zur Bekämpfung der Covid-19 Pandemie

Thomas Czypionka
Markus Kraus

Unter Mitarbeit von

Nikolaus Heimerl
Bettina Koitz

Studie im Auftrag

Bundesministerium für Finanzen (BMF)



INSTITUT FÜR HÖHERE STUDIEN
INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES
Vienna



INSTITUT FÜR HÖHERE STUDIEN
INSTITUTE FOR ADVANCED STUDIES
Vienna

AutorInnen

Thomas Czypionka, Markus Kraus

Titel

Kostenoptimierung diverser Maßnahmen zur Bekämpfung der Covid-19 Pandemie

Kontakt

Dr. Thomas Czypionka

T +43 1 59991-127

E thomas.czypionka@ihs.ac.at

Institut für Höhere Studien – Institute for Advanced Studies (IHS)

Josefstädter Straße 39, A-1080 Wien

T +43 1 59991-0

F +43 1 59991-555

www.ihs.ac.at

ZVR: 066207973

Die Publikation wurde sorgfältig erstellt und kontrolliert. Dennoch erfolgen alle Inhalte ohne Gewähr. Jegliche Haftung der Mitwirkenden oder des IHS aus dem Inhalt dieses Werkes ist ausgeschlossen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Hintergrund.....	2
3	Ergebnis	7
3.1	Teststrategie	7
3.1.1	Hintergrund.....	7
3.1.2	Arten von Tests	7
3.1.3	Bedeutung der Testgüte	13
3.1.4	Teststrategien	17
3.1.5	Beispiele aus ausgewählten Ländern	25
3.1.6	Nutzen der Maßnahme	30
3.1.7	Kosten der Maßnahme	33
3.1.8	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	36
3.2	Contact Tracing (Kontaktpersonennachverfolgung).....	38
3.2.1	Hintergrund.....	38
3.2.2	Beispiele aus ausgewählten Ländern	43
3.2.3	Nutzen der Maßnahme	44
3.2.4	Kosten der Maßnahme	45
3.2.5	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	46
3.3	Freihalten von Spitalskapazitäten.....	49
3.3.1	Hintergrund.....	49
3.3.2	Beispiele aus ausgewählten Ländern	57
3.3.3	Nutzen der Maßnahme	60
3.3.4	Kosten der Maßnahme	60
3.3.5	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	60
3.4	Maskenpflicht	64
3.4.1	Hintergrund.....	64
3.4.2	Beispiele aus ausgewählten Ländern	68
3.4.3	Nutzen der Maßnahme	70
3.4.4	Kosten der Maßnahme	76
3.4.5	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	79
3.5	Schulschließungen	81
3.5.1	Hintergrund.....	81
3.5.2	Beispiele aus ausgewählten Ländern	81
3.5.3	Nutzen der Maßnahme	82
3.5.4	Kosten der Maßnahme	88
3.5.5	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	93
3.6	Immunitätsausweis (immunity passport)	97

3.6.1	Hintergrund.....	97
3.6.2	Beispiele aus ausgewählten Ländern	97
3.6.3	Nutzen der Maßnahme	98
3.6.4	Kosten der Maßnahme	98
3.6.5	Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme.....	105
4	Verzeichnisse	107
4.1	Abbildungsverzeichnis	107
4.2	Tabellenverzeichnis	107
4.3	Literaturverzeichnis	108

Key facts

Teststrategien

Die Landschaft der Testverfahren ist mittlerweile sehr komplex und raschen Neuerungen unterworfen. Sie ist in Abschnitt 3.1.2 dargestellt.

Während der Nutzen der Testinformation für das Individuum und Entscheidungsträger unbestritten sind, bestehen auf Kostenseite zahlreiche Möglichkeiten, die Effizienz bei den Tests zu steigern.

- 1) Die etablierte RT-PCR ist sehr sensitiv und als Goldstandard nicht zu ersetzen. Ein pragmatischer Vergleich internationaler Testkosten zeigt jedoch Potenzial für Tarifsenkungen, was aufgrund der hohen Zahl an Tests beträchtliche Kostenreduktionen ermöglicht.
- 2) Weitere Kostenreduktion ist durch Etablierung von pooled testing möglich. Aufgrund des sehr geringen Detektionslimits scheint diese Strategie auf Basis der existierenden Literatur möglich.
- 3) Eine Verkürzung der Zeit von Probennahme bis Testergebnis ist durch Optimierung der Logistik zu erreichen, hier wurde aber schon viel ausgeschöpft.
- 4) Neue Verfahren könnten die molekulargenetischen Analysen ebenfalls innerhalb der nächsten Monate günstiger machen.
- 5) Die Möglichkeit, dass der Ct-Wert auch zur groben Einschätzung der Kontagiosität verwendet werden kann, sollte in die Teststrategie einfließen.
- 6) Antigentests können schneller und kostengünstiger durchgeführt werden und werden daher einen Teil der PCR ersetzen. Sie finden sich auch bereits in Deutschlands Teststrategie in dieser Funktion, wenn PCR-Kapazitäten knapp werden.
- 7) Ihre Sensitivität ist bedeutend geringer als die der PCR, aber ihr Detektionslimit koinzidiert grob mit der Kontagiosität der Person. Die Spezifität ist hoch.
- 8) Diese Eigenschaften ermöglichen nicht nur im klinischen Bereich eine erste Differentialdiagnostik, sondern ermöglichen auch Screenings, wenn Zusammenkünfte mit erhöhtem Übertragungsrisiko angestrebt werden. POC-Antigentests können hierzu rasch durchgeführt werden und innerhalb von 15 Minuten ein Ergebnis liefern.
- 9) POC-Antigentests können auch unkompliziert dezentral gelagert werden und eine Erstabklärung von größeren Ausbrüchen (z.B. in Betrieben) ermöglichen.

- 10) Massentests haben eine Reihe von Voraussetzungen. Sie haben das Potenzial, einen drohenden lockdown abzuwehren, aber es besteht mit der Maßnahme wenig Erfahrung. Am realistischsten für Österreich erscheint ein stratifizierter Massentest in bestimmten Bevölkerungsgruppen, um eine dritte Welle abzuwehren.
- 11) Antikörpertests als POC oder high-throughput werden – neben ihrem derzeitigen klinischen Einsatz - an Bedeutung gewinnen, wenn eine Impfung existiert und mehr Klarheit über die Bedeutung der Antikörperantwort etabliert ist.

Contact Tracing

Die Evidenz aus der wissenschaftlichen Literatur belegt eindeutig und unzweifelhaft den Nutzen des Contact Tracings zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie. Um die ganze Wirkungsweise des Contact Tracings ausnutzen zu können, sollte diese Maßnahme immer in Kombination mit einer Form von Quarantänemaßnahmen implementiert werden.

Dem Nutzen des Contact Tracings stehen allerdings hohe monetäre Kosten gegenüber. Das Contact Tracing zählt zu den kostenintensivsten Maßnahmen der nicht-pharmazeutischen Interventionen. Grob geschätzt belaufen sich die monatlichen Personalkosten des Contact Tracings mit der empfohlenen Personalausstattung für etwa 1.500 Neuinfektionen während der Hochphase der zweiten Welle der COVID-19-Pandemie auf etwas über EUR 24 Mio. für Österreich, zuzüglich Sachkosten. Dennoch überwiegt der Nutzen klar gegenüber den Kosten dieser Maßnahme, insbesondere wenn man sich vor Augen führt, dass durch ein funktionierendes einheitliches Contact Tracing Lockdowns verhindert oder erheblich verkürzt werden können.

Im österreichischen Kontext ist im Zusammenhang mit dem Contact Tracing Folgendes festzuhalten: Um den Nutzen des Contact Tracings gänzlich ausschöpfen zu können, scheinen einige Adaptierungen der bisherigen Vorgangsweise notwendig zu sein. Die anekdotische Evidenz (die Transparenz in diesem Bereich ist gering) während der ersten, aber vor allem am Beginn und Fortgang der zweiten Welle der COVID-19-Pandemie zeigt deutlich, dass es einerseits an Personalressourcen für das Contact Tracing mangelt, und es andererseits eine bundesweit einheitliche Vorgangsweise benötigt. Aufgrund dessen schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgende adaptierte Vorgehensweise für zukünftige Wellen der COVID-19-Pandemie vor:

- 1) Rechtzeitige Ausweitung der Personalressourcen
- 2) Einheitliche Schulung der Contact Tracer
- 3) Nutzung internationaler Ressourcen

- 4) Aufgrund der Eigenschaften des Virus hinreichende Berücksichtigung des *backward tracing*
- 5) Sicherstellung, dass Fälle der Kontaktnachverfolgung zeitnah und zurückliegende nicht nach dem Prinzip first- in-first-out abgearbeitet werden

Eine detaillierte Darstellung der Vorschläge für die adaptierte Vorgehensweise findet sich in Kapitel 3.2.5.

Freihalten von Spitalskapazitäten

In der wissenschaftlichen Literatur werden weder der Nutzen noch die monetären Kosten der Maßnahme des Freihaltens von Spitalskapazitäten eingehend erörtert. Dieser Umstand macht eine Kosten-Nutzen-Abwägung auf Basis wissenschaftlicher Evidenz schwierig. Es existiert jedoch einiges an Information und Planungsressourcen im Bereich „surge capacity“, also der plötzlichen erhöhten Nachfrage.

Im österreichischen Kontext ist im Zusammenhang mit dem Freihalten von Spitalskapazitäten Folgendes festzuhalten: Rückblickend wäre die Verschiebung sämtlicher elektiver Operationen nicht notwendig gewesen, weil zur Hochphase der ersten Welle nur 6% der für COVID-19-Fälle reservierten Normalbetten ausgelastet waren. Zudem gingen damit wohl auch Kollateralschäden einher.

Mit dem Ziel einer effizienteren Nutzung schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgende adaptierte Vorgehensweise für zukünftige Wellen der COVID-19-Pandemie vor:

- 1) Stufenweises Vorgehen beim Freihalten der Spitalskapazitäten und Nutzen der diesbezüglichen internationalen Ressourcen
- 2) Nutzen der diesbezüglichen internationalen Ressourcen
- 3) Aufrechterhaltung bzw. Wiedereinrichtung der Triage vor den Spitälern, um die teilweise nicht gerechtfertigte und teilweise unreflektierte Inanspruchnahme der Krankenhausambulanzen zu verringern und damit weniger Personalressourcen (ärztliches und medizinisches Personal) in den Ambulanzen zu binden
- 4) Stärkere Einbindung der Primärversorgung

Eine umfangreiche Beschreibung der Vorschläge für die adaptierte Vorgehensweise findet sich in Kapitel 3.3.5.

Maskenpflicht

Aus der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur kann einerseits abgeleitet werden, dass Mund-Nasen-Schutz-Masken (MNS-Masken) vor der Übertragung von SARS-CoV-2 auf andere schützen und andererseits, dass eine (universelle) Maskenpflicht die Verbreitung von SARS-CoV-2 eindämmt.

Der Nutzen von MNS-Masken ist mittlerweile unumstritten und dieser Umstand spiegelt sich in der Verordnung einer (universellen) Maskenpflicht in vielen Ländern wider. Gleichzeitig ist im Zusammenhang mit dem Nutzen folgendes festzuhalten: Behelfsmasken aus Baumwolle und medizinische MNS-Masken gewährleisten eher Fremd- als den Eigenschutz und die Schutzwirkung wird von der korrekten Nutzung unter Einhaltung der Hygienestandards determiniert.

Dem Nutzen stehen die monetären Kosten, die als gering einzustufen sind, sowie die gesellschaftlichen Kosten, wie etwa ein ungerechtfertigtes Sicherheitsgefühl, und individuelle Kosten, wie Unwohlsein oder Kommunikationsschwierigkeiten, die mit dem Tragen verbunden sein können, gegenüber. Im Vergleich zum Nutzen der Maßnahme sind die damit einhergehenden Kosten als moderat einzustufen. Aufgrund dessen kann dieser Maßnahme ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis attestiert werden. Allerdings sind die gesamtgesellschaftlichen Kosten einer (universellen) Maskenpflicht derzeit noch nicht ermittelt, die in die Abwägung des Kosten-Nutzen-Verhältnis miteinbezogen werden müssten.

Abschließend ist in Zusammenhang mit dieser Maßnahme festzuhalten, dass die Zusammenarbeit mit und das Vertrauen der Bevölkerung essentiell zum Nutzen beitragen. Aufgrund dessen sollten politische EntscheidungsträgerInnen die Verhältnismäßigkeit und Konsistenz bei der Einführung einer (universellen) Maskenpflicht berücksichtigen, da Inkonsistenz im Lichte wissenschaftlicher Ergebnisse die Bevölkerung verunsichern kann. Hinzu kommt, dass die Einführung einer Maskenpflicht als alleinige Maßnahme nicht ausreichend ist und daher mit anderen Maßnahmen wie Testen, Contact Tracing, Quarantänemaßnahmen, physical distancing und Hygienemaßnahmen kombiniert eingesetzt werden sollte.

Außerdem erscheint es in diesem Zusammenhang im Lichte rezenter wissenschaftlicher Evidenz wichtig, die Mindestabstände heraufzusetzen. Dieser Umstand begründet sich darin, dass sich Aerosole und größere Tröpfchen weiter von einer Person als bisher angenommen finden. Insbesondere bei schlechter Lüftung, dichter Belegung und hoher Lautstärke können auch Masken die Übertragung von SARS-CoV-2 nicht verhindern und es kann zu superspreading events kommen.

Schulschließungen

Aus der rezenten wissenschaftlichen Literatur lässt sich ableiten, dass Schulschließungen zur Eindämmung von SARS-CoV-2 beitragen. Allerdings ist die Heterogenität der Studienergebnisse in diesem Zusammenhang im Vergleich zu anderen Maßnahmen hoch. Dieser Umstand ist auch darin begründet, dass die Wirksamkeit von Schulschließungen von der bisher nicht vollständig geklärten Rolle von Kindern bei der Übertragung von SARS-CoV-2 abhängig ist.

Im Zusammenhang mit dem Nutzen von Schulschließungen dürfte in Abwägung vor allem der rezenten Literatur derzeit folgendes gelten:

- Kinder bzw. Schulen sind nicht die Haupttreiber der Pandemie, aber ebenso am Geschehen beteiligt wie andere Orte der Zusammenkunft
- Der geringere Manifestationsindex bei Kindern und Jugendlichen darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass von ihnen Infektionsgeschehen in ähnlichem Maße ausgeht wie bei anderen Zusammenkünften.

Dem Nutzen von Schulschließungen stehen jedoch nicht unerhebliche Kosten gegenüber. Schulschließungen können zu einem Bildungsdefizit, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen aus sozial benachteiligten Verhältnissen, und somit zu einem Einkommensverlust führen, physische und psychische Probleme verursachen, soziale Ungleichheiten in der Gesellschaft vergrößern und den Arbeitsmarkt belasten.

Bei einer Abwägung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die Öffnung bzw. das Offenhalten von Schulen während der COVID-19-Pandemie ein kalkuliertes Risiko darstellt, um Lebenschancen und Wirtschaft nicht zu gefährden. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen von Schulschließungen stark vom Alter der Kinder abhängig sind. Um das Pandemiegeschehen einzudämmen, sollte der Schließung der Sekundarstufe, ggf. auch nur der Schule für über 14-jährige (nicht mehr zu betreuende) Kinder der Vorzug unter Aufnahme von distance learning gegeben werden. Jede Schulöffnung bzw. die Offenhaltung der Schulen sollte von einer Reihe von Maßnahmen (siehe Kapitel 3.5.3) begleitet werden und Lehrkräfte mit Risikofaktoren berücksichtigen.

Immunitätsausweise

Die wissenschaftliche Literatur spricht sich gegen die Einführung von Immunitätsausweisen aus. Das ist vor allem auf das sehr ungleiche Nutzen-Kosten-Verhältnis zurückzuführen.

Der Nutzen von Immunitätsausweisen beruht auf der Immunität gegen SARS-CoV-2 nach einer überstandenen COVID-19 Erkrankung. Diese Immunität ist aber nach der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnis (Stand Mitte November 2020) nicht dauerhaft und Immunitätsausweise müssten somit auf Zeit ausgestellt und immer wieder überprüft werden. Dieser Umstand schmälert den Nutzen deutlich und bringt einen hohen administrativen Aufwand mit sich.

Diesem (geringen) Nutzen stehen gleichzeitig (erhebliche) Herausforderungen/Kosten gegenüber. Hierzu zählen u.a.:

- Schaffung eines fairen Priorisierungsschemas für SARS-CoV-2 Antikörpertests bei begrenzten Testkapazitäten
- Segregation der Bevölkerung in SARS-CoV-2 immune und nicht-immune Personen bzw. Stigmatisierung
- Mögliche Verstärkung bereits bestehender Ungleichheiten in der Bevölkerung hinsichtlich Geschlecht, Rasse, ethnischer Zugehörigkeit und Nationalität
- Unnötige Belastung des öffentlichen Gesundheitssystems durch bewusste Selbstinfektionen mit SARS-CoV-2

Dieses ungleiche Kosten-Nutzen-Verhältnis lässt die Implementierung von Immunitätsausweisen derzeit nicht sinnvoll erscheinen und dürfte auch zu den ausschlaggebenden Gründen gehören, warum Immunitätsausweise bislang noch in keinem Land eingeführt worden sind.

Eine Re-Evaluation wird bei Vorhandensein einer Impfung empfohlen. Hierzu müsste aber zunächst geklärt sein, ob der Impfschutz nur die Person schützt, oder auch die Transmission verhindert.

1 Einleitung

Die Pandemie durch das SARS-Coronavirus 2 (folgend als SARS-CoV-2 bezeichnet) belastet massiv die öffentlichen Haushalte, direkt wie auch indirekt durch notwendige Maßnahmen, um die Pandemie zu bekämpfen. Zwar befinden sich über hundert Impfstoffkandidaten mit einem nie dagewesenen Forschungsvolumen unterstützt in Entwicklung. Doch selbst bei einem Erfolg der klinischen Phase 3 Studien ist zunächst je nach erfolgreichem Impfstoffkandidaten der Aufbau bzw. die Adaption von Produktionskapazitäten sowie der Logistik erforderlich, sodass erst in einigen Monaten mit einer breiteren Immunisierung der Bevölkerung zu rechnen ist. Bestenfalls ist aus unserer Sicht daher noch der gesamte Winter 2020/21 zu bewältigen, aber unter Umständen auch der Herbst 2021. Der schlechteste Fall, dass kein Impfstoffkandidat die erforderlichen Prüfungen übersteht, wird hier zunächst nicht betrachtet, da dies nach jüngsten Informationen (Stand Mitte November 2020) nicht wahrscheinlich ist.

Ein Charakteristikum der Pandemie ist, dass die gesamte Bevölkerung oder große Teile von ihr selbst sowie auch von den Maßnahmen gegen die Pandemie betroffen sind. Potenziell werden bis zum Ende der Pandemie viele Millionen Tests durchgeführt, die sogenannten nicht-pharmazeutischen Interventionen (NPIs) gegen das Virus betreffen Millionen von Menschen in ihrem Leben und ebenso die Wirtschaft. Es stellt sich daher die Frage, und umso mehr bei durch die Pandemie geschwächten öffentlichen Haushalten, ob die jeweiligen Maßnahmen effizienter als bisher durchgeführt werden können. Wir befassen uns in diesem Bericht mit einer Auswahl dieser Interventionen und stellen Überlegungen an, wie diese unter geringeren Kosten für die öffentlichen Haushalte wie auch für die Volkswirtschaft durchgeführt werden können.

Caveat: Das Wissen zu SARS-CoV-2 sowie auch seine sozialen Auswirkungen ist aufgrund der Kürze der Zeit (die WHO erklärte die Pandemie am 11. März 2020) unvollständig und wird laufend erweitert. Es liegt in der Natur eines Berichts, dass dieser nur das bis dato erfassbare Wissen verarbeiten kann.

2 Hintergrund

Solange keine Impfung und keine Medikamente in ausreichendem Ausmaß zur Verfügung stehen, wird in der Bekämpfung der COVID-19-Pandemie auf Maßnahmen zur Eindämmung zurückgegriffen, die auch als nicht-pharmazeutischen Interventionen (NPIs) bezeichnet werden. Im Rahmen des Oxford COVID-19 Government Response Tracker werden unter anderem folgende NPIs aufgelistet und beobachtet: Schulschließungen, Schließung von Betrieben, Verbot von öffentlichen Veranstaltungen, Beschränkungen der Versammlungsgröße, Stopp des öffentlichen Verkehrs, Ausgangsbeschränkungen, Reisebeschränkungen, Teststrategien, Contact Tracing, Maskenpflicht etc. (Hale, Angrist, et al., 2020) Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über wissenschaftliche Erkenntnisse zur Effektivität von NPIs gegeben.

Li et al., 2020 analysieren die Auswirkungen von eingeführten NPIs auf die Reproduktionszahl R in 131 Ländern. Dafür verwenden die AutorInnen tägliche Schätzungen der Reproduktionszahl R , die von der London School of Hygiene & Tropical Medicine veröffentlicht werden. Diese werden mit Daten aus dem Oxford COVID-19 Government Response Tracker zu Einführung und Aufhebung von Maßnahmen kombiniert. Als Maß für den Zusammenhang zwischen NPIs und Übertragung von SARS-CoV-2 wird das Verhältnis der Reproduktionszahl R zwischen zwei Phasen berechnet. Als Phase werden Zeiträume bezeichnet, in denen innerhalb eines Landes alle NPIs gleichbleiben, also keine neue Maßnahme eingeführt und keine bestehende Maßnahme verschärft, gelockert oder aufgehoben wird. Anschließend wird eine log-lineare Regression mit Einführung bzw. Lockerung von Maßnahmen als unabhängige Variable und dem Verhältnis der Reproduktionszahl als abhängige Variable für die ersten 28 Tage nach Änderung einer Maßnahme berechnet. Die Berechnungen ergeben, dass folgende NPIs zu einem mit der Zeit sinkenden R führen: Verbot öffentlicher Veranstaltungen (R ist am 28. Tag nach der Einführung der Maßnahme um 24% niedriger als am Tag vor der Einführung, Konfidenzintervall [0%; 42%]), Schulschließungen (15%, KI [-10%; 34%]), Schließung von Betrieben (13%, KI [-3%; 27%]), Reisebeschränkungen innerhalb des Landes (7%, KI [-10%; 21%]) sowie Ausgangsbeschränkungen (3%, KI [-14%; 17%]). Die Reduktion von R ist allerdings nur bei einem Verbot öffentlicher Veranstaltungen statistisch signifikant. Der Zeitpunkt der Wirkung unterscheidet sich je nach Maßnahme und beträgt ein bis drei Wochen ab der Einführung. Auch die Effektivität der einzelnen NPIs hängt davon ab, wie lange nach ihrer Einführung die Reproduktionszahl berechnet

wird. Der Stopp des öffentlichen Verkehrs, internationale Reisebeschränkungen sowie die Beschränkung von der Versammlungsgröße auf höchstens zehn Personen haben keinen eindeutig positiven Effekt.

Brauner et al., 2020 untersuchen die Effektivität von acht NPIs in 41 Ländern. Sowohl Fallzahlen als auch Todeszahlen werden verwendet, um die Reproduktionszahl R zu berechnen. Die Effektivität der NPIs wird in einem hierarchischen Bayes Modell berechnet, indem die tägliche Reproduktionszahl mit den im Moment geltenden NPIs in Beziehung gesetzt werden. Folgende NPIs haben laut den AutorInnen eine statistisch signifikante Reduktion der Reproduktionszahl R zur Folge: Schließung von den meisten nicht-essenziellen Geschäften mit Kundenkontakt (reduziert R um 40%; 95%-Konfidenzintervall [22%; 55%]), Schließung von Schulen und Universitäten (39%, KI [21%; 55%]), Beschränkung von Versammlungen auf 10 Personen oder weniger (36%, KI [16%; 53%]), Schließung von hochriskanten Geschäften mit Kundenkontakt, wie z.B. Gastronomie und Fitnessstudios (31%, KI [13%; 46%]), Beschränkung von Versammlungen auf 100 Personen oder weniger (21%, KI [1%; 39%]), Ausgangsbeschränkungen (18%, KI [4%; 31%]). Zu keiner statistisch signifikanten Reduktion der Reproduktionszahl führen eine Maskenpflicht an (manchen) öffentlichen Orten (2%, KI [-14%; 16%]) und eine Beschränkung von Versammlungen auf 1000 Personen oder weniger (2%, KI [-20%; 22%]). Alle NPIs zusammen reduzieren die Reproduktionszahl um 82% (KI [79%; 85%]).

Dergiades et al., 2020 untersuchen die Auswirkung von NPIs auf die Anzahl an COVID-19-Toten in 32 Ländern. Dafür verwenden sie den „stringency index“ des Oxford COVID-19 Government Response Trackers, der die Strenge der Maßnahmen auf Staatenebene auf einer Skala von 0 bis 100 misst. Die AutorInnen wenden ein ökonometrisches Verfahren an, das einen Strukturbruch in der Entwicklung der logarithmierten Todeszahlen feststellen soll. Schulschließungen sind die einzige Maßnahme, die isoliert untersucht wird. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Schulschließungen einen signifikanten Einfluss auf die Reduktion der Wachstumsrate der Todeszahlen haben. Die AutorInnen kommen außerdem zu dem Schluss, dass die Wachstumsrate der Anzahl an COVID-19 Toten umso stärker reduziert werden kann, je früher die Maßnahmen getroffen werden und je strenger diese sind. Die Ergebnisse zeigen, dass NPIs notwendig sind, um die Pandemie unter Kontrolle zu halten.

Hale, Hale, et al., 2020 unterstreichen mithilfe von Regressionen die Effektivität von NPIs (u.a. Schulschließungen, Schließung von Betrieben, Reisebeschränkungen,

Teststrategien, Contact Tracing etc.) sowie deren Wichtigkeit in der Eindämmung der Pandemie. Als unabhängige Variable werden Daten von unterschiedlichen NPIs in 170 Ländern zu einem „stringency index“ verbunden, der die Strenge der Maßnahmen auf einer Skala von 0 bis 100 misst und auch für den Oxford COVID-19 Government Response Tracker verwendet wird. Als abhängige Variablen verwenden die AutorInnen die Wachstumsrate der Anzahl an täglichen COVID-19-Toten sowie das Maximum an täglichen Toten. Ähnlich wie Dergiades et al., 2020 stellen auch Hale, Hale, et al., 2020 fest, dass sowohl frühere als auch strengere Maßnahmen zu einer erheblichen Reduktion der Wachstumsrate der täglichen Sterbefällen führen.

Islam et al., 2020 untersuchen die Auswirkungen von fünf NPIs (Schulschließungen, Schließung von Betrieben, Stopp des öffentlichen Verkehrs, Veranstaltungs- und Versammlungsbeschränkungen und Ausgangsbeschränkungen) auf die Ausbreitung von SARS-CoV-2 in 149 Ländern. Um die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Inzidenzrate zu schätzen, verwenden die AutorInnen ein interrupted time-series Regressionsmodell in Kombination mit einer random-effects Metaanalyse. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass eine Maßnahme im Durchschnitt zu einer Reduktion der Inzidenz um 13% im Vergleich zum Zeitraum vor der Einführung der Maßnahme führt. Eine frühere Einführung von Ausgangsbeschränkungen führt zu einer größeren Reduktion der Inzidenz. Einzig der Stopp des öffentlichen Verkehrs scheint keine Auswirkung auf die Inzidenz zu haben, wenn bereits andere Maßnahmen in Kraft sind. Die Ergebnisse weisen außerdem auf eine größere Effektivität von NPIs in Ländern mit höherem BIP pro Kopf, größerem Anteil von über 65-Jährigen und in Ländern, deren Gesundheitssystem besser auf den Ausbruch einer Pandemie vorbereitet war, hin.

Deb et al., 2020 kommen in einer Analyse von 8 NPIs in 129 Staaten ebenfalls zu dem Schluss, dass strengere und früher getroffene Maßnahmen die Infektionszahlen und die Anzahl der Todesfälle signifikant reduzieren. Die acht untersuchten NPIs sind: Schulschließungen, Schließung von Betrieben, Veranstaltungsverbote, Beschränkung der Versammlungsgröße, Stopp des öffentlichen Verkehrs, Ausgangsbeschränkungen und Reisebeschränkungen. Laut AutorInnen tragen alle genannten NPIs signifikant zu einer Reduktion der Infektions- und Todeszahlen bei. Ausgangsbeschränkungen scheinen den größten Einfluss zu haben. Die Maßnahmen sind effektiver in Ländern, in denen die Maßnahmen tatsächlich zu weniger Mobilität führen sowie in Ländern mit niedrigeren Temperaturen, niedrigere Bevölkerungsdichte, größerem Anteil von über 65-Jährigen und besseren Gesundheitssystemen. Um die Auswirkungen der NPIs auf die

COVID-19-Fall- und Todeszahlen zu schätzen, verwenden die AutorInnen ein ökonometrische Modell, das von Jordà, 2005 entwickelt wurde. Weiters verwenden sie ein smooth transition Autogressionsmodell von Granger & Terasvirta, 1993.

Flaxman et al., 2020 analysieren in einem hierarchischen Bayes Modell die Auswirkungen von NPIs auf die Reproduktionszahl R in 11 europäischen Staaten. Die Berechnungen ergeben, dass die Maßnahmen in allen untersuchten Ländern erfolgreich zu einer Reduktion der Reproduktionszahl beitragen. Allerdings kann für die meisten NPIs der individuelle Effekt nicht abgeschätzt werden, da häufig viele NPIs zugleich eingeführt werden. Die einzige Maßnahme, die laut AutorInnen auch alleine einen signifikanten Einfluss auf die Reproduktionszahl hat, ist ein Lockdown, ein Versammlungsverbot, Schließung von Bildungseinrichtungen und Kultureinrichtungen und Ausgangsbeschränkungen beinhaltet. Dieser führt zu einer Reduktion von R um 81% (Konfidenzintervall [75%; 87%]).

Hong et al., 2020 untersuchen die Auswirkungen von 9 NPIs auf die Wachstumsrate der kumulierten COVID-19 Fälle in 108 Ländern. Mittels OLS Regression finden die AutorInnen positive Effekte auf die Eindämmung durch die Kombination von Schulschließungen und Contact Tracing. Alle anderen Maßnahmen – Schließung von Betrieben, Verbot öffentlicher Veranstaltungen, Beschränkung der Versammlungsgröße, Stopp des öffentlichen Verkehrs, Ausgangsbeschränkungen sowie Reisebeschränkungen – haben entweder negative oder keine statistisch signifikanten Folgen.

Dehning et al., 2020 ermitteln durch Bayessche Inferenz und ein SIR (susceptible-infected-recovered) Modell Umkehrpunkte in der Ausbreitungsgeschwindigkeit von SARS-CoV-2 in Deutschland im Frühjahr 2020. Sie kommen zum Schluss, dass jede der folgenden Maßnahmenkombinationen zu einer Reduktion der Infektionszahlen beigetragen hat: erstens das Verbot von Großveranstaltungen mit mehr als 1000 Personen; zweitens die Schließung von Schulen, Kindergärten und den meisten Geschäften; drittens Kontaktsperre (Verbot von Ansammlungen von mehr als zwei Personen) und die Schließung aller nicht essenziellen Geschäfte.

Viele AutorInnen weisen auf die methodischen Schwierigkeiten hin, die bei Untersuchungen der Effektivität von NPIs auftreten. Brauner et al., 2020 beispielsweise nennen vier Probleme, die mit einer Effektivitätsanalyse von NPIs einhergehen. Erstens sind viele Bestandteile des Modells, wie z.B. epidemiologische Parameter nur mit großer Unsicherheit bekannt. Zweitens könnten unbeobachtete Faktoren die Datenqualität

beeinträchtigen. Drittens sind viele Datensätze zu NPIs unvollständig oder ungenau. Viertens ist es schwierig, die Effekte exakt einzelnen NPIs zuzuordnen, da häufig mehrere Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden oder gültig sind. Um dieses Problem zu beheben, sind große Datensätze hilfreich, weil somit mehr Unterschiede in der Zusammensetzung der NPIs in einzelnen Ländern festgestellt werden können.

Zusammenfassend zeigt die wissenschaftliche Evidenz, dass NPIs ein geeignetes Mittel sein können, um zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie beizutragen. Die Literatur deutet daraufhin, dass sowohl ein früherer Zeitpunkt als auch die Strenge der Maßnahmen entscheidende Faktoren für die Reduktion der Infektions- und Todeszahlen sind. Hinsichtlich der Effektivität einzelner Maßnahmen unterscheiden sich die Analysen unterschiedlicher AutorInnen. Dies liegt wohl auch an den beobachteten Ländern und den gewählten Modellen. Es liegt zum Beispiel nahe, dass Schulschließungen in Ländern mit hoher Klassenhöchstzahl und schlechte baulichen Voraussetzungen wirksamer sind, ebenso können Einreiseverbote nur dann wirksam sein, wenn sie für Länder mit noch niedrigen Infektionszahlen und hohem Einreiseaufkommen aus Ländern mit grassierenden Infektionen gelten.

3 Ergebnis

Im Folgenden werden einzelne NPIs im Detail analysiert und hinsichtlich Kosten und Nutzen abgewogen.

3.1 Teststrategie

Eine der wichtigsten Maßnahmen im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie ist das Testen auf eine Infektion mit SARS-CoV-2. Eine sorgfältig geplante Teststrategie wird dringend benötigt, um Wissen über COVID-19 und das Infektionsgeschehen generieren und in weiterer Folge entsprechende Maßnahmen einleiten zu können. Im Folgenden wird die wissenschaftliche Evidenz zu Teststrategien sowie zu Kosten und Nutzen von Tests dargelegt.

3.1.1 Hintergrund

Am 16. März 2020 gab der Generaldirektor der World Health Organization (WHO) Tedros Adhanom Ghebreyesus in der Bekämpfung der COVID-19 Pandemie die Devise aus, möglichst viel zu testen. Obwohl die Menge der Tests eine wichtige Rolle spielt, haben seither einige wissenschaftliche AutorInnen – wie z.B. Cypionka et al., 2020 und Ulrich et al., 2020 – darauf aufmerksam gemacht, dass nicht nur die Quantität der Tests zählt, sondern diese auch mit einer geeigneten Strategie einhergehen muss. Gorji et al., 2020 kommen aufgrund einer Modellierung der Dynamik der Epidemie zu dem Schluss, dass durch Massentestung ohne genauen Plan, welche Gruppen vorrangig getestet werden sollen, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 nicht verhindert werden kann, da keine ausreichende Anzahl an Tests durchgeführt werden kann. In Anbetracht der Tatsache, dass Testkapazitäten nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, sollten die vorhandenen Tests wohlüberlegt eingesetzt werden. Dazu muss jedoch gesagt werden, dass zu diesem Zeitpunkt von PCR-Tests die Rede war. Die Situation hat sich durch die Tests auf Antigene dahingehend geändert, als dass diese vergleichsweise günstig und ohne große Logistik durchgeführt werden können.

3.1.2 Arten von Tests

Je nachdem, ob eine aktuelle oder eine zurückliegende Infektion mit SARS-CoV-2 erkannt werden soll, müssen verschiedene Tests angewandt werden. Die derzeit gebräuchlichen

Tests lassen sich grob in drei Kategorien unterteilen: molekulargenetische Tests, serologische Tests und Antigentests. (Carter et al., 2020) Dahinterstehende Anwendungsbereiche und Technologien sind aber noch vielfältiger. In Hinblick auf Kosteneffizienz sind insbesondere folgende Merkmale relevant:

- **Laborbasiert vs. *point-of-care* (POC):**

Laborbasierte Tests können nur in einem Labor durchgeführt werden. Es ist daher abgesehen von den Gerätschaften zur Abnahme auch Laborequipment erforderlich, und insbesondere die Logistik, abgenommenes Material ins Labor zu schaffen.

POC-Tests enthalten hingegen alle Ingredienzien zur Auswertung in einem Kit. Entweder ist dieses alleine ausreichend oder es ist nur eine kleine, transportable Maschine ergänzend zur Auswertung notwendig. Im ersteren Fall sind diese Tests häufig als lateral-flow devices umgesetzt, d.h. das entnommene Blut selbst oder eine hinzugegebene Trägerlösung sorgt für den Transport durch eine Nitrozellulosemembran. An verschiedenen Punkten der Membran sind weitere Inhaltsstoffe, die nacheinander die notwendigen Schritte zur Auswertung vornehmen. Das Ergebnis kann innerhalb von rund 15 Minuten abgelesen werden.

- **Quantitativ vs. qualitativ:**

POC-Tests sind in aller Regel nur darauf ausgerichtet, eine qualitative Information zu geben, also z.B. ob Virus wahrscheinlich vorhanden ist oder nicht. Laborbasierte Tests können bei entsprechender Konfiguration auch eine quantitative Information liefern, also wieviel Virus oder Antikörper vorhanden ist.

- ***High-throughput* vs. Schnelltest:**

Je nach technischer Ausführung der Tests können diese einen großen Volumendurchsatz haben (high throughput), indem hundert Proben gleichzeitig durchgeführt werden, oder rasch ein Ergebnis liefern, aber meist nur eine einzelne Probe analysieren. Es bestehen also tradeoffs zwischen Durchsatz und Schnelligkeit. High-throughput ist praktisch nur in großen Plattformen im Labor möglich. Es kommt also die Logistikkette hinzu, was die Dauer von Abnahme bis Ergebnis verzögert.

- **Unterschiede in der Sample-Gewinnung:**

Da SARS-CoV-2 sich zunächst im oberen hinteren Rachen vermehrt, werden die meisten Samples über einen Abstrich des Nasopharynx gewonnen. Dieses Verfahren ist weniger fehleranfällig als die Abnahme im Oropharynx, da bei diesem die Gefahr besteht, dass das Gaumensegel und nicht die Hinterwand abgestrichen wird. Alternative Abnahmeverfahren, insbesondere der Nachweis aus Speichel oder das einfachere durchzuführende Gurgeln, sind noch nicht ausreichend validiert, können

aber erleichtern, dass Tests auch von Laien durchgeführt werden können. Der große Nachteil dieser Verfahren ist, dass der eigentliche Ort der Virusvermehrung, der hintere Rachen, nicht abgestrichen wird. Es ist also erforderlich, dass sich im Mundbereich Virionen ansammeln, was eine längere Flüssigkeitskarenz erfordert, da diese sonst weggespült werden.

3.1.2.1 Molekulargenetische Tests

Molekulargenetische Tests sind in der Lage, eine akute Infektion mit SARS-CoV-2 festzustellen, und dies mit sehr hoher Sensitivität. Daher werden vorrangig diese Tests zur Erkennung einer vorhandenen COVID-19 Erkrankung eingesetzt.

RT-PCR

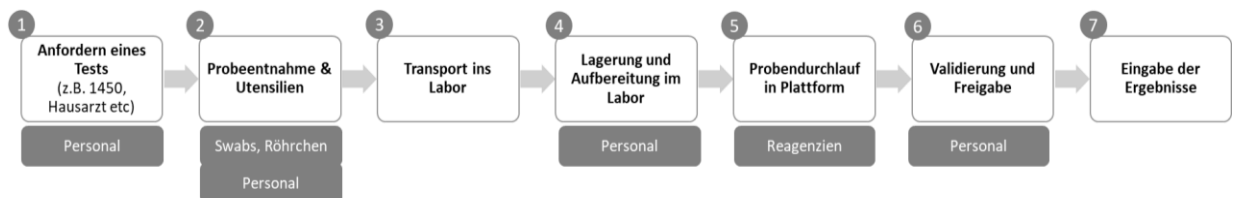
Die gebräuchlichsten molekularen Tests basieren auf dem Prinzip der RT-PCR („Reverse-Transkriptase-Polymerase-Kettenreaktion“). Im Falle von SARS-CoV-2 handelt es sich um ein RNA-Virus, sein Genom ist also nicht in DNA, sondern RNA „geschrieben“. Diese muss daher vorher mittels des Enzyms Reverse Transkriptase in DNA umgeschrieben werden. Arevalo-Rodriguez et al., 2020 stellen mittels eines systematischen Literaturreviews, der Empfehlungen von unterschiedlichen AkteurlInnen zu Teststrategien analysiert, fest, dass RT-PCR Tests die am häufigsten empfohlenen Tests sind. Diese werden häufig auch als „Goldstandard“ der Tests auf SARS-CoV-2 bezeichnet (z.B. Carter et al., 2020). Durch sie kann bei Infizierten mehrere Tage vor und bis zu 20 Tage nach Symptombeginn eine Infektion nachgewiesen werden – in Einzelfällen sogar 7 Tage vor bis 60 Tage nach Symptombeginn (RKI, 2020d). Sowohl Sensitivität als auch Spezifität des Verfahrens sind an sich extrem hoch, das limit of detection liegt je nach Testausführung bei hundert oder wenigen tausend Virionen pro Milliliter (Okba et al., 2020). Dies impliziert aber auch, dass ein positives Testergebnis nur eine Infektion, aber nicht Kontagiosität (Ansteckungsfähigkeit) noch Krankheit bedeutet. Wichtig ist zudem, dass die Nachweisbarkeit mittels PCR bei Nachweis im Nasopharynx auch in diesen Tagen großen Schwankungen unterliegen kann (Wölfel et al., 2020). Ein einzelnes negatives Testergebnis ist daher nicht unbedingt sicher. Während mit dieser Technik eine akute Infektion festgestellt werden kann, ist sie nicht in der Lage, eine überstandene COVID-19 Erkrankung und daher eine eventuell gegebene Immunität zu erkennen (Cypionka et al., 2020). In der Entwicklung von RT-PCR Tests gelang der erste große Durchbruch am Institut für Virologie an der Charité Universitätsmedizin Berlin. Dort wurde ein diagnostischer Arbeitsablauf entwickelt und am 23. Jänner 2020 veröffentlicht, auf dessen Basis die erste große Menge an RT-PCR Tests hergestellt werden konnte (Sheridan, 2020). Insgesamt sind PCR-Tests relativ standardisiert und können somit in großen Plattformen (Labormaschinen) durchgeführt werden. Das umgebende

technische Prinzip bleibt immer gleich, es muss nur ein Teil des Genoms des Erregers als sogenannte Primer synthetisiert werden. Das Verfahren detektiert die Vermehrung der DNA, welche nur dann stattfindet, wenn der einsträngige Primer ein Gegenstück findet, also nur bei Vorhandensein entsprechender DNA als Gegenstück. Da DNA normalerweise doppelsträngig vorliegt, erfordert die PCR normalerweise eine Abfolge von Erwärmung, bei der die Doppelstränge in Einzelstränge zerfallen, und Abkühlung. Bei jedem Zyklus wird die vorhandene DNA verdoppelt, aber nur in dem Fall, dass die hinzugegebenen Primer an bereits vorhandene DNA binden können. Die DNA-Polymerase, die die DNA wieder doppelsträngig vervollständigt, benötigt nämlich als Anfangsstelle ein solches doppelsträngiges Teilstück. Liegt keine entsprechende gepreimte DNA vor, bleibt dieser auch Amplifikation genannte Prozess ergebnislos.

Das Ergebnis eines solchen PCR-Tests wird in Ct-Werten ausgedrückt. Dieser cycle threshold sagt aus, wie oft diese Phasen von Erwärmung und Abkühlung, also der Amplifikation, durchgeführt werden müssen, um ein Signal eindeutig nachweisen zu können. Der Ct-Wert ist sohin ein Maß dafür, wieviel Virusmaterial in der ursprünglichen Probe enthalten war, und erlaubt somit Rückschlüsse auf den viral load, also die Belastung des Individuums mit Viruspartikeln (Virionen). Je geringer der Ct, desto mehr Virionen waren initial bereits vorhanden. Faktisch weist die RT-PCR allerdings nur das Vorhandensein viraler RNA nach, nicht jedoch ein intaktes, infektiöses Virion. Somit ist ein positives PCR-Ergebnis nicht gleichzusetzen mit Infektiosität. Allerdings mehren sich die Anzeichen, dass dieser viral load ein Maß für die Infektiosität darstellt. Die Ct-Werte sind dabei bei den Tests unterschiedlicher Hersteller nicht alle vergleichbar. Grob dürfte sich aber etablieren, dass ein Ct-Wert von 30 die Grenze für die Infektiosität darstellen könnte.

RT-PCR wird in erster Linie als high-throughput-Verfahren auf laborbasierten Plattformen durchgeführt. In diesem Fall sind mehrere Schritte erforderlich, die die Dauer der Zeit von Abnahme bis Testergebnis determinieren. Diese sind in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Erforderliche Schritte von Abnahme eines PCR-Tests bis zum Ergebnis



Quelle: IHS 2020

In Diagramm sind dazu jene Punkte gelistet, die einen Engpass in zeitlicher, personeller oder materieller Hinsicht darstellen können. Ein rascher und reibungsloser Ablauf ist elementar für ein rasches Testergebnis. Dementsprechend sind in allen diesen Bereichen Effizienzpotenziale zu heben und umgekehrt Engpässe zu vermeiden, um das Funktionieren des Testens und Tracens sicherzustellen.

Außerdem existieren POC-Tests, die allerdings nicht als lateral flow ausgearbeitet sind. Sie benötigen eine transportable Station, die das Kit vor Ort auswertet. Neben dem Einsatz in kleineren Organisationen, in denen häufig getestet wird, aber sich die Anschaffung einer großen Plattform nicht auszahlt (Pflegeeinrichtung, kleine Krankenanstalt), eignen sich diese Geräte auch dafür, bei einem lokalen Ausbruch rasch Bestätigungstests durchzuführen.

Weitere molekulargenetische Verfahren

Es sind weitere Verfahren möglich, zum einen die RT-LAMP (reverse transcriptase loop-mediated isothermal amplification). Es handelt sich wie der Name sagt um ein RT-PCR-ähnliches Verfahren, das keine Temperaturänderungen benötigt und daher potenziell auch als POC-Verfahren einsetzbar ist (vgl. <https://www.rtlamp.org/>). Ebenso dürften die Kosten unter der einer herkömmlichen RT-PCR liegen. Allerdings benötigt das Verfahren mehrere verschiedene Primer.

Des Weiteren gibt es Ansätze, Plattformen des Next Generation Sequencing für high-throughput Virusnachweise einzusetzen. Next Generation Sequencing Plattformen können große Mengen an DNA sequenzieren. Dies wird mit einer Reversen Transkriptase und PCR Amplifikation verbunden, um gleichzeitig tausende Samples zu testen, und das auch auf differentialdiagnostisch wichtige Erreger wie Influenza. Durch den hohen Durchsatz ist das Verfahren für hohe Testzahlen kosteneffizienter als die herkömmliche RT-PCR. (L. Chen et al., 2020; Yelagandula et al., 2020)

Zuletzt gibt es auch einen Ansatz, der die CRISPR-Technik nutzt (Broughton et al., 2020). Dieses Verfahren kann als lateral flow umgesetzt werden und würde einen sehr einfachen und raschen Nachweis der Virus-RNA ermöglichen.

Alle drei Ansätze bedürfen aber noch weiterer Validierungen bzw. weithin anwendbaren Protokollen und Industrieunterstützung. Daher sind diese Verfahren nicht unmittelbar einsetzbar. Die Entwicklung sollte aber aufgrund der Möglichkeiten, die Kosteneffizienz zu steigern, beobachtet werden.

3.1.2.2 Serologische Tests

Serologische Tests (auch Antikörpertests genannt) werden benötigt, um eine zurückliegende Erkrankung gegen SARS-CoV-2 zu erkennen. Mit deren Hilfe wird ermittelt, ob im Blut der getesteten Person Antikörper gegen SARS-CoV-2 vorhanden sind. Wenn dies der Fall ist, ist nachgewiesen, dass die Person mit dem Virus in Kontakt gekommen ist. Diese Tests sind jedoch zur Erkennung einer aktuellen Infektion ungeeignet, da nach dem Zeitpunkt der Infektion bis zu 14 Tage vergehen können, ehe Antikörper gebildet werden (Horvath et al., 2020) und somit trotz akuter Erkrankung und Infektiosität ein negatives Testergebnis vorliegen kann. Aus diesem Grund sind Antikörpertests in beschränktem Maße und nur für bestimmte Zwecke sinnvoll einsetzbar.

Serologische Tests werden im Labor mit dem ELISA-Verfahren (enzyme linked immunosorbent assay) durchgeführt, das auch eine Quantifizierung erlaubt. Es stehen aber auch POC-Antikörpertests basierend auf dem lateral flow-Prinzip zur Verfügung, die innerhalb weniger Minuten ein allerdings nicht quantifizierbares Ergebnis anzeigen. Das Einsatzgebiet solcher Schnelltests ist z.B. das Screening auf Prävalenz durchgemachter Erkrankungen aber auch Tests, um den Erfolg einer Impfung oder aber die Notwendigkeit einer Impfung zu ermitteln, da bei bereits vorliegendem, ausreichendem Antikörpertiter keine der - speziell zu Anfang sehr limitierten – Impfdosen erforderlich sind.

3.1.2.3 Antigen-Tests

Eine weitere Form von Tests sind Antigen-Tests. Diese Tests weisen nicht die RNA des Virus nach, sondern Proteine der Hülle. Sie verwenden dazu Antikörper gegen diese Proteine zum Nachweis. Auch hier gibt es eine laborbasierte, auch quantitativ einsetzbare Variante (ELISA), die auch als high-throughput-Verfahren verwendet werden kann, und eine qualitative, als lateral-flow Verfahren unmittelbar vor Ort einsetzbare Variante. Die Tests können längere Zeit bei Raumtemperatur gelagert werden.

Sensitivität und Spezifität sind der RT-PCR unterlegen, allerdings dennoch erstaunlich hoch. Corman et al., 2020 vergleichen sieben Produkte. Die Spezifität lag zwischen 98,53% und 100%, mit einem deutlich schlechteren Produkt, was die AutorInnen auf eine frühe Serie zurückführten. Bzgl. Sensitivität lag das limit of detection bei ein bis zehn Millionen Virionen pro Milliliter, also um einiges höher als bei der PCR. Wichtig ist dieser Befund vor allem deshalb, weil dies bei einem typischen Krankheitsverlauf der Menge am Ende der ersten Woche nach Symptombeginn entspricht, was ungefähr auch der Zeit des Endes der Infektiosität entspricht (He et al., 2020). Somit ist ein POC-Antigen-

Test nur ein geeigneter Nachweis einer frühen (erste Woche) Infektion, bzw. dürfte auch stark mit der Infektiosität korrelieren.

Eine Kreuzreaktivität wurde in dieser Studie bei Coronaviren nur für SARS-CoV gefunden, welches aber derzeit nicht in Umlauf sein dürfte.

Solche POC-Schnelltests auf Antigene sind günstig und in großen Mengen herstellbar. Sie können somit in verschiedenen Situationen zum Einsatz kommen:

- 1) Zur Differenzialdiagnostik in der klinischen Praxis: Das Ergebnis liegt innerhalb von 15 Minuten vor. Ein positives Ergebnis sollte mit PCR überprüft werden, ein negatives schließt eine Infektion nicht aus (siehe oben).
- 2) Zur dezentralen Bevorratung, um rasch Ausbrüchen z.B. in Tourismusbetrieben nachgehen zu können
- 3) Einsatz zum Screening: Der Einsatz für das Screening erklärt sich aus der raschen Verfügbarkeit von Testresultaten. Beispielsweise kann bei Veranstaltungen variabler Größe jeder Gast getestet werden, das Ergebnis liegt innerhalb von 15 Minuten vor. Ebenso kann in Pflegeanstalten, die über kein POC-PCR-Gerät verfügen, rasch und breit getestet werden.
- 4) Einsatz für das Massenscreening

Auf den Einsatz beim sogenannten Massenscreening wird später ausführlich eingegangen.

3.1.3 Bedeutung der Testgüte

Von hoher Bedeutung für den Nutzen von Tests bzw. für deren Anwendungsgebiete ist deren Güte, die mit Hilfe der Kriterien Sensitivität und Spezifität gemessen wird.

Die Sensitivität eines Tests gibt an, wieviel Prozent der tatsächlich infizierten Personen durch den Test als infizierte Personen erkannt werden. Zum Beispiel ergibt ein Test mit einer Sensitivität von 90%, mit dem 100 infizierte Personen getestet werden, für 90 Personen korrekterweise ein positives Ergebnis sowie für 10 Personen fälschlicherweise ein negatives Ergebnis. Die Spezifität eines Tests gibt hingegen an, wieviel Prozent der tatsächlich nicht-infizierten Personen durch den Test als nicht-infizierte Personen erkannt werden. So identifiziert ein Test mit einer Spezifität von 80% aus 100 nicht-infizierten Personen 80 Personen korrekterweise als nicht-infiziert sowie 20 Personen fälschlicherweise als infiziert. Mehrere Quellen geben für RT-PCR Tests eine Spezifität von (nahezu) 100% an (z.B. Kucirka et al., 2020; RKI, 2020c). Für seinen Antigen

Schnelltest gibt der Hersteller Roche beispielsweise eine Sensitivität von 96,52% und eine Spezifität von 99,68% an (Roche, 2020). Herstellerangaben aus Laborstudien entsprechen aber nicht zwingend der Performance unter Alltagsbedingungen.

Allerdings können auch Tests mit einer sehr hohen Sensitivität falsch-negative Ergebnisse liefern, z.B. wenn die Probe, die getestet wird, nicht korrekt abgenommen wurde. Deshalb ist neben der analytischen Sensitivität (Wahrscheinlichkeit, dass ein Test ein positives Ergebnis liefert, wenn eine Probe getestet wird, die Virionen enthält) vor allem die klinische Sensitivität ausschlaggebend. Diese bezeichnet den Anteil der getesteten infizierten Personen, die durch den Test korrekterweise als infiziert identifiziert werden (Woloshin et al., 2020). Außerdem ist das Virus nicht zu jedem Zeitpunkt des Krankheitsverlaufes nachweisbar. So kann beispielsweise in den ersten Tagen nach der Ansteckung das Virus in der Regel nicht nachgewiesen werden (Kucirka et al., 2020).

Viele AutorInnen merken an, dass ein negatives Testergebnis bei einer hohen Vortestwahrscheinlichkeit eine Infektion nicht ausschließt. Eine hohe Vortestwahrscheinlichkeit ist beispielsweise bei einer Person gegeben, die Kontakt zu einer infizierten Person hatte und Symptome entwickelt. Deshalb werden bei hohem klinischem Verdacht erneute Tests mit einem anderen Verfahren als sinnvoll eingestuft. (Fang et al., 2020; RKI, 2020d; Watson et al., 2020)

Falsch-negative Ergebnisse sollten unbedingt vermieden werden, da sie dazu führen können, dass die infizierte Person viele weitere Personen ansteckt (Watson et al., 2020). Bei serologischen Tests bergen falsch-positive Tests eine große Gefahr. Diese können bewirken, dass Personen, die noch nicht infiziert waren, denken, sie wären immun. (Cypionka, Röhrling, et al., 2020)

Prinzipiell besteht bei einer hohen Prävalenz eine größere Gefahr, falsch-negative Testergebnisse zu erhalten. Umgekehrt ist die Wahrscheinlichkeit fälschlicherweise ein positives Ergebnis zu erhalten größer, je niedriger die Prävalenz in der Bevölkerung oder einer bestimmten Gruppe ist. (Ulrich et al., 2020) Aus diesem Grund warnt das RKI davor, dass bei niedriger Prävalenz und nicht hundertprozentiger Spezifität ungezieltes Testen zu einer hohen Zahl falsch-positiver Ergebnisse führt (RKI, 2020a).

Auch die Schnelligkeit des Testprozesses ist von großer Relevanz. Nur wenn zwischen dem Zeitpunkt der Entscheidung, eine Person zu testen, bis zum Testergebnis wenig Zeit vergeht, kann die Verbreitung des Virus eingedämmt werden. Andernfalls kann kein Contact Tracing stattfinden und die infizierte Person könnte andere Personen anstecken, wenn sie sich nicht in Isolation begibt. (Kretzschmar et al., 2020; Ulrich et al., 2020)

Abschließend werden im Folgenden Simulationen von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz dargestellt, um die Implikationen für das Ausmaß falscher Ergebnisse zu veranschaulichen. Es wird jeweils angenommen, dass 10.000 Personen getestet werden, wobei die Prävalenz jeweils in einem Beispiel bei 5% liegt, im anderen bei 20%. Es werden bzgl. der Sensitivität drei unterschiedliche Szenarien betrachtet: 99%, 95% und 71%. Dies könnte beispielsweise der Abstufung von Testen unter Laborbedingungen, Testen in der Praxis unter optimalen Bedingungen sowie Testen in der Praxis unter eingeschränkten Bedingungen entsprechen. In Bezug auf die Spezifität, die bei allen anerkannten Typen von Tests auf COVID-19 sehr hoch liegen dürfte, wird von 99,9% ausgegangen, aber zusätzlich zur Veranschaulichung auch ein Szenario mit 95% dargestellt.

In Cypionka und Reiss, 2020 wird ein Test mit einer Sensitivität von 99% und einer Spezifität von 99,9% betrachtet. Liegt der Anteil der tatsächlich Infizierten bei 20%, so liefert der Test nur 0,4% falsch-positive Ergebnisse. Wie bereits erwähnt, zieht eine niedrige Vortestwahrscheinlichkeit eine höhere Quote an falsch-positiven Tests nach sich: Sind nur 5% der getesteten Population tatsächlich infiziert, so liegt diese Quote bei knapp 2%, aber damit immer noch relativ niedrig. Es wird also nur ein sehr geringer Anteil der Getesteten fälschlicherweise in Quarantäne geschickt. Der Anteil der falsch-negativen Tests ist in beiden Fällen gering, d.h. es bleiben kaum Infektionen unerkannt.

Tabelle 1: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 99% Sensitivität und 99,9% Spezifität

	Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität			Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität		
	5,0%	99,0%	99,9%	20,0%	99,0%	99,9%
n=10.000 (Annahme)	infiziert	nicht infiziert	Summe	infiziert	nicht infiziert	Summe
Test positiv	495	10	505	1.980	8	1.988
Test negativ	5	9.491	9.496	20	7.992	8.012
Summe	500	9.500	10.000	2.000	8.000	10.000
falsch-Test positiv	1,88%			0,40%		
falsch-Test negativ	0,05%			0,25%		

Quelle: IHS, 2020

In Tabelle 2 wird ein Test mit ebenfalls 99,9% Spezifität, aber einer verringerten Sensitivität von nur 95% betrachtet. Es zeigt sich, dass die niedrigere Sensitivität nur mäßige Auswirkungen auf das Ausmaß der falschen Ergebnisse hat und die Anteile an falsch-positiven und falsch-negativen Ergebnissen nach wie vor relativ gering sind.

Tabelle 2: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 95% Sensitivität und 99,9% Spezifität

	Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität			Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität		
	infiziert	nicht infiziert	Summe	infiziert	nicht infiziert	Summe
n=10.000 (Annahme)	5,0%	95,0%	99,9%	20,0%	95,0%	99,9%
Test positiv	475	10	485	1.900	8	1.908
Test negativ	25	9.491	9.516	100	7.992	8.092
Summe	500	9.500	10.000	2.000	8.000	10.000
falsch-Test positiv	1,96%			0,42%		
falsch-Test negativ	0,26%			1,24%		

Quelle: IHS, 2020

In Tabelle 3 bleibt die Spezifität des Tests bei 99,9%, die Sensitivität beträgt aber nurmehr 71%. Bei einer niedrigeren Prävalenz von 5% sind 2,6% der positiven Testergebnisse falsch und 1,5% der negativen Testergebnisse. Diese Anteile sind nach wie vor vergleichsweise gering. Liegt die Prävalenz jedoch bei 20%, so liefert der Test zwar kaum falsch-positive Ergebnisse, aber der Anteil Falsch-Negativer steigt auf knapp 7% an. Die geringere Sensitivität führt also dazu, dass bei höherer Prävalenz ein größerer Anteil der Infektionen unerkannt bleibt.

Tabelle 3: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 71% Sensitivität und 99,9% Spezifität

	Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität			Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität		
	infiziert	nicht infiziert	Summe	infiziert	nicht infiziert	Summe
n=10.000 (Annahme)	5,0%	71,0%	99,9%	20,0%	71,0%	99,9%
Test positiv	355	10	365	1.420	8	1.428
Test negativ	145	9.491	9.636	580	7.992	8.572
Summe	500	9.500	10.000	2.000	8.000	10.000
falsch-Test positiv	2,61%			0,56%		
falsch-Test negativ	1,50%			6,77%		

Quelle: IHS, 2020

Abschließend wird in Tabelle 4 ein Test betrachtet, der eine Sensitivität von 95% aufweist, aber eine im Vergleich zu den vorhergehenden Szenarien reduzierte Spezifität von ebenfalls 95%. Es zeigt sich, dass die geringere Sensitivität erhebliche Auswirkungen auf das Ausmaß der falschen Testergebnisse hat. Liegt der tatsächliche Anteil der Infizierten bei nur 5%, so gibt es zwar kaum falsch-negative Ergebnisse, jedoch ist die Hälfte der positiven Testergebnisse inkorrekt. Es werden also doppelt so viele Getestete in Quarantäne geschickt wie notwendig wäre. Bei einer höheren Prävalenz von 20%

wirkt sich die geringere Spezifität weniger stark, aber immer noch deutlich aus. Wieder ist die falsch-negative Quote gering, es sind aber immer noch 17% der positiven Testergebnisse falsch. Auch bei höherer Prävalenz wird also ein gewisser Anteil der Getesteten fälschlicherweise in Quarantäne geschickt.

Tabelle 4: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 95% Sensitivität und 95% Spezifität

	Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität			Anteil Infizierte Sensitivität Spezifität		
	infiziert	nicht infiziert	Summe	infiziert	nicht infiziert	Summe
n=10.000 (Annahme)	5,0%	95,0%	95,0%	20,0%	95,0%	95,0%
Test positiv	475	475	950	1.900	400	2.300
Test negativ	25	9.025	9.050	100	7.600	7.700
Summe	500	9.500	10.000	2.000	8.000	10.000
falsch-Test positiv	50,00%			17,39%		
falsch-Test negativ	0,28%			1,30%		

Quelle: IHS, 2020

3.1.4 Teststrategien

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Teststrategien im Detail erörtert.

3.1.3.1 Allgemein

Teststrategien verfolgen sowohl das Ziel, bei begrenzten Kapazitäten eine optimale Aufteilung der vorhandenen Tests zwischen Bevölkerungsgruppen (z.B. Personen mit Vorerkrankungen, ältere Personen etc.) und Gesellschaftsbereichen (Krankenhäuser, Pflegeheime, andere systemrelevante Berufe etc.) zu erreichen, als auch für die richtigen Zielsetzungen die richtige Art von Tests zu verwenden. Die folgenden Empfehlungen beziehen sich, wenn nicht gegenteilig angemerkt, auf Tests, die eine akute Infektion feststellen sollen, wie insbesondere RT-PCR Tests.

Die Frage, ob Tests vorrangig für Personen mit oder Personen ohne Symptome eingesetzt werden sollen, wird in der wissenschaftlichen Literatur unterschiedlich beantwortet. Ulrich et al., 2020 empfehlen, alle symptomatischen Personen zu testen, um infektiöse Personen zu isolieren und Contact Tracing betreiben zu können, damit eine weitere Ausbreitung verhindert werden kann. Auch das Fachgremium der Infectious Diseases Society of America (IDSA) spricht sich für das Testen von allen Personen mit Symptomen aus (Hanson et al., 2020). Im Gegensatz dazu empfehlen Grassly et al., 2020 das Testen von Kontaktpersonen mit Symptomen gerade bei einer hohen Zahl an Neuinfektionen nicht. Stattdessen raten sie dazu, asymptomatische Kontakte, die

mithilfe von Contact Tracing festgestellt werden können, zu testen. Denn wenn das oberste Ziel ist, die Übertragung von SARS-CoV-2 zu stoppen, könne auf das Testen von Kontaktpersonen mit Symptomen verzichtet werden, wenn diese sich auch ohne getestet zu werden in Selbstisolation begeben. Diese Vorgangsweise steht allerdings der epidemiologischen Zielsetzung einer lückenlosen Clusteranalyse entgegen.

Auch das Fachgremium der IDSA empfiehlt das Testen von asymptomatischen Personen, die direkten Kontakt zu infizierten Personen hatten (Hanson et al., 2020). Ulrich et al., 2020 legen sich hinsichtlich einer Empfehlung für asymptomatische Personen, die Kontakt zu infizierten Personen hatten, nicht fest, da auch bei einem negativen Testergebnis das Vorliegen einer Infektion nicht ausgeschlossen werden könne. Sie empfehlen dementsprechend das Testen von asymptomatischen Personen nur in Gruppen mit hoher Prävalenz (wie z.B. Betriebe, in denen ein Cluster identifiziert wurde) sowie für epidemiologische Forschungszwecke. Romagnani et al., 2020 empfehlen aufgrund der Erfahrungen aus italienischen Regionen sowohl symptomatische als auch asymptomatische Personen zu testen, da asymptomatische Personen stark zu einer Ausbreitung von COVID-19 beitragen können.

Bezüglich flächendeckender Tests in Krankenhäusern, Pflegeheimen und ähnlichen Einrichtungen existieren unterschiedliche Empfehlungen in der wissenschaftlichen Literatur. Ulrich et al., 2020 raten von flächendeckendem Testen von Personen ohne Symptome in Krankenhäusern, Schulen oder anderen Orten mit niedriger Prävalenz ab, da bei geringer Prävalenz die Wahrscheinlichkeit falsch-positiver Tests zu hoch ist, wenn es sich nicht um einen PCR-Test handelt. Dieses Risiko könnte jedoch durch „Dual Target“ Tests reduziert werden (siehe Kapitel 3.1.3). Das Fachgremium der IDSA macht die Empfehlung für flächendeckende Tests in Krankenhäusern von der Prävalenz in der jeweiligen Region abhängig. Bei einer hohen Prävalenz (über 10%) werden sie empfohlen, bei einer niedrigen Prävalenz (unter 2%) wird davon abgeraten (Hanson et al., 2020). Allerdings existiert auch wissenschaftliche Literatur, in der flächendeckende Tests in Krankenhäusern jedenfalls empfohlen werden. Grassly et al., 2020 beispielsweise empfehlen das Testen von Gesundheitspersonal unabhängig davon, ob Symptome vorliegen, da diese Gruppe einem besonders hohen Risiko einer Infektion mit SARS-CoV-2 ausgesetzt ist und damit auch wahrscheinlicher zu einer Übertragung beiträgt. Auch Black et al., 2020 empfehlen, sowohl symptomatisches als auch asymptomatisches Gesundheitspersonal zu testen. Dadurch soll unnötige Quarantäne von nicht-infizierten Personen verhindert werden, das Gesundheitspersonal geschützt werden sowie die Übertragung durch asymptomatische Personen vermieden werden. Dumyati et al., 2020 kommen Pflegeheime betreffend ebenfalls zu der Empfehlung, flächendeckende Tests durchzuführen. Falls dies wegen Mangel an Testkapazitäten nicht möglich ist, sollen nur Kontaktpersonen zu infizierten Personen in den Pflegeheimen

getestet werden sowie Personen, die einem hohen Infektionsrisiko ausgesetzt sind, weil sie oft mit Personen außerhalb des Pflegeheims in Kontakt treten. Die AutorInnen treffen in der Untersuchung keine Aussage dazu, welche dieser beiden Gruppen vorrangig getestet werden soll.

Für den Fall von Kapazitätsengpässen bei RT-PCR Tests schlagen Ulrich et al., 2020 eine Testhierarchie vor. Tests sollen je nach Verfügbarkeit den folgenden Gruppen in dieser Reihenfolge zugewiesen werden: erstens Personen mit Symptomen, die hospitalisiert und in kritischem Zustand sind. Zweitens symptomatisches Gesundheitspersonal, symptomatische ErsthelferInnen, symptomatische Personen in Gemeinschaftseinrichtungen und symptomatische Arbeitskräfte in systemrelevanten Berufen. Drittens andere symptomatische Personen. Viertens Personen ohne Symptome, die in Gemeinschaftseinrichtungen leben, um so das Infektionsgeschehen kontrollieren zu können. Gorji et al., 2020 schlagen bei mangelnder Verfügbarkeit von Tests vor, den Fokus des Testens auf Gruppen zu legen, in denen eine hohe Prävalenz vorherrscht, da in diesen Gruppen durch wenige Tests eine hohe Anzahl an infizierten Personen detektiert werden kann. Dazu zählen Personengruppen, die in ihrem Alltag wesentlich mehr infektionsrelevante Kontakte – also Kontakte, bei denen es zu einer Übertragung kommen könnte – aufweisen als die meisten anderen Personen. Um herauszufinden, wer diese potenziellen „Superspreeder“ sein können, schlagen die Autoren eine Ermittlung der Anzahl der Kontakte durch Bluetooth mittels einer Smartphone-App vor.

Das European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) empfahl bei Kapazitätsengpässen ursprünglich folgende Testpriorisierung in absteigender Wichtigkeit (Stand Mai 2020): erstens PatientInnen in Krankenhäusern mit schwerer akuter Atemwegserkrankung. Zweitens alle Verdachtsfälle in Pflegeeinrichtungen. Drittens vulnerable Gruppen (alte Personen, Personen mit Vorerkrankungen) und viertens Sentinelerhebungen im ambulanten Bereich zur Überwachung von PatientInnen mit akuten Atemwegserkrankungen oder Influenza-ähnlichen Erkrankungen (European Centre for Disease Prevention and Control, n.d.). In einer aktuelleren Publikation (September 2020) wird nun die Anwendung von flexiblen Teststrategien empfohlen, die sich an die jeweilige epidemiologische Situation sowie an vorhandene Kapazitäten anpassen. Dabei sollen folgende fünf Ziele verfolgt werden: (1) Transmissionskontrolle, (2) Monitoring von Übertragungsraten und Schweregraden, (3) Eindämmung der Auswirkungen in Einrichtungen des Gesundheits- und Sozialbereichs, (4) Identifikation von Clustern oder Ausbrüchen in spezifischen Settings sowie (5) Verhinderung von neuen Ausbrüchen, sobald das Virus erfolgreich eliminiert wurde. (European Centre for Disease Prevention and Control, 2020b) Für jedes der fünf Ziele

sind in dem Dokument jeweils Empfehlungen zur entsprechenden Vorgehensweise angeführt.

Die WHO veröffentlichte bereits am 21. März 2020 Empfehlungen zu Teststrategien. Für Länder, die nur mit einzelnen Clustern zu kämpfen haben, wird empfohlen, alle Verdachtsfälle sowie Kontaktpersonen zu testen. In Ländern mit höheren Fallzahlen, in denen bereits eine breitere Übertragung in der Bevölkerung stattfindet, die Infektionsketten also nicht mehr nachvollziehbar sind, können die Grenzen der Testkapazitäten erreicht werden. In diesem Fall empfiehlt die WHO, vorrangig folgende Gruppen zu testen: vulnerable Personen, bei denen eine Infektion vermutlich zu einem schweren Krankheitsverlauf führen würde; Gesundheitspersonal, um die Ausbreitung im Gesundheitsbereich zu verhindern und das Personal vor Erkrankungen zu schützen; sowie die ersten symptomatischen Personen in Gemeinschaftseinrichtungen, um eine rasche Ausbreitung von COVID-19 zu verhindern. (World Health Organization, 2020d)

3.1.3.2 Massentests

Mina et al., 2020 empfehlen zusätzlich zu Tests mit einer hohen Sensitivität (RT-PCR Tests), auch antigenbasierte Schnelltests zur Anwendung zu bringen, um Bevölkerungen oder Bevölkerungsteile wiederholt zu screenen. Selbst wenn diese POC Antigentests nicht so sensitiv sind wie PCR, können sie dazu beitragen, die Ausbreitung einzudämmen, da sie in größerer Anzahl zur Verfügung stehen, schneller Ergebnisse liefern und kostengünstiger sind. In der Zeitspanne, in der eine infizierte Person ansteckend ist, ist auch die Viruslast am höchsten. Je höher die Viruslast ist, desto eher kann auch ein Test mit niedrigerer Sensitivität eine Infektion feststellen. Durch die häufige Anwendung von Schnelltests bei derselben Person würde eine infizierte Person dann ein positives Testergebnis erhalten, wenn sie besonders ansteckend ist, und könnte anschließend isoliert werden. Somit könnte es zu Surveillancezwecken zielführender sein, häufig mithilfe von Schnelltests zu testen, als hoch sensitive RT-PCR Tests durchzuführen, die mit einer längeren Wartezeit auf ein Ergebnis verbunden sind – denn in der Wartezeit könnte die infizierte Person womöglich weitere Personen anstecken. Die Autoren schlagen vor, RT-PCR Tests zu verwenden, um ein positives Testergebnis eines Schnelltests zu bestätigen. Eine sinnvolle Teststrategie würde dementsprechend sowohl Schnelltests als auch RT-PCR Tests beinhalten. Als Alternative wäre auch der Einsatz eines orthogonalen Antigentests möglich, also eines Antigentests eines anderen Herstellers. Durch die sequenzielle Anwendung wird die Quote falsch positiver Resultate gesenkt.

Larremore et al., 2020 vergleichen durch Modellierungen die Anzahl an Personen, die durch hoch-sensitive Tests (RT-PCR) bzw. durch weniger sensitive Tests (z.B. frühere RT-

Lamp oder Antigen Schnelltests) detektiert werden können. Sie kommen zu dem Schluss, dass für die Reduktion von Übertragungen sowie der effektiven Reproduktionszahl die Häufigkeit der Tests und ein schnelles Testergebnis die wichtigsten Faktoren sind. So könnten Massentestungen von 75% der Bevölkerung in Abständen von drei Tagen die Epidemie innerhalb von 6 Wochen beinahe ausrotten. Dies wäre nur mit Schnelltests möglich, da diese kostengünstiger sind und ein schnelleres Ergebnis liefern als RT-PCR Tests. Die etwas eingeschränkte Sensitivität von Schnelltests würde für Surveillance Programme ausreichen, eine sehr hohe Sensitivität ist nicht zwingend erforderlich. Dafür sind folgende Umstände verantwortlich: Erstens sind Personen zu dem Zeitpunkt, an dem die Viruslast so niedrig ist, dass ein Schnelltest die Infektion nicht erkennt, ein RT-PCR Test aber schon, vermutlich nicht oder weniger ansteckend. Zweitens steigt die Viruslast am Anfang der Infektion exponentiell, deshalb besteht nur ein kurzer Zeitraum, in dem ein Test mit niedrigerer Sensitivität negativ ausfällt. Drittens tragen RT-PCR Tests, die gegen Ende einer Infektion durchgeführt werden – wenn die Viruslast schon stark zurückgeht –, vermutlich nicht wesentlich zur Eindämmung von SARS-CoV-2 bei, da zu diesem Zeitpunkt infizierte Personen meistens nicht mehr infektiös sind.

Paltiel et al., 2020 kommen durch Modellierungen zu Screeningstrategien zur Wiederöffnung von Universitäten in den USA ebenfalls zu dem Schluss, dass die Testfrequenz wichtiger für die Eindämmung ist als die Sensitivität der verwendeten Tests.

Gans, 2020 betont, dass es für die Eindämmung der Pandemie wichtiger sei, dass Tests kontagiöse Personen detektieren, als dass sie infizierte Personen erkennen. Aus einer informationstheoretischen Perspektive argumentiert der Autor, dass je nach Zielsetzung Schnelltests mit niedrigerer Sensitivität und Spezifität effektiver sein können als RT-PCR Tests mit hoher Sensitivität. Ein Grund dafür ist, dass bei einem positiven RT-PCR Test einige Personen zur Isolation verpflichtet werden, die zwar mit SARS-CoV-2 infiziert, jedoch vermutlich nicht ansteckend sind. Dadurch entstehen ökonomische Schäden.

Kennedy-Shaffer et al., 2020 schlagen eine konkrete Teststrategie vor, für die Tests mit einer hohen Spezifität notwendig sind, eine niedrige Sensitivität jedoch ausreicht. Diese Strategie basiert auf der Erkenntnis, dass sogenannte superspreading events für die Ausbreitung von SARS-CoV-2 eine Schlüsselrolle spielen und die Übertragbarkeit sich von Person zu Person stark unterscheidet. Sobald also bekannt ist, dass eine infizierte Person eine andere Person angesteckt hat, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sie auch weitere Personen angesteckt hat. Die Strategie sieht vor, alle Kontaktpersonen eines bestätigten Falls durch einen hoch-spezifischen Schnelltest zu testen. Dann gibt es zwei mögliche Szenarien:

- 1) Wenn zumindest eine dieser Kontaktpersonen positiv getestet wird, müssen sich alle anderen Kontaktpersonen auch in Quarantäne begeben. In weiterer Folge werden diese Personen genaueren Tests (z.B. RT-PCR Tests) unterzogen, um festzustellen, ob im Einzelfall eine Infektion vorliegt.
- 2) Wenn keine Kontaktpersonen des ursprünglich bestätigten Falles durch den hochspezifischen Test positiv getestet werden, können alle Kontaktpersonen als nicht infiziert angesehen werden. Wenn die ursprünglich bestätigte infizierte Person vier weitere Personen ansteckt, reicht bei dieser Strategie eine Sensitivität von 50% aus, um in 90% der Fälle zumindest ein positives Testergebnis zu erhalten.

POC-Antigentests sind für Massentests am ehesten geeignet. Eine Kooperation von Public Health England und der Universität Oxford kommt aufgrund von prä-klinischer sowie klinischer Bewertung zu dem Ergebnis, dass einige der Produkte eine hohe Spezifität und eine ausreichend hohe Sensitivität aufweisen. Diese Tests könnten zu einer starken Ausweitung der Testkapazitäten beitragen, die nicht auf eine Auswertung in Laboren angewiesen ist. (Public Health England Porton Down & University of Oxford, 2020)

Zusammenfassend ist es theoretisch möglich, dass man mit Massentests einen Lockdown verhindern kann, wenn die Infektionszahlen dadurch hinreichend gesenkt werden können. Bei der Durchführung sind einige Punkte zu beachten:

- 1) Der Zweck eines solchen Massentests ist es, Personen zu identifizieren, die andernfalls unerkannt das Virus weitergeben hätten um so die Infektionsraten zu reduzieren. Es handelt sich also um einen grundsätzlich anderen Ansatz als z.B. mit klinischem Testen verbunden ist. Es kommt nicht auf hohe Sensitivität an, sondern darauf, ausreichende Effekte auf die Neuinfektionen zu erzielen.
- 2) Die Tests sind umso ergiebiger, je höher die Vortestwahrscheinlichkeit ist. Das heißt, der Zeitpunkt ist günstig zu wählen, idealerweise in einer Situation, bevor man einen Lockdown aussprechen müsste.
- 3) Falsch-positive Ergebnisse sollten rasch entweder durch einen zweiten Antigentest oder PCR überprüft werden.
- 4) Die Durchführung bindet erhebliche Humanressourcen, die zu knapp sein könnten, wenn das Infektionsgeschehen bereits viele zu betreuende Fälle generiert hat.
- 5) Eine freiwillige Durchführung ist theoretisch möglich. Die Zulassung der gängigen Produkte nur für medizinisch geschultes Personal könnte eine Hürde darstellen.
- 6) Eine solche Aktion muss zwingend mit Kommunikationsstrategien verbunden werden, um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erzielen.

- 7) Kurzfristig kann es sein, dass für wiederholte Tests nicht genügend Material verfügbar ist. Eine einmalige Wiederholung empfiehlt sich allerdings aufgrund der Zeit zwischen Infektion und ausreichender Virionenzahl. Zudem können falsch negative Ergebnisse evtl. aufgefunden werden.
- 8) Zusammen mit der hohen Personalbindung kann es sinnvoll sein, nicht die gesamte Bevölkerung zu testen, sondern diese nach Kriterien - wie hohe Kontaktfrequenz, hoher Anteil Asymptomatischer, hohe Durchseuchung, niedrige Wahrscheinlichkeit, getestet zu werden - zu stratifizieren und somit Tests priorisiert einzusetzen.
- 9) Da es kaum Erfahrung mit Massentests gibt, ist ein Erfolg nicht garantiert. Es empfiehlt sich, die Erfolgchancen zu erhöhen, indem in kleinerem Maßstab ein Vortest durchgeführt wird, aus dem Erfahrungswerte gewonnen werden können.

3.1.3.3 Pooled Testing

Beim Pooled Testing werden mehrere Proben in Pools zusammengefasst. Anschließend werden Tests für diese Pools statt für jede einzelne Probe durchgeführt. Bei der einfachsten Pooling Methode werden die Proben von einer festzulegenden Anzahl an Personen in einem Pool gemeinsam getestet. Erhält man für diesen Pool ein negatives Testergebnis, können alle Proben in diesem Pool als negativ angesehen werden. Ergibt der Test für den Pool ein positives Ergebnis, ist mindestens eine Person, deren Probe in diesem Pool enthalten ist, mit SARS-CoV-2 infiziert. Um herauszufinden, auf welche Person bzw. Personen dies zutrifft, wird für jede Probe des positiv getesteten Pools in einem zweiten Schritt ein individueller Test durchgeführt (Ben-Ami et al., 2020). Durch diesen Prozess kann die Anzahl der notwendigen Tests reduziert werden. Das spart Kosten und sorgt dafür, dass schneller Ergebnisse geliefert werden können. Vechera, 2020 geht davon aus, dass eine Reduktion der Testanzahl um den Faktor 10 sowohl den Durchsatz als auch die gesamten Testkosten um den Faktor 9 reduziert.

Wie groß das Einsparungspotenzial tatsächlich ist, hängt von mehreren Faktoren wie der Prävalenz oder der Poolgröße ab. Prinzipiell gilt: Je höher die Prävalenz, desto niedriger sollte die Anzahl an Proben pro Pool sein. Denn bei einer hohen Prävalenz liefern große Pools mit einer zu großen Wahrscheinlichkeit ein positives Ergebnis. Dadurch würden die Effizienzgewinne durch Pooled Testing eliminiert werden. Umgekehrt kann bei einer niedrigen Prävalenz die Poolgröße angehoben werden, um weniger Tests aufwenden zu müssen (Eberhardt et al., 2020). Die Höhe der Prävalenz, bis zu der Pooled Testing zu einem Effizienzgewinn führt, wird von AutorInnen unterschiedlich angegeben. Die Berechnungen gehen von 20% (Shani-Narkiss et al., 2020), 25% (Vechera, 2020), 30% (Eberhardt et al., 2020) bis zu 33% (Theagarajan, 2020).

Bei einer höheren Prävalenz wäre Pooled Testing nicht effizienter als individuelles Testen. Aus diesem Grund empfiehlt das Robert-Koch-Institut (RKI, 2020a) Pooled Testing als Screeningmaßnahme in asymptomatischen Bevölkerungsgruppen, die eine niedrige Vortestwahrscheinlichkeit aufweisen (z.B. in Gesundheitseinrichtungen). Als flächendeckendes Verfahren beispielsweise für symptomorientiertes Testen oder Testen von Kontaktpersonen empfiehlt das RKI Pooled Testing nur, wenn die Testkapazitäten für individuelle Tests nicht ausreichen würden.

Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass durch die Verdünnung der Proben, die beim Pooled Testing stattfindet, die Sensitivität nicht zu stark beeinträchtigt wird. Wenn die Substanz, die nachgewiesen werden soll, durch die Verdünnung unter die nachweisbare Grenze sinkt, ist der Test fälschlicherweise negativ (Vechera, 2020). Aus diesem Grund sollten die Pools auch bei niedriger Prävalenz nicht beliebig groß gewählt werden. Um keinen Verlust in der Sensitivität zu erleiden, empfehlen Kim et al., 2020 eine maximale Poolgröße von 6 Proben. Lohse et al., 2020 sehen bis zu einer Poolgröße von 30 Proben noch ausreichend Sensitivität gegeben, Yelin et al., 2020 sogar bis 32 Proben pro Pool. Pilcher et al., 2020 und de Wolff et al., 2020 argumentieren, dass unter gewissen Umständen auch ein Anstieg des Anteils falsch-negativer Tests akzeptabel ist. Durch Pooled Testing kann die Anzahl der ungetesteten Personen stark reduziert werden sowie die Anzahl korrekterweise positiver Tests stark erhöht werden (de Wolff et al., 2020). Somit können durch Pooled Testing durch die gleiche Anzahl an Tests wesentlich mehr infizierte Personen identifiziert werden als durch individuelles Testen (Pilcher et al., 2020). Das belgische Forschungsinstitut Sciensano stellt fest, dass bei einem Screening von asymptomatischen Gruppen die ansteckendsten Personen trotz geringfügig eingeschränkter Sensitivität identifiziert werden können (Sciensano, 2020). Somit können die positiven Auswirkungen des Pooled Testing den negativen Effekt – den Anstieg falsch-negativer Tests – überwiegen. Weiters weist RKI, 2020a darauf hin, dass durch wiederholtes Testen der gleichen Person möglichen falsch-negativen Ergebnissen entgegengewirkt werden kann.

Tabelle 5 zeigt die Anzahl der Tests, die durch Pooled Testing eingespart werden können. Wenn man beispielsweise davon ausgeht, dass an einem Tag 20 000 Personen getestet werden sollen und die Prävalenz bei 0,1% liegt, können durch Pooled Testing im Vergleich zu individuellen Testungen zwischen 15 901 und 18 880 Tests eingespart werden. Bei einer höheren Prävalenz wird das Einsparungspotenzial reduziert. Bei einer Prävalenz von 5% können jedoch für 20 000 Personen immer noch zwischen 9 974 und 12 440 Tests eingespart werden. Um minimales und maximales Einsparungspotenzial abschätzen zu können, wurden Angaben zum Einsparungspotenzial aus folgenden Quellen berücksichtigt: Abdalhamid et al., 2020; Aragón-Caqueo et al., 2020; Ben-Ami et al., 2020; Cherif et al., 2020; Deckert et al., 2020; Eliaz et al., 2020; Hanel & Thurner,

2020; Hitt, 2020; Pilcher et al. (Webtool), 2020; Vechera, 2020; Wacharapluesadee et al., 2020.

Tabelle 5: Einsparungspotenzial durch Pooled Testing

Prävalenz		Proben pro Pool	Benötigte Tests für 100 Personen	Gesparte Tests für 20 000 Personen	Quelle
0,1%	Minimales Einsparungspotenzial	5	20,5	15 901,6	Ben-Ami et al., 2020
	Maximales einsparungspotenzial	32	5,6	18 880	Pilcher et al., 2020 (Webtool)
2%	Minimales Einsparungspotenzial	5	29,6	14 082,8	Ben-Ami et al., 2020
	Maximales einsparungspotenzial	9	24,5	15 120	Pilcher et al., 2020 (Webtool)
5%	Minimales Einsparungspotenzial	10	50,1	9 974,8	Wacharapluesadee et al., 2020
	Maximales einsparungspotenzial	6	37,8	12 440	Pilcher et al., 2020 (Webtool)

Quellen: siehe Tabelle

Zusätzlich zu der hier beschriebenen einfachen Pooling Methode existieren andere Pooling Methoden, die etwas komplexer sind. Diese werden z.B. in folgenden Publikationen beschrieben: Ben-Ami et al., 2020; de Wolff et al., 2020; Eberhardt et al., 2020; Lin et al., 2020; Pichler & Koliandler, 2020; Shental et al., 2020; Täufer, 2020; Theagarajan, 2020; Vechera, 2020.

3.1.5 Beispiele aus ausgewählten Ländern

In diesem Kapitel werden wichtige Charakteristika der Teststrategien aus Österreich, Deutschland, Südkorea, Italien und Frankreich beschrieben.

Österreich

Das BMSGPK veröffentlichte im April 2020 offizielle Empfehlungen zu RT-PCR Testungen. Dabei lautete das Ziel, durch die Identifizierung von infizierten Personen und ihren Kontakten, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu vermeiden. So wurde grundsätzlich

empfohlen, bei allen Personen, die aufgrund der klinischen Symptomatik als Verdachtsfall eingestuft wurden, RT-PCR Tests durchzuführen. Das Testen von asymptomatischen Personen wurde prinzipiell nicht empfohlen, mit Ausnahme von Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen, regionalen Infektionsgeschehen („Cluster“), einreisenden Personen und Reihenuntersuchungen in bestimmten Gruppen. Bei Kapazitätsengpässen wurde folgende Priorisierung von Testungen festgelegt: erstens PatientInnen in medizinischen Einrichtungen, BewohnerInnen von Pflegeheimen und Behinderteneinrichtungen sowie Personal in diesen Einrichtungen, um eine Ausbreitung in diesen Bereichen zu vermeiden. Zweitens Gruppen, die ein erhöhtes Risiko schwerer Krankheitsverläufe aufweisen, wie z.B. Personen, die älter als 65 Jahre alt sind oder aufgrund anderer Erkrankungen einer Risikogruppe angehören. Drittens Personal der kritischen Infrastruktur sowie Verdachtsfälle in Gemeinschaftseinrichtungen, wie z.B. Asylunterkünfte, Frauenhäuser, Obdachlosenunterkünfte u.Ä. Viertens Verdachtsfälle, die von den Empfehlungen erstens bis drittens nicht abgedeckt sind. (BMSGPK, 2020b)

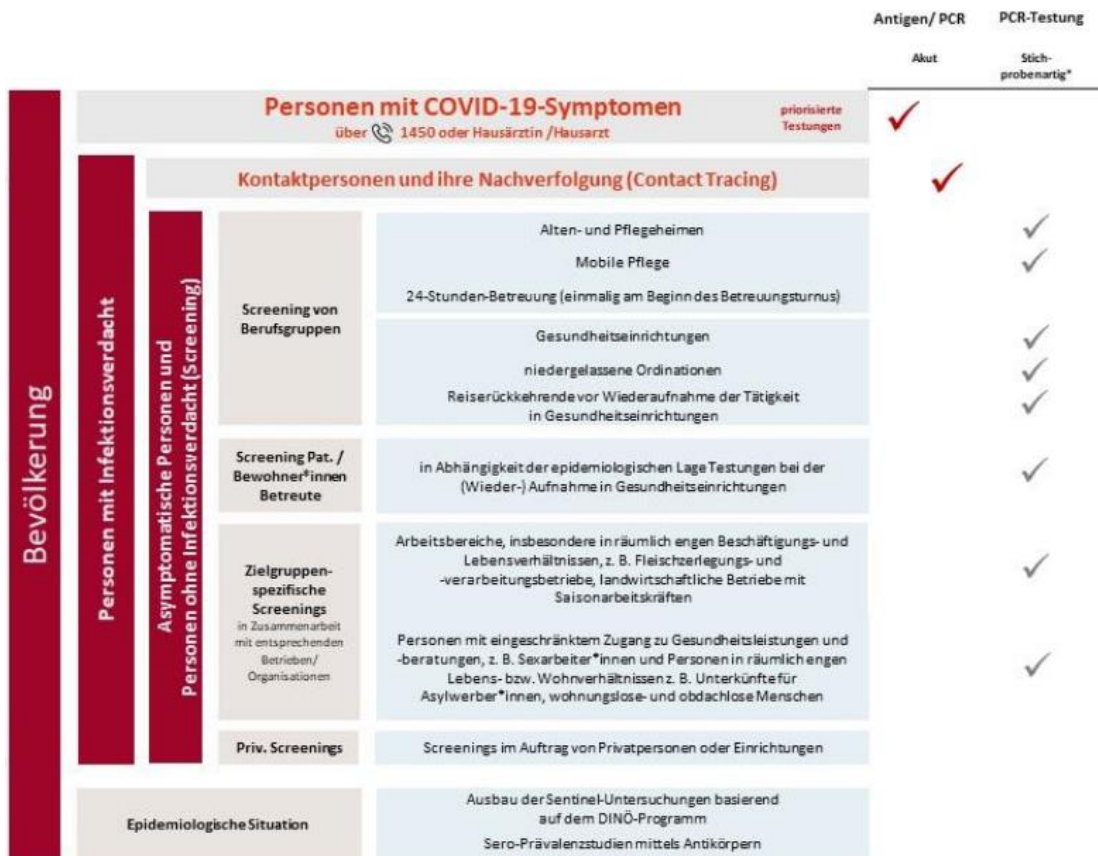
Seither wurde die Teststrategie mehrmals aktualisiert. Die aktuelle Teststrategie (Stand November 2020) ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt. In dieser Strategie ist nun auch das Testen per Antigen-Test vorgesehen. Priorisiert werden in der Teststrategie nach wie vor Personen mit Symptomen, auch ihre engen Kontaktpersonen sollen nach wie vor getestet werden. Darüber hinaus sollen unter asymptomatischen Personen bzw. Personen ohne Infektionsverdacht gezielte freiwillige Screeningprogramme durchgeführt werden. Diese sollen insbesondere in drei Bereichen erfolgen: (1) Versorgung von älteren Personen und Risikogruppen (v.a. Alten- und Pflegeheime), (2) Gesundheitswesen (inkl. ReiserückkehrerInnen, die im Gesundheitswesen beschäftigt sind) sowie (3) sonstige Einrichtungen und Betriebe, in denen es aufgrund einer erhöhten Risikosituation zu vermehrten Infektionen kommen kann. Zusätzlich soll durch Sero-Prävalenzstudien und einen Ausbau der Sentinel-Untersuchungen ein Monitoring der epidemiologischen Situation ermöglicht werden. (BMSGPK, 2020c)

Antigen-Tests kommen dabei insbesondere in zwei Gebieten zur Anwendung:

- 1) Für symptomatische Personen als POC-Test im medizinischen Versorgungsbereich und bei symptomatischen Kontaktpersonen der Kategorie I zur raschen Ausschlussdiagnose
- 2) Für asymptomatischen Personen im Rahmen von Ausbruchsmanagement, Testungen von Hochrisiko-Kontaktpersonen und Einsatz als Screeningtest in Einrichtungen mit besonders exponiertem Personal (v.a. Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen)

Dabei gilt, dass positive Testergebnisse jeweils durch eine PCR-Testung zu bestätigen sind. Ausgenommen davon sind nur symptomatische Kontaktpersonen der Kategorie I – diese gelten bereits nach einem positiven Antigen-Test als bestätigter Fall.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der österreichischen Teststrategie



Quelle: BMSGPK, 2020b

Deutschland

Grundsätzlich gilt in Deutschland die Vorgabe, möglichst alle Verdachtsfälle und Kontaktpersonen zu testen sowie Risikogruppen zu überwachen (RKI, 2020a). Die Anzahl an durchführbaren Tests pro Woche wurde in Deutschland von 150 000 im März 2020 auf über 1,1 Millionen im Juli 2020 erhöht (RKI, 2020a).

Die nationale Teststrategie wird dabei vom RKI definiert und dient bspw. auch als Vorbild für die österreichische Strategie. Symptomatischen Personen gilt in der aktuellen Strategie (Stand November 2020) die höchste Priorität, gefolgt von deren nahen Kontaktpersonen sowie BewohnerInnen/PatientInnen bzw. Personal von Einrichtungen des Gesundheits- und Sozialbereichs, in denen ein Ausbruch festgestellt wurde.

Ebenfalls von der Teststrategie erfasst, jedoch mit geringerer Priorität als die Genannten, sind BewohnerInnen/PatientInnen, Personal und BesucherInnen von Einrichtungen des Gesundheits- und Sozialbereichs (auch wenn es dort keine bekannten Fälle gibt), Schulen bzw. Kindertagesstätten, Gemeinschaftseinrichtungen wie AsylwerberInnenheime sowie Einreisende aus Risikogebieten. (RKI, 2020b)

Auch in Deutschland wurden Antigentests zuletzt in die Teststrategie aufgenommen. Empfohlen wird deren Anwendung insbesondere zum Screening von BewohnerInnen/PatientInnen, Personal und BesucherInnen in Einrichtungen des Gesundheits- und Sozialbereichs. Möglich ist ihr Einsatz auch zum breiteren Testen bei bekannten Ausbrüchen in solchen Einrichtungen bzw. Schulen/Kitas/AsylwerberInnenheimen etc. sowie bei ReiserückkehrerInnen. Bei symptomatischen Personen bzw. deren nahen Kontaktpersonen soll nur dann auf Antigentests zurückgegriffen werden, wenn die Kapazitäten für PCR-Tests nicht ausreichend sind. (RKI, 2020b)

Italien

In Italien wurden zu Beginn je nach Region unterschiedliche Strategien verfolgt. In der Lombardei und im Piemont beispielsweise wurden vor allem symptomatische Personen getestet, während in Venetien und der Toskana eine wesentlich umfassendere Teststrategie angewandt wurde. Somit konnten auch asymptomatische Personen identifiziert und isoliert werden. Die Vorgehensweise in Venetien ähnelt jener in Südkorea und trug dazu bei, die Ausbreitung von SARS-CoV-2 einzudämmen. (Romagnani & Romagnani, 2020)

Am 3. April 2020 veröffentlichte das italienische Gesundheitsministerium Empfehlungen zur Priorisierung von Testungen. Erstens sollen PatientInnen mit schweren Atemwegserkrankungen getestet werden; zweitens Personen mit weniger schweren Atemwegserkrankungen; drittens Gesundheitspersonal; viertens vulnerable Gruppen; sowie fünftens erste symptomatische Personen in Gemeinschaftseinrichtungen. (Ministero della Giustizia, n.d.; Ministero della Salute, n.d.)

Um einen Überblick über die Anzahl durchgeführter Tests und ihr Verhältnis zu Bevölkerung und bestätigten Fällen zu geben, werden in Tabelle 6 Zahlen zu Testungen für ausgewählte Länder dargestellt (Stand: 9. September 2020).

Frankreich

In Frankreich waren zu Beginn der Pandemie keine Massentestungen wie in Südkorea möglich, da zu wenige Labore und Reagenzien vorhanden waren. Außerdem vertraten die Behörden anfangs die Meinung, dass keine systematischen Testungen notwendig seien. Schließlich wurde diese Aussage am 28. März 2020 revidiert und eine Strategie der Massentestung angekündigt, um den Lockdown beenden zu können. (Moatti, 2020)

Laut Informationen der französischen Regierung kann sich derzeit in Frankreich jede Person ohne ärztliche Verschreibung testen lassen. Dies gilt auch für Personen ohne Symptome und für jene, die keinen Kontakt zu einer infizierten Person hatten. Personen, die als Kontaktpersonen identifiziert wurden, müssen getestet werden. Erst seit 11. September 2020 werden Kontaktpersonen, symptomatische Personen und Gesundheitspersonal prioritär getestet. Für diese Gruppen wurden in Labors eigene Testzeitfenster eingerichtet und Labors werden gebeten, Tests für diese Gruppen schneller abzuwickeln. (Gouvernement, n.d.)

Südkorea

Südkorea verfolgte seit Beginn der Pandemie – sobald Tests zur Verfügung standen – eine Strategie von Massentestungen. Die große Anzahl an Tests wurde begleitet durch Contact Tracing und physical distancing Maßnahmen. (Moatti, 2020) Durch das frühe Entdecken von Infektionen konnte in Südkorea im Gegensatz zu den meisten europäischen Ländern ein Lockdown vermieden werden. (Fanidi et al., 2020) Drive-through-Teststationen wurden eingerichtet, um eine große Anzahl an Tests in kurzer Zeit durchführen zu können. Dabei können Personen in ihrem Auto durch eine Teststation fahren, in der sie nur für die Abnahme der Probe das Autofenster öffnen müssen. Dadurch wird die Kontaktzeit zwischen Testpersonal und getesteter Person verringert, um das Risiko einer Ansteckung zu minimieren. Somit können viele Personen schnell getestet werden mit einem niedrigen Risiko, andere Personen anzustecken. (D. Lee & Lee, 2020)

Die aktuellen Angaben zur Teststrategie befinden sich auf der Website der Korea Disease Control and Prevention Agency. Verdachtsfälle und PatientInnen unter Beobachtung sollen getestet werden. Als Verdachtsfälle gelten Personen mit Symptomen, die Kontakt zu einer infizierten Person hatten. PatientInnen unter Beobachtung sind Personen, bei denen Verdacht auf COVID-19 wegen einer diagnostizierten Lungenentzündung mit unbekannter Ursache besteht; Personen, die innerhalb von 14 Tagen nach der Rückkehr aus dem Ausland Symptome entwickeln; sowie Personen, die eine epidemiologische

Verbindung zu einem Cluster haben und innerhalb von 14 Tagen Symptome entwickeln.
(KDCA, 2020)

Tabelle 6: Testzahlen, Stand: 9. September 2020

Land	Durchgeführte Tests pro 100.000 EinwohnerInnen	Durchgeführte Tests pro bestätigtem Fall	Bestätigte Fälle pro 100.000 EinwohnerInnen
Österreich	14 539,92	42,65	340,90
Deutschland	16 184,57	49,34	328,04
Italien	15 673,09	33,77	464,14
Frankreich	12 246,00	24,46	500,69
Spanien	16 349,62	13,85	1180,61
Vereinigtes Königreich	23 909,32	45,20	529,00
China	11 159,28	1775,80	6,28
Japan	1 290,97	22,52	57,33
Südkorea	4 064,85	96,45	42,14
Kanada	15 850,53	44,34	357,51
USA	25 509,41	13,27	1922,96

Quelle:

Österreich: <https://www.sozialministerium.at>; <https://covid19-dashboard.ages.at>; Deutschland: <https://www.rki.de>;
Italien: <http://www.salute.gov.it>; Frankreich: <https://dashboard.covid19.data.gouv.fr>;
Spanien: <https://www.mscbs.gob.es>; Vereinigtes Königreich: <https://coronavirus.data.gov.uk>;
China: <https://www.worldometers.info>; Japan: <https://www.mhlw.go.jp>; Südkorea: <https://www.cdc.go.kr>;
Kanada: <https://www.canada.ca>; USA: <https://healthdata.gov>

3.1.6 Nutzen der Maßnahme

3.1.5.1 Vermeidung der Ausbreitung

Eine gute Teststrategie spielt in der Eindämmung der Pandemie eine Schlüsselrolle. Nur mithilfe geeigneter Tests (wie z.B. RT-PCR Tests) können infizierte Personen detektiert werden. Dadurch können die betroffenen Personen isoliert werden und in weiterer Folge kann Contact Tracing stattfinden, um die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verhindern. Zahlreiche AutorInnen weisen auf die zentrale Rolle von Tests, Isolation von infizierten Personen und Contact Tracing hin (wie z.B. Cheng et al., 2020; Claypool et al., 2020; Czypionka, Röhring, et al., 2020; RKI, 2020a; Salathé et al., 2020; Vihar et al., 2020; Watson et al., 2020). Letztlich sollen durch die Vermeidung der Ausbreitung eine

Überlastung des Gesundheitssystems verhindert werden sowie die Zahl schwerer Erkrankungen und tödlicher Verläufe minimiert werden (RKI, 2020a). Das Beispiel Südkorea zeigt, dass eine gute Teststrategie erfolgreich zur Vermeidung der Ausbreitung beitragen kann. Nach hohen Infektionszahlen zu Beginn der Pandemie wurden diese durch Tests, Contact Tracing und Isolation erheblich gesenkt (Salathé et al., 2020).

Testungen sind umso wichtiger, da ein erheblicher Anteil der infizierten Personen keine oder nur schwache Symptome aufweist und auch ein erheblicher Anteil der Übertragungen von asymptomatischen Personen ausgeht. Diese Fälle können nur erkannt werden, wenn sie – beispielsweise nach erfolgtem Contact Tracing – getestet werden. Andernfalls würden sie unerkannt bleiben. Obwohl die konkreten Angaben zum Verhältnis asymptomatischer Infektionen im Vergleich zu symptomatischen Infektionen variieren, gehen alle Schätzungen von einem relevanten Anteil aus. Laut Claypool et al., 2020 sind 20-50% aller Infektionen asymptomatisch. Czypionka et al., 2020 zufolge haben rund die Hälfte der infizierten Personen keine Symptome. Day, 2020 zufolge legen Zahlen aus China nahe, dass am Anfang der Pandemie sogar 78% der infizierten Personen asymptomatisch waren. Giordano et al., 2020 machen zwar keine Angaben zum Anteil asymptomatischer Fälle, stellen aber fest, dass in der frühen Phase des Ausbruchs in Italien 35% der Fälle unerkannt blieben.

Biswas et al., 2020 weisen darauf hin, dass eine gute Teststrategie einen wichtigen Beitrag dazu leistet, community spread (also ein Infektionsgeschehen, bei dem nicht mehr bekannt ist, durch wen die Ansteckung stattfand) zu vermeiden. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um die Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verhindern. Cheng et al., 2020 betonen, dass auch Testungen in Krankenhäusern dabei helfen, community spread hintanzuhalten. Denn dadurch sollen nosokomiale Infektionen (Ansteckungen in Krankenhäusern) verhindert werden.

3.1.5.2 Überwachung des Infektionsgeschehens als Grundlage für weitere Maßnahmen

Teststrategien sind die Grundlage für eine Vielzahl weiterer Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie. Zuverlässige Tests sind notwendig, um das Infektionsgeschehen in der Bevölkerung zu überwachen. (Czypionka, Röhring, et al., 2020; RKI, 2020a) Dadurch werden die Feststellung der Anzahl und der Altersverteilung der infizierten Personen, die Lokalisierung von Infektionsclustern sowie die Erkennung vieler weiterer wichtiger Faktoren ermöglicht. Somit kann ein umfassendes Lagebild der Pandemie erstellt werden. Dieses ist notwendig, um weitere Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie – wie z.B. Maskenpflicht, Abstandsregeln, Schulschließungen, Lockdown etc. – einzuleiten bzw. um abschätzen zu können, welche

Maßnahmen ergriffen werden müssen. Außerdem kann durch eine ständige Überwachung des Infektionsgeschehens evaluiert werden, wie erfolgreich ergriffene Maßnahmen in der Bekämpfung der Pandemie sind. (Grassly et al., 2020; Salathé et al., 2020)

3.1.5.3 Reduzierung ökonomischer Schäden

Neben der Rettung von Menschenleben durch die Vermeidung der Ausbreitung von SARS-CoV-2 können Teststrategien auch dazu beitragen, ökonomische Kosten zu verringern. Durch physical distancing Maßnahmen, die bis hin zu einem Lockdown reichen können, werden viele Branchen wie z.B. die Gastronomie wirtschaftlich sehr stark getroffen. Claypool et al., 2020 legen dar, dass es zwei Möglichkeiten gibt, zu verhindern, dass asymptomatische Personen andere anstecken: einerseits physical distancing Maßnahmen; andererseits Testen und Isolieren der infizierten Personen. Durch die zweite Variante kann auf weniger restriktive physical distancing Maßnahmen zurückgegriffen werden und somit können wirtschaftliche Einbußen für Unternehmen und Einzelpersonen verringert werden (Salathé et al., 2020). Zusätzlich tragen Tests dazu bei, die Zeit zu verringern, in der Personen mit grippeähnlichen Symptomen nicht wissen, ob sie an COVID-19 oder an einer anderen Krankheit erkrankt sind (Brotherhood et al., 2020). Wenn eine betroffene Person nicht an COVID-19 erkrankt ist, reduziert sich durch ein negatives Testergebnis die Zeit der Unsicherheit und sie kann schneller wieder arbeiten gehen. Grassly et al., 2020 heben hervor, dass das Testen von Gesundheitspersonal dazu führt, dass Personen, die sich isolieren, weil sie Kontakt zu einer infizierten Person hatten, bei einem negativen Testergebnis schneller wieder in die Arbeit zurückkehren können. Dies trägt zur Aufrechterhaltung reibungsloser Abläufe im Gesundheitswesen bei.

3.1.5.4 Nutzen von Seroprävalenzstudien

Czypionka et al., 2020 betonen, dass auch Stichproben in der Allgemeinbevölkerung einen wichtigen Beitrag in der Eindämmung der Pandemie leisten. Dafür sollten serologische Tests verwendet werden, mit denen die Seroprävalenz – also der Anteil jener Personen, die Antikörper gegen SARS-CoV-2 gebildet haben – festgestellt wird. Dadurch werden nicht nur akute, sondern auch zurückliegende Infektionen erfasst. Durch Stichproben können genauere Informationen über die Dunkelziffer der Gesamtzahl bisher infizierter Personen gesammelt werden als durch die gemeldeten positiven RT-PCR Tests, da in der Stichprobe auch bisher unerkannte Fälle enthalten sind. Somit ergeben sich auch zuverlässigere Schätzungen zu Letalität, Hospitalisierungsrate

und weiteren wichtigen Kennzahlen. Zusätzlich werden durch die Gesamtzahl der infizierten und der immunen Personen wichtige Informationen zur Schnelligkeit der Ausbreitung der Krankheit sowie zu einem eventuellen Erreichen der Herdenimmunität in Erfahrung gebracht. Optimalerweise sollte in Österreich eine repräsentative Stichprobe mit 19 000 Personen durchgeführt werden, alternativ können aber auch Stichproben mit 2 000 bis 3 000 Personen wichtige Informationen liefern.

Die World Health Organization, 2020e hebt hervor, dass zusätzlich folgende Informationen durch Studien zur Seroprävalenz bereitgestellt werden können: Alters- und Geschlechterverteilung, Anteil der asymptomatischen, präsymptomatischen und subklinischen Fälle, Risikofaktoren für eine Infektion sowie Informationen zur Antikörper-Kinetik (unterschiedliche Dynamiken von Antikörpern je nach Zeit und Person). Außerdem können besonders stark betroffene Bevölkerungsgruppen identifiziert werden (Poethko-Müller et al., 2020). All diese Erkenntnisse sind essenziell, da sie die Grundlage darstellen, auf der Einführung und Verschärfung bzw. Lockerung von Politikmaßnahmen zur Eindämmung der Pandemie basieren.

Zusätzlich zu Studien in der Allgemeinbevölkerung kann durch Seroprävalenzstudien in ausgewählten Bevölkerungsgruppen Wissen über das Infektionsgeschehen in diesen Gruppen generiert werden. Beispielsweise bringen Studien wie Jespersen et al., 2020 Informationen über Seroprävalenz und Ansteckungsdynamiken von Gesundheitspersonal, aus denen weitere Maßnahmen abgeleitet werden können.

3.1.7 Kosten der Maßnahme

Testen und Teststrategien zählt zu dem am umfangreichsten in der Literatur analysierten und diskutierten Maßnahmen der nicht-pharmazeutischen Interventionen. In Folgenden werden die monetären Kosten dieser Maßnahme und das Kostensenkungspotenzial umrissen.

In Österreich wird für die laboranalytische Auswertung eines PCR Tests eine Fallpauschale von EUR 60 vom Krankenversicherungsträger übernommen. In der Pauschale sind neben der Auswertung auch das benötigte Material sowie die Dokumentation enthalten (Bundesgesetzblatt, 2020). Für die Durchführung eines Antigen Schnelltests enthalten ÄrztInnen eine degressiv gestaltete Pauschale: EUR 65 für die ersten 30 Testungen pro Monat, EUR 50 ab der 31. bis zur 60. Testung und EUR 35 für jede weitere. In dieser Pauschale sind Material, Probenentnahme, Auswertung, Dokumentation sowie therapeutisches Gespräch enthalten. Wenn ein Antigen Test positiv ausfällt, sind ÄrztInnen verpflichtet, zur Überprüfung einen PCR Test

durchzuführen (Bundesgesetzblatt, 2020). Somit fallen für einen positiven Antigen Test mit anschließender PCR Testung zwischen EUR 95 und EUR 125 an.

In Deutschland übernehmen die Krankenkassen EUR 15,05 für die Abstrichentnahme, das PatientInnengespräch, die Ergebnismitteilung und die Ausstellung eines ärztlichen Zeugnisses. Für die Untersuchung der Probe erstatteten die Krankenkassen bis zum 30. Juni 2020 EUR 59 (KVB, 2020). Dieser Betrag wurde ab 1. Juli 2020 auf EUR 39,40 reduziert, da aufgrund der hohen Anzahl an Tests und der weitgehenden Automatisierung der Testauswertung die vorige Bewertung nicht mehr als gerechtfertigt galt (Erweiterter Bewertungsausschuss, 2020; KVB, 2020). Für PoC-Antigen-Tests, welche die LeistungsträgerInnen selbst beschafft haben, erstatten die Krankenkassen die Beschaffungskosten bis zu EUR 7 pro Test (BMSGPK, 2020d).

Die Region Piemont in Italien zahlt EUR 80 an Labore für die Durchführung des Abstrichs und dessen Diagnose. Falls Hausbesuche notwendig sind, erhalten die Labore zusätzlich EUR 26,40 pro Test für die Abdeckung von Steuerabgaben, Verwaltungs-, Versicherungs- und Transportkosten, Reisezeiten usw., wobei sich der Betrag um 30% verringert, falls mehrere Proben an einem Ort durchgeführt werden. Damit private Labore Beiträge von der Region bekommen können, müssen sie garantieren, dass sie auch Hausbesuche zur Abnahme der Probe durchführen können. (Osservatoriosullefonti, n.d.)

In Frankreich können Labortechniker der nationalen Gesundheitsversicherung EUR 9,58 für die Abnahme und Diagnose von PCR-Tests in Rechnung stellen. Wenn andere autorisierte Personen wie zum Beispiel BiologInnen und MedizinstudentInnen die Probe abnehmen, kann EUR 9,60 verrechnet werden. PhysiotherapeutInnen bzw. MasseurInnen welche zuvor eine Schulung besucht haben, können unter Aufsicht Proben abnehmen, wofür die Versicherung in einer Arztpraxis EUR 9,76 und bei einem Hausbesuch EUR 13,22 vergütet. (l'Assurance Maladie, n.d.-b, n.d.-a). Angaben zu Tarifen der technischen Durchführung ließen sich nicht finden.

In Belgien übernimmt die nationale Krankenversicherung die Anfangskosten für die Abwicklung von PCR-Tests durch eine einmalige Finanzierung von bis zu EUR 275.000 pro Standort. Weiters finanziert sie mit einem monatlichen Betrag von EUR 720.000 die laufenden Kosten für die Durchführung von 2.000 Tests pro Tag. Wenn diese Anzahl überschritten wird, werden auch weitere Tests vergütet. Konkret zahlt die nationale Krankenversicherung pro PCR-Test EUR 46,81 an Labore, die keine Geräte verwenden, welche von der Bundesbehörde zur Verfügung gestellt wurden. Wenn das Labor von den Behörden zur Verfügung gestelltes Verbrauchsmaterial und Reagenzien verwendet, kann es EUR 32,96 in Rechnung stellen. Weiters zahlt die Versicherung EUR 29,96, wenn das Labor Geräte, Verbrauchsmaterialien und Reagenzien verwendet, die von den Behörden zur Verfügung gestellt wurden. Die beiden letzten Beträge decken alle

anderen Kosten im Zusammenhang mit der Durchführung der Tests und der Überlieferung der Ergebnisse ab: Transport von Proben, Voranalyse von Proben, Schutzausrüstung, Analyse von Proben, Personalkosten, Kosten für Schulungen, Betreuung, Software, Qualitätskontrolle, Konservierung oder Behandlung von Proben, Meldung der Ergebnisse an die Gesundheitsbehörde, an den Antragsteller und an die Testperson, administrative Nachverfolgung usw. (Institut national d'assurance maladie-invalidité, n.d.)

In den Niederlanden erhalten die regionalen Gesundheitsdienste (GGD) vom Gesundheitsministerium einen Beitrag pro durchgeführten Test, welcher bis 31. Mai 2020 EUR 95 betrug und seit dem 1. Juni 2020 auf EUR 65 reduziert wurde. Damit werden Laborkosten, aber nicht Nebenkosten wie zum Beispiel Bestellkosten gedeckt, wofür die Gesundheitsdienste selber aufkommen müssen. Pro Test zahlen die Gesundheitsdienste je nach Region zwischen EUR 55 und EUR 117 an Laborkosten, wobei der Durchschnitt bei EUR 95 liegt. Manche Gesundheitsdienste mussten bereits bis zu EUR 40.000 selbst beitragen, da sie aufgrund vertraglicher Verpflichtungen keine günstigeren Tarife bei den Labors bekommen. Externe Parteien wie Hausärzte können nicht mehr als EUR 65 für einen Test ansetzen. Laut einer Prognose der Vereinigung der Niederländischen Gemeinden (VNG) entstehen für die Gesundheitsdienste im Jahr 2020 bei der Durchführung von 11.300.000 Millionen Tests Nettomehrkosten von EUR 560.000.000. Diese Mehrkosten entstehen durch aufgeschobene Arbeit, geringere Beiträge und zusätzliche Kosten aufgrund der Testungen. (van der Burg et al., 2020)

In der Schweiz zahlt der Bund CHF 50 um die Kosten für die Probenentnahme, ein umfassendes Arzt-PatientInnen-Gespräch, den Abstrich und/oder die Blutentnahme, das Schutzmaterial sowie die Übermittlung des Testergebnisses an die getestete Person und die obligatorische Meldung an das Bundesamt für Gesundheit zu decken. Wenn sich eine Person an einem Tag sowohl einem serologischen als auch einen molekularbiologischen Test unterzieht, wird diese Pauschale nur einmal ausgezahlt (Bundesamt für Gesundheit, 2020). Dies gilt auch für die Pauschale, die der Bund für die Auftragsabwicklung, die Overheadkosten und das Probenentnahmematerial zahlt, welche bei Eigenauftrag im Spital CHF 5 und bei Auftrag von anderen LeistungserbringerInnen CHF 24 ausmacht. Weiters übernimmt der Bund CHF 82 für die molekularbiologische und CHF 25 für die serologische Analyse eines Tests. Die Höhe der Beiträge können daher bis zu CHF 99 für einen Antigentest und CHF 156 für einen PCR-Test betragen (Bundesamt für Gesundheit, 2020).

Die Höhe der Beiträge der österreichischen Krankenversicherungsträger pro Test befindet sich verglichen mit anderen westeuropäischen Ländern im Mittelfeld. In Deutschland wurde jedoch der öffentliche Beitrag zur Deckung der PCR-Testkosten herabgesetzt, da sich die Testkosten deutlich reduziert haben (Erweiterter

Bewertungsausschuss, 2020). Auch in den Niederlanden wurde der Beitrag pro Test angepasst. Die Ausgaben für Tests in Österreich könnten durch Nachverhandlungen stark gesenkt werden mit folgenden Begründungen:

- 1) Die Kapitalkosten sind durch das hohe Testaufkommen längst gedeckt
- 2) Die hohe und aufgrund des Pandemieverlaufs „sichere“ Nachfrage über Monate rechtfertigt hohe Mengenrabatte
- 3) Technologische Fortschritte und Lerneffekte ermöglichten im Laufe der Pandemie eine schnellere Abwicklung.

Mit Stand vom 18. November 2020 wurden in Österreich in den letzten 30 Tagen durchschnittlich 25.500 Testungen täglich durchgeführt (AGES, 2020). Wenn diese Testanzahl konstant bleibt, dann könnte bei einer Reduktion der Fallpauschale allein bis Jahresende Beträge in Millionenhöhe gespart werden.

3.1.8 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

Während der Nutzen der Testinformation für das Individuum und Entscheidungsträger unbestritten sind, bestehen auf Kostenseite zahlreiche Möglichkeiten, die Effizienz der Maßnahmen zu steigern.

- 1) Die etablierte RT-PCR ist sehr sensitiv und als Goldstandard nicht zu ersetzen. Ein pragmatischer Vergleich internationaler Testkosten zeigt jedoch Potenzial für Tarifsenkungen, was aufgrund der hohen Zahl an Tests beträchtliche Kostenreduktionen ermöglicht.
- 2) Weitere Kostenreduktion ist durch Etablierung von pooled testing möglich. Aufgrund des sehr geringen Detektionslimits scheint diese Strategie auf Basis der existierenden Literatur möglich.
- 3) Eine Verkürzung der Zeit von Probennahme bis Testergebnis ist durch Optimierung der Logistik zu erreichen, hier wurde aber schon viel ausgeschöpft.
- 4) Neue Verfahren könnten die molekulargenetischen Analysen ebenfalls innerhalb der nächsten Monate günstiger machen.
- 5) Die Möglichkeit, dass der Ct-Wert auch zur groben Einschätzung der Kontagiosität verwendet werden kann, sollte in die Teststrategie einfließen.
- 6) Antigen tests können schneller und kostengünstiger durchgeführt werden und werden daher einen Teil der PCR ersetzen. Sie finden sich auch bereits in Deutschlands Teststrategie in dieser Funktion, wenn PCR-Kapazitäten knapp werden.

- 7) Ihre Sensitivität ist bedeutend geringer als die der PCR, aber ihr Detektionslimit koinzidiert grob mit der Kontagiosität der Person. Die Spezifität ist hoch.
- 8) Diese Eigenschaften ermöglichen nicht nur im klinischen Bereich eine erste Differentialdiagnostik, sondern ermöglichen auch Screenings, wenn Zusammenkünfte mit erhöhtem Übertragungsrisiko angestrebt werden. POC-Antigentests können hierzu rasch durchgeführt werden und innerhalb von 15 Minuten ein Ergebnis liefern.
- 9) POC-Antigentests können auch unkompliziert dezentral gelagert werden und eine Erstabklärung von größeren Ausbrüchen (z.B. in Betrieben) ermöglichen.
- 10) Massentests haben eine Reihe von Voraussetzungen. Sie haben das Potenzial, einen drohenden lockdown abzuwehren, aber es besteht mit der Maßnahme wenig Erfahrung. Am realistischsten für Österreich erscheint ein stratifizierter Massentest in bestimmten Bevölkerungsgruppen, um eine dritte Welle abzuwehren.
- 11) Antikörpertests als POC oder high-throughput werden – neben ihrem derzeitigen klinischen Einsatz - an Bedeutung gewinnen, wenn eine Impfung existiert und mehr Klarheit über die Bedeutung der Antikörperantwort etabliert ist.

3.2 Contact Tracing (Kontaktpersonennachverfolgung)

Eine weitere zentrale Maßnahme im Umgang mit der COVID-19-Pandemie ist das Contact Tracing (Kontaktpersonennachverfolgung), das auf die Unterbrechung von Infektionsketten abzielt und auf diese Art und Weise zur Eindämmung des Virus beiträgt.

3.2.1 Hintergrund

Contact Tracing ist ein wichtiger Ansatzpunkt im Umgang mit und zur Eindämmung von Infektionskrankheiten. Tuberkulose, Masern, Pocken aber auch sexuell übertragbare Krankheiten sind typische Infektionskrankheiten, zu deren Eindämmung das Contact Tracing seit Jahrzehnten eingesetzt wird.

Unter Contact Tracing ist das Nachverfolgen von Kontaktpersonen sowie das aktive Ermitteln von Personen, die Kontakt zu einem/einer Erkranktem/n oder zu einem Verdachtsfall hatten und infiziert sein könnten, zu verstehen.

Im Rahmen der COVID-19-Pandemie definiert das Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz Kontaktpersonen wie folgt:

„Kontaktpersonen (i.e. Ansteckungsverdächtige) sind Personen mit einem wie unten definierten Kontakt zu einem bestätigten Fall während der Zeitperiode der Ansteckungsfähigkeit (i.e. kontagiöser Kontakt): Ansteckungsfähigkeit/Kontagiösität besteht 48 Stunden vor Erkrankungsbeginn (i.e. Auftreten der Symptome) bis 10 Tage nach Erkrankungsbeginn bzw. bei asymptomatischen Fällen 48 Stunden vor bis 10 Tage nach Probenentnahme, welche zu positivem Testergebnis geführt hat. Bei schwerer oder andauernder Symptomatik kann die infektiöse Periode ggf. auch länger dauern.“

Weiterführende Definition zum Contact Tracing im Rahmen der COVID-19-Pandemie, wie z.B. Kategorie I-Kontaktpersonen und Kategorie II-Kontaktpersonen, finden sich im Dokument *„Behördliche Vorgangsweise bei SARS-CoV-2 Kontaktpersonen: Kontaktpersonennachverfolgung (Stand: 28.10.2020)“* des Bundesministeriums.

Prinzipiell ist bei Contact Tracing zwischen zwei unterschiedlichen Arten zu unterscheiden:

- Herkömmliches/analogen Contact Tracing mittels telefonischer Nachverfolgung von Kontaktpersonen
- Digitales Contact Tracing mittels Apps auf dem Smartphone

1) Benötigte Ressourcen für das Contact Tracing

Das herkömmliche Contact Tracing gestaltet sich sehr ressourcenintensiv. Das ECDC hat im April 2020 den Zeitaufwand der Nachverfolgung von Kontaktpersonen pro Erkrankten/r bzw. pro Verdachtsfall abgeschätzt. Diese Abschätzung kann für die Planung der vorzuhaltenden Personalressourcen für das Contact Tracing hilfreich sein und ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Geschätzter Zeitaufwand pro Fall (=Erkrankte/r bzw. Verdachtsfall)

Aktivität	Geschätzter Zeitaufwand	Anmerkung
Interview des/der Erkrankten, Erstellung der Kontaktliste des/der Erkrankten	45 bis 60 Minuten	Bis zu 120 Minuten bei einem komplexen Fall
Durchschnittliche Dauer des Telefonanrufes pro Kontakt des/der Erkrankten	3,5 bis 20 Minuten	Umso kürzer je erfahrener das Personal ist
Durchschnittliche Anzahl an Kontakten pro Erkrankte/n/r	<ul style="list-style-type: none"> • 2-3 Kontakte im Lockdown • 7-20 Kontakte vor dem Lockdown 	Bei Kontakten kann es sich auch um größerer Personengruppen handeln, z.B. KollegInnen am z.B. Arbeitsplatz oder in Schulklasse, Personen in Flugzeug oder Reisebussen

Quelle: IHS, 2020 übersetzt nach European Centre for Disease Prevention and Control, 2020a

Die WHO hat im Rahmen ihres Prognosetools Health Workforce Estimator (HWFE) eine ähnliche Abschätzung getätigt. Diese ist in Tabelle 8 dargestellt. Die WHO geht im Median von fünf Kontakten pro Erkrankte/m/r aus.

Tabelle 8: Geschätzter Zeitaufwand pro Fall (=Erkrankte/r bzw. Verdachtsfall)

Aktivität	Geschätzter medianer Zeitaufwand (in Minuten)
Pro Erkrankte/r bzw. Verdachtsfall	
Interview des/der Erkrankten	60
Erstellung der Kontaktliste des/der Erkrankten	120
Ermittlung der Kontaktinformationen für jeden Kontakt	30
Eingabe der Ergebnisse des Interviews in Datenbank	15
Klassifizierung und Priorisierung der Kontaktliste	25
Follow-Up Anruf an folgenden Tag	10
Eingabe der Ergebnisse des Follow-Up Anrufs in Datenbank	10

Gesamtdauer	270
Pro nachzuverfolgenden Kontakt	
Interview des Kontaktes	10
Eingabe der Ergebnisse des Interviews in Datenbank	10
Gesamtdauer	20

Quelle: IHS, 2020 adaptiert und übersetzt nach WHO, Health Workforce Estimator (HWFE)

Auf Basis der Angaben der WHO ergibt sich, grob hochgerechnet, ein gesamter Zeitaufwand von 370 Minuten (6,2 Stunden) zur Nachverfolgung der Kontakte pro Erkrankten/r bzw. pro Verdachtsfall. Damit kann ein/eine Contact Tracer bei einem Arbeitstag von 8 Stunden täglich rund 1,3 Fälle bearbeiten.

Das ECDC hat darüber hinaus den Zeitaufwand für die Einschulung neuer Contact Tracer abschätzt und beziffert diesen mit 4-20 Stunden. (European Centre for Disease Prevention and Control, 2020a)

2) Ausweitung (Scaling up) des Contact Tracing

Wie oben beschrieben, ist das herkömmliche Contact Tracing sehr personalintensiv und wird in der Regel von Gesundheitspersonal durchgeführt. Im Zuge einer Pandemie kann das für das Contact Tracing vorgesehene Gesundheitspersonal schnell zur knappen Ressource werden, wie das gerade z.B. auch in Österreich der Fall ist. Um diesen Umstand entgegenzuwirken schlägt die ECDC folgende Vorgangsweise vor (European Centre for Disease Prevention and Control, 2020a):

- **Einsatz von Nicht-Gesundheitspersonal und von Freiwilligen**

Das Contact Tracing wird in der Regel von Personal aus dem Gesundheitswesen durchgeführt. Eine Möglichkeit, um die Personalkapazitäten für das Contact Tracing rasch aufzustocken, ist Personal aus anderen Bereichen des öffentlichen Dienstes dafür einzusetzen oder Freiwillige wie z.B. Studierenden, pensioniertes Personal aus dem Gesundheitswesen, Personal von NGOs, dafür zu rekrutieren.

- **Nutzung anderer vorhandener Ressourcen**

Eine weitere Maßnahme, um die Personalkapazitäten rasch zu erweitern, ist die Nutzung vorhandener Infrastruktur, wie z.B. der Einsatz von Call-Centern oder nationalen Hotlines, die für andere Zwecke eingerichtet wurden.

- **Reduzierung der Intensität der Nachverfolgung von Kontakten**

Eine ebenfalls denkbare Maßnahme, um die Kapazitäten für das Contact Tracing zu steigern, ist die Reduzierung der Intensität der Nachverfolgung von Kontakten. Folgendes ist in diesem Zusammenhang denkbar:

- Automatisierte Erstkontaktaufnahme mit den Kontaktpersonen: Anstatt eines Telefonrufes kann die erste Kontaktaufnahme mit sämtlichen Kontaktpersonen oder nur mit Kontaktpersonen der Kategorie II per Textnachricht (SMS) oder automatisierter Sprachnachricht erfolgen. Diese enthalten einerseits Anweisungen, was in welchem Fall zu tun ist, und andererseits eine Kontakttelefonnummer für Rückfragen.
- Automatisierte Follow-Up Kontaktaufnahme mit Kontaktpersonen der Kategorie I: Anstatt eines täglichen Follow-Up Telefonrufes erhalten die Kontaktpersonen eine automatisierte Textnachricht oder es wird auf eine Follow-Up Kontaktaufnahme gänzlich verzichtet, wenn die Anweisungen bei der Erstkontaktaufnahme klar und ausführlich waren.
- Priorisierung in der Kontaktpersonennachverfolgung: Priorität wird in der Kontaktverfolgung auf Kontaktpersonen der Kategorie I, Gesundheits- und Pflegepersonal auf vulnerable Bevölkerungsgruppen gelegt.

Anmerkung: Das Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz sieht in seiner Strategie zur Kontaktpersonennachverfolgung bei fehlenden oder temporär begrenzten Ressourcen ein derartiges Priorisierungsschema vor. (BMSGPK, 2020a)

- **Einsatz von Technologie**

Eine weitere Maßnahme um die die Kapazitäten für das Contact Tracing auszweiten, ist die Zuhilfenahme digitaler Technologien. In diesem Kontext ist folgendes möglich:

- Contact Tracing Management Software
Die WHO hat zur Ermittlung und Nachverfolgung von Kontaktpersonen das Go.Data tool entwickelt. Dieses ermöglicht Kontaktpersonen schnell nachzuverfolgen, Übertragungsketten zu visualisieren und Daten auszutauschen.

Go.Data tool läuft auf den gängigen Betriebssystemen Windows, Linux und Mac OS sowie Android und iOS und kann über die WHO kostenfrei bezogen werden. Eine nähere Beschreibung des Tools findet sich unter <https://www.who.int/godata>.

- Web-basierte Apps zur Erfassung der Kontakte von Erkrankten/Verdachtsfällen
Das Vereinigte Königreich (England) setzt ein webbasiertes Tool ein, in dem Erkrankten/Verdachtsfällen aufgefordert werden einerseits ihre „Bewegungen“ nachzuzeichnen und andererseits ihre Kontaktpersonen einzutragen. Sämtliche Informationen werden in einem zentralen Tool gesammelt und den Contact Tracern zentral zur Kontaktnachverfolgung bereitgestellt.
- Mobile Contact Tracing Apps
Das herkömmliche/analoge Contact Tracing bleibt der Goldstandard (zumindest in Europa, Kanada, USA und Australien), digitales Contact Tracing mittels freiwillig installierbarer Apps kann den Prozess des Contact Tracings ergänzen und unterstützen.

Der Einsatz von digitalem Contact Tracing mittels App kann niemals die alleinige Vorgehensweise beim Contact Tracing sein, weil sich niemals die gesamte Bevölkerung eines Landes eine solche App herunterladen wird und die Verbreitung in den besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppen (Personen über 65 Jahren) besonders gering sein wird.

Beim Einsatz von Apps zum digitalen Contact Tracing sind einerseits die geltenden Datenschutzrichtlinien unter allen Umständen einzuhalten und andererseits ethische Richtlinien zu berücksichtigen. Letztere werden z.B. von Morley et al., 2020 in ihrem Kommentar vom Juni 2020 beleuchtet.

3) Prognosetool zur Planung der benötigten Personalressourcen beim Contact Tracing

Die WHO stellt auf ihrer Website das sogenannte Health Workforce Estimator (HWFE) zum kostenlosen Download¹ zur Verfügung. Dieses Tool ermöglicht u.a. die Abschätzung der für das Contact Tracing erforderlichen Personalressourcen in Abhängigkeit folgender einstellbarer Parameter: Prozentsatz der nachverfolgten Kontakte, Follow-Up Periode, Follow-Up Strategie, ergriffene nicht-pharmazeutische Maßnahmen, Arbeitszeit der Contact Tracer pro Tag. Eine detaillierte Beschreibung des Tools ist ebenfalls auf der Website der WHO zu finden.

¹ <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/pages/strengthening-the-health-system-response-to-covid-19/surge-planning-tools/health-workforce-estimator-hwfe>

3.2.2 Beispiele aus ausgewählten Ländern

Das Contact Tracing ist eine zentrale und gleichzeitig wirkungsvolle Maßnahme im Umgang und der Eindämmung der COVID-19-Pandemie.

1) Vorgehensweise beim Contact Tracing

Contact Tracing kommt so gut wie in allen europäischen Ländern in der Bekämpfung der COVID-19-Pandemie zum Einsatz. Die Länder setzen dazu das herkömmliche/analoge Contact Tracing mit sich teilweise unterschiedenen Strategien hinsichtlich Follow-Up Periode oder Follow-Up Strategie ein. Eine detaillierte Darstellung sämtlicher Strategien würde den Umfang dieses Projektberichts übersteigen und erfolgt daher nicht.

2) Zuständigkeiten für das Contact Tracing

In den einzelnen europäischen Ländern können zwei unterschiedliche Ansätze bei den Zuständigkeiten unterschieden werden (Eurohealth, 2020):

- Zentralisierter Ansatz: hier liegen die Zuständigkeiten des Contact Tracings auf nationaler Ebene, in der Regel beim Gesundheitsministerium oder nachgeordneten Institutionen. Eine solchen Ansatz verfolgen u.a. Lettland, Litauen, Luxemburg, Polen, Portugal und Russland.
- Dezentralisierter Ansatz: hier fällt die Verantwortung für das Contact Tracing in den Zuständigkeitsbereich der regionalen oder lokalen Ebene. Eine solche Herangehensweise wurde u.a. von Österreich, Belgien, Estland, Finnland, Deutschland, Italien, Niederlande, Norwegen, Spanien gewählt.

In ein paar Ländern, die einen solchen dezentralen Ansatz gewählt haben, sind auch die AllgemeinmedizinerInnen für das Contact Tracing zuständig. Das trifft z.B. auf Norwegen zu. Hier fällt das Contact Tracing in den Zuständigkeitsbereich des/der Allgemeinmediziner/s/in der jeweiligen Kommune.

3) Einsatz von Contact Tracings Apps

Eine Reihe von europäischen Ländern setzen in Ergänzung zum herkömmlichen/analogen Contact Tracing Apps ein. Hierzu zählen u.a. Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Irland, Russland, Spanien

und das Vereinigte Königreich. In allen bis auf Russland genannten Ländern beruht die Installation der Apps auf freiwilliger Basis.

Die Apps basieren entweder auf einer Bluetooth-Technologie oder einer GPS-Technologie. Bluetooth-basierte Apps, wie jene des Roten Kreuzes in Österreich oder des Robert Koch Institutes (RKI) in Deutschland, registrieren ob sich zwei oder mehr BenutzerInnen länger als 15 Minuten in einem Abstand von weniger als 2 Meter zueinander aufhalten haben und speichert gegebenenfalls solche Kontakte ab. Wenn ein/e Benutzer/in positiv auf COVID-19 getestet wird und das Testergebnis in die App einspielt, werden alle protokollierten Kontakte benachrichtigt und können entsprechende Maßnahmen ergreifen. GPS-basierte Apps überwachen sämtliche Bewegungen COVID-19-Erkrankter.

Die genaue Funktionsweise der österreichischen Contact Tracing App (Stopp Corona App) die vom österreichischen Roten Kreuz betrieben wird, ist auf der Website <https://www.stopp-corona.at> zu finden und jene der deutschen Corona Tracing App (Corona-Warn-App), die vom RKI herausgegeben wird, ist auf der Website <https://www.coronawarn.app> beschrieben.

3.2.3 Nutzen der Maßnahme

1) Primärer Nutzen: Eindämmung der COVID-19-Pandemie

Das herkömmliche/analoge Contact Tracing ist eine sehr effektive Maßnahme zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie. Eine unabdingbare Voraussetzung dafür ist allerdings, dass das Contact Tracing konsequent, umfassend, rasch und auf Basis einheitlicher Vorgaben durchgeführt wird. Unter diesen genannten Voraussetzungen ist der Nutzen des Contact Tracings als sehr hoch einzustufen. (European Centre for Disease Prevention and Control, 2020c; Rutz et al., 2020)

Ein zentraler Punkt beim Contact Tracing, der auch dessen Nutzen determiniert, ist die Ermittlung von Kontaktpersonen, die Kontakt zu einem/einer Erkranktem/n oder zu einem Verdachtsfall hatten. Hierzu sind in der Regeln Angaben zu den Kontaktpersonen seitens des/der Erkrankten oder des Verdachtsfalls notwendig. Die beobachtete Evidenz zeigt allerdings, dass Erkrankte bzw. Verdachtsfälle ihre Kontaktpersonen beim Contact Tracing bewusst nicht nennen, damit diese allfälligen Quarantänebestimmungen entgehen. So soll es Absprachen in Freundes- und Bekanntenkreisen geben, sich bei einem allfälligen Contact Tracing gegenseitig nicht zu nennen. Ob eine derartige Vorgangsweise die Ausnahme oder die Regel ist, ist derzeit unklar erschwert das Contact

Tracing jedoch massiv. Dieser Umstand wird z.B. auch von Megnin-Viggars et al., 2020 in ihren Review diskutiert. Hinzu kommt speziell bei SARS-CoV-2 die Notwendigkeit der raschen rückwärtsgerichteten Kontaktpersonennachverfolgung: Aufgrund der Überdispersion der individuellen Reproduktionszahlen sind wenige Personen (Superspreader) für eine hohe Zahl an Infektionen verantwortlich. Das bedeutet für das contact tracing: Die Wahrscheinlichkeit, dass die Indexperson jemanden angesteckt hat, ist gering, wenn sie nicht gerade Superspreader ist, aber die Person, von der sie das Virus hat, ist jedenfalls kontagiös und möglicherweise ein Superspreader. Hinzu kommt, dass Infizierte bereits rund 2 Tage vor Symptombeginn kontagiös. Somit ist eine rasche retrograde Ermittlung essentiell zur Isolierung von Superspreadern.

Das digitale Contact Tracing ist hingegen eine Maßnahme, für deren Effektivität bzw. Nutzen es noch keine klare wissenschaftliche Evidenz gibt. Zu dieser Erkenntnis gelangt ein rezenter Cochrane Review von Anglemeyer et al., 2020.

2) Sekundärer Nutzen: Besseres Verständnis der Pandemie

Das Contact Tracing dient primär zur Eindämmung der Pandemie durch das Auffinden und Unterbrechen der Infektionsketten. Die aus dem Contact Tracing generierten Daten helfen aber auch die Epidemiologie von COVID-19 besser zu verstehen, liefern zentrale Informationen zu Übertragungs- und Neuzugangsraten sowie zu den Bedingungen unter denen die Übertragung stattfindet und ermöglichen ein besseres Verständnis der Wirksamkeit verschiedener gesetzter Maßnahmen. (European Centre for Disease Prevention and Control, 2020a)

3.2.4 Kosten der Maßnahme

Die Maßnahme des Contact Tracings wird in der Literatur eingehend diskutiert. Im Folgenden werden die damit einhergehenden monetären Kosten sowie nicht-monetäre Kosten erörtert.

1) Monetäre Kosten

Das Contact Tracing gehört zu den personalintensiven und daher zu den teuersten Maßnahmen der nicht-pharmazeutischen Interventionen.

Gehaltskosten eine/s/r Contact Tracer/s/in:

Die Stadt Wien hat im Herbst 2020 mehrere Contact Tracing Stellen mit einem monatlichen Bruttogehalt von EUR 1.831 ausgeschrieben. Da ergibt lt. dem Brutto-Netto-Rechner des Bundesministeriums für Finanzen ein monatliches Brutto-Bruttogehalt von EUR 2.381.

Hochgerechnete monatliche Kosten des Contact Tracings für Österreich:

Der WHO Healthcare Workforce Estimator schätzt bei einer täglichen Inzidenz von 1.500 Fällen unter einigermaßen günstigen Bedingungen den Bedarf an Contact Tracern auf 9.920. Das ergibt rund EUR 24 Mio. monatliche Personalkosten (Brutto-Brutto) für das Contact Tracing, auf Basis des ausbezahlten Gehalts der Stadt Wien.

2) Nicht-monetäre Kosten

Die Handhabung des Contact Tracing mittels telefonischer Nachverfolgung von Kontaktpersonen und freiwillig installierbarer Apps auf Smartphones wie es in Europa, Kanada, USA und Australien üblich ist, dürfte mit keinen negativen Auswirkungen für die betroffenen Personen einhergehen. Derzeit (Anfang November 2020) existiert keine wissenschaftliche Evidenz die bei derart gehandhabten Contact Tracing auf negative Auswirkungen für die betroffenen Personen schließen lässt.

Anders stellt sich die Situation beim Contact Tracing in einigen asiatischen Ländern wie z.B. wie China, Singapore und Südkorea dar. Hier erfolgt das Contact Tracing nicht nur anhand von telefonischer Nachverfolgung und freiwillig installierbarer Apps sondern auch unter Zuhilfenahme von Kreditkartendaten, Überwachungskameras auf öffentlichen Plätzen, Straßen und Gebäuden und verpflichtet zu installierender Apps auf Smartphones. Ein derartig gehandhabtes Contact Tracing stellt einen massiven Eingriff in die Privatsphäre der betroffenen Personen dar.

3.2.5 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

Der Nutzen des Contact Tracings zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie ist in der wissenschaftlichen Literatur unbestritten und eindeutig belegt.

Dem großen Nutzen dieser Maßnahme stehen allerdings auch hohe monetäre Kosten gegenüber.

Dennoch überwiegt der Nutzen klar gegenüber den Kosten dieser Maßnahme, insbesondere wenn man sich vor Augen führt, dass durch ein funktionierendes einheitliches Contact Tracing ein Lockdown in Österreich möglicherweise verhindert

werden oder kürzer ausfallen kann. Je nach betroffener Kalenderwoche ist von EUR 1 Mrd. und mehr an BIP-Verlust zu rechnen.

Um den Nutzen des Contact Tracings in Österreich gänzlich ausschöpfen zu können, scheinen einige Adaptionen notwendig zu sein. Die anekdotische Evidenz während der ersten aber vor allem am Beginn und Fortgang der zweiten Welle der COVID-19-Pandemie zeigt deutlich, dass es einerseits an Personalressourcen für das Contact Tracing mangelt und es andererseits eine bundesweit einheitliche Vorgangsweise benötigt. Aufgrund dessen schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgende adaptierte Vorgehensweise für zukünftige Wellen der COVID-19-Pandemie vor:

1) Rechtzeitige Ausweitung der Personalressourcen:

Um über ausreichende Personalressourcen für das Contact Tracing zu verfügen, Abschätzung des benötigten Personals mittels einer Szenarienanalyse. Diese Abschätzung kann z.B. unter Zuhilfenahme des oben erwähnten Prognosetools Health Workforce Estimator (HWFE) der WHO erfolgen.

Auf Basis der Szenarienanalyse Entwicklung einer Personalrekrutierungsstrategie (z.B. Rekrutierung von neuem Personal, Einsatz von Personal des öffentlichen Dienstes aus anderen Bereichen), um den Personalbedarf rechtzeitig zu decken.

2) Einheitliche Schulung der Contact Tracer:

Um ein Österreichweit einheitliches Vorgehen beim Contact Tracing sicherzustellen, einheitliche Schulung für alle in Österreich tätigen Contact Tracer, auch unter Zuhilfenahme der ohnehin vorhandenen Schulungsmaterialien der WHO. Das könnte z.B. folgendermaßen organisiert werden:

- Die in den Bezirksverwaltungsbehörden für Corona zuständigen Personen erhalten eine Schulung hinsichtlich des Vorgehens beim Contact Tracing (vgl. BMSGPK, 2020a) und in Bezug auf Interviewführung. Die Schulungsgruppen sollten nicht mehr als 20 Personen umfassen, um eine qualitätsvolle Schulung mit ausreichend Zeit zum Nachfragen zu gewährleisten. Für diese Schulungen könnten z.B. Personen aus dem Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz oder von der AGES verantwortlich zeichnen.
- Diese Schulung dient den in den Bezirksverwaltungsbehörden für Corona zuständigen Personen als Grundlage, um dann die Contact Tracer ihres Bezirkes zu schulen. Auch hier sollten die Schulungsgruppen max. 25 Personen aufgrund des oben genannten Grundes umfassen.

Mittels dieser Vorgangsweise beim Schulen der Contact Tracer soll ein einheitliches Vorgehen in der Nachverfolgung von Kontaktpersonen und in weiterer Folge einheitliche Entscheidungen bei sehr ähnlich gelagerten Fällen gewährleistet

werden. Derzeit existiert eine Vielzahl an anekdotischen Erzählungen, die auf das Gegenteil schließen lassen.

3) Nutzung internationaler Ressourcen

Wie dargestellt, existieren zahlreiche internationale Ressourcen für das contact tracing, inklusive Contact-Tracing Software, Personaleinsatzplanungstools und Schulungsmaterialien.

4) Aufgrund der Eigenschaften des Virus hinreichende Berücksichtigung des backward tracing

Aufgrund der Überdispersion der individuellen Reproduktionszahlen sind wenige Personen (Superspreader) für eine hohe Zahl an Infektionen verantwortlich. Das bedeutet für das contact tracing, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Indexperson jemanden angesteckt hat, gering ist, aber die Person, von der sie das Virus hat, jedenfalls kontagiös und möglicherweise ein Superspreader ist. Hinzu kommt, dass Infizierte bereits rund 2 Tage vor Symptombeginn kontagiös. Somit ist eine rasche retrograde Ermittlung essentiell zur Isolierung von Superspreadern.

5) Aufarbeitung unbearbeiteter Fälle der Kontaktnachverfolgung

Aufgrund fehlender Personalressourcen blieben vor allem am Beginn der zweiten Welle der COVID-19-Pandemie immer wieder eine Reihe von Fällen unbearbeitet. Es existieren anekdotische Erzählungen, dass diese Fälle teilweise „von hinten abgearbeitet“ wurden, d.h. es wurden 10 Tage alte Fälle abgearbeitet anstatt gleich die aktuellen Fälle zu bearbeiten. Ein Contact Tracing von 10 Tage alten Fällen ist nutzlos¹ und trägt nicht zur Eindämmung der Pandemie bei. Aufgrund dessen sollte zukünftig bei einem Rückstau in der Bearbeitung von Fällen immer mit den aktuellsten Fällen begonnen werden.

¹ Vgl. „Behördliche Vorgangsweise bei SARS-CoV-2 Kontaktpersonen: Kontaktpersonennachverfolgung (Stand: 28.10.2020)“ des Bundesministeriums für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz

3.3 Freihalten von Spitalskapazitäten

Eine weitere mitunter notwendige Maßnahme im Umgang mit der COVID-19-Pandemie war und ist das Freihalten von Spitalskapazitäten, d.h. die Dedizierung von Krankenhausbetten sowohl auf der Normal- als auch auf der Intensivstation für an COVID-19 erkrankte Personen. Die WHO spricht hierbei von „surge capacity“. Das Problem ist, dass durch das Freihalten diagnostische und therapeutische Interventionen verschoben werden müssen. Dies hat nicht nur mögliche negative gesundheitliche Folgen. Während der Vorhaltung von freien Kapazitäten fallen Vorhaltekosten an, die Kosten sinken also nicht entsprechend der verschobenen Interventionen. Nach der Vorhaltung müssen aber zusätzlich die verschobenen Interventionen durchgeführt werden, was insgesamt zu einer erhöhten Kostenbelastung führt. Insgesamt ist daher zu prüfen, ob die Notfallvorhaltung für eine Pandemiewelle nicht effizienter organisiert werden kann.

3.3.1 Hintergrund

Die klinische Bandbreite einer COVID-19-Erkrankung kann von einem asymptomatischen Verlauf bis hin zu einem akuten Lungenversagen reichen und führt laut RKI in Deutschland in 8% der Fälle zu einer Hospitalisierung, und davon in 14% der Fälle zu einer Intensivaufnahme (RKI, n.d.). Die Dauer eines Krankenhausaufenthaltes liegt im Median bei 5 Tagen (IQA 3-9 Tage) und die Liegedauer auf einer Intensivstation beträgt im Median 7 Tage (IQA 4-11 Tage) (Rees et al., 2020). Diese Werte basieren jedoch auf bisherigen Fällen, die eine starke Altersmischung aufweisen. Sowohl Alter als auch eine Reihe von Vorerkrankungen stellen Risikofaktoren für schwerere Verläufe dar, sodass bei einer Veränderung der Zusammensetzung der Betroffenen auch mit stärkerer Anspannung der Kapazitäten gerechnet werden muss.

Die pandemische Ausbreitung von SARS-CoV-2, wie das seit Februar 2020 der Fall ist, kann bei den oben beschriebenen Hospitalisierungsraten relativ schnell zu einer Aus- und Überlastung der vorhandenen Krankenhauskapazitäten führen. Diese hätte zur Folge, dass nicht allen PatientInnen die eigentlich notwendige medizinische Behandlung aus Kapazitätsgründen zuteilwerden kann. Dieser Umstand dürfte die Hauptursache gewesen sein, warum in Vorbereitung auf die Pandemie bzw. am Beginn der Pandemie die meisten westeuropäischen Länder sowie Kanada, USA und Australien einen Großteil der verfügbaren Krankenhausbetten auf den Normal- und Intensivstationen für COVID-19 erkrankte Personen dediziert haben. In diesem Zusammenhang war in allen Ländern eine ähnliche und zugleich oftmals undifferenzierte Vorgehensweise zu beobachten: Verschiebung sämtlicher elektiver (= geplanter) Operationen, um zusätzliche

Kapazitäten an Normal- und Intensivbetten für COVID-19-Fälle zu generieren. Dies dürfte auch darauf zurückzuführen sein, dass sich eine Abschätzung der kurzfristigen Kapazitätsbelastung durch COVID-19-Erkrankte schwierig gestaltet.

Es existiert eine Reihe von Ansätzen, die die Krankenhäuser bei der Abschätzung der im Rahmen der Pandemie benötigten Kapazitäten unterstützen sollen. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben:

1) Strategien im Umgang mit Influenzaepidemien bzw. -pandemien

Als ein Anhaltspunkt für den Krankenhaussektor, wie mit der COVID-19-Pandemie zu verfahren ist, dienten speziell am Beginn die Influenza Pandemiepläne. Eine Reihe von Institutionen und Ländern haben im Zusammenhang mit der saisonalen Influenza Strategien und Pläne entwickelt, wie im Falle einer pandemischen Ausbreitung vorzugehen ist.

Hierzu zählen u.a.

- **Globale Influenza Strategie 2019-2030** der WHO (vgl. World Health Organization, 2019)
- **„Hospital Preparedness for Epidemics“** der WHO (vgl. World Health Organization, 2014)
- **„Hospital Emergency Response Checklist“** der WHO (vgl. World Health Organization, 2011)
- **Nationaler Pandemieplan I & II** für Deutschland des RKI (vgl. RKI, 2016, 2017)
- **Influenza Pandemiepläne** der einzelnen Bundesstaaten von Australien, z.B. jenen von New South Wales (vgl. NSW Government, 2016) oder jenen von Queensland (vgl. Queensland Government, 2018)
- **Influenza Pandemiepläne** der einzelnen Provinzen von Kanada, z.B. jenen von Alberta (vgl. Alberta Government, 2014) oder jenen von Manitoba (vgl. Manitoba Government, 2006)

Fazit in Bezug auf das Freihalten von Spitalskapazitäten: Sämtliche Strategie und Pläne skizzieren ein sehr allgemeines Vorgehen im Umgang mit der Pandemie, konkrete, im Detail beschriebene Vorgehensweisen fehlen. Aufgrund dessen sind die Strategien und Plänen zur Planung und Vorhersage der zu erwartenden Kapazitätsbelastung wenig bis gar nicht geeignet.

2) Checkliste für Krankenhäuser

Die WHO hat im Laufe der COVID-19-Pandemie eine Checkliste erstellt, die Krankenhäuser bei einer raschen Reaktion auf die Pandemie unterstützen soll. In diesem Zusammenhang sollen die vorhandenen Kapazitäten bewertet werden und jene Bereiche identifiziert werden, die weiter gestärkt werden müssen. (World Health Organization, 2020f)

Die Checkliste umfasst im Konkreten folgende drei Ziele:

- 1) Bewertung der Kapazitäten eines Krankenhauses basierend auf einer Reihe von Anforderungen für ein effektives Management der COVID-19-Risiken
- 2) Ermittlung von Kapazitätslücken in Bezug auf die Bereitschaft eines Krankenhauses zur COVID-19-Pandemie
- 3) Einbeziehung des Krankenhauspersonals und anderer Stakeholdergruppen in den Umsetzungsprozess der sich aus der Checklist gebenden Maßnahmen zur Stärkung der Koordinierungsmechanismen in Bezug auf die Bewältigung der COVID-19-Pandemie

Die Checkliste beinhaltet 12 Schlüsselkomponenten die in Hinblick auf eine Kapazitätsmanagement als essentiell angesehen werden. Zu diesen Schlüsselkomponenten gehören:

- 1) Führungs-Management-Systemen
- 2) Koordination und Kommunikation
- 3) Überwachung und Informationsmanagement
- 4) Risikokommunikation
- 5) Verwaltung, Finanzen und Geschäftskontinuität
- 6) Humanressourcen
- 7) Notfallkapazitäten
- 8) Kontinuität der wesentlichen Unterstützungsdienste
- 9) PatientInnenmanagement
- 10) Gesundheit am Arbeitsplatz, psychische Gesundheit und psychosoziale Unterstützung
- 11) Schnelle Identifizierung und Diagnose
- 12) Infektionsprävention und -kontrolle

Um die vorhandenen Kapazitäten zu bewerten und die zu stärkenden Bereiche zu identifizieren, sollen die Schlüsselkomponenten in folgende Kategorien gruppiert werden:

- nicht verfügbar (d. h. geplant, aber noch nicht gestartet oder nicht vorhanden)
- teilweise funktionsfähig (d. h. vorhanden, aber nicht umfassend genug)
- voll funktionsfähig (d. h. effektiv und effizient betriebsbereit)

Diese Kategorisierung kann vom Krankenhaus verwendet werden, um die vorhandenen Kapazitäten systematisch zu bewerten und zu priorisieren, bis alle voll funktionsfähig angesehen werden um ein sicheres und effektives Management von COVID-19-Fällen gewährleisten zu können.

Für eine umfassende Darstellung der Checkliste vgl. World Health Organization, 2020c.

Fazit in Bezug auf das Freihalten von Spitalskapazitäten: Die Checkliste stellt ein sinnvolles Instrument dar, die Krankenhäuser bei einer raschen Reaktion auf die Pandemie anleitet. In diesem Zusammenhang hilft sie die vorhandenen Kapazitäten zu bewerten und die zu stärkenden Bereiche zu erkennen. Eine konkrete und im Detail beschriebene Vorgangsweise wie, wann, wie und welche Kapazitäten an Krankenhausbetten für COVID-19-Fälle vorzuhaltend sind, enthält die Checkliste nicht. Aufgrund dessen kann sie zur Planung der vorzuhaltenden Bettenkapazitäten nicht herangezogen werden.

3) Prognosemodelle zur Planung von Krankenhauskapazitäten

Um eine Planung und Vorhersage der zu erwartenden Kapazitätsbelastung durch COVID-19-Erkrankte zu ermöglichen, wurden in Rahmen der Pandemie eine Reihe von Prognosemodellen für benötigte Krankenhauskapazitäten (Betten auf Normal- und Intensivstation, Beatmungsgeräte) entwickelt. Klein et al., 2020 beleuchteten die entwickelten Prognosemodelle im Rahmen eines systematischen Literaturreviews. Das Ziel des Reviews ist es, ÄrztInnen, KrankenhausmanagerInnen und Regierungsbehörden Information zu verfügbaren Prognosemodellen für die Erstellung szenariobasierter Pläne zur Reaktion auf COVID-19 zur Verfügung zu stellen. Die ermittelten Prognosemodelle sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Verfügbare Prognosemodelle zur Planung von Krankenhauskapazitäten

Modelname	Verfügbare Version	Planungshorizont	Einstellbare Modellinputs	Hospitalsierungsrate	Dauer des Krankenhausaufenthaltes	Modelloutput
Cornell COVID Caseload Calculator with Capacity and Ventilators (C5V)	Online-Tool	180-360 Tage	Stratifizierung nach Altersgruppen JA nach 7 Altersgruppen (0-19, 20-44, 45-54, 55-64, 65-74, 75-84, 85+) oder 5 Altersgruppen (0-4, 5-17, 18-49, 50-64, 65+)	JA	JA differenziert nach unterschiedlichen Kriterien	Benötigte Krankenhauskapazitäten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Bildschirmen zum Download
	Spreadsheet	180 Tage	5 Altersgruppen (0-4, 5-17, 18-49, 50-64, 65+)	JA	JA differenziert nach unterschiedlichen Kriterien	Benötigte Krankenhauskapazitäten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Tabellen und Spreadsheet
COVID-19 Acute and Intensive Care Resource Tool (CAIC-RT)	Online-Tool	NA	JA nach 7 Altersgruppen (0-19, 20-44, 45-54, 55-64, 65-74, 75-84, 85+)	JA	JA differenziert nach - Länge des KH-Aufenthaltes - Dauer auf der Intensivstation - Länge am Beatmungsgerät	Benötigte Krankenhauskapazitäten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von einer Bildschirmen

COVID-19 Hospital Impact Model for Epidemics (CHIME)	Online-Tool	30 Tage	NEIN	JA	JA differenziert nach - Länge des KH-Aufenthaltes - Dauer auf der Intensivstation - Länge am Beatmungsgerät	Benötigte Krankenhausbetten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Bildschirmen zum Download
Covid-19 ICU and Floor Projection	Online-Tool	34 Tage	NEIN	JA	JA differenziert nach unterschiedlichen Kriterien	Benötigte Krankenhausbetten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Bildschirmen
COVID-19 Surge	Spreadsheet	365 Tage	JA nach 5 Altersgruppen (0-4, 5-17, 18-49, 50-64, 65+)	JA	JA differenziert nach - Länge des KH-Aufenthaltes - Dauer auf der Intensivstation - Länge am Beatmungsgerät	Benötigte Krankenhausbetten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Tabellen Spreadsheet
Surge Capacity Bed Management Tools	Spreadsheet	30 Tage	NEIN	JA	JA differenziert nach unterschiedlichen Kriterien	Benötigte Krankenhausbetten differenziert nach - Normalbetten - Intensivbetten - Beatmungsgeräten in Form von Tabellen Spreadsheet

Quelle: IHS, 2020 übersetzt nach Klein et al., 2020

Die American Hospital Association listet und beschreibt in ihrem Bericht vom September 2020 Prognosemodelle zur Planung von Krankenhauskapazitäten. Diese sind teilweise deckungsgleich mit jenen aus dem systematischen Literaturreview von Klein et al., 2020. Eine genaue Beschreibung der sämtlicher Modelle findet sich in American Hospital Association, 2020.

Das Imperial College London hat im Zuge der Pandemie ebenfalls ein Prognosemodell zur Ermittlung der benötigten Krankenhauskapazitäten entwickelt. Dieses Modell, der sogenannte J-IDEA Pandemie Planer (J-IDEA pandemic planer), schätzt die zusätzlich benötigte Anzahl an Betten, Beatmungsgeräten und medizinischem Personal ab. Die Modellinputs sind: vorhandene Kapazitäten, Anzahl an Krankenhauaufenthalte, Verhältnis zwischen Betten und Personal und Abwesenheit von medizinischem Personal aufgrund von COVID-19. Für eine detaillierte Beschreibung des Modells vgl. Christen et al., 2020.

Auch die WHO hat im Kontext der Pandemie ein Prognosemodell (Adaptt Surge Planning Support Tool) zur Berechnung der benötigten Krankenhauskapazitäten erarbeitet. Das sie auf ihrer Webpage frei zugänglich bereitstellt¹.

Römmele et al., 2020 weisen im Zusammenhang mit der Entwicklung Prognosemodellen darauf hin, dass aufgrund der relativ schnellen Entwicklung die verfügbaren Daten nicht immer den Modellansprüchen genügen. Aufgrund dessen erscheint es sinnvoll Prognosemodelle mit möglichst wenig Modellinputs zu konzipieren, die vergleichsweise einfach zu beschaffen sind. Eine unumgängliche fixe Inputvariable stellt die Entwicklung an kumulierten Neuinfektionen pro Tag dar.

Fazit in Bezug auf das Freihalten von Spitalskapazitäten: Die oben beschriebenen Prognosemodelle sind ein probates Instrumentarium um die Krankenhäuser bei der Abschätzung der freizuhaltenden Kapazitäten zu unterstützen und eine sinnvolle Kapazitätsplanung in Abhängigkeit der täglichen Neuinfektionen zu ermöglichen.

Den oben beschriebenen Ansätzen, die den Krankenhäusern bei der Abschätzung der benötigten Kapazitäten helfen sollen, stehen eine Reihe von Faktoren entgegen, die diese Abschätzung erschweren. Hierzu gehören:

¹ <https://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/pages/strengthening-the-health-system-response-to-covid-19/surge-planning-tools/adaptt-surge-planning-support-tool>

1) Fehlende wissenschaftliche Literatur

In der wissenschaftlichen Literatur existieren nur vereinzelt Studien/Artikeln zu der Planung von Krankenhauskapazitäten (d.h. Betten auf der Normalstation, Betten auf der Intensivstation, Beatmungsgeräte) im Umgang mit Pandemien. Insofern war/ist es nur sehr schwer möglich, die Krankenhauskapazitäten auf Basis wissenschaftlicher Evidenz zu planen.

2) Unterschiedliche Hospitalisierungsraten

Ein weiterer Faktor, der sich erschwerend auf die Abschätzung von Krankenhauskapazitäten auswirkt, ist die unterschiedliche Hospitalisierungsraten von COVID-19-Fällen in den einzelnen Ländern. Cypionka et al., 2020 führen diese Unterschiede in einem Kurzgutachten vom März 2020 auf folgende Umstände zurück:

- **PatientInnencharakteristika:**
Der Schweregrad der Erkrankung und eine damit möglicherweise einhergehende Hospitalisierung dürfte von einer Reihe von Charakteristika beeinflusst werden. Ältere Personen, Personen mit Vorerkrankungen, Personen mit geschwächtem Immunsystem und RaucherInnen weisen ein überproportional hohes Risiko eines schweren Krankheitsverlaufs auf. Die Literatur ist hier international dank entsprechender Analysen verknüpfter, großer Datenbestände schon relativ gut.
- **Umwelteinflüsse:**
Der Schweregrad der Erkrankung und eine damit möglicherweise einhergehende Hospitalisierung könnte zudem in Zusammenhang mit der Luftverschmutzung stehen, da COVID-19 ein respiratorischer Infekt ist, der von Störungen der physikalisch-chemischen Abwehrkräfte des Respirationstrakts profitiert.
- **Systemcharakteristika:**
Bei der Interpretation der Hospitalisierungsraten sind Hospitalisierungen zur Isolation¹, unterschiedliche Teststrategien² und unterschiedliche Zählweisen der Todesfälle zu berücksichtigen.
- **Epidemiologische Faktoren:**
Eine starke Ausbreitung von SARS-CoV-2 aufgrund einer geringen Identifikation von Infektionsclustern, einer Ausbreitung in den Krankenhäusern und/oder

¹ Unterschiede in den Hospitalisierungsraten können auf die Art der Hospitalisierung zurückgeführt werden, z.B. wird in China ein bedeutender Anteil der Erkrankten nicht zu Hause, sondern in eigens dafür geschaffenen Quarantäneeinrichtungen oder in verfügbaren Spitalsbetten isoliert

² Unterschiede in den Hospitalisierungsraten können nicht nur auf Abweichungen im Zähler – d.h. in der Anzahl der Hospitalisierten –, sondern auch auf Abweichungen im Nenner – d.h. in der Anzahl der positiv Getesteten – zurückgeführt werden

Pflegeheimen und bestehender Haushaltsstrukturen (z.B. Mehrgenerationenhaushalte sind in mediterranen Ländern weitverbreitet) wirkt sich ebenfalls negativ auf die Hospitalisierungsrate aus.

Die Unterschiede in den Hospitalisierungsraten bzw. Risikofaktoren für schwere Verläufe wurden in einer Reihe von wissenschaftlichen Studien wie z.B. von Karagiannidis et al., 2020 oder Williamson et al., 2020 thematisiert.

3.3.2 Beispiele aus ausgewählten Ländern

Während der ersten Welle der COVID-19-Pandemie wurden Krankenhausbetten sowohl auf der Normal- als auch auf der Intensivstation in die meisten westeuropäischen Länder sowie Kanada, USA und Australien relativ schnell zur knappen Ressource.

Wie im Kapitel 3.3.1 beschrieben, stellt sich die Planung und Vorhersage der zu erwartenden Kapazitätsbelastung durch COVID-19-Erkrankte als mitunter ziemlich komplex dar. Christen et al., 2020 vom Imperial College London beschrieben jene Maßnahmen, die in 12 europäischen Ländern gesetzt wurden bzw. geplant waren, um Krankenhauskapazitäten für COVID-19-Fälle freizuhalten bzw. kurzfristig zu erweitern. Eine Darstellung dieser Maßnahmen findet sich in Tabelle 10.

Tabelle 10: Maßnahmen in den einzelnen europäischen Ländern

Maßnahmen	Beschreibung	Länder, in denen die Maßnahme umgesetzt wurde / die Umsetzung überlegt wird
Regelung von Krankenhausaufnahmen		
Absage elektiver Operationen	Um die Anzahl belegter Betten und benötigten Gesundheitspersonals zu reduzieren, werden elektive Operationen abgesagt	AUT, BEL, DEN, FRA, GER, ITA, NED, NOR, ESP, SWE, SUI, UK
Nationale Leitlinien für die Priorisierung von Ressourcen in der Intensivpflege	PatientInnen werden bei einem Mangel an Intensivbetten nach offiziellen Leitlinien priorisiert (Triage-Kriterien variieren von Land zu Land)	AUT, DEN, FRA, GER, ITA, NOR, ESP, SWE, UK
Verlegung von PatientInnen in Krankenhäuser der Nachbarländern	PatientInnen mit einem grenznahen Wohnort werden zur Behandlung in Krankenhäuser der Nachbarländer verlegt	FRA, ITA

Fortführung der Behandlung von älteren Personen in Pflegeeinrichtungen	Ältere Personen, die in Pflegeeinrichtungen leben, werden dort unter Quarantäne gestellt und dort gegebenenfalls auch behandelt	AUT
Festlegung von PatientInnenmanagement-Prozessen und Triage-Strategien	Um vermeidbare Krankenhausaufnahmen und vermeidbare Inanspruchnahmen von Krankenhausambulanzen zu reduzieren, werden vor den Krankenhäusern Triage-Stationen eingerichtet	AUT, GER, NED
Erhöhung der Krankenhauskapazitäten und Reorganisation der Versorgung		
Einrichtung von Feldkrankenhäuser	Verfügbare und geeignete Örtlichkeiten (z.B. Messehallen, Stadien) werden während der Pandemie in Krankenhäuser umgewandelt	DEN, FRA, GER, ITA, NED, NOR, ESP, SWE, SUI, UK
Nutzung von Ressourcen des privaten Gesundheitssektors	Der öffentliche Gesundheitssektor nutzt vorübergehend Ressourcen des privaten Gesundheitssektors, um die öffentliche Versorgung zu gewährleisten	DEN, ITA, NOR, ESP, SUI, UK
Umrüstung von Operationssälen zu Intensivstationen	Operationssäle werden zu Intensivstationen umgerüstet	DEN, FRA, GER, ITA, ESP, SUI, UK
Kapazität an Intensivbetten erhöhen: Allgemein- und Akutbetten in Intensivbetten umwandeln	Krankenhäuser erhöhen die Kapazität an Intensivbetten, indem sie einen Teil der Allgemein- und Akutabteilungen in Intensivstationen umwandeln	BEL, DEN, FRA, NED, ESP, SWE, UK
Schulung für Gesundheitspersonal um auf Intensivstationen eingesetzt werden zu können	Personal aus dem allgemeinen Pflegebereich erhalten Schulungen um auf Intensivstationen eingesetzt werden zu können	DEN, GER, ITA, NOR, SUI
Rückkehr von ehemaligem Gesundheitspersonal	Personen, die bis vor kurzem im Gesundheitswesen gearbeitet haben, werden gebeten, für die Dauer der Pandemie in ihren alten Beruf zurückzukehren	AUT, DEN, FRA, GER, ITA, NED, NOR, ESP, SWE, SUI, UK
Einsatz von Medizinstudierenden und Krankenpflegestudierenden im letzten Studienjahr	Der Qualifizierungsprozess von Medizinstudierenden und Krankenpflegestudierenden im letzten Studienjahr wird beschleunigt, damit sie umgehend mit der Arbeit beginnen können	DEN, FRA, GER, ITA, NED, NOR, ESP, SUI, UK

Einsatz ausländischen ÄrztInnen am Ende des Approbierungsprozesses	Der Approbierungsprozesses von im Ausland ausgebildeten ÄrztInnen wird beschleunigt, damit sie umgehend mit der Arbeit beginnen können	DEN, GER, ITA, ESP
Beschaffung von zusätzlichen Beatmungsgeräten	Beschaffung zusätzlicher Beatmungsgeräte von bestehenden Herstellern, Beauftragung andere Hersteller mit der Produktion von Beatmungsgeräten	AUT, BEL, DEN, FRA, GER, ITA, NED, NOR, ESP, SWE, UK
Beschaffung von zusätzlicher persönlicher Schutzausrüstung (PSA)	Beschaffung zusätzlicher PSA zur Sicherstellung einer ausreichenden Versorgung des Gesundheitspersonals mit PSA	AUT, BEL, DEN, FRA, ITA, NOR, ESP, SWE, UK
Effiziente Umverteilung von PSA zwischen Krankenhäusern	Umverteilung der PSA zwischen den Krankenhäusern um eine Über- bzw. Unterversorgung mit PSA zwischen den einzelnen Krankenhäusern auszugleichen	BEL, DEN, FRA, NOR, ESP, SWE, UK
Exportverbot von PSA	Exportverbot von auf Lager befindlicher oder neu hergestellter PSA	FRA, GER, ITA, SUI, UK
Finanzielle Unterstützung für Krankenhäuser zum Erwerb zusätzlicher Ressourcen	Bereitstellung einer Notfinanzierung für Krankenhäuser zur Beschaffung notwendigen Ressourcen.	BEL, GER, ITA, UK

Quelle: IHS, 2020 übersetzt nach Christen et al., 2020

Fazit: Die obige Tabelle zeigt, dass die einzelnen europäischen Länder eine Reihe von Maßnahmen ergriffen, um Spitalskapazitäten vorzuhalten bzw. frei zu machen. Derzeit (Stand Ende Oktober 2020) existieren allerdings so gut wie keine Evaluierungen zu den genannten Maßnahmen. Aufgrund dessen kann keine wissenschaftlich basierte Aussage zur Effektivität und Effizienz der oben genannten Maßnahmen getroffen werden und auch keine Empfehlung, welche Maßnahmen in gleicher oder adaptierter Form bei zukünftigen Wellen der COVID-19-Pandemie implementiert werden sollen, ausgesprochen werden.

3.3.3 Nutzen der Maßnahme

Das Vorhalten von Spitalskapazitäten für COVID-19-Fälle ist eine Maßnahme die im Umgang mit der COVID-19-Pandemie gesetzt wird. Sie dient vor allen dazu einer Aus- und Überlastung der vorhandenen Kapazitäten an Normal- und Intensivbetten entgegenzuwirken. Dadurch sollen Situationen, wie sie aus Krankenhäusern in Frankreich, Italien und Spanien im Frühjahr und Sommer 2020 berichtet wurden, so weit und gut wie möglich vermieden werden. Zur direkten Eindämmung der COVID-19-Pandemie trägt diese Maßnahme, im Gegensatz zu den anderen in diesem Projektbericht beleuchteten Maßnahmen, nicht bei.

3.3.4 Kosten der Maßnahme

Die Maßnahme Spitalskapazitäten für COVID-19-Fälle zu dedizieren bzw. vorzuhalten ist in der Literatur so gut wie nicht beschrieben. Die Diskussion der damit einhergehenden monetären und nicht-monetären Kosten gestaltet sich daher bei dieser Maßnahme schwierig. Die monetären Kosten dieser Maßnahme können aufgrund fehlender wissenschaftlicher Evidenz (Stand Mitte Oktober 2020) nicht beziffert werden. Die nicht-monetären Kosten schlagen sich vor allen in den Kollateralschäden nieder. Eine umfassende Diskussion der Kollateralschäden findet im Teilprojekt 3.2 statt, auf das in diesem Zusammenhang verwiesen wird.

3.3.5 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

In der wissenschaftlichen Literatur werden weder der Nutzen noch die monetären Kosten der Maßnahme des Freihaltens von Spitalskapazitäten eingehend erörtert. Dieser Umstand macht eine Kosten-Nutzen-Abwägung auf Basis wissenschaftlicher Evidenz schwierig. Aufgrund dessen fußen die im Folgenden mit dieser Maßnahme im Zusammenhang stehenden Empfehlungen auf theoretischen Überlegungen.

1) Stufenweises Vorgehen beim Freihalten der Spitalskapazitäten und Nutzen der diesbezüglichen internationalen Ressourcen

Im österreichischen Gesundheitswesen war der zusätzliche Bedarf an Betten auf der Normal- und Intensivstation für COVID-19-Erkrankte zu Beginn und während der ersten Welle der COVID-19-Pandemie relativ unklar. Das kann mitunter auf die in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Umstände zurückgeführt werden. Aufgrund dieser Unklarheit wurden ab März 2020 sämtliche elektive Operationen in öffentlichen und privat-gemeinnützigen

Krankenhäusern verschoben, um Kapazitäten an Normal- und Intensivbetten für COVID-19-Fälle vorzuhalten. Rückblickend wäre die Verschiebung sämtlicher elektiver Operationen nicht notwendig gewesen, weil zur Hochphase der ersten Welle nur 6% der für COVID-19-Fälle reservierten Normalbetten und nur rund ein Viertel der für COVID-19-Fälle Intensivbetten ausgelastet waren (Amtliches Dashboard COVID19, 2020). Zudem gingen damit wohl auch Kollateralschäden einher, siehe Teilprojekt 3.2.

Aufgrund dessen schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgende adaptierte Vorgehensweise für zukünftige Wellen der COVID-19-Pandemie vor:

- 1) Basisabschätzung der für COVID-19-Erkrankte benötigten Kapazitäten an Normal- und Intensivbetten auf Basis einer Szenarienanalyse unter variierenden Annahmen bezüglich des Infektionsgeschehens. Die Basisabschätzung kann z.B. unter Zuhilfenahme eines der in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Prognosemodelle erfolgen, auch in Verbindung mit den zur Pandemieprognose in Österreich bereits im Einsatz befindlichen Modelle wie GEPOC.
- 2) Auf Basis der Szenarienanalyse Entwicklung eines Stufenplans, der genau festlegt, bei welchem Infektionsgeschehen welche Kapazitäten an Normal- und Intensivbetten vorzuhalten sind.

Ein derartiger Stufenplan soll ein undifferenziertes Vorgehen – Verschiebung sämtlicher elektiver Operationen –, wie es während der ersten Welle der Fall war, verhindern und regeln, ab welchem Schwellenwert bezüglich des Infektionsgeschehens welche elektiven Operationen zu verschieben und Fachabteilungen weitgehend zu schließen sind, um die daraus freiwerdenden Kapazitäten für COVID-19-Erkrankte zu dedizieren.

Ein solcher Stufenplan solle idealerweise zentral für alle öffentlichen und privat-gemeinnützigen Krankenhäuser Österreichs erstellt werden. Wenn das nicht möglich ist, sollte es zumindest einen gemeinsamen Stufenplan pro Bundesland geben.

- 3) Auf Basis des Stufenplans schrittweise Freihaltung der Spitalskapazitäten in Abhängigkeit des tatsächlichen Infektionsgeschehens mit einer Sicherheitsmarge.

2) Aufrechterhaltung bzw. Wiedereinrichtung der Triage vor den Spitälern

Im österreichischen Gesundheitswesen besteht prinzipiell ein freier Zugang zu Krankenhausambulanzen. Das resultiert mitunter in einer teilweise nicht gerechtfertigten und teilweise von den PatientInnen unreflektierten Inanspruchnahme

der Krankenhausambulanzen und damit zu einer hohen Bindung an Personalressourcen (ärztliches und medizinisches Personal) in den Ambulanzen.

Eine Triage durch geschultes medizinisches Personal (z.B. diplomierte Pflegekräfte) vor dem Einlass in das Krankenhaus hilft COVID-19-Fälle von NICHT-COVID-19-Fällen zu trennen und trägt damit auch zur Eindämmung der Pandemie bei, da damit eine Durchmischung von COVID-19-Erkrankten mit NICHT-COVID-19-Erkrankten im Krankenhaus weitgehend ausgeschlossen werden kann. Außerdem hilft die Triage bei der Festlegung, bei welchen Personen/PatientInnen eine ambulante Krankenhausbehandlung gerechtfertigt erscheint und bei welchen Personen/PatientInnen eine Behandlung in der Primärversorgung ausreichend erscheint.

Eine solche Triage fand während der ersten Welle der COVID-19-Pandemie vor fast allen öffentlichen und privat-gemeinnützigen Krankenhäusern statt. Die anekdotische Evidenz zeigt, dass damit die Personen/PatientInnen in Krankenhausambulanzen um etwa die Hälfte reduziert werden konnten. Die dadurch freiwerdenden Personalressourcen wurden für der Versorgung von COVID-19-Fällen vorgehalten.

Aufgrund dessen schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgendes Vorgehen für zukünftige Wellen der COVID-19-Pandemie vor:

- 1) Wiedereinrichtung der Triage vor allen öffentlichen und privat-gemeinnützigen Spitälern durch geschultes medizinisches Personal, um eine sinnvolle Triage zu gewährleisten und Personalressourcen für Versorgung von COVID-19-Fällen freizuspielen.

3) Stärkere Einbindung der Primärversorgung

Im österreichischen Gesundheitswesen erscheint eine Stärkung der Primärversorgung zur Entlastung der Ambulanzen in öffentlichen, aber auch privat-gemeinnützigen Krankenhäusern, nicht nur im Lichte der COVID-19-Pandemie, sinnvoll. Notwendige Voraussetzungen dafür sind:

- 1) Ein gut ausgebautes Netz an Primärversorgungseinrichtungen mit Öffnungszeiten an Tagesrandzeiten und am Wochenende
- 2) Eine Sensibilisierung der Bevölkerung, Primärversorgungseinrichtungen anstatt der Krankenhausambulanzen als primäre Anlaufstelle zu nutzen
- 3) Bauliche Gegebenheiten in den Primärversorgungseinrichtungen, um (hoch) infektiöse PatientInnen von nicht-infektiösen PatientInnen räumlich trennen zu

können, d.h. separate Eingänge, Wartezimmer, Behandlungszimmer und Sanitäranlagen sowie Hygienekonzept.

Derartige bauliche Gegebenheiten sind derzeit möglicherweise nicht in allen Primärversorgungseinrichtungen bzw. Arztpraxen vorhanden, was die Versorgung von kontagiösen PatientInnen und damit auch von COVID-19-PatientInnen sehr schwierig gestaltet.

Aufgrund dessen schlagen wir in Bezug auf diese Maßnahme folgendes Vorgehen vor:

- 1) Entwicklung einer Strategie zur Stärkung bzw. Einbindung der Primärversorgung in die COVID-19-Pandemiebekämpfung
- 2) Gesetzliche Verankerung, dass bei einer Neuvergabe bzw. Übernahme von Primärversorgungseinrichtungen mit Krankenkassenverträgen die oben beschriebenen notwendigen baulichen Gegebenheiten, um infektiöse PatientInnen von nicht-infektiösen PatientInnen räumlich trennen zu können, zwingend vorhanden sein müssen. Dies ist nicht nur in Hinblick auf COVID-19, sondern generell in Hinblick auf die Trennung von chronisch Kranken/multimorbiden PatientInnen in Zeiten erhöhter Infektionsgefahr zu empfehlen.

3.4 Maskenpflicht

Eine unterstützende Maßnahme gegen die Ausbreitung von SARS-CoV-2 ist das Tragen von Mund-Nasen-Schutzmasken (weilers MNS-Masken), was in zahlreichen Ländern in unterschiedlichen Ausmaßen empfohlen oder angeordnet wurde. Da im Kontext von SARS-CoV-2 in den meisten Fällen von einer Übertragung durch Tröpfchen wie auch durch Aerosole ausgegangen wird, werden Masken als eine unterstützende Maßnahme gegen die Verbreitung des Virus angesehen. Um die Verhältnismäßigkeit dieser Maßnahme abzuschätzen, ist es unabdinglich, die Evidenz zu Schutzmasken einerseits allgemein und andererseits im Fall der COVID-19-Pandemie zu beleuchten.

3.4.1 Hintergrund

Das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes gehört in ostasiatischen Ländern bei der saisonalen Influenzawelle und anderen Viruserkrankungen bzw. Virusepidemien (z.B. Vogelgrippe, Schweinegrippe) bereits seit Jahren zum Alltag. Hingegen waren/sind die Empfehlung durch ExpertInnen und teilweise Anordnung durch politische EntscheidungsträgerInnen zum Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes in Europa und auch besonders in den Vereinigten Staaten teilweise kontrovers.

Das weitverbreitete Tragen von Masken im ostasiatischen Raum geht auf die japanische Reaktion auf die Spanische Grippe zurück, wo die Bevölkerung durch Politik und Medien dazu aufgefordert wurde, die Ausbreitung der Krankheit mithilfe eines Mund-Nasen-Schutzes zu bremsen. Seitdem hat sich das Tragen einer Gesichtsmaske im ostasiatischen Raum verbreitet und ist nun laut Burgess & Horii, 2012 eher eine generalisierte Praktik als ein epidemiologisches Werkzeug. In westlichen Kulturkreisen wurden MNS-Masken hauptsächlich in medizinischen Kontexten verwendet.

1) Evidenz von MNS-Masken vor Ausbruch der COVID-19-Pandemie

Bevor MNS-Masken als eine unterstützende Maßnahme gegen die Verbreitung von SARS-CoV-2 diskutiert wurden, spielte sich der akademische Diskurs hauptsächlich im Bereich der saisonalen Influenza ab. Aufgrund dessen stammt ein Großteil der Literatur zur Effektivität von Masken aus diesem Bereich. Da die Literatur hierzu sehr breit aufgestellt ist, sind auch die Methoden und gezogenen Schlussfolgerungen sehr unterschiedlich. Einen Überblick über einzelnen Studien und deren Resultate zu geben würde den Rahmen dieses Projektberichtes übersteigen, es gibt aber aufgrund ebenjener Fülle an Studien/Artikeln bereits zahlreiche (systematische) Literaturreviews, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Jefferson et al., 2020 wiederholten im Lichte der COVID-19-Pandemie ihren Review aus dem Jahre 2011 (siehe unten). Der Review liegt derzeit (Stand Anfang November 2020) nur als Vorabdruck vor und untersucht die Effektivität von Schutzbrillen, Gesichtsmasken und Quarantänemaßnahmen in Bezug auf eine Verringerung der Ausbreitung von respiratorischen Viruserkrankungen. Dieser beinhaltet 15 randomisierte Studien von überwiegend schlechter Qualität. Die AutorInnen kommen zu dem Ergebnis, dass das Tragen von Masken ohne zusätzliche Maßnahmen keinen effektiv Schutz vor der Verbreitung respiratorischer Viruserkrankungen darstellt. Das trifft sowohl für die Allgemeinbevölkerung als auch für medizinisches Personal zu. Zudem können die AutorInnen keinen Unterschied hinsichtlich der Beschaffenheit der Masken, in diesem Fall zwischen medizinischen MNS-Masken und N95-Masken, feststellen.

Long et al., 2020 untersuchten mittels eines Literaturreviews die Effektivität von N95-Masken vs. medizinischen MNS-Masken hinsichtlich des Schutzes vor der Übertragung des Influenzavirus. Die AutorInnen finden in ihrem Review, basierend randomisierten kontrollierten Studien, keinen Unterschied in der Effektivität zwischen N95-Masken und medizinischen MNS-Masken.

Jefferson et al., 2011 untersuchen im Zuge eines Cochrane Review, ob durch physische Maßnahmen wie Tragen einer Maske, das Tragen von Handschuhen, vermehrtes Händewaschen, etc. die Übertragung respiratorischer Viruserkrankungen verringert werden kann. Dieser Review fußt auf jenem von Jefferson et al., 2009 und inkludierten 67 randomisierten kontrollierten Studien bzw. Beobachtungsstudien) und durchwegs schlechter Qualität. Die AutorInnen stellten fest, dass das Tragen von Masken (medizinische MSN-Masken, N95-Masken) die effektivste der untersuchten Maßnahmen ist, um die Übertragung von respiratorischen Viruserkrankungen zu verringern. Die AutorInnen stellten zudem fest, dass es hinsichtlich der Effektivität der Masken, keinen Unterschied zwischen medizinische MSN-Masken und N95-Masken gibt.

Cowling et al., 2010 vergleichen anhand eines Literaturreviews der englischsprachigen Literatur die Effektivität von Masken in Bezug auf die Übertragung des Influenzavirus. Sie identifizieren drei Arten von Studien: 1) experimentelle freiwillige Studien, durchgeführt in einem Laborsetting z.B. mittels Hustens in Petrischalen mit und ohne Maske, 2) Studien im Gesundheitswesen, durchgeführt in Krankenhäusern oder Arztpraxen und 3) Studien im gesellschaftlichen Umfeld, durchgeführt in Haushalte oder Studentenheime. Die AutorInnen stellen eine gewisse Wirksamkeit von Masken (medizinische MSN-Masken, N95-Masken) fest, wenn sie von Personen mit respiratorischen Symptomen getragen werden, sie finden jedoch keine Wirksamkeit von Masken, wenn sie von Personen ohne Symptomen getragen werden.

Abschließend ist anzumerken, dass die Evidenz aus den Studien, die sich mit der Effektivität des Tragens von Masken bei der Influenza oder anderen respiratorischen Viruserkrankungen befassen, nicht klar in eine Richtung zeigt. Tendenziell trägt das Tragen einer Maske zu einer verringerten Ausbreitung von respiratorischen Viruserkrankungen bei. Medizinische MSN-Masken und N95-Masken weisen dabei die gleiche Effektivität auf.

2) Empfehlung/Verpflichtung zum Tragen von MNS-Masken bei Ausbruch der COVID-19-Pandemie

Gegeben der gemischten Evidenz aus der Literatur zum Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes vor der COVID-19-Pandemie war das Einführen einer Maskenpflicht oder die Empfehlung, Masken zu tragen, zu Beginn der Pandemie nicht unumstritten. Während in China und anderen ostasiatischen Ländern sofort auf individueller Ebene begonnen wurde, eine MNS-Maske zu tragen, wurde die Maßnahme in Europa erstmals im April empfohlen/angeordnet. Auch die Weltgesundheitsorganisation WHO attestierte in einer Aussendung vom 6. April 2020 noch, dass verbreitetes Tragen von MNS-Masken für gesunde Personen in der Öffentlichkeit nicht empfohlen wird, da kein verlässlicher Infektionsschutz nachgewiesen werden kann (World Health Organization, 2020c). Nachdem zahlreiche Länder (siehe Kapitel 3.4.2), auch aufgrund des Vorsorgeprinzips¹, die Maskenpflicht in verschiedenen Umfängen eingeführt hatten, oder der Bevölkerung zumindest empfohlen hatten, MNS-Masken zu tragen, und sich die Evidenz zur Effektivität von Schutzmasken gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 verdichtete (siehe folgenden Abschnitt), änderte auch die WHO ihre Position. Seit 5. Juni 2020 empfiehlt auch die WHO, MNS-Masken zu tragen und hat auch eine vorläufige Handlungsempfehlung veröffentlicht (World Health Organization, 2020c)

3) Übertragung von SARS-CoV-2

Die Verbreitung und Übertragung von SARS-CoV-2 dürfte sich von anderen, bereits deutlich besser erforschten Viren, die Grippesymptome oder respiratorische Erkrankungen hervorrufen, zum Teil unterscheiden. Daher sind Empfehlungen und Maßnahmen auf Basis von Evidenz, die für diese Viren erforscht wurde, zu modifizieren bzw. mit Vorsicht zu betrachten. Im Folgenden wird die rezente Literatur zur Tröpfchen-

¹ Vorsorgeprinzip = Setzung einer Maßnahme auch ohne ausreichende wissenschaftliche Evidenz, da die Maßnahme in mit geringen oder keinen individuellen, gesellschaftlichen und ökonomischen Kosten einhergeht.

und aerogenen Übertragung von SARS-CoV-2 diskutiert, um die Vor- und Nachteile einer Maskenpflicht besser abschätzen zu können.

Wie bei anderen respiratorischen Viruserkrankungen ist Luftübertragung bei SARS-CoV-2 eine der Hauptansteckungsgefahren. Howard et al., 2020 halten fest, dass der Großteil der direkt ausgeschiedenen Viren in Speicheltröpfchen enthalten sind, und erst danach aerogen werden, wenn sie verdunsten. Der Zweck einer Maske sei also nicht nur das Abfangen von virenhaltigen Tröpfchen, sondern auch das Verlangsamen der Bildung virenhaltiger Luftpartikel. Auch Schulze-Röbbecke et al., 2020 beschreiben, dass die Übertragung von SARS-CoV-2 von Person zu Person hauptsächlich durch Atemwegssekret und ausgeschiedene Tröpfchen stattfindet und, entgegen der unten dargelegten Evidenz, im Normalfall nicht von einer aerogenen Übertragung ausgegangen werden könne. Zu einer Tröpfcheninfektion kann es kommen, wenn beim Sprechen, Husten und Niesen virenhaltiges Atemwegssekret ausgeschieden wird und auf die oberen Atemwege oder Augen-Bindehaut einer anderen Person treffen. Die ausgeschiedenen Tröpfchen sinken aufgrund ihrer Beschaffenheit rasch zu Boden und können, auch wenn sie den Körper mit einer hohen Geschwindigkeit verlassen, etwa beim Niesen, nicht sehr weit fliegen. Daher wird auch der Abstand von 2 Metern als genügend erachtet, um eine Tröpfcheninfektion zu verhindern.

Die Erkenntnisse sind mittlerweile (Stand Anfang September 2020) allerdings überholt. In einem Beitrag für das British Medical Journal diskutieren Jones et al., 2020 die teils längst nicht mehr dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Auffassungen von Luftübertragung. Im Wesentlichen verhilft der warme und feuchte Atemstrom, der insbesondere bei Husten, Niesen, Rufen oder Singen entsteht, die virustragenden Tröpfchen unterschiedlicher Größe in der Luft zu halten und auch bis zu acht Meter weit zu verbreiten. Aerosole können danach auch über Stunden in der Luft bleiben und je nach Luftströmung weiter verbreitet werden. Auch andere Studien stützen diese Beobachtungen. Laut Morawska & Cao, 2020 wurde die aerogene Übertragung des Virus unterschätzt, was besonders in Innenräumen problematisch sei. Die AutorInnen beschreiben, dass Speicheltröpfchen nach dem Ausscheiden zu verdunsten beginnen, und sie so klein werden können, dass sie stärker von Luftströmen betroffen sind als von der Gravitation. Solche Kleinstpartikel können sich im zweistelligen Meterbereich um die ausscheidende Person verbreiten. Da diese aerogene Art der Verbreitung des SARS-CoV-1 Virus nachgewiesen werden konnte, und auch andere AutorInnen (etwa National Research Council, 2020 und Lewis, 2020) zu ähnlichen Schlüssen kommen, schlussfolgern Morawska & Cao, 2020, dass die Übertragung von SARS-CoV-2 durch die Luft möglich sei und bisher unterschätzt wurde. Sie heben daher die Relevanz von ausreichender Belüftung von geschlossenen Räumen hervor.

Auch Van Doremalen et al., 2020 beschäftigen sich mit der aerogenen Übertragung von SARS-CoV-2. Sie untersuchen die Stabilität von SARS-CoV-1 und SARS-CoV-2 in der Luft und auf unterschiedlichen Oberflächen und analysieren deren Zerfallsraten mithilfe eines Bayesianischen Regressionsmodells. Es zeigt sich, dass SARS-CoV-2 in einem experimentellen Setting von sehr ähnlicher Beschaffenheit wie dessen Vorgängervirus ist, und dass die aerogene Übertragung des Virus sehr wahrscheinlich ist, da die AutorInnen das Virus noch über Stunden in der Luft nachweisen konnten, mit einer Halbwertszeit von etwa einer Stunde. Fears et al., 2020 führen ein ähnlich designtes Experiment durch und können nachweisen, dass SARS-CoV-2 in aerogener Form außergewöhnlich stabil ist, und bis zu 12 Stunden in der Luft nachweisbar ist.

Diese Erkenntnisse werden auch von Setti et al., 2020 geteilt, die sich u.a. auf Untersuchungen aus Wuhan in China und Nebraska in den USA beziehen, wo in Krankenhäusern Luftproben genommen wurden. In allen Szenarien konnten SARS-CoV-2 RNA in der Luft nachgewiesen werden, was für die aerogene Übertragung des Virus spricht. Die AutorInnen schlussfolgern, dass der Mindestabstand von 2 Metern zum Schutz vor einer Infektion mit SARS-CoV-2 möglicherweise nicht genug und das verbreitete Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes unumgänglich ist. Laut Schulze-Röbbecke et al., 2020 ist jedoch nicht geklärt, ob Aerosole, in denen RNA von SARS-CoV-2 nachgewiesen wurde, ihre Infektiosität beibehalten. Bisherige Fälle von Übertragungen zB in fleischverarbeitenden Betrieben oder Chören, auch wenn sie den gesetzlichen Mindestabstand einhalten, bieten jedoch weitere Anhaltspunkte für eine Verbreitung auch kontagiöser Viruspartikel auf diesem Wege.

3.4.2 Beispiele aus ausgewählten Ländern

Das Tragen von MNS-Masken wurde im Laufe der COVID-19-Pandemie von zahlreichen Ländern empfohlen oder angeordnet. Im Folgenden wird auf einige Länder, deren konkrete Maßnahmen und ihre Effekte eingegangen.

In China, und insbesondere in der Provinz Hubei, wurde nie eine konkrete Maskenpflicht angeordnet, jedoch wurde es der Bevölkerung bereits Ende Jänner empfohlen. Da es in China nicht unüblich ist, Masken zu tragen, wurde diese Empfehlung rasch angenommen und von der Bevölkerung umgesetzt. Auch in anderen ostasiatischen Ländern wie Japan oder Südkorea kam es nie zu einer Maskenpflicht, wenngleich der Bevölkerung empfohlen wurde, Masken zu tragen. Nichtsdestotrotz werden in diesen Ländern Masken in öffentlichen Bereichen wie etwa öffentlichen Verkehrsmitteln zurzeit beinahe universell getragen.

In Europa war das Tragen von Masken einige Zeit kein Thema, da die Maßnahme bis dahin einerseits nie von der WHO empfohlen wurde, und andererseits epidemiologisch umstritten war. Österreich war mit Einführung einer Maskenpflicht in Supermärkten am 1. April 2020 eines der ersten westeuropäischen Länder, die diesen Schritt setzten. Die Maßnahme wurde Schritt für Schritt auf öffentliche Verkehrsmittel, Gastronomiebetriebe etc. ausgeweitet. In Deutschland war die Maskenpflicht lange nur eine Empfehlung des RKI, die konkrete Einführung einer Maskenpflicht ist jedoch auf Länderebene geregelt. Im Laufe des Aprils führten einige Bundesländer eine Maskenpflicht ein, ab 27. April 2020 herrschte in Deutschland eine de facto universelle Maskenpflicht in öffentlichen Verkehrsmitteln und im Handel. Anfang Mai 2020 führten auch andere europäische Länder wie Spanien (2. Mai 2020), Italien (4. Mai 2020) und Frankreich (11. Mai 2020) eine Maskenpflicht ein. In all diesen Ländern war es Pflicht, zumindest in öffentlichen Verkehrsmitteln eine MNS-Maske zu tragen (konkrete Ausgestaltung siehe Tabelle 11). In Spanien war es sogar Pflicht, im gesamten öffentlichen Raum eine Maske zu tragen, falls kein Mindestabstand zu anderen Personen eingehalten werden konnte, während in Frankreich auch in Schulen eine Maske getragen werden musste. Einen gänzlich anderen Zugang wählten einige nordeuropäische Länder, darunter Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Island. In diesen Ländern kam es weder zur Anordnung einer Maskenpflicht noch zu einer Empfehlung eine Maske zu tragen. Stattdessen wurde auf die Eigenverantwortung der BürgerInnen gesetzt, sich an die physical distancing Regeln und Hygienemaßnahmen zu halten.

Auch in den USA war die Einführung einer Maskenpflicht kontrovers. Das Verordnen einer Maskenpflicht obliegt in den USA den einzelnen Bundesstaaten. Obwohl es von den *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) eine klare Empfehlung für das Tragen von Masken gibt, haben nur rund die Hälfte der US-Bundesstaaten (Stand Ende Juli 2020) eine Maskenpflicht eingeführt. Manche Bundesstaaten wie z.B. New York oder Pennsylvania ordneten die Maskenpflicht bereits im April an, während andere wie z.B. Alabama oder Ohio erst Ende Juli nachzogen. Wenngleich es in vielen Ländern Unmut bezüglich einer Maskenpflicht gab, war der öffentliche Diskurs in keinem Land so groß wie in den USA. In Berufung auf ihre Freiheitsrechte wehrten sich zahlreiche US-BürgerInnen nicht zuletzt mit der Unterstützung durch den Präsidenten Donald Trump gegen die Maskenpflicht (Aratani, 2020).

Tabelle 11 fasst die Details zur Maskenpflicht in den oben erwähnten Ländern im Detail zusammen.

Tabelle 11: Maskenpflicht

Land	Erste Anordnung	Öffentliche Verkehrsmittel	Handel	Schulen	Öffentlicher Raum
Österreich	1. April 2020	Ja	Ja (bis 15. Juni 2020)	Nein	Ja (bis 30. Mai 2020)
Deutschland	27. April 2020	Ja	Ja	Nein	Nein
Italien	4. Mai 2020	Ja	Ja	Empfohlen	Nein
Frankreich	11. Mai 2020	Ja	Empfohlen	Nein	Ja
Spanien	2. Mai 2020	Ja	Empfohlen	Ja, wenn Abstand nicht einhaltbar	Nein
Vereinigtes Königreich	15. Juni 2020	Ja	Nein	Nein	Nein
China	Ende Januar	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen
Japan	28. März 2020	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen
Südkorea	25. Mai 2020	Ja	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen
Kanada	20. April 2020	Ja	Empfohlen	Nein	Nein
USA	Auf Bundesstaaten-ebene unterschiedlich	Empfohlen	Empfohlen	Empfohlen	Nein

Quelle: IHS 2020

Derzeit (Stand Ende Juli 2020) ist es kaum möglich zu bewerten, was das Einführen einer Maskenpflicht in den einzelnen Ländern und unterschiedlichen Ausprägungen konkret bewirkt hat.

3.4.3 Nutzen der Maßnahme

Das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes ist eine Maßnahme, auf die zur Eindämmung von Viruserkrankungen (z.B. Influenza) speziell im ostasiatischen Raum regelmäßig zurückgegriffen wird. Insofern wurde das Tragen von MNS-Masken im Laufe der COVID-19-Pandemie von zahlreichen Ländern empfohlen oder angeordnet (siehe Kapitel 3.4.2). Im Folgenden wird der Nutzen dieser nicht ganz unstrittigen Maßnahme zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie auf Basis der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur näher beleuchtet.

Für eine effektive und nutzenbringende Implementierung dieser Maßnahme bedarf es u.a. folgender Voraussetzungen:

- Effektiver Infektionsschutz vor SARS-CoV-2 durch das Tragen von MNS-Masken
- Hoher Grad an Compliance in Bezug auf das Tragen von MNS-Masken

1) Effektiver Infektionsschutz vor SARS-CoV-2 durch das Tragen von MNS-Masken

Die wissenschaftliche Evidenz zeigt, dass SARS-CoV-2 sowohl durch Tröpfchen als auch aerogen übertragen werden kann. Im Folgenden wird analysiert, wie effektiv MNS-Masken gegen die Übertragung von SARS-CoV-2 schützen.

Die verschiedenen Arten von Masken sind unterschiedlich beschaffen und weisen unterschiedliche Filterleistungen auf. In Tabelle 12 sind die Haupteigenschaften der gängigen Maskentypen dargestellt.

Tabelle 12: Haupteigenschaften der unterschiedlichen Masken

	Selbstschutz	Fremdschutz	Verwendung	Wiederverwendung
Behelfsmaske aus Baumwolle o.ä.	Gering	In gewissem Maße	Nur für Eigengebrauch Für medizinisches Personal nicht geeignet	Nach Desinfektion möglich
Medizinischer Mund-Nasen-Schutz	Gering	Ja, Minderung der Tröpfchenfreisetzung	Für medizinisches Personal geeignet, für PatientInnen ohne Covid-19 Verdacht	Nicht vorgesehen
N95-Maske ohne Ausatemventil	Ja (mindestens 95% Filtration beim Einatmen)	Ja	Für medizinisches Personal geeignet, auch bei Patienten mit COVID-19 Verdacht	Nicht vorgesehen
FFP-Maske mit Ausatemventil	Ja (mindestens 99% Filtration beim Einatmen)	Nein	Für medizinisches Personal geeignet, auch bei Patienten mit COVID-19 Verdacht	Nicht vorgesehen

Quelle: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2020

Die Effektivität von MNS-Masken wurden vor der COVID-19-Pandemie fast ausschließlich in klinischen Settings getestet, was sich in den letzten Monaten aber ändert. Eine Reihe von Studien/Artikel vergleichen die Effektivität von selbst hergestellten Behelfsmasken mit medizinischen MNS- und N95-Masken. Bisher (Stand Ende Oktober 2020) gibt es aber noch keine randomisierten kontrollierten Studien zu diesem Thema. Diese werden aber wohl in einer reinen Form nicht mehr durchgeführt werden können, da es ethisch bei heutigem Kenntnisstand nicht vertretbar wäre, bei einer solche Studie eine Kontrollgruppe ohne Maske einzuschließen.

Leung et al., 2020 untersuchen in ihrem im Mai 2020 veröffentlichten Artikel die Virusausscheidung in Atemtröpfchen und Aerosolen von Kindern und Erwachsenen mit einer symptomatischen Coronavirus-, Influenzavirus- oder Rhinoviruserkrankung. Die AutorInnen analysierten in diesem Kontext anhand von 249 Testpersonen, inwiefern medizinische MNS-Masken die Virusausscheidung verringern und kommen dabei zu folgendem Ergebnis: Medizinische MNS-Masken verringern die Virusausscheidung von Coronaviren in Atemtröpfchen und Aerosolen, von Inflenzaviren in Atemtröpfchen aber nicht in Aerosolen. Medizinische MNS-Masken haben keinen Effekt bei der Virusausscheidung von Rhinoviren. Auf Basis dessen schlussfolgern die AutorInnen, dass medizinische MNS-Masken die Übertragung von Coronaviren und Inflenzaviren von symptomatisch erkrankten Personen verhindern könnten.

Zangmeister et al., 2020 untersuchen in ihrem im Juni 2020 publizierten Artikel, inwiefern Behelfsmasken dazu beitragen, den Ausstoß von virushaltigen Luftpartikeln zu reduzieren. Sie vergleichen Masken aus Baumwolle und synthetischen Materialien verschiedener Beschaffenheit und in mehreren Lagen und verwenden NaCl Aerosole verschiedener Größen, um das Verhalten von SARS-CoV-2 zu approximieren. Die AutorInnen erkannten, dass alle untersuchten Masken sowohl Tröpfchen im Mikrometerbereich als auch Aerosole im Nanometerbereich abfangen können, jedoch mit klaren Unterschieden in der Effizienz. Drei der fünf bestabschneidenden Materialien waren Baumwollstoffe mit mittlerer Stoffdichte, die Filterleistung nahm mit zunehmender Anzahl der Stoffschichten zu und war nach oben hin nur durch die abnehmende Atmungsaktivität begrenzt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl medizinische MNS-Masken als auch Behelfsmasken aus Stoff aufgrund ihrer Filterleistung in gewissem Maße vor der Übertragung von SARS-CoV-2 schützen. Ebenso ist aus der wissenschaftlichen Evidenz zu erkennen, dass MNS-Masken (insbesondere Behelfsmaske aus Baumwolle und medizinische MNS-Masken) eher dem Fremd- als dem Eigenschutz dienen.

2) Hoher Grad an Compliance in Bezug auf das Tragen von MNS-Masken

Die wissenschaftliche Evidenz belegt, dass das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes zur Reduktion der Ausbreitung von SARS-CoV-2 beitragen kann. Allerdings besteht speziell in Europa, USA und Kanada nur ein geringes Bewusstsein in der Bevölkerung, dass sich Viruserkrankungen durch das Tragen einer Maske weniger stark und schnell verbreiten können. Insofern reichen im europäischen und amerikanischen Raum Empfehlungen seitens politischer EntscheidungsträgerInnen bzw. VirologInnen oftmals nicht aus, um einen ausreichenden Anteil der Bevölkerung zum Tragen einer Maske zu bewegen.

Im Folgenden wird die Maßnahme einer Maskenpflicht als eine Möglichkeit, um die Compliance hinsichtlich des Tragens eines Mund-Nasen-Schutzes zu erhöhen, im Detail analysiert.

Kai et al., 2020 modellieren in ihrem im April 2020 erschienen Artikel die Wirkung einer universellen Maskenpflicht anhand eines SEIR-Modells (Susceptible-Exposed-Infected-Recovered)¹ und vergleichen die Auswirkungen auf die Verbreitung des Virus, wenn zumindest 80% der Bevölkerung einen Mund-Nasen-Schutz trägt, mit einem Szenario, in dem maximal 50% der Bevölkerung einen solchen tragen. Es zeigt sich, dass sich die Verbreitung des Virus eindämmen lässt, wenn zumindest 80% der Bevölkerung MNS-Masken tragen, es aber zu keiner signifikanten Reduktion der Verbreitung des Virus kommt, wenn maximal 50% der Bevölkerung konsequent MNS-Masken tragen. In einem zweiten stochastischen agentenbasierten Modell wird gezeigt, dass eine universelle Maskenpflicht erfolgreich sein kann, wenn sie früh genug eingeführt wird, auch wenn es sich bei den getragenen MNS-Masken um nicht-medizinische oder selbst hergestellte handelt. Darüber hinaus vergleichen Kai et al., 2020 die Resultate ihrer beiden Modelle mit einem empirischen Datensatz aus 38 Ländern im Zeitraum 23 Jänner bis 10 April 2020. Dieser Datensatz inkludiert u.a. tägliche Neuinfektionen bzw. deren Wachstumsraten, Informationen ob und wann die einzelnen Länder eine universelle Maskenpflicht eingeführt haben). Die empirischen Daten zeigen u.a. eine Abschwächung der Wachstumsraten als Folge der universellen Maskenpflicht und bestätigten damit die Resultate aus den beiden theoretischen Modellen. Als Fazit empfehlen die AutorInnen sowohl aufgrund der theoretischen als auch empirischen Resultate eine sofortige Umsetzung einer weitreichenden Maskenpflicht.

Eikenberry et al., 2020 ziehen in ihrem ebenfalls im April 2020 erschienen Artikel unter anderem die Resultate von Leung et al., 2020 heran und bauen darauf ein SEIR-Modell

¹ Susceptible-Exposed-Infected-Recovered Modell (SEIR Modell) ist ein Modellansatz zur Beschreibung der Ausbreitung von ansteckenden Krankheiten. Dazu wird die Bevölkerung in vier Gruppen von Krankheitsstadien unterteilt und die Dynamik der Infektionen und Erkrankungen wird über eine Modellierung der Übergänge zwischen diesen Gruppen nachgebildet. Das Modell umfasst das Krankheitsstadium Stadium **Gesundheit bzw. Nicht-Infiziert** sein (S - susceptible), **Infiziert sein** (E - exposed), **Ansteckend sein** (I - infectious) und **Immun werden bzw. Sterben** (R - removed).

auf, welches den Effekt einer universellen Maskenpflicht modelliert. Es zeigt sich, dass auch relativ „einfache“ Masken, also Behelfsmasken oder das Vorhalten eines dichten Tuches/Schals vor Mund und Nase, bereits einen signifikanten Effekt haben, um Verbreitung von SARS-CoV-2 zu verringern, wenn sie von genug Personen getragen werden: wenn 80% der Bevölkerung MNS-Masken tragen, die nur 50% der Tröpfchen auffangen, kommt es zu einer signifikant verlangsamten Ausbreitung des Virus. Selbst wenn die Masken nur 20% der Tröpfchen auffangen sind sie hilfreich um zur Eindämmung von SARS-CoV-2 beizutragen. Abschließend halten die AutorInnen fest, dass der Nutzen einer universellen Maskenpflicht umso größer ist, je früher diese eingeführt wird.

Stutt et al., 2020 analysieren in ihrem im Mai 2020 veröffentlichten Artikel anhand eines Verzweigungsmodells und eines SEIR-Modells, inwiefern eine universelle Maskenpflicht mit und ohne Perioden eines verordneten Lockdowns zur Eindämmung von SARS-CoV-2 beiträgt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine universelle Maskenpflicht im öffentlichen Raum die effektive Reproduktionszahl von SARS-CoV-2 auf unter 1 senken und somit maßgeblich zur Eindämmung der Pandemie beitragen kann. Die AutorInnen gehen weiters davon aus (Stand Mai 2020), dass eine Kombination aus universellem Tragen von Masken und Perioden von verordneten Lockdowns die Ausbreitung von SARS-CoV-2 effektiv unterbinden und damit eine zweite und dritte Welle an COVID-19 Erkrankungen verhindern kann. Dieser Effekt hielt sogar in einem Szenario Stand, in dem MNS-Masken nur eine maximal 50%ige Effektivität in Bezug auf die Filterleistung von Viruspartikeln aufweisen. Auf Basis dieser Berechnungen empfehlen die AutorInnen eine universelle Maskenpflicht in öffentlichen Räumen um die Verbreitung von SARS-CoV-2 einzudämmen.

Lyu & Wehby, 2020 beschreiben in ihrem im August 2020 publizierten Artikel die Ergebnisse eines natürlichen Experiments, das die Auswirkungen einer universellen Maskenpflicht in 16 Bundesstaaten der USA anhand der täglichen Wachstumsrate von COVID-19-Infektionen im Zeitraum von 31 März bis 22 Mai 2020 analysiert. Die Ergebnisse zeigen einen Rückgang der täglichen Wachstumsrate um 0,9, 1,1, 1,4, 1,7 und 2,0 Prozentpunkte 1-5, 6-10, 11-15, 16-20 und 21 oder mehr Tage nach Einführung der universellen Maskenpflicht. Die AutorInnen halten abschließend fest, dass durch die Verhängung der universellen Maskenpflicht bis zum 22.Mai 2020 mehr als 200.000 COVID-19-Infektionen verhindert werden konnten.

Chan & Yuen, 2020 beleuchten in ihrem Kommentar vom Jänner 2020, inwiefern das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes vor der Übertragung von SARS-CoV-2 schützt. Die AutorInnen weisen darauf hin, dass es in diesem Kontext drei zentrale epidemiologische Fragen zu beantworten gibt: erstens, ob infizierte Personen durch das Tragen einer Maske andere Personen vor einer Infektion schützen (= Fremdschutz); zweitens, ob nicht

infizierte Personen durch das Tragen einer Maske vor einer Infektion durch andere Personen geschützt sind (= Eigenschutz); drittens, ob das weit verbreitete Tragen von MNS-Masken in der Bevölkerung effektiv zur Eindämmung der Epidemie/Pandemie beitragen kann. Die AutorInnen gelangen zu folgenden Erkenntnissen: Wenn infizierte Personen eine MNS-Maske tragen, kann die Verbreitung des Virus zu einem gewissen Grad eingeschränkt werden; wenn nicht infizierte Personen eine MNS-Maske tragen, trägt das nur wenig zur Eindämmung des Virus bei. Ein weitverbreitetes Tragen von MNS-Masken in der Bevölkerung soll forciert werden, weil damit nicht nur epidemiologische sondern auch soziologische Vorteile einhergehen. Hierzu zählt z.B. eine erhöhte Risikowahrnehmung in der Bevölkerung, was mitunter das persönliche Hygieneverhalten positiv beeinflusst.

Howard et al., 2020 erörtern in ihrem narrativen Review vom Juli 2020 die Sinnhaftigkeit einer Maskenpflicht. Im Zuge dessen kommen die AutorInnen zum Schluss, dass ein weitverbreitetes Tragen von Masken oder eine generelle Maskenpflicht mehr positive als negative Effekte hat, und daher zu empfehlen ist. Das Tragen von MNS-Masken in Kombination mit anderen Maßnahmen kann dazu beitragen, die effektive Reproduktionszahl von SARS-CoV-2 nachhaltig unter 1 zu senken.

Zusammenfassend kann schlussgefolgert werden, dass ein weitverbreitetes Tragen von MNS-Masken in der Bevölkerung zu einem gewissen Grad vor der Verbreitung von SARS-CoV-2 schützt. Der Schutz scheint am effektivsten gegeben, wenn alle Personen eine MNS-Maske tragen, damit auch die nicht wissentlich infizierten Personen (also prä- und asymptomatische) niemanden anstecken.

Abgesehen vom oben beschriebenen epidemiologischen Nutzen, der Eindämmung der Verbreitung von SARS-CoV-2, ergibt sich durch die Empfehlung/Verpflichtung zum Tragen von MNS-Masken zusätzlich ein nur schwer messbarer gesellschaftlicher und psychologischer Nutzen. Die Empfehlung/Verpflichtung zum Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes kann dazu beitragen, dass das Tragen von MNS-Masken in nicht-klinischen Settings langfristig entstigmatisiert wird und aufgrund dessen MNS-Masken auch zur Eindämmung anderer Viruserkrankungen (z.B. saisonale Influenza) getragen werden, was bislang im europäischen und amerikanischen Raum eher unüblich ist. Darüber hinaus können MNS-Masken in Kombination mit anderen Maßnahmen der Bevölkerung während einer COVID-19-Pandemie das Gefühl geben, einen Beitrag zur Eindämmung des Virus zu leisten (World Health Organization, 2020b).

Die Empfehlung/Verpflichtung zum Tragen von MNS-Masken bringt aber auch einen indirekten Nutzen mit sich, wie Chan & Yuen, 2020 in ihrer Studie ausführen. Das Tragen von MNS-Masken in der breiten Bevölkerung kann zu einem verstärkten Risikobewusstsein führen, sodass beispielsweise eine Person, die keine Maske trägt,

durch die Wahrnehmung anderer Personen, die Masken tragen, darauf aufmerksam wird, den eigenen Mund und Nase zu bedecken und sich vorsichtiger zu verhalten.

3.4.4 Kosten der Maßnahme

Die Maßnahme einer Maskenpflicht wird in der Literatur umfassend diskutiert. Im Folgenden werden die damit einhergehenden monetären Kosten sowie mögliche negative Auswirkungen davon beschrieben.

1) Monetären Kosten (Kosten der Maske)

Vor Ausbruch der COVID-19-Pandemie lagen die Anschaffungskosten von medizinischen MNS-Masken bei wenigen Euro-Cent und die von N95-Masken bei rund zwei Euro. Ebenso relevant sind sonstige Stoffmasken, die ab 5 Euro das Stück angeboten werden und durch Waschen wiederverwendbar sind.

Seit Ausbruch der COVID-19-Pandemie sind die Anschaffungskosten für Masken verschiedener Beschaffenheit (medizinische Masken, N95-Masken, FFP3-Masken) mitunter aufgrund der deutlich erhöhten Nachfrage stark gestiegen. Manche Händler versuchten auch, aus der gestiegenen Nachfrage und den (befürchteten) Engpässen am Weltmarkt Profit zu schlagen, indem sie MNS-Masken und andere Schutzausrüstung zu überhöhten Preisen anboten. Der bekannte Maskenhersteller 3M hat in diesem Zusammenhang Händler geklagt, die ihre Masken zu überhöhten Preisen anboten und sich teilweise fälschlicherweise für 3M ausgaben (Stempel, 2020). Das Unternehmen 3M berichtet im Juli 2020, dass rund 4 000 Fälle von Betrug aufgedeckt und 18 Verfahren eingeleitet wurden.

Bei der Verhängung einer (universellen) Maskenpflicht seitens politischer EntscheidungsträgerInnen ist generell festzulegen, ob die Einzelpersonen oder die öffentliche Hand für die Beschaffung passender MNS-Masken verantwortlich sind. Sofern das Tragen von Behelfsmasken weiter als ausreichend erachtet wird, wird dürfte die Beschaffung von passenden MNS-Masken weiterhin im Verantwortungsbereich der Einzelpersonen liegen (Stand Anfang September 2020).

Abgesehen von den primären Anschaffungskosten von MNS-Masken gibt es noch weitere (nicht-)monetäre Kosten, die im Folgenden beleuchtet werden.

2) Gesellschaftliche Kosten

Die gesellschaftlichen Kosten einer Maskenpflicht entstehen vor allem dadurch, dass sich Personen durch das Tragen einer MNS-Maske in einem falschen Sicherheitsgefühl wiegen und dadurch in Situationen begeben, die sie eigentlich meiden sollten. Das kann mitunter auch die Ausbreitung von SARS-CoV-2 fördern.

Yan et al., 2020 analysierten mittels anonyme Standortdaten von Mobiltelefonen das Verhalten von Personen im Zeitraum von zwei Wochen vor bis zwei Wochen nach der Einführung einer universellen Maskenpflicht in 36 Bundesstaaten der USA. Die AutorInnen stellen fest, dass Personen nach der Einführung der universellen Maskenpflicht 20-30 Minuten pro Tag weniger zu Hause verbringen und wieder vermehrt am öffentlichen Leben teilgenommen (insbesondere Restaurantbesuche). Diese Erkenntnisse bewegen die AutorInnen zur Schlussfolgerung, dass eine universellen Maskenpflicht zu verkehrten Anreizen, mit Moral Hazard und Risikokompensation vergleichbar sind, führen kann. Sie merken allerdings auch kritisch an, dass die vermehrte Teilnahme am öffentlichen Leben möglicherweise nicht nur auf die Einführung einer universellen Maskenpflicht, sondern teilweise auch auf andere Faktoren (z.B. „Müdigkeit der Bevölkerung in Bezug auf physical distancing) zurückgeführt werden kann, für die das Modell allerdings nicht kontrollieren kann.

Martin et al., 2020 beschäftigen sich ebenfalls mit möglichen unbeabsichtigten Konsequenzen einer universellen Maskenpflicht. Die AutorInnen beschreiben in diesem Zusammenhang vier Punkte, die die politischen EntscheidungsträgerInnen bei der Verordnung einer universellen Maskenpflicht bedenken sollten: Erstens, eine nicht korrekte Anwendung der MNS-Maske, d.h. eine nicht komplette Bedeckung von Mund und/oder Nase, kann den Nutzen des Mund-Nasen-Schutzes nachhaltig beschneiden. Ebenso ist der hygienische Umgang mit der Maske oftmals nicht gegeben, was ebenfalls deren Nutzen reduziert. Zweitens, kann eine universelle Maskenpflicht, wie bereits von Yan et al., 2020 besprochen, das Phänomen der Risikokompensation, also eine möglicherweise verringerte Befolgung anderer Maßnahmen zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie oder ein risikoreicheres Verhalten, hervorrufen. Drittens, kann eine universelle Maskenpflicht gesellschaftliche Konsequenzen mit sich bringen, wie etwa das Rechtfertigen von risikoreichen Arbeitsplätzen oder Arbeitswegen. Viertens kann eine universelle Maskenpflicht indirekte Effekte bedingen, die schwer vorherzusagen sind. Dazu gehört etwa die Möglichkeit, dass die Maskenpflicht die Bevölkerung eher verunsichert als beruhigt. Laut den AutorInnen ist es in diesem Zusammenhang zentral, dass Maßnahmen laufend auf ihre Kosten und Nutzen überprüft und dementsprechend angepasst werden.

3) Individuelle Kosten

Die individuellen Kosten fußen mitunter in einem persönlichen Unwohlsein durch das Tragen einer Maske. Matusiak et al., 2020 führten eine Befragung unter 876 StudentInnen im Alter zwischen 18 und 27 Jahren durch und untersuchten allfällige Unannehmlichkeiten, die für diese mit dem Tragen einer Maske einhergingen. Unter den befragten TeilnehmerInnen, von denen 60% angaben, im öffentlichen Raum einen Mund-Nasen-Schutz zu tragen, berichteten 35% von Atemproblemen, 21% von vermehrtem Schwitzen, 21% von Anlaufen von Brillengläsern und 12% von Problemen beim Sprechen oder Verständnis. Lediglich 3% der Befragten hatten keine Probleme mit MNS-Masken. Darüber hinaus berichten (Gheisari et al., 2020) von Hautirritationen bei medizinischem Personal, hervorgerufen durch das konstante Tragen einer medizinischen MNS-Maske. Atemprobleme müssen dabei auf psychische Ursachen zurückzuführen sein, da die Normen EN 146 (Atemschutz) bzw. EN 14683 (medizinische MNS-Masken) zumindest bei diesen Masken entgegenstehende Vorschriften machen. Bei physischer Belastung, und wohl im Analogieschluss bei Lungenerkrankungen, könne auch solche Masken aber die Leistungsfähigkeit des Atemsystems behindern (z.B. Fikenzer et al., 2020).

Weitere individuelle Kosten, die durch das Tragen einer MNS-Maske entstehen, zu denen es derzeit noch keine ausreichende wissenschaftliche Evidenz (Stand Ende Juli 2020) gibt, sind:

- Erschwerte Kommunikation durch den Wegfall der Mimik und insbesondere für Personen mit Hörbehinderung durch den Wegfall der Möglichkeit des Lippenlesens
- Möglichkeit einer Kreuzkontamination, wenn sich Personen z.B. durch das ungewohnte Gefühl einer MNS-Maske öfters in Gesicht und an die Maske greifen und es dadurch zu einer Schmierinfektion mit SARS-CoV-2 kommt.
- Stigmatisierung, wenn sich Personen durch das Tragen einer MNS-Maske in bestimmten Situationen Vorurteilen ausgesetzt sehen, weil das Tragen von Masken im europäischen und amerikanischen Raum bislang ausschließlich mit medizinischen Kontexten assoziiert wird. Das ist möglicherweise auch abhängig von den COVID-19-Fallzahlen: wenn es wenige Fälle gibt, werden Personen, die dennoch eine Maske tragen, womöglich als krank eingestuft und gemieden.

4) Gesamtgesellschaftliche Kosten

Die ökonomischen Kosten gründen in einer gesenkten Konsumfreude durch das (verpflichtende) Tragen einer MNS-Maske im Handel und in der Gastronomie. Derzeit (Stand Ende Juli 2020) existiert noch keine wissenschaftliche Evidenz, wie sich die

Maskenpflicht auf die Konsumfreudigkeit der BürgerInnen ausgewirkt hat. Obwohl es schon grundlegende Analysen zur Entwicklung des Konsumverhaltens im Zuge der Corona-Pandemie gibt (etwa Baker et al., 2020), widmete sich noch keine Studie den konkreten Auswirkungen einer Maskenpflicht auf den Konsum.

3.4.5 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

Die Literaturrecherche belegt, dass einerseits MNS-Masken vor der Übertragung von SARS-CoV-2 auf andere schützen können und andererseits eine (universelle) Maskenpflicht die Verbreitung von SARS-CoV-2 eindämmen kann. Insofern ist der Nutzen von MNS-Masken (Stand Anfang September 2020) mittlerweile unumstritten, was sich in der Verordnung einer (universellen) Maskenpflicht in vielen Ländern widerspiegelt.

Es besteht mittlerweile ebenfalls ein Konsens darüber, dass Behelfsmasken aus Baumwolle und medizinische MNS-Masken den Fremdschutz eher gewährleisten als den Selbstschutz, und dass die höchste Wirksamkeit einer universell verhängten Maskenpflicht bei hoher Kooperation der Bevölkerung gegeben ist. Die Wirksamkeit hängt jedoch von der korrekten Nutzung unter Hygienestandards ab.

Allerdings ist es nicht immer möglich den Effekt einer (universellen) Maskenpflicht isoliert zu betrachten, da eine solche in der Regel mit anderen Maßnahmen wie z.B. physical distancing oder Handhygiene eingeführt wird/zum Einsatz kommt.

Dem Nutzen stehen die monetären Kosten sowie die gesellschaftlichen Kosten, wie etwa ein ungerechtfertigtes Sicherheitsgefühl, und individuelle Kosten, wie Unwohlsein oder Kommunikationsschwierigkeiten, die mit dem Tragen verbunden sein können, gegenüber. Im Vergleich zum Nutzen der Maßnahme sind die damit einhergehenden Kosten als relativ moderat einzustufen. Aufgrund dessen kann dieser Maßnahme ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis (Stand Ende Oktober 2020) attestiert werden. Allerdings sind die gesamtgesellschaftlichen Kosten einer (universellen) Maskenpflicht derzeit noch nicht ermittelt (Stand Anfang September 2020), die in die Abwägung des Kosten-Nutzen-Verhältnis miteinbezogen werden müssten.

Abschließend ist in diesem Zusammenhang festzuhalten, dass die Zusammenarbeit mit und das Vertrauen der Bevölkerung essentiell zum Nutzen der Maßnahme beträgt. Aufgrund dessen sollten politische EntscheidungsträgerInnen die Verhältnismäßigkeit und Konsistenz bei der Einführung einer (universellen) Maskenpflicht berücksichtigen, da Inkonsistenz im Lichte wissenschaftlicher Ergebnisse die Bevölkerung verunsichern kann. Marasinghe, 2020 stellt in diesem Zusammenhang fest, dass das Anordnen einer Maskenpflicht evidenzbasiert, transparent und abgestimmt passieren sollte, um dessen

maximalen Nutzen zu erreichen. Hinzu kommt, dass Masken alleine nicht ausreichend sind, sondern mit Testen, Contact Tracing, Quarantänemaßnahmen, physical distancing und Hygienemaßnahmen kombiniert eingesetzt werden sollte.

Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang, die Mindestabstände heraufzusetzen. Wie im Kapitel zur aerogenen Übertragung erläutert, finden sich Aerosole und größere Tröpfchen weiter von einer Person als bisher angenommen. Insbesondere bei schlechter Lüftung, dichter Belegung und hoher Lautstärke können auch Masken die Übertragung von SARS-CoV-2 nicht verhindern und es kann zu superspreading events kommen.

3.5 Schulschließungen

Eine weitreichende Maßnahme gegen die Ausbreitung von SARS-CoV-2 war die Schließung von Schulen und Kindergärten. Im Folgenden wird die Evidenz zu dieser Maßnahme im Detail untersucht.

3.5.1 Hintergrund

Die Evidenz für die Effektivität von Schulschließungen stammt fast ausschließlich von Influenza-Epidemien/Pandemien, bei denen die Übertragung des Virus überproportional durch Kinder stattfindet. Bin Nafisah et al., 2018 zeigten mittels eines systematischen Literaturreviews, dass die maximale Erkrankungsrate durch Influenza mittels Schulschließungen durchschnittlich um 29,7% verringert und der Höhepunkt einer Influenzawelle im Median um 11 Tage nach hinten verschoben werden kann. Die AutorInnen hielten zudem fest, die maximale Erkrankungsrate umso stärker reduziert werden kann, je früher die Schulen geschlossen werden. In einem ebenfalls rezenten systematischen Literaturreview stellten Cowling et al., 2020 fest, dass die Übertragungsrate des Influenza-Virus zwischen Schulkindern (5-17 Jahre) durch Maßnahmen wie Schulschließungen reduziert werden kann. Haas et al., 2020 halten in ihrer fachlichen Stellungnahme im epidemiologischen Bulletin fest, dass Surveillancedaten aus den USA während Schulferien häufig einen Rückgang an Erkrankungsrate durch Influenza und nach den Ferien wieder einen Anstieg an Erkrankungsrate zeigen. Daher ist zu erwarten, dass flächendeckende Schulschließungen einen Einfluss auf den Verlauf von Influenzawellen haben, der bei zu kurzer Dauer jedoch zu einem Wiederanstieg der Infektionsrate zu einem späteren Zeitpunkt führen kann.

Nicht zuletzt auf Basis der umfassenden wissenschaftlichen Evidenz zur positiven Auswirkung von Schulschließungen auf die Erkrankungsrate durch Influenza, dürften sich im Zuge der COVID-19-Pandemie politische EntscheidungsträgerInnen in einer Reihe von Ländern zu nationalen Schulschließungen entschieden haben. Bis zum 17. März 2020 hatten 107 Länder nationale Schulschließungen zur Eindämmung von SARS-CoV-2 beschlossen und umgesetzt. (Viner et al., 2020)

3.5.2 Beispiele aus ausgewählten Ländern

Zu den ersten Schulschließungen kam es in China. Hier wurden bis zum 23. Jänner 2020 großflächig Schulen geschlossen, nachdem die höchste Warnstufe des nationalen

Notfallsystems ausgerufen worden war. (Tian et al., 2020). In Südkorea wurden durch wiederholte Verlängerungen der Schulferien beginnend mit 24. Februar 2020 Maßnahmen ergriffen, die de facto Schulschließungen entsprachen (Desvars-Larrive et al., 2020). In Japan wurden am 1. März 2020 alle Schulen geschlossen (Iwata et al., 2020).

In Europa war Italien das erste Land, in dem Schulschließungen angeordnet wurden. Dies geschah zuerst am 24. Februar 2020 in den vom Virus stark betroffenen nördlich gelegenen Regionen Lombardei, Venetien, Friaul-Julisch Venetien und Emilia Romagna, bis die Maßnahmen am 4. März 2020 auf ganz Italien ausgeweitet wurden (Briscese et al., 2020). Spanien folgte wenig später, hier blieben ab 9. März alle Schulen und Universitäten in Madrid geschlossen und bis 12. März 2020 folgte der Rest des Landes. (X. Chen & Qiu, 2020) Sowohl in Deutschland als auch in Frankreich fand ab 16. März 2020 kein Präsenzunterricht mehr statt (Domenico et al., 2020; Woessmann, 2020). Auch in Österreich blieben Schulen und Kindergärten ab diesem Tag geschlossen (Müller, 2020), wobei dies zuerst nur die Oberstufe betraf und am 18. März 2020 alle anderen Altersstufen folgten. Im Vereinigten Königreich wurde der Präsenzunterricht in Schulen ab 20. März 2020 eingestellt (X. Chen & Qiu, 2020).

In Skandinavien wurden Schulschließungen wie folgt gehandhabt: In Norwegen hingegen blieben ab 12. März 2020 alle Schulen geschlossen, in Dänemark ab 16. März 2020 und in Finnland ab 18. März 2020 (Desvars-Larrive et al., 2020). Wie in vielen Bereichen bei der Bewältigung der COVID-19-Pandemie wurde in Schweden auch bei den Schulschließungen ein anderer Weg gewählt als in den meisten anderen Ländern. So kam es am 13. März 2020 zu ersten Schließungen, die allerdings nur für Oberstufe und Universitäten gültig waren (Gardner et al., 2020). Zu einer Schließung aller Schulen kam es in Schweden nie.

Für die USA lässt sich kein genaues Datum der Schulschließungen festmachen, da diese nicht für das ganze Staatsgebiet angeordnet wurden. Dennoch entschieden sich ab 16. März 2020 einige Bundesstaaten und Schulbezirke, keinen Präsenzunterricht mehr durchzuführen (X. Chen & Qiu, 2020).

In einigen Ländern, z.B. in Frankreich, Spanien und den USA, wurden bei Verdachtsfällen oder regionalen Clustern einzelne Schulen schon vor den hier genannten Zeitpunkten großflächiger Schulschließungen geschlossen, um die Ausbreitung von SARS-CoV-2 lokal zu bekämpfen.

3.5.3 Nutzen der Maßnahme

Schulschließungen sind eine immer wieder eingesetzte Maßnahme zur Eindämmung von Viruserkrankungen wie Influenza, SARS und MERS. Dementsprechend wurden sie am

Höhepunkt der COVID-19-Pandemie auch zur Eindämmung von SARS-CoV-2 und zur Senkung der Sterberate bei älteren Personen eingesetzt.

Der Nutzen von Schulschließungen im Rahmen der COVID-19-Pandemie ist in der wissenschaftlichen Literatur sehr umstritten. Man muss dabei verschiedene Fallstricke in der Interpretation berücksichtigen:

- 1) Kinder sind häufig asymptomatisch, erscheinen also in epidemiologischen Studien häufig nicht auf, was den Eindruck entstehen lässt, sie würden nicht übertragen
- 2) Studien zur Viruslast leiden unter der oft geringen Fallzahl, da Kinder selten manifest erkranken und die Untersuchung unangenehm ist (Nasopharyngealabstrich), wodurch sie selten getestet werden, was sich erst in Zukunft bei Erfolg der Gurgeltests ändern könnte.
- 3) Die Viruslast alleine ist dabei kein taugliches Maß, auf das tatsächliche Übertragungsgeschehen zu schließen. So können die nachweisbaren Viren ihre Infektionsfähigkeit verloren haben. Insbesondere aber verhalten sich Kinder je nach Alter sehr verschieden. Kleinkinder haben engen (Sprech-) Kontakt oft nur mit den Eltern, im Infektionsfall erkranken sie nicht oder leicht, husten also weniger infektiöses Material aus. SchülerInnen nehmen am Unterricht oft (im Gegensatz zu einer Lehrkraft) nicht in sprechender Rolle Teil. Auch die Suszeptibilität der Kinder dürfte geringer als die der Erwachsenen sein, sodass soziale Kontakte untereinander nicht zur gleichen Zahl an Infektionsereignissen führen, wie unter Erwachsenen.
- 4) Umgekehrt haben Kinder und Jugendliche je nach Alter häufigeren und engen Kontakt untereinander.
- 5) Wissenschaftliche Studien, die Kinder einschließen, sind aufgrund ethischer Voraussetzungen schwieriger und daher seltener.
- 6) Schulschließungen koinzidieren meist mit anderen NPIs, es entsteht also ein Identifikationsproblem.
- 7) Ferienzeiten tun ihr Übriges, Zeitreihenanalysen zu erschweren (z.B. folgt die Schulschließung auf Ferien).

Die verfügbare Literatur wird im Folgenden entlang mehrerer Faktoren zusammengefasst.

1) Infektionsgefahr bei Kindern

Es besteht derzeit noch keine befriedigende wissenschaftliche Evidenz in Bezug auf die Infektionsgefahr mit SARS-CoV-2 bei Kindern. Walger et al., 2020 weisen in ihrer Stellungnahme vom Mai 2020 darauf hin, dass die Infektionsrate mit SARS-CoV-2 bei Kindern gering ist. In Deutschland beispielsweise lag der Anteil der positiv getesteten Kinder an allen getesteten Personen in der Altersgruppe <10 Jahre bei 1,9% und in der Altersgruppe 10-19 Jahren bei 4,3%. In Norwegen wurde der Anteil der positiv getesteten Kinder und Jugendlichen an allen getesteten Personen mit 4,0% beziffert. Die AutorInnen halten jedoch abschließend fest, dass die Höhe der tatsächlichen Infektionsrate bei Kinder und Jugendlichen nicht eindeutig beantwortet werden könne, weil die vorliegende Ergebnisse seroepidemiologischer Studien zum Zeitpunkt der Studie noch nicht ausreichend seien, um die wirkliche Infektionsprävalenz unter Kindern und Jugendlichen zu erfassen.

Munro & Faust, 2020 beschreiben in ihrem viewpoint vom Juli 2020, dass in Island und in Süd-Korea, beides Länder mit umfassenden Teststrategien für die Bevölkerung, Kinder eine unterdurchschnittliche Infektionsrate mit SARS-CoV-2 aufwiesen. Bei großangelegten Testungen in Island wurde kein einziges Kind in der Altersgruppe <10 Jahre positiv getestet. Aufgrund dieses Umstandes schlussfolgern die beiden Autoren, dass sich die Evidenz dahingehend verdichtet, dass Kinder mit deutlich geringerer Wahrscheinlichkeit infiziert werden als Erwachsene.

Ein sehr rezentes Review vom Oktober 2020 erschienen im Journal of Infectious Diseases, welches sowohl epidemiologische als auch seroepidemiologische Studien auf die Altersabhängigkeit ihrer Ergebnisse untersucht, zeichnet ein etwas differenzierteres Bild (Goldstein et al., 2020). Kinder unter 10 Jahren dürften weniger anfällig für Infektion sein. Dies gilt jedoch nicht für ältere Kinder und junge Erwachsene. Seroepidemiologische Studien unterstützen dieses Bild. Jüngere Kinder zeigen in vielen internationalen Studien geringere Seroprävalenz, während speziell junge Erwachsene eine hohe aufweisen.

Posfay-Barbe et al., 2020 stellen in ihrer im November 2020 erschienenen Untersuchung von 208 Kinder in Genf fest, dass die Seropositivität von 8,7% von SARS-CoV-2-Antikörpern bei Kindern bis 16 Jahre im Untersuchungszeitraum (1. bis 30. April 2020) jener von Erwachsenen gleicht. Diese Ergebnisse deuten lt. den AutorInnen darauf hin, dass die SARS-CoV-2-Infektionsquote bei Kindern ähnlich jener bei Erwachsenen ist.

2) Übertragungsrisiko durch Kinder

Ein weiterer in Zusammenhang mit Schulschließungen eingehend diskutierter Faktor ist das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 durch Kinder. Die wissenschaftliche Evidenz sieht Kinder nicht als die primären Überträger an, was folgende wissenschaftliche Studien verdeutlichen:

Ludvigsson, 2020 führen einen systematischen Literaturreview zur Übertragung von SARS-CoV-2 durch Kinder durch. Dieser wurde im Mai 2020 publiziert, basiert auf 47 eingeschlossenen Artikeln und kommt zu folgendem Ergebnis: Es ist unwahrscheinlich, dass Kinder die primären Überträger des Virus sind. Insofern erscheint es dem Autor unwahrscheinlich, dass die Wiedereröffnung von Schulen und Kindergärten die COVID-19-Sterberate bei älteren Personen beeinflusst. Der Autor weist ebenfalls darauf hin, dass umfassende wissenschaftliche Evidenz zum Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 innerhalb des Haushaltes existiert. Diese zeigt, dass Kinder deutlich weniger anfällig sind von einem infizierten Erwachsenen im Haushalt angesteckt zu werden als andere Erwachsene im Haushalt. Bislang seien in der Literatur noch keine Übertragungen von Kind zu Kind bzw. von Kind zu Erwachsenen in einem Haushalt beschrieben.

Festzuhalten bleibt bei diesem Review aber, dass zum Erstellungszeitpunkt nur wenig belastbare Literatur vorhanden war und sich die Erkenntnisse mittlerweile differenziert haben.

Heavey et al., 2020 kommen in ihrer rapid communication von Mai 2020 zur Erkenntnis, dass Kinder nicht die primären Überträger von SARS-CoV-2 sind. Ihre Erkenntnisse stützten sich auf Untersuchungen von Schulkindern in Irland. Als Limitation führen sie jedoch an, dass das Untersuchungssample klein war und alle Kinder über 10 Jahre alt waren.

Johansen et al., 2020 halten in ihrer rapid communication von Juni 2020 fest, dass Kinder wenig zur Verbreitung von COVID-19 beizutragen scheinen.

Munro & Faust, 2020 kommen in ihrem viewpoint zum Schluss, dass eine Übertragung zwischen Schulkindern in Schulen und von Schulkindern auf LehrerInnen sehr unwahrscheinlich ist. Dies Autoren leiten diese Aussage aus Studien von Frankreich, den Niederlanden und Australien ab.

Walger et al., 2020 halten in ihrem Statement fest, dass die wissenschaftliche Evidenz ein zunehmend schlüssiges Bild ergibt: Kinder spielen in der COVID-19-Pandemie keine herausragende Rolle in der Ausbreitungsdynamik, eine Infektionsübertragung auf Kinder innerhalb der Familie erfolgt in der Regel durch infizierte Erwachsene, Belege für eine Infektionsübertrag auf mehrere Erwachsene durch ein infiziertes Kind existieren derzeit nicht. Die AutorInnen stützen diese Erkenntnis auf Untersuchungen aus Deutschland,

Frankreich, Island, den Niederlanden, Norwegen, der Schweiz und dem Vereinigtes Königreich.

Goldstein et al 2020 kommen im Oktober 2020 in ihrem Review zu dem Schluss, dass auch hier eine ausgeprägte Altersabhängigkeit besteht. Ausbrüche in Schulen waren in Volksschulen selten, ab der Sekundarstufe häufiger. Sie empfehlen daher Maßnahmen wie Höchstzahlreduktion, Masken, physical distancing, um diese Ereignisse zu verringern.

Li et al., 2020 kommen in einer großen ökonomischen Untersuchung im Lancet Infectious Diseases von NPIs unter 131 Ländern zu dem Schluss, dass Schulöffnungen einen steigernden, Schulschließungen einen senkenden Effekt auf die Reproduktionszahl gezeigt hätten. Nur der steigernde Effekt war knapp signifikant (95% CI 1,00–1,52), jedoch mit durchschnittlich 24% nach 28 Tagen sehr stark. Schulschließungen reduzierten R um durchschnittlich 15% (95% CI 0,66–1,10, daher statistisch nicht signifikant auf dem 5% Niveau!).

Vorläufige Ergebnisse einer Studie zum Monitoring der Krankheitsprävalenz an österreichischen Schulen (BMBWF, 2020) zeigten keinen signifikanten Unterschied in der PCR-Prävalenz zwischen Kindern der Volksschule, unteren Sekundarstufe und LehrerInnen.

In einem Zwischenbericht von Grijalva et al., 2020 zu einer laufenden epidemiologischen Studie zu Haushaltsübertragung in den USA, der am 30. Oktober 2020 veröffentlicht wurde, zeigen sich bei allerdings noch kleinem sample (14 Haushalte mit Kindern unter 18) keine Unterschiede zwischen Kindern (auch unter 12) und Erwachsenen bei Übertragung auf Haushaltsmitglieder.

3) Viruskonzentration bei Kindern

Ein weiterer, ebenfalls im Kontext von Schulschließungen, umfassend erörterter Faktor, ist die Viruskonzentration bei Kindern. Diesbezüglich bestehen noch keine gesicherten Erkenntnisse in der wissenschaftlichen Forschung.

Ludvigsson, 2020 geht auf Basis seines systematischen Literaturreviews davon aus, dass Kinder eine geringe Viruskonzentration aufweisen dürften als Erwachsene. Das dürfte auch der Grund sein, warum Kinder das Virus weniger stark verbreiten als Erwachsene.

Han et al., 2020 berichten in ihrem research letter vom Juni 2020 über die Viruskonzentration bei Kindern in Seoul über eine höhere Konzentration des Virus bei Kindern mit einem symptomatischen Krankheitsverlauf als bei Kindern mit einem asymptomatischen Krankheitsverlauf.

Eine Studie des Teams von Virologen Christian Drosten, die bisher nur als preprint vorliegt (Jones et al., n.d.), wertet PCR-Ergebnisse nach Alter aus. Es zeigt sich, dass zwischen den Altersgruppen 0-9, 10-19 und 19+ mit verschiedenen statistischen Methoden kein signifikanter bzw. signifikanter aber geringer Unterschied (höher mit steigendem Alter) bei der Viruslast zu finden ist. Die AutorInnen argumentieren zudem, dass mit der Viruslast auch die Kontagiosität abgebildet werde, und empfehlen Vorsicht beim Wiederöffnen der Schulen. Eine klare Aussage sei schwierig, da Kinder, da sie ein kleineres Lungenvolumen haben und weniger krank werden (Husten!) zu geringerer Verbreitung neigen, aber umgekehrt mehr und mit größerer körperlicher Nähe mit anderen agierten.

4) Schwere des Krankheitsverlaufs von SARS-CoV-2 bei Kindern

Die Schwere des Krankheitsverlaufs von COVID-19 bei Kindern wird mitunter im Zusammenhang von Schulschließungen eingehend beleuchtet. Die Evidenzlage zu diesem Punkt ist eindeutig und zeigt einen deutlich milderen Krankheitsverlauf von COVID-19 bei Kindern als Erwachsenen, mit wenigen Ausnahmen. Das belegen u.a. die unten angeführten wissenschaftlichen Studien/Artikel:

Ludvigsson, 2020b kommt in seinem im März 2020 veröffentlichten und 45 Artikel umfassenden systematischen Literaturreviews zum Schluss, dass Kinder einen milderen Verlauf bei einer COVID-19-Erkrankung haben als Erwachsene.

Haas et al., 2020 weisen auf Basis der vorliegenden Studien in ihrer fachlichen Stellungnahme im epidemiologischen Bulletin darauf hin, dass die Erkrankung bei Kindern meist mit einer geringeren Symptomatik einhergeht. Das könnte auch ein Mitgrund sein, weswegen vergleichsweise wenig COVID-19-Erkrankung bei Kindern diagnostiziert wurden.

Walger et al., 2020 stellen fest, dass die aktuellen Daten auf einen geringeren Anteil symptomatischer Infektionen bei Kindern und Jugendlichen als bei Erwachsenen hindeuten. Kinder und Jugendliche zeigen mehrheitlich entweder keine oder nur milde Symptome und es kommt nur selten zu schweren Verläufen.

Zu ähnlichen Ergebnissen wie die oben genannten Studien/Artikeln kommen auch Viner et al., 2020.

3.5.4 Kosten der Maßnahme

Die Maßnahme der Schulschließungen zur Eindämmung der COVID-19-Pandemie wird in der Literatur eingehend erörtert. Einerseits erzielte sie nicht immer die erhoffte Wirkung, wie oben beschrieben, und andererseits geht sie mit (un-)mittelbarer individuellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Folgen einher. Diesen werden im Folgenden näher erörtert:

1) Bildungsdefizit

Eyles et al., 2020 diskutieren in einem ihrer background briefings vom Mai 2020 die Auswirkungen von Schulschließungen auf das Bildungsniveau. Erfahrungen aus früheren temporären Schulschließungen deuten darauf hin, dass Schulschließungen und kürzere Unterrichtszeiten sowohl kurz- als auch langfristig den Bildungserfolg beeinträchtigen. Die sich daraus ergebenden Bildungsdefizite können jedoch durch zusätzliche Unterrichtsstunden bei Wiedereröffnung der Schulen ausgeglichen werden. Da die Schulen in den meisten Ländern über einen längeren Zeitraum geschlossen waren, können die zusätzlichen Unterrichtsstunden nicht innerhalb des laufenden Schuljahres nachgeholt werden, sondern teilweise auch erst im nächsten Schuljahr. Die Autoren halten zudem fest, dass Kinder aus sozial benachteiligten Verhältnissen stärker von den Schulschließungen und dem daraus resultierendem Bildungsdefizit betroffen sind, weil sie oftmals einerseits nicht auf Familienmitglieder zur Lernunterstützung zurückgreifen können und andererseits aufgrund fehlender Ausstattung (z.B. Internetanschluss, Computer) keinen Zugang zum „Online-Lernen“ haben.

Bayrakdar & Guveli, 2020 untersuchen Ungleichheiten beim Homeschooling während des Lockdowns im Vereinigten Königreich und stellten dabei fest, dass sich Kinder von Eltern mit niedrigem Bildungsgrad, Kinder von AlleinerzieherInnen und Kinder mit pakistanischer und bangladeschischer Herkunft signifikant weniger Zeit für schulische Aktivitäten im Lockdown nahmen. Das resultierte in einem höheren Bildungsdefizit unter diesen Kindern. Die AutorInnen stellen zudem fest, dass die Zeit, die sich Kinder für schulische Aktivitäten nahmen, durch ein aktives Miteinbeziehen der LehrerInnen ins Homeschooling und ein aktives Überprüfen der Hausaufgaben durch die LehrerInnen signifikant erhöhte.

Engzell et al., 2020 analysieren die Auswirkungen der Volksschulschließungen aufgrund des achtwöchigen Lockdowns zur COVID-19-Pandemiebekämpfung im Frühjahr 2020 in den Niederlanden. Die AutorInnen kommen zu dem Ergebnis, dass die Kinder während des Lockdowns trotz distance learning keinen oder nur einen sehr geringen Bildungsfortschritt verzeichnen konnten. Sie beziffern das Bildungsdefizit mit rund 20%

im Vergleich zu einem normalen Schuljahr. Die Bildungsverluste sind bis zu 55% größer bei Kindern von Eltern mit niedrigem Bildungsgrad. Laut den AutorInnen stellen die Niederlande in diesem Kontext ein Best-Case-Szenario dar, weil der Lockdown und damit die Schulschließungen relativ kurz ausfiel und die Niederlande und die NiederländerInnen hohes Maß an technologischer Bereitschaft aufweisen. Aufgrund dessen schließen die AutorInnen auf deutlich ausgeprägtere Bildungsdefizite in anderen Ländern.

2) Einkommensdefizit

Eine langfristige Folge von Schulschließungen, die Hand in Hand mit dem Bildungsdefizit geht, ist ein dauerhaft verringertes Erwerbseinkommen der betroffenen SchülerInnen.

Woessmann, 2020 untersucht die Auswirkungen der Schulschließungen auf der zukünftige Erwerbseinkommen der betroffenen SchülerInnen für Deutschland. Lt. dem Autor zeigt die bildungsökonomische Forschung, dass jedes Schuljahr an zusätzlichem Lernen das Erwerbseinkommen durchschnittlich um rund 10% erhöht. Dementsprechend würde beispielsweise ein Unterrichtsausfall, der einem Drittel eines Schuljahres an verlorenem Lernen entspricht¹, das spätere Erwerbseinkommen der betroffenen SchülerInnen um rund 3-4% verringern.

3) Körperliche Probleme

Eine Begleiterscheinung von Schulschließungen können körperliche Probleme bei Kindern und Jugendlichen sein, die sowohl kurz- als auch langfristige Auswirkungen haben können.

Übergewicht und Adipositas sind ein körperliches Problem, das sich durch Schulschließungen verstärkt manifestieren könnte. Rundle et al., 2020 rechnen mit einer verstärkten Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in den USA. Sie stützen ihre Aussage auf frühere Untersuchungen die zeigen, dass Kinder und Jugendliche nicht während des Schuljahres, sondern vor allem während der Sommerferien unverhältnismäßig stark zunehmen und sie sehen die sich durch die Schulschließungen ergebende schulfreie Zeit kann als Äquivalenz zu den Sommerferien an. Als Ursachen für die Gewichtszunahme nennen die AutorInnen mangelnde Bewegungsmöglichkeiten, speziell im urbanen Raum in kleinen Wohnungen, durch die Schulschließungen und den Lockdown, vermehrte sitzende Aktivitäten und steigende Bildschirmzeiten. Zu weiteren Ursachen der Gewichtszunahme zählt auch der Entfall des

¹ Die Dauer der Lockdown-bedingten Schulschließungen im Frühjahr 2020 in Deutschland entsprach ca. einem Drittel eines Schuljahres

„gesunden“ Mittagessens in der Schule. Workman, 2020 schließt sich den Erkenntnissen von Rundle et al., 2020 an.

An, 2020 berechnet die Auswirkungen der Schulschließungen und des Lockdowns auf die Fettleibigkeit der Kinder. In Abhängigkeit des unterstellten Modells ist mit einem Anstieg der Adipositasprävalenz um 0,64, 0,97, 1,68 bzw. 2,74 Prozentpunkte zu rechnen. Der Autor sieht die Notwendigkeit von Public-Health-Maßnahmen, die einen gesunden Lebensstil und die körperlichen Aktivitäten von Kindern propergieren, um die negativen Auswirkungen der Gewichtszunahme zu mildern.

Verlust der kardiorespiratorischen Fitness ist ein weiteres körperliches Problem, das mit Schulschließungen einhergehen könnte. Wang et al., 2020 halten fest, dass COVID-19-bedingte Schulschließungen zum Abbau der kardiorespiratorischen Fitness bei Kindern und Jugendlichen führen. Sie führen das u.a. auf folgende Gründe zurück: weniger Bewegung, längere Bildschirmzeiten, unregelmäßigen Schlafrythmus, ungesunde Ernährung.

4) Psychische Probleme

Eine weitere Begleiterscheinung von Schulschließungen können die dadurch hervorgerufenen psychischen Probleme sowohl bei Kindern und Jugendlichen als auch bei den betreuenden Eltern sein. Diese Begleiterscheinung ist in der bisher erschienen wissenschaftlichen Literatur zu COVID-19 umfassend beschrieben.

Psychische Probleme bei Kindern und Jugendliche

Bahn, 2020 halten in ihrem Literaturreview fest, dass Viruserkrankungen wie COVID-19 bei Kindern und Jugendlichen Angst und Furcht verursachen könne, z.B. weil sie aufgrund der ergriffenen Maßnahmen gegen die Pandemie zu Hause bleiben müssen oder nicht mit anderen Kindern/Jugendlichen spielen dürfen. Der Autor schlussfolgert, dass die Auswirkungen der Schulschließungen im Rahmen der COVID-19-Pandemie auf die Psyche der Kinder und Jugendlichen noch zureichend untersucht ist.

Caffo et al., 2020 weisen in ihrer debate darauf hin, dass Schulschließungen das Alltagsleben von Millionen Kindern und Jugendlichen beeinträchtigt haben. Die AutorInnen berichten von ersten Hinweisen, dass der Lockdown (ein Maßnahme davon sind Schulschließungen) und die damit einhergehende soziale Isolation das psychische Wohlbefinden von Kindern und Jugendlichen negativ beeinflusst hat. Besonders sind davon Kinder und Jugendliche betroffen, bei denen sich schon vor der COVID-19-Pandemie psychische Probleme manifestiert hatten. Insofern sollte bei allen gegen die Pandemie ergriffenen Maßnahmen ein besonderes Augenmerk auf die Auswirkung

hinsichtlich des psychischen und sozialen Wohlbefindens von Kindern und Jugendlichen gelegt werden.

Fegert et al., 2020 kommen in ihrem narrativen Review zu ähnlichen Schlüssen wie Caffo et al., 2020. Die AutorInnen sehen durch die mit der COVID-19-Pandemie verbundenen Einschränkungen wie Schulschließungen negative Auswirkungen auf die psychische Gesundheit von Kindern und Jugendlichen. Aufgrund dieses Umstandes muss die Kontinuität in der kinder- und jugendpsychiatrischen Versorgung während allen Phasen der Pandemie gewährleistet sein. Außerdem weisen die AutorInnen darauf hin, dass eingehende Kosten-Nutzen-Analysen von Maßnahmen wie Schulschließungen mit besonderem Fokus auf die psychische Gesundheit dringend notwendig sind, um in den nächsten Phasen der Pandemie verstärkt auf evidenzbasierte Maßnahmen setzen zu können.

Zu ähnlichen Ergebnissen der Auswirkungen von Schulschließungen auf die psychische Gesundheit von Kindern und Jugendlichen kommen u.a. auch Araújo et al., 2020; Fontanesi et al., 2020; Ghosh et al., 2020; Lee, 2020; Poletti & Raballo, 2020; Xie et al., 2020.

Psychische Probleme bei den betreuenden Eltern

Fontanesi et al., 2020 beschreiben die Auswirkungen des Lockdowns und damit auch die Auswirkungen von Schulschließungen auf die Eltern von betreuungspflichtigen Kindern und Jugendlichen. Die AutorInnen zeigen auf, dass sich Schulschließungen auch negativ auf das psychische Wohlbefinden der Eltern auswirken. Dieser Umstand wird u.a. durch folgende Punkte hervorgerufen: Sorge hinsichtlich der wirtschaftlichen Situation und der physischen Gesundheit der Familie, Sorge in Bezug auf die Auswirkungen der sozialen Isolation der Kinder, Belastung durch die Durchführung von Homeschooling, Zweifel an der Fähigkeit ihre Kinder auf eine altersgerechte Art und Weise über die COVID-19 zu informieren, Zweifel an der Regierung unterstützende Maßnahme bereitzustellen, um den Spagat von Kinderbetreuung und Homeoffice zu bewältigen zu können.

Griffith, 2020 beschreibt in ihrem Review das Phänomen des elterlichen Burnouts¹, das während des Lockdowns verstärkt aufgetreten ist, u.a. hervorgerufen durch einen vermehrten Bedarf an Kinderbetreuung aufgrund der geschlossenen Schulen.

¹ Elterliches Burnout ist eine chronische Erkrankung, die auf ein hohes Maß an elterlichem Stress zurückzuführen ist, weil die Anforderungen an die Eltern nicht mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen von den Eltern übereinstimmen, um die Anforderungen erfüllen zu können.

1) Soziale Probleme

Eine ebenfalls in der Literatur erörterte Begleiterscheinung von Schulschließungen ist die daraus resultierende Vergrößerung bestehender sozialer Ungleichheiten.

Van Lancker & Parolin, 2020 zeigen auf, dass sich durch Schulschließungen die Kluft zwischen einkommensschwachen und einkommensstarken Familien noch weiter vergrößert. Für Kinder aus einkommensschwachen Familien manifestiert sich dieser Umstand wie folgt:

- Steigende Ernährungsunsicherheit durch Wegfall des Mittagessens in der Schule. *Anmerkung:* In Europa können sich 5,5% der Haushalte mit Kindern sich jeden zweiten Tag keine warme Mahlzeit leisten.
- Unmöglichkeit zur Teilnahme am Online-Unterricht durch fehlende Ausstattung (Arbeitsplatz, Internetzugang, etc.). *Anmerkung:* In Europa haben 5,0% der Kinder keinen adäquaten Arbeitsplatz zur Erledigung ihrer Hausaufgaben und 6,9% der Kinder keinen Zugang zum Internet.

2) Effekte für den Arbeitsmarkt

Die Effekte für den Arbeitsmarkt aufgrund der Schulschließungen dürfen ebenfalls nicht unberücksichtigt bleiben. Diese resultieren aus der Absenz der Eltern vom Arbeitsplatz aufgrund bestehender Betreuungspflicht ihrer Kinder.

Bayham & Fenichel, 2020 berechnen die Auswirkungen der Schulschließungen auf die Anzahl der verfügbaren Beschäftigten im Gesundheitswesen und die COVID-19-Mortalität in den USA. Die Autoren ermittelten, dass 28,8% der Beschäftigten über Kinderbetreuungspflichten verfügen und sich dieser Prozent auf 15,0% der Beschäftigten verringert, wenn nicht-erwerbstätige Verwandte/Bekannte/Freunde oder Geschwisterkinder ab 13 Jahren diese Betreuungspflichten übernehmen. Im Konkreten bedeutet das, dass dem Gesundheitswesen aufgrund der Schulschließungen 15% weniger Beschäftigte zur Verfügung stehen. Die Autoren zeigen anhand ihres Modells außerdem auf, dass wenn die COVID-19-Mortalität von 2,00% auf 2,35% steigt und gleichzeitig 15% weniger Beschäftigte im Gesundheitswesen verfügbar sind, Schulschließungen zu mehr COVID-19 Todesfällen führen als sie verhindern. Die Modellrechnung beruht auf der Annahme, dass Schulschließungen die COVID-19-Fälle um 15% verringern. Insofern schlussfolgern die Autoren, dass sämtliche gegen die Ausbreitung von SARS-CoV-2 ergriffenen Maßnahmen immer mit ein Trad-off verbunden sind, den es zu berücksichtigen gilt. Im Falle von Schulschließungen ist die potentielle

Prävention der Ansteckungen den potentiellen Verlust von Beschäftigten (im Gesundheitswesen) gegenüberzustellen und sorgfältig abzuwägen.

Das WIFO zitiert in diesem Kontext in reseach briefs 18/2020 (vgl. Bock-Schappelwein & Famira-Mühlberger, 2020) eine Studie von Fuchs-Schündeln et al., 2020 aus Deutschland. In dieser Studie stellen die AutorInnen auf Basis von EU-LFS und EU-SILC Daten für Deutschland dar, dass die negativen Effekte auf das Arbeitsangebot von Eltern durch Schul- und Kindergartenschließungen groß sind und die Arbeitsangebotseffekte durch Arbeitslosigkeit um das Doppelte übersteigt.

3) Effekte für die Gesellschaft

Die (langfristigen) Effekte für die Gesellschaft sind ein weiterer nicht zu vernachlässigender Faktor von Schulschließungen.

Das IHS schätzt in einem policy brief 20/2020 (vgl. Kocher & Steiner, 2020) die Kosten aus dem Produktivitätsverlust durch Schulschließungen, der von den Betreuungsverpflichtungen berufstätiger Eltern hervorgerufen wird, auf rund 0,25% des BIP pro Schul-Lockdown-Monat für Österreich.

Die Agenda Austria beziffert auf ihrer Webpage¹ den Produktivitätsverlust der Schulschließungen in Österreich mit knapp 2% des BIP.

Hanushek & Woessmann, 2020 von der OECD zeigen auf, dass die Schulschließungen vom Frühjahr 2020 in den OECD-Ländern zu einem um durchschnittlich 1,5% niedrigeren jährlichen BIP bis zum Ende des Jahrhunderts führen.

3.5.5 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

Der Nutzen von Schulschließungen zur Eindämmung von SARS-CoV-2 wird in der Literatur eingehend diskutiert. In Abwägung vor allem der rezenten Literatur dürfte für Schulen derzeit folgendes gelten (siehe Kapitel 3.5.3):

- Kinder bzw. Schulen sind nicht die Haupttreiber der Pandemie, aber ebenso am Geschehen beteiligt wie andere Orte der Zusammenkunft

¹ <https://www.agenda-austria.at/grafiken/verlorene-wertschoepfung/>

- Der geringere Manifestationsindex bei Kindern und Jugendlichen darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass von ihnen Infektionsgeschehen in ähnlichem Maße ausgeht wie bei anderen Zusammenkünften.

Dem relativen Nutzen von Schulschließungen stehen jedoch nicht unerhebliche Kosten gegenüber. Schulschließungen können zu einem Bildungsdefizit, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen aus sozial benachteiligten Verhältnissen, führen, physischen und psychischen Problemen verursachen, soziale Ungleichheiten in der Gesellschaft vergrößern und den Arbeitsmarkt belasten (siehe Kapitel 3.5.4).

Es stehen somit plausiblen Effekten auf das Infektionsgeschehen erhebliche Kosten für Individuen und Volkswirtschaft gegenüber.

Allerdings wurden für die Wiederöffnung und den Fortbetrieb der Schulen nach dem Lockdown in der Literatur (vgl. z.B. Fantini et al., 2020; Hyde, 2020; Johansen et al., 2020) eine Reihe von Maßnahmen diskutiert und vorgeschlagen. Hierzu zählen u.a.:

- Hygienemaßnahmen
 - Schulung der SchülerInnen im „richtigen Händewaschen“ und im „richtigen Niesen/Husten“
 - Anbringung von Plakaten mit Informationen über „richtiges Händewaschen“ und „richtiges Niesen/Husten“
 - Bereitstellung von ausreichend Seife und/oder Desinfektionsmittel (auf Alkoholbasis) auf allen Toiletten im Schulgebäude
 - Bereitstellung von ausreichend Desinfektionsmittel während Schulausflügen
 - LehrerInnen und SchülerInnen sollen MNS-Masken tragen
 - LehrerInnen und SchülerInnen sollen sich häufig die Hände waschen
 - Plexiglas um die Schreibtische soll als physische Barriere verwendet werden
 - Oberflächen von gemeinsam genutzten Geräten sollen regelmäßig desinfiziert werden
 - Klassenzimmer sollen regelmäßig gelüftet werden
 - Innenluft soll gefiltert werden, z.B. mittels mobiler Luftreiniger
- Physical distancing Maßnahmen
 - Reorganisation der Klassen in kleinere Gruppen/Kohorten
 - Separaten Tisch für jene/n SchülerIn mit mindestens 1 Meter Abstand

- Anbringung von Bodenmarkierungen um zu gewährleisten, dass in stark frequentierten Bereichen des Schulgebäudes der Sicherheitsabstand von 1 Meter eingehalten wird
 - Einhaltung des Sicherheitsabstandes von 1 Meter während der Pausen und des Mittagessens
 - Vermeidung bzw. Verringerung von Gedränge bei Ein- und Ausgängen des Schulgebäudes, auf Toiletten und in Turnsaalgarderoben sowie bei der Ausgabe des Mittagessens
 - Vermeidung von großen Ansammlungen von SchülerInnen
 - Planung unterschiedlicher Pausenzeiten um Ansammlungen von SchülerInnen in den Gängen und den Freiflächen so gut wie möglich zu vermeiden
 - Einteilung der Freiflächen des Schulgebäudes in unterschiedliche Zonen/Bereiche, damit sich SchülerInnen unterschiedler Kassen bzw. Gruppen/Kohorten so wenig wie möglich durchmischen
 - Planung unterschiedlicher „verstreuter“ Zonen/Bereiche im und um das Schulgebäude, an denen sich SchülerInnen vor Unterrichtsbeginn treffen können, um Ansammlungen in den Gängen und den Freiflächen so gut wie möglich zu vermeiden
 - Vermeidung öffentlicher Verkehrsmittel bei Schulausflügen
 - Unterricht soll so oft wie möglich im Freien stattfinden
 - Turnunterricht soll so oft wie möglich im Freien stattfinden
 - Unterrichtsbeginn und Unterrichtsende soll gestaffelt werden, um Gedränge bei Ein- und Ausgängen des Schulgebäudes zu vermeiden
 - Unterrichtsbeginn soll nach hinten verlegt werden, damit SchülerInnen, die öffentliche Verkehrsmittel nutzen, die rush hour vermeiden können
- Schulung des Personals (Lehrkörper, Schulwarte) hinsichtlich Infektionskontrolle
 - Information der Eltern bzw. Erziehungsberechtigten in Bezug auf die neuen Routinen im schulischen Alltag

Die zur Wiederöffnung und zum Fortbetrieb der Schulen vorgesehenen Maßnahmen erscheinen zum Zweck der Eindämmung der COVID-19-Pandemie sinnvoll, sind aber im schulischen Alltag aufgrund folgender Gegebenheiten oftmals, wie in ExpertInnengesprächen erörtert wurde, nicht umsetzbar:

- Bauliche Gegebenheiten von insbesondere älteren Schulgebäuden:

- (Sehr) kleine Klassenräume ermöglichen oftmals nicht 1 Meter Sicherheitsabstand zwischen den einzelnen Tischen, selbst wenn die Klassen in kleinere Gruppen/Kohorten unterteilt werden
- Enge Gänge und kleine Aufenthaltsflächen erschweren die Einhaltung des Sicherheitsabstandes von 1 Meter und die Vermeidung von SchülerInnen-Ansammlungen
- Ausstattung von Schulgebäuden:
 - Tische und manchmal auch Sessel sind fix im Boden verankert, sodass sie nicht mit einem Sicherheitsabstand von 1 Meter platziert werden können
 - Unzureichende Anzahl Waschbecken, sodass sich sämtliche SchülerInnen in regelmäßigen Abständen mit ausreichender Dauer die Hände waschen können
- Physical distancing

Die Einhaltung der physical distancing Maßnahmen ist bei SchülerInnen oftmals nur (sehr) schwer durchzusetzen.

Zusammenfassend stellt die Öffnung von Schulen in der Pandemie ein kalkuliertes Risiko dar, um Lebenschancen und Wirtschaft nicht zu gefährden. Es bestehen bedeutende Altersunterschiede sowohl auf Kosten- als auch Nutzenseite. Um das Pandemiegeschehen einzudämmen sollte der Schließung der Sekundarstufe, ggf. auch nur der Schule für über 14-Jährige (nicht mehr zu betreuende) Kinder der Vorzug unter Aufnahme von distance learning gegeben werden. Jede Schulöffnung sollte durch die genannten Maßnahmen begleitet werden und Lehrkräfte mit Risikofaktoren berücksichtigen.

3.6 Immunitätsausweis (immunity passport)

Eine weitere in diesem Kontext von (politischen) EntscheidungsträgerInnen diskutierte Maßnahme ist die Einführung/Ausstellung von Immunitätsausweisen. Alle Personen die mit SARS-CoV-2 infiziert oder an COVID-19 erkrankt waren und somit immun sind, sollen einen solchen Ausweis erhalten. Auf Basis eines solchen Ausweises können Personen von den gegen COVID-19 ergriffenen Schutzmaßnahmen ausgenommen werden und somit schneller sowohl ins Gesellschafts- als auch ins Berufsleben „zurückkehren“.

3.6.1 Hintergrund

Die Idee von Immunitätsausweises geht ins 19. Jahrhundert zurück, als der Süden der USA mit einer Gelbfieber-Epidemie ausgesetzt war. Bei Gelbfieber handelt es sich um eine durch Stechmücken übertragbare Viruserkrankung. Personen mit überstandener Gelbfiebererkrankung galten als „akklimatisiert“ und hatten im Gesellschafts- als auch ins Berufsleben deutlich mehr Chancen. Immunen Personen wurde im Berufsleben der Vorzug gegeben. Aufgrund dessen setzten sich Personen, die unbedingt Arbeit benötigen, einer bewussten Selbstinfektion mit Gelbfieber aus, indem sie in engen Wohnungen eng zusammenwohnten oder in ein Bett sprangen, in dem gerade jemand an Gelbfieber gestorben war. Zudem wurde anhand der Immunität gegen Gelbfieber mitunter entschieden in welchen Viertel man wohnen durfte, wie viel man verdiente, ob man einen Kredit bekam und wen man heiraten durfte.

Im Zuge der COVID-19-Pandemie wurde von einer Reihe politischer EntscheidungsträgerInnen die die Einführung von Immunitätsausweisen in Deutschland, Italien, dem Vereinigen Königreich und den USA gefordert. Die damit einhergehende (politische) Diskussion war sehr kontrovers. Nicht zuletzt deswegen, weil des durch die Einführung von Immunitätsausweisen zu einer Teilung der Gesellschaft in freiheitsbeschränkte und nicht-freiheitsbeschränkte Personen kommen würde.

3.6.2 Beispiele aus ausgewählten Ländern

Mit Stand Ende Juli 2020 hatte, zumindest nach unserem Wissensstand, kein Land einen SARS-CoV-2 Immunitätsausweis implementiert.

3.6.3 Nutzen der Maßnahme

Immunitätsausweise sind eine anerkannte Maßnahme zur Eindämmung von Viruserkrankungen und können dementsprechend auch zur Eindämmung von SARS-CoV-2 beitragen. Sie dämmen die Ausbreitung des Virus insofern ein, als dass z.B. der Zugang zu Veranstaltungen im Kunst-, Kultur-, Sport- und Eventbereich oder der Zugang zum Arbeitsplatz an das Vorhandensein eines Immunitätsausweises gebunden ist. Damit wird quasi eine virusfreie Umgebung geschaffen.

Für eine effektive und nutzenbringende Implementierung von SARS-CoV-2 Immunitätsausweisen bedarf es einer Reihe an Voraussetzungen. Hierzu zählen unter anderem:

- Dauerhafte Immunität gegen SARS-CoV-2 nach einer überstandenen COVID-19 Erkrankung.
- Zuverlässige SARS-CoV-2 Antikörpertests zur Bestimmung des Immunstatus
- (Internationale) Mindeststandards für SARS-CoV-2 Antikörpertests

Bei Einsatz einer Impfung stellt sich die Frage, ob Personen, die geimpft sind, einen ausreichend langen Impfschutz erhalten und ob die Impfung nur sie selbst schützt oder auch eine Weitergabe unterbindet (Krammer, 2020). Daher sollte der Nutzen re-evaluiert werden, wenn die Eckpunkte der Immunität auf Basis einer Impfung bekannt sind.

3.6.4 Kosten der Maßnahme

Die Einführung/Ausstellung solcher Immunitätsausweise wird in der Literatur sehr kontrovers diskutiert. Der Fokus der Diskussion liegt dabei auf ethischen und weniger auf wirtschaftspolitischen Gesichtspunkten.

Die WHO spricht sich in einem scientific brief vom 24. April 2020 klar gegen die Einführung von Immunitätsausweisen aus und begründet es mit der fehlenden Evidenz, ob das Vorhandensein von Antikörper gegen SARS-CoV-2 den Personen Immunität gegen eine zweite Infektion mit diesem Virus verleiht. Personen, die davon ausgehen, dass sie gegen eine zweite Infektion immun sind, weil sie ein positives Testergebnis und infolgedessen einen Immunitätsausweis erhalten haben, würden folglich Ratschläge zur öffentlichen Gesundheit ignorieren. Damit kann die Einführung/Ausstellung von Immunitätsausweisen das Risiko einer fortgesetzten Übertragung erhöhen. (World Health Organization, 2020a)

Phelan, 2020 beleuchtet mitunter in einem Kommentar im *The Lancet* vom 23. Mai 2020 die Herausforderungen bei der Implementierung von Immunitätsausweisen. Die Autorin

nennt als eine zwingende Voraussetzung für eine effektive Einführung von Immunitätsausweisen zuverlässige SARS-CoV-2 Antikörpertests und gesicherte wissenschaftliche Evidenz über eine vorhandene bzw. nicht-vorhandene Immunität nach einer überstandenen COVID-19 Erkrankung.

Die Autorin weist ebenfalls darauf hin, dass Immunitätsausweise dem Zweck dienen festzulegen, wer am Gesellschafts- als auch ins Berufsleben teilnehmen darf, was SARS-CoV-2 immune Personen sind. Das kann bei Einzelpersonen zu falschen Anreizen in Form von bewussten Selbstinfektionen mit SARS-CoV-2 führen. Damit gefährden solche Personen nicht nur ihre eigene, sondern auch die Gesundheit jener Personen mit denen sie in Kontakt waren/sind und tragen zudem zu einer unnötigen Belastung des Gesundheitssystems bei. Die Autorin betont zudem, dass der Zugang zu Immunitätsausweisen (Priorisierung des Zugangs zu notwendigen Antikörpertests, Komplexität des Antragsverfahrens) so ausgestaltet sein soll, dass sich bestehende Ungleichheiten in Bezug auf Geschlecht, Rasse, ethnische Zugehörigkeit und Nationalität weder widerspiegeln noch verstärken.

Die Autorin kommt zum Schluss, dass die derzeit etablierten Praktiken testen, tracen und isolieren zur Eindämmung der Pandemie, bis ein Impfstoff verfügbar ist, am vielversprechendsten sind.

Kofler & Baylis, 2020 erläutern in einem Kommentar im *Nature* vom 28. Mai 2020, warum die Einführung/Ausstellung von Immunitätsausweisen problematisch erscheint und führen in diesem Zusammenhang zehn Punkte an:

1) COVID-19 Immunität ist ungeklärt

Der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnis zufolge, verfügen alle von COVID-19 genesenen Personen über Antikörper gegen SARS-CoV-2. Jedoch ist es von wissenschaftlicher Seite noch unklar, ob jede Person genügend Antikörper produziert um immun zu sein und wie lange die Personen von einer Wiederinfektion geschützt sind.

2) Serologische Tests sind unzuverlässig

Tests zur Messung von SARS-CoV-2 Antikörper im Blut stellen ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der Prävalenz und Verbreitung des Virus dar. Die derzeit verfügbaren Tests variieren jedoch stark hinsichtlich Qualität und Zuverlässigkeit. Das hat u.a. die WHO dazu bewogen, vor SARS-CoV-2 Antikörpertest zur Bestimmung des Immunstatus zu warnen.

3) Erforderliche Anzahl an durchzuführenden Tests ist nicht handhabbar

Die Einführung nationaler Immunitätszertifizierungsprogramme, wie z.B. die landesweite Ausstellung von Immunitätsausweisen, würde die Durchführung von

(hundertten) Millionen SARS-CoV-2 Antikörpertests pro Land erfordern, was derzeit nicht machbar erscheint. Selbst bei der Einschränkung, Immunitätsausweisen z.B. nur an das Gesundheitspersonal auszugeben, wäre die Anzahl an durchzuführenden SARS-CoV-2 Antikörpertests nicht handhabbar.

4) Zu wenig immune Personen vorhanden, um die Wirtschaft anzukurbeln

Im April 2020 ging die WHO davon aus, dass rund 2 bis 3% der Weltbevölkerung aufgrund einer überstandenen COVID-19-Erkrankung über Antikörper gegen SARS-CoV-2 verfügt. Diese niedrige Krankheitsprävalenz in Kombination mit den begrenzten Testkapazitäten und der mangelnde Qualität und Zuverlässigkeit der verfügbaren SARS-CoV-2 Antikörpertests würde dazu führen, dass nur ein sehr geringer Anteil der Bevölkerung einen Immunitätsausweis erhält und damit von den gegen COVID-19 ergriffenen Schutzmaßnahmen ausgenommen wären.

Ein derart geringer Anteil in der Bevölkerung, die aufgrund eines Immunitätsausweises ungehindert, den gegen COVID-19 ergriffenen Schutzmaßnahmen, dem Gesellschafts- und Erwerbsleben nachgehen können, ist zu klein, um die Wirtschaft nachhaltig zu „beleben“.

5) Überwachung untergräbt die Privatsphäre der Bevölkerung

Ein zentraler Punkt bzw. der Grundgedanke von Immunitätsausweisen ist die Bewegung der Personen zu kontrollieren. Prinzipiell sind zwei Arten von Immunitätsausweisen denkbar:

a) Papierdokumente: diese Art von Immunitätsausweisen ist relativ anfällig für Fälschungen

b) Elektronische Dokumente als Smartphone-App: diese Art von Immunitätsausweise ist fälschungssicherer und deutlich effektiver beim Contact Tracing und der Aktualisierung des Immunstatus, greift jedoch sehr in Privatsphäre der betroffenen Personen ein.

In China z.B. werden mittels QR-Codes auf Smartphones die Zutritte zu öffentlichen Plätzen auf Basis des individuellen COVID-19-Gesundheitszustands der Person gesteuert. Jedoch meldet diese Smartphone-App deutlich mehr Daten als den aktuellen COVID-19-Gesundheitszustand. Hierzu zählen: Andere Daten zum Gesundheitszustand, wie z.B. Zeitpunkt der letzten Erkältung, aber auch den jeweils aktuellen Standort der Person, die Reisen der Person, die Kontakte der Person. Auch das Vereinigte Königreich und die USA überlegen den Einsatz derartiger Smartphone-Apps.

Grundsätzlich wird der Einsatz derartiger Smartphone-App, sei es in Form eines Immunitätsausweises, oder als Zugangskontrolle zu vordefinierten Bereichen als

problematisch gesehen. Einerseits, weil sie sehr in die Privatsphäre der jeweiligen Personen eindringen und andererseits die Befürchtung besteht, dass sie auch nach Ende der COVID-19-Pandemie Gegenstand des Alltagslebens bleiben werden.

- 6) Minderheiten in der Bevölkerung werden einer genaueren Prüfung unterzogen
Mit einer steigenden „Überwachung“ der Bevölkerung, z.B. anhand der oben genannten Smartphone-Apps, steigt auch das Risiko des profilings von ethnischen, religiösen und anderen Minderheiten.

In China z.B. kann und konnte während der Pandemie ein ethnisches profiling festgesellt werden, indem sich alle AfrikanerInnen einem SARS-CoV-2-Test unterziehen mussten. In anderen Teilen der Welt sahen sich AsiatInnen mit rassistischen Vorwürfen konfrontiert.

- 7) Ungleicher Zugang zu Antikörpertest innerhalb der Bevölkerung
Die Ausstellung eines Immunitätsausweises bedingt einen vorgelagerten SARS-CoV-2-Antikörpertest. Die begrenzte Anzahl an verfügbaren Test kann dazu führen, dass Personen mit einem höheren sozioökonomischen Status eher einen Antikörpertest und infolge einen Immunitätsausweis erhalten als Personen mit niedrigem sozioökonomischem Status. Nicht zuletzt deswegen, weil sie den Antikörpertest privat bezahlen können.

- 8) Teilung der Bevölkerung in SARS-CoV-2 immune und nicht-immune Personen
Die Ausstellung von Immunitätsausweisen führt zu einer Teilung der Gesellschaft in SARS-CoV-2 immune und nicht-immune Personen. Eine solche Teilung erscheint insbesondere problematisch, weil sich die Personen ihren Immunstatus, nicht zuletzt aufgrund einer fehlenden Impfung gegen in SARS-CoV-2 nicht „aussuchen“ können.

Den Zugang zu Arbeit, zum Gesundheitswesen, zu Konzerte, zu Museen, zu Gottesdiensten und zu Restaurants auf SARS-CoV-2 immune Personen einzuschränken, führt zu einer Ungleichbehandlung innerhalb der Bevölkerung und zu einer Vergrößerung der bereits bestehenden sozialen und finanziellen Ungleichheiten.

- 9) Neue Form der Diskriminierung
Einmal implementierte Immunitätsausweise können leicht um weitere Gesundheitsdaten, wie z.B. psychischen Gesundheitszustand, genetische Testergebnisse erweitert werden und in weiterer Folge als „biologische“ Ausweise fungieren. Diese würden ein weiteres Risiko zur Diskriminierung bergen, wenn z.B. Arbeitgeber, Versicherungsunternehmen, Banken Zugriff auf diese Gesundheitsdaten gewährt wird.

10) Gefahr für die öffentliche Gesundheit

Die Ausstellung von Immunitätsausweisen kann umgekehrte/fasche Anreize schaffen. Wenn der Zugang zum Gesellschafts- und Berufsleben SARS-CoV-2 immune Personen vorbehalten ist, kann das dazu führen, dass sich Personen bewusst mit SARS-CoV-2 infiziert um als Folge auch einen Immunitätsausweis zu erhalten. Mit einem solchen Verhalten gefährden sich die Personen nicht nur selbst sondern auch sämtliche Personen in ihrem Umfeld.

Aufgrund der oben genannten Gründe kommen Kofler & Baylis, 2020 zum Schluss, dass Regierungen und Unternehmen anstatt der Einführung von Immunitätsausweisen an folgenden zwei Dingen festhalten sollen:

- Festhalten am bewährten Umgang mit der Pandemie: testen, tracen und isolieren
- Entwicklung eines Impfstoffs gegen SARS-CoV-2

Hall & Studdert, 2020 diskutieren in einem viewpoint im *JAMA* vom 9. Juni 2020 die Einführung von Immunitätsausweisen. Die AutorInnen halten eingangs fest, dass sowohl einige europäische Länder als auch die USA die Einführung von Immunitätszertifikaten andeuten die den deren InhaberInnen ungeachtet der gegen COVID-19 ergriffenen Schutzmaßnahmen eine Rückkehr ins Gesellschafts- als auch ins Berufsleben erlauben. In den USA sind derartige etabliertes Immunitätszertifikaten ein etabliertes Instrument zur Eindämmung von Krankheiten/Epidemien/Pandemien. Die Einführung von Immunitätszertifizierungsprogrammen ist mit einer Reihe rechtlicher, ethischer und politischer Herausforderung verbunden. Hierzu gehören:

1) Zugang zu Tests

Die Ausstellung von Immunitätszertifikaten für Arbeit, Schule, Gebet, Zweisamkeit und andere menschliche Interaktionen bedarf eines fairen Zugangs zu SARS-CoV-2 Antikörpertests. Im Falle von unzureichenden Testkapazitäten soll der Zugang zu den Antikörpertests priorisiert werden. Oberste Priorität sollen Gesundheitspersonal und Ersthelfer genießen gefolgt von anderen systemrelevanten Berufen. Bei ausreichenden Testkapazitäten soll eine derartige Priorisierung nicht stattfinden und der Zugang zu Antikörpertests allen offenstehen.

2) Diskriminierung

Die Einführung von Immunitätszertifikaten bringt eine Reihe von ethischen Bedenken/Überlegungen mit sich. Obwohl jegliche Art und Weise von Zertifizierung per se eine Diskriminierung darstellt, spricht in den USA aus juristischer Sicht bei einer gesetzeskonformen Umsetzung nichts gegen die Einführung von Immunitätszertifikaten. Nicht zuletzt deswegen, weil Immunitätszertifikaten ein

anerkanntes und etabliertes Instrumentarium zur Eindämmung von Krankheiten/Epidemien/Pandemien sind.

3) Sozioökonomische Disparitäten

Obwohl die Einführung von Immunitätszertifikaten in den USA legal ist, können diese zu Stigmatisierung und verstärkten sozioökonomischen Disparitäten beitragen. Immunitätszertifikaten können beispielsweise zu einer Stigmatisierung immuner vs. nicht-immuner Personen führen und bestehende sozioökonomische Unterschiede verstärken, wofür zahlreiche historische Belege existieren.

Bei der Einführung von Immunitätszertifikaten im Kontext von SARS-CoV-2 ist jedoch davon auszugehen, dass diese nicht eine dauerhafte, sondern nur eine vorübergehende Verstärkung der sozioökonomischen Disparitäten, bis ein Impfstoff verfügbar oder eine Herdenimmunität eingetreten ist, bedingen.

4) Betrug und vorsätzliche Infektion

Bei der Implantierung von Immunitätszertifikaten ist darauf zu achten, dass diese so fälschungssicher wie möglich ausgestaltet sind.

Ein weiterer Punkt, der bei der Einführung von Immunitätszertifikaten zu bedenken ist, dass die Gefahr von bewussten Selbstinfektionen mit SARS-CoV-2 steigt. Eine Möglichkeit, dieses Problem in Griff zu bekommen ist, ist das Monitoring von sozialen Medien und in Folge das bewusste Blockieren von Beiträgen die z.B. zur Selbstinfektion mit SARS-CoV aufrufen oder über Selbstinfektionsaktivitäten mit SARS-CoV berichten seitens der Betreiber der sozialen Medien. Das soziale Medium Twitter hat beispielsweise solche Aktivitäten seinerseits gesetzt.

5) Zertifizierung

Bei der Einführung von Immunitätszertifikaten ist außerdem darauf zu achten, dass einerseits einen Konsens hinsichtlich Mindeststandards von Sensitivität und Spezifität bei den Antikörpertests existiert und andererseits ein Modus vivendi zur Sammlung der Testergebnisse zur Überwachung der Pandemie und Unterstützung der Forschung implementiert ist.

Voo et al., 2020 diskutieren in einem paper im *The Journal of Infectious Diseases* die ethischen Herausforderungen bei der Implementierung von Immunitätsausweisen im Zuge der COVID-19-Pandemie. Die von den AutorInnen aus der Public Health Perspektive vorgebrachten Herausforderungen in Bezug auf 1) Zugang zu Tests, 2) sozioökonomischen Disparitäten und 3) Betrug und vorsätzliche Infektion sind über weiteste Strecken deckungsgleich mit jenen von Hall & Studdert, 2020. Aufgrund dessen werden diese nicht nochmals angeführt.

Die AutorInnen thematisieren außerdem den potentiellen Nutzen von Immunitätsausweisen und führen dabei folgenden an:

- 1) Maßnahmen, wie z.B. Homeoffice und Teleworking sind nicht in allen wirtschaftlichen Sektoren möglich. Auf Basis eines Immunitätsausweises können SARS-CoV-2 immune ArbeitnehmerInnen und Selbstständigen trotz der COVID-19 ergriffenen Schutzmaßnahmen ins Berufsleben zurückkehren. Das kann mitunter dazu beitragen, dass die staatlichen Unterstützungsmaßnahmen mehr auf jene Personengruppen konzentriert werden, die nicht im Homeoffice oder via Teleworking arbeiten können und bei denen eine Rückkehr ins Berufsleben aufgrund der fehlenden Immunität nicht so schnell möglich ist.
- 2) Informationen und Erkenntnisse über serologische Status von ArbeitnehmerInnen und Selbstständigen in den unterschiedlichen wirtschaftlichen Sektoren können dazu beitragen, bei der Priorisierungsschema für die Impfstoffzuweisung innerhalb der systemrelevanten Berufe zu entwickeln. Ein derartiges Priorisierungsschema wird wahrscheinlich notwendig sein, weil davon auszugehen ist, dass wenn ein Impfstoff existiert, dieser nicht sofort für die gesamte Bevölkerung verfügbar sein wird.
- 3) Grundsätzlich können Immunitätsausweise auch dazu beitragen, die internationale Ausbreitung von Krankheiten einzudämmen, indem sie als Einreisegenehmigung dienen, ähnlich wie die derzeit in einigen Ländern als Einreisevoraussetzung notwendigen Impfbescheinigungen. Das würde jedoch international geltende Mindeststandards bei den SARS-CoV-2 Antikörpertests und die Einhaltung der International Health Regulations der WHO aus dem Jahre 2005 (vgl. World Health Organization, 2005) erfordern.

Hemel & Malani, 2020 untersuchen moral-hazard-Aspekte im Kontext von Immunitätsausweisen, vor allem das Problem der Selbstinfektion mit SARS-CoV-2. Hierzu entwickelten die AutorInnen ein rational-actor Modell und kommen dabei zum Ergebnis, dass bei der Einführung von Immunitätsausweisen die strategische Selbstinfektion mit SARS-CoV-2 bei jüngeren Erwachsenen individuell rational wäre. Das bringt zwei wesentliche Probleme mit sich:

- 1) Wenn sich jüngere Erwachsene einer Selbstinfektion unterziehen, setzen sie damit auch andere – einschließlich ältere und/oder immungeschwächte – Personen der Gefahr einer SARS-CoV-2 Infektion aus, was zu signifikanten negativen externen Effekten führt.
- 2) Selbst wenn sich die jungen Erwachsenen einer Selbstinfektion aussetzen ohne dabei andere Personen zu gefährden, kann das aufgrund der großen Anzahl an

Selbstinfektionen zu einer übermäßigen Belastung/Überlastung des Gesundheitssystems führen.

Aufgrund dieser Umstände weisen die AutorInnen darauf hin, dass bei der Implementierung von Immunitätsausweisen auf moral-hazard-Aspekte Bedacht genommen werden soll.

3.6.5 Fazit: Abwägung von Kosten und Nutzen der Maßnahme

Der Nutzen von Immunitätsausweisen zur Eindämmung von SARS-CoV-2 ist gegeben. Jedoch stehen dem Nutzen (erhebliche) Herausforderungen/Kosten bei der Einführung von Immunitätsausweisen gegenüber.

Die Implementierung von Immunitätsausweisen erscheint derzeit noch nicht sinnvoll. Ein Antikörpertest misst nicht die Immunität gegen das Virus. Eine solche ist nur bei Vorhandensein von neutralisierenden Antikörpern gegeben, also solchen, die das Eindringen in die Wirtszellen verhindern können. Ein solcher Nachweis ist aber aufwändig. Hinzu kommen Hinweise in der Literatur, dass die Immunantwort sich, wie bei anderen Erkältungsviren auch, mit der Zeit abschwächt. Die Immunitätsausweise müssten somit auf Zeit ausgestellt und immer wieder überprüft werden.

Die Einführung von Immunitätsausweisen kann zudem mit folgenden sozialen Problemen verbunden sein:

- Schaffung eines fairen Priorisierungsschemas für SARS-CoV-2 Antikörpertests im begrenzter Testkapazitäten
- Segregierung/Stigmatisierung der Bevölkerung in SARS-CoV-2 immune und nicht-immune Personen
- Mögliche Verstärkung bereits bestehende Ungleichheiten in der Bevölkerung hinsichtlich Geschlechtes, Rasse, ethnischer Zugehörigkeit und Nationalität
- Unnötige Beladung des öffentlichen Gesundheitssystems durch bewusste Selbstinfektionen mit SARS-CoV-2 führen

Diese Umstände, die auch in den stattgefunden und teilweise anhaltenden politischen Debatten zur Implantierung von Immunitätsausweisen Eingang gefunden haben, dürften mitausschlaggeben gewesen sein, warum Immunitätsausweise bislang noch in keinem Land eingeführt worden sind.

Die wissenschaftliche Diskussion zur Einführung von Immunitätsausweise beschränkte sich fast ausschließlich auf ethische und gesellschaftspolitische Gesichtspunkte,

wirtschaftspolitische Gesichtspunkte wurde bis dato nicht untersucht. Aufgrund dessen ist eine monetäre Bewertung dieser Maßnahme zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Eine Re-Evaluation wird bei Vorhandensein einer Impfung empfohlen. Hierzu müsste aber zunächst geklärt sein, ob der Impfschutz nur die Person schützt, oder auch die Transmission verhindert, und wie lange er anhält, da damit unterschiedliche Implikationen einhergehen.

4 Verzeichnisse

4.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erforderliche Schritte von Abnahme eines PCR-Tests bis zum Ergebnis	10
Abbildung 2: Schematische Darstellung der österreichischen Teststrategie	27

4.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 99% Sensitivität und 99,9% Spezifität	15
Tabelle 2: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 95% Sensitivität und 99,9% Spezifität	16
Tabelle 3: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 71% Sensitivität und 99,9% Spezifität	16
Tabelle 4: Simulation von Testergebnissen in Abhängigkeit von Sensitivität, Spezifität und Prävalenz – Test mit 95% Sensitivität und 95% Spezifität	17
Tabelle 5: Einsparungspotenzial durch Pooled Testing	25
Tabelle 6: Testzahlen, Stand: 9. September 2020	30
Tabelle 7: Geschätzter Zeitaufwand pro Fall (=Erkrankte/r bzw. Verdachtsfall)	39
Tabelle 8: Geschätzter Zeitaufwand pro Fall (=Erkrankte/r bzw. Verdachtsfall)	39
Tabelle 9: Verfügbare Prognosemodelle zur Planung von Krankenhauskapazitäten	53
Tabelle 10: Maßnahmen in den einzelnen europäischen Ländern.....	57
Tabelle 11: Maskenpflicht.....	70
Tabelle 12: Haupteigenschaften der unterschiedlichen Masken	71

4.3 Literaturverzeichnis

- Abdalhamid, B., Bilder, C. R., McCutchen, E. L., Hinrichs, S. H., Koepsell, S. A., & Iwen, P. C. (2020). Assessment of Specimen Pooling to Conserve SARS CoV-2 Testing Resources. *American Journal of Clinical Pathology*, 153(6), 715–718. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqaa064>
- Alberta Government. (2014). *Alberta's Pandemic Influenza Plan* (Issue March).
- American Hospital Association. (2020). *COVID-19 Models: Forecasting the Pandemic's Spread and Planning for Recovery* (Issue September).
- An, R. (2020). *Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID- 19 . The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect , the company ' s public news and information . January.*
- Anglemeyer, A., Moore, T., Parker, L., Chambers, T., Grady, A., Chiz, K., Parry, M., Wilczynska, M., Flemyng, E., & Bero, L. (2020). *Digital contact tracing technologies in epiDemics: A rapid review.* <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013699>
- Aragón-Caqueo, D., Fernández-Salinas, J., & Laroze, D. (2020). Optimization of group size in pool testing strategy for SARS-CoV-2: A simple mathematical model. *Journal of Medical Virology*, 92(10), 1988–1994. <https://doi.org/10.1002/jmv.25929>
- Aratani, L. (2020). How did face masks become a political issue in America? *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2020/jun/29/face-masks-us-politics-coronavirus>
- Araújo, F. J. de O., de Lima, L. S. A., Cidade, P. I. M., Nobre, C. B., & Neto, M. L. R. (2020). Impact Of Sars-Cov-2 And Its Reverberation In Global Higher Education And Mental Health. In *Psychiatry Research* (Vol. 288, p. 112977). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112977>
- Arevalo-Rodriguez, I., Serón, P., Buitrago-Garcia, D., Ciapponi, A., Muriel, A., Zambrano-Achig, P., Del Campo, R., Galan-Montemayor, J. C., Simancas-Racines, D., Perez-Molina, J. A., Khan, K. S., & Zamora, J. (2020). Recommendations for SARS-CoV-2/COVID-19 Testing: A Systematic Review to Consolidate Guidance for Policy and Practice. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3618105>
- Bahn, G. H. (2020). Coronavirus Disease 2019, School Closures, and Children's Mental Health. *Journal of the Korean Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 31(2), 74–79. <https://doi.org/10.5765/jkacap.200010>
- Baker, S. R., Farrokhnia, R. A., Meyer, S., Pagel, M., & Yannelis, C. (2020). How Does Household Spending Respond To an Epidemic ? Consumption. In *NBER Working Paper No. 26866*. <https://doi.org/10.3386/w26949>
- Bayham, J., & Fenichel, E. P. (2020). Impact of school closures for COVID-19 on the US health-care workforce and net mortality: a modelling study. *The Lancet Public Health*, 5(5), e271–e278. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30082-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30082-7)

- Bayrakdar, Sait; Guveli, A. (2020). *Inequalities in home learning and schools' provision of distance teaching during school closure of COVID-19 lockdown in the UK.*
- Ben-Ami, R., Klochendler, A., Seidel, M., Sido, T., Gurel-Gurevich, O., Yassour, M., Meshorer, E., Benedek, G., Fogel, I., Oiknine-Djian, E., Gertler, A., Rotstein, Z., Lavi, B., Dor, Y., Wolf, D. G., Salton, M., & Drier, Y. (2020). Large-scale implementation of pooled RNA extraction and RT-PCR for SARS-CoV-2 detection. *Clinical Microbiology and Infection*, 26(9), 1248–1253. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.06.009>
- Bin Nafisah, S., Alamery, A. H., Al Nafesa, A., Aleid, B., & Brazanji, N. A. (2018). School closure during novel influenza: A systematic review. *Journal of Infection and Public Health*, 11(5), 657–661. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2018.01.003>
- Bioscientia. (2020, July 15). *Was bedeuten die Begriffe Dual-Target-PCR und Ct-Wert? | Bioscientia - Labordiagnostik.* <https://archive.is/ZnNXV>
- Biswas, A., Bannur, S., Jain, P., & Merugu, S. (2020). *COVID-19: Strategies for Allocation of Test Kits.* 1–13. <http://arxiv.org/abs/2004.01740>
- Black, J. R. M., Bailey, C., Przewrocka, J., Dijkstra, K. K., & Swanton, C. (2020). COVID-19: the case for health-care worker screening to prevent hospital transmission. *The Lancet*, 395(10234), 1418–1420. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30917-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30917-X)
- BMBWF (2020). *Ergebnisse der Erstuntersuchung der Schul-SARS-CoV-2-Monitoringstudie.* [downloadbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/beratung/corona/gs.html.](https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/beratung/corona/gs.html) [Zugriff 14.11.2020]
- BMSGPK. (2020a). *Empfehlungen zur PCR Testung auf Infektion mit SARS-CoV-2.*
- BMSGPK. (2020b). *Österreichische Teststrategie SARS-CoV-2.*
- BMSGPK. (2020c). *Verordnung zum Anspruch auf Testung in Bezug auf einen direkten Erregernachweis des Coronavirus SARS-CoV-2 A . Problem und Ziel.*
- Bock-Schappelwein, J., & Famira-Mühlberger, U. (2020). *Ökonomische Folgen von Schulschließungen Ökonomische Folgen von Schulschließungen Ökonomische Folgen von Schulschließungen* (Vol. 798, Issue 1). <https://www.wifo.ac.at>
- Brauner, J. M., Mindermann, S., Sharma, M., Stephenson, A., Gavenčiak, T., Johnston, D., Leech, G., Salvatier, J., Altman, G., Norman, A. J., Monrad, J. T., Besiroglu, T., Ge, H., Mikulik, V., Hartwick, M., Teh, Y. W., Chindelevitch, L., Gal, Y., & Kulveit, J. (2020). *The effectiveness of eight nonpharmaceutical interventions against COVID-19 in 41 countries.* <https://doi.org/10.1101/2020.05.28.20116129>
- Briscese, G., Lacetera, N., Macis, M., & Tonin, M. (2020). COMPLIANCE WITH COVID-19 SOCIAL-DISTANCING MEASURES IN ITALY: THE ROLE OF EXPECTATIONS AND DURATION. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 21(1), 1–9. <https://doi.org/10.1155/2010/706872>
- Brotherhood, L., Kircher, P., Santos, C., & Tertilt, M. (2020). *An Economic Model of the*

- COVID-19 Epidemic: The Importance of Testing and Age-Specific Policies* | IZA - Institute of Labor Economics. May. <https://www.iza.org/publications/dp/13265/an-economic-model-of-the-covid-19-epidemic-the-importance-of-testing-and-age-specific-policies>
- Broughton, J. P., Deng, X., Yu, G., Fasching, C. L., Servellita, V., Singh, J., Miao, X., Streithorst, J. A., Granados, A., Sotomayor-Gonzalez, A., Zorn, K., Gopez, A., Hsu, E., Gu, W., Miller, S., Pan, C. Y., Guevara, H., Wadford, D. A., Chen, J. S., & Chiu, C. Y. (2020). CRISPR–Cas12-based detection of SARS-CoV-2. *Nature Biotechnology*, 38(7), 870–874. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0513-4>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2020). *Empfehlungen der BAuA und des ad-Hoc AK „ Covid-19 “ des ABAS zum Einsatz von Schutzmasken im Zusammenhang mit SARS-CoV-2*. 250.
- Burgess, A., & Horii, M. (2012). Risk, ritual and health responsabilisation: Japan’s “safety blanket” of surgical face mask-wearing. *Sociology of Health and Illness*, 34(8), 1184–1198. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9566.2012.01466.x>
- Caffo, E., Scandroglio, F., & Asta, L. (2020). Debate: COVID-19 and psychological well-being of children and adolescents in Italy. *Child and Adolescent Mental Health*, 19–20. <https://doi.org/10.1111/camh.12405>
- Carter, L. J., Garner, L. V., Smoot, J. W., Li, Y., Zhou, Q., Saveson, C. J., Sasso, J. M., Gregg, A. C., Soares, D. J., Beskid, T. R., Jervey, S. R., & Liu, C. (2020). Assay Techniques and Test Development for COVID-19 Diagnosis. *ACS Central Science*, 6(5), 591–605. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c00501>
- Chan, K. H., & Yuen, K. Y. (2020). COVID-19 epidemic: disentangling the re-emerging controversy about medical facemasks from an epidemiological perspective. *International Journal of Epidemiology*, 1–4. <https://doi.org/10.1093/ije/dyaa044>
- Chen, L., Liu, W., Zhang, Q., Xu, K., Ye, G., Wu, W., Sun, Z., Liu, F., Wu, K., Zhong, B., Mei, Y., Zhang, W., Chen, Y., Li, Y., Shi, M., Lan, K., & Liu, Y. (2020). RNA based mNGS approach identifies a novel human coronavirus from two individual pneumonia cases in 2019 Wuhan outbreak. *Emerging Microbes and Infections*, 9(1), 313–319. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1725399>
- Chen, X., & Qiu, Z. (2020). Scenario analysis of non-pharmaceutical interventions on global COVID-19 transmissions. *Arxiv.Org*. <https://arxiv.org/abs/2004.04529>
- Cheng, M. P., Papenburg, J., Desjardins, M., Kanjilal, S., Quach, C., Libman, M., Dittrich, S., & Yansouni, C. P. (2020). Diagnostic Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2: A Narrative Review. *Annals of Internal Medicine*, 172(11), 726–734. <https://doi.org/10.7326/M20-1301>
- Cherif, A., Grobe, N., Wang, X., & Kotanko, P. (2020). Simulation of Pool Testing to Identify Patients With Coronavirus Disease 2019 Under Conditions of Limited Test Availability. *JAMA Network Open*, 3(6). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.13075>

- Christen, P., D'Aeth, J., Lochen, A., McCabe, R., Rizmie, D., Schmit, N., Nayagam, S., Miraldo, M., White, P., Aylin, P., Bottle, A., Guzman, P. N. P., Donnelly, C., Ghani, A., Ferguson, N., & Hauck, K. (2020). *Report 15 : Strengthening hospital capacity for the COVID-19 pandemic. April*, 1–40.
- Claypool, K., Dahleh, M., Fay, S., Hosoi, P., Jones, D., Rivest, R., & Stuopis, C. (2020). *Memo on Testing Strategies for Covid-19*.
- Corman, V. M., Claudia Haage, V., Bleicker, T., Luisa, M., Mühlemann, B., Zuchowski, M., Karen Jó Lei, W., Möncke-Buchner, E., Müller, M. A., Krumbholz, A., Drexler, F., & Drosten, C. (2020). Comparison of seven commercial SARS-CoV-2 rapid Point-of-Care Antigen 1 tests 2 3 Charite-Universitätsmedizin Berlin 2 0. *MedRxiv*, 2020.11.12.20230292. <https://doi.org/10.1101/2020.11.12.20230292>
- Cowling, B. J., Zhou, Y., Ip, D. K. M., Leung, G. M., & Aiello, A. E. (2010). Face masks to prevent transmission of influenza virus: a systematic review. *Epidemiology and Infection*, 138(4), 449–456. <https://doi.org/10.1017/S0950268809991658>
- Cowling, Benjamin J., Ali, S. T., Ng, T. W. Y., Tsang, T. K., Li, J. C. M., Fong, M. W., Liao, Q., Kwan, M. Y., Lee, S. L., Chiu, S. S., Wu, J. T., Wu, P., & Leung, G. M. (2020). Impact assessment of non-pharmaceutical interventions against coronavirus disease 2019 and influenza in Hong Kong: an observational study. *The Lancet Public Health*, 5(5), e279–e288. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30090-6](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30090-6)
- Czypionka, T., Reiss, M., & Röhring, G. (2020). *Mögliche Einflüsse auf die Hospitalisierungsrate und Sterblichkeit bei SARS-CoV-2 Infektion und Implikationen für Wien*.
- Czypionka, T., Röhring, G., & Reiss, M. (2020). Testen! Testen! Testen! Aber wie? In *IHS Policy Briefs*. Institut für Höhere Studien. <https://irihs.ihs.ac.at/id/eprint/5278/>
- Day, M. (2020). Covid-19: four fifths of cases are asymptomatic, China figures indicate. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 369(April), m1375. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1375>
- de Wolff, T., Pflüger, D., Rehme, M., Heuer, J., & Bittner, M.-I. (2020). *Evaluation of Pool-based Testing Approaches to Enable Population-wide Screening for COVID-19*. 1–19. <http://arxiv.org/abs/2004.11851>
- Deb, P., Furceri, D., Ostry, J. D., & Tawk, N. (2020). The effect of containment measures on the COVID-19 pandemic. *Covid Economics*, 1(19), 53–86. <https://papers.ssrn.com/abstract=3661430>
- Deckert, A., Bärnighausen, T., & Kyei, N. N. A. (2020). Simulation of pooled-sample analysis strategies for covid-19 mass testing. *Bulletin of the World Health Organization*, 98(9), 590–598. <https://doi.org/10.2471/BLT.20.257188>
- Dehning, J., Zierenberg, J., Spitzner, F. P., Wibral, M., Neto, J. P., Wilczek, M., & Priesemann, V. (2020). Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions. *Science*, 369(6500), 0–10. <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>

- Dergiades, T., Milas, C., & Panagiotidis, T. (2020). Effectiveness of Government Policies in Response to the COVID-19 Outbreak. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3602004>
- Desvars-Larrive, A., Ahne, V., Álvarez, S., Bartoszek, M., Berishaj, D., Bulska, D., Chakraborty, A., Chen, E., Chen, X., Cserjan, D., Dervic, A., Dervic, E., Di Natale, A., Ferreira, M. R., Flores Tames, E., Garcia, D., Garncarek, Z., Gliga, D. S., & Gooriah, S. (2020). *CCCSL: Complexity Science Hub Covid-19 Control Strategies List (2020). Version 2.0*. <https://github.com/amel-github/covid19-interventionmeasures>
- Domenico, L. Di, Pullano, G., Coletti, P., Hens, N., & Colizza, V. (2020). *Expected impact of school closure and telework to mitigate COVID-19 epidemic in France*. 1–15. www.epicx-lab.com/covid-19.html
- Dumyati, G., Gaur, S., Nace, D. A., & Jump, R. L. P. (2020). Does Universal Testing for COVID-19 Work for Everyone? *Journal of the American Medical Directors Association*. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.08.013>
- Eberhardt, J. N., Breuckmann, N. P., & Eberhardt, C. S. (2020). Multi-Stage Group Testing Improves Efficiency of Large-Scale COVID-19 Screening. *Journal of Clinical Virology*, 128(April). <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2020.104382>
- Eikenberry, S. E., Mancuso, M., Iboi, E., Phan, T., Eikenberry, K., Kuang, Y., Kostelich, E., & Gumel, A. B. (2020). To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. *Infectious Disease Modelling*, 5, 293–308. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.04.001>
- Eliaz, Y., Danovich, M., & Gasic, G. P. (2020). Poolkeh Finds the Optimal Pooling Strategy for a Population-wide COVID-19 Testing (Israel, UK, and US as Test Cases). In *medRxiv*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.20079343>
- Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. (2020). *Learning inequality during the COVID-19 pandemic*. 1–45.
- Eurohealth. (2020). *Health system responses to COVID-19*. 26(2).
- European Centre for Disease Prevention and Control. (n.d.). *Testing strategies*. <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/surveillance/testing-strategies>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2020a). Contact tracing for COVID-19 : current evidence options for scale-up and an assessment of resources needed. In *ECDC, Technical Report* (Issue April). <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/contact-tracing-covid-19-evidence-scale-up-assessment-resources>
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2020b). *COVID-19 Testing Strategies and Objectives*. 15 September 2020.
- European Centre for Disease Prevention and Control. (2020c). *Guidelines for the implementation of non-pharmaceutical interventions against COVID-19 Key messages General considerations on NPI to control COVID-19* (Issue September).

- Eyles, A., Gibbons, S., & Montebruno, P. (2020). Covid-19 school shutdowns: What will they do to our children's education? *Centre for Economic Performance*, 001.
- Fang, F. C., Naccache, S. N., & Greninger, A. L. (2020). The Laboratory Diagnosis of COVID-19-- Frequently-Asked Questions. *Clinical Infectious Diseases*, 1–6. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa742>
- Fanidi, A., Jouven, X., & Gaye, B. (2020). Strategies to control COVID-19 and future pandemics in Africa and around the globe. *European Heart Journal*, March, 1–3. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa278>
- Fantini, M. P., Reno, C., Biserni, G. B., Savoia, E., & Lanari, M. (2020). *COVID-19 and the re-opening of schools : a policy maker ' s dilemma*. 10–12.
- Fears, A. C., Klimstra, W. B., Duprex, P., Hartman, A., Weaver, S. C., Plante, K. S., Mirchandani, D., Plante, J., Aguilar, P. V., Fernandez, D., Nalca, A., Totura, A., Dyer, D., Kearney, B., Lackemeyer, M., Bohannon, J. K., Johnson, R., Garry, R. F., Reed, D. S., & Roy, C. J. (2020). Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions. *MedRxiv*, 2, 2020.04.13.20063784. <https://doi.org/10.1101/2020.04.13.20063784>
- Fegert, J. M., Vitiello, B., Plener, P. L., & Clemens, V. (2020). Challenges and burden of the Coronavirus 2019 (COVID-19) pandemic for child and adolescent mental health: A narrative review to highlight clinical and research needs in the acute phase and the long return to normality. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13034-020-00329-3>
- Fikenzer, S., Uhe, T., Lavall, D., Rudolph, U., Falz, R., Busse, M., Hepp, P., & Laufs, U. (2020). Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in Cardiology*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>
- Flaxman, S., Mishra, S., Gandy, A., Unwin, H. J. T., Mellan, T. A., Coupland, H., Whittaker, C., Zhu, H., Berah, T., Eaton, J. W., Monod, M., Perez-Guzman, P. N., Schmit, N., Cilloni, L., Ainslie, K. E. C., Baguelin, M., Boonyasiri, A., Boyd, O., Cattarino, L., ... Bhatt, S. (2020). Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*, 584(7820), 257–261. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
- Fontanesi, L., Marchetti, D., Mazza, C., Di Giandomenico, S. D., Roma, P., & Verrocchio, M. C. (2020). The Effect of the COVID-19 Lockdown on Parents: A Call to Adopt Urgent Measures. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, 12, 79–81. <https://doi.org/10.1037/tra0000672>
- Fuchs-Schündeln, N., Kuhn, M., & Tertilt, M. (2020). *The short-tun macro implications of school and child-care closure*. www.cepr.org
- Gans, J. S. (2020). Test Sensitivity for Infection versus Infectiousness of SARS-CoV-2. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3682242>
- Gardner, J. M., Willem, L., van der Wijngaart, W., Kamerlin, S. C. L., Brusselaers, N., &

- Kasson, P. (2020). Intervention strategies against COVID-19 and their estimated impact on Swedish healthcare capacity. In *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.04.11.20062133>
- Gheisari, M., Araghi, F., Moravej, H., Tabary, M., & Dadkhahfar, S. (2020). Skin reactions to non-glove personal protective equipment: an emerging issue in the COVID-19 pandemic. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 34(7), e297–e298. <https://doi.org/10.1111/jdv.16492>
- Ghosh, R., Chatterjee, S., & Dubey, S. (2020). Impact of COVID-19 on children: Special focus on psychosocial aspect. *Minerva Pediatrica*, 72(May), 1–10. <https://doi.org/10.23736/S0026-4946.20.05887-9>
- Giordano, G., Blanchini, F., Bruno, R., Colaneri, P., Di Filippo, A., Di Matteo, A., & Colaneri, M. (2020). Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. In *Nature Medicine* (Vol. 26, Issue 6). Springer US. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0883-7>
- Goldstein, E., Lipsitch, M., & Cevik, M. (2020). On the effect of age on the transmission of SARS-CoV-2 in households, schools and the community. *The Journal of Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa691>
- Gorji, H., Arnoldini, M., Jenny, D. F., Hardt, W.-D., & Jenny, P. (2020). STeCC: Smart Testing with Contact Counting Enhances Covid-19 Mitigation by Bluetooth App Based Contact Tracing. *MedRxiv (Not Peer Reviewed) / Article*, 2020.03.27.20045237-2020.03.27.20045237. <https://doi.org/10.1101/2020.03.27.20045237>
- Gouvernement. (n.d.). *Info Coronavirus COVID-19 - Tests et dépistage*. Gouvernement.Fr. <https://www.gouvernement.fr/info-coronavirus/tests-et-depistage>
- Granger, C. W. J., & Terasvirta, T. (1993). *Modelling Non-Linear Economic Relationships*. Oxford University Press. <https://ideas.repec.org/b/oxp/obooks/9780198773207.html>
- Grassly, N. C., Pons-salort, M., Parker, E. P. K., White, P. J., Ainslie, K., & Baguelin, M. (2020). Report 16 : Role of testing in COVID-19 control. *WHO Collaborating Centre for Infectious Disease Modelling, April*, 1–13.
- Griffith, A. K. (2020). Parental Burnout and Child Maltreatment During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Family Violence*. <https://doi.org/10.1007/s10896-020-00172-2>
- Grijalva CG, Rolfes MA, Zhu Y, et al. (2020). Transmission of SARS-COV-2 Infections in Households — Tennessee and Wisconsin, April–September 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69:1631–1634. DOI: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6944e1>
- Haas, W., Buda, S., & Rexroth, U. (2020). *Fachliche Stellungnahme zu Schulschließungen als bevölkerungsbezogene antiepidemische Maßnahme*. 7–8.

<https://doi.org/10.25646/6552>

- Hale, T., Angrist, N., Cameron-Blake, E., Hallas, L., Kira, B., Majumdar, S., Petherick, A., Phillips, T., Tatlow, H., & Webster, S. (2020). Variation in government responses to COVID-19. *BSG Working Paper Series. Blavatnik School of Government. University of Oxford*, Version 8.0. www.bsg.ox.ac.uk/covidtracker
- Hale, T., Hale, A., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., Sridhar, D., Thompson, R., Webster, S., & Angrist, N. (2020). *Global Assessment of the Relationship between Government Response Measures and COVID-19 Deaths*. 1–23. <https://doi.org/10.1101/2020.07.04.20145334>
- Hall, M. A., & Studdert, D. M. (2020). Privileges and Immunity Certification during the COVID-19 Pandemic. In *JAMA - Journal of the American Medical Association* (Vol. 323, Issue 22, pp. 2243–2244). American Medical Association. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.7712>
- Han, M. S., Seong, M.-W., Kim, N., Shin, S., Cho, S. I., Park, H., Kim, T. S., Park, S. S., & Choi, E. H. (2020). Viral RNA Load in Mildly Symptomatic and Asymptomatic Children with COVID-19, Seoul. *Emerging Infectious Diseases*, 26(10). <https://doi.org/10.3201/eid2610.202449>
- Hanel, R., & Thurner, S. (2020). *Boosting test-efficiency by pooled testing strategies for SARS-CoV-2*. <http://arxiv.org/abs/2003.09944>
- Hanson, K. E., Caliendo, A. M., Arias, C. A., Englund, J. A., Lee, M. J., Loeb, M., Patel, R., El Alayli, A., Kalot, M. A., Falck-Ytter, Y., Lavergne, V., Morgan, R. L., Murad, M. H., Sultan, S., Bhimraj, A., & Mustafa, R. A. (2020). Infectious Diseases Society of America Guidelines on the Diagnosis of COVID-19. *Clinical Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa760>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2020). *The Economic Impacts of Learning Losses*.
- He, X., Lau, E. H. Y., Wu, P., Deng, X., Wang, J., Hao, X., Lau, Y. C., Wong, J. Y., Guan, Y., Tan, X., Mo, X., Chen, Y., Liao, B., Chen, W., Hu, F., Zhang, Q., Zhong, M., Wu, Y., Zhao, L., ... Leung, G. M. (2020). Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nature Medicine*, 26(5), 672–675. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0869-5>
- Heavey, L., Casey, G., Kelly, C., Kelly, D., & McDarby, G. (2020). No evidence of secondary transmission of COVID-19 from children attending school in Ireland, 2020. *Eurosurveillance*, 25(21), 1–4. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.21.2000903>
- Hemel, D. J., & Malani, A. (2020). Immunity Passports and Moral Hazard. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3596569>
- Hitt, B. D. (2020). *Pooled Testing*. <https://bilder.shinyapps.io/PooledTesting/>
- Hong, S.-H., Hwang, H., & Park, M.-H. (2020). Effect of COVID-19 Non-Pharmaceutical Interventions and Threats to Human Rights. *SSRN Electronic Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3677019>

- Horvath, K., Semlitsch, T., Jeitler, K., ... R. K.-Z. für E., & 2020, U. (2020). Antikörpertests bei COVID-19-Was uns die Ergebnisse sagen. *KVH Journal*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1865921720300490>
- Howard, J., Austin, H., Zhiyuan, L., Zeynep, T., Zdimal, V., Westhuizenf, H.-M. van der, Delft, A. von, Price, A., Fridmand, L., Tangi, L.-H., Tangl, V., Gregory L. Watsonh, C. E. B., Shaikh, R., Questiterr, F., Hernandez, D., Chun, L. F., & Rimoin, A. W. (2020). Face Masks Against COVID-19: An Evidence Review. *Manuscript*, 30(20), 1–8. <https://doi.org/10.1073/pnas.XXXXXXXXXX>
- Hyde, Z. (2020). COVID-19, children and schools: overlooked and at risk. *Medical Journal of Australia*, mja2.50823. <https://doi.org/10.5694/mja2.50823>
- Institut national d'assurance maladie-invalidité. (n.d.). *Het Federaal Platform COVID Testing moet de testcapaciteit verhogen: Wie? Wanneer? Hoe? - RIZIV*. <https://www.inami.fgov.be/nl/covid19/Paginas/federaal-platform-covid19-testing.aspx>
- Islam, N., Sharp, S. J., Chowell, G., Shabnam, S., Kawachi, I., Lacey, B., Massaro, J. M., D'Agostino, R. B., & White, M. (2020). Physical distancing interventions and incidence of coronavirus disease 2019: Natural experiment in 149 countries. *The BMJ*, 370, 1–10. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2743>
- Iwata, K., Doi, A., & Miyakoshi, C. (2020). *Was School Closure Effective in Mitigating Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)? Time Series Analysis Using Bayesian Inference*. 2019(April), 6–13. <https://doi.org/10.20944/preprints202004.0058.v1>
- Jefferson, T., Del Mar, C. B., Dooley, L., Ferroni, E., Al-Ansary, L. A., Bawazeer, G. A., van Driel, M. L., Nair, S., Jones, M. A., Thorning, S., & Conly, J. M. (2011). Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 7. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006207.pub4>
- Jefferson, T., Del Mar, C., Dooley, L., Ferroni, E., Al-Ansary, L. A., Bawazeer, G. A., Van Driel, M. L., Foxlee, R., & Rivetti, A. (2009). Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses: Systematic review. *BMJ (Online)*, 339(7724), 792. <https://doi.org/10.1136/bmj.b3675>
- Jefferson, T., Jones, M., Ansari, L. A. Al, Bawazeer, G., Beller, E., Clark, J., Conly, J., Mar, C. Del, Dooley, E., Ferroni, E., Glasziou, P., Hoffman, T., Thorning, S., & Driel, M. Van. (2020). Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses. Part 1 - Face masks, eye protection and person distancing: systematic review and meta-analysis. In *medRxiv*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20047217>
- Jespersen, S., Mikkelsen, S., Greve, T., Kaspersen, K. A., Tolstrup, M., Boldsen, J. K., Redder, J. D., Nielsen, K., Abildgaard, A. M., Kolstad, H. A., Oestergaard, L., Thomsen, M. K., Moeller, H. J., & Erikstrup, C. (2020). SARS-CoV-2 seroprevalence survey among 18000 healthcare and administrative personnel at hospitals pre-hospital services and specialist practitioners in the Central Denmark Region. *Medrxiv*, 2020.08.10.20171850. <https://doi.org/10.1101/2020.08.10.20171850>

- Johansen, T. B., Astrup, E., Jore, S., Nilssen, H., Dahlberg, B. B., Klingenberg, C., Berg, A. S., & Greve-Isdahl, M. (2020). Infection prevention guidelines and considerations for paediatric risk groups when reopening primary schools during COVID-19 pandemic, Norway, April 2020. *Eurosurveillance*, 25(22), 1–6. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.22.2000921>
- Jones, N. R., Qureshi, Z. U., Temple, R. J., Larwood, J. P. J., Greenhalgh, T., & Bourouiba, L. (2020). Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 370, m3223. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3223>
- Jones, T. C., Mühlemann, B., Veith, T., Biele, G., Zuchowski, M., Hofmann, J., Stein, A., Edelmann, A., Max Corman, V., Drosten, C., & Christian Drosten, P. (n.d.). *An analysis of SARS-CoV-2 viral load by patient age*. <https://doi.org/10.1101/2020.06.08.20125484>
- Jordà, Ò. (2005). Estimation and inference of impulse responses by local projections. *American Economic Review*, 95(1), 161–182. <https://doi.org/10.1257/0002828053828518>
- Kai, D., Goldstein, G.-P., Morgunov, A., Nangalia, V., & Rotkirch, A. (2020). *Universal Masking is Urgent in the COVID-19 Pandemic: SEIR and Agent Based Models, Empirical Validation, Policy Recommendations*. <http://arxiv.org/abs/2004.13553>
- Karagiannidis, C., Mostert, C., Hentschker, C., Voshaar, T., Malzahn, J., Schillinger, G., Klauber, J., Janssens, U., Marx, G., Weber-Carstens, S., Kluge, S., Pfeifer, M., Grabenhenrich, L., Welte, T., & Busse, R. (2020). Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study. *The Lancet Respiratory Medicine*, 8(9), 853–862. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30316-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30316-7)
- KDCA. (2020). *Coronavirus Disease-19(COVID-19) > About COVID-19 > Frequently Asked Questions*. http://ncov.mohw.go.kr/en/faqBoardList.do?brdId=13&brdGubun=131&dataGubun=&ncvContSeq=&contSeq=&board_id=&gubun=
- Kennedy-Shaffer, L., Baym, M., Hanage, W. P., & Affiliations, *. (2020). Perfect as the enemy of the good: Using low-sensitivity tests to mitigate SARS-CoV-2 outbreaks. *Digital Access to Scholarship at Harvard*.
- Kim, S. Y., Lee, J., Sung, H., Lee, H., Han, M. G., Yoo, C. K., Lee, S. W., & Hong, K. H. (2020). Pooling Upper Respiratory Specimens for Rapid Mass Screening of COVID-19 by Real-Time RT-PCR. *Emerging Infectious Diseases*, 26(10), 2469–2472. <https://doi.org/10.3201/eid2610.201955>
- Klein, M. G., Cheng, C. J., Lii, E., Mao, K., Mesbahi, H., Zhu, T., Muckstadt, J. A., & Hupert, N. (2020). COVID-19 Models for Hospital Surge Capacity Planning: A Systematic Review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 1–17. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.332>
- Kocher, M. G., & Steiner, M. (2020). *Kosten von Schulschließungen zur Pandemiebekämpfung*. http://irihs.ihs.ac.at/view/ihs_series/ser=5Fpol.html

- Kofler, Natalie; Baylis, F. (2020). Ten reasons why immunity passports are a bad idea. *Nature*, 581.
- Krammer, F. (2020) SARS-CoV-2 vaccines in development. *Nature* 586, 516–527 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2798-3>
- Kretzschmar, M. E., Rozhnova, G., Bootsma, M., Boven, M. E. van, Wijgert, J. van de, & Bonten, M. (2020). Time is of the essence: impact of delays on effectiveness of contact tracing for COVID-19. *MedRxiv*, 2020.05.09.20096289. <https://doi.org/10.1101/2020.05.09.20096289>
- Kucirka, L. M., Lauer, S. A., Laeyendecker, O., Boon, D., & Lessler, J. (2020). Variation in False-Negative Rate of Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction–Based SARS-CoV-2 Tests by Time Since Exposure. *Annals of Internal Medicine*. <https://doi.org/10.7326/M20-1495>
- l'Assurance Maladie. (n.d.-a). *Covid-19 : comment facturer des tests RT-PCR sans prescription ? | ameli.fr | Laboratoire d'analyses médicales*. [https://www.ameli.fr/laboratoire-danalyses-medicales/actualites/covid-19-comment-facturer-des-tests-rt-pcr-sans-prescription#:~:text=Ces actes sont pris en,de l'assurance maladie obligatoire](https://www.ameli.fr/laboratoire-danalyses-medicales/actualites/covid-19-comment-facturer-des-tests-rt-pcr-sans-prescription#:~:text=Ces%20actes%20sont%20pris%20en,de%20l'assurance%20maladie%20obligatoire)
- l'Assurance Maladie. (n.d.-b). *Tarifs | ameli.fr | Laboratoire d'analyses médicales*. <https://www.ameli.fr/laboratoire-danalyses-medicales/exercice-liberal/facturation-remuneration/tarifs/tarifs>
- Larremore, D. B., Wilder, B., Lester, E., Shehata, S., Burke, J. M., Hay, J. A., Tambe, M., Mina, M. J., & Parker, R. (2020). Test sensitivity is secondary to frequency and turnaround time for COVID-19 surveillance. *MedRxiv : The Preprint Server for Health Sciences*. <https://doi.org/10.1101/2020.06.22.20136309>
- Lee, D., & Lee, J. (2020). Testing on the move: South Korea's rapid response to the COVID-19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 5, 100111. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100111>
- Lee, J. (2020). Mental health effects of school closures during COVID-19. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 0(0). [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30109-7](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30109-7)
- Leung, N. H. L., Chu, D. K. W., Shiu, E. Y. C., Chan, K.-H., McDevitt, J. J., Hau, B. J. P., Yen, H.-L., Li, Y., Ip, D. K. M., Peiris, J. S. M., Seto, W.-H., Leung, G. M., Milton, D. K., & Cowling, B. J. (2020). Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nature Medicine*, 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0843-2>
- Lewis, D. (2020). Is the coronavirus airborne? Experts can't agree. *Nature*, 580(7802), 175. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00974-w>
- Li, Y., Campbell, H., Kulkarni, D., Harpur, A., Nundy, M., Wang, X., & Nair, H. (2020). The temporal association of introducing and lifting non-pharmaceutical interventions with the time-varying reproduction number (R) of SARS-CoV-2: a modelling study across 131 countries. *The Lancet Infectious Diseases*, 0(0). [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30785-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30785-4)

- Lin, Y.-J., Yu, C.-H., Liu, T.-H., Chang, C.-S., & Chen, W.-T. (2020). Comparisons of Pooling Matrices for Pooled Testing of COVID-19. *ArXiv:2010.00060*. <http://arxiv.org/abs/2010.00060>
- Lohse, S., Pfuhl, T., Berkó-Göttel, B., Rissland, J., Geißler, T., Gärtner, B., Becker, S. L., Schneitler, S., & Smola, S. (2020). Pooling of samples for testing for SARS-CoV-2 in asymptomatic people. *The Lancet Infectious Diseases*, 20. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30362-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30362-5)
- Long, Y., Hu, T., Liu, L., Chen, R., Guo, Q., Yang, L., Cheng, Y., Huang, J., & Du, L. (2020). Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks against influenza: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 13(2), 93–101. <https://doi.org/10.1111/jebm.12381>
- Ludvigsson, J. F. (2020a). Children are unlikely to be the main drivers of the COVID-19 pandemic – A systematic review. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, May, 1525–1530. <https://doi.org/10.1111/apa.15371>
- Ludvigsson, J. F. (2020b). Systematic review of COVID-19 in children shows milder cases and a better prognosis than adults. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 109(6), 1088–1095. <https://doi.org/10.1111/apa.15270>
- Lyu, W., & Wehby, G. L. (2020). Community Use Of Face Masks And COVID-19: Evidence From A Natural Experiment Of State Mandates In The US. *Health Affairs*, 39(8), 1419–1425. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.00818>
- Manitoba Government. (2006). *Preparing for Pandemic Influenza in Manitoba*. <https://doi.org/10.1097/01.JPN.0000333919.22705.2e>
- Marasinghe, K. M. (2020). *A systematic review investigating the effectiveness of face mask use in limiting the spread of COVID-19 among medically not diagnosed individuals: shedding light on current recommendations provided to individuals not medically diagnosed with COVID-19*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-16701/v1>
- Martin, G. P., Hanna, E., & Dingwall, R. (2020). Urgency and uncertainty: Covid-19, face masks, and evidence informed policy. *The BMJ*, 369(May), 2020. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2017>
- Matusiak, Ł., Szepietowska, M., Krajewski, P., Białyński-Birula, R., & Szepietowski, J. C. (2020). Inconveniences due to the use of face masks during the COVID-19 pandemic: a survey study of 876 young people. *Dermatologic Therapy*. <https://doi.org/10.1111/dth.13567>
- Megnín-Viggars, O., Carter, P., Melendez-Torres, G. J., Weston, D., & Rubin, G. J. (2020). Facilitators and barriers to engagement with contact tracing during infectious disease outbreaks: A rapid review of the evidence. *PLOS ONE*, 15(10), e0241473. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241473>
- Mina, M. J., Parker, R., & Larremore, D. B. (2020). Rethinking Covid-19 Test Sensitivity — A Strategy for Containment. *New England Journal of Medicine*. nejm.org
- Ministero della Giustizia. (n.d.). *Ministero della Giustizia*.

<https://www.giustizia.it/giustizia/>

Ministero della Salute. (n.d.). *Ministero della Salute*. <http://www.salute.gov.it>

Moatti, J.-P. (2020). The French response to COVID-19: intrinsic difficulties at the interface of science, public health, and policy. *SSRN Electronic Journal*, 5. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3556346>

Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*, 139, 105730. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>

Morley, J., Cowls, J., Taddeo, M., & Floridi, L. (2020). Ethical guidelines for COVID-19 tracing apps. *Nature*, 582(7810), 29–31. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01578-0>

Müller, M. (2020). The start of the Austrian response to the COVID-19 crisis: a personal account. *Wiener Klinische Wochenschrift*. <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01693-y>

Munro, A. P. S., & Faust, S. N. (2020). Children are not COVID-19 super spreaders: Time to go back to school. *Archives of Disease in Childhood*, 19–20. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-319474>

National Research Council. (2020). *Rapid Expert Consultation on the Possibility of Bioaerosol Spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic (April 1, 2020)*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25769>

NSW Government. (2016). *Influenza Pandemic Plan*. <http://www.health.nsw.gov.au/policies/>

Okba, N., Muller, M., Li, W., Wang, C., GeurtsvanKessel, C., Corman, V., Lamers, M., Sikkema, R., de Bruin, E., Chandler, F., Yazdanpanah, Y., Le Hingrat, Q., Descamps, D., Houhou-Fidouh, N., Reusken, C., Bosch, B.-J., Drosten, C., Koopmans, M., & Haagmans, B. (2020). SARS-CoV-2 specific antibody responses in COVID-19 patients. *Emerging Infectious Diseases*, 2020.03.18.20038059. <https://doi.org/10.1101/2020.03.18.20038059>

Osservatoriosullefonti. (n.d.). *D.G.R. Piemonte 24 marzo 2020, n. 3 -1157 - Emergenza da COVID 19. Individuazione della prestazione di indagine diagnostica connessa alla ricerca di COVID-19 su tampone rino-faringeo, ad integrazione della D.G.R. n. 11-6036 del 02.07.2013*. <https://www.osservatoriosullefonti.it/emergenza-covid-19/fonti-regionali/piemonte/piemonte-atti-della-giunta-regionale/3170-emcovid-piemonte27>

Paltiel, A. D., Zheng, A., & Walensky, R. P. (2020). Assessment of SARS-CoV-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States. *JAMA Network Open*, 3(7). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.16818>

Phelan, A. L. (2020). COVID-19 immunity passports and vaccination certificates: scientific, equitable, and legal challenges. In *The Lancet* (Vol. 395, Issue 10237, pp.

- 1595–1598). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31034-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31034-5)
- Pichler, G., & Koliander, G. (2020). *Quick Review of Basic Pooled Testing Methods*. 1–8.
- Pilcher, C. D., Westreich, D., & Hudgens, M. G. (2020). Group Testing for Severe Acute Respiratory Syndrome- Coronavirus 2 to Enable Rapid Scale-up of Testing and Real-Time Surveillance of Incidence. *The Journal of Infectious Diseases*, 222(6), 903–909. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa378>
- Poethko-Müller, C., Prütz, F., Buttman-Schweiger, N., Fiebig, J., Sarganas, G., Seeling, S., Thamm, R., Baumann, J., Hamouda, O., Offergeld, R., Schaade, L., Lampert, T., & Neuhauser, H. (2020). Studien zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in Deutschland und international Studien zur Seroprävalenz von SARS-CoV-2 in Deutschland und international SEROEPIDEMIOLOGISCHE STUDIEN · AN. *Journal of Health Monitoring 1 FOCUS Journal of Health Monitoring Journal of Health*, 2020(5), 5. <https://doi.org/10.25646/7023>
- Poletti, M., & Raballo, A. (2020). Letter to the editor: Evidence on school closure and children’s social contact: Useful for coronavirus disease (COVID-19)? *Eurosurveillance*, 25(17), 1–2. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.17.2000758>
- Posfay-Barbe, K. M., Andrey, D. O., Virzi, J., Cohen, P., Pigny, F., Goncalves, A. R., Pinosch, S., Lacroix, L., Stringhini, S., Kaiser, L., Vuilleumier, N., & L’Huillier, A. G. (2020). Prevalence of IgG against SARS-CoV-2 and evaluation of a rapid MEDsan IgG test in children seeking medical care. *Clinical Infectious Diseases : An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1702>
- Public Health England Porton Down, & University of Oxford. (2020). *Preliminary report from the Joint PHE Porton Down & University of Oxford SARS-CoV-2 test development and validation cell: Rapid evaluation of Lateral Flow Viral Antigen detection devices (LFDs) for mass community testing*.
- Queensland Government. (2018). *Pandemic Influenza Plan* (Issue May). <https://www.health.qld.gov.au/clinical-practice/guidelines-procedures/diseases->
- Rees, E. M., Nightingale, E. S., Jafari, Y., Waterlow, N. R., Clifford, S., Carl, C. A., Group, C. W., Jombart, T., Procter, S. R., & Knight, G. M. (2020). COVID-19 length of hospital stay: A systematic review and data synthesis. *BMC Medicine*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01726-3>
- RKI. (n.d.). *RKI - Coronavirus SARS-CoV-2 - SARS-CoV-2 Steckbrief zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)*. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html#doc13776792bodyText11
- RKI. (2016). *Nationaler Pandemieplan, Teil II*. <https://doi.org/10.17886/rkipubl?2016?004.5>

- RKI. (2017). *Nationaler Pandemieplan Teil I*. <https://doi.org/10.17886/rkipubl-2017-005>
- RKI. (2020a). *Bericht zur Optimierung der Laborkapazitäten zum direkten und indirekten Nachweis von SARS-CoV-2 im Rahmen der Steuerung von Maßnahmen*.
- RKI. (2020b). *Coronavirus SARS-CoV-2 - Nationale Teststrategie – wer wird in Deutschland getestet?*
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Teststrategie/Nat-Teststrat.html
- RKI. (2020c). *Epidemiologisches Bulletin: COVID-19: Schulentscheidungen des Gesundheitsamts Köln für das Schuljahr 2019/2020*.
- RKI. (2020d). *RKI - Coronavirus SARS-CoV-2 - 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
- Roche. (2020). *Rapid Antigen Test*. <https://doi.org/10.32388/i6bigq>
- Romagnani, P., Gnone, G., Guzzi, F., Negrini, S., Guastalla, A., Annunziato, F., Romagnani, S., & De Palma, R. (2020). The COVID-19 infection: lessons from the Italian experience. *Journal of Public Health Policy*, 41(3), 238–244.
<https://doi.org/10.1057/s41271-020-00229-y>
- Romagnani, P., & Romagnani, S. (2020). *A tale of two testing strategies in Italy for Covid-19*. BMJ. <https://blogs.bmj.com/bmj/2020/05/22/a-tale-of-two-testing-strategies-in-italy-for-covid-19/>
- Römmele, C., Neidel, T., Heins, J., Heider, S., Otten, V., Ebigbo, A., Weber, T., Müller, M., Spring, O., Braun, G., Wittmann, M., Schoenfelder, J., Heller, A. R., Messmann, H., & Brunner, J. O. (2020). Bed capacity management in times of the COVID-19 pandemic: A simulation-based prognosis of normal and intensive care beds using the descriptive data of the University Hospital Augsburg. *Anaesthesist*, April.
<https://doi.org/10.1007/s00101-020-00830-6>
- Rundle, A. G., Park, Y., Herbstman, J. B., Kinsey, E. W., & Wang, Y. C. (2020). COVID-19–Related School Closings and Risk of Weight Gain Among Children. *Obesity*, 28(6), 1008–1009. <https://doi.org/10.1002/oby.22813>
- Rutz, S., Mattmann, M., Crede, A.-K., Funk, M., Siffert, A., & Häner, M. (2020). *Wirksamkeit nicht-pharmazeutischer Massnahmen zur Eindämmung des Corona virus – Eine Übersicht* (Issue 15).
- Salathé, M., Althaus, C. L., Neher, R., Stringhini, S., Emma, H., Fellay, J., Zwahlen, M., Senti, G., Battegay, M., Wilder-Smith, A., Eckerle, I., Egger, M., Low, N., Marcel, Z., Gabriela, S., Manuel, B., Annelies, W. S., Isabella, E., Matthias, E., & Low, N. (2020). COVID-19 epidemic in Switzerland: On the importance of testing, contact tracing and isolation. *Swiss Medical Weekly*, 150(11–12).
<https://doi.org/10.4414/smw.2020.20225>
- Schulze-Röbbecke, R., Reska, M., & Lemmen, S. (2020). Welche Schutzmaske schützt vor

- COVID-19? Was ist evidenzbasiert? *Krankenhaushygiene Up2date*, 15(02), 123–132. <https://doi.org/10.1055/a-1133-2046>
- Sciensano. (2020). *Testing Strategy Update August 2020: Pooling, Saliva Testing, RT-LAMP, Rapid Antigen Testing, Self-Collected Nose, Throat and Nasopharyngeal Swabs and Multiplex*.
- Setti, L., Passarini, F., De Gennaro, G., Barbieri, P., Perrone, M. G., Borelli, M., Palmisani, J., Di Gilio, A., Piscitelli, P., & Miani, A. (2020). Airborne transmission route of covid-19: Why 2 meters/6 feet of inter-personal distance could not be enough. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph17082932>
- Shani-Narkiss, H., Gilday, O. D., Yayon, N., & Landau, I. D. (2020). *Efficient and Practical Sample Pooling for High-Throughput PCR Diagnosis of COVID-19*. <https://doi.org/10.1101/2020.04.06.20052159>
- Shental, N., Levy, S., Skorniakov, S., Wuvshet, V., Shemer-Avni, Y., Porgador, A., & Hertz, T. (2020). *Efficient high throughput SARS-CoV-2 testing to detect asymptomatic carriers*. <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.20064618>
- Sheridan, C. (2020). Coronavirus and the race to distribute reliable diagnostics. In *Nature biotechnology* (Vol. 38, Issue 4, pp. 382–384). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1038/d41587-020-00002-2>
- Stempel, J. (2020). 3M wins injunction against mask seller accused of price gouging - Reuters. *Reuters*. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-3m-lawsuit/3m-wins-injunction-against-mask-seller-accused-of-price-gouging-idUSKBN22H2GK>
- Stutt, R. O. J. H., Retkute, R., Bradley, M., Gilligan, C. A., & Colvin, J. (2020). A modelling framework to assess the likely effectiveness of facemasks in combination with 'lock-down' in managing the covid-19 pandemic. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 476(2238). <https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0376>
- Täufer, M. (2020). Rapid, large-scale, and effective detection of COVID-19 via non-adaptive testing. *Journal of Theoretical Biology*, 506. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2020.110450>
- Theagarajan, L. N. (2020). *Group Testing for COVID-19: How to Stop Worrying and Test More*. <http://arxiv.org/abs/2004.06306>
- Tian, H., Liu, Y., Li, Y., Kraemer, M. U. G., Chen, B., Wu, C.-H., Cai, J., Li, B., Xu, B., Yang, Q., Wang, B., Yang, P., Cui, Y., Song, Y., Zheng, P., Wang, Q., Bjornstad, O. N., Yang, R., Grenfell, B., ... Dye, C. (2020). Early evaluation of transmission control measures in response to the 2019 novel coronavirus outbreak in China. *MedRxiv*, 2020.01.30.20019844. <https://doi.org/10.1101/2020.01.30.20019844>
- Ulrich, A., Bartkus, J., Moore, K. A., Hansen, G., & Mathieson, M. J. (2020). *COVID-19: The CIDRAP Viewpoint Part 3: Smart Testing for COVID-19 Virus and Antibodies*.

www.cidrap.umn.edu.

- van der Burg, D., Venhuizen, M., & Ehrismann, M. (2020). *Meerkosten voor GGD'en ten gevolge van Corona | Enhanced Reader*. moz-extension://219d2899-922b-4b7b-a303-edd4dc52c807/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fvng.nl%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2020-08%2Fdefinitief-rapport-meerkosten-ggd-ten-gevolge-van-covid-19-augustus-2020.pdf
- Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O., De Wit, E., & Munster, V. J. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. In *New England Journal of Medicine* (Vol. 382, Issue 16, pp. 1564–1567). Massachusetts Medical Society. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
- Van Lancker, W., & Parolin, Z. (2020). COVID-19, school closures, and child poverty: a social crisis in the making. *The Lancet Public Health*, S2468266720300840. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30084-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30084-0)
- Vechera, K. (2020). The brief comparison of the operational efficiency of pool-testing strategies for COVID-19 mass testing in PCR laboratories. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.07.14.20151415>
- Vihar, J. S., Patra, A., Kandukuri, G., & Gupta, D. (2020). Testing Strategies for COVID-19 Modalities & Experiences of Various Countries. *Praxis Undergraduate Medical Research Journal*, 3(SPECIAL). <http://praxisug.com/index.php/Praxis/article/view/99>
- Viner, R. M., Russell, S. J., Croker, H., Packer, J., Ward, J., Stansfield, C., Mytton, O., Bonell, C., & Booy, R. (2020). School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 0(0). [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(20\)30095-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(20)30095-X)
- Voo, T. C., Clapham, H., & Tam, C. C. (2020). Ethical implementation of “immunity passports” during the COVID-19 pandemic. *The Journal of Infectious Diseases*, Xx Xxx, 1–4. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa352>
- Wacharapluesadee, S., Kaewpom, T., Ampoot, W., Ghai, S., Khamhang, W., Worachotsueptrakun, K., Wanthong, P., Nopvichai, C., Supharatpariyakorn, T., Pucharoen, O., Paitoonpong, L., Suwanpimolkul, G., Jantarabenjakul, W., Hemachudha, P., Krichphiphat, A., Buathong, R., Plipat, T., & Hemachudha, T. (2020). Evaluating the efficiency of specimen pooling for PCR-based detection of COVID-19. *Journal of Medical Virology*, 92(10), 2306–2307. <https://doi.org/10.1002/jmv.26005>
- Walger, P., Heining, U., Knuf, M., Exner, M., Popp, W., Fischbach, T., Trapp, S., Hübner, J., Herr, C., & Simon, A. (2020). Children and adolescents in the CoVid-19 pandemic: Schools and daycare centers are to be opened again without restrictions. The protection of teachers, educators, carers and parents and the general hygiene rules do not conflict with this. *GMS Hygiene and Infection Control*, 15, Doc11.

<https://doi.org/10.3205/dgkh000346>

- Wang, G., Zhang, Y., Zhao, J., Zhang, J., & Jiang, F. (2020). Mitigate the effects of home confinement on children during the COVID-19 outbreak. In *The Lancet* (Vol. 395, Issue 10228, pp. 945–947). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30547-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30547-X)
- Watson, J., Whiting, P. F., & Brush, J. E. (2020). Interpreting a covid-19 test result. *The BMJ*, 369(May), 1–7. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1808>
- Williamson, E. J., Walker, A. J., Bhaskaran, K., Bacon, S., Bates, C., Morton, C. E., Curtis, H. J., Mehrkar, A., Evans, D., Inglesby, P., Cockburn, J., McDonald, H. I., MacKenna, B., Tomlinson, L., Douglas, I. J., Rentsch, C. T., Mathur, R., Wong, A. Y. S., Grieve, R., ... Goldacre, B. (2020). Factors associated with COVID-19-related death using OpenSAFELY. *Nature*, 584(7821), 430–436. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2521-4>
- Woessmann, L. (2020). Folgekosten ausbleibenden Lernens: Was wir über die Corona-bedingten Schulschließungen aus der Forschung lernen können. *Ifo Schnelldienst*, 73(6), 1–7. <https://www.ifo.de/DocDL/sd-2020-06-vorab-woessmann-corona-schulschliessungen.pdf>
- Wölfel, R., Corman, V. M., Guggemos, W., Seilmaier, M., Zange, S., Müller, M. A., Niemeyer, D., Jones, T. C., Vollmar, P., Rothe, C., Hoelscher, M., Bleicker, T., Brünink, S., Schneider, J., Ehmann, R., Zwirgmaier, K., Drosten, C., & Wendtner, C. (2020). Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*, 581(7809), 465–469. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2196-x>
- Woloshin, S., Patel, N., & Kesselheim, A. S. (2020). False Negative Tests for SARS-CoV-2 Infection - Challenges and Implications. *The New England Journal of Medicine*, 383(6), e38. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2015897>
- Workman, J. (2020). *Funding : Disclosure* : 10–12. <https://doi.org/10.1002/oby.22960>
- World Health Organization. (2005). *International Health Regulations (2005)* (Vol. 2005).
- World Health Organization. (2011). *Hospital Emergency Response Checklist*. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/268766/Hospital-emergency-response-checklist-Eng.pdf
- World Health Organization. (2014). *Hospital Preparedness for Epidemics*. 71. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/151281/1/9789241548939_eng.pdf
- World Health Organization. (2019). *Global influenza strategy 2019-2030*.
- World Health Organization. (2020a). "Immunity passports" in the context of COVID-19.
- World Health Organization. (2020b). *Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance, 5 June 2020*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2020c). *Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance, 6 April 2020*. World Health Organization.

- World Health Organization. (2020d). Laboratory testing strategy recommendations for COVID-19. In *World Health Organization* (Issue March).
- World Health Organization. (2020e). *Population-based age-stratified seroepidemiological investigation protocol for coronavirus 2019 (COVID-19)infection*.
- World Health Organization. (2020f). *Rapid hospital readiness checklist*.
- Xie, X., Xue, Q., Zhou, Y., Zhu, K., Liu, Q., Zhang, J., & Song, R. (2020). Mental Health Status among Children in Home Confinement during the Coronavirus Disease 2019 Outbreak in Hubei Province, China. In *JAMA Pediatrics*. American Medical Association. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2020.1619>
- Yan, Y., Bayham, J., Fenichel, E. P., & Richter, A. (2020). Do Face Masks Create a False Sense of Security? A COVID-19 Dilemma. *MedRxiv*, 2020.05.23.20111302. <https://doi.org/10.1101/2020.05.23.20111302>
- Yelagandula, R., Bykov, A., Vogt, A., Heinen, R., Oezkan, E., Strobl, M. M., Baar, J. C., Uzunova, K., Hajdusits, B., Kordic, D., Suljic, E., Kurtovic-Kozaric, A., Izetbegovic, S., Schaeffer, J., Hufnagl, P., Zoufaly, A., Seitz, T., Foedinger, M., Allerberger, F., ... Elling, U. (2020). SARSeq, a robust and highly multiplexed NGS assay for parallel detection of SARS-CoV2 and other respiratory infections. *MedRxiv*, 2020.10.28.20217778. <http://medrxiv.org/content/early/2020/11/03/2020.10.28.20217778.abstract>
- Yelin, I., Aharony, N., Tamar, E. S., Argoetti, A., Messer, E., Berenbaum, D., Shafran, E., Kuzli, A., Gandali, N., Shkedi, O., Hashimshony, T., Mandel-Gutfreund, Y., Halberthal, M., Geffen, Y., Szwarcwort-Cohen, M., & Kishony, R. (2020). Evaluation of COVID-19 RT-qPCR Test in Multi sample Pools. *Clinical Infectious Diseases*, *Xx*, 1–6. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa531>
- Zangmeister, C. D., Radney, J. G., Vicenzi, E. P., & Weaver, J. L. (2020). Filtration Efficiencies of Nanoscale Aerosol by Cloth Mask Materials Used to Slow the Spread of SARS CoV-2. *ACS Nano*. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c05025>