

Zusammenfassung der Effektivität nichtpharmazeutischer Interventionen zur Eindämmung der COVID-19 Pandemie

D. Brockmann, A. Burdinski, P. Klamser, B. F. Maier, A. Pelcaru, M. Wiedermann, and A. Zachariae*

*in alphabetischer Reihenfolge

Kontakt: dirk.brockmann@hu-berlin.de,
<https://rocs.hu-berlin.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Methodik	5
2.1	Quellenauswahl & Ausschlusskriterien	5
2.2	Methoden innerhalb der analysierten Übersichtsartikel	7
3	Einschätzung der verschiedenen Maßnahmen	8
3.1	Masken- und Hygienegebote	12
3.2	Grenzsicherungen, nationale Reisebeschränkungen und Schließung des ÖPNV . .	15
3.3	Ausgangssperren, Stay-at-home-Orders und Lockdowns	16
3.4	Vorgaben zum Einhalten von Mindestabständen	22
3.5	Quarantäne und Isolation	24
3.6	Geschäfts- und Unternehmensschließungen	25
3.7	Absage von Massenveranstaltungen und Versammlungsbeschränkung	26
3.8	Schulsicherungen und -öffnungen	30
3.9	Ausbau von Testkapazitäten und Kontaktnachverfolgung	35
4	Literaturverzeichnis	36
5	Tabellarische Übersicht der Ergebnisse	47
6	Vergrößerte Abbildungen	66

Kurzzusammenfassung

Der vorliegende Bericht bewertet die Effektivität verschiedener nichtpharmazeutischer Interventionen (NPIs) zur effektiven Eindämmung und Kontrolle der COVID-19 Pandemie. Grundlage dieser Zusammenstellung ist eine systematische Recherche der vorhandenen Literatur auf Basis festgelegter Such-, Auswahl- und Ausschlusskriterien. Hierbei wird insbesondere darauf geachtet, dass die ausgewerteten Studien sowohl wissenschaftlich bereits begutachtet und darüber hinaus bereits in mindestens einem Übersichtsartikel zu der gegebenen Thematik erschienen sind. Dieses Vorgehen ermöglicht eine doppelte Qualitätskontrolle und filtert somit wohl rezipierte von noch nicht ausreichend bewerteten Studien. Allerdings ist zu beachten, dass durch diesen Prozess vor allem neuere Arbeiten noch keinen Eingang in den vorliegenden Bericht gefunden haben.

Wir bewerten insgesamt acht (Gruppen von) NPIs, deren Wirksamkeit sich im Kern wie folgt ergibt. Die Wirksamkeit von **Masken- und Hygienegeboten** wird überwiegend positiv bewertet. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Kontrolle beobachteter Fallzahlen als auch der COVID-19 assoziierten Todesfälle. Hierbei ist hervorzuheben, dass eine **frühzeitige Einführung** der entsprechenden Gebote die **langfristige Wirksamkeit** erhöht, der positive Effekt wird hier teilweise stärker geschätzt als der flächendeckender Lockdowns. **Grenzsicherungen und Reisebeschränkungen** waren laut Studienlage vor allem in der Frühphase der Pandemie mitunter eine der effektivsten NPIs. Jedoch bleibt unklar, ob der genaue Zeitpunkt der Einführung für die Wirksamkeit relevant ist. Tendenziell verlieren internationale Reisebeschränkungen im Verlauf der Pandemie an Bedeutung. Dies gilt spätestens sobald das Virus beginnt sich in einem betreffenden Land auszubreiten. Nationale Reisebeschränkungen werden als sinnvoll erachtet, wenn sie direkt im Nachgang eines lokalen oder nationalen Ausbruchs implementiert werden. Die Schließung des öffentlichen Personennahverkehrs wird konsistent als verhältnismäßig wenig wirksam eingeschätzt. Darüber hinaus kommt der Großteil der ausgewerteten Studien zu dem Schluss, dass **Versammlungsbeschränkungen und die Absage von Massenveranstaltungen** einen signifikanten reduzierenden Effekt auf die beobachteten Inzidenzen, Wachstumsraten und resultierenden Fallzahlen haben. Je geringer die Obergrenze für die erlaubte Teilnehmerzahl, desto effektiver ist hierbei die Maßnahme zu bewerten. In vielen der betrachteten Übersichtsstudien werden vor allem **Versammlungsbeschränkungen als effektivste NPI** benannt. Dennoch ist zu beachten, dass einige wenige Studien keinen messbar positiven Effekt entsprechender Maßnahmen feststellen, da diese nicht immer von den Wirksamkeiten anderer NPIs zu trennen sind. Die Effektivität von **Lockdowns** wird mehrheitlich mit einer statistisch signifikanten Reduktion der effektiven Reproduktionszahl assoziiert. Vor allem erzielt eine **frühe Umsetzung** einen **hohen positiven Effekt** um die Übertragbarkeit von Sars-CoV-2 zu minimieren. Die Studienlage zeigt, dass stark betroffene Länder, wie beispielsweise Italien, in der ersten Welle durch den nationalen Lockdown die effektive Reproduktionszahl auf ein kontrollierbares Niveau senken konnten. Regional umgesetzte Lockdowns erwiesen sich ebenfalls als eine effektive Maßnahme, insbesondere um einen Anstieg der Fallzahlen zu verlangsamen. Weiterhin wird in mehreren Studien bemerkt, dass zu frühe Lockerungen zu einem ungewollt rapiden Anstieg der Fallzahlen führen können. Die Studienlage zur Bewertung von **Ge-**

boten zum Einhalten von Mindestabständen sowie **Quarantäne- und Isolationsvorschriften** ist vergleichsweise weniger umfangreich. Dennoch sind beide Maßnahmen positiv zu bewerten. Das Einhalten von Mindestabständen, sowohl im privaten als auch im öffentlichen Raum reduziert das Infektionsrisiko messbar signifikant. Gleiches gilt bei einer schnellen Anordnung von Quarantäne und Isolation, die sich sowohl in deutlich verringertem Übertragungsrisiko sowie einem stark verkürzten seriellen Intervall manifestieren. **Geschäfts- und Unternehmensschließungen** werden ebenfalls mit einer signifikanten Reduktion der effektiven Reproduktionszahl sowie den Fallzahlen in Verbindung gebracht. Vor allem die Schließung von Bars, Fitnessstudios, Restaurants und Kinos, also Orten mit tendenzielle erhöhtem Infektionsrisiko wird konsistent als effektive Maßnahme bewertet. Auch die Mortalitätsrate kann durch Geschäftsschließungen reduziert werden, die Studienlage hinsichtlich dieser Variable ist aber weniger umfangreich. Die Effektivität der **Schließung von Schulen** wurde in einer Vielzahl von Arbeiten als signifikant eingestuft. In den Fällen, in denen keine signifikante Reduzierung der Reproduktionszahl ermittelt werden konnten, gab es häufig starke andere Maßnahmen innerhalb der noch geöffneten Schulen, durch die Übertragungen bereits hinreichend verhindert werden konnten. Besonders die Studien mit der stärksten Datenlage hinsichtlich der Effekte von Schulschließungen bestätigen diese Schlussfolgerungen. In diesem Sinne erweisen sich Schulschließungen vor allem nur dann als sehr effektiv, wenn keine anderen Maßnahmen ergriffen werden können.

Zusammenfassend werden der Großteil der betrachteten Maßnahmen somit als effektiv bewertet, insbesondere wenn sie schnell und früh als Antwort auf steigende Inzidenz umgesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Mehrheit der analysierten Studien auf Daten aus dem ersten Pandemiejahr, bzw. den frühen Pandemiewellen, beruhen. In vielen Fällen ist dies der Tatsache geschuldet, dass vor allem in diesen Zeiträumen der Übergang von einer Phase ohne jegliche NPIs zu einer Phase mit entsprechenden NPIs quantifizierbar war und somit entsprechende Effektstärken berechnet werden konnten. Weiterhin war in dieser Zeit weltweit der Wildtyp von Sars-CoV-2 vorherrschend, sodass kaum Verzerrungseffekte durch verschiedene Virusvarianten erwartbar sind. Ebenso waren in dieser Phase der Pandemie noch keine Impfstoffe verfügbar, sodass in großen Teilen der Bevölkerung keine Immunität herrschte. Vergleiche verschiedener Populationen sowohl innerhalb als auch zwischen einzelnen Ländern sind somit möglich. Obgleich der vielen positiven Effekte hinsichtlich der Vergleichbarkeit von Studien und der Quantifizierbarkeit von Schutzmaßnahmen ist diese Tatsache dennoch bei der Interpretation der Ergebnisse, vor allem im heutigen Kontext, zu berücksichtigen.

1 Einleitung

Nichtpharmazeutische Interventionen (NPIs), bzw. sogenannte Schutzmaßnahmen, wie Maskengebote oder Abstandsregeln, sind gerade in der Frühphase einer Pandemie häufig das einzige Mittel zur Kontrolle der Ausbreitung von Infektionen. Insbesondere das Einhalten von Mindestabständen und das Tragen von Mund-Nase-Bedeckungen (Masken), haben sich bereits in

früheren Pandemien (insb. SARS und MERS) als geeignet erwiesen um effektive Reproduktionszahlen, sowie Fall- und Todeszahlen zu reduzieren [Chu et al., 2020]. Erst mit dem Auftreten möglicher medizinischer Behandlungsmöglichkeiten oder Präventivmaßnahmen stehen weitere Mittel zur Pandemiekontrolle bereit, im Falle der COVID-19 Pandemie vergingen allerdings mehrere Monate bis zu einem Jahr, bevor solche Instrumente flächendeckend zur Verfügung standen. Auch im momentanen gesellschaftspolitischen Diskurs und der sich andeutenden Infektionswelle im Herbst 2022 in Deutschland wird erneut über die Möglichkeit zur breiteren Einführung von NPIs diskutiert. Im Gegensatz zur Frühphase der Pandemie steht allerdings mittlerweile eine umfangreiche Studien- und Datenlage bereit auf Basis derer Entscheidungen über etwaige Maßnahmen reflektiert werden können. Allerdings verhindert der schiere Umfang der zur Verfügung stehenden Literatur teilweise die Bewertung, da ohne systematische Recherche nur schwer eine Aussage zu konsensfähigen Erkenntnissen oder möglichen Diskursen getroffen werden kann.

Eine Schlagwortsuche bei Google Scholar nach den Begriffen “(nonpharmaceutical OR interventions) AND covid” ergibt ca. 2.27 Millionen mögliche Treffer. Selbst eine Einschränkung des Suchradius auf “nonpharmaceutical AND interventions AND covid” ergibt noch 34,400 relevante Artikel. Um eine bessere Übersicht über die Studienlage zu erlangen ist das Ziel dieses Berichts, eine systematische Aufarbeitung und Betrachtung der Studienlage hinsichtlich der Wirksamkeit von NPIs anhand möglichst objektiver Kriterien zu dokumentieren. Im vorliegenden Bericht wird daher ein möglichst transparenter und strukturierter Formalismus zur Recherche gepaart mit einem wohldefinierten Auswahlkriterium für zu berücksichtigende Studien genutzt. Im Kern werden hierbei nur wissenschaftliche Studien betrachtet, die den üblichen Peer-Review-Prozess wissenschaftlicher Begutachtung durchlaufen haben und bereits in mindestens einer Übersichtsstudie aufgegriffen, für relevant befunden und auf mögliche Limitationen hin untersucht wurden (siehe Abschnitt 2 für Details). Eine detailgenaue Betrachtung der folgenden (Gruppen von) Interventionen folgt dann gemäß nachstehender Reihenfolge in Abschnitt 3: (i) Masken- und Hygienegebote; (ii) Grenzschließungen, nationale Reisebeschränkungen und Schließung des ÖPNV; (iii) Ausgangssperren, Stay-at-home-Orders und Lockdowns; (iv) Vorgaben zum Einhalten von Mindestabständen (v) Quarantäne und Isolation; (vi) Geschäfts- und Unternehmensschließungen; (vii) Absage von Massenveranstaltungen und Versammlungsbeschränkung; (viii) Schulschließungen und -öffnungen; (ix) Ausbau von Testkapazitäten und Kontaktnachverfolgung.

Wir untersuchen im vorliegenden Bericht die Effektivität der oben genannten Maßnahmen hinsichtlich messbarer Kenngrößen zur Kontrolle der Pandemie. Da der Großteil dieser Interventionen zumeist auf eine Reduktion des Kontaktverhaltens abzielen, konnten ihre generelle Wirksamkeit (nicht notwendigerweise unterschieden nach spezifischen Maßnahmen) auch in dem Rückgang anderer Krankheitenprävalenzen beobachtet werden: So wurde beispielsweise im Jahr 2020 eine Abnahme der Hospitalisierungsrate von Asthmafällen um 66% in 272 japanischen Krankenhäusern festgestellt [Abe et al., 2021], ein ähnlicher Rückgang wurde in Südkorea beobachtet [Huh et al., 2021]. Die Zahl der Influenzafälle ist in Hongkong, Japan und Taiwan ist ebenfalls messbar rückläufig gewesen [Itaya et al., 2020]. Auf diese zwar positiven, aber indirekten, Nachweise

Tabelle 1: Suchkriterien für die Auswahl von Übersichtsarbeiten mit `scholar.google.com`. Die Ergebnisseiten sind die Anzahl von Seiten, die nach relevanten Übersichtsarbeiten durchsucht wurden.

Suchwortkombination	Veröffentlicht seit	sortiert nach	Typ	Ergebnisseiten
npi covid mobility	2021	Relevanz	Review	5
npi covid	2021	Relevanz	Review	4
npi covid review	2022	Relevanz	alle	2
npis AND covid AND (efficacy OR effectiveness)	2021	Relevanz	Review	2

der Effektivität getroffener Schutzmaßnahmen gegenüber der Ausbreitung anderer Krankheiten als COVID-19 [z.B. Ahn, 2022] gehen wir jedoch im Folgenden nicht weiter ein.

2 Methodik

Im folgenden beschreiben wir kurz die Methodik unserer systematischen Literaturrecherche, angewandte Auswahl- und Ausschlusskriterien für einzelne Studien, sowie grundlegende Methoden zur Meta-Analyse die in den betrachteten Übersichtsstudien zur Anwendung kommen.

2.1 Quellenauswahl & Ausschlusskriterien

Wir fokussieren diesen Bericht auf eine Auswahl an Primärquellen, die bereits in veröffentlichten Übersichtsstudien untersucht wurden und die Aussagen über die Effektivität von mindestens einer, bestenfalls mehrerer, NPIs machen. Wir beginnen dazu mit einer Literaturrecherche nach Übersichtsarbeiten (sogenannten “Reviews”) über die Effektivität von NPIs. Dabei benutzen wir die in Tabelle 1 aufgelisteten Suchwortkombinationen und Einstellungen in Google Scholar (`scholar.google.com`), eine der etabliertesten Datenbanken für wissenschaftliche Publikationen. Dieses Vorgehen ist kongruent mit der typischen Methode zum Erstellen von Übersichtsarbeiten [Walsh et al., 2021, Hirt et al., 2022, Haber et al., 2022]. Für alle gefunden Studien wurden Titel und Zusammenfassung (“Abstract”) gelesen und falls die Übersichtsarbeit geeignete Studien enthalten könnte (siehe Tabelle 3) auf passende Primärquellen (also innerhalb der Übersichtsstudie referenzierte Arbeiten) durchsucht, falls relevante Informationen zur Bestimmung der Maßnahmenefektivität angedeutet waren. Aus diesen Primärquellen wurden diejenigen recherchiert, welche die folgenden Kriterien erfüllten: (i) Mindestens eine NPI auf Ihre Effektivität hinsichtlich der Kontrolle von COVID-19 im Abstract bewertet wurde; (ii) die präsentierten Ergebnisse auf Beobachtungsdaten beruhen (wir schließen hier Studien basierend auf Modellergebnissen explizit aus); (iii) die Effektivität entsprechender NPIs aufgrund von Daten aus der COVID-19 Pandemie (nicht durch frühere Pandemien) bestimmt wird; (iv) die Stichprobengröße ausreichend ist, um allgemein gültige Aussagen abzuleiten (siehe unten); (v) es sich bei der Arbeit nicht um einen “pre-print” handelt.

Das Kriterium einer hinreichenden Stichprobengröße ist wichtig bei der Effektivitätsbewertung von z.B. (i) internationalen Reisebeschränkungen, (ii) Schulschließungen und (iii) Quarantäne und Isolationsmaßnahmen. Dies könnte beispielsweise bedeuten, dass Studien weniger belastbar sind, wenn sie die Ansteckungswahrscheinlichkeiten in Flugzeugen durch eine oder wenige infizierte Personen nur während eines einzigen Fluges untersuchen, Ansteckungswahrscheinlichkeiten in einer Schule durch das Testen von unter 100 Schülern bestimmen, oder die Übertragungsraten in nur wenigen Haushalten mit Personen in Quarantäne/Isolation geschätzt werden. In wenigen Fällen haben wir bei diesem Vorgehen Ausnahmen zugelassen. Dies galt dann wenn geringe Stichprobengrößen unvermeidbar waren oder trotzdem überzeugende Effekte gezeigt werden konnten. Beispiele hierfür sind, Schulen in denen ein Ausbruch stattfand und währenddessen die Schule geschlossen wurde (erlaubt vorher/nachher-Vergleich) [Fontanet et al., 2021] oder wenn eine Schule ausnahmsweise offen bleibt während alle anderen Schulen des Landes schließen [Kriger et al., 2021]. Solche Ausnahmen werden in den entsprechenden Abschnitten weiter unten explizit erwähnt.

Um die Qualitätsbewertung der Studien zu erleichtern, wird im Folgenden bei jeder erwähnten Studie die Fachzeitschrift in Klammern mit angegeben. In Tabelle 2 ist jeweils der 2-Jahres "Impact Factor" angegeben, der einen groben Vergleich der Reichweite verschiedener Zeitschriften ermöglicht. Generell gilt, dass höhere Impact Faktoren einer höheren Reichweite entsprechen. Umso größer sind häufig auch die Ansprüche an die dort veröffentlichte Arbeit. Außerdem geben wir als Richtlinie für jede untersuchte Primärquelle die Anzahl der Zitationen seit Veröffentlichung in den jeweiligen Übersichtstabellen der Maßnahmen am Ende dieses Dokuments an (Tabellen 4-11)

Weiterhin ist zu beobachten, dass viele der berücksichtigten Primärquellen Daten aus dem ersten Pandemiejahr, bzw. der ersten Pandemiewelle, untersuchen. Dies ist häufig der Tatsache geschuldet, dass nur zu dieser Zeit der Übergang von einer Phase ohne jegliche NPIs (also der "natürlichen" Ausbreitungsdynamik von Sars-CoV-2) zu einer Phase mit NPIs quantifizierbar war. Weiterhin war in dieser Zeit global der Wildtyp des Virus vorherrschend, sodass keine Verzerrungseffekte durch unterschiedliche Virusvarianten zu erwarten sind. Ebenso waren Impfstoffe noch nicht verfügbar, sodass in großen Teilen der Bevölkerung keine sonstige Immunität herrschte und ein Vergleich sowohl innerhalb als auch zwischen einzelnen Ländern einfacher möglich ist. Dennoch ist diese Tatsache bei der Interpretation aller folgenden Ergebnisse zu berücksichtigen.

Abschließend stellen wir fest, dass das Risiko, durch unseren Fokus auf lediglich eine Literaturdatenbank (Google Scholar), relevante Primärquellen nicht in die vorliegende Analyse aufzunehmen als gering eingeschätzt werden kann, da ein Großteil der untersuchten Übersichtsarbeiten [Herby et al., 2022, Mendez-Brito et al., 2021, Talic et al., 2021, El Jaouhari et al., 2021, Walsh et al., 2021] ihrerseits bereits Studien aus einer Vielzahl von Literaturdatenbanken (z.B.: EMBASE, Medline, MedRxiv, PubMed, CINAHL, Global Health, Biosis) zusammengetragen haben.

2.2 Methoden innerhalb der analysierten Übersichtsartikel

Innerhalb der von uns nach Tab. 1 recherchierten Übersichtsartikel werden spezifische Methoden, insbesondere zur Qualitätsbewertung der Primärquellen, angewandt. Wir geben hier eine kurze Übersicht der Methoden, die zum Verständnis unseres Berichts förderlich sind. Die Übersichtsartikel deren Primärquellen berücksichtigt wurden (siehe Tab. 3) verwendeten zumeist (in 7 von 9 Fällen) eine systematische Literaturrecherche von denen wiederum die meisten (6 von 7 Studien) die PRISMA-Methodik (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses = Bevorzugte Berichterstattungselemente für systematische Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen) gemäß Moher et al. [2009] für Suchstrategie und Zulassungskriterien angewandt haben. Bei der PRISMA-Methodik sollen u.a. folgende Punkte sichergestellt werden: (i) Nachvollziehbarkeit der Literaturrecherche durch ein vordefiniertes Protokoll zur Suche und Auswahl und Bewertung der Arbeiten (diese kann auch iterativ angepasst werden, was jedoch dokumentiert werden soll), (ii) Bewertung des Verzerrungsrisikos bezüglich der Ergebnisse, d.h. es soll überprüft werden, ob die Daten und die angewandte Methodik um auf das Ergebnis zu kommen valide sind. (iii) Bewertung des Verzerrungsrisikos durch bekannte Verzerrungen wie z.B. der Veröffentlichungsverzerrung nach der positive, statistisch signifikante Ergebnisse veröffentlicht werden und nur selten Hypothesen, die nicht bestätigt werden konnten.

Um das Verzerrungsrisiko zu bewerten wurden verschiedene Methoden angewandt [u.a. Dufault and Klar, 2011, Sterne et al., 2016, Haber et al., 2021]. Im Folgenden skizzieren wir eine dieser Methoden, da sie in einer Übersichtsarbeit verwendet wurde [Talic et al., 2021], auf die wir im folgenden häufig Bezug nehmen. Die ROBINS-I Methode ("Risk Of Bias In Non-randomised Studies - of Interventions") [Sterne et al., 2016] beleuchtet sieben Bereiche, in denen mögliche Verzerrungen in nicht-randomisierten Studien auftreten können. Mittels standardisiertem Fragenkatalog kann das Risiko einer Verzerrung der Ergebnisse einer Studie untersucht werden. Die Summe aller Antworten ergibt dann die Gesamtschätzung des Verzerrungsrisikos. Es gilt: je geringer das Risiko, desto eher können die Ergebnisse im Sinne einer randomisierten Studie interpretiert werden. Zu den sieben abgedeckten Bereichen gehören u.a. Störfaktoren in der Datenerhebung, nicht repräsentative Auswahl der Studienteilnehmer, lückenhafte Datenlage, nicht ausgewogenen Berichterstattung der Ergebnisse, nicht-einheitlicher Messmethoden. Studien mit einem geringen oder moderatem Verzerrungsrisiko, kann als verlässlich angesehen werden, sie bilden somit eine gute Alternative zu randomisierten Kontrollstudien. Ergebnisse mit hohem oder kritischem Bias sollten hingegen mit entsprechender Vorsicht gelesen und interpretiert werden.

Darüber hinaus verwenden insbesondere [Talic et al., 2021] in Ihrem Review ein sogenanntes "meta analysis random effects"-Modell [DerSimonian and Laird, 1986] um die Ergebnisse verschiedener Primärquellen zusammenzufassen (ähnliche zu einem gewichteten Mittelwert), die wiederum eine Aussage über die Signifikanz des Resultats zulässt.

Mit diesen Methoden wurden systematisch Arbeiten herausgefiltert die nicht den gängigen Qualitätsstandards entsprechen. Beispielsweise begann die Übersichtsarbeit von Haber et al. [2022] mit ca. 2,000 Suchergebnissen aus PubMed, welches mittels der o.a. Methodik zunächst

auf 100, dann nach eingängigem Studium auf 36 und final von 3 unabhängigen Gutachtern [nach Haber et al., 2021] per Konsens auf 4 relevante Artikel reduziert wurde. Diese Filterstärke ist durchaus repräsentativ, so wurden in Herby et al. [2022] von den ca. 19,000 identifizierten Primärquellen nur 83 nach Anwendung der Filterkriterien genauer untersucht.

Weiterhin ist zu beachten, dass viele der im Folgenden vorgestellten Primärquellen stets Mediane oder Mittelwerte und entsprechende Konfidenzintervalle angeben. Letztere beschreiben ein Intervall in dem der gemessene Effekt mit großer Wahrscheinlichkeit (meist 95%) liegt. Zur besseren Lesbarkeit werden in diesem Bericht lediglich die Mittelwerte und Mediane der Beobachteten Effekte angegeben, weitere statistische Details sind daher den Primärquellen (meist direkt in der entsprechenden Kurzzusammenfassung/Abstract) zu entnehmen. Eine komprimierte Übersicht der Ergebnisse aller in diesem Bericht diskutierten Primärquellen findet sich in tabellarischer Form am Ende des Dokuments.

3 Einschätzung der verschiedenen Maßnahmen

Im folgenden stellen wir in einzelnen Abschnitten zu den jeweiligen nichtpharmazeutischen Interventionen (NPIs) die Studien vor, welche wir gemäß unserer Methodik (siehe Abschnitt 2) für die vorliegende Übersichtsarbeit ausgewählt haben. Wir weisen explizit darauf hin, dass wir mit unserer Methodik zur Auswahl von Primärquellen bestimmte Arbeiten explizit ausschließen, in dem wir nur Veröffentlichungen aufnehmen, die bereits in Fachzeitschriften erschienen und begutachtet (“peer-reviewed”) wurden. Ebenso nehmen wir nur Studien auf, auf die bereits in anderen Übersichtsarbeiten (sog. “Reviews”) Bezug genommen wird. Sogenannte “pre-prints”, also Artikel die noch nicht in einer Fachzeitschrift veröffentlicht wurden, finden hier keine Beachtung, da eine generelle Qualitätseinschätzung nicht möglich ist.

Die Beschränkung, dass Studien bereits in Review-Artikeln rezipiert sein sollten, schließt diejenigen Arbeiten aus, die erst nach den von uns berücksichtigten Übersichtsarbeiten (zumeist Mitte 2021) veröffentlicht wurden. Es ist jedoch stark davon auszugehen, dass das große öffentliche Interesse und die damit einhergehende Dringlichkeit bereits umfangreiche qualitativ hochwertige Studien in den ersten 12-18 Monaten der Pandemie hervorgebracht hat. Auch sind die zur Verfügung stehenden Daten aus der Frühphase der Pandemie mitunter besonders geeignet um die Wirksamkeit von Maßnahmen zu bewerten, da zum einen noch keine unterschiedlichen Varianten von SARS-CoV-2 im Umlauf waren und zum anderen weltweit von einer gleich krankheitsanfälligen Bevölkerung ausgegangen werden kann, insbesondere da noch keine Impfstoffe zur Verfügung standen oder verteilt wurden. Beide vorgenannten Gründe erleichtern somit Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern, welche die Grundlage von einem Großteil der Arbeiten bilden.

In den folgenden Abschnitten zu den einzelnen Maßnahmen werden wir ihre Effektivität zur Eindämmung der Pandemie separat darstellen. Dieser getrennten Betrachtungsweise müssen wir voranstellen, dass in den meisten Ländern (z.B.: Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Spanien, Luxemburg, siehe Abb. 1) mehrere Maßnahmen zur gleichen Zeit

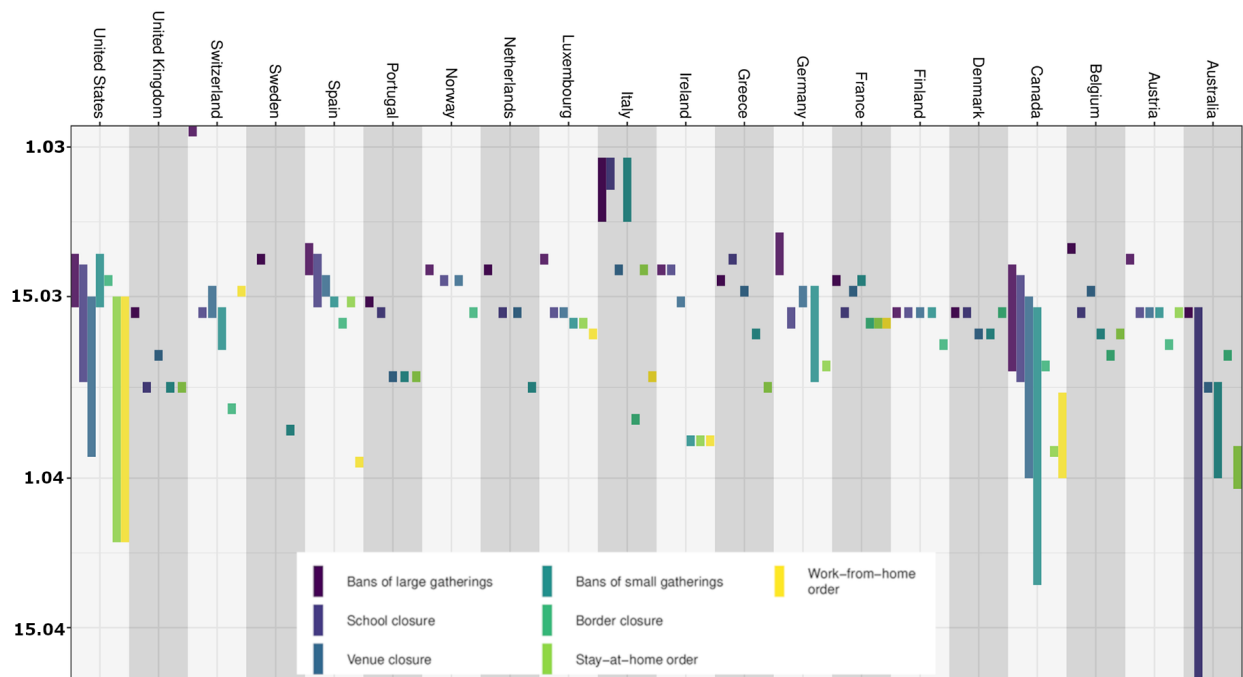


Abbildung 1: Inkrafttreten der NPIs für ausgewählte Länder. Ein längerer Zeitraum (vertikale Linien) bedeutet, dass die Regionen/Bundesstaaten eines Landes die NPI zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingesetzt haben. Abbildung adaptiert von Banholzer et al. [2021].

bzw. nur wenige Tage versetzt (oft um den 15.03.2020) eingeführt wurden. Viele Studien nehmen darauf implizit Rücksicht, indem nur bestimmte Bevölkerungsgruppen berücksichtigt werden oder indem die Ergebnisse für andere Maßnahmen korrigiert werden. Andere Studien berücksichtigen die Vielzahl von Maßnahmen explizit [Banholzer et al., 2021, Jüni et al., 2020, Brauner et al., 2021, Liu et al., 2021, Haug et al., 2020] und ordnen jeder einzelnen Intervention einen Anteil an der Reduktion der effektiven Reproduktionszahl (der üblichen Zielvariable für die Kontrolle der Pandemie) zu. Diese Studien tauchen somit in den meisten der folgenden Abschnitten dieses Berichts auf, die entsprechenden zentralen Ergebnisse sind, soweit in der Studie grafisch aufgearbeitet, bereits in Abb. 2 schon einmal zusammengefasst.

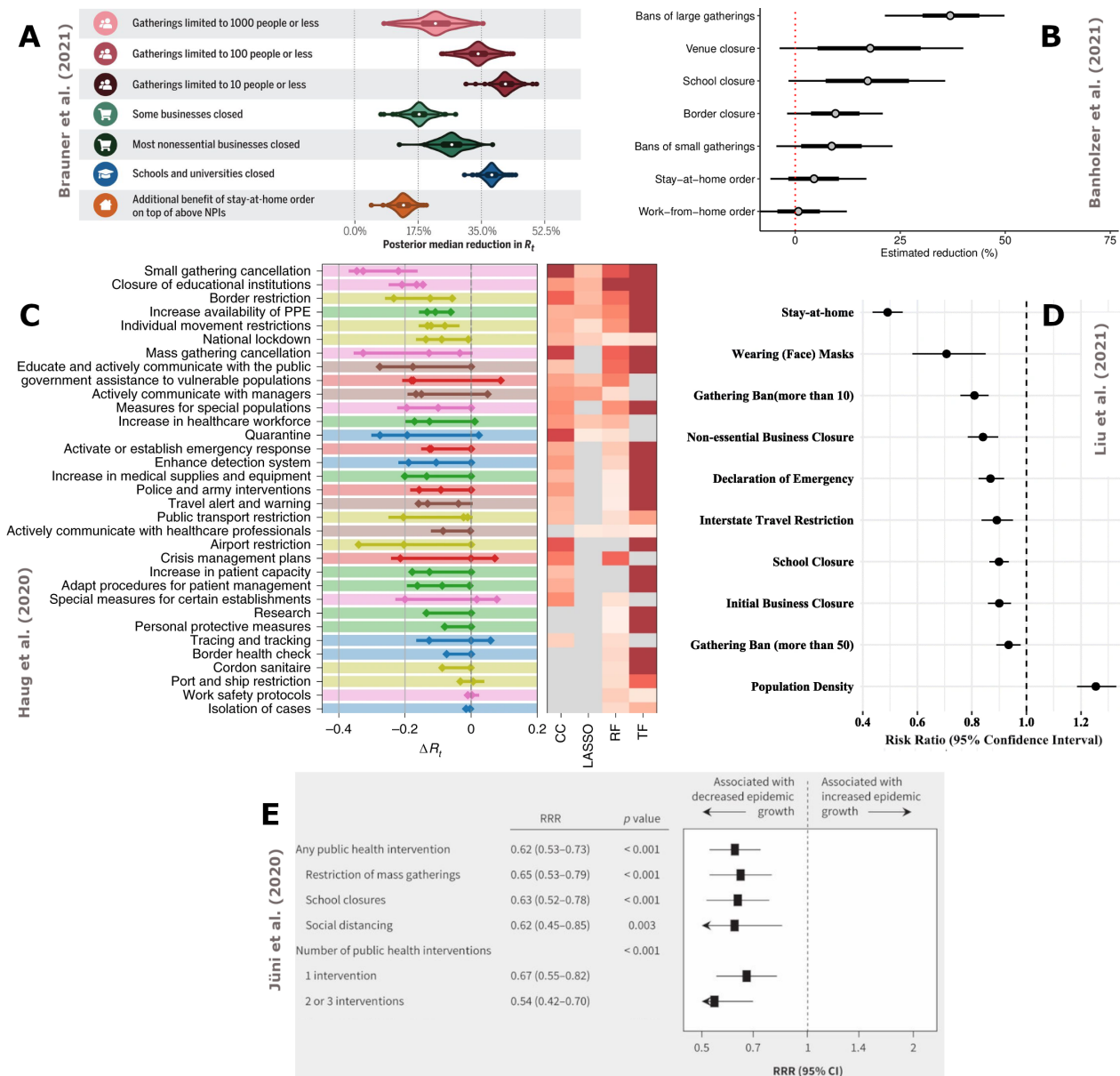


Abbildung 2: Effektivitätsbewertungen aus Studien welche eine Vielzahl von Maßnahmen und anderen Faktoren gleichzeitig betrachten. Brauner et al. [2021] und Banholzer et al. [2021] stellen die geschätzte relative Reduktion der effektiven Reproduktionszahl dar. Haug et al. [2020] zeigt die absolute Änderung der Reproduktionszahl für hinreichend statistisch signifikante Maßnahmen (in mindestens 2 von 4 Tests). In Jüni et al. [2020] wird die Effektivität über die sogenannte ratio of rate ratios (RRR) angegeben, wobei ein Wert unter eins bedeutet, dass die Einführung einer Maßnahme die effektive Reproduktionszahl verringert hat (bei einem RRR von 0.6 wurde die Reproduktionszahl beispielsweise um 40% reduziert). Die von [Liu et al., 2021] angegebene Risk Ratio ist analog zu interpretieren. Die Abbildungen sind jeweils adaptiert von Brauner et al. [2021], Banholzer et al. [2021], Jüni et al. [2020], Liu et al. [2021], Haug et al. [2020]. Vergrößerte Darstellungen aller Unterabbildungen finden sich am Ende des Dokuments in Abschnitt 6.

Tabelle 2: 2-Jahres "Impact Factor" (IF) von Fachzeitschriften wurde, wenn möglich, einer Quelle genommen (bioxbio.com). Falls die entsprechende Zeitschrift dort nicht aufgeführt ist wurde journalsearches.com (*) oder academic-accelerator.com (**) zur Bestimmung des IF genutzt. Durch diesen Prozess wird nicht der von der Zeitschrift selbst ermittelte IF genutzt, da dieser möglicherweise weniger objektiv ist. Bei Nichtverfügbarkeit historischer Werte wird der aktuellste angegeben (†). Die Fachzeitschriften sind nach ihrem IF von 2018 geordnet, da wir annehmen, dass die Qualität des Begutachtungsprozesses und die Publikationskriterien von einem langfristig hohem IF abhängen.

Journal	IF (2018)	IF (2019)	IF (2020)
Lancet	59.1	60.4	79.3
JAMA	51.3	45.5	56.3
Nature	43	42.8	50
Science	41.0	41.8	47.7
Lancet Digital Health	36.6*†	36.6*†	36.6*†
Physics Reports	28.3	25.8	25.6
BMJ	27.6	30.2	39.8
Annals of Internal Medicine	19.3	21.3	25.4
EClinicalMedicine	17.0*†	17.0*†	17.0*†
JAMA Network Open	13.4†	13.4†	13.4†
Nature Communications	11.9	12.1	14.9
Nature Human Behaviour	10.6*	12.3*	13.7*
PNAS	9.6	9.4	11.2
Clinical Infectious Diseases	9.1	8.3	9.1
BMJ Global Health	8.1*†	8.1*†	8.1*†
Eurosurveillance	7.4	6.5	6.5
Emerging Infectious Diseases	7.2	6.3	6.8
CMAJ	6.9	7.7	8.3
Health Affairs	5.7	5.3	6.3
Science of the Total Environment	5.6	6.6	8.0
Journal of Infection	5.1	4.8	6.1
Journal of Medical Internet Research	4.9	5.0	5.4
Public Administration Review	4.7	4.0	5.3
American Journal of Epidemiology	4.5	4.5	4.9
Journal of Epidemiology and Community Health	4.0	3.9	3.3
World Development	3.9	3.9	5.2
Safety Science	3.6	4.1	4.9
Transbound Emerging Diseases	3.6	4.2	5.0
International Journal of Infectious Diseases	3.5	3.2	3.6
PLOS ONE	2.9	2.9	3.6
BMC Public Health	2.6	2.5	3.3
American Journal of Tropical Medicine and Hygiene	2.3	2.1	2.3
Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	2.3	1.9	2.2
American Journal of Infection Control	2.0	2.3	2.9
Journal of Preventive Medicine and Public Health	2**	1.7**	1.5**
Journal of Econometrics	1.9	1.6	2.4
Journal of Public Health	1.6	1.8	5.1
Economic Inquiry	1.3	1.2	1.5
Journal of Infection in Developing Countries	1.2	0.7	0.9
Cadernos de Saúde Pública	1.0	1.2	1.4
Journal of Public Affairs	0.7**	0.7**	1.1**

3.1 Masken- und Hygienegebote

Talic et al. [2021] (*BMJ*) veröffentlichten einen umfangreiches systematischen Review mit Meta-Analyse in Bezug auf NPIs und ihren Einfluss auf die COVID-19 Pandemie. Dabei schlussfolgerten sie, dass das Maskenmandat im Median zu einer Reduktion der Inzidenz um 53% führt. Die Autoren selbst merken eine starke Heterogenität der untersuchten Studien an, weswegen wir auf die einzelnen Studien im Folgenden detaillierter eingehen. Aus einem weiteren Review von Perra [2021] (*Physics Reports*) wurden im Folgenden in Bezug auf Maskengebote zwei zusätzliche Primärquellen entnommen, die den Effekt von Mund-Nasen-Bedeckungen auf die Verbreitung von COVID-19 thematisierten und dabei zwischen verschiedenen NPIs unterscheiden. Zusätzlich veröffentlichten Bestetti et al. [2022] (*Journal of Infection in Developing Countries*) ein Review, in dem die Autoren schlussfolgerten, dass das Tragen von Masken das Risiko einer Infektion mit COVID-19 in der Bevölkerung verringert, insbesondere dann, wenn chirurgische Masken für besonders vulnerable Personen verwendet wurden. Aufgrund der Tatsache, dass dieser Arbeit bisher noch nicht wissenschaftlich rezipiert und zitiert wurde, gehen wir hier, mit Ausnahme von Chu et al. [2020] (s.u.), nicht auf die einzelnen Primärquellen ein. Ebenso gehen keine in diesem Review referenzierten Primärquellen explizit auf den Effekt von Mund-Nasen-Bedeckungen auf epidemiologischen Parameter als Messgröße ein oder die entsprechenden Quellen sind lediglich als Kommentar, "Perspective" oder ähnliches publiziert worden. Chu et al. [2020] (*Lancet*) schlussfolgerten in ihrer Meta-Analyse, dass die Verwendung von Masken zu einer starken Verringerung des Infektionsrisikos um 85% führen kann. Dabei zeigten sich stärkere Assoziationen zu N95- oder ähnlichen Atemschutzmasken im Vergleich zu chirurgischen Einwegmasken oder ähnlichem (z.B. wiederverwendbare Baumwollmasken). Bei diesem Review ist zu beachten, dass ein Großteil der Primärquellen sich auf frühere Pandemien mit SARS bzw. MERS beziehen. Einige der dort zitierten Primärquellen bzgl. SARS-CoV-2 fanden sich auch in anderen Reviews wieder und werden aufgrund dessen unten noch einmal detaillierter aufgegriffen. Eine Zusammenfassung aller Primärquellen zur Effektivität von Masken- und Hygienegebote findet sich Tabelle 4.

Abaluck et al. [2022] (*Science*) führten eine randomisierte Studie in Bangladesch durch und untersuchten dabei in 600 Dörfern und mit über 340,000 Menschen die Effektivität von chirurgischen Masken. Sie schlussfolgerten, dass chirurgische Masken die symptomatische Seroprävalenz wirksam reduzierten (11% Reduktion), insbesondere bei älteren Erwachsenen über 60 Jahren (35% Reduktion). Die steigende Verwendung von Masken war weiterhin mit einem stärkeren Rückgang der Symptome und der symptomatischen Seropositivität assoziiert. Chernozhukov et al. [2021] (*Journal of Econometrics*) analysierten die COVID-19 Wachstumsraten in den USA hinsichtlich der Effektivität verschiedener NPIs, unter anderem auch dem Einsatz von Masken. Die Ergebnisse dieser Studie deuten an, dass eine Maskenpflicht für Arbeitnehmer zu einer Reduktion der Wachstumsraten der Fallzahlen und Todesfällen um mehr als 10 Prozentpunkte (Ende April 2020) und zu 19-47 % weniger Todesfällen beitragen konnte (bis Ende Mai 2020). Auch Bo et al. [2021] (*International Journal of Infectious Diseases*) kamen bei einer weltweiten Analyse unter anderem zum verpflichtenden Maskentragen in der Öffentlichkeit zu dem Ergebnis, dass diese Interventi-

on zu einer Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um 15.14% geführt hat. Dies bestätigen auch Rader et al. [2021] (*Lancet Digital Health*) mit ihrer Auswertung einer Umfrage aus den USA. Die Autoren schlussfolgern, dass ein 10 prozentiger Anstieg des selbstberichteten Maskentragens mit einer um 253% höheren Wahrscheinlichkeit der Kontrolle der Übertragung verbunden war. In Bezug auf die Geschwindigkeit des Einführens einer Maskenpflicht fanden Krishnamachari et al. [2021] (*American Journal of Infection Control*) heraus, dass eine schnellere Umsetzung von Maskenanordnungen sich als schützend erwies. Im Vergleich zu Staaten die entsprechende Gebote bereits einen Monat nach der Empfehlung des CDCs Masken zu tragen (3. April 2020) einführten, war bei einer Implementierung nach drei bis sechs Monaten die kumulative Inzidenz 1.61-mal höher und in Staaten, die dies erst nach 6 Monaten oder gar nicht einführten 2.16-mal höher. Allerdings schätzten Talic et al. [2021] das Verzerrungsrisiko dieser Studie als kritisch ein, die Ergebnisse sind also mit gewisser Vorsicht zu betrachten. Lio et al. [2021] (*BMC Public Health*) zeigten, dass in Macao das Maskentragen im Freien das COVID-19-Risiko um 69.3 % reduzierte und häufiges Händewaschen nach Aktivitäten im Freien um 97.9 % bzw. vor dem Berühren des Mund-/Nasenbereichs das Infektionsrisiko um 69.7 % reduzierte. Ebenfalls in *BMC Public Health* erschien eine Studie aus den USA von Liu et al. [2021]. Die Autoren schlussfolgerten, dass das Maskentragen zu einer Verringerung der effektiven Reproduktionszahl um 29% beitrug. Eine Auswertung weltweiter Daten von An et al. [2021] (*Public Administration Review*) zeigte, dass das verpflichtende Tragen von Masken kurzfristig mit niedrigeren Infektionsraten verbunden ist und dass die frühzeitige Einführung die langfristige Wirksamkeit erhöht.

Eine weitere weltweite Analyse von Haug et al. [2020] (*Nature Human Behaviour*) zeigte, dass das Tragen einer Maske einen signifikanten Einfluss auf die effektive Reproduktionszahl hatte und fanden eine entsprechende absolute Reduktion von -0.018 bis -0.12. Cheng et al. [2020] (*Journal of Infection*) verglichen die Inzidenz in Hongkong innerhalb der ersten 100 Tage nach dem ersten im Labor bestätigten Fall von SARS-CoV-2 (96.6 % der Bevölkerung trugen eine Maske) mit der von Ländern (Spanien, Italien, Deutschland, Frankreich, USA, UK, Singapur und Südkorea), die mit Hongkong in Bezug auf Bevölkerungsdichte, Gesundheitssystem, die BCG-Impfung und die sozialen Abstandsmaßnahmen vergleichbar waren, jedoch kein bevölkerungsweites Maskentragen aufwiesen. Die Autoren zeigten, dass die COVID-19-Inzidenz in Hongkong signifikant niedriger war als in den entsprechenden Vergleichsländern. Für die USA zeigten Lyu and Wehby [2020a] (*Health Affairs*), dass die Verpflichtung zum Tragen von Gesichtsmasken in der Öffentlichkeit mit einem Rückgang der täglichen COVID-19-Wachstumsrate um 2 Prozentpunkte nach mehr als 21 Tagen ab Einführung der Maßnahme verbunden war. In Bezug auf den Unterschied zwischen prä- und symptomatischer Transmission zeigten Wang et al. [2020] (*BMJ Global Health*) in Beijing, dass die Verwendung von Gesichtsmasken durch einen Primärfall und Kontaktpersonen in der Familie vor Symptombeginn reduzierten die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung um 79%. Das Tragen einer Maske nach Symptombeginn stellte sich allerdings als nicht signifikant schützend heraus [Wang et al., 2020]. Für die Datenlage in Deutschland konnten Mitze et al. [2020] (*PNAS*) zeigen, dass 20 Tage nach Einführung einer Maskenpflicht die Zahl der Neuinfektionen um etwa 45% gesunken ist.

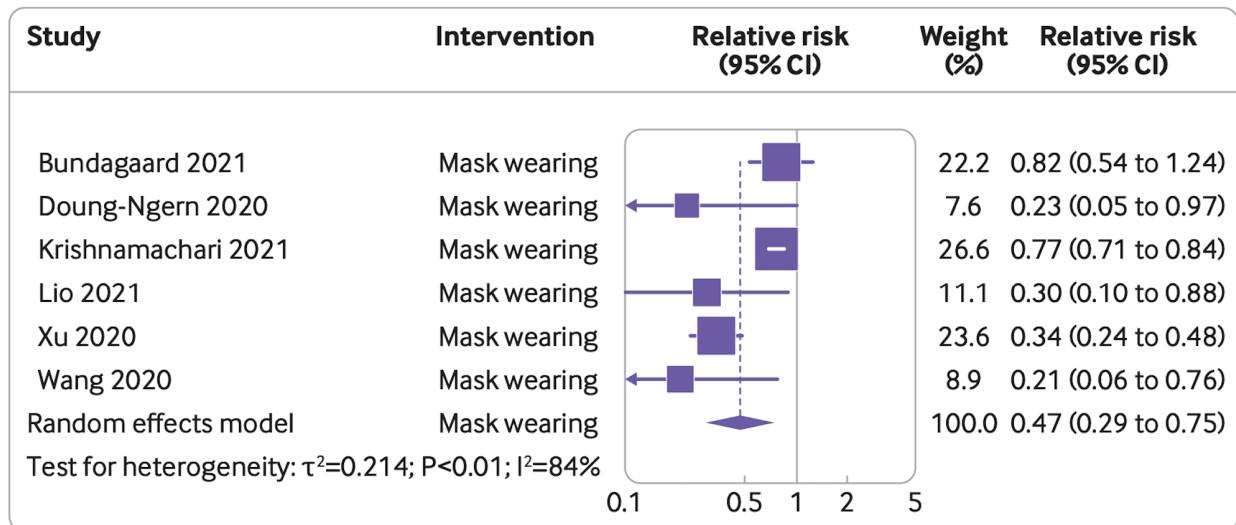


Abbildung 3: Evidenz für den Zusammenhang zwischen dem Tragen von Mund-Nasen-Bedeckungen und der COVID-19 Inzidenz aus Talic et al. [2021]. Ein relatives Risiko unter eins deutet auf einen positiven Effekt hin. Die Analyse basiert auf einem DerSimonian/Laird random effects Modell zur Metanalyse medizinischer Studien [DerSimonian and Laird, 1986].

Leffler et al. [2020] (*American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*) zeigten bei einer Analyse weltweiter Daten, dass die Dauer des Maskentragens in der Bevölkerung negativ mit der durch COVID-19 hervorgerufenen Sterblichkeit assoziiert war.

In Ländern mit kulturellen Normen oder staatlichen Maßnahmen, die das Tragen von Masken in der Öffentlichkeit unterstützen (z.B. Japan, Philippinen, Kambodscha, Thailand), stieg die Pro-Kopf-Sterblichkeit im Durchschnitt nur um 16.2% pro Woche an, im Vergleich zu 61.9% Anstieg pro Woche in den übrigen Ländern (bis 9. Mai 2020). Auch aus Thailand zeigten Doung-Ngern et al. [2020] (*Emerging Infectious Diseases*), dass das Tragen von Masken während des gesamten Zeitraums der Exposition gegenüber einer mit SARS-CoV-2 infizierten Person mit einem um 77% geringeren Infektionsrisiko verbunden war, wobei unregelmäßiges Tragen von Masken nur zu einer Reduktion von 13% führte. Talic et al. [2021] schätzten das Verzerrungsrisiko allerdings als kritisch ein, sodass auch diese Studie mit entsprechender Vorsicht zu betrachten ist. Eine nicht nur auf Maskentragen beschränkte Analyse einer Online-Umfrage aus China von Xu et al. [2020] (*Journal of Medical Internet Research*) betrachtet die Effekte des erweiterten Hygieneverhaltens und zeigte, dass ein erhöhtes Risiko für eine COVID-19-Infektion bei denjenigen bestand, die sich nicht regelmäßig die Hände wuschen (2.28% bei Nicht-Einhalten der Maßnahme im Vergleich zu 0.65% beim Einhalten der Maßnahme), nicht die *Niesetikette* beachtetten (1.79% vs 0.73%), und die keine Maske trugen (7.41% vs 0.6%). Bei denjenigen, die die Hust- und Händewaschetikette jedoch beachtetten und zusätzlich *social distancing* praktizierten war das Tragen einer Maske mit einem deutlich geringeren Infektionsrisiko verbunden als bei denjenigen, die keine Maske trugen (0.6% beim Tragen von Masken vs 16.7% beim Nicht-Tragen von Masken). Desweiteren zeigten Zhang and Warner [2020] (*Journal of Environmental Research and Public Health*), in den USA

die Wichtigkeit der frühzeitigen Einführung entsprechender Gebote und zeigten, dass Shutdowns und Maskengebote die COVID-19-Infektionsrate unmittelbar nach ihrer landesweiten Einführung verringerten. Ebenso wurde gezeigt, dass Maskengebote längerfristig eine größere Wirkung auf die Abflachung der Infektionskurve hatten als Shutdowns.

Diesen überwiegend positiven Einschätzungen steht eine randomisierten Studie aus Dänemark von Bundgaard et al. [2021] (*Annals of Internal Medicine*) gegenüber, die in einer Gemeinde mit mäßigen Infektionsraten und einem gewissen Grad an sozialer Distanzierung den Effekt des Tragens von Masken in einer randomisierte kontrollierten Studie untersuchen konnten, da dies zum Studienzeitpunkt nicht flächendeckend vorgeschrieben war. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Empfehlung zum Tragen chirurgischer Masken nicht zu einem statistisch signifikanten Unterschied führte (Auftreten von Infektionen: 1.8% unter Maskenträger:innen vs. 2.1% bei Personen, die keine Maske trugen).

3.2 Grenzschießungen, nationale Reisebeschränkungen und Schließung des ÖPNV

Im Folgenden berichten wir über die Studienlage hinsichtlich Grenzschießungen sowie innerstaatlicher Reisebeschränkungen und deren Einfluss auf den Verlauf der COVID-19 Pandemie, wobei die Studien in Tabelle 5 zusammengefasst sind.

Bezüglich dieser Thematik veröffentlichten Duhon et al. [2021] (*Science of the Total Environment*) eine Studie unter Berücksichtigung weltweiter Daten und schlussfolgerten, dass die Beschränkung internationaler Reiseverbindungen negativ mit der Wachstumsrate der COVID-19 Fallzahlen korrelierte. Auch Banholzer et al. [2021] (*PLOS ONE*) fanden in einer ebenfalls weltweiten Analyse eine relative Reduktion der Neuinfektionen durch Grenzschießungen um 10%. Diese Ergebnisse werden durch eine Studie von Haug et al. [2020] (*Nature Human Behaviour*) bestätigt. Hier wird die absolute Reduktion der effektiven Reproduktionszahl mit -0.057 bis -0.23 beziffert. Chaudhry et al. [2020] (*EClinicalMedicine*) fanden zusätzlich heraus, dass eine Verzögerung von Grenzschießungen unmittelbar zu steigenden Fallzahlen führen konnte, allerdings wenig bis keinen positiven Einfluss auf die COVID-19-Sterblichkeitsrate hatte. Dem Gegenüber steht eine Studie von Leffler et al. [2020] (*American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*) die zeigt, dass die Beschränkungen des internationalen Reiseverkehrs signifikant mit einer niedrigeren Pro-Kopf-Sterblichkeit durch das Coronavirus verbunden war, der genaue Zeitpunkt der Einführung allerdings von begrenzter statistischer Bedeutung ist. Die Studienlage ist hinsichtlich dieser Thematik also nicht eindeutig. Leffler et al. [2020] diskutieren weiterhin, dass internationale Reisebeschränkungen im Lauf der Zeit an Bedeutung verlieren sobald sich das Virus innerhalb eines Landes hinreichend ausbreitet. In diesem Fall hat die Schließung der Grenzen nur noch eine geringe Wirkung. Auch Koh et al. [2020] (*International Journal of Infectious Diseases*) fanden, dass vollständige Reiseverbote sich als wirksam erwiesen haben, um die durchschnittliche effektive Reproduktionszahl in den 14 Tagen nach dem 100sten Fall zu senken. Arshed et al. [2020] (*Journal of Public Affairs*) schlussfolgerten, dass internationale Reisebeschränkungen neben Kontaktnachverfolgung und Lockdowns am effektivsten sind, um die effektive Reproduktionszahl zu reduzieren.

Eine lokal begrenzte Studie von Kang and Kim [2020] (*Journal of Preventive Medicine and Public Health*) untersuchte 6 Länder, die die Einreise chinesischer Bürger untersagten. Nach dem Einreiseverbot im Februar 2020 dauerte es im Mittel 13 Tage, um einen Effekt auf COVID-19 Fallzahlen zu zeigen und reduzierte bis Ende Februar 2020 die Fallzahlen um etwa 92%. Diesen Beobachtungen steht eine Studie von Emeto et al. [2021] (*Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*) gegenüber, die die Schließung der Grenzen innerhalb Afrikas bewertet und dabei nur minimale Auswirkungen auf die Inzidenz von COVID-19 findet. Talic et al. [2021] bewerten das Verzerrungsrisiko dieser Studie allerdings als kritisch.

Hinsichtlich innerstaatlicher Reisebeschränkungen publizierten Liu et al. [2021] in *BMC Public Health* und schlussfolgerten eine Verringerung von der effektiven Reproduktionszahl um 11%. Kraemer et al. [2020] (*Science*) zeigten in einer auf China bezogenen Analyse, dass Reisebeschränkungen in einem bestimmten Ausbruchsbereich besonders in der Anfangsphase des Ausbruchs wirksam sein können. Die Autoren diskutieren, dass diese Maßnahmen weniger wirksam werden sollten, sobald der Ausbruch weiter verbreitet ist. Wie bereits bzgl. der internationalen Reisebeschränkungen analysierten Haug et al. [2020] (*Nature Human Behaviour*) die Veränderung der effektiven Reproduktionszahl auch für individuelle Bewegungseinschränkungen. Sie fanden hier eine absolute Reduktion von -0.08 auf -0.13. Kissler et al. [2020] (*Nature Communications*) zeigten, dass in New York City die COVID-19 Prävalenz in den Bezirken am niedrigsten war, in denen die morgendlichen Fahrten aus dem Bezirk und die abendlichen Fahrten in den Bezirk am stärksten abnahmen. Im Gegenzug zeigten Islam et al. [2020] (*BMJ*), dass die Schließung öffentlicher Verkehrsmittel nicht mit einer zusätzlichen Verringerung der COVID-19-Inzidenz verbunden war, wenn andere Maßnahmen (Schulschließungen, Arbeitsplatzschließungen, Begrenzungen von Massenveranstaltungen und Lockdowns) bereits durchgeführt wurden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass all diese Maßnahmen die innerstaatliche Bewegung bereits ohne explizites zusätzliches Gebot massiv begrenzen. Auch in den USA zeigten Guo et al. [2021] (*Science of the Total Environment*) nur eine 2%ige Reduktion der effektiven Reproduktionszahl für die Schließung des öffentlicher Verkehrsmittel.

3.3 Ausgangssperren, Stay-at-home-Orders und Lockdowns

Im folgenden analysieren wir nun Primärquellen (zusammengefasst in Tabelle 6), die den Effekt von Ausgangssperren, Stay-at-home-Orders (SHOs) und Lockdowns auf verschiedene epidemiologische Parameter quantifizieren. Der am häufigsten untersuchte Parameter war natürlicherweise die effektive Reproduktionszahl, bzw. eine entsprechende Näherung. Die große Mehrheit der analysierten Primärquellen zeigen, dass SHOs und Lockdowns sowie generell Maßnahmen, die soziale Distanzierung zur Folge haben, eine signifikante Reduktion der Reproduktionszahl zur Folge haben. Auch wird an verschiedenen Stellen mittels Extrapolation gezeigt, wie der Verlauf der Pandemie ohne jegliche Intervention ausgesehen hätte. Auch an dieser Stelle muss erwähnt werden, dass ein Großteil der hier beschriebenen Primärquellen im Wesentlichen die erste Pandemiewelle im Frühjahr 2020 betrachtet.

Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*) berechnen das relative Risiko nach Einführung einer NPI und ermitteln dementsprechend das Potential einen senkenden Effekt auf die Reproduktionszahl auszuüben. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass SHOs das niedrigste relative Risiko (Median 0.41%) aufweisen, was somit eine Reduktion der Reproduktionszahl um 59% entspricht. Die von Dreher et al. [2021] (*The American Journal of the Medical Sciences*) veröffentlichte Studie untersucht insbesondere, welche der NPIs eine Reduktion in der Übertragbarkeit des Sars-Cov-2 Virus hervorrufen kann. Um das Stadium der Krankheitsausbreitung zu standardisieren und den störenden Effekt einer erhöhten Fallzahl auf die Krankheitsübertragung zwischen den Staaten zu minimieren, wurden diese Analysen in den Wochen nach dem 500sten gemeldeten Fall durchgeführt. Dieser Schwellenwert wurde gewählt, um sicherzustellen, dass jeder Staat eine anhaltend positive Inzidenz aufweist. Gleiches wurde für die gemeldeten COVID-19 Todesfälle vorgenommen, wobei hier ein Schwellenwert von 50 Fällen gewählt wurde. Die Verdopplungszeit von 500 auf 1000 Fallzahlen wurde genutzt, um die effektive Reproduktionszahl zu berechnen. Um den Einfluss von Lockdowns zu verstehen, wurden Daten des "Google Mobility Project" [Lasry et al., 2020] ausgewertet, denen unter anderem die durchschnittliche Verweildauer am Wohnort entnehmbar ist. Diese Werte wurden sowohl über einen Zeitraum vom 3. Januar 2020 bis 6. Februar 2020 als auch nach dem jeweiligen Zeitpunkt an dem SHOs in Kraft traten berechnet. Die durchschnittliche Reproduktionszahl für alle 48 betrachteten US-Bundestaaten eine Woche bevor die SHOs in Kraft traten betrug 1,256. Eine Woche nach Inkrafttreten besagter Maßnahmen lag dieser Wert bei 1.088, was einer Reduktion von 13.3% entspricht. Nach Inkrafttreten von SHOs stieg der Anteil zu Hause verbrachter Zeit um 3.2% bis 5.08%, was mit einer Reduktion der Reproduktionszahl um 0.17 bzw. 14%, assoziiert ist. Zusätzlich konnten die Autoren zeigen, dass SHOs die beobachtete Pandemiewelle deutlich verzögerte.

Islam et al. [2020] (*BMJ*) untersuchten NPIs in 149 Ländern, wobei die betrachteten Maßnahmen hauptsächlich physische Distanzierungen umfassten. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass im Durchschnitt eine Maßnahme mit einer Reduktion der Inzidenzrate (eine Näherung der effektiven Reproduktionszahl) von 13% assoziiert ist. Ein besonderer Fokus lag auf der Bestimmung des Inzidenzratenverhältnis (IRV), welches die Inzidenzrate nach Inkrafttreten der SHOs mit der Inzidenzrate vor dem entsprechenden Inkrafttreten ins Verhältnis setzt. Ein IRV unterhalb von eins beschreibt eine Reduktion der Inzidenzrate. Islam et al. [2020] bestimmten beispielsweise ein IRV von 0.82 für Deutschland und Frankreich, 0.74 für Österreich, Italien und Spanien, 0.83 für Brasilien und Großbritannien, sowie 0.92 für die USA.

Koh et al. [2020] (*International Journal of Infectious Diseases*) untersuchten Abstandsmaßnahmen und deren Effektivität bezüglich der Reduktion der viralen Übertragung anhand eines Regressionsmodells. Die entsprechenden Daten wurden dem Oxford COVID-19 Government Response Tracker (OxCGRT, *Stringency Index*) [Hale et al., 2021] entnommen. Die Studie zeigt, dass eine frühe Umsetzung von entsprechenden Maßnahmen einen größeren Effekt auf die Reduktion der Reproduktionszahl hat. Im Detail hatte ein teilweiser Lockdown eine Reduktion von 0.38 und ein vollständiger Lockdown eine Reduktion von 0.32 der durchschnittlichen Reproduktionszahl zur

Folge. Die Autoren berichten des Weiteren, dass eine Home-Office Umsetzung einen ähnlichen Effekt hat wie die oben genannten Lockdownmaßnahmen. Zusammengefasst bemerken die Autoren, dass Länder mit strengeren Maßnahmen im Durchschnitt eine niedrigere effektive Reproduktionszahl aufweisen, nur Länder mit einem *Stringency Index* von mehr als 50 die durchschnittlichen Reproduktionszahl innerhalb von zwei Wochen unter eins senken konnten, und dass Länder mit einer Reproduktionszahl unter 1.5 am Tag des 100sten Falles im Allgemeinen die Gesamtfallzahlen auf einem überschaubaren Niveau halten konnten.

Dave et al. [2021] (*Economic Inquiry*) untersuchten wann SHOs den besten Effekt auf die Reduktion der Reproduktionszahl hatten und zeigten, dass in den ersten 5 Tagen nach Einführung der Maßnahmen, noch kein messbarer Effekt erzielt wurde. Die berechneten Effekte steigen jedoch nach Maßnahmeneinführung stark an und bereits nach 6-9 Tagen wird der Effekt von SHOs auf die Reduktion der Fallzahlen auf 27.3 % geschätzt. Dieser Effekt steigt 10-14 Tage nach Implementierung der SHOs auf 35.6% an. Nach 20 Tagen steigt dieser Wert weiter auf 52.2% an. Arshed et al. [2020] (*Journal of Public Affairs*) untersuchen die Effektivität behördlich durchgesetzter Maßnahmen zur Reduktion der Infektionszahlen. Im Wesentlichen war das Ergebnis dieser Studie, dass SHOs die Fallzahlen durchschnittlich um 30.5% reduziert haben. Chernozhukov et al. [2021] (*Journal of Econometrics*) untersuchten in ihrer Studie kausale Effekte von NPIs auf Wachstumsraten der bestätigten COVID-19-Fälle in der frühen Pandemie in den USA. Die Autoren nutzen erneut "Google Mobility Reports" um die Größenordnung des Social Distancing zu schätzen, wobei die freiwilligen Verhaltensreaktionen der Menschen auf neue Informationen über COVID-19 Risiken im Rahmen eines kausalen Strukturmodells berücksichtigt werden. Die Autoren zeigen, dass das nicht-Durchsetzen von SHOs zu 37% mehr Fallzahlen geführt hätte, der geschätzte Effekt von ausbleibenden SHOs auf die Todesfallzahlen war etwas geringer.

Eine weitere Studie von Lyu and Wehby [2020b] (*JAMA Network Open*) untersucht die Unterschiede im Anstieg der Fallzahlen in Iowa und Illinois, zwei aneinander angrenzenden US-Bundesstaaten, die jeweils unterschiedliche Strategien in der Bekämpfung der Pandemie verfolgten. Zum Zeitpunkt der Studie war Iowa einer von 5 US-Bundesstaaten, die keine Lockdowns oder SHOs verhängt hatten, Illinois hingegen hatte diese bereits verhängt. Vor Inkrafttreten der Maßnahmen lagen die kumulativen Fallzahlen für beide Bundesstaaten in einem ähnlichen Bereich. Nach Inkrafttreten der Maßnahmen in Illinois stiegen dort die Fallzahlen messbar langsamer an. Innerhalb von 10, 20 und 30 Tagen nach Inkrafttreten des Lockdowns in Illinois lagen die kumulativen Fallzahlen um 0.51, 1.15 und 4.71 Fälle pro 10,000 Einwohner niedriger als in Iowa, siehe auch Abb. 4. In Europa untersuchten Guzzetta et al. [2021] (*Emerging Infectious Diseases*) den Effekt des nationalen Lockdowns in Italien. Die Autoren betrachten in dieser Studie jede Region Italiens separat, um geografische Heterogenität berücksichtigen zu können. Dort wo es die Datenglage erlaubt, unterteilen die Autoren eine Region weiterhin in mehrere kleinere Provinzen. Um den Effekt des nationalen Lockdowns zu ermitteln, wird die effektive Reproduktionszahl einen Tag vor dem Lockdown sowie eine und zwei Wochen nach dem Lockdown für jede Region bzw. Provinz berechnet. Zusätzlich wird, um einen längerfristigen Effekt evaluieren zu können, die durchschnitt-

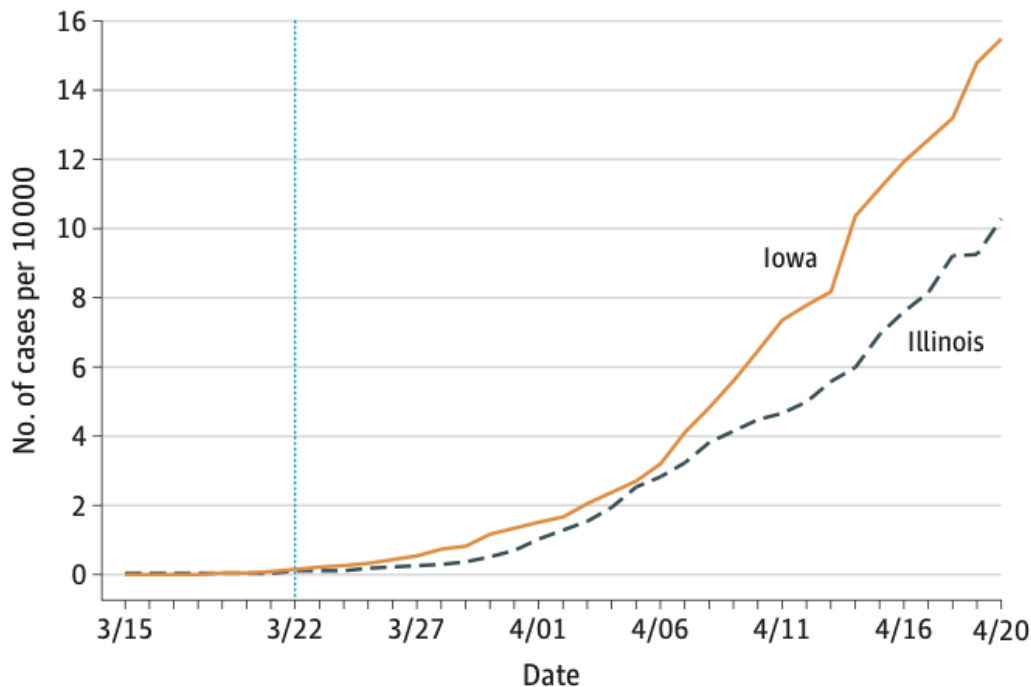


Abbildung 4: Kumulative Fallzahlen in Iowa und Illinois (USA) nach Inkrafttreten des Lockdowns in Illinois (blaue Linie). Entnommen aus Lyu and Wehby [2020b].

liche Reproduktionszahl für die folgenden 3 Wochen berechnet. Am Tag vor dem Lockdown lag die Reproduktionszahl für alle Regionen in einem Bereich von 1.79-3.36. In der ersten Woche nach dem Lockdown kam es in allen Regionen zu einer entsprechenden Reduktion, jedoch fiel die Reproduktionszahl nur in 5 von 93 Provinzen unter den kritischen Wert von eins. In der zweiten Woche galt dies bereits für 49 und nach 3 Wochen für 84 Provinzen. Santamaría and Hortal [2021] (*Science of the Total Environment*) untersuchten den Effekt von Lockdowns in 16 Regionen in Spanien. Die Ergebnisse zeigen sowohl einen frühen Rückgang der Reproduktionszahl, der dem landesweiten Lockdown vorausging, als auch einen allgemeinen, starken Rückgang in Verbindung mit dem Lockdown selbst. Des Weiteren zeigen die Autoren, dass ein stärkerer Lockdown eine geringe Auswirkung auf die Reduktion der Reproduktionszahl in Regionen mit hoher Inzidenz hat und teilweise sogar mit einem Anstieg dieses Wertes in Regionen mit geringer Inzidenz assoziiert ist. Die Autoren argumentieren, dass dies an der durch den Lockdown herbeigeführten Steigerung der inneren, regionalen Mobilität liegen könnte. Des Weiteren wird gezeigt, dass Lockerungen von Lockdown-Maßnahmen mit einem Anstieg der Reproduktionszahl in Verbindung stehen, eine genaue Effektgröße wird aber nicht angegeben. Bennett [2021] (*World Development*) untersucht die Heterogenität der durchgesetzten NPIs in Chile. Es werden auch hier Daten aus "Google Mobility Reports" genutzt, um den Mobilitäts-Abfall in wohlhabenden sowie nicht wohlhabenden Regionen abzuschätzen. Ein Ergebnis ist, dass in wohlhabenderen Regionen die Mobilität merklich sinkt (51%), wobei dieser Effekt in nicht wohlhabenden Regionen nicht zu beobachten ist. 12 Tage nach

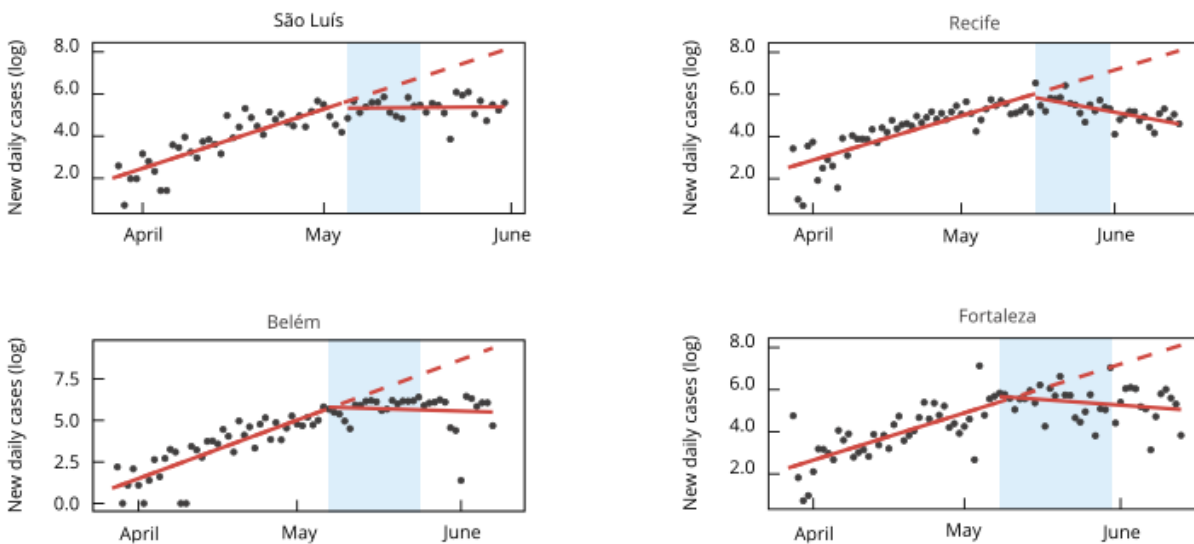


Abbildung 5: COVID-19 Inzidenzen für vier ausgewählte Großstädte in Brasilien vor und nach dem Inkrafttreten von Lockdown-Maßnahmen (blau eingefärbter Bereich). Die gestrichelte rote Linie deutet einen theoretischen Anstieg der Fallzahlen an, wenn keine Maßnahmen ergriffen worden wären. Entnommen aus Silva et al. [2020].

Inkrafttreten der landesweiten Maßnahmen (insbesondere Lockdown und Schulschließungen) war ein Rückgang der Fallzahlen zu beobachten. Padalabalanarayanan et al. [2020] (*JAMA Network Open*) untersuchten ob behördlich verordnete SHOs in verschiedenen US-Bundesstaaten mit den COVID-19-Fällen zusammenhängen. Ergebnis dieser Studie war ein gegenläufiger Zusammenhang zwischen den SHOs und den kumulativen Fallraten (also den kumulativen Fallzahlen pro 100,000 Einwohner) sowie den assoziierten Todesfallraten. Weitergehende Schätzungen ergaben, dass die erwarteten kumulativen Fallraten ohne SHOs um mehr als 200% und die Todesfallraten um ca. 22% höher gewesen wären. Besonderheit der Studie war weiterhin ein Fokus auf die afroamerikanische Bevölkerung der jeweiligen Staaten. Es zeigte sich, dass ein höherer Anteil dieser Bevölkerungsgruppe in einem Bundesstaat mit höheren Fallraten und Todesfallraten verbunden war. Die Autoren argumentieren, dass afroamerikanische Bevölkerungsgruppen proportional häufiger in urbanen Ballungsgebieten und im Mittel in wirtschaftlich schwächeren Regionen angesiedelt sind und dementsprechend einem Infektionsrisiko öfter ausgesetzt sind.

Auf lokaler Ebene untersuchten Edelstein et al. [2021] (*Journal of Epidemiol Community Health*) die Auswirkung des im März 2020 verhängten Lockdowns auf die Fallzahlen in London. Hierzu wurde die COVID-19-Punktprävalenz zwischen Anfang April und Anfang Mai 2020 untersucht, was in etwa die Infektionen zum Zeitpunkt des Lockdowns und 3-5 Wochen nach dessen Verordnung widerspiegelt. Die Punktprävalenz sank von 2.2% Anfang April auf 0.2% Anfang Mai. Die Autoren schlussfolgern somit, dass die COVID-19-Punktprävalenz in der Bevölkerung nach Durchsetzung des Lockdowns stark zurückgegangen ist und somit deutlich weniger Menschen dem Virus ausgesetzt waren. Es wird jedoch angemerkt, dass diese Studie auf einer relativ kleinen Stichprobe

beruht und daher mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden sollte. Tsai et al. [2021] (*Clinical Infectious Diseases*) untersuchten die Virus-Übertragung vor und nach Lockerung der Abstandsmaßnahmen. In den 8 Wochen vor der Lockerung sank die Reproduktionszahl um 0.012 pro Tag, und 46 von 51 Regionen erreichten bis zum Zeitpunkt der Lockerung einen Wert unterhalb von eins. Nach der Lockerung der entsprechenden Maßnahmen schlug diese Trend allerdings um, die Reproduktionszahl stieg nunmehr um 0.007 pro Tag und erreichte einen mittleren Wert von 1.16 nach 8 weiteren Wochen. Nur 9 von 51 Regionen zeigten zu diesem Zeitpunkt noch einen Wert unter eins. Die Autoren schlussfolgerten somit, dass eine verfrühte Lockerung der Abstandsmaßnahmen die effektive Kontrolle über COVID-19 Fallzahlen verhindert. Singh et al. [2021] (*Transbound Emerging Diseases*) untersuchten den Effekt von NPIs über verschiedene Phasen des Lockdowns in Indien. Dabei nutzten die Autoren auch hier Daten von "Google Mobility Reports" um den Effekt von Social Distancing abzuschätzen. Die durchschnittliche Reproduktionszahl betrug 1.99 im Zeitraum vom 22. März 2020 bis zum 17. Mai 2020. Entsprechende weitere Werte ergaben sich zu 2.78 zu Beginn des Lockdowns (22.03.2020), welche dann von 1.45 auf 1.38 fielen, also einen konstant abnehmenden Trend im Verlauf des Lockdowns zeigten. In der Aufhebungsphase des Lockdown stieg die Reproduktionszahl dann wieder von 1.24 auf 1.27. Bemerkenswerterweise gelang es also nicht, die effektive Reproduktionszahl unter den Wert von eins zu bewegen, ein positiver Effekt ist aber ersichtlich. Silva et al. [2020] (*Cadernos de Saúde Pública*) untersuchten den Effekt der Lockdown-Maßnahmen in Brasilien, wo vor Ihrer Einführung der Trend der täglichen Fallzahlen stetig steigend war. Nach Beginn des Lockdowns wurde auch hier ein statistisch signifikanter Rückgang der Inzidenz in den Großstädten São Luís, Recife, Belém und Fortaleza beobachtet, siehe auch Abb. 5. Der Sterblichkeitstrend vor der Intervention war ebenfalls für alle Städte positiv, was bedeutet, dass die Zahl der Todesfälle im Laufe der Zeit zunahm und sich erst nach Beginn des Lockdowns statistisch signifikant veränderte, siehe Abb. 6. Schließlich schätzten die Autoren die durchschnittliche Differenz der täglichen Todesfälle ohne das Inkrafttreten von Interventionen. In São Luís wurde ein Rückgang der Todeszahlen von 37.85 % durch den Lockdown geschätzt, in Fortaleza, Recife und Belém belaufen sich diese Zahlen auf 33.4%, 21.76% und 16.77% weniger Todesfälle als es ohne Maßnahmen zu erwarten gewesen wäre. Auf lokaler Ebene untersuchten Edelstein et al. [2021] (*Journal of Epidemiol Community Health*) die Auswirkung des im März 2020 verhängten Lockdowns auf die Fallzahlen in London. Hierzu wurde die COVID-19-Punktprävalenz zwischen Anfang April und Anfang Mai 2020 untersucht, was in etwa die Infektionen zum Zeitpunkt des Lockdowns und 3-5 Wochen nach dessen Verordnung widerspiegelt. Die Punktprävalenz sank von 2.2% Anfang April auf 0.2% Anfang Mai. Die Autoren schlussfolgern somit, dass die COVID-19-Punktprävalenz in der Bevölkerung nach Durchsetzung des Lockdowns stark zurückgegangen ist und somit deutlich weniger Menschen dem Virus ausgesetzt waren. Es wird jedoch angemerkt, dass diese Studie auf einer relativ kleinen Stichprobe beruht und daher vor allem die genauen Werte der Punktprävalenzen mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden sollte.

Zu erwähnen ist auch für den Fall von Lockdowns, dass sich durchaus eine nicht vernachlässigbare Anzahl an Studien findet, die nur schwache oder keine messbar signifikanten Effekte dieser

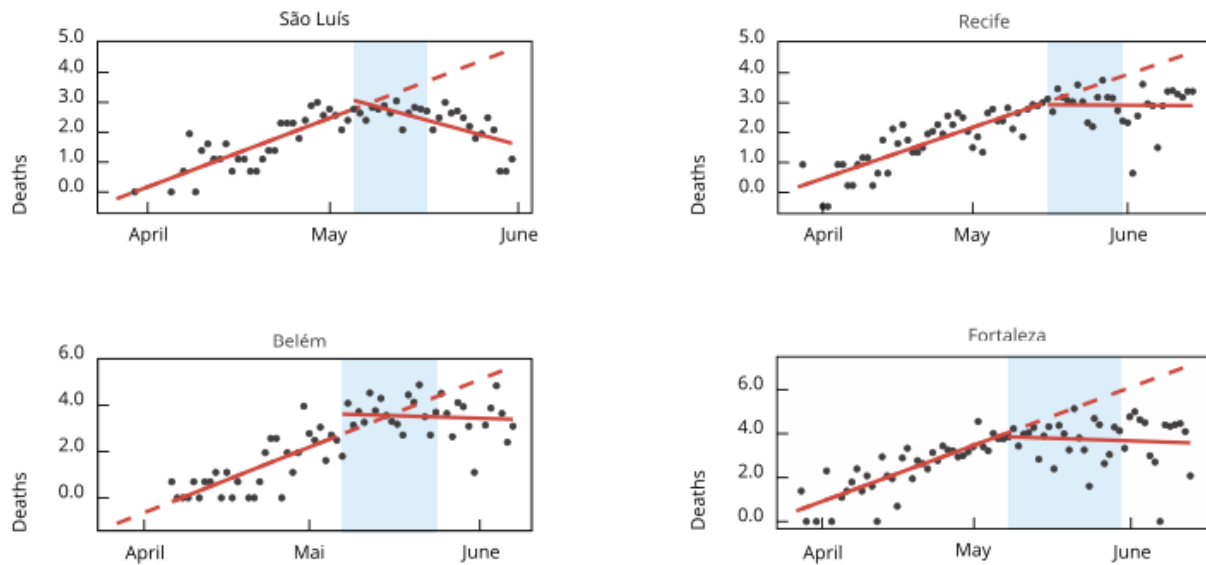


Abbildung 6: Wie Abb. 5 jedoch für Todesfälle. Entnommen aus Silva et al. [2020].

Maßnahme auf das Infektionsgeschehen beschreiben. Zu erwähnen ist hier die Studie von Brauner et al. [2021] (*Science*), welche den Effekt einzelner NPIs auf die Reduktion der effektiven Reproduktionszahl untersucht. Die Autoren betrachten SHOs hier als Interventionen, die zusätzlich zu anderen NPIs eingeführt wurden und kommen zu dem Ergebnis, dass diese gegenüber anderen NPIs einen vergleichsweise nur geringen Einfluss (13%) auf die Reduktion der Reproduktionszahl hatte. Krishnamachari et al. [2021] (*American Journal of Infection Control*) untersuchten unter anderem die Rolle von SHOs in der Eindämmung der COVID-19 Pandemie in den USA. Die Autoren konnten keinen signifikanten Effekt von SHOs auf die Reduktion von Inzidenzraten feststellen. Auch Wieland [2020] (*Safety Science*) konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Lockdown-Maßnahmen und Wendepunkten in der Infektionsrate herstellen. Die Autoren argumentieren jedoch, dass gleichzeitig mit dem Inkrafttreten der entsprechenden Maßnahmen auch die Testkapazitäten deutlich gesteigert wurden, sodass mehr COVID-19 Infektionen detektiert werden konnten, bei gleichbleibender Testkapazität hätte somit möglicherweise ein Abwärtstrend erkennbar sein können. Auch White and Hébert-Dufresne [2020] (*Plos One*) untersuchten die Unterschiede in der Dynamik zu Beginn der Pandemie auf Ebene von Bundesstaaten in den USA. Dabei betrachteten die Autoren jeweils die Verdopplungszeit der Fallzahlen nach dem 25sten Fall und konnten lediglich bei der Schließung von Restaurants eine Erhöhung der Verdopplungszeit feststellen.

3.4 Vorgaben zum Einhalten von Mindestabständen

Die Effektivität des Einhaltens eines Mindestabstands wird weniger in expliziter Form umfangreich analysiert, in den meisten Fällen aber positiv bewertet (siehe Tabelle 7). In einem Meta-Review

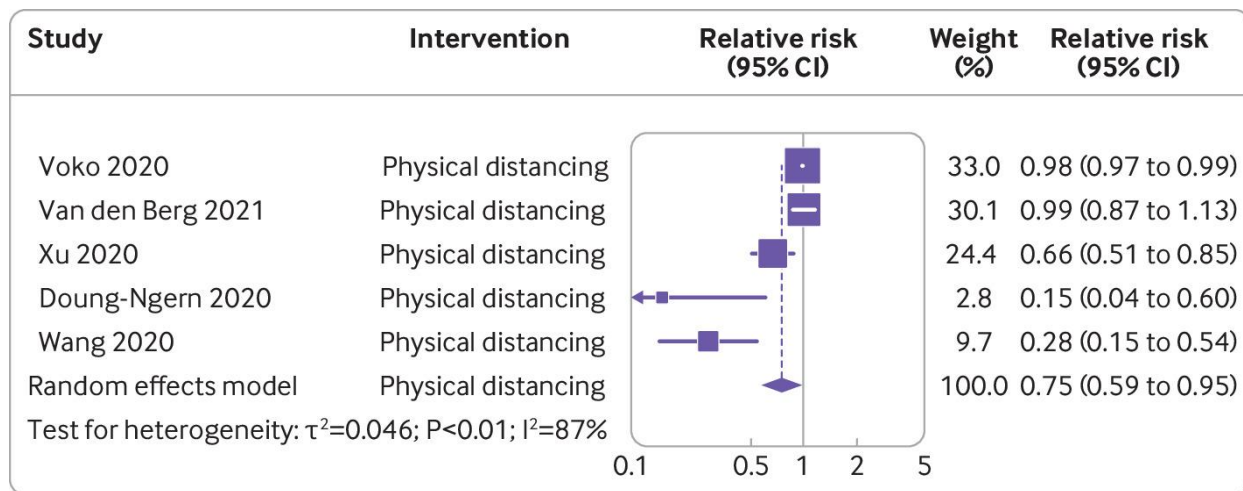


Abbildung 7: Evidenz für den Zusammenhang zwischen dem Einhalten von Mindestabständen und der COVID-19 Inzidenz aus Talic et al. [2021]. Ein relatives Risiko unter eins deutet auf einen positiven Effekt hin. Die Analyse basiert auf einem *DerSimonian/Laird random effects* Modell zur Metanalyse medizinischer Studien [DerSimonian and Laird, 1986].

von Talic et al. [2021] (*BMJ*) wurde auf Basis einer Synthese von fünf Primärquellen, dass relative Risiko für eine Erkrankung mit 0.75 angegeben, was einer erwarteten Risikoreduktion um 25% entspricht. Das Konfidenzintervall schwankt zwischen 0.59 und 0.95, eine Reduktion des Erkrankungsrisikos ist somit mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit gesichert. Diese Einschätzung basiert auf einer systematischen Einordnung der Arbeiten von Xu et al. [2020], Doung-Ngern et al. [2020], Wang et al. [2020], van den Berg et al. [2021] und Vokó and Pitter [2020]. Hierbei ist zu beachten, dass Vokó and Pitter [2020] (*GeroScience*) sich vornehmlich auf den Effekt von *social distancing*, also der Reduktion von sozialen Kontakten im allgemeinen, fokussiert haben. Wang et al. [2020] (*BMJ Global Health*) fokussieren Ihre Studie auf Kontakte innerhalb des eigenen Haushalts, was daher auch nicht im Sinne des Einhaltens von Mindestabständen bewertet werden kann. Dennoch zeigen beide Studien einen messbar positiven Effekt des Social Distancing auf das Infektionsgeschehen [Talic et al., 2021].

Xu et al. [2020], Doung-Ngern et al. [2020] berichten einen positiven Effekt des Abstandhaltens, van den Berg et al. [2021] (*Clinical Infectious Diseases*) können allerdings keine Evidenz für einen positiven Effekt sicherstellen. In der Studie von Xu et al. [2020] (*Journal of Medical Internet Research*) mit 8158 Erwachsenen in China zeigte sich ein erhöhtes Infektionsrisiko bei Menschen die keinen Mindestabstand einhielten. Das relative Infektionsrisiko in dieser Gruppe wird mit einem Faktor 2.63 angegeben. Das Biasrisiko wird von Talic et al. [2021] als moderat bewertet. Ähnliche Ergebnisse ergeben sich aus einer Studie von Doung-Ngern et al. [2020] (*Emerging Infectious Diseases*) mit 1050 Erwachsenen in Thailand. Es wurde gezeigt, dass ein Mindestabstand von mehr als einem Meter von anderen Personen, welche nachweislich mit SARS-CoV-2 infiziert waren, bei einem Kontakt von weniger als 15 Minuten das Infektionsrisiko reduziert. Allerdings ist bei dieser Studie das Biasrisiko durch Talic et al. [2021] mit hoch bewertet wurden. Die Studie ist daher mit

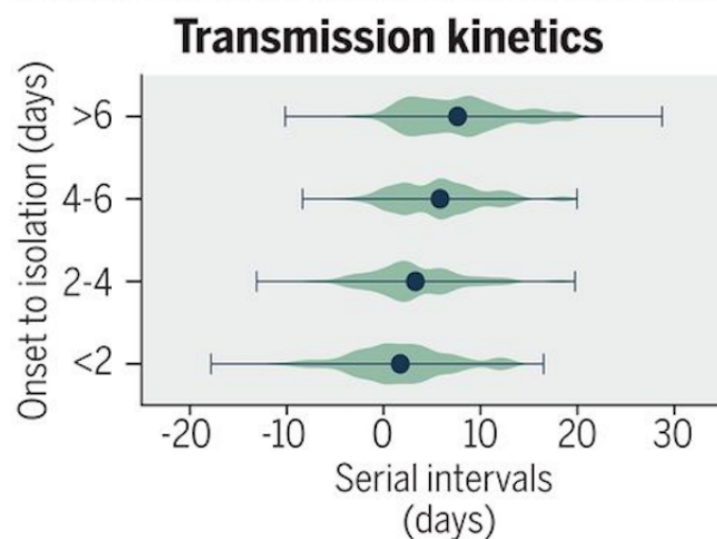


Abbildung 8: Zusammenhang von seriellen Intervall und dem Beginn der Isolation von SARS-CoV-2 Infizierten aus [Sun et al., 2021]. Die Verkürzung des seriellen Intervalls mit früherem Beginn der Isolation wird deutlich.

einer gewissen Vorsicht zu betrachten.

3.5 Quarantäne und Isolation

Die Studien zur Effektivität von Quarantäne und Isolation sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Talic et al. [2021] (*BMJ*) berichten von insgesamt zwei Studien, die sich explizit mit dem Effekt von Quarantäne widmen [Al-Tawfiq et al., 2020, Vaman et al., 2021]. Die erste Studie von Al-Tawfiq et al. [2020] (*Travel Medicine and Infectious Disease*) aus Saudi Arabien berichtet von einer 4.9 % Reduktion der COVID-19 Inzidenzen in acht Wochen nach Einführung der Quarantäne. Diese prospektive Kohortenstudie basiert auf der Beobachtung von 1928 erwachsenen Reiserückkehrern, das Verzerrungsrisiko wird von Talic et al. [2021] als niedrig bewertet. Zu beachten ist allerdings, dass 66% der Probanden männlich waren, eine Repräsentativität ist damit nicht unbedingt sicher gestellt. Eine weitere retrospektive Kohortenstudie von Vaman et al. [2021] (*Journal of Family Medicine and Primary Care*) untersucht das Übertragungsrisiko auf Kontaktpersonen mit oder ohne häuslicher Quarantäne bei 95 indischen Reiserückkehrern, welche später positiv auf SARS-CoV-2 getestet wurden. Hierbei wird zwischen verschiedenen Graden der Quarantäne unterschieden: strikte oder weniger strikte Zimmerquarantäne, häusliche Quarantäne oder keine Quarantäne. Die Studie berichtet ein etwa 14-fach erhöhtes Übertragungsrisiko, wenn Individuen nicht in Quarantäne gingen. Häusliche Quarantäne ohne strikte Zimmerquarantäne führte zu einer 24-fachen Erhöhung des Übertragungsrisikos für direkte Kontaktpersonen, da diese meist aus dem gleichen Haushalt kamen und somit innerhalb der geschlossenen Räume von Haus oder Wohnung einer möglicherweise hohen Viruslast ausgesetzt waren. Das Verzerrungsrisiko dieser Studie wird von

Talic et al. [2021] als moderat bewertet.

Weitere Studien bewerten die Quarantäne und/oder Isolation als effektive Maßnahme zur Eindämmung von Übertragungen: Ali et al. [2020] (*Science*) zeigen auf Basis von 677 Infektionspaaren in China, dass insbesondere durch die schnelle Isolierung von Fällen das serielle Intervall von 7.8 auf 2.6 Tage reduziert werden konnte. Dies ist vor allem durch verminderte Möglichkeiten der Virusübertragung im Falle einer schnellen Identifikation infizierter Personen zu erklären. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Sun et al. [2021] (*Science*) in Ihrer Analyse von 1178 SARS-CoV-2 infizierten Personen in Hunan, China. Auch hier zeigte sich ein klar negativer Zusammenhang zwischen dem Beginn der häuslichen Isolation und dem seriellen Intervall – sie betrug 7 Tage im Falle einer Isolation nach mehr als 6 Tagen und fiel auf 1.7 Tage bei einer Isolation vor dem zweiten Tag nach Symptombeginn.

3.6 Geschäfts- und Unternehmensschließungen

Der Effekt von Schließungen verschiedener Geschäftsbereiche wird ebenfalls überwiegend positiv bewertet (siehe Tabelle 9). Generell ist hierbei festzuhalten, dass die frühzeitige Einschränkung sozialer Kontakte insbesondere durch die Schließung von Restaurants und Bars nachweislich und signifikant mit einer verlängerten Verdopplungszeit korreliert [White and Hébert-Dufresne, 2020] (*PLOS One*). Chernozhukov et al. [2021] (*Journal of Econometrics*) schätzen weiterhin, dass insbesondere die US-amerikanischen kumulativen Fallzahlen ohne die Schließung von Unternehmen bis Ende Mai 2020 um 17% bis 78% größer ausgefallen wären.

Hinsichtlich der Effektivität von Geschäftsschließungen finden sich im Review von Talic et al. [2021] (*BMJ*) erneut zwei explizit genannte und bewertete Studien [Guo et al., 2021, Liu et al., 2021]. In beiden Fällen wurden entsprechende Schließungen in allen 50 US-amerikanischen Bundesstaaten hinsichtlich möglicher Transmissionsreduktionen von SARS-CoV-2 betrachtet. Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*) analysierten die Reduktion der effektiven Reproduktionszahl nach der Schließung von nicht-essentiellen Geschäften durch den Vergleich der geschätzten Reproduktionszahl bevor und nachdem die Maßnahme in Kraft trat. Im Mittel ergab sich hier über alle 50 Bundesstaaten eine Reduktion von 16% welche niedriger ausfällt als die Reduktion durch Maskegebote (29% Reduktion), die Anweisung möglichst zu Hause zu bleiben (51% Reduktion), oder Versammlungsverbote (19% Reduktion). Gleichfalls liegt dieser Wert oberhalb der mittleren Reduktion durch das *Ausrufen des gesundheitlichen Notstands* (13% Reduktion), Reisebeschränkungen (11% Reduktion) oder Schulschließungen (10% Reduktion). Das Verzerrungsrisiko der Studie wird durch Talic et al. [2021] als moderat bewertet. Eine weitere Observationsstudie von Guo et al. [2021] (*Science of The Total Environment*), ebenfalls unter Berücksichtigung aller 50 US-Bundesstaaten, ergab eine 12% Reduktion der Reproduktionszahl nach der Schließung nicht näher spezifizierter Geschäftsbereiche. Dieser Wert liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie die von Liu et al. [2021] beschriebenen Effekte, die beiden Studien können somit als konsistent angesehen werden. Das Verzerrungsrisiko der Studie von Guo et al. [2021] wird von Talic et al. [2021] ebenfalls als moderat bewertet.

Eine weitere umfangreiche Analyse von Geschäftsschließungen liefert Brauner et al. [2021] (*Science*) auf Basis von Daten aus 41 Ländern. Auch hier wurde die Reduktion der Reproduktionszahl durch Interventionen berechnet und die Effektivität verschiedener Maßnahmen in drei Kategorien eingeteilt: Reduktionen unterhalb von 17.5% wurden als gering, von 17.5% bis 35% als moderat und Werte oberhalb von 35% als stark bewertet. Hierbei ergab sich aus der gezielten Schließung von Betrieben mit hohem Infektionsrisiko, wie Restaurants, Bars und Nachtclubs eine geringe bis moderate Wirkung, wobei der Median dieses Effekts mit einer 18-prozentigen Reduktion angegeben wird. Die umfangreichere Maßnahme der Schließung der meisten unwesentlichen Dienstleistungsbetriebe ergab eine moderate Reduktion, mit einem Median von 27% [Brauner et al., 2021]. Aufgrund der umfangreichen Datenlage und -auswertung sowie einer ausführlichen Sensitivitätsanalyse bewerten wir diese Studie als verhältnismäßig vertrauenswürdig und schreiben ihr eine hohe Qualität zu. Etwas konservativer wird der Effekt von Geschäftsschließungen durch Courtemanche et al. [2020] (*Health Affairs*) auf Basis von Daten aus dem März und April 2020 in den USA bewertet. Zu beachten ist hierbei, dass anstelle der Reproduktionszahl allerdings die Wachstumsrate aller Fallzahlen in Prozentpunkten berücksichtigt wurde, sodass ein Vergleich mit den vorherigen Studien nicht ohne weiteres möglich ist. Dennoch ergaben sich qualitativ positive Effekte der Schließungen von Bars, Fitnessstudios, Restaurants und Kinos, welche mit einer Reduktion der Wachstumsrate von 4.4 Prozentpunkten nach einem bis fünf Tagen ab dem Beginn der Maßnahme, 4.7 Prozentpunkten nach sechs bis zehn Tagen, 6.1 Prozentpunkten nach 11 bis 15 Tagen, 5.6 Prozentpunkten nach 16 bis 20 Tagen und 5.2 Prozentpunkten nach 20 Tagen oder mehr beziffert wurden.

Eine nationale Studie von Bongaerts et al. [2021] (*PLOS ONE*) aus Italien bestimmt den Effekt von Geschäftsschließungen auf Basis von Vergleichen zwischen Regionen mit starker oder schwacher Umsetzung der entsprechenden Maßnahme. Aus einem Differenz-von-Differenzen-Ansatz ergab sich, dass Regionen mit strikten Geschäftsschließungen eine niedrige Mortalitätsrate aufwiesen, die geschätzten verhinderten Todeszahlen in der Frühphase der Pandemie werden auf mehr als 9,400 Personen innerhalb weniger Wochen beziffert. Gleichzeitig wurde beobachtet, dass Geschäftsschließungen in bestimmten Regionen auch positive Übertragungseffekte auf benachbarte Gemeinden hatten.

3.7 Absage von Massenveranstaltungen und Versammlungsbeschränkung

Die Studien zur Absage von Versammlungen sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Argumentativ stützen sich die meisten Studien zu Versammlungsbeschränkungen auf das Auftreten von sog. "Superspreader-Ereignissen", also einzelnen Events, bei denen deutlich überdurchschnittlich viele Übertragungen stattfinden. Superspreader-Ereignisse waren bereits für den SARS Ausbruch gut dokumentiert in Wang et al. [2021] (*Computational and structural biotechnology journal*) und frühe Analysen von Tracingdaten nach COVID-19 Infektionen, großteils durchgeführt in Asien, zeigten häufig große zusammenhängende Gruppen von Fällen die auf einen einzelnen Ausbruchsort zurückgeführt werden konnten [Shim et al., 2020, Che Mat et al., 2020, Adam et al., 2020]. So

fand eine frühe Analyse in Hongkong [Adam et al., 2020] dass über ein Drittel (147 von 326) der lokal übertragenen COVID-19 Fälle bis zum 28. April 2020 den 3 größten zusammenhängenden Gruppen zuzurechnen waren, während in Südkorea 4482 der 6284 erfassten Fälle bis zum 6. März auf eine einzige Kirche zurückgeführt werden konnten [Shim et al., 2020]. In Malaysia führte ein religiöses Fest zu 1701 verifizierten Fällen [Che Mat et al., 2020].

Seitdem wurde die Heterogenität der COVID-19 Transmission durch eine Vielzahl an Studien mittels unterschiedlicher Methoden untersucht. Gemäß der von uns berücksichtigten Meta-Reviews kamen der Großteil aller Studien zum Ergebnis, dass die Verteilung der COVID-19 Transmissionen eindeutig einer endlastigen Verteilung (sog. "heavy-tailed distribution") folgt [Wang et al., 2021, Du et al., 2022], ein Phänomen aus welchem sich ein signifikanter Anteil von Superspreader-Ereignissen ableiten lässt. Die daraus abgeleiteten NPIs wurden generell in etwa zwei Kategorien unterteilt: (i) Ein Verbot von öffentlichen oder kommerziellen Veranstaltungen über einer bestimmten Größe und (ii) die Beschränkungen von Zusammenkünften, sowohl öffentlich als auch privat, die teilweise weiter nach der maximal erlaubten Gruppengröße ausdifferenziert wurden. Studien welche die zweite Kategorie, also generelle Beschränkungen von Zusammenkünften, untersucht haben treten deutlich häufiger auf.

In der Metaanalyse von Mendez-Brito et al. [2021] (*Journal of Infection*), in der hauptsächlich Beobachtungsstudien während der ersten Pandemiewelle analysiert werden, wird unter folgenden Maßnahmen unterschieden: (i) Verbot von Großveranstaltungen, Verbot von Massenversammlungen und (iii) Beschränkung von privaten Versammlungen. Erstere wird hier als eine der effektivsten Maßnahmen identifiziert. Von den 12 in Mendez-Brito et al. [2021] untersuchten Studien (10 Studien erfüllen auch unsere Kriterien, sind also keine pre-prints), die Großveranstaltungen untersuchten, fanden sechs (bzw. 5 aus dem kleinen Studiensatz nach unseren Kriterien) einen signifikanten Zusammenhang zu der jeweils zu reduzierenden Zielgröße, also beispielsweise der effektiven Reproduktionszahl oder der Inzidenz. Den Beschränkungen von Massenveranstaltungen und privaten Veranstaltungen werden jeweils eine durchschnittliche Effektivität bescheinigt [Mendez-Brito et al., 2021], wobei diese in der Mehrheit der Studien als signifikant bewertet wird. Die Ergebnisse dieser (und anderer) Studien ergeben das im Folgenden beschriebene Bild:

Wibbens et al. [2020] (PLOS ONE) analysierten verschiedene NPIs einschließlich des Verbots von Großveranstaltungen sowie festgelegten Gruppenobergrenzen in 40 politischen Einheiten (Staaten oder US-Bundestaaten) bis zum Dezember 2020 und zeigte, dass beide Maßnahmen zu signifikanten Verringerungen der Wachstumsrate führten, diese Reduktion aber weniger stark ausfällt als durch Schulschließungen oder die Anordnung zum Home Office. In der Analyse von Li et al. [2021] (*The Lancet Infectious Diseases*), in der mittels Regressionsanalyse selbst erhobene Daten aus den USA ausgewertet wurden, war das Verbot von Großveranstaltungen die effektivste Intervention während der ersten Pandemiewelle. Sie führte zu einer mittleren Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um 76% nach 28 Tagen ab Einführung. Ebenfalls mit dem Fokus auf die USA, hier bis zum 5. Juli 2020, fanden Li et al. [2021] ebenfalls einen signifikanten Effekt des Verbots von Großveranstaltungen, hinsichtlich sowohl der Mobilität der Bevölkerung als auch der

Wachstumsrate der Infektionen. Ebenso kamen Haug et al. [2020] (*Nature Human Behaviour*) in Ihrer Studie von 226 Ländern während der ersten Welle zu dem Schluss, dass eine Einschränkung von Versammlungen von Gruppen mit geringer Obergrenze die effektivste Maßnahme ist um die Pandemie einzudämmen. Auch das Verbot von Massenveranstaltungen wird als signifikant effektiv eingestuft. Ebenfalls mit einem weltweiten jedoch auf die erste Pandemiewelle beschränkten Fokus, fanden Jüni et al. [2020] (*Canadian Medical Association Journal*) einen signifikanten Effekt eines Verbotes von Massenveranstaltungen auf die Wachstumsrate der Fälle (35% Reduktion). Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*) verglichen die Effektivität verschiedener NPIs in den USA während der ersten Welle und kam zu dem Schluss, dass das Verbot von Treffen in Gruppen mit über 50 Personen zu einer 7 prozentigen Reduktion der effektiven Reproduktionszahl führte, das Verbot aller Treffen über 10 Personen zu einer Reduktion von 19%. Koh et al. [2020] (*International Journal of Infectious Diseases*) präsentieren eine Studie mit einem sehr frühen Beobachtungszeitraum und fanden eine signifikante Reduktion von 35% der Reproduktionszahl für eine Kombination an NPIs, die Obergrenzen für Gruppengrößen und das Verbot von Massenveranstaltungen festlegen. Die einzige Analyse in der Meta-Analyse von Mendez-Brito et al. [2021], bei der das Verbot von Versammlungen mit mehr 50 Personen einen größeren Effekt auf Fallzahlen hat als das Verbot von kleineren Versammlungen, ist von Banholzer et al. [2021] (PLOS ONE). Diese Studie zeigt in einem Vergleich von 20 Ländern in der ersten Pandemiewelle, dass das entsprechende Verbot von großen Versammlungen als effektivste Maßnahme die Inzidenz im Beobachtungszeitraum um 37% reduziert. Islam et al. [2020] (*BMJ*) kamen zu dem Schluss, dass Verbot von Großveranstaltungen sowie der Restriktionen auf maximal erlaubte Gruppengrößen bei privaten oder öffentlichen Treffen zusammen mit anderen Maßnahmen zu einer signifikanten Reduktion der Inzidenz führte.

Diesen Ergebnissen entgegen steht eine Analyse von Courtemanche et al. [2020] (*Health Affairs*) mit ähnlichem Fokus auf die USA, in der nur eine nicht signifikante Reduktion der Wachstumsrate durch Verbote von Massenversammlungen beobachtet wurde. Diese Studie ist nicht Teil der Meta-Analyse von Mendez-Brito et al. [2021] soll aber der Vollständigkeit halber hier erwähnt werden. Flaxman et al. [2020] (*Nature*) und Olney et al. [2021] (*American Journal of Epidemiology*) verwendeten eine jeweils kongruente Methodik, um den Verlauf der ersten Pandemiewelle in 11 europäischen Staaten [Flaxman et al., 2020] und den US-Bundesstaaten [Olney et al., 2021] zu untersuchen. Beide Studien fanden nur bei vollem Lockdown oder Schulschließungen [für den Fall von Olney et al., 2021] signifikante Änderungen der Reproduktionsrate, jedoch keinen messbar signifikanten Effekt durch das Verbot von Groß- oder Massenveranstaltungen. Es ist jedoch möglich, dass diese Beobachtung sowohl auf den kurzen Beobachtungszeitraum (30 Tage) als auch die starken getroffenen Annahmen der Studien zurückzuführen ist. Duhon et al. [2021] (*Science of the Total Environment*) fanden ebenfalls keinen messbar signifikanten Effekt von Verböten von Massenversammlungen oder Beschränkungen von Versammlungen auf die anfängliche Wachstumsrate in der ersten Welle. Diese Studie legt Ihren Fokus vor allem auf die anfängliche Wachstumsrate der Infektionen während der ersten Welle und befand nur das Ergreifen von Einreisebeschränkungen sowie bestimmte demografische oder geografische Merkmale signifikant.

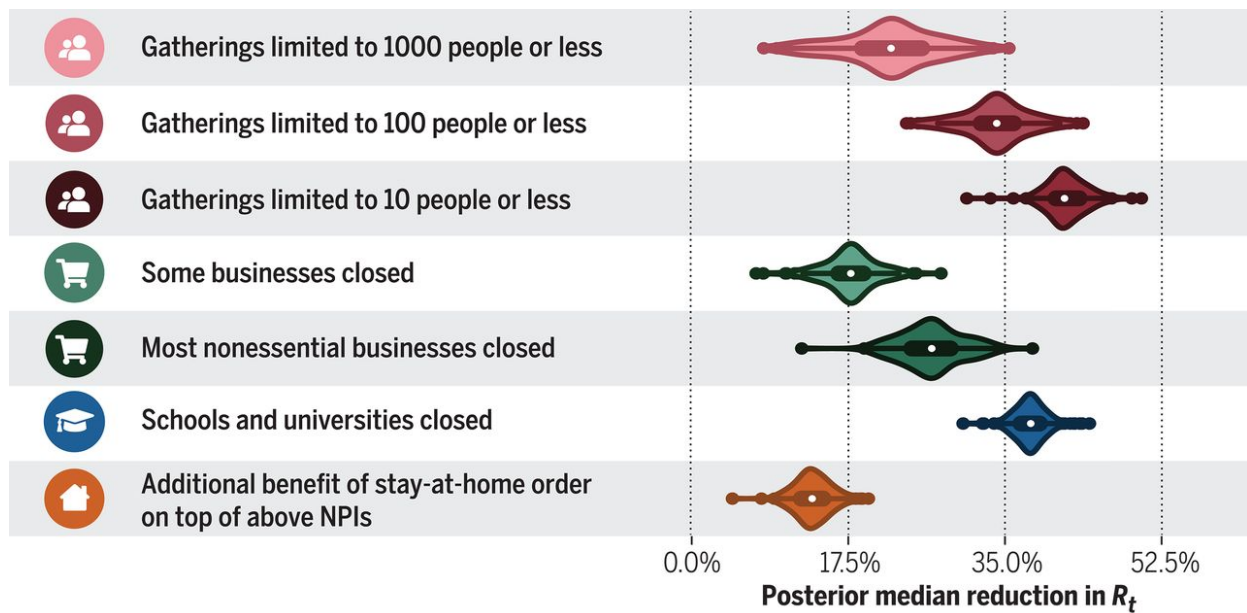


Abbildung 9: Effektivitätsabschätzungen von verschiedenen NPIs aus Brauner et al. [2021]. Einschränkungen von Gruppengrößen haben eine klare Dosis-Wirkungs-Abhängigkeit.

Hinsichtlich letztgenannter Gruppengröße zeigen verschiedene Studien einen starken Zusammenhang zwischen der maximalen erlaubten Personenzahl und der Effektivität der NPI auf die Reduktion von Fallzahlen. Wenn vergleichbare Studien zu verschiedenen Zeitabschnitten durchgeführt wurden (Brauner et al. [2021] (*Science*), Sharma et al. [2021] (*Nature communications*)) oder innerhalb einer Studie zwei aufeinanderfolgende Zeitabschnitte untersucht wurden [Pozo-Martin et al., 2021, Liu et al., 2021] ergab sich, dass die Effektivität dieser Maßnahme mit der Zeit abgenommen hat, also vor allem in der Frühphase der Pandemie ein probates Mittel zur Eindämmung von Infektionen war. Brauner et al. [2021] veröffentlichten eine detaillierte Analyse verschiedener Beschränkungen von Zusammenkünften in Europa, jeweils unterteilt nach Gruppengröße. Sie fanden eine signifikante Reduktion der effektiven Reproduktionszahl für alle untersuchten erlaubten Gruppengrößen, (siehe auch Abb. 9). Eine darauf aufbauende Analyse von Sharma et al. [2021] für die Dynamik der Pandemie in Europa im Winter 2020/2021 zeigt einen weniger klaren Effekt von Einschränkungen die auf große Gruppengrößen über 100 Personen abzielen, bestätigt aber die Effektivität von Einschränkungen mit Obergrenzen von weniger als 100 Personen. Pozo-Martin et al. [2021] führte entsprechende Analysen in zwei verschiedenen Zeitabschnitten durch, jeweils vom Beginn der Pandemie bis zum Juli 2020 sowie Oktober bis Dezember 2020. Im ersten Intervall waren alle Beschränkungen von Gruppengrößen, auch mit einer Obergrenze von über 100 Personen, effektiv (2.6% Verringerung der täglichen Wachstumsrate). Dabei war der beobachtete Effekt geringfügig größer (weniger als 10%), wenn die Obergrenze noch kleiner gewählt wurde. Im zweiten Zeitintervall fanden die Autoren hingegen keinen signifikanten Effekt der Beschränkung auf maximale Gruppengrößen auf die Wachstumsrate. Dies gilt universell und unabhängig von der Obergrenze.

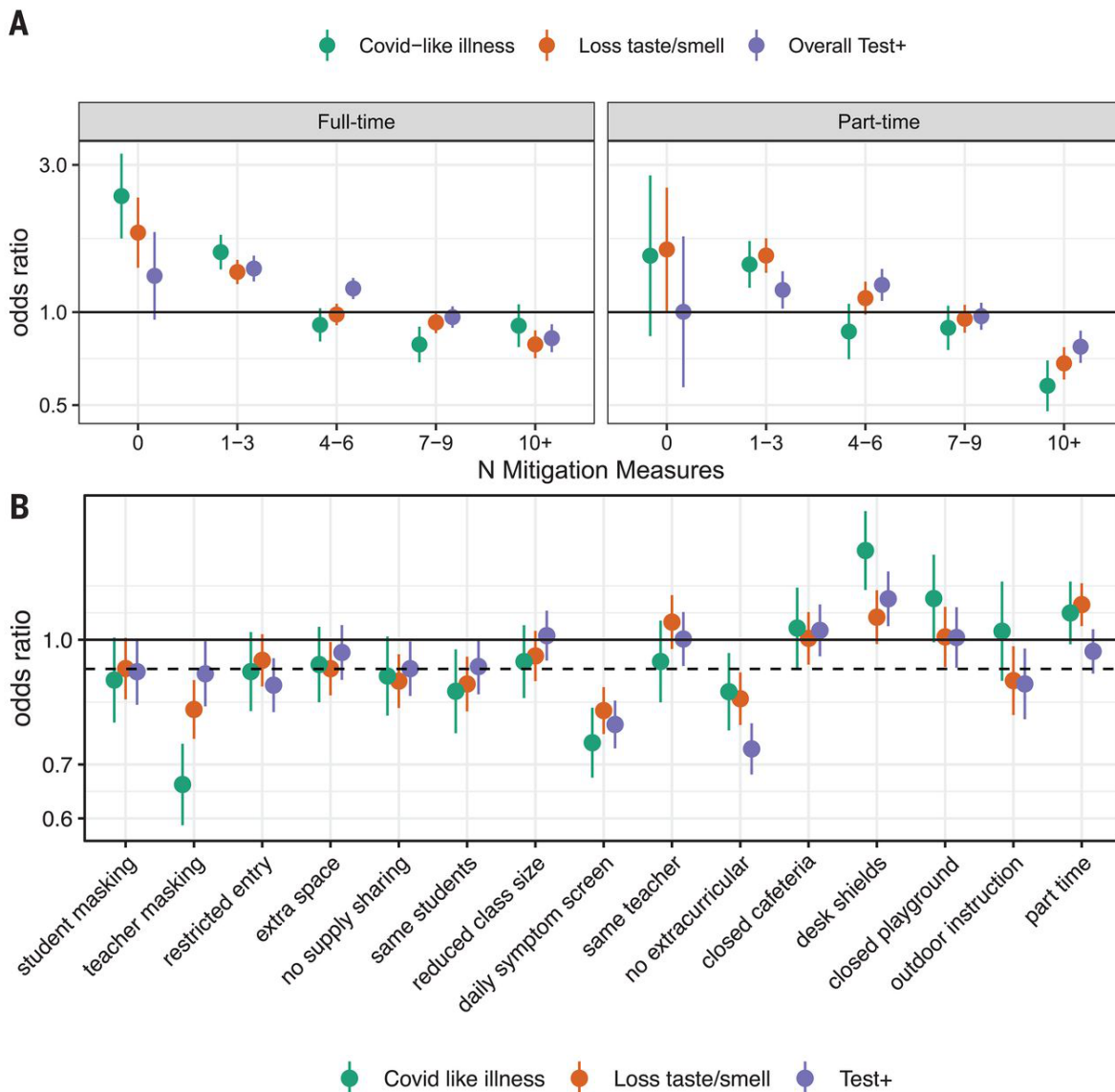


Abbildung 10: Effektivität von Schulschließung abhängig von Maßnahmen und deren Kombinationen an Schulen. **A:** Die “odds-ratio” beschreibt, wie viel wahrscheinlicher es ist, einen positiven COVID-19 Test (“Test+”) in den letzten 2 Wochen gehabt zu haben, wenn die Person ein Kind im Haushalt hat, das Voll- oder Teilzeit in die Schule geht (“Full-time” und “Part-time”) verglichen mit einer Person, deren Kind nicht zur Schule geht (Schulschließung). Dabei sinkt die Wahrscheinlichkeit je mehr Maßnahmen in der Schule implementiert wurden. **B:** Einfluss einzelner Maßnahmen auf die oben beschriebene “odds ratio”. Abbildung adaptiert von Lessler et al. [2021].

3.8 Schulschließungen und -öffnungen

Generell ist festzuhalten, dass die Effektivität von Schulschließungen ambivalent bewertet wird. Wir stellen daher im folgenden zunächst Studien vor, die einen positiven Effekt dieser Maßnahme erkennen lassen, gefolgt von einem Satz von Studien welchen keinen signifikant messbaren Effekt nachweisen können (siehe auch Tabelle 11).

Der systematische Review Mendez-Brito et al. [2021] stuft Schulschließungen basierend auf 34 Beobachtungsstudien als effektivste NPI ein. Im folgenden, stellen die entsprechenden Studien kurz vor, bzw. beschränken uns auf deren Aussagen zur Effektivität von Schulschließungen. Dabei benutzt der Großteil der Studien Daten zu weltweiten oder nationalen Fall- und Todeszahlen sowie die Zeitpunkte, an denen Schulschließungen im jeweiligen Land eingesetzt haben. Zu beachten ist, dass sich hierbei alle Studien auf Maßnahmen während der ersten Welle beziehen. Es gibt einige wenige Studien, die auf anderen Daten als den oben angegebenen beruhen und sich dennoch für diese Fragestellung eignen. Sollte dies der Fall sein, weisen wir im Text gegebenenfalls explizit darauf hin. Wir beginnen zunächst mit Studien, welche einen signifikanten Effekt der Schulschließungen festgestellt haben und stellen dem dann die Studien gegenüber die keine signifikanten Effekte feststellen konnten.

Brauner et al. [2021] (*Science*) untersuchten, wie effektiv 7 verschiedene NPIs die Reproduktionszahl reduzieren konnten. Dabei wurden Inzidenz und Todeszahlen von 41 Ländern verglichen. Schulschließungen wurde eine große Effektivität zugeschrieben, d.h. dass in jeder der verschiedenen Variationen der statistischen Analyse eine Reduktion der effektiven Reproduktionszahl von mehr als 35% beobachtet wurde. Auger et al. [2020] (*JAMA*) analysierten den Rückgang von Inzidenz und Mortalität durch Schulschließungen im Zeitraum vom 9. März bis 07. Mai 2020 in allen 50 US Bundesstaaten. Inzidenz und Mortalität wurden vor der Analyse bereinigt, d.h. Veränderungen oder Unterschiede zwischen Regionen, die auf andere NPIs und weitere, für bestimmte Bundesstaaten relevante Faktoren (z.B. Altersstruktur) zurückzuführen waren, wurden aus den Daten entfernt. Die wöchentliche relative Änderung der bereinigten Inzidenz wurde um 62% reduziert, ähnliches gilt für die Mortalität (58% Reduktion). Die Studie wurde von Talic et al. [2021] mit einem moderaten Bias bewertet. Haug et al. [2020] (*Nature Human Behavior*) bestimmten weiterhin für 56 Ländern und 24 US Bundesstaaten den Einfluss des Zeitpunkts der Einführung von NPIs auf die Reproduktionszahl. Die statistische Signifikanz wurde durch 4 verschiedenen Methoden bestimmt, Schulschließungen wurden von allen Methoden als signifikant eingestuft. Die Schließung von Bildungseinrichtungen reduzierte hierbei die Reproduktionszahl um 0.15 bis 0.21. Die Autoren validierten ihre Ergebnisse mit 2 weiteren Datensätzen.

Lessler et al. [2021] (*Science*) untersuchten Schulschließungen und vorbeugende Maßnahmen innerhalb der Schule in zwei späteren Zeiträumen (24. November bis 23. Dezember 2020 und 11. Januar bis 10. Februar 2021) während der dritten Welle in den USA. Eine Besonderheit der Studie ist, dass die Daten auf Fragebögen beruhen, die von ca. 576,000 Personen aus 50 Bundesstaaten mit mindestens einem Kind im Kindergarten, Grund- oder Sekundarschule bis zu einmal pro Woche beantwortet wurden. Dabei gingen in 49% der Fälle die Kinder Voll- oder Teilzeit in die Schule. Die Studie ergab, dass bei Kindern, die Vollzeit zur Schule gehen, die Wahrscheinlichkeit an COVID-19 zu erkranken um 25-50% steigt (wobei dieser Wert mit höheren Klassenstufen zunimmt). Ein schwächerer Effekt wurde im Teilzeitschulbesuch beobachtet (ca. 10% erhöhtes Infektionsrisiko). In der gleichen Studie wurde beschrieben, dass Schulschließungen keinen positiven Effekt mehr erzielen, sobald vier bis neun Maßnahmen zur Vorbeugung in der Schule eingesetzt

werden (z.B. Masken, Abstand, reduzierter Schulzutritt oder Kohortenbildung), siehe Abb. 10). Diese Studie zeichnet sich dadurch aus, dass sie den Effekt von krankheitseindämmenden Maßnahmen explizit einbezieht und somit Ergebnisse anderer Studien, die diesen Effekt unbeachtet lassen, maßgeblich ergänzt.

Eine weitere Studie von Vlachos et al. [2021] (*PNAS*) aus Schweden zeichnet sich durch einen für die Bewertung von Schulschließungen besonders geeigneten Datensatz aus. In Schweden begann ab dem 18. März 2020 für alle Schüler ab der 10. Klasse der Online-Unterricht aufgrund von Schulschließungen. Da in Schweden alle PCR-Tests auf Einzelpersonen zurückverfolgt werden können, konnte die Wahrscheinlichkeit an COVID-19 zu erkranken zwischen allen Eltern deren Kinder noch zur Schule gingen (jüngstes Kind in der 9. Klasse oder jünger) und Eltern deren jüngstes Kind Online-Unterricht hat verglichen werden. Um den Effekt von altersabhängigem Kontaktverhalten der Kinder zu minimieren, wurden Eltern mit Kindern aus der 9. Klasse mit Eltern aus der 10. Klasse verglichen. Die gleiche Analyse wurde für Lehrer durchgeführt, wobei Lehrer die bis zur 9. Klasse mit Lehrern die ab der 10. Klasse unterrichten (Online-Unterricht) verglichen wurden. Die Wahrscheinlichkeit an COVID-19 zu erkranken steigt für Eltern mit Kindern der 9. Klasse um 17% und für Lehrer die bis zur 9. Klasse unterrichten um 100%. Hier ist es wichtig anzumerken, dass in den Klassen keine bis wenig Schutzmaßnahmen getroffen wurden (keine reduzierten Klassengrößen, seltene/keine Maskennutzung), womit die Studie nicht im Widerspruch zur vorigen steht [Lessler et al., 2021]. Der Bias der Studie von Vlachos et al. [2021] wurde von Talic et al. [2021] als moderat eingestuft. Jüni et al. [2020] (*CMAJ*) verglichen Daten zur effektiven Reproduktionszahl aus 144 geopolitische Regionen in der vierten Märzwoche 2020. Die Autoren untersuchten zwar eine Vielzahl möglicher Maßnahmen und Einflussfaktoren (NPIs, Bruttoinlandsprodukt, Temperatur, Luftfeuchtigkeit uvm.), ermittelten aber dennoch eine 37 prozentige Reduktion der Reproduktionszahl durch Schulschließungen. Banholzer et al. [2021] (*PLOS ONE*) untersuchten 20 westliche Länder und konnte einen Rückgang der Neuinfektionen um 17% auf Schulschließungen zurückführen. Unter allen untersuchten NPIs innerhalb dieser Studie konnte Schulschließungen hierbei die drittstärkste Reduzierung zugeschrieben werden. Eine detaillierte Sensitivitätsanalyse ergab weiterhin im schlechtesten Fall eine Reduktion der Reproduktionszahl um ca. 10%. Piovani et al. [2021] (*Journal of Infection*) untersuchten Daten aus 37 OECD-Ländern im Zeitraum vom 01. Januar bis 30. Juni 2020 (1. Pandemiewelle) und stellten fest, dass allein schon eine eintägige Verzögerung von Schulschließungen die kumulative Todeszahl um 4.4% erhöhen kann, allerdings konnte nicht vollends ausgeschlossen werden, dass diese Größe auch durch andere NPIs (außer Massenveranstaltungen) beeinflusst ist. Ein ähnliches Protokoll verfolgen Klimek-Tulwin and Tulwin [2022] (*Journal of Public Health*), die ebenfalls in ihrer Analyse von 18 Ländern den Effekt von Schulschließungen getrennt von anderen NPIs betrachten konnten. Die Autoren fanden bei Ländern die bereits bei einer geringeren Inzidenz die Schulen geschlossen hatten, eine statistisch signifikant geringere Inzidenz nach 16, 30 und 60 Tagen ab Beginn der Schließungen. Die Autoren argumentieren, dass dies darauf schließen lässt, dass Schulschließungen die Reproduktionszahl möglicherweise verringern. Als Schwachpunkt dieser Studie ist zu erwähnen, dass weder

die Änderung der effektiven Reproduktionszahl noch die Änderung der Inzidenz analysiert wird. Es wird stattdessen lediglich punktuell die Inzidenz einzelner Länder verglichen, die jedoch durch u.a. unterschiedliche Testkapazitäten nur limitiert vergleichbar sind. Diese Limitationen schränken die Aussagekraft der Studie deutlich ein. Hinsichtlich der Zeitskala von Schulschließungen fanden auch Yehya et al. [2021] (*Clinical Infectious Diseases*) in Ihrer US-fokussierten Studie, dass verspätete bundesstaatenweite Notstandserklärungen und Schulschließungen mit einer höheren COVID-19-Mortalität verbunden sind. Jeder Tag Verzögerung der Schulschließungen erhöht hierbei das Mortalitätsrisiko an Tag 28 nach dem ersten an COVID-19 Verstorbenen um 5-6%.

Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*) analysierten in den USA die Reduktion der effektiven Reproduktionszahl durch neun NPIs im Zeitraum vom 21. Januar bis 20. April 2022, wobei dieses Enddatum noch vor dem Aufheben einzelner Maßnahmen liegt. Eine Medianreduktion der effektiven Reproduktionszahl um 10% konnte auf Schulschließungen zurückgeführt werden. Dieser Effekt liegt laut Liu et al. [2021] in einer ähnlichen Größenordnung wie der Ausruf des Notstands, Schließungen von Restaurants und Einzelhandel oder Reisebeschränkungen. Der Bias dieser Studie wurde von Talic et al. [2021] ebenfalls bewertet und mit moderat angegeben. Eine ebenfalls als moderat verzerrt eingestufte Studie stammt von Guo et al. [2021] (*Science of The Total Environment*). Hier wurde die Wirkung von 5 NPIs auf die effektive Reproduktionszahl untersucht, wobei die Studie keine simultane Bestimmung der Effektivität aller 5 NPIs erlaubte, sondern entweder nur das Startdatum jeweils einer oder den frühesten Maßnahmenbeginn von allen NPIs in einem Bundesstaat betrachtet wurde. Die Autoren ermittelten für alle NPIs einen ähnlichen Effekt auf die Reduktion der Reproduktionszahl im Bereich von 11 bis 13% (Ausnahme: Einstellung des öffentlichen Verkehrs mit 2%), wobei Schulschließungen mit 13% den stärksten Effekt erzielten.

Fontanet et al. [2021] (*Euro-surveillance*) sammelten in einer nordfranzösischen Stadt wöchentlich Blutproben von 323 Mitglieder einer Sekundarschule (243 Schüler) und 348 Eltern/Angehörige der Schüler in den 4 Wochen vor einer ferienbedingten Schulschließung. Nach einem Krankheitsausbruch in dieser Zeit sank die beobachtete Fallzahl in der ersten Ferienwoche von 38 auf 13 Fälle (Abb. 11). Der Schließung der entsprechenden Schule kann somit eine deutliche Auswirkung auf die Verbreitung des Virus zugeschrieben werden. Vor der entsprechenden Schulschließung gab es in dieser französischen Schule keine krankheitsvorbeugenden oder -kontrollierenden Maßnahmen, im Gegensatz zu Schulen in Japan, wo Hygieneregeln schon vor der Pandemie zum Alltag gehörten. [Iwata et al., 2020] (*International Journal of Infectious Diseases*) stellten deshalb in ihrer Studie keine signifikante Verringerung der effektiven Reproduktionszahl durch die landesweiten Schulschließungen am 02. März 2020 in Japan fest. Dennoch stehen die beiden letztgenannten Studien nicht im unmittelbaren Widerspruch zueinander, sondern sind konform mit den oben vorgestellten Ergebnissen von Lessler et al. [2021]: Schulschließungen sind vor allem dann effektiv, wenn wenige bis keine weiteren Maßnahmen in der Schule ergriffen werden.

Den oben genannten Studien steht, im Gegensatz zu einigen anderen in diesem Dokument untersuchten Maßnahmen, eine zahlenmäßig nicht unerhebliche Anzahl an Studien gegenüber, die den Effekt von Schulschließungen nicht uneingeschränkt positiv bewerten. So konnten [Chernoz-

hukov et al., 2021] (*Journal of Econometrics*) keine signifikante Reduktion der Reproduktionszahl durch Schulschließungen in den USA feststellen. Dabei unterschied sich die Analyse allerdings grundlegend von den bereits vorgestellten Arbeiten. Die Autoren ließen in ihrem statistischen Modell nur einen indirekten Einfluss der NPIs (mit Ausnahme der Maskenpflicht) auf die Reproduktionszahl zu. Sie bestimmten den direkten Einfluss auf die Reduktion des Abstandsverhaltens (basierend auf "Google Mobility Reports") und schlossen daraus auf den Einfluss auf Inzidenz und Mortalität.

Die Autoren merken außerdem an, dass die zeitgleichen Schulschließungen in fast allen Bundesstaaten keine signifikanten Aussagen zuließen und erklärten, dass ein positiver Effekt nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann. Auch Courtemanche et al. [2020] (*Health Affairs*) konnten keine signifikante Reduktion der Reproduktionszahl durch Schulschließungen in der ersten Pandemiewelle in den USA feststellen. Auch hier stellen die Autoren aber fest, dass eine Reduktion um 5 bis 6 Prozentpunkte nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

Gandini et al. [2021] (*The Lancet Regional Health - Europe*) fanden in einer Kohortenstudie während der Schulöffnungen in Italien in der zweiten Pandemiewelle (12. September bis 08. November 2020) sogar, verglichen mit der jeweils regionalen Gesamtbevölkerung, eine geringere Inzidenz in der Gruppe der Schüler. Basierend auf den wöchentlichen Fallzahlen fast aller knapp 8,000 öffentlichen Schulen wurde gezeigt, dass Schüler bis zur 8. Klasse eine im Mittel 38.9% geringere Inzidenz hatten als die Bevölkerung aus derselben Region. Die Gruppe der Schüler ab der 9. Klasse zeigte im Mittel eine 9% geringere Inzidenz. Lehrer und anderes Schulpersonal hatten hingegen eine ähnliche Inzidenz wie Ihre entsprechende Altersgruppe in der regionalen Referenzbevölkerung. Schulöffnungen fanden in Italien regional zu unterschiedlichen Zeiten statt (bis zu 17 Tagen Unterschied), der Anstieg der Reproduktionszahl wurde mit späteren Schulöffnungen jedoch nicht messbar nach hinten verschoben. Zum Verständnis dieser Studie ist es wichtig anzumerken, dass Maßnahmen zur Ansteckungsprävention an Schulen (z.B. Maskenpflicht) in Italien deutlich strenger umgesetzt wurden als vom European Centre for Disease Prevention and Control empfohlen wurde. Somit ist auch diese Studie mit den Ergebnissen von Lessler et al. [2021] konsistent: Schulschließungen sind ineffektiv/unnötig solange genügend weitere Mitigationsmaßnahmen an Schulen durchgeführt werden. Auch White and Hébert-Dufresne [2020] (*PLOS ONE*) konnten keine signifikante Reduktion der Reproduktionszahl durch Schulschließungen feststellen. Die Autoren betrachten hierzu in Ihrer Studie den Zeitraum der ersten 21 Tage nachdem im jeweiligen US-Bundesstaat die ersten 25 Fälle auftraten. Jedoch konnten die Autoren generell nur einer von 5 untersuchten NPIs eine signifikante Reduktion der effektiven Reproduktionszahl zuweisen (Einschränkungen des Restaurantbetriebs), was im Licht aller in diesem Dokument vorgestellten Studien nahelegt, dass die Methodik oder der betrachtete Zeitraum möglicherweise ungeeignet ist, um alle NPIs einzuordnen. Als weitere komplementäre Betrachtung untersuchten Wieland [2020] (*Safety Science*), ob die Wendepunkte im Zeitverlauf der Reproduktionszahl in Deutschland mit Kita- und Schulschließungen (im Zeitraum 16. bis 18. März 2020) erklärbar sind. Zwar lag ein entsprechender Wendepunkt im möglichen Einflussbereich (etwa 3 Tage später) jedoch änderte sich

die Reproduktionszahl dort eher von einem bereits fallenden zu einem stabilen Verlauf, sodass kein positiver Effekt nachgewiesen werden konnte. Es ist anzumerken, dass nur deutschlandweite Daten analysiert wurden, weshalb die Aussage der Studie auf nur einer Zeitreihe der effektiven Reproduktionszahl beruht. Arshed et al. [2020] (*Journal of Public Affairs*) fanden in einem Ländervergleich mit Fallzahlen von Januar bis Mai 2020, dass Schulschließungen nicht geeignet waren, um die Zeitspanne bis landesweit die effektive Reproduktionszahl den kritischen Wert 1 unterschreitet zu verringern (auch als "flattening the curve" bekannt). Die Studie stellt weiterhin auch keine signifikante Effektivität durch das Verbot von Großveranstaltungen fest, sondern schreibt vor allem der Einführung von Lockdowns eine große Bedeutung zu. Hierbei ist zu beachten, dass Lockdowns, vor allem in der ersten Pandemiewelle, Schulschließungen und das Verbot von Großveranstaltungsverbote mit einbegriffen. Auch Krishnamachari et al. [2021] (*American Journal of Infection Control*) konnten keinen positiven statistischen Einfluss auf die Änderung der kumulativen Inzidenz durch Schulschließungen in den USA feststellen. Die Autoren weisen jedoch selber darauf hin, dass der Zeitpunkt der Schulschließungen in allen untersuchten Bundesstaaten nahezu simultan war, ihre statistische Analyse allerdings darauf beruhte, je nach Zeitpunkt der Schließung die Bundesstaaten in 2 Gruppen zu teilen. Die mittlere Anfangszeit der Schulschließungen unterscheidet sich daher zwischen den Gruppen kaum. Auch der Bias der Studie wurde von Talic et al. [2021] als hoch eingestuft, weshalb die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden sollten. Abschließend erwähnt sei eine Studie von Kriger et al. [2021] (*Clinical Microbiology and Infection*), die ebenfalls keine Unterschiede in der Inzidenz von Schülern einer israelischen alternativen Schule für Kinder von Beschäftigten des Gesundheitswesens feststellen konnte, obwohl diese während des nationalen Lockdowns in Betrieb war. Dabei wurden 70 Schüler dieser Schule mit 36 Kindern von geschlossenen Schulen verglichen und in beiden Gruppen ähnliche Inzidenzen gemessen. Die geringe Stichprobengröße, aber auch mögliche andere Mitigationsmaßnahmen (Maskenpflicht für Lehrer, häufiges Händewaschen, kleine Gruppengrößen) könnten das Ergebnis ebenso erklären.

3.9 Ausbau von Testkapazitäten und Kontaktnachverfolgung

Zurzeit gibt es wenige statistisch fundierte Nachweise für die Effizienz von Kontaktnachverfolgungen zur Reduzierung der Krankheitsfälle. Dies ist vor allem damit zu erklären, dass der Großteil der in diesem Dokument behandelten Studien amtlich gemeldete Fallzahlen direkt oder indirekt als Zielgröße ihrer Analyse verwenden. Da eine höhere Testkapazität zumindest kurzfristig auch höhere *gemeldete* Fallzahlen zur Folge hat, kann der beobachtete Effekt sogar negativ erscheinen. So fanden beispielsweise Haug et al. [2020] (*Nature Human Behaviour*) einen geringen Anstieg gemeldeter Fälle als kurzfristige Folge verschiedener Maßnahmen, die die Testkapazitäten auf COVID-19 erhöhen oder Kontaktverfolgungen verbessern (siehe Appendix des oben zitierten Manuskripts). Die Autoren merken an, dass langfristig positive Effekte im Rahmen der Verbesserung der Testkapazitäten und der Nachverfolgung in ihrer Studie nicht analysiert werden konnten. Ebenso konnte keine der Studien, die in dem Review von Mendez-Brito et al. [2021] (*Journal of Infection*) Erwähnung finden, aus oben genannten Gründen einen signifikanten Effekt der Erhöhung

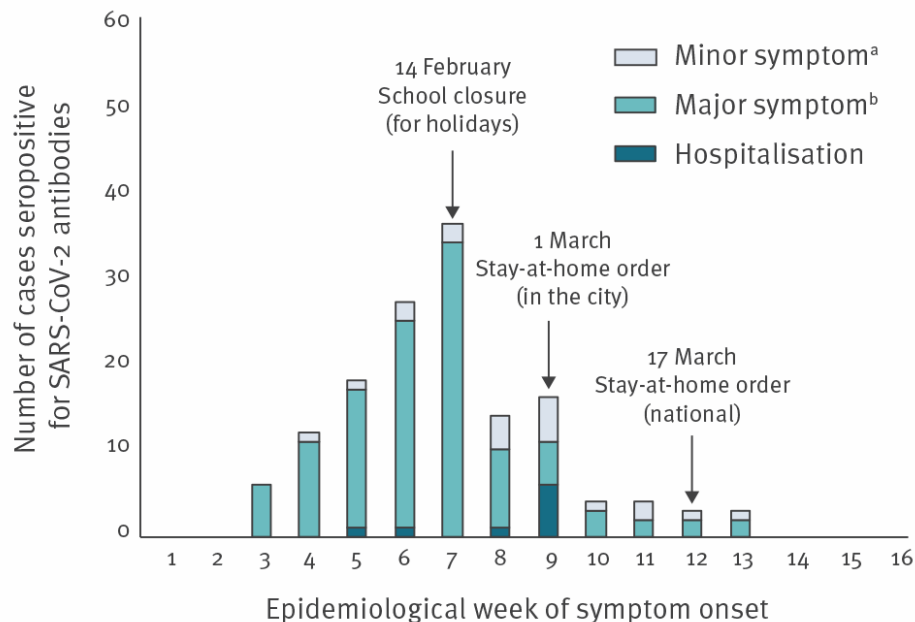


Abbildung 11: In einer Schule einer nordfranzösischen Stadt fand ein größerer Ausbruch statt, welcher mit der Schulschließung deutlich begrenzt wurde. Abbildung adaptiert von Lessler et al. [2021].

von Testkapazitäten (Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*); Pozo-Martin et al. [2021] (*European Journal of Epidemiology*); Wibbens et al. [2020] (*PLOS ONE*)) oder Kontaktnachverfolgungen (Liu et al. [2021] (*BMC Public Health*); Wibbens et al. [2020] (*PLOS ONE*)) bestimmen. Eine Analyse der weltweiten Mortalitätsdaten von Leffler et al. [2020] fand ebenfalls keinen signifikanten Effekt. Von daher ist diese spezielle Maßnahme ein Sonderfall, da langfristig positive Effekte nicht oder nur sehr schwer von den Effekten anderer Maßnahmen getrennt werden können ([Haug et al., 2020] (*Nature Human Behaviour*)). Generell ist aber festzuhalten, dass effiziente Testsysteme und Kontaktnachverfolgungen unabdingbar sind, um möglichst genaue Schätzungen von Fallzahlen zu bestimmen, auf deren Basis sich politische Entscheidungen verlässlich treffen und die Effektivität aller anderen, in dieser Zusammenfassung vorgestellten Maßnahmen, bewerten lassen.

4 Literaturverzeichnis

J. Abaluck, L. H. Kwong, A. Styczynski, A. Haque, M. A. Kabir, E. Bates-Jefferys, E. Crawford, J. Benjamin-Chung, S. Raihan, S. Rahman, S. Benhachmi, N. Z. Bintee, P. J. Winch, M. Hossain, H. M. Reza, A. A. Jaber, S. G. Momen, A. Rahman, F. L. Banti, T. S. Huq, S. P. Luby, and A. M. Mobarak. Impact of community masking on COVID-19: A cluster-randomized trial in Bangladesh. *Science*, 375(6577):eabi9069, 2022.

K. Abe, A. Miyawaki, M. Nakamura, H. Ninomiya, and Y. Kobayashi. Trends in hospitalizations for

- asthma during the COVID-19 outbreak in Japan. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 9(1):494–496.e1, 2021.
- D. C. Adam, P. Wu, J. Y. Wong, E. H. Lau, T. K. Tsang, S. Cauchemez, G. M. Leung, and B. J. Cowling. Clustering and superspreading potential of sars-cov-2 infections in hong kong. *Nature Medicine*, 26(11):1714–1719, 2020.
- A. Afolabi and O. Ilesanmi. Community engagement for COVID-19 prevention and control: A systematic review. *Public Health and Toxicology*, 2(2):1–17, 2022.
- J. G. Ahn. Epidemiological changes in infectious diseases during the coronavirus disease 2019 pandemic in Korea: a systematic review. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 65(4):167–171, 2022.
- J. A. Al-Tawfiq, A. Sattar, H. Al-Khadra, S. Al-Qahtani, M. Al-Mulhim, O. Al-Omoush, and H. O. Kheir. Incidence of COVID-19 among returning travelers in quarantine facilities: A longitudinal study and lessons learned. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 38:101901, 2020.
- S. T. Ali, L. Wang, E. H. Y. Lau, X.-K. Xu, Z. Du, Y. Wu, G. M. Leung, and B. J. Cowling. Serial interval of SARS-CoV-2 was shortened over time by nonpharmaceutical interventions. *Science*, 369(6507):1106–1109, 2020.
- B. Y. An, S. Porcher, S. Tang, and E. E. Kim. Policy Design for covid-19: Worldwide Evidence on the Efficacies of Early Mask Mandates and Other Policy Interventions. *Public Administration Review*, 81(6):1157–1182, 2021.
- N. Arshed, M. S. Meo, and F. Farooq. Empirical assessment of government policies and flattening of the covid-19 curve. *Journal of Public Affairs*, 2020.
- K. A. Auger, S. S. Shah, T. Richardson, D. Hartley, M. Hall, A. Warniment, K. Timmons, D. Bosse, S. A. Ferris, P. W. Brady, A. C. Schondelmeyer, and J. E. Thomson. Association Between Statewide School Closure and COVID-19 Incidence and Mortality in the US. *JAMA*, 324(9):859, 2020.
- N. Banholzer, E. van Weenen, A. Lison, A. Cenedese, A. Seeliger, B. Kratzwald, D. Tschernutter, J. P. Salles, P. Bottrighi, S. Lehtinen, S. Feuerriegel, and W. Vach. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on the number of new infections with COVID-19 during the first epidemic wave. *PLOS ONE*, 16(6):e0252827, 2021.
- M. Bennett. All things equal? heterogeneity in policy effectiveness against covid-19 spread in chile. *World development*, 137:105208, 2021.
- R. B. Bestetti, R. Furlan-Daniel, and L. B. Couto. Nonpharmaceutical public health interventions to curb the COVID-19 pandemic: a narrative review. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 16(04):583–591, 2022.

- Y. Bo, C. Guo, C. Lin, Y. Zeng, H. B. Li, Y. Zhang, M. S. Hossain, J. W. Chan, D. W. Yeung, K. O. Kwok, S. Y. Wong, A. K. Lau, and X. Q. Lao. Effectiveness of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 transmission in 190 countries from 23 January to 13 April 2020. *International Journal of Infectious Diseases*, 102:247–253, 2021.
- D. Bongaerts, F. Mazzola, and W. Wagner. Closed for business: The mortality impact of business closures during the Covid-19 pandemic. *PLOS ONE*, 16(5):e0251373, 2021.
- J. M. Brauner, S. Mindermann, M. Sharma, D. Johnston, J. Salvatier, T. Gavenčiak, A. B. Stephenson, G. Leech, G. Altman, V. Mikulik, A. J. Norman, J. T. Monrad, T. Besiroglu, H. Ge, M. A. Hartwick, Y. W. Teh, L. Chindelevitch, Y. Gal, and J. Kulveit. Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science*, 371(6531):eabd9338, 2021.
- H. Bundgaard, J. S. Bundgaard, D. E. T. Raaschou-Pedersen, C. von Buchwald, T. Todsén, J. B. Norsk, M. M. Pries-Heje, C. R. Vissing, P. B. Nielsen, U. C. Winsløw, K. Fogh, R. Hasselbalch, J. H. Kristensen, A. Ringgaard, M. Porsborg Andersen, N. B. Goecke, R. Trebbien, K. Skovgaard, T. Benfield, H. Ullum, C. Torp-Pedersen, and K. Iversen. Effectiveness of Adding a Mask Recommendation to Other Public Health Measures to Prevent SARS-CoV-2 Infection in Danish Mask Wearers: A Randomized Controlled Trial. *Annals of Internal Medicine*, 174(3):335–343, 2021.
- R. Chaudhry, G. Dranitsaris, T. Mubashir, J. Bartoszko, and S. Riazi. A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes. *EClinicalMedicine*, 25:100464, 2020.
- N. F. Che Mat, H. A. Edinur, M. K. A. Abdul Razab, and S. Safuan. A single mass gathering resulted in massive transmission of COVID-19 infections in Malaysia with further international spread. *Journal of Travel Medicine*, 27(3):taaa059, 2020.
- V. C.-C. Cheng, S.-C. Wong, V. W.-M. Chuang, S. Y.-C. So, J. H.-K. Chen, S. Sridhar, K. K.-W. To, J. F.-W. Chan, I. F.-N. Hung, P.-L. Ho, and K.-Y. Yuen. The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2. *Journal of Infection*, 81(1):107–114, 2020.
- V. Chernozhukov, H. Kasahara, and P. Schrimpf. Causal impact of masks, policies, behavior on early covid-19 pandemic in the U.S. *Journal of Econometrics*, 220(1):23–62, 2021.
- D. K. Chu, E. A. Akl, S. Duda, K. Solo, S. Yaacoub, H. J. Schünemann, D. K. Chu, E. A. Akl, A. Elharakeh, A. Bognanni, T. Lotfi, M. Loeb, A. Hajizadeh, A. Bak, A. Izcovich, C. A. Cuello-Garcia, C. Chen, D. J. Harris, E. Borowiack, F. Chamseddine, F. Schünemann, G. P. Morgano, G. E. U. Muti Schünemann, G. Chen, H. Zhao, I. Neumann, J. Chan, J. Khabisa, L. Hneiny, L. Harrison, M. Smith, N. Rizk, P. Giorgi Rossi, P. AbiHanna, R. El-khoury, R. Stalteri, T. Baldeh, T. Piggott, Y. Zhang, Z. Saad, A. Khamis, M. Reinap, S. Duda, K. Solo, S. Yaacoub, and H. J. Schünemann.

- Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 395(10242): 1973–1987, 2020.
- C. Courtemanche, J. Garuccio, A. Le, J. Pinkston, and A. Yelowitz. Strong Social Distancing Measures In The United States Reduced The COVID-19 Growth Rate: Study evaluates the impact of social distancing measures on the growth rate of confirmed COVID-19 cases across the United States. *Health Affairs*, 39(7):1237–1246, 2020.
- D. Dave, A. I. Friedson, K. Matsuzawa, and J. J. Sabia. When do shelter-in-place orders fight covid-19 best? policy heterogeneity across states and adoption time. *Economic inquiry*, 59(1): 29–52, 2021.
- R. DerSimonian and N. Laird. Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 7(3):177–188, 1986.
- P. Doung-Ngern, R. Suphanchaimat, A. Panjangampathana, C. Janekrongtham, D. Ruampoom, N. Daochaeng, N. Eungkanit, N. Pisitpayat, N. Srisong, O. Yasopa, P. Plernprom, P. Promduangsi, P. Kumphon, P. Suangtho, P. Watakulsin, S. Chaiya, S. Kripattanapong, T. Chantian, E. Bloss, C. Namwat, and D. Limmathurotsakul. Case-Control Study of Use of Personal Protective Measures and Risk for SARS-CoV 2 Infection, Thailand. *Emerging Infectious Diseases*, 26(11):2607–2616, 2020.
- N. Dreher, Z. Spiera, F. M. McAuley, L. Kuohn, J. R. Durbin, N. F. Marayati, M. Ali, A. Y. Li, T. C. Hannah, A. Gometz, J. Kostman, and T. F. Choudhri. Policy Interventions, Social Distancing, and SARS-CoV-2 Transmission in the United States: A Retrospective State-level Analysis. *The American Journal of the Medical Sciences*, 361(5):575–584, 2021.
- Z. Du, C. Wang, C. Liu, Y. Bai, S. Pei, D. C. Adam, L. Wang, P. Wu, E. H. Lau, and B. J. Cowling. Systematic review and meta-analyses of superspreading of sars-cov-2 infections. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2022.
- B. Dufault and N. Klar. The Quality of Modern Cross-Sectional Ecologic Studies: A Bibliometric Review. *American Journal of Epidemiology*, 174(10):1101–1107, 2011.
- J. Duhon, N. Bragazzi, and J. D. Kong. The impact of non-pharmaceutical interventions, demographic, social, and climatic factors on the initial growth rate of COVID-19: A cross-country study. *Science of The Total Environment*, 760:144325, 2021.
- M. Edelstein, C. Obi, M. Chand, S. Hopkins, K. Brown, and M. Ramsay. Sars-cov-2 infection in london, england: changes to community point prevalence around lockdown time, march–may 2020. *J Epidemiol Community Health*, 75(2):185–188, 2021.
- C. El Bcheraoui, S. A. Müller, E. C. Vaughan, A. Jansen, R. Cook, and J. Hanefeld. De-escalation strategies for non-pharmaceutical interventions following infectious disease outbreaks: a rapid

- review and a proposed dynamic de-escalation framework. *Globalization and Health*, 17(1):106, 2021.
- M. El Jaouhari, R. Edjoc, L. Waddell, P. Houston, N. Atchessi, M. Striha, and S. Bonti-Ankomah. Impact of school closures and re-openings on COVID-19 transmission. *Canada Communicable Disease Report*, 47(12):515–523, 2021.
- T. I. Emeto, F. O. Alele, and O. S. Ilesanmi. Evaluation of the effect of border closure on COVID-19 incidence rates across nine African countries: an interrupted time series study. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(10):1174–1183, 2021.
- S. Flaxman, S. Mishra, A. Gandy, H. J. T. Unwin, T. A. Mellan, H. Coupland, C. Whittaker, H. Zhu, T. Berah, J. W. Eaton, M. Monod, Imperial College COVID-19 Response Team, P. N. Perez-Guzman, N. Schmit, L. Cilloni, K. E. C. Ainslie, M. Baguelin, A. Boonyasiri, O. Boyd, L. Cattarino, L. V. Cooper, Z. Cucunubá, G. Cuomo-Dannenburg, A. Dighe, B. Djaafara, I. Dorigatti, S. L. van Elsland, R. G. FitzJohn, K. A. M. Gaythorpe, L. Geidelberg, N. C. Grassly, W. D. Green, T. Hallett, A. Hamlet, W. Hinsley, B. Jeffrey, E. Knock, D. J. Laydon, G. Nedjati-Gilani, P. Nouvellet, K. V. Parag, I. Siveroni, H. A. Thompson, R. Verity, E. Volz, C. E. Walters, H. Wang, Y. Wang, O. J. Watson, P. Winskill, X. Xi, P. G. T. Walker, A. C. Ghani, C. A. Donnelly, S. Riley, M. A. C. Vollmer, N. M. Ferguson, L. C. Okell, and S. Bhatt. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*, 584(7820):257–261, 2020.
- A. Fontanet, L. Tondeur, R. Grant, S. Temmam, Y. Madec, T. Bigot, L. Grzelak, I. Cailleau, C. Besombes, M.-N. Ungeheuer, C. Renaudat, B. L. Perlaza, L. Arowas, N. Jolly, S. F. Pellerin, L. Kuhmel, I. Staropoli, C. Huon, K.-Y. Chen, B. Crescenzo-Chaigne, S. Munier, P. Charneau, C. Demeret, T. Bruel, M. Eloit, O. Schwartz, and B. Hoen. SARS-CoV-2 infection in schools in a northern French city: a retrospective serological cohort study in an area of high transmission, France, January to April 2020. *Eurosurveillance*, 26(15), 2021.
- S. Gandini, M. Rainisio, M. L. Iannuzzo, F. Bellerba, F. Cecconi, and L. Scorrano. A cross-sectional and prospective cohort study of the role of schools in the SARS-CoV-2 second wave in Italy. *The Lancet Regional Health - Europe*, 5:100092, 2021.
- C. Guo, S. H. T. Chan, C. Lin, Y. Zeng, Y. Bo, Y. Zhang, S. Hossain, J. W. Chan, D. W. Yeung, A. K. Lau, and X. Q. Lao. Physical distancing implementation, ambient temperature and Covid-19 containment: An observational study in the United States. *Science of The Total Environment*, 789:147876, 2021.
- G. Guzzetta, F. Riccardo, V. Marziano, P. Poletti, F. Trentini, A. Bella, X. Andrianou, M. Del Manso, M. Fabiani, S. Bellino, S. Boros, A. M. Urdiales, M. F. Vescio, A. Piccioli, COVID-19 Working Group, S. Brusaferrò, G. Rezza, P. Pezzotti, M. Ajelli, and S. Merler. Impact of a Nationwide Lockdown on SARS-CoV-2 Transmissibility, Italy. *Emerging Infectious Diseases*, 27(1), 2021.

- N. A. Haber, E. Clarke-Deelder, J. A. Salomon, A. Feller, and E. A. Stuart. Impact Evaluation of Coronavirus Disease 2019 Policy: A Guide to Common Design Issues. *American Journal of Epidemiology*, 190(11):2474–2486, 2021.
- N. A. Haber, E. Clarke-Deelder, A. Feller, E. R. Smith, J. A. Salomon, B. MacCormack-Gelles, E. M. Stone, C. Bolster-Foucault, J. R. Daw, L. A. Hatfield, C. E. Fry, C. B. Boyer, E. Ben-Michael, C. M. Joyce, B. S. Linas, I. Schmid, E. H. Au, S. E. Wieten, B. Jarrett, C. Axfors, V. T. Nguyen, B. A. Griffin, A. Bilinski, and E. A. Stuart. Problems with evidence assessment in COVID-19 health policy impact evaluation: a systematic review of study design and evidence strength. *BMJ Open*, 12(1):e053820, 2022.
- T. Hale, N. Angrist, R. Goldszmidt, B. Kira, A. Petherick, T. Phillips, S. Webster, E. Cameron-Blake, L. Hallas, S. Majumdar, et al. A global panel database of pandemic policies (oxford covid-19 government response tracker). *Nature Human Behaviour*, 5(4):529–538, 2021.
- N. Haug, L. Geyrhofer, A. Londei, E. Dervic, A. Desvars-Larrive, V. Loreto, B. Pinior, S. Thurner, and P. Klimek. Ranking the effectiveness of worldwide COVID-19 government interventions. *Nature Human Behaviour*, 4(12):1303–1312, 2020.
- J. Herby, L. Jonung, and S. Hanke. A Literature Review and Meta-Analysis of the Effects of Lock-downs on COVID-19 Mortality. *Studies in Applied Economics*, 200, 2022.
- J. Hirt, P. Janiaud, and L. G. Hemkens. Randomized trials on non-pharmaceutical interventions for COVID-19: a scoping review. *BMJ Evidence-Based Medicine*, pages bmjebm–2021–111825, 2022.
- K. Huh, Y.-E. Kim, W. Ji, D. W. Kim, E.-J. Lee, J.-H. Kim, J.-M. Kang, and J. Jung. Decrease in hospital admissions for respiratory diseases during the COVID-19 pandemic: a nationwide claims study. *Thorax*, 76(9):939–941, 2021.
- W. Ishihara, K. Sum, J. Lee, and D. Nathan-Roberts. Flunking COVID-19 Out of Schools: A Systematic Review of Non-Pharmaceutical Interventions to Minimize Novel Coronavirus-2 in Educational Settings. *International Journal of Public Administration*, 44(11-12):1018–1027, 2021.
- N. Islam, S. J. Sharp, G. Chowell, S. Shabnam, I. Kawachi, B. Lacey, J. M. Massaro, R. B. D’Agostino, and M. White. Physical distancing interventions and incidence of coronavirus disease 2019: natural experiment in 149 countries. *BMJ*, page m2743, 2020.
- T. Itaya, Y. Furuse, and K. Jindai. Does COVID-19 infection impact on the trend of seasonal influenza infection? 11 countries and regions, from 2014 to 2020. *International Journal of Infectious Diseases*, 97:78–80, 2020.
- K. Iwata, A. Doi, and C. Miyakoshi. Was school closure effective in mitigating coronavirus disease 2019 (COVID-19)? Time series analysis using Bayesian inference. *International Journal of Infectious Diseases*, 99:57–61, 2020.

- P. Jüni, M. Rothenbühler, P. Bobos, K. E. Thorpe, B. R. da Costa, D. N. Fisman, A. S. Slutsky, and D. Gesink. Impact of climate and public health interventions on the COVID-19 pandemic: a prospective cohort study. *Canadian Medical Association Journal*, 192(21):E566–E573, 2020.
- N. Kang and B. Kim. The Effects of Border Shutdowns on the Spread of COVID-19. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 53(5):293–301, 2020.
- S. M. Kissler, N. Kishore, M. Prabhu, D. Goffman, Y. Beilin, R. Landau, C. Gyamfi-Bannerman, B. T. Bateman, J. Snyder, A. S. Razavi, D. Katz, J. Gal, A. Bianco, J. Stone, D. Larremore, C. O. Buckee, and Y. H. Grad. Reductions in commuting mobility correlate with geographic differences in SARS-CoV-2 prevalence in New York City. *Nature Communications*, 11(1):4674, 2020.
- M. Klimek-Tulwin and T. Tulwin. Early school closures can reduce the first-wave of the COVID-19 pandemic development. *Journal of Public Health*, 30(5):1155–1161, 2022.
- W. C. Koh, L. Naing, and J. Wong. Estimating the impact of physical distancing measures in containing COVID-19: an empirical analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, 100: 42–49, 2020.
- M. U. G. Kraemer, C.-H. Yang, B. Gutierrez, C.-H. Wu, B. Klein, D. M. Pigott, Open COVID-19 Data Working Group, L. du Plessis, N. R. Faria, R. Li, W. P. Hanage, J. S. Brownstein, M. Layan, A. Vespignani, H. Tian, C. Dye, O. G. Pybus, and S. V. Scarpino. The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China. *Science*, 368(6490):493–497, 2020.
- O. Kriger, Y. Lustig, C. Cohen, S. Amit, A. Biber, G. Barkai, L. Talmi, S. Gefen-Halevi, B. Mechnik, and G. Regev-Yochay. The Sheba Medical Center healthcare workers’ children’s school: can we open schools safely? *Clinical Microbiology and Infection*, 27(3):474.e1–474.e3, 2021.
- B. Krishnamachari, A. Morris, D. Zastrow, A. Dsida, B. Harper, and A. J. Santella. The role of mask mandates, stay at home orders and school closure in curbing the COVID-19 pandemic prior to vaccination. *American Journal of Infection Control*, 49(8):1036–1042, 2021.
- A. Lasry, D. Kidder, M. Hast, J. Poovey, G. Sunshine, K. Winglee, N. Zviedrite, F. Ahmed, K. A. Ethier, C. P. H. L. Program, et al. Timing of community mitigation and changes in reported covid-19 and community mobility—four us metropolitan areas, february 26–april 1, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69(15):451, 2020.
- C. T. Leffler, E. Ing, J. D. Lykins, M. C. Hogan, C. A. McKeown, and A. Grzybowski. Association of Country-wide Coronavirus Mortality with Demographics, Testing, Lockdowns, and Public Wearing of Masks. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(6):2400–2411, 2020.
- J. Lessler, M. K. Grabowski, K. H. Grantz, E. Badillo-Goicoechea, C. J. E. Metcalf, C. Lupton-Smith, A. S. Azman, and E. A. Stuart. Household covid-19 risk and in-person schooling. *Science*, 372 (6546):1092–1097, 2021.

- Y. Li, H. Campbell, D. Kulkarni, A. Harpur, M. Nundy, X. Wang, and H. Nair. 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*, 21(2):193–202, 2021.
- C. F. Lio, H. H. Cheong, C. I. Lei, I. L. Lo, L. Yao, C. Lam, and I. H. Leong. Effectiveness of personal protective health behaviour against COVID-19. *BMC Public Health*, 21(1):827, 2021.
- X. Liu, X. Xu, G. Li, X. Xu, Y. Sun, F. Wang, X. Shi, X. Li, G. Xie, and L. Zhang. Differential impact of non-pharmaceutical public health interventions on COVID-19 epidemics in the United States. *BMC Public Health*, 21(1):965, 2021.
- W. Lyu and G. L. Wehby. 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, 2020a.
- W. Lyu and G. L. Wehby. Comparison of Estimated Rates of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Border Counties in Iowa Without a Stay-at-Home Order and Border Counties in Illinois With a Stay-at-Home Order. *JAMA Network Open*, 3(5):e2011102, 2020b.
- A. Mendez-Brito, C. El Bcheraoui, and F. Pozo-Martin. Systematic review of empirical studies comparing the effectiveness of non-pharmaceutical interventions against COVID-19. *Journal of Infection*, 83(3):281–293, 2021.
- T. Mitze, R. Kosfeld, J. Rode, and K. Wälde. Face masks considerably reduce COVID-19 cases in Germany. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(51):32293–32301, 2020.
- A. Miyawaki and Y. Tsugawa. Health and Public Health Implications of COVID-19 in Asian Countries. *Asian Economic Policy Review*, 17(1):18–36, 2022.
- D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. *BMJ*, 339, 2009.
- A. M. Olney, J. Smith, S. Sen, F. Thomas, and H. J. T. Unwin. Estimating the Effect of Social Distancing Interventions on COVID-19 in the United States. *American Journal of Epidemiology*, 190(8):1504–1509, 2021.
- S. Padalabalanarayanan, V. S. Hanumanthu, and B. Sen. Association of state stay-at-home orders and state-level african american population with covid-19 case rates. *JAMA network open*, 3(10):e2026010–e2026010, 2020.
- N. Perra. Non-pharmaceutical interventions during the COVID-19 pandemic: A review. *Physics Reports*, 913:1–52, 2021.

- D. Piovani, M. N. Christodoulou, A. Hadjidemetriou, K. Pantavou, P. Zaza, P. G. Bagos, S. Bonovas, and G. K. Nikolopoulos. Effect of early application of social distancing interventions on COVID-19 mortality over the first pandemic wave: An analysis of longitudinal data from 37 countries. *Journal of Infection*, 82(1):133–142, 2021.
- F. Pozo-Martin, H. Weishaar, F. Cristea, J. Hanefeld, T. Bahr, L. Schaade, and C. El Bcheraoui. The impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 epidemic growth in the 37 OECD member states. *European Journal of Epidemiology*, 36(6):629–640, 2021.
- B. Rader, L. F. White, M. R. Burns, J. Chen, J. Brilliant, J. Cohen, J. Shaman, L. Brilliant, M. U. G. Kraemer, J. B. Hawkins, S. V. Scarpino, C. M. Astley, and J. S. Brownstein. Mask-wearing and control of SARS-CoV-2 transmission in the USA: a cross-sectional study. *The Lancet Digital Health*, 3(3):e148–e157, 2021.
- K. Regmi and C. M. Lwin. Factors Associated with the Implementation of Non-Pharmaceutical Interventions for Reducing Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8):4274, 2021.
- R. F. Rizvi, K. J. T. Craig, R. Hekmat, F. Reyes, B. South, B. Rosario, W. J. Kassler, and G. P. Jackson. Effectiveness of non-pharmaceutical interventions related to social distancing on respiratory viral infectious disease outcomes: A rapid evidence-based review and meta-analysis. *SAGE Open Medicine*, 9:20503121211022973, 2021.
- N. J. Rowan and R. A. Moral. Disposable face masks and reusable face coverings as non-pharmaceutical interventions (NPIs) to prevent transmission of SARS-CoV-2 variants that cause coronavirus disease (COVID-19): Role of new sustainable NPI design innovations and predictive mathematical modelling. *Science of The Total Environment*, 772:145530, 2021.
- L. Santamaría and J. Hortal. Covid-19 effective reproduction number dropped during spain’s nationwide dropdown, then spiked at lower-incidence regions. *Science of the Total Environment*, 751:142257, 2021.
- M. Sharma, S. Mindermann, C. Rogers-Smith, G. Leech, B. Snodin, J. Ahuja, J. B. Sandbrink, J. T. Monrad, G. Altman, G. Dhaliwal, et al. Understanding the effectiveness of government interventions against the resurgence of covid-19 in europe. *Nature communications*, 12(1):1–13, 2021.
- E. Shim, A. Tariq, W. Choi, Y. Lee, and G. Chowell. Transmission potential and severity of covid-19 in south korea. *International Journal of Infectious Diseases*, 93:339–344, 2020.
- L. Silva, D. Figueiredo Filho, and A. Fernandes. The effect of lockdown on the covid-19 epidemic in brazil: evidence from an interrupted time series design. *Cadernos de Saúde Pública*, 36:e00213920, 2020.

- B. B. Singh, M. Lowerison, R. T. Lewinson, I. A. Vallerand, R. Deardon, J. P. Gill, B. Singh, and H. W. Barkema. Public health interventions slowed but did not halt the spread of covid-19 in india. *Transboundary and Emerging Diseases*, 68(4):2171–2187, 2021.
- J. A. Sterne, M. A. Hernán, B. C. Reeves, J. Savović, N. D. Berkman, M. Viswanathan, D. Henry, D. G. Altman, M. T. Ansari, I. Boutron, J. R. Carpenter, A.-W. Chan, R. Churchill, J. J. Deeks, A. Hróbjartsson, J. Kirkham, P. Jüni, Y. K. Loke, T. D. Pigott, C. R. Ramsay, D. Regidor, H. R. Rothstein, L. Sandhu, P. L. Santaguida, H. J. Schünemann, B. Shea, I. Shrier, P. Tugwell, L. Turner, J. C. Valentine, H. Waddington, E. Waters, G. A. Wells, P. F. Whiting, and J. P. Higgins. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ*, page i4919, 2016.
- K. Sun, W. Wang, L. Gao, Y. Wang, K. Luo, L. Ren, Z. Zhan, X. Chen, S. Zhao, Y. Huang, Q. Sun, Z. Liu, M. Litvinova, A. Vespignani, M. Ajelli, C. Viboud, and H. Yu. Transmission heterogeneities, kinetics, and controllability of SARS-CoV-2. *Science*, 371(6526):eabe2424, 2021.
- S. Talic, S. Shah, H. Wild, D. Gasevic, A. Maharaj, Z. Ademi, X. Li, W. Xu, I. Mesa-Eguiagaray, J. Rostron, E. Theodoratou, X. Zhang, A. Motee, D. Liew, and D. Ilic. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and covid-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 375, 2021.
- A. C. Tsai, G. Harling, Z. Reynolds, R. F. Gilbert, and M. J. Siedner. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) transmission in the united states before versus after relaxation of statewide social distancing measures. *Clin Infect Dis*, 73:S120–S126, 2021.
- R. Vaman, M. Valampampil, B. Varghese, E. Mathews, M. Valiyapurayilmundakundil, R. Abraham, A. Ramdas, A. Manoj, and T. Anish. Quarantine practices and COVID-19 transmission in a low-resource setting: Experience of Kerala, India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(2):1003, 2021.
- P. van den Berg, E. M. Schechter-Perkins, R. S. Jack, I. Epshtein, R. Nelson, E. Oster, and W. Branch-Elliman. Effectiveness of 3 versus 6 ft of physical distancing for controlling spread of coronavirus disease 2019 among primary and secondary students and staff: a retrospective, statewide cohort study. *Clinical Infectious Diseases*, 73(10):1871–1878, 2021.
- C. Vardavas, K. Nikitara, A. G. Mathioudakis, M. Hilton Boon, R. Phalkey, J. Leonardi-Bee, A. Pharris, C. Deogan, and J. E. Suk. Transmission of SARS-CoV-2 in educational settings in 2020: a review. *BMJ Open*, 12(4):e058308, 2022.
- J. Vlachos, E. Hertegård, and H. B. Svaleryd. The effects of school closures on SARS-CoV-2 among parents and teachers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(9): e2020834118, 2021.

- Z. Vokó and J. G. Pitter. The effect of social distance measures on COVID-19 epidemics in Europe: an interrupted time series analysis. *GeroScience*, 42(4):1075–1082, 2020.
- S. Walsh, A. Chowdhury, V. Braithwaite, S. Russell, J. M. Birch, J. L. Ward, C. Waddington, C. Brayne, C. Bonell, R. M. Viner, and O. T. Mytton. Do school closures and school reopenings affect community transmission of covid-19? a systematic review of observational studies. *BMJ Open*, 11(8), 2021.
- J. Wang, X. Chen, Z. Guo, S. Zhao, Z. Huang, Z. Zhuang, E. L.-y. Wong, B. C.-Y. Zee, M. K. C. Chong, M. H. Wang, et al. Superspreading and heterogeneity in transmission of sars, mers, and covid-19: A systematic review. *Computational and structural biotechnology journal*, 19:5039–5046, 2021.
- Y. Wang, H. Tian, L. Zhang, M. Zhang, D. Guo, W. Wu, X. Zhang, G. L. Kan, L. Jia, D. Huo, B. Liu, X. Wang, Y. Sun, Q. Wang, P. Yang, and C. R. MacIntyre. Reduction of secondary transmission of SARS-CoV-2 in households by face mask use, disinfection and social distancing: a cohort study in Beijing, China. *BMJ Global Health*, 5(5):e002794, 2020.
- E. R. White and L. Hébert-Dufresne. State-level variation of initial COVID-19 dynamics in the United States. *PLOS ONE*, 15(10):e0240648, 2020.
- P. D. Wibbens, W. W.-Y. Koo, and A. M. McGahan. Which COVID policies are most effective? A Bayesian analysis of COVID-19 by jurisdiction. *PLOS ONE*, 15(12):e0244177, 2020.
- T. Wieland. A phenomenological approach to assessing the effectiveness of COVID-19 related nonpharmaceutical interventions in Germany. *Safety Science*, 131:104924, 2020.
- H. Xu, Y. Gan, D. Zheng, B. Wu, X. Zhu, C. Xu, C. Liu, Z. Tao, Y. Hu, M. Chen, M. Li, Z. Lu, and J. Chen. Relationship Between COVID-19 Infection and Risk Perception, Knowledge, Attitude, and Four Nonpharmaceutical Interventions During the Late Period of the COVID-19 Epidemic in China: Online Cross-Sectional Survey of 8158 Adults. *Journal of Medical Internet Research*, 22(11):e21372, 2020.
- N. Yehya, A. Venkataramani, and M. O. Harhay. Statewide Interventions and Coronavirus Disease 2019 Mortality in the United States: An Observational Study. *Clinical Infectious Diseases*, 73(7): e1863–e1869, 2021.
- X. Zhang and M. E. Warner. COVID-19 Policy Differences across US States: Shutdowns, Reopening, and Mask Mandates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24):9520, 2020.

5 Tabellarische Übersicht der Ergebnisse

Tabelle 3: Zusammenfassung der Übersichtsartikel welche durch die in Tab. 1 definierten Suchen durch Titel- und Abstraktüberprüfung ausgewählt wurden und vollständig gelesen wurden.

Quelle	Journal	Primär- quellen entnom- men?	Kommentare
Mendez-Brito et al. [2021]	Journal of Infection	Ja	PRISMA; Bias nach Dufault and Klar [2011]; Fokus explizit auf Effektivität von NPIs; 34 Quellen erfüllen Kriterien der Autoren; Schulschließungen als effektivste NPI, danach Arbeitsplatzschließung, Geschäftsschließungen, Großversammlungsverbote
Talic et al. [2021]	BMJ	Ja	PRISMA; Bias mit ROBINS-I; 72 erfüllen Kriterien der Autoren, 35 Studien evaluierten nur eine NPI, 37 Studien eine Kombination; Metaanalyse nur möglich für "Händewaschen", Maskengebote und das Einhalten von Mindestabständen
El Jaouhari et al. [2021]	Public Health Agency of Canada	Ja	Systematische Literatursuche mit Überprüfung auf nicht klar definierte Relevanz; Fokus auf Schulöffnungen nach Schließungen; 5 Beobachtungsstudien wurden final im von den Autoren analysiert (von ca. 1,000)
Walsh et al. [2021]	BMJ	Ja	PRISMA; Bias mit ROBINS-I; Fokus auf Schulschließungen
Haber et al. [2022]	BMJ open	Ja	PRISMA; Bias nach Haber et al. [2021]; nur 4 von 36 Studien bestanden durch Autoren angelegte Standards
Hirt et al. [2022]	BMJ	Ja	PRISMA; Biasbestimmung zu Methode und Datengrundlage; Fokus auf randomisierte Kontrollstudien; Autoren identifizieren 9 relevante Studien
Herby et al. [2022]	Studies in applied Economics	Ja	PRISMA (Biase nach definierten Kriterien); von ca. 19,000 Suchergebnissen erfüllten 83 die Kriterien; Autoren kommen zur Einschätzung dass NPIs die Pandemie nicht vermindern und ungerechtfertigt sind
Perra [2021]	Physics reports	Ja	unsystematische Suche (ohne vorformulierte Suchkriterien oder Suchwörter); ca. 350 Studien final untersucht; 12% analysierten Effekte von NPIs
Bestetti et al. [2022]	JIDC	Ja	unsystematische Suche, undefinierte Such- und Auswahlkriterien der Arbeiten

Vardavas et al. [2022]	BMJ open	Nein	Untersuchungen der Übertragungsraten in Schulen anhand weniger symptomatischer Fälle; Quellen haben wenig bis keinen Bezug zu expliziter Reduktion der Reproduktionszahl
Ahn [2022]	Clin Exp Pediatr.	Nein	Auswirkungen von NPIs auf andere Krankheiten
Regmi and Lwin [2021]	Int. J. Environ. Res. Public Health	Nein	Fokus auf Wissen, persönliche Einstellung und andere psychologische Aspekte im Zusammenhang mit NPIs; keine Einschätzung von Effektivität
Rizvi et al. [2021]	SAGE Open Medicine	Nein	Primärquellen mit wenigen Ausnahmen Modellierungsstudien; die wenigen Beobachtungsstudien unterscheiden nicht zwischen NPIs
Miyawaki and Tsugawa [2022]	JCER	Nein	NPIs nur im Vergleich zwischen Asien und Europa (via stringency index) analysiert; ohne Differenzierung und ohne Effektivitätsbestimmung
Rowan and Moral [2021]	Science of the Total Environment	Nein	keine/schwache Beobachtungsstudien, Ansonsten Modellierungsstudien; Studie zu Maskengeboten bereits aus anderem Review entnommen
El Bcheraoui et al. [2021]	Globalization and Health	Nein	Sammlung von vorgeschlagenen Deeskalationsstrategien von NPIs (wie und unter welchen Bedingungen NPIs aufgehoben wurden), ohne Fokus auf Effektivität der NPIs
Afolabi and Ilesanmi [2022]	Public Health and Toxicology	Nein	Fokus auf gesellschaftlichen Engagement zur Umsetzung von NPIs; keinen Bezug zur Effektivität von NPIs
Ishihara et al. [2021]	International Journal of Public Administration	Nein	Fokus auf mögliche NPIs und deren Kombination in Bildungseinrichtungen; keinen Bezug zu deren Effektivität

Tabelle 4: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen des Tragens von Mund-Nasen-Bedeckungen sowie allgemeinen Hygienegeboten, siehe auch Abschn. 3.1. Die *Zitationen* wurden mit Google Scholar ermittelt (Stand 18.07.2022).

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Abaluck et al. [2022]	Science	87	Bangladesh	Reduktion symptomatischer Seroprävalenz um 11%, bei Erwachsenen über 60 Jahren um 35%
Chernozhukov et al. [2021]	Journal of Econometrics	276	USA	mehr als 10 Prozentpunkte Reduktion der Wachstumsrate von Fallzahlen und Todesfällen bis Ende April 2020 und 19-47% weniger Todesfälle bis Ende Mai 2020
Bundgaard et al. [2021]	Annals of Internal Medicine	268	Dänemark	bei den Studienteilnehmern traten in der Gruppe der Masken-tragenden bei 1.8% der Personen Infektionen auf und bei denen die keine Maske trugen bei 2.1%
Bo et al. [2021]	International Journal of Infectious Diseases	177	Weltweit	Reduktion der effektiven Basisreproduktionszahl um 15.14%
Rader et al. [2021]	Lancet Digital Health	145	USA	10%er Anstieg des selbstberichteten Maskentragens war mit höherer Wahrscheinlichkeit der Kontrolle der Übertragung (effektive Reproduktionszahl fällt unter eins) verbunden
Krishnamachari et al. [2021]	Am. Journal of Infection Control	24	USA	Im Vgl. zum Einsetzen einer Maskenpflicht ab dem 1. Monat: wenn Maskenpflicht nach 3-6 Monaten einsetzt, ist die kumulative Inzidenz 1.61-mal höher; nach 6 Monaten oder gar nicht implementiert führt zu einer 2.16-mal höheren kumulativen Inzidenz
Lio et al. [2021]	BMC Public health	21	Macao (SAR China)	Maskentragen im Freien reduzierte Infektionsisiko um 69.3%, in Kombination mit Händewaschen nach Aktivitäten im Freien um 97.9% und vor Berühren des Mund-/Nasenbereichs um 69.7%
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	17	USA	Verringerung der effektiven Reproduktionszahl um 29%

An et al. [2021]	Public Administration Review	14	Weltweit	verpflichtendes Tragen von Masken ist kurzfristig mit niedrigeren Infektionsraten verbunden; frühzeitige Einführung erhöht die langfristige Wirksamkeit
Haug et al. [2020]	Nature Human Behaviour	822	Weltweit	Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um -0.018 bis -0.12
Cheng et al. [2020]	Journal of Infection	765	Hongkong	Vergleich der Inzidenz innerhalb der 100 Tage (nach bestätigtem 1. Fall) in Hongkong vs. Länder ohne bevölkerungsweites Maskentragen ergibt, zeigt, dass die Inzidenz in Hongkong signifikant niedriger im vgl. zu diesen anderen Ländern war
Lyu and Wehby [2020a]	Health affairs	627	USA	Rückgang der tgl. COVID-19-Wachstumsrate um 2 Prozentpunkte nach mehr als 21 Tagen nach Einführung
Wang et al. [2020]	BMJ Global Health	422	Beijing	Maskentragen durch Indexfall und deren Kontaktpersonen vor Symptombeginn senkte das Infektionsrisiko um 79 %, nach Symptombeginn war das Maskentragen der beiden Gruppen nicht signifikant schützend
Mitze et al. [2020]	PNAS	364	Deutschland	Reduktion der Neuinfektionen um 45% ab 20 Tagen nach Einführung
Leffler et al. [2020]	American Journal of Tropical Medicine and Hygiene	204	Weltweit	in Ländern mit kulturellen Normen oder staatlichen Maßnahmen, die das Tragen von Masken in der Öffentlichkeit unterstützen, stieg die Pro-Kopf-Sterblichkeit nur um 16.2 % pro Woche an, verglichen mit 61.9 % pro Woche in den übrigen Ländern
Doung-Ngern et al. [2020]	Emerging Infectious Diseases	135	Thailand	Das Tragen von Masken während des gesamten Zeitraums der Exposition gegenüber einer mit SARS-CoV-2 infizierten Person verringerte das Risiko einer Infektion um 77%, das Tragen von Masken nur manchmal während dieses Zeitraums jedoch nicht signifikant und nur um 13%

Xu et al. [2020]	Journal of Medical Internet research	31	China	Effekt als einzelne Maßnahme (0.6% Infektionsrisiko in der Gruppe mit Maßnahme vs. 7.41% Infektionsrisiko in der Gruppe ohne Maßnahme), kombinierter Effekt mit anderen Interventionen (0.6 % vs. 16.7 %).
Zhang and Warner [2020]	Journal of Environmental Research and Public Health	29	USA	Maskengebote hatten langfristig größere Wirkung auf die Abflachung der Infektionskurve als Shutdowns

Tabelle 5: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen von Reisebeschränkungen, siehe auch Abschn. 3.2. Die *Zitationen* wurden mit Google Scholar ermittelt (Stand 18.07.2022).

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Duhon et al. [2021]	Science of the Total Environment	53	Weltweit	Beschränkungen internationaler Verbindungen hatte vergleichsweise hohe relative Bedeutung für Reduktion der Wachstumsrate
Banholzer et al. [2021]	Plos One	37	Weltweit	10 prozentige Reduktion der Neuinfektionen durch Grenzschließungen
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	17	USA	innerstaatliche Reisebeschränkung verringern die effektive Reproduktionszahl um 11%
Emeto et al. [2021]	Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	14	Africa	Schließung der Grenzen innerhalb afrikanischer Länder hatte nur minimale Auswirkungen auf die COVID-19 Inzidenz
Guo et al. [2021]	Science of the Total Environment	6	USA	Schließung öffentlicher Verkehrsmittel zeigte lediglich 2 prozentige Reduktion der effektiven Reproduktionszahl
Kraemer et al. [2020]	Science	2175	China	Reisebeschränkungen besonders in der Anfangsphase eines Ausbruchs wirkungsvoll, aber weniger wirksam, wenn der Ausbruch bereits weiter verbreitet ist
Haug et al. [2020]	Nature Human Behaviour	823	Weltweit	Einschränkung internationaler Reisen reduzieren effektive Reproduktionszahl um -0.057 bis -0.23; im Vergleich reduzieren individuelle Bewegungseinschränkungen um -0.08 bis -0.13
Islam et al. [2020]	BMJ	441	Weltweit	Schließung öffentlicher Verkehrsmittel nicht mit zusätzlicher Verringerung der COVID-19 Inzidenz verbunden, wenn andere Maßnahmen bereits durchgeführt wurden.

Chaudhry et al. [2020]	eClinicalMedicine	264	Weltweit	längere Zeit bis zur Grenzschließung ab dem ersten gemeldeten Fall war mit schneller steigende COVID-19-Fallzahlen assoziiert; Schnelle Grenzschließungen hatten allerdings keinen signifikanten Effekt auf die COVID-19-Sterblichkeit
Leffler et al. [2020]	American Journal of Tropical Medicine and Hygiene	205	Weltweit	Beschränkungen internationalen Reiseverkehrs signifikant mit niedrigerer COVID-19 Sterblichkeit verbunden; internationale Reisebeschränkungen verlieren an Bedeutung, sobald Virus sich innerhalb eines Landes ausbreitet
Koh et al. [2020]	International Journal of Infectious Diseases	92	Weltweit	Reiseverbote wirksam um durchschnittliche effektive Reproduktionszahl in den 14 Tagen nach 100stem Fall zu senken
Kissler et al. [2020]	Nature Communications	82	New York City	COVID-19 Prävalenz in Bezirken am niedrigsten, in denen morgendliche Fahrten aus und abendliche Fahrten in den Bezirk am stärksten abnahmen
Arshed et al. [2020]	Journal of Public Affairs	37	Weltweit	Internationale Reisebeschränkungen gemeinsam mit, Kontaktnachverfolgung und Lockdowns die effektivsten Maßnahmen um effektive Reproduktionszahl zu reduzieren
Kang and Kim [2020]	Journal of Preventive Medicine and Public Health	15	6 Länder	nach Einreiseverbot für Reisende aus China im Februar 2020 dauerte es im Mittel 13 Tage um Effekt auf COVID-19 Fallzahlen zu zeigen; Verminderung durch diesen Effekt bis Ende Feb. 2020 um durchschnittlich 92%

Tabelle 6: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität von Ausgangssperren, Stay-at-home-orders (SHOs) und Lockdowns, siehe auch Abschn. 3.3. Die *Zitationen* wurden mit Google Scholar ermittelt (Stand 18.07.2022).

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	17	USA	SHOs verringern Reproduktionszahl um bis zu 51 %
Dreher et al. [2021]	The American Journal of the Medical Sciences	16	USA	Bundesstaaten mit verordneten SHOs hatten geringere durchschnittlichen effektive Reproduktionszahl & längere Fallzahlenverdopplungszeit
Islam et al. [2020]	BMJ	444	149 Länder	Abstandsmaßnahmen sind mit Gesamtreduktion der Inzidenz von 13% verbunden
Lyu and Wehby [2020a]	JAMA Network Open	20	US, Iowa, Illinois	Vergleich von zwei Bundesstaaten mit (Illinois) und ohne Lockdown (Iowa); Fallzahlen in Illinois steigen nach Beginn des Lockdown signifikant schwächer an
Courtemanche et al. [2020]	Health Affairs	30	USA	SHOs führten zu signifikanter Reduzierung der effektive Reproduktionszahl um 3% nach 5-10 Tagen, 4.5% nach 11-15 Tagen, 5.9% nach 16-20 Tagen und um 8.6% nach mehr als 21 Tagen
Guzzetta et al. [2021]	Emerging Infectious Diseases	49	Italien	Drei Wochen nach Inkrafttreten der SHOs sank die effektive Reproduktionszahl in 84 von 100 Provinzen Italiens unter eins
Chernozhukov et al. [2021]	Journal of Econometrics	278	USA, Bundesstaat-Level	Fallzahlen wären ohne die Anordnung von SHOs um 6% bis 63% höher gewesen
Dave et al. [2021]	Economic Inquiry	282	USA	SHOs führten zu Reduktion von 53% der kumulativen Fallzahlen
Santamaría and Hortal [2021]	Science of the Total Environment	33	Spanien	vor Lockdown moderater Abfall der effektiven Reproduktionszahl; starker Abfall nach Beginn des nationalen Lockdowns
Bennett [2021]	World development	79	Chile	Lockdown reduziert effektive Reproduktionszahl in wohlhabenderen Regionen; in weniger wohlhabenden Regionen ist Effekt nicht zu beobachten

Arshed et al. [2020]	Journal of Public Affairs	37	Weltweit	SHOs haben die Fallzahlen durchschnittlich um 30.5% reduziert.
Koh et al. [2020]	International Journal of Infectious Diseases	94	Weltweit	Ein teilweiser Lockdown hatte eine Reduktion der durchschnittlichen effektiven Reproduktionszahl von 0.32 zur Folge. Home-Office Implementierungen hatten einen vergleichbaren Effekt.
Padalabalanarayanan et al. [2020]	JAMA Network Open	22	USA	erwartete kumulative Fallraten um mehr als 200% und Todesfallraten um etwa 22% höher, wenn es keine SHOs gegeben hätte
Edelstein et al. [2021]	Journal of Epidemiol Community Health	13	London, UK	vor Lockdown lag COVID-19 Punktprävalenz bei 2.2%, wobei diese sich nach Beginn des Lockdown auf 0.2% reduzierte (Vorsicht: sehr kleine Stichprobe)
Tsai et al. [2021]	Clinical Infectious Diseases	13	USA	8 Wochen vor Lockerungen der Abstandsmaßnahmen sank die mittlere effektive Reproduktionszahl um 0.012 pro Tag; in 46/51 Bundesstaaten lag der Wert unter eins; nach Lockerungen stieg effektive Reproduktionszahl um 0.007 pro Tag auf einen mittleren Wert von 1.16
Singh et al. [2021]	Transbound Emerging Diseases	13	Indien	Mittlere Mobilität ging nach Lockdownbeginn stark zurück; Anstieg der Fallzahlen somit verzögert
Silva et al. [2020]	Cadernos de Saúde Pública	32	Brasilien	Vor Beginn des Lockdown war Trend der Fallzahlen stetig steigend; Nach Beginn stetig fallend; Gleiches gilt für Todesfallzahlen
Brauner et al. [2021]	Science	568	41 Länder	SHOs hatten einen moderaten Einfluss (13%) auf die Reduktion der effektiven Reproduktionszahl
Krishnamachari et al. [2021]	American Journal of Infection Control	24	USA	SHOs hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Reduktion der effektiven Reproduktionszahl

Wieland [2020]	Safety Science	37	Deutschland	kein signifikanter Zusammenhang von SHOs und Reduktion der effektiven Reproduktionszahl; jedoch wird auf eine starke Erhöhung der Testkapazität im Studienzeitraum, die das Ergebnis möglicherweise beeinflusst hat
White and Hébert-Dufresne [2020]	Plos One	62	USA	kein signifikanter Zusammenhang zwischen SHOs und Reduktion von effektiver Reproduktionszahl; allerdings geringe/verrauschte Datenlage, da Daten ab dem 25sten gemeldeten Fall betrachtet werden

Tabelle 7: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen des Einhalten von Mindestabständen, siehe auch Abschn. 3.4. Die eingeklammerten Werte in der Spalte *Zitationen* geben die Zahl der Zitationen laut Google Scholar im laufenden Jahr 2022 (Stand 18.07.2022) an.

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Xu et al. [2020]	Journal of Medical Internet Resarch	31 (5)	China	Infektionsrisiko bei Menschen die keinen Mindestabstand einhalten um 163% erhöht
Doung-Ngern et al. [2020]	Emerging Infectious Diseases	137 (37)	Thailand	Mindestabstand von mehr als 1 Meter reduziert Infektionsrisiko bei Kontakt mit Infizierten für weniger als 15 Minuten
Wang et al. [2020]	BMJ Global Health	423 (94)	China	Übertragungsrisiko innerhalb des eigenen Haushalts etwa 18 mal erhöht wenn häufiger täglicher Kontakt mit dem Primärfall besteht
van den Berg et al. [2021]	Clinical Infectious Diseases	22 (11)	Massachusetts, US	Infektionsrisiko ist unabhängig von genauer Größe des Mindestabstands, hier ca. 1 oder ca. 2 Meter.

Tabelle 8: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen von Isolations- und Quarantänevorschriften, siehe auch Abschn. 3.5. Die eingeklammerten Werte in der Spalte *Zitationen* geben die Zahl der Zitationen laut Google Scholar im laufenden Jahr 2022 (Stand 18.07.2022) an.

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Al-Tawfiq et al. [2020]	Travel Medicine and Infectious Disease	41 (12)	Saudi-Arabien	4,9 prozentige Reduktion der COVID-19 Inzidenzen ab 8 Wochen nach Einführung der Quarantäne
Vaman et al. [2021]	Journal of Family Medicine and Primary Care	4 (1)	Indien	14-fach erhöhtes Übertragungsrisiko wenn Individuen nicht in Quarantäne gingen; Häusliche Quarantäne ohne strikte Zimmerquarantäne führte zu 24-facher Erhöhung des Übertragungsrisikos für direkte Kontaktpersonen
Ali et al. [2020]	Science	260 (53)	China	schnelle Isolierung reduziert serielles Intervall von 7.8 auf 2.6 Tage
Sun et al. [2021]	Science	297 (79)	China	serielles Intervall fällt von 7 Tagen (bei Isolation nach mehr als 6 Tagen) auf 1.7 Tage (bei Isolation nach zweitem Tag ab Symptombeginn)

Tabelle 9: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen von Geschäftsschließungen, siehe auch Abschn. 3.6. Die eingeklammerten Werte in der Spalte *Zitationen* geben die Zahl der Zitationen laut Google Scholar im laufenden Jahr 2022 (Stand 18.07.2022) an.

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
White and Hébert-Dufresne [2020]	PLOS One	62 (14)	USA	Schließung von Restaurants/Bars korreliert signifikant mit verlängerter Verdopplungszeit
Chernozhukov et al. [2021]	Journal of Econometrics	276 (97)	USA	Fallzahlen wären Unternehmensschließungen bis Ende Mai 2020 um 17-78% größer ausgefallen
Guo et al. [2021]	Science of The Total Environment	6 (3)	USA	Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um 12% (im Mittel) durch Schließung von nicht näher spezifizierten Geschäftsbereichen
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	17 (4)	USA	Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um 16% (im Mittel) durch Schließung von nicht-essentiellen Geschäften
Brauner et al. [2021]	Science	566 (191)	41 Länder	Im Medien 18 prozentige Reduktion der effektiven Reproduktionszahl durch Schließung von Betrieben mit hohem Infektionsrisiko; bei Schließung der meisten unwesentlichen Dienstleistungsbetriebe Reduktion um 27% (im Median)
Courtemanche et al. [2020]	Health Affairs	697 (153)	USA	Schließung von Bars, Fitnessstudios, Restaurants und Kinos ergibt Reduktion der Wachstumsrate von 4.4 Prozentpunkten nach einem bis fünf Tagen ab dem Beginn der Maßnahme, 4.7 Prozentpunkte nach sechs bis zehn Tagen, 6.1 Prozentpunkten nach 11 bis 15 Tagen, 5.6 Prozentpunkten nach 16 bis 20 Tagen und 5,2 Prozentpunkten nach 20 Tagen oder mehr
Bongaerts et al. [2021]	PLOS One	6 (3)	Italien	Vergleichsweise reduzierte Mortalitätsrate in Regionen mit strikten Geschäftsschließungen; somit verhinderte Todeszahlen in der Frühphase der Pandemie von 9,400 Personen

Tabelle 10: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität/Auswirkungen von Versammlungsbeschränkungen, siehe auch Abschn. 3.7. Die eingeklammerten Werte in der Spalte *Zitationen* geben die Zahl der Zitationen laut Google Scholar im laufenden Jahr 2022 (Stand 18.07.2022) an.

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Wibbens et al. [2020]	PLOS ONE	24 (7)	23 US Bundesstaaten + 17 Länder	Reduktion der wöchentlichen Wachstumsrate sig. verringert durch das Verbot von Großveranstaltungen (9%) und Maximalgröße von Veranstaltungen unter 100 Personen (12%). Reduktion durch andere NPIs größer.
Li et al. [2021]	The Lancet Infectious Disease	317 (69)	131 Länder	Der Bann von Großveranstaltungen führte zu einer Reduktion der effektiven Reproduktionszahl um 76%. Effektivste NPI.
Haug et al. [2020]	Nature Human Behaviour	833 (60)	226 Länder	Hier werden 4 verschiedene Methoden zu einer Konsensbewertung kombiniert. Die Beschränkung auf kleine Gruppen ist die effektivste NPI insgesamt (22- bis 33% Reduktion der Reproduktionszahl und immer sig.) während das Verbot von Großveranstaltungen von 3 der 4 Methoden als signifikant bewertet wird und den 7ten rang von 46 NPIs belegt (13- bis 33% Reduktion der Reproduktionszahl).
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	13 (4)	USA	19% Reduktion der Reproduktionszahl bei der Beschränkung von Gruppengrößen auf 10 Personen und 7% Reduktion bei der Beschränkung auf 50 Personen
Jüni et al. [2020]	Canadian Medical Association Journal	217 (29)	144 Jurisdiktionen (Bundesstaaten, Länder, Überseegebiete)	Signifikante Reduktion der Wachstumsrate durch Beschränkung von Großveranstaltungen
Koh et al. [2020]	International Journal of Infectious Diseases	95 (26)	142 Länder	Fasst Restriktionen zur Gruppengröße und zu Großveranstaltungen zusammen und fand, dass diese die Reproduktionszahl signifikant reduzierte.

Banholzer et al. [2021]	PLOS ONE	38 (21)	20 Länder	Diese Studie zeigt in einem Vergleich von 20 Ländern in der ersten Pandemiewelle, dass das entsprechende Verbot von großen Versammlungen als effektivste Maßnahme die Inzidenz im Beobachtungszeitraum um 37% reduziert.
Islam et al. [2020]	BMJ	445 (97)	149 Länder	Kommt zu dem Ergebnis, dass Verbote von Großveranstaltungen sowie der Restriktionen auf maximal erlaubte Gruppengrößen bei privaten oder öffentlichen Treffen führen zusammen mit anderen Maßnahmen zu einer signifikanten Reduktion der Inzidenz führten.
Courtemanche et al. [2020]m	Health Affairs	699 (155)	USA	Kein signifikanter Effekt vom Verbot von Massenveranstaltungen feststellbar in der ersten Welle, aber moderate Effekte können auch nicht ausgeschlossen werden.
Flaxman et al. [2020]	Nature	2313 (520)	11 europäische Länder	Kein signifikanter Effekt vom Verbot öffentlicher Veranstaltungen auf die Reproduktionsrate in der ersten Welle feststellbar.
Olney et al. [2021]	American Journal of Epidemiology	15 (6)	USA	Kein signifikanter Effekt vom Verbot öffentlicher Veranstaltungen auf die Reproduktionsrate in der ersten Welle feststellbar.
Duhon et al. [2021]	Science of The Total Environment	55 (21)	50 Länder	Fand keinen messbar signifikanten Effekt von Verboten von Massenveranstaltungen oder Beschränkungen von Versammlungen auf die anfängliche Wachstumsrate in der ersten Welle.
Brauner et al. [2021]	Science	568 (194)	41 Länder	Obergrenzen für Zusammenkünfte von 1000, 100 und 10 führen zu einer Reduktion der Reproduktionszahlen von respektive 23-, 34- und 42%.
Sharma et al. [2021]	Nature communications	49 (38)	114 europäische Regionen	Obergrenzen für Zusammenkünfte weiter signifikant aber weniger effektiv im Winter 20/21 verglichen zu den Ergebnissen für die erste Wellen in Brauner et al. [2021].

Pozo-Martin et al. [2021]	European Journal of Epidemiology	9 (6)	37 Länder	Obergrenzen für Zusammenkünfte von über 100, unter 100 und unter 10 führten zu einer Reduktion der täglichen Wachstumsrate von respektive 2.58-, 2.78- und 2.81%.
------------------------------	--	-------	-----------	--

Tabelle 11: Übersicht der ausgewerteten Studien hinsichtlich der Effektivität von Schulschließungen, siehe auch Abschn. 3.8. Die eingeklammerten Werte in der Spalte *Zitationen* geben die Zahl der Zitationen laut Google Scholar im laufenden Jahr 2022 (Stand 18.07.2022) an. Aufgrund der verhältnismäßig uneindeutigen Studienlage in diesem Bereich sind die Quellen in der ersten Stufe danach geordnet, ob ein signifikanter Einfluss auf das Infektionsgeschehen von Schulschließungen festgestellt wurde oder nicht. Innerhalb dieser Gruppen wurde nach Zitationen im Jahr 2022 (Stand 20.7.2022) geordnet. Dies verhindert, dass Studien, die in der Frühphase der Pandemie erschienen nicht überbewertet werden, da diese aus Mangel an anderen Referenzen anfangs möglicherweise überproportional häufig zitiert wurden.

Quelle	Journal	Zitationen	Studienorte	Kernaussagen
Brauner et al. [2021]	Science	564 (190)	41 Länder	Schul- und Universitätsschließungen reduzierten effektive Reproduktionszahl um mehr als 35% im Zeitraum Januar bis Mai 2020
Auger et al. [2020]	JAMA	373 (79)	USA	Reduktion der wöchentlichen relativen Änderung der Inzidenz/Mortalität nach Schulschließungen um 62%/58%; Reduktion größer wenn Schulschließung bereits bei geringer Inzidenz stattfand (-72% Reduktion; vgl. Schulschließung bei hoher Inzidenz -49%)
Haug et al. [2020]	Nature Human Behavior	823 (59)	weltweit	Schließung von Bildungseinrichtungen reduziert effektive Reproduktionszahl um -0.15 bis -0.21
Lessler et al. [2021]	Science	146 (44)	USA	Fokus auf 3. Pandemiewelle; wenn Kinder Vollzeit zur Schule gehen steigt Wahrscheinlichkeit an COVID-19 zu erkranken um 25-50% (Zunahme mit höheren Klassenstufen); weniger ausgeprägt bei Personen mit Kindern in teilzeitigem Schulbesuch (ca. 10% erhöhtes Risiko); Schulschließungen ohne Effekt, wenn mehr als 4 andere Maßnahmen bereits in Schule eingesetzt werden
Vlachos et al. [2021]	PNAS	87 (33)	Schweden	vergleich Präsenz- vs. Online-Unterricht; bei Präsenzunterricht (ohne weitere Schutzmaßnahmen) ist Wahrscheinlichkeit für Eltern/Lehrer an COVID-19 zu Erkranken um 17% / 100% erhöht

Jüni et al. [2020]	CMAJ	215 (27)	144 geopolitische Regionen	effektive Reproduktionszahl durch Schulschließungen im Mittel um 37% reduziert
Banholzer et al. [2021]	PLOS ONE	37 (20)	20 Länder	Rückgang der Neuinfektionen um 17% auf die Schließung von Schulen zurückzuführen; im schlechtesten Fall ca. 10%
Fontanet et al. [2021]	Euro-surveillance	43 (19)	Frankreich	Fallstudie: wöchentliche Fallzahl sank nach Krankheitsausbruch und anschließender Schulschließung von 38 auf 13 Fälle
Piovani et al. [2021]	Journal of Infection	46 (17)	37 OECD Länder	Verzögerung von Schulschließungen erhöht kumulative Todeszahl um 4.4% pro Tag im Zeitraum bis Ende Juni 2020
Klimek-Tulwin and Tulwin [2022]	Journal of Public Health	25 (5)	18 Länder	Länder, die bei geringer Inzidenz Schulen geschlossen haben, zeigen signifikant geringere Inzidenz nach 16, 30 und 60 Tagen
Yehya et al. [2021]	Clinical Infectious Diseases	36 (5)	USA	verspätete Schulschließungen mit höherer COVID-19-Mortalität verbunden; jeder Tag Verzögerung erhöht Mortalitätsrisiko am 28. Tag nach 1. oder 10. COVID-Toten um 5-6%
Liu et al. [2021]	BMC Public Health	17 (4)	USA	Schulschließungen reduzierten effektive Reproduktionszahl um 10% im Zeitraum Mitte Januar bis Mitte April 2020
Guo et al. [2021]	Science of The Total Environment	6 (3)	USA	Schulschließung reduziert effektive Reproduktionszahl um 13%
[Chernozhukov et al., 2021]	Journal of Econometrics	276 (97)	US	da Schulschließungen fast in allen Bundesstaaten synchron auftraten, konnte aufgrund mangelnder Variation keine signifikante Aussage zu deren Effektivität getroffen werden; ein Effekt gleichsam aber auch nicht ausgeschlossen werden
Courtemanche et al. [2020]	Health Affairs	697 (31)	US	signifikante Reduktion der Fallzahlen durch Schulschließungen konnte nicht festgestellt werden, eine mögliche Reduktion um ca. 5 bis 6 Prozentpunkte aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden

Iwata et al. [2020]	International Journal of Infectious Diseases	67 (16)	Japan	es konnte keine signifikante Verringerung der täglichen Reproduktionszahl nach Schulschließung festgestellt werden
Gandini et al. [2021]	The Lancet Regional Health - Europe	49 (16)	Italien	Kohortenstudie während Schulöffnungen (!) in der 2ten Welle: Schüler bis 8. Klasse im Mittel 38.9% geringere Inzidenz als Referenzgruppe; Schüler ab 9. Klasse im Mittel 9% geringere Inzidenz; Lehrer und anderes Schulpersonal hatten vergleichbare Inzidenz; erklärbar dadurch, dass Maßnahmen zur Ansteckungsprävention an Schulen in Italien strenger umgesetzt wurden, als von ECDC empfohlen
White and Hébert-Dufresne [2020]	PLOS ONE	62 (14)	US	Schulschließungen führten ebenfalls zu Reduktion von effektiver Reproduktionszahl, Effekt aber nicht statistisch signifikant
Wieland [2020]	Safety Science	37 (12)	Deutschland	Wendepunkte in Reproduktionszahl während erster Welle können nicht mit den Kita- und Schulschließungen erklärt werden
Arshed et al. [2020]	Journal of Public Affairs	37 (10)	Global	Schulschließungen ungeeignet um effektive Reproduktionszahl unter eins zu reduzieren
Krishnamachari et al. [2021]	American Journal of Infection Control	24 (6)	US	Schulschließungen ohne signifikanten Einfluss auf kumulative Inzidenzrate; allerdings starker Bias gemäß Talic et al. [2021]
Kruger et al. [2021]	Clinical Microbiology and Infection	6 (1)	Israel	Fallstudie: Vergleich von Schülern einer geöffneten und einer geschlossenen Schule zeigt keine Unterschiede in jeweiliger Inzidenz; allerdings kleine Stichprobe

6 Vergrößerte Abbildungen

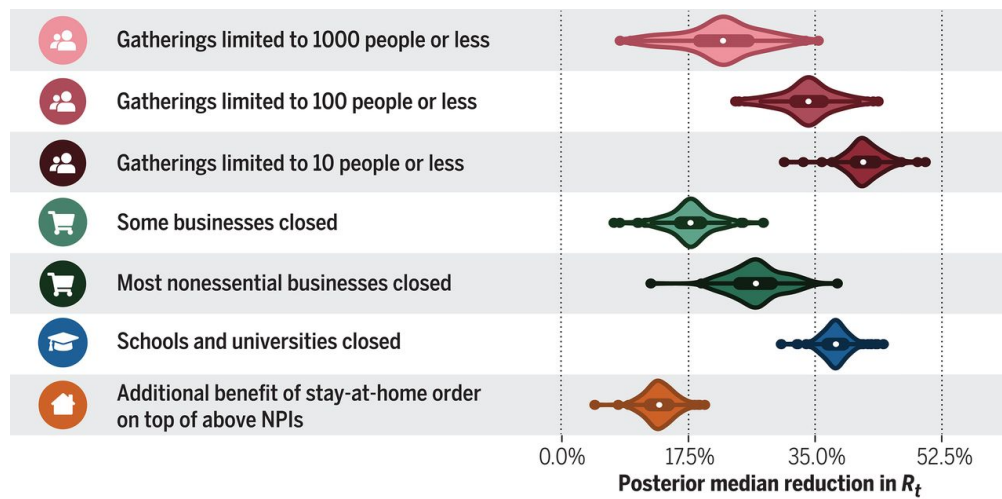


Abbildung 12: Vergrößerte Darstellung von Abb. 2A, adaptiert von Brauner et al. [2021].

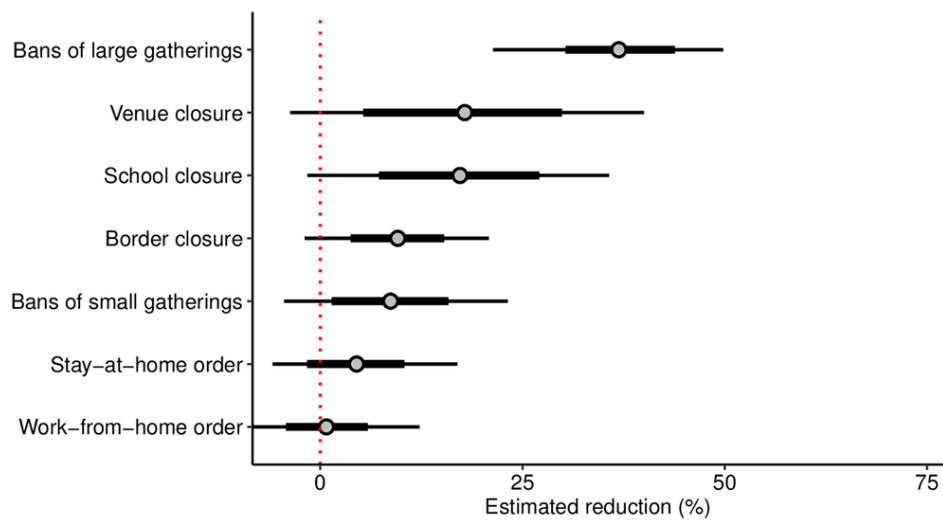


Abbildung 13: Vergrößerte Darstellung von Abb. 2B, adaptiert von Banholzer et al. [2021].

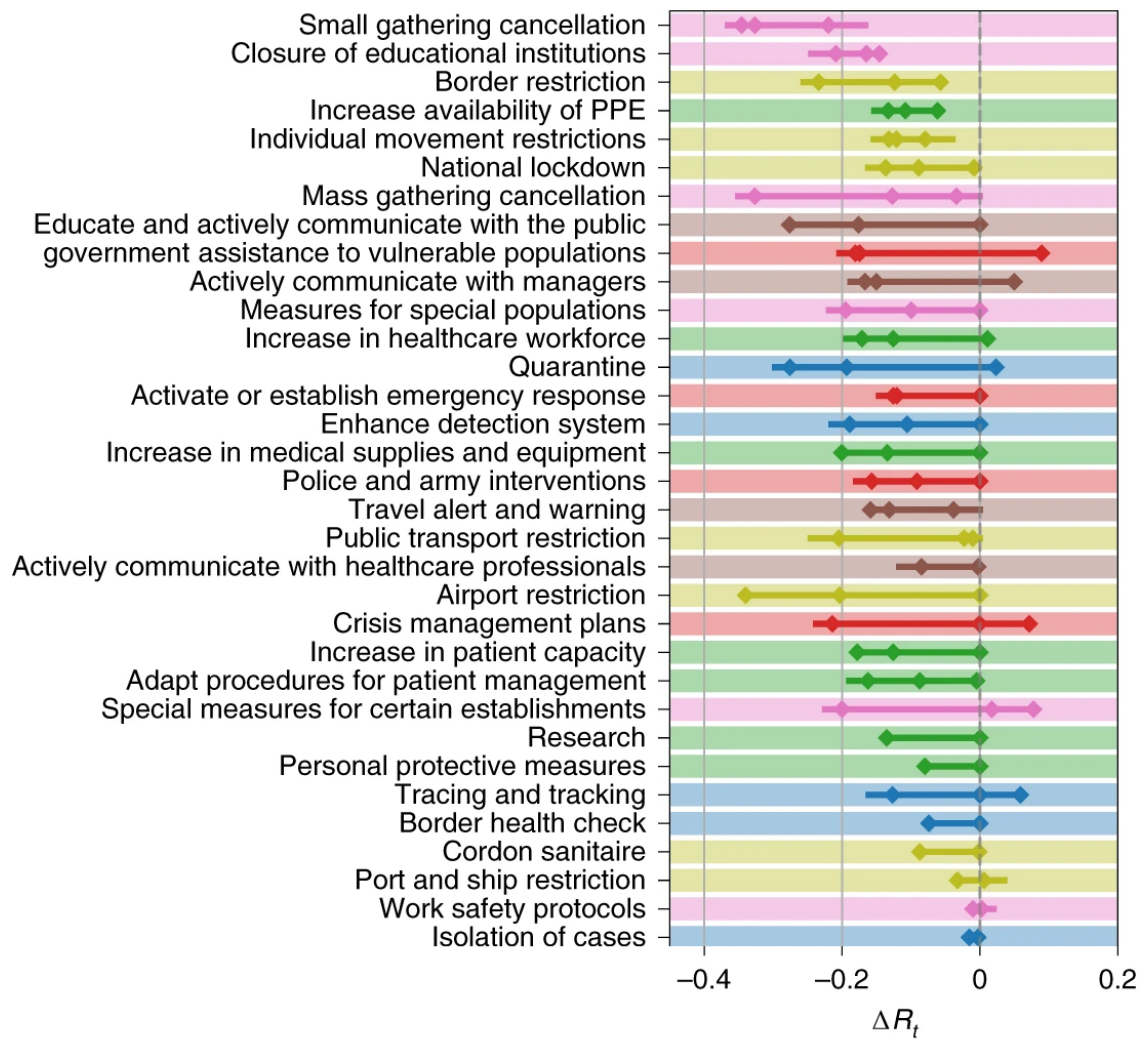


Abbildung 14: Vergrößerte Darstellung von Abb. 2C, adaptiert von Haug et al. [2020].

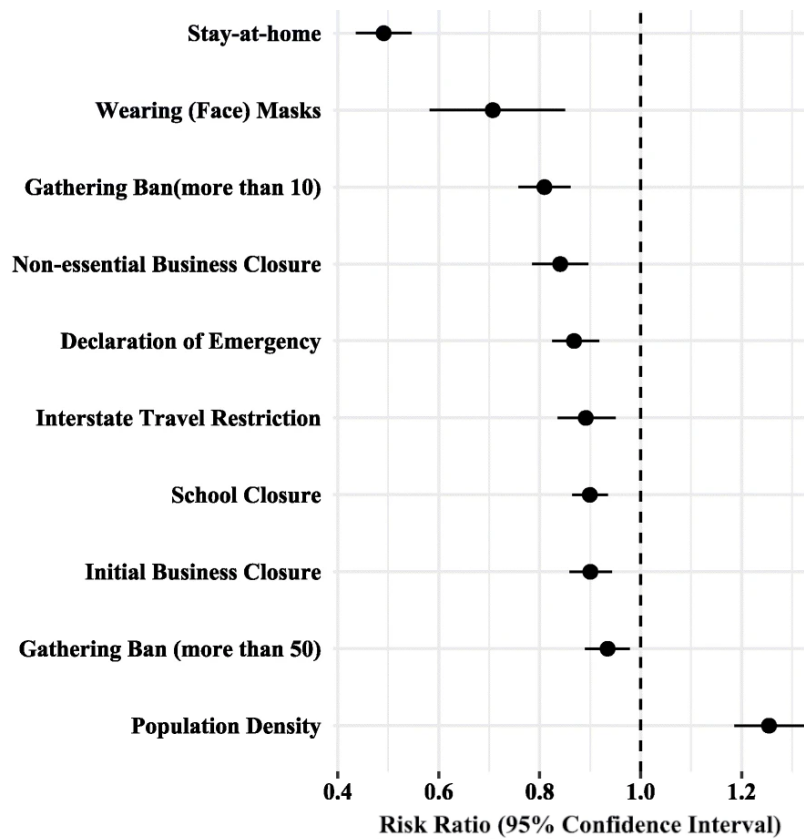


Abbildung 15: Vergrößerte Darstellung von Abb. 2D, adaptiert von Liu et al. [2021].

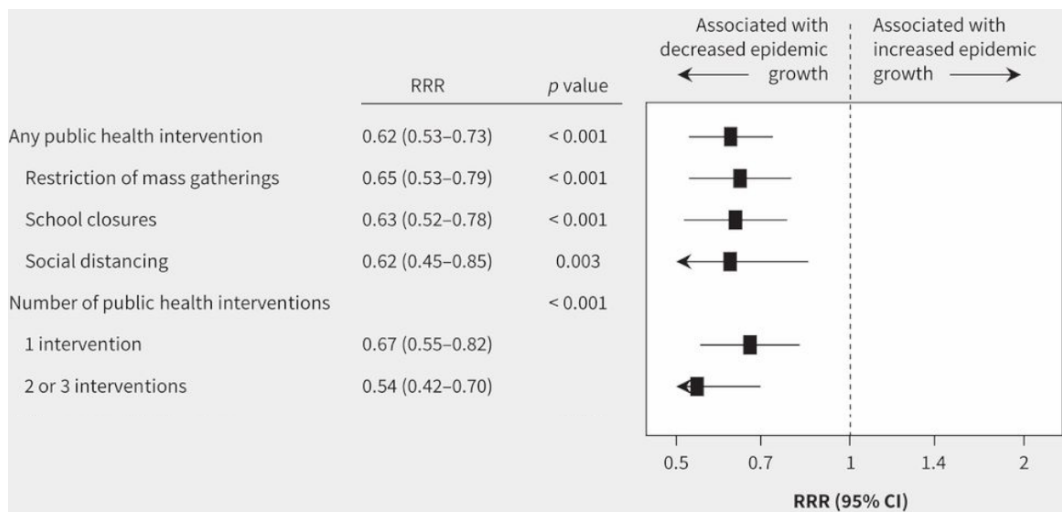


Abbildung 16: Vergrößerte Darstellung von Abb. 2E, adaptiert von Jüni et al. [2020].