**SARS-CoV-2 Infektionen während Reisen mit Bahn und Bus. Ein systematisches Review epidemiologischer Studien**

SARS-CoV-2 Infections during Travel by Train and Bus: A Systematic Review of Epidemiological Studies

[**Joachim Heinrich**](http://orcid.org/0000-0002-9620-1629)

*1Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Universitätsklinikum, LMU, Universitätsklinikum, LMU, München, Deutschland*

[**Tianyu Zhao**](http://orcid.org/0000-0002-2696-273X)

*1Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Universitätsklinikum, LMU, Universitätsklinikum, LMU, München, Deutschland*

*2Helmholtz Zentrum Munchen Deutsches Forschungszentrum fur Gesundheit und Umwelt, Institut für Epidemiologie, Neuherberg, Deutschland*

**Caroline Quartucci**

*1Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Universitätsklinikum, LMU, Universitätsklinikum, LMU, München, Deutschland*

**Britta Herbig**

*1Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Universitätsklinikum, LMU, Universitätsklinikum, LMU, München, Deutschland*

**Dennis Nowak**

*1Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Universitätsklinikum, LMU, Universitätsklinikum, LMU, München, Deutschland*

### Zusammenfassung

**Ziel** Das Ziel dieses Reviews ist es, epidemiologische Studien zum Ansteckungsrisiko mit SARS-CoV-2 bei Reisen mit Bahn und Bus zu identifizieren und kritisch auch im Hinblick auf die Übertragbarkeit für Deutschland zu bewerten.

**Methodik** Systematisches Review basierend auf der Suche in zwei elektronischen Datenbanken (PubMed, Web of Science) nach dem Prinzip der „Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analysis“ (PRISMA) nach epidemiologischen Studien zu SARS-CoV-2 bzw. COVID-19 und Reisen mit der Bahn oder im Bus.

**Ergebnisse** Die Suche in den beiden elektronischen Datenbanken lieferte 746 Publikationen. Davon erfüllten 55 die Auswahlkriterien und wurden in die Volltextrecherche einbezogen. Schließlich konnten 5 Originalpublikationen zur Beantwortung der Frage nach SARS-CoV-2-Infektionen im Zusammenhang mit Fernreisen per Bahn und 4 mit Bezug auf Busreisen herangezogen werden. Die Studien sind sehr heterogen und beziehen sich fast ausschließlich auf Fernreisen in China. Sie zeigen konsistent ein Ansteckungsrisiko, wenn infizierte Personen im gleichen Waggon oder Bus ohne Mund-Nasen Bedeckung (MNB) mitreisen. Das Risiko ist dabei nicht beschränkt auf jene Reisenden, die in unmittelbarer Nähe zu dem infizierten Mitreisenden sitzen. Trotz aller Unterschiede zwischen Reisen mit Bahn und Bus in China und Deutschland besteht kein grundsätzlicher Zweifel daran, dass die berichteten Ergebnisse aus China in qualitativer Hinsicht auch auf Deutschland zu übertragen sind. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse der drei Schlüsselpublikationen überwiegend die Zeit vor dem Lockdown in China ohne die strikte Verwendung von MNB einschlossen. Somit bleibt die Frage, ob die Ergebnisse unter den gegenwärtigen Bedingungen mit MNB und virulenteren Virusmutationen ähnlich wären. Es wurde keine einzige Studie im Zusammenhang mit der Infektion bei Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs gefunden.

**Schlussfolgerungen** Es gibt verschiedene Hinweise dafür, dass Reisen mit der Bahn mit einem deutlich niedrigeren Infektionsrisiko verbunden ist im Vergleich zum Ansteckungsrisiko im häuslichen Umfeld. Wegen fehlender Beobachtungsdaten wird man das Infektionsrisiko bei Fernreisen mit Bus und bei Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs auf der Grundlage des Luftaustausches im Fahrgastinnenraum, der Reisedauer, des Abstandes zu anderen Fahrgästen und letztendlich der Fahrgastdichte modellhaft abschätzen müssen.

### Schlüsselwörter

SARS-CoV-2 - COVID-19 - Bahnreisen - Busreisen - Epidemiologie

### Abstract

**Aim** The aim of this review is to identify epidemiological studies on the risk of infection with SARS-CoV-2 during travel by train and bus and to critically evaluate them also with regard to extrapolating the findings to the German situation.

**Methods** Systematic review based on searching two electronic databases (PubMed, Web of Science) according to the principle of Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analysis (PRISMA) for epidemiological studies on SARS-CoV-2 or COVID-19 and travel by train or bus.

**Results** Searches of the two electronic databases yielded 746 publications. Of these, 55 met the selection criteria and were included in the full-text search. Finally, 5 original publications were used to answer the question about SARS-CoV-2 infections related to long-distance travel by train and 4 related to bus travel. The studies were very heterogeneous and referred almost exclusively to long-distance travel in China. They consistently showed a risk of infection when infected persons travelled in the same train, car or bus without mouth-to-nose (MNB) coverage. The risk was not limited to those sitting in close proximity to an infected fellow traveler. Despite all the differences between travel by train and bus in China and Germany, there is no fundamental doubt that the reported results from China can also be extrapolated to Germany in qualitative terms. However, it must be taken into account that the results of the three key publications predominantly included the period before the lockdown in China without the strict use of MNB. Thus, the question remains whether the results would be similar under current conditions with MNB and more virulent viral mutations. No single study was found related to infection when using public transportation.

**Conclusions** There are several lines of evidence that travel by train is associated with a significantly lower risk of infection compared with the risk of infection in the home environment. Due to a lack of observational data, one will need to model the risk of infection for long-distance travel by bus and use of local public transport based on air exchange in the passenger compartment, travel duration, distance from other passengers, and ultimately passenger density.

### Key words

SARS-CoV-2 - COVID-19 - Travel by train - Travel by bus - Epidemiology

**1. Hintergrund**

Seit dem Ausbruch von COVID-19 im Dezember 2019 in Wuhan, China, trugen zahlreiche Forschungsergebnisse zum Verständnis dieses neuen Virus und seiner Ausbreitungsbedingungen bei. Es werden im Wesentlichen drei Übertragungswege diskutiert [1].

* Übertragung durch den direkten Kontakt mit dem Virus durch eine infizierte Person oder kontaminierte Oberfläche,
* Übertragung durch Tröpfchen unterschiedlicher Größe, die das Virus enthalten, die von einer infizierten Person emittiert werden,
* Übertragung kleinster Tröpfchen und Partikel (Aerosole), die das Virus enthalten und in der Luft längere Zeit schweben und größere Distanzen überwinden können.

Die Übertragung von Atemwegsviren durch Tröpfchen ist seit langem gut belegt und das Einatmen von kontaminierter Luft mit SARS-CoV-2-beladenen Tröpfchen und Partikeln, die beim Husten, Niesen und schnellen Sprechen infizierter Personen entstehen, gilt als bedeutender Übertragungsweg [1].

Insofern ist auch die Betrachtung des Aufenthalts in Innenräumen, wie zum Beispiel auch während der Nutzung des Schienen- und Straßenpersonennah- und -fernverkehrs, wichtig, wenn es darum geht, das Infektionsumfeld besser zu verstehen und präventive Maßnahmen zu empfehlen.

Deswegen wird hier die epidemiologische Evidenz für einen Zusammenhang von COVID-19 bzw. Infektionen mit SARS-CoV-2 bei Reisen mit Bahn und Bus systematisch untersucht. Dadurch soll die Frage beantwortet werden, ob es ein nachweisbares Risiko gibt, sich während Reisen mit der Bahn (incl. U-Bahn und S-Bahn) und Bus (Fernverkehr und Nahverkehr) mit SARS-CoV-2 anzustecken.

**2. Methoden**

Es wurde ein systematisches Review entsprechend der standardisierten Vorgehensweise nach den Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analysis (PRISMA) [2] durchgeführt. Das Review der identifizierten Literatur wurde zunächst von einem der Autoren (JH) durchgeführt und im Falle von Unklarheiten von einem zweiten Reviewer (TZ) überprüft. Jede einzelne Studie wurde nach den Population-Exposure-Comparator-Outcome (PECO) Kriterien beschrieben [3,4].

2.1. Suchstrategie

Es wurde eine systematische Literaturrecherche in zwei elektronischen Datenbanken durchgeführt: PubMed und Web of Science, für die Publikationszeit von 01. Januar 2019 bis 24. November 2020. Die Suchstrategie sieht folgendermaßen aus: Für die Suche in PubMed: (2019[Date - Entry] : 2021[Date - Entry]) AND (Coronavirus[tiab] OR SARS-CoV-2[tiab] OR COVID-19[tiab]) AND (passenger\* [tiab] OR transportation [tiab] OR bus[tiab] OR buses[tiab] OR coach[tiab] OR coaches[tiab] OR rail\*[tiab] OR subway\*[tiab] OR Transportation facilities[mesh]) AND (english[Language] OR german[Language]) und für die Suche im Web of Science: (TI=(“Coronavirus” OR “SARS-CoV-2” OR “COVID-19”) OR TS=(“Coronavirus” OR “SARS-CoV-2” OR “COVID-19”)) AND (TI=(“passenger\*” OR “transportation” OR “bus” OR “buses” OR “coach” OR “coaches” OR “rail\*” OR “subway\*”) OR TS=(“passenger\*” OR “transportation” OR “bus” OR “buses” OR “coach” OR “coaches” OR “rail\*” OR “subway\*”)) AND Timespan=2019-2020 für “article”, “letter” und “reviews” in “German” und “English”.

2.2. Auswahl der Studien

Es wurden ausschließlich epidemiologische Studien für dieses Review berücksichtigt. Die Studien, die in englischer oder deutscher Sprache verfasst wurden und den Zusammenhang zwischen Reisen mit Bahn oder Bus und COVID-19 untersuchten, wurden in das Review einbezogen. Editorials, Übersichtsartikel, klinische Fallstudien und Tierstudien wurden in dem Review nicht berücksichtigt, allerdings genutzt, um Originalpublikationen zusätzlich zu identifizieren. Ebenfalls wurden Studien ausgeschlossen, die das Ansteckungsrisiko durch Simulationen oder durch experimentelle Studien modellierten. Ferner wurden Studien zu SARS-CoV-2–Infektionen während Flugreisen und während Kreuzschifffahrten ausgeschlossen. Duplikate wurden elektronisch und zusätzlich durch die manuelle Sichtung des Titels und der Zusammenfassung identifiziert und entfernt.

2.3. Bewertung von Studien

Die Bewertung des Verzerrungsrisikos steht mit der Bewertung der methodischen Qualität der Studien in Zusammenhang [3]. Für die Bewertung von beobachtenden epidemiologischen Studien sind standardisierte Vorgehensweisen wie die OHAT-Kriterien [3] und die Kriterien des Navigation Guide der University of California [4] der Goldstandard. Auf dem Hintergrund dieser OHAT- Kriterien wurde das Verzerrungsrisiko nur vereinfacht und narrativ eingeschätzt (siehe Tabellen 1 und 2).

**3. Ergebnisse der epidemiologischen Studien und Diskussion**

3.1. Die Suchergebnisse

Das Flussdiagramm in Abbildung 1 fasst die Ergebnisse des systematischen Reviews zusammen. Es konnten fünf Originalpublikationen zu epidemiologischen Beobachtungsstudien zur Beantwortung der Frage nach SARS-CoV-2 – Infektionen im Zusammenhang mit (Fern-) Reisen per Bahn [5-9] und vier für Reisen mit dem (Fern-) Bus [10-13] herangezogen werden. Eine einzige Studie in einem Stadtbus in Italien hat in Luft- und Wischproben versucht, das SARS-CoV2-Virus nachzuweisen [14].

Die Ergebnisse dieser systematischen Literaturrecherche werden in den Tabellen 1 und 2 sowie in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt. Abweichend von der üblichen Darstellungsweise werden zur besseren Lesbarkeit bereits in diesen Abschnitten Bewertungen der Studien mit kritischen Diskussionspunkten angelehnt an die OHAT-Kriterien [3] vorgenommen und kursiv eingefügt.

3.2. Bahnreisen

Es wurden drei Schlüsselpublikationen identifiziert, die im Nachfolgenden ausführlich dargestellt werden. Dabei handelt es sich zum einen um das Infektionsgeschehen bei Reisenden in einem Hochgeschwindigkeitszug in China [6] und zum anderen um zwei Publikationen zum Ansteckungsrisiko von Mitarbeitern der Deutschen Bahn während ihres Dienstes als ZugbegleiterInnen oder Service-MitarbeiterInnen im Fernverkehr der DB [5] sowie der registrierten COVID-19 Erkrankungen bei versicherten MitarbeiterInnen aus Nahverkehr und Bahn-Fernverkehr einer großen Krankenversicherung Deutschlands [7].

Die Studie von Hu et al. (2020) [6] untersuchte das Übertragungsrisiko von SARS-CoV-2 bei Reisenden mit dem Hochgeschwindigkeitszug (G-Zug) in China, wenn ein Mitreisender mit SARS-CoV-2 Viren infiziert ist. Die Studie zeigt, dass ein erhöhtes Übertragungsrisiko für SARS-CoV-2 bei Zugreisenden besteht und das Risiko mit der Reisedauer steigt. Die Infektionsrate für Reisende 3 Reihen vor oder hinter der Sitzreihe des infizierten Mitreisenden betrug 0,32% (95% KI 0,29%–0,37%). Ausgangspunkt dieser Studie waren 2568 bestätigte COVID-19- Fälle, die retrospektiv angaben, zwischen dem 19. 12. 2019 und dem 6. 03. 2020 mit dem G-Zug durch das chinesische Festland innerhalb der letzten 14 Tage vor oder während des Krankheitsbeginns gereist zu sein. Basierend auf dem Datum des Symptombeginns wurden schließlich 2.334 Zugpassagiere in verschiedenen Waggons als Indexpatienten aufgenommen. 234 Passagiere unter 72 093 Nahkontakten (0,32%), deren Sitzplatz im Abstand von 3 Reihen zu einem Indexpatienten lag, wurden anschließend als sekundäre COVID-19-Fälle bestätigt. Passagiere auf Sitzen innerhalb der gleichen Reihe wie der Indexpatient hatten die höchste Ansteckungsrate mit einer erhöhten durchschnittlichen Ansteckungsrate von 1,5% (95% Konfidenzintervall (KI) 1,3;1,8) im Vergleich mit anderen Sitzreihen ohne Indexpatienten. Das relative Risiko (RR) betrug in diesen Fällen 11,2 (95% KI 8,6;14,6). Unmittelbare Sitznachbarn zu einem Indexpatienten hatten mit einem relativen Risiko von 18,0 (95% KI 13,9;23,4) das höchste Ansteckungsrisiko. Das Ansteckungsrisiko bei Passgieren der gleichen Sitzreihe ist etwa 10-mal höher im Vergleich zu dem Risiko der Reisenden, die eine oder zwei Reihen entfernt sitzen. Interessanterweise ergab die Studie auch, dass die Infektionsrate mit SARS-CoV-2 unter den Zugfahrgästen, die die zuvor von den Indexpatienten belegten Sitze benutzten, keinen signifikanten Unterschied zur durchschnittlichen Infektionsrate aufwies. Das spricht gegen Schmierinfektionen als einem wichtigen Übertragungsweg bei Bahnreisen.

*Bewertung: Diese Studie ist ausgesprochen sorgfältig geplant, berücksichtigt viele Details und Begleitfaktoren, hat einen sehr großen Stichprobenumfang und zeigt keine wesentlichen Limitierungen, die das Ergebnis in Frage stellen könnten. Unter methodischem Aspekt sind die Ergebnisse dieser Studie in China weitestgehend auf Reisen mit der Bahn in Deutschland zu übertragen. Dennoch sind auch Unterschiede bei Reisen in Fernzügen in China und Deutschland zu beschreiben. So ist die Passagierdichte in China höher (anders als in dem deutschen ICE sitzen auf einer Seite drei Personen in dem chinesischen Hochgeschwindigkeitszug nebeneinander. Auch kulturelle Unterschiede im Reiseverhalten mit Bezug auf lautes Sprechen oder Lachen der Passagiere sind eventuell von Bedeutung. Hinzukommt ein besonders wichtiger Punkt. Die Studie von Hu et al (2020) schließt eine Zeit ein, in der in China das Tragen einer MNB nicht verpflichtend war. Somit ist nicht klar, ob das gleiche Ergebnis zu Tage getreten wäre, wenn alle Passagiere eine MNB getragen hätten. Herauszustellen ist, dass auch Mitreisende im größeren Abstand von den Indexpatienten von der Ansteckung betroffen waren. Dies kann als Hinweis auf die Übertragung von SARS-CoV-2 durch Aerosole gewertet* werden*. Zusammenfassend muss bei der Interpretation des Infektionsrisikos von 0,32% berücksichtigt werden, dass die Gesamtinfektionsrate Infektionen während sehr kurzer Reisedauern einschließt (die Reisedauer variiert von 0,13 bis 13,8 Stunden), lautes Sprechen und Lachen während der Reise im G-Zug die Ausnahme ist, der G-Zug mit einem effektiven Ventilationssystem ausgestattet ist und manche Reisende bereits eine MNB getragen haben.*

Im Nachfolgenden wird eine weitere Studie dargestellt, obwohl diese nicht in einem peer-reviewed Journal publiziert wurde [5]. Wir haben diese Studie dennoch berücksichtigt, weil es sich um eine Studie handelt, die speziell COVID-19 Erkrankungen bei MitarbeiterInnen der Deutschen Bahn behandelt. Bei der Auswertung der internen Meldesysteme der DB (nur Deutschland) wurden 326 bestätigte COVID-19 Fälle im Alter von 20-66 Jahren bei 198.000 Beschäftigten registriert (0,16%). Die COVID-19 Erkrankten in der deutschen Allgemeinbevölkerung gleichen Alters entsprachen mit Stand 02.06.2020 einem Anteil von 0,26%, der somit höher war als bei den Beschäftigten der DB. Bei einer kleinen Anzahl von 17 bestätigten COVID-19 Fällen unter den Zugbegleitern der DB wurde das Umfeld der Infektion recherchiert. Dabei wurden acht Fälle dem privaten Umfeld und nur ein Fall dem beruflichen Umfeld zugeordnet. Insofern dominiert das private Umfeld im Vergleich mit dem beruflichen. Der Vergleich der Infektionen im beruflichen Umfeld (n=1, entsprechend 6%) im Zugbegleitdienst mit den analogen Anzahlen bei Beschäftigten der DB ohne den Zugbegleitdienst (5 von 13; 38%) zeigt nach Einschätzung der Autoren kein höheres Infektionsrisiko für die Zugbegleiter.

*Bewertung: Der Vergleich zwischen Bahnbeschäftigten und Allgemeinbevölkerung ist nicht belastbar. In der deutschen Allgemeinbevölkerung sind auch chronisch Kranke mit einem bekanntermaßen höheren Risiko für COVID-19 enthalten, die wegen ihrer Erkrankung oder ihres Alters nicht mehr erwerbstätig sind. Wegen Unzulänglichkeiten bei diesem und anderen angestrebten Vergleichen und teils sehr kleiner Fallzahlen sind aus dieser Studie keine belastbaren Schlussfolgerungen derart zu ziehen, dass die Beschäftigten der DB im Fernreiseverkehr kein höheres Infektionsrisiko haben als die Allgemeinbevölkerung. Wesentlich problematischer erscheint es allerdings zu sein, aus dem Infektionsgeschehen der MitarbeiterInnen der DB und dabei insbesondere jener im Zugbegleitdienst, auf das Infektionsgeschehen von Reisenden zu schließen. Diese Verallgemeinerung ist aus den folgenden Gründen fragwürdig: Erstens sind die Zugbegleiter zwischen 18 und 65 Jahre alt, während Bahnfahrgäste höheren Alters ein sehr deutlich erhöhtes Erkrankungsrisiko haben. Zweitens ist das Ansteckungsrisiko während einer Reise mit der DB abhängig von einem infektiösen Mitreisenden und von der Zeit in dessen Nähe. Während sich ein Zugbegleiter nur wenige Minuten in unmittelbarer Nähe der infektiösen Person aufhält, kann die Expositionsdauer eines Mitreisenden deutlich länger sein.*

In Ergänzung zu dem Bericht von Gravert et al. (2020) [5] gibt es eine interessante wissenschaftliche Publikation zu Berufs- und branchenbezogenen Unterschieden im COVID-19-Risiko in Deutschland [7]. Es wurden Routinedaten der Barmer Krankenkasse für alle erwerbstätigen Stammversicherten im Altersbereich von 15 bis 65 Jahren für den Zeitraum 01.01.2020 bis 31.05.2020 im Hinblick auf COVID-19 ausgewertet. Die Datengrundlage bilden Fälle, die stationär behandelt worden sind, sowie COVID-19-Diagnosen, die zu einer Arbeitsunfähigkeit (AU) führten. Bei den mehr als 4,1 Millionen Versicherten wurden 15.167 COVID-19 Fälle ermittelt, von denen 2.890 stationär behandelt worden sind (19,1%). Das Personal im Nahverkehr und Bahn-Fernverkehr zeigt eine leichte, aber statistisch nicht signifikante Erhöhung des standardisierten Inzidenzratios für COVID-19 von 1,33 (95% Konfidenzintervall (KI) 0,97;1,78) für die AU bzw. Klinikeinweisung von 1,09 (95% 0,50;2,06). Deutlich höhere Risiken zeigten sich bei Beschäftigten mit Patientenkontakt in Kliniken und Praxen (2,38 (95% 2,28;2,48) und bei Beschäftigten in der Betreuung und Pflege älterer Menschen (2,49 (95% 2,29;2,69). Die Autoren schlussfolgern, dass es keine Anhaltspunkte aus dieser Studie dafür gibt, dass Beschäftigte im Nahverkehr und Bahn-Fernverkehr vermehrt an COVID-19 erkranken.

*Bewertung: Weitreichende Schlussfolgerungen zum COVID-19 Risiko bei Beschäftigten im ÖPNV und der Bahn lassen sich aus dieser Studie nicht ziehen, weil diesen Analysen nur 45 COVID-19 Fälle auf AU-Basis und 9 Krankenhausdiagnosen bei diesen Beschäftigten zu Grunde liegen.*

3.3. Busreisen

Von den Publikationen zu SARS-CoV-2 Infektionen und Reisen mit dem (Fern-)Bus [11-13] (siehe Tabelle 2) sollen lediglich die beiden Nachfolgenden wegen der besseren Studienqualität ausführlich dargestellt werden [11,12].

Ein quasi-experimentelles Design mit „Kontrollgruppe“ untersuchte in China das Ansteckungsrisiko mit SARS-CoV-2 während einer Busreise [12]. Offensichtlich steckte eine mit SARS-CoV-2 infizierte Person mehrere Mitreisende an, während bei Reisenden eines zweiten Busses aus der gleichen Region mit dem gleichen Ziel auch Tage nach der Reise keine COVID-19 Erkrankungen festzustellen waren. Die Autoren schlussfolgern, dass SARS-CoV-2 auch über Aerosole verbreitet werden kann. Eine Schlüsselrolle könnte die Klimaanlage mit Umluft des Fahrzeugs gespielt haben. Im Januar 2020 reisten 126 buddhistische Laienmönche mit Bus zu einem Tempel in Ningbo, einem buddhistischen Heiligtum 900 km östlich von Wuhan. Die Pilger reisten in zwei Bussen: Bus 1 mit 59 Fahrgästen plus Fahrer und Bus 2 mit 67 Fahrgästen plus Fahrer. Alle Reisenden entstammten dem gleichen Distrikt. Die Hin- und Rückreise mit dem Bus dauerte jeweils 50 Minuten. Sowohl während der Reise als auch während der Zeremonie trug niemand einen MNB. Am Abend nach der Rückkehr von der Pilgerreise erkrankte ein Reisender aus Bus 2. In den Folgetagen wurde bekannt, dass sich 23 weitere der insgesamt 68 Personen (67 Pilger plus Fahrer des Busses 2) (35,3 %) mit SARS-CoV-2 infiziert hatten (und bis auf 2 auch an COVID-19 erkrankt waren). Wenn der Busfahrer bei den Berechnungen nicht berücksichtigt wird, ergibt sich eine Ansteckungsrate von 34,3% (95% KI 24,1;46,3). Im Bus 1 gab es keine einzige Infektion. Von den übrigen 167 Pilgern aus anderen Regionen, den 5 Mönchen im Tempel zu Ningbo und den Reisenden in Bus 1 (gesamt 232 Personen) erkrankten 7 an COVID-19. Die Ansteckungsrate betrug 3,0 (95% KI 1,3;6,2). Besonders interessant ist die Sitzordnung im Bus 2. Der Index-Patient hatte seinen Sitz in der 8. von 15 Reihen zwischen zwei anderen Passagieren. Von diesen hatte sich nur einer infiziert. Die anderen Infizierten waren mehr oder weniger gleichmäßig über die Sitze des Busses verteilt. Ein Cluster infizierter Personen in der unmittelbaren Umgebung des Index-Patienten war nicht zu erkennen.

*Bewertung: Die Verteilung der Infizierten in dem Bus in dieser Studie zeigt, dass sich das Virus in geschlossenen Räumen auch über Aerosole ausbreiten kann. Die Klimaanlage mit Umluftzirkulation könnte die Verteilung der Viren gefördert haben. So intuitiv die Ergebnisse dieser eleganten Studie sind, so müssen sie dennoch kritisch bewertet werden im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse.*

Eine weitere retrospektive Fallstudie zum Infektionsgeschehen mit SARS-CoV-2 bei Busreisen wurde in der Provinz Hunan, China, durchgeführt, allerdings ohne eine „Kontrollgruppe“ von Reisenden in einem Bus ohne eine einzige infizierte Person [11]. Die Autoren dieser Studie schlussfolgern, dass sich mehrere Mitreisende auf der Busfahrt durch viral belastete Aerosole mit SARS-CoV-2 angesteckt haben. Ein zunächst asymptomatischer COVID-19 Patient reiste 2,5 Stunden lang in einem mit 48 Personen voll besetztem Bus am 22.01.2020, also vor dem Lockdown in China. Dieser Indexpatient entwickelte am Abend COVID-19 Symptome. Die Erkrankung wurde mit PCR-Methoden bestätigt. Von den 48 Mitreisenden wurden 8 Personen gleichfalls im Laufe der folgenden 12 Tage positiv getestet und entwickelten Symptome. Keiner der Fahrgäste trug MNB, weil der Lockdown erst Tage später (29.01.2020) in China verordnet wurde. Auch Mitreisende, die weiter als 4 m von dem Indexpatienten entfernt saßen, erkrankten. Der Indexpatient fuhr mit einem Minibus für 17 Fahrgäste weiter. Auf der einstündigen Fahrt steckte er weitere 2 Personen von den insgesamt 12 Fahrgästen an. Eine der beiden infizierten Personen saß weiter als 4 m von dem Indexpatienten entfernt. Die Autoren geben eine Infektionsrate von 15% (95% KI 6,0-24,0%) an.

*Bewertung: Die Studie zeigt, dass das Umluftsystem möglicherweise zu der Verbreitung des Virus im gesamten Bus maßgeblich beigetragen hat.*

3.4. Öffentlicher Personennahverkehr, U-Bahn

Epidemiologische Studien zum Ansteckungsrisiko mit SARS-CoV-2 während Reisen mit dem öffentlichen Personennahverkehr im Allgemeinen und mit der U-Bahn im Besonderen wurden durch das systematische Review nicht identifiziert.

Allerdings hat eine Studie Luftproben und Wischproben in Bussen einer Linie einer norditalienischen Stadt über einen Zeitraum von zwei Wochen gesammelt und auf SARS-CoV-2 mittels PCR-Methoden untersucht [14]. Während der zweiwöchigen Probennahme (10 Tage mit durchschnittlich 123 Fahrgästen pro Tag) kurz nach dem strikten Lockdown wurde SARS-CoV-2 in keiner einzigen Probe nachgewiesen.

**4. Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Lediglich neun Publikation untersuchten speziell das Infektionsrisiko während (Fern-)Reisen mit der Bahn und dem Bus. Diese Studien zeigen ein hohes Ansteckungsrisiko, wenn infizierte Personen im gleichen Waggon oder Bus mitreisen. Das Risiko ist zwar deutlich erhöht bei unmittelbar daneben sitzenden Mitreisenden, beschränkt sich aber nicht auf jene Mitreisende. Vermutlich tragen die Belüftung bzw. Klimatisierung des Fahrgastraumes zur Verbreitung des Virus über Aerosole bei. Vor der Ableitung weitreichender Schlussfolgerungen sind zwei besonders wesentliche Charakteristika dieser epidemiologischen Studien deutlich herauszustellen. Zum ersten beziehen sich die Ergebnisse dieser Studien überwiegend auf die Zeit vor dem Lockdown und vor der verbindlichen Regulation des Tragens von MNB während Reisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Somit kann aus den vorliegenden Assoziationen nicht direkt auf das Infektionsrisiko unter den heutigen Bedingungen der verordneten MNB geschlossen werden. Zum zweiten muss vor der Ableitung von Schlussfolgerungen bedacht werden, ob die Ergebnisse der Studien zu Bahnreisen und Busreisen, die überwiegend in China durchgeführt wurden, überhaupt auf Deutschland zu übertragen sind. Trotz aller Unterschiede zwischen Reisen mit Bahn und Bus in China und Deutschland besteht kein grundsätzlicher Zweifel daran, dass die berichteten Ergebnisse aus China in qualitativer Hinsicht auch auf Deutschland zu übertragen sind.

Besonders schwierig erscheint es, das Infektionsrisiko durch Reisen mit der Bahn und dem Bus zu quantifizieren und im Vergleich mit anderen Aufenthaltsorten zu bewerten. Zwei Szenarien sollen diese Schwierigkeiten verdeutlichen. Im ersten Szenario wird Bezug genommen auf mögliche Infektionsumfelder von über 50000 durch das RKI identifizierte COVID-19 Fälle [15]. Die Darstellung des Infektionsumfeldes von SARS-CoV-2-Infektionen des RKI zeigen, dass andere Infektionsumfelder wie Wohnstätten jeglicher Art, medizinische oder pflegerische Behandlungseinrichtungen und bestimmte Arbeitsplätze mit intensiven Personenkontakten ein höheres Infektionsrisiko haben im Vergleich zu Reisen mit Bus und Bahn. Die Autoren dieser Übersicht weisen allerdings deutlich darauf hin, dass aus dieser Darstellung nicht auf ein niedrigeres Risiko eines bestimmten Infektionsumfeldes geschlossen werden kann, weil, epidemiologisch gesprochen, nur der „Zähler“ dargestellt wird ohne Bezug auf den „Nenner“. Ähnlich sind die Ergebnisse einer vergleichbaren Studie zu 1245 COVID-19 Fällen aus 120 Städten Chinas, Macaos und Taiwan zu interpretieren [16]. Auch in dieser Studie dominierte das häusliche Umfeld mit etwa 80% als Infektionsort. Schließlich weist eine weitere chinesische Studie mit einer prospektiven Beobachtung von 3410 Personen, die durch 391 COVID-19 Patienten „exponiert“ waren das häusliche Umfeld als den entscheidenden Infektionsort aus [17]. Das Infektionsrisiko während des Aufenthaltes im öffentlichen Verkehr (Bahn, Bus, Flugzeug) ist dagegen um zwei Größenordnungen kleiner. Das zweite Szenario versucht das Infektionsrisiko während Reisen mit der Bahn oder dem Bus mit dem Ansteckungsrisiko im häuslichen Bereich, wenn man mit einer Infizierten Person zusammenlebt, zu vergleichen. Auch dieser Vergleich hat schwerwiegende Limitierungen und vor einer Überinterpretation sei explizit gewarnt. Dennoch sehen wir keine andere Möglichkeit, die Höhe des Infektionsrisikos während Reisen mit der Bahn und dem Bus zu bewerten. Ein systematisches Review zum Infektionsrisiko mit SARS-CoV-2 im häuslichen Bereich identifiziert 54 Studien mit insgesamt 77.758 Teilnehmern [18]. Die Metaanalyse ergab eine Ansteckungsrate von insgesamt 16.6% (95% Konfidenzintervall 14,0% - 19,3%) wenn man mit einer infizierten Person im Haushalt zusammenlebt. Diese große Metaanalyse zeigt, dass sich bei weitem nicht alle Personen eines Haushalts mit SARS-CoV-2 infizieren, wenn ein Haushaltsmitglied infiziert ist. Die beiden Studien zu Fernbusreisen berichten von vergleichsweise ähnlich hohen Ansteckungsraten von 16% [11] und 35% [12]. Das Infektionsrisiko für Bahnreisen im G-Zug in China, wenn eine Infizierte Person drei Reihen davor vor oder dahinter sitzt, wurden von Hu et al. (2020) [6] mit 0,32% (95% KI 0,29%–0,37%) angegeben. Angesichts der Infektionsrate von 16,6% im häuslichen Bereich [18] erscheinen bei allen Einschränkungen dieses Vergleichs die Infektionsraten während einer Reise im G-Zug deutlich kleiner zu sein [6]. Im Vergleich zu den umfangreichen Studien zu Bahnreisen beziehen sich die Studien zu den Busreisen auf kleine Stichprobenumfänge, die eine große Unsicherheit bei der Schätzung der Ansteckungsrate nach sich ziehen.

**5. Schlussfolgerungen:** In Abhängigkeit von der Basis-Infektionsrate in der Allgemeinbevölkerung besteht auch bei Fernreisen mit Bahn und Bus ein Infektionsrisiko. Ob das Infektionsrisiko niedriger oder höher als an anderen vergleichbaren (Innenraum-) Orten ist, kann wegen fehlender empirischer Daten derzeit nicht entschieden werden. Allerdings gibt es verschiedene Hinweise dafür, dass Reisen mit der Bahn mit einem deutlich niedrigeren Infektionsrisiko verbunden ist im Vergleich zum Ansteckungsrisiko im häuslichen Umfeld, wenn ein Familienmitglied infiziert ist. Wegen fehlender verlässlicher Beobachtungsdaten wird man das Infektionsrisiko bei Busreisen und bei Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs auf der Grundlage des Luftaustausches im Fahrgastinnenraum, der Reisedauer, des Abstandes zu anderen Fahrgästen und letztendlich der Fahrgastdichte modellhaft abschätzen müssen.

**Interessenskonflikte**: Keine

**Forschungsförderung:** Dieses Review wurde finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, vertreten durch das Eisenbahn-Bundesamt, als Unterauftragnehmer des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (Projektnummer: 2020-33-S-1202), und durch China Scholarship Council [grant number 201708120056].

**Literatur**

1. Prather KA, Wang CC, Schooley RT. Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science (New York, NY) 2020; 368: 1422-1424. <http://dx.doi.org/10.1126/science.abc6197>

2. Moher D, Shamseer L, Clarke M et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. Systematic reviews 2015; 4: 1. <http://dx.doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>

3. OHAT. Handbook for Conducting Systematic Reviews. In. Office of Health Assessment and Translation (OHAT) Division of the National Toxicology Program National Institute of Environmental Health Sciences; 2015

4. Woodruff TJ, Sutton P. The Navigation Guide systematic review methodology: a rigorous and transparent method for translating environmental health science into better health outcomes. Environ Health Perspect 2014; 122: 1007-1014. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307175>

5. Gravert C, Nagl P, Lang H-P et al. Bisherige Erkenntnisse zu COVID-19 im Personenfernverkehr der Deutschen Bahn. In; 2020

6. Hu M, Lin H, Wang J et al. The risk of COVID-19 transmission in train passengers: an epidemiological and modelling study. Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America 2020; <http://dx.doi.org/10.1093/cid/ciaa1057>

7. Möhner M, Wolik A. Berufs- und branchenbezogene Unterschiede im COVID-19-Risiko in Deutschland. 2020; 117: 641-642. <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2020.0641>

8. Zhang Y, Zhang A, Wang J. Exploring the roles of high-speed train, air and coach services in the spread of COVID-19 in China. Transp Policy (Oxf) 2020; 94: 34-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.05.012>

9. Zhao S, Zhuang ZA, Ran JJ et al. The association between domestic train transportation and novel coronavirus (2019-nCoV) outbreak in China from 2019 to 2020: A data-driven correlational report. Travel Med Infect Dis 2020; 33<http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101568>

10. Liu X, Zhang S. COVID-19: Face masks and human-to-human transmission. Influenza and other respiratory viruses 2020; 14: 472-473. <http://dx.doi.org/10.1111/irv.12740>

11. Luo K, Lei Z, Hai Z et al. Transmission of SARS-CoV-2 in Public Transportation Vehicles: A Case Study in Hunan Province, China. Open forum infectious diseases 2020; 7<http://dx.doi.org/10.1093/ofid/ofaa430>

12. Shen Y, Li C, Dong H et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. JAMA internal medicine 2020; <http://dx.doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>

13. Yasri S, Wiwanitkit V. Public Tourist Bus, Tourist Bus Driver, and COVID-19 Infection: A Note. International journal of preventive medicine 2020; 11: 82. <http://dx.doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_151_20>

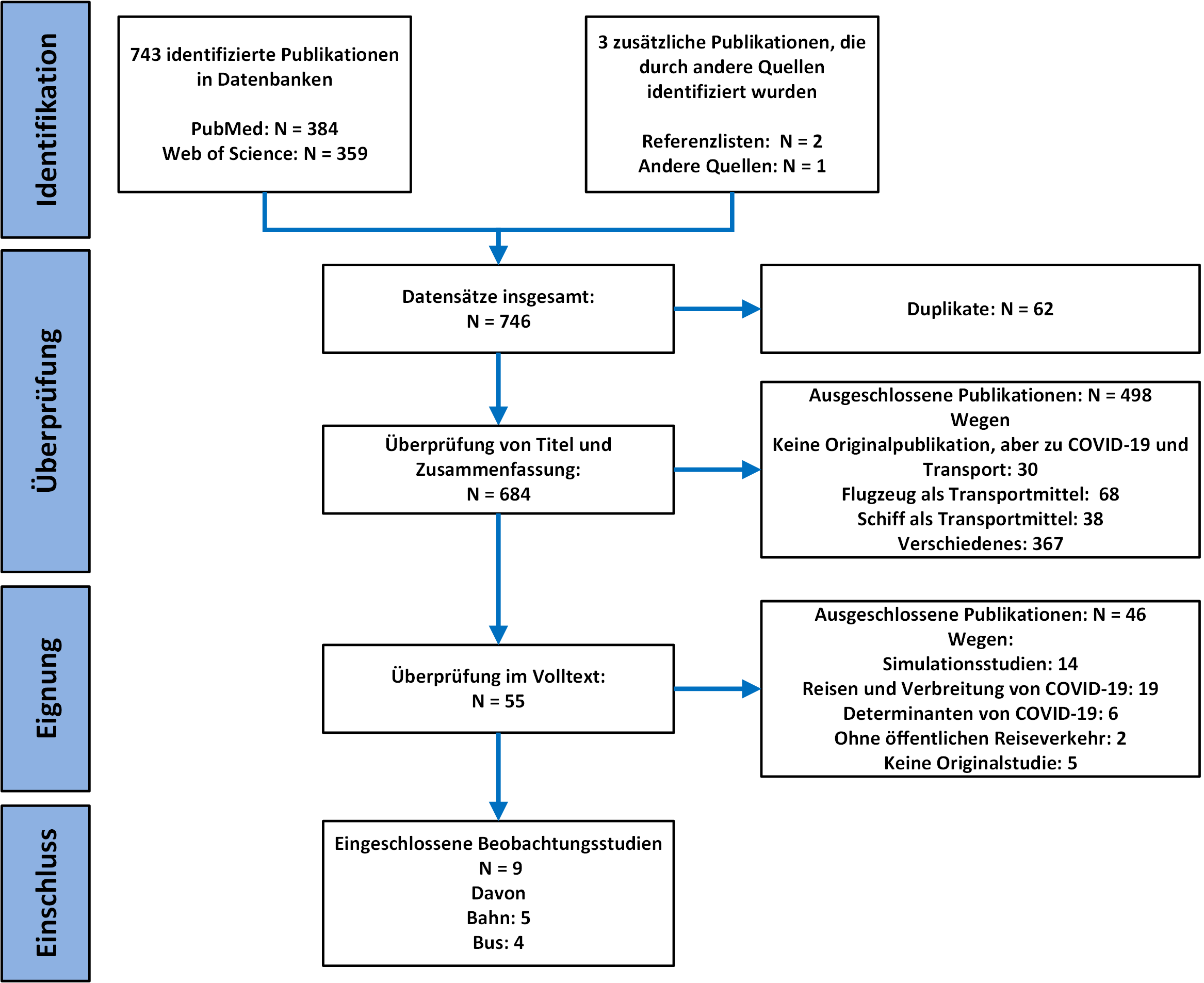
14. Di Carlo P, Chiacchiaretta P, Sinjari B et al. Air and surface measurements of SARS-CoV-2 inside a bus during normal operation. PLoS One 2020; 15: e0235943. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0235943>

15. Buda S, an der Heiden M, Altmann D et al. Infektionsumfeld von erfassten COVID-19-Ausbrüchen in Deutschland. 2020: 3--12. <http://dx.doi.org/10.25646/7093>

16. Qian H, Miao T, Liu L et al. Indoor transmission of SARS-CoV-2. Indoor Air 2020; <http://dx.doi.org/10.1111/ina.12766>

17. Luo L, Liu D, Liao X et al. Contact Settings and Risk for Transmission in 3410 Close Contacts of Patients With COVID-19 in Guangzhou, China : A Prospective Cohort Study. Annals of internal medicine 2020; <http://dx.doi.org/10.7326/m20-2671>

18. Madewell ZJ, Yang Y, Longini IM, Jr. et al. Household Transmission of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA Netw Open 2020; 3: e2031756. <http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.31756>



# Tabelle 1: Covid-19 und öffentlicher Verkehr (nicht spezifiziert für Reisen mit Bahn und Bus)

|  | Studien- information |  |  |  |  |  | Bewertung |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Autor, Jahr** | **Design** | **Studien-charakteristika (PECO)** | **Ergebnisse** | **Zeit der Datensammlung** | **Schluss-folgerung** | **Stärken und Schwächen** | **Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit auf Deutschland** |
| **1** | Qian et al 2020 (Qian et al., 2020b) | Retrospek-tive Fall-Studie zu Covid-19 outbreaks | 1245 bestätigte COVID-19 Fälle (318 Ausbrüche (>2 Fälle) aus 120 Städten Chinas, Macaos und Taiwans (Ohne Hubei Provinz)  Retrospektive Ermittlung der Infektionsorte | Das häusliche Umfeld dominierte die Ausbrüche (79,9%), gefolgt von Transport (Bahn, Bus, Flugzeug Privat-KfZ, Taxi, Kreuzfahrtschiff, etc.) (34,0%) | Bis 11.02. 2020 | Alle Ausbrüche haben ihren Ursprung im Innenraum | Großer Stichprobenumfang, Vergleich verschiedener potenzieller Infektionsumfelder, willkürliche Auswahl der Städte, Überlappung verschiedener Infektionsumfelder | Übertragbarkeit auf Deutschland ist eingeschränkt, weil niedrigeres Infektionsgeschehen, andere Familiengröße und Wohnungsgröße (geringere Kontaktdichte). |
| **2** | Zheng Y et al Travel Med 2020 (Zheng et al., 2020) | Korrelationsanalyse | Covid-19 Fälle in 330 Städten Chinas, die Anzahl der Flüge, Bahn- und Fernbusreisen von Wuhan nach den 330 Städten wird korreliert mit der Anzahl von COVID-19 Fällen auf Tagesebene und akkumuliert | Die Reiseintensität per Bus und Bahn korreliert mit dem Fallaufkommen von COVID-19, aber nicht die Anzahl der Flugreisen in die 330 Städten. | 24.01. bis 09.02.2020 | Die Ausbrei-tung von COVID-19 wird unter anderem auch durch den öffentlichen Verkehr begünstigt, auch zu Zeiten des Lockdown (am 23.01. in WUHAN) | Diese Studie sagt nichts aus über das Ansteckungsrisiko während der Reise mit Bahn oder Bus. | Es gibt zahlreiche Studien, die zeigen, dass sich die COVID-19 Infektionen über Reisen (Flug, Bahn, Bus) verbreiten. |
| **3** | Fan et al 2020 (Fan et al., 2020) | Korrelationsanalyse | Determinanten des Auftretens von 54 COVID-19 Fällen in Gansu Provinz werden untersucht (u.a. auch Reiseaktivitäten) | Deskriptive Vergleiche zeigen für die COVID-19 Fälle keine Unterschiede im Hinblick auf Reisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Flug, Bahn oder beides) im Vergleich zur Kontrollgruppe (ohne Flug- und Bahnreisen Reisen). Auch die Häufigkeit des Reisens war nicht mit einem höheren COVID-19 Risiko verbunden | 23.01. bis 03.02. 2020 |  | Die Anzahl von COVID-19 Fällen ist gering, die Unsicherheit – auch im Hinblick – auf einen fehlenden Zusammenhang zwischen Reisen und Infektionen sind groß. Ergebnisse werden ausschließlich deskriptiv berichtet. | Wegen Unsicherheiten ist es fragwürdig, ob diese Ergebnisse überhaupt verallgemeinert werden können. |
| **4** | Qian GQ et al 2020(Qian et al., 2020a) | Retrospek-tive, multizen-trische Fallstudie | 88 COVID-19 Patienten aus der Zhejiang Provinz | Als mögliche Übertragungswege wurden Kontakte mit Personen aus COVID-19 Hotspots (Wuhan, Hubei Provinz) festgestellt. Hinzu kommen Kontakte mit diesen Personen im Flugverkehr. Ob Busreisen von Bedeutung sind, wurde nicht explizit dargestellt. | 20.01. – 11.02.2020 |  | Diese Studie zielt darauf ab, Patienten mit COVID-19 im Hinblick auf klinische Merkmale zu beschreiben. Reisen und Transport mit öffentlichen Verkehrsmitteln werden zwar erwähnt, aber die möglichen Effekte auf das Infektionsgeschehen werden nicht dargestellt. | Verallgemeinerungen im Hinblick auf Reisen mit Bahn oder Bus sind nicht möglich. |
| **5** | Luo L et al 2020 (Luo et al., 2020) | Prospekti-ve Kohorten-studie | 3410 Personen, die durch 391 COVID-19 Patienten „exponiert“ sind, werden prospektiv im Hinblick auf das Auftreten von COVID-19 Infektionen beobachtet | Das mit großem Abstand häufigste Übertragungsum-feld ist der häusliche Bereich mit Kontakten zu einer infizierten Person. Das Risiko des Übertragungs-umfeldes „öffentlicher Verkehr“ ist etwa 2 Größenordnungen niedriger. | 13.01. – 06.03. 2020 | Die Kontakte mit infizierten Patienten aus dem Haushalt stellen das größte Risiko dar. Die Schwere der Erkrankung der Index Fälle erhöht zusätzlich das Erkrankungsrisiko. | Diese Studie hat viele Stärken: großer Stichprobenumfang, ausführliche Beschreibung der Daten, statistische Modellierung incl. Adjustierung für Ko-faktoren. Leider wird nicht zwischen Bahn, Bus und Flug differenziert. | Das Hauptergebnis ist trotz aller Unterschiede auf Deutschland übertragbar. |
| **6** | Clipman SJ et al (Clipman et al., 2020) | Quer-schnit-studie | 1030 Erwachsene einer laufenden Panel Studie in Maryland, USA, 5,3% COVID-19 (Selbstangabe), multivariable Modellierung von Einflussfaktoren für das Auftreten von COVID-19 | Die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs ist nach Adjustierung für mehrere Begleitfaktoren wie zum Beispiel auch „social distancing“ und das Tragen von MNS als einer der wenigen Faktoren mit einem statistisch signifikant erhöhten Risiko für COVID-19 assoziiert. | 17.06 – 18.06.2020 | Die Ergebnisse stützen die Forderung nach Einschrän-kung der Nutzung von öffentlichen Verkehrs-mitteln zusätzlich zu den AHA Maßnah-men. | Diese Studie hat verschiedene Stärken: Erhebung verschiedener Begleitfaktoren, die Einbeziehung einer Kontrollgruppe (keine Nutzung des öffentlichen Personenverkehrs) und multivariable Modellierung; Als Schwächen sind die Falldefinition nach den subjektiven Angaben zu nennen; zusätzlich die fehlende Information, welche Transportmittel im Einzelnen benutzt wurden. Trotz der insgesamt relativ hohen Fallzahl von über 1000 einbezogenen Personen reduzieren sich die Anzahlen wegen der geringen Anzahl von COVID-19 Fällen (5,3%) und der Tatsache, dass nur 18% öffentliche Verkehrsmittel nutzen. | Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse ist mit Vorsicht möglich. |
| **7** | RKI: Epidemiolo-gisches Bulletin38 (2020) (Buda et al., 2020) | Routine Fallsamm-lung zu Covid-19 Ausbrü-chen | Mit Stand vom 11.08.2020 werden alle Ausbrüche von COVID-19 (mit mindestens zwei laborbestätigten Fällen) untergliedert nach dem Infektionsumfeld dargestellt. Den fast 8000 Ausbrüchen wurden über 55.000 Erkrankungsfälle zugeordnet. | Reisen mit Bahn und Bus wurden dabei nur 0 bzw. 13 Ausbrüche mit 0 bzw. 66 Fällen zugeordnet. Wohnstätten und dabei insbesondere der private Haushalt und Alten- und Pflegeheime spielen sowohl für die Ausbrüche (3.902 bzw. 709) wie auch das Fallaufkommen (12.315 bzw. 13.314) die entscheidende Rolle. | Alle COVID-19 Fälle bis 11.08. 2020 |  | Es ist eine Vollerfassung aller durch das RKI registrierten Ausbrüche von COVID-19. Die Autoren merken an, dass sich Ausbrüche in der Bahn u.U. schwer ermitteln lassen, weil die Identität eines Kontaktes nicht immer nachvollziehbar ist.  Bei einer belastbaren Bewertung der möglichen Infektionsumfelder wären zusätzliche Angaben einer vergleichbaren Gruppe von Nicht-Infizierten nötig, die als „Kontrollgruppe“ dienen könnten. Diese Informationen fehlen allerdings. | Es handelt sich um eine Fallerhebung in Deutschland. |

# Tabelle 2: Covid-19 und Fernreisen mit der Bahn

|  | Studien information |  |  |  |  |  | Bewertung |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Autor, Jahr** | **Design** | **Studien-charakteristika (PECO)** | **Ergebnisse** | **Zeit der Datensammlung** | **Schluss-folgerung** | **Stärken und Schwächen** | **Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit auf Deutschland** |
| **1** | Zhao S et al 2020 (Zhao et al., 2020) | Korrelationsanalyse, Zeitreihenanalyse | Die tagesspezifischen Anzahlen von Reisen mit Bahn, KfZ und Flugzeug von Wuhan nach 6 größeren Städte in China von Mitte Dezember bis Mitte Januar wurden korreliert mit der tagesspezifischen Anzahl von COVID-19 Fällen in den 6 Städten. | Statistisch signifikante Assoziationen wurde nur für die Reisen mit der Bahn gefunden | 16.12. bis 15. 01., aller-dings wurden nicht die Reisen zum Jahres-wechsel 2019/ 2020 herange-zogen, weil diese Daten noch nicht verfüg-bar waren, sondern die Reiseak-tivitäten in 2016-19! | Die Autoren schlussfolgern, dass präventive Maßnahmen sich vor allem auf die Bahnreisen konzentrieren sollten. | Diese Studie hat mehrere Schwächen: Es wurden keine Daten zu Reiseaktivitäten für den relevanten Epidemiezeitraum verwendet; von den sechs als Reiseziele involvierten Städten gab es bis zum 15. Januar nur in drei Städten überhaupt COVID-19 Fälle (5, 2 und acht Fälle in Beijing, Shanghai und Shenzhen) und die Anzahl ist klein; der Vergleich zwischen den drei Reisemitteln ist kaum belastbar, weil die Power des Tests für die Reisen mit der Bahn einfach grösser ist als für KfZ und Flug | Wegen verschiedener Schwächen der Studie sind die Ergebnisse nicht auf Deutschland zu übertragen. |
| **2** | Hu M et al 2020 (Hu et al., 2020) | Retrospek-tive Schätzung der Exposition durch Distanz zu infizierten Mitreisen-den | 2334 COVID-19 Fälle, die in der Zeit zwischen 19. Dezember 2019 und 06. März 2020 in einem G-Zug innerhalb von 14 Tage vor der Diagnose in China gereist sind und 72093 Mitreisende. Mitreisende und speziell jene, die in einem maximalen Abstand von 3 Reihen von einem Fall reisten (n=234), wurde als nahe Kontaktpersonen definiert. | Das Ansteckungsrisiko bei Reisen im Zug in unmittelbarer Nähe zu einem infizierten Fall ist sehr hoch (RR >10) und nimmt mit abnehmendem Abstand und der der Reisedauer zu. | 19.12. 2019 bis 06. 03. 2020 | Die Autoren schlussfol-gern, dass ein größerer Abstand der Sitze in den Zügen und weniger Passagiere helfen könnten, das Infektionsrisiko bei Bahnreisen zu senken. | Insgesamt eine sehr sorgfältig durchgeführte Studie, die kaum nennenswerte Schwächen aufweist. | Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Deutschland bzw. die Deutsche Bundesbahn muss die unterschiedliche Infrastruktur in den Hochgeschwindigkeitszügen Chinas mit unseren vergleichbaren Zügen berücksichtigen. Das bezieht sich auf möglichweise unterschiedliche Abstände zwischen den Sitzen, unterschiedliche Belüftungssysteme und vermutlich Unterschiede in den durchschnittlichen Reisedauern in Deutschland und China. |
| **3** | Zhang Y et al 2020 (Zhang et al., 2020) | Korrelati-onsstudie, Gravity model | 360 COVID-19 Fälle aus verschiedenen Städten werden im Hinblick auf möglichen Reisen aus Wuhan und in Abhängigkeit vom Transportmedium untersucht. | Die Häufigkeit der Nutzung von Hochgeschwindig-keitszügen und der Flugverkehr waren statistisch signifikante Prädiktoren für das Auftreten von COVID-19 in den untersuchten Städten. Je weiter die Städte von Wuhan entfernt waren, desto geringer war das Fallaufkommen von COVID-19. | Alle COVID-19 Fälle bis zum 15. 02. 2020 |  | Diese Studie zeigt erneut den Einfluss der Mobilität mit Bahn und Flug auf die Verbreitung von COVID-19. Eine erhöhte Ansteckungsgefahr bei Reisen mit der Bahn oder in Flugzeugen war weder Gegenstand der Untersuchung noch kann aus den vorliegenden Ergebnisse irgendetwas zu dem Infektionsrisiko abgeleitet werden. | Es ist plausibel anzunehmen, dass sich auch in Deutschland COVID-19 durch Reisen mit Bahn und Flug verbreitet. Allerdings lässt sich auch hier nichts zu einem erhöhten Erkrankungsrisiko während solcher Reisen ableiten. |
| **4** | Gravert et al 2020 (Gravert et al., 2020) | Quer-schnit-studie | Die Deutsche Bahn (DB) vergleicht das Auftreten von COVID-19 bei den Mitarbeitern der DB (im Fernverkehr und im Board Service) von 373 bestätigten COVID-19 Fällen mit der relativen Krankheitshäufigkeit der deutschen Allgemeinbevölke-rung im Alter von 20-66 Jahren. | Die relative Erkrankungshäufig-keit ist bei Mitarbeitern der DB im Vergleich zur deutschen Allgemeinbevölke-rung gleichen Alters nicht erhöht. Bei den 30 bestätigten COVID-19 Fällen im DB Fernverkehr trat das Arbeitsumfeld als möglicher Infektionsort nicht häufiger als andere Ansteckungsorte auf. Eine Kontaktnachverfol-gung von 2 COVID-19 Patienten am ICE Standort München führte zur Quarantäne weiterer Kontaktpersonen und das Angebot an alle MitarbeiterInnen, sich auf COVID-19 testen zu lassen. Alle 212 getesteten Personen waren negativ. | Stand: 02. 06. 2020; bzw. Mai 2020 | Die Autoren fassen die Publikation wie folgt zusammen: die Infektionsrate bei Passagieren und Beschäftigten der DB ist niedrig. Die künstliche Belüftung und der vertikale Luftaus-tausch hat positive Effekte für das Infektions-risiko von COVID-19 bei Reisen mit der DB für Passagiere und Beschäftig-te. | Diese Studie hat mehrere methodische Limitierungen, die im Text ausführlich dargestellt werden. Der Schlussfolgerung der Autoren, dass sich kein höheres Risiko bei Passagieren nachweisen lässt, können sich die Reviewer (JH,TZ) nicht anschließen. |  |
| **5** | Möhner und Wolik, 2020 (Möhner and Wolik, 2020) | Auswer-tung von Routine- daten der Barmer Versicher-ung | 4,1 Millionen Versicherte, Alter 15-65 Jahre, erwerbstätig und stammversichert, 15 167 COVID-19-Fälle, davon 2 890 stationär aufgenommen, Auswertung nach Alter, Geschlecht und Branchen der Versicherten | Beschäftigte im Personennahver-kehr und Bahn-Fernverkehr: standardisiertes Inzidenzratio für COVID-19 von 1,33 (95% Konfidenzintervall (KI) 0,97;1,78) für die AU bzw. Klinikeinweisung und 1,09 (95% 0,50;2,06). Deutlich höhere Risiken zeigten sich bei Beschäftigten mit Patientenkontakt in Kliniken und Praxen (2,38 (95% 2,28;2,48) und bei Beschäftigten in der Betreuung und Pflege älterer Menschen (2,49 (95% 2,29;2,69). | 01.01. 2020 bis 31.05. 2020 | Geringe, nicht signifikant erhöhte Risiken für COVID-19 bei Beschäftig-ten im ÖPNV und Bahn-Fernver-kehr | Stärken: methodisch fehlerfrei, großes n, Kompletterfassung  Schwächen: Covid-19 Diagnose für Arbeitsunfähigkeit basiert auf telefonischer Anamnese, was zweifellos sehr ungenau ist; Die Fallzahlen an COVID-19 sind klein; Datenerhebung zur Zeit eines relativ niedrigen Infektionsgeschehens in Deutschland | Unklar ist, ob die Versicherten bei der BARMER die deutsche Allgemeinbevölkerung gleichen Alters repräsentieren, |

# Tabelle 3: Covid-19 und Fernreisen mit dem Bus

|  | Studien information |  |  |  |  |  | Bewertung |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Autor, Jahr** | **Design** | **Studien-charakteristika (PECO)** | **Ergebnisse** | **Zeit der Datensammlung** | **Schluss-folgerung** | **Stärken und Schwächen** | **Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit auf Deutschland** |
| **1** | Shen et al 2020 (Shen et al., 2020) | Kohorten-studie mit einer Kontroll-gruppe (Quasi- experimentelles Design) | Das COVID-10 Infektionsgeschehen nach der Reise in 2 Fernbussen wird analysiert. In Bus 2 reisen 68 Passagiere einschließlich eines infizierten Mannes (Indexpatient), während im Bus 1 60 Reisende ohne Infizierte sind. Beide Busse starten von dem gleichen Bezirk in Ningbo und haben einen buddhistischen Tempel als das gleiche Ziel. Der Reisedauer beträgt jeweils 50 Minuten. Die religiöse Zeremonie dauert 150 Minuten und schließt ein leichtes Essen ein. | Nach der Rückreise erkrankte die Indexperson am gleichen Abend. PCR Testungen ergeben COVID-19 Infektionen bei ihm und 35,3% der Mitreisenden in Bus 2, während kein Reisender in Bus 1 erkrankte. Die Mitreisenden in unmittelbarer Nähe des Indexpatienten hatten kein deutlich höheres Infektionsrisiko als der Rest der Passagiere im Bus 2. | 19. 01. 2020; vor dem Lock-down in China; keiner trug MNS während der Reise im Bus. | Sars-CoV2 verbreitet sich luftgetra-gen in einem Bus und kann Reisende infizieren. Eine Klimaanlage mit Umluft trägt maßgeblich zur Verbreitung des Virus bei, während Frischluft das Risiko reduziert. | Das ist eine elegante Studie, die man vom Design her kaum besser hätte planen können. Eine Infektion der Reisenden im Bus 2 an einem anderen Ort oder während des Essens konnte als unwahrscheinlich begründet werden. | Die Reisenden trugen keinen MNS, was den aktuellen Empfehlungen widerspricht. Die Vergleichbarkeit der Klimaanlagen in diesem Bus und in vergleichbaren Reisebussen in Deutschland kann von den Autoren nicht eingeschätzt werden. Der Abstand zwischen den Passagieren ist in dem chinesischen Reisebus mit 3 Plätzen nebeneinander deutlich niedriger als in einem deutschen Reisebus. |
| **2** | Yasri und Wiwanitkit 2020 (Yasri and Wiwanitkit, 2020) | Fallbeob-achtung zu COVID-19 Ausbrüch-en in Touristen-bussen in Thailand | Ausgehend von allen 43 COVID-19 Fällen, die bis zum 3.3.2020 bekannt waren, wurde die Assoziation mit Touristenbusreisen dargestell.t | Von den insgesamt 43 COVID-19 Fällen, waren 4 (9.3%) „exponiert“ in Touristenbussen. Diese 4 Fälle stellten 23,53% aller 17 COVID-19 Fälle in Thailand dar, wenn man die Erkrankungen von Ausländern abzieht. Von den 4 Patienten waren 3 Busfahrer, die Busse mit ausländischen Touristen eine längere Zeit chauffierten. Die 4. Person war eine Frau mit engem Kontakt zu einem der Busfahrer. Keiner der Busfahrer hatte andere Kontakte zu infizierten Personen. | Bis 03. 03.z 2020 | Durch Fernreisen mit Touristen-bussen kann das Virus weiter verbreitet werden und Busfahrer können sich durch (ausländi-sche) Touristen mit dem Virus infizieren. | Bei dieser Publikation handelt es sich um einen Fallreport mit allen methodischen Schwächen und der Gefahr der Überinterpretation. | Die Zahlen sind zu klein für eine Verallgemeinerung. Eine Übertragung der Ergebnisse ist Anbetracht der hohen Infektionsrate in Deutschland im Vergleich mit Thailand zu Beginn der Epidemie fragwürdig. Wegen der Beschränkung touristischer Reisen in Fernbussen ist dieser Verbreitungsweg in Deutschland derzeit nicht wahrscheinlich. |

# Tabelle 4: Covid-19 und öffentlicher Personennahverkehr (Bus)

|  | Studien information |  |  |  |  |  | Bewertung |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nr.** | **Autor, Jahr** | **Design** | **Studien-charakteristika (PECO)** | **Ergebnisse** | **Zeit der Datensammlung** | **Schluss-folgerung** | **Stärken und Schwächen** | **Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit auf Deutschland** |
| **1** | Di Carlo et al 2020  (Di Carlo et al., 2020) | Bestim-mung des SARS-CoV-2 Virus in Luft- und Oberfläch-enproben, die während einer 2-wöchigen Messkam-pagne in einem Stadtbus in Chieti gesammelt wurden. | Am 28.03.2020 waren in Chieti etwa 0,213% der Gesamtbevölkerung mit dem Coronavirus infiziert. Die Bus- Route ist 20 km lang und hat 50 Haltestellen. An den Werktagen wurden an 5 häufig berührten Stellen im Bus Wischproben genommen und mittels RT-PCR auf SARS-CoV-2 analysiert. Zusätzlich wurden Luftproben (24 l/min) während 6,5 Stunden täglich im Bus auf Gelatinemedium gesammelt. Eine Luftsammelprobe, während der Bus über Nacht außer Betrieb war, diente als Kontrollgruppe. Insgesamt haben 1100 Passagiere den Bus während der Messkampagne genutzt. Die Messkampagne schloss die Zeit des strikten Lockdowns (bis 18.05.2020) und die graduelle Lockerung ab dem 18.05.2020 ein. | Das SARS-CoV-2 Virus wurde in keiner einzigen Probe, weder Luft- noch Oberflächenprobe, detektiert. | 12.05. bis 22.05. 2020 | Die Autoren schlussfol-gern, dass die Maßnah-men zur Eindäm-mung der Virusaus-breitung im öffentlichen Nahverkehr wirksam waren. Die Autoren gehen von etwa 30% asymptom-atischen Passagieren aus und schlussfol-gern, dass etwa 37 Infizierte pro Tag die beprobten Oberflächen berührt haben und kontaminiertes Aerosol ausgeatmet haben. Diese Annahmen sind aus Sicht dieses Gutachters deutlich zu hoch. Ausgehend von der Infektionsrate in Chieti von 0,213 % und unter der Annahme, dass die Infizierten bzw. eine gewisse Dunkelziffer von Infizierten auch diese Buslinie benutzt haben, sollte eigentlich das Virus in zumindest wenigen der Proben nachweisbar gewesen sein. Insofern spricht das Ergebnis schon für die Effektivität (und den hohen Bewußt-heitsgrad?) der Schutz-maßnah-men. | Markante Schwächen dieser Studie wurde nicht ermittelt. | Die Ergebnisse sind nur auf dem Hintergrund der präventiven Maßnahmen im öffentlichen Nahverkehr in der Zeit der ersten Welle der Pandemie in Italien sinnvoll zu interpretieren (Reduktion der Passiere um etwa 50%, Abstand zwischen den Passagieren im Bus von mindestens 1 m, Einschränkung der Sitzplatznutzung, um Abstände einzuhalten, Händedesinfektion der Reisenden und obligatorischer MNS). |

# Prisma

Risiko für COVID-19 Erkrankungen und SARS-CoV-2-Infektionen während Reisen mit der Bahn und dem Bus und allgemein bei Nutzung des öffentlichen Transports: ein systematisches Review epidemiologischer Studien

**Anhang A.** PRISMA checklist

| **Section/topic** | **#** | **Checklist item** | **Reported on page #** |
| --- | --- | --- | --- |
| **TITLE** | | |  |
| Title | 1 | Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both. |  |
| **ABSTRACT** | | |  |
| Structured summary | 2 | Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number. |  |
| **INTRODUCTION** | | |  |
| Rationale | 3 | Describe the rationale for the review in the context of what is already known. |  |
| Objectives | 4 | Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS). |  |
| **METHODS** | | |  |
| Protocol and registration | 5 | Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number. |  |
| Eligibility criteria | 6 | Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale. |  |
| Information sources | 7 | Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched. |  |
| Search | 8 | Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated. |  |
| Study selection | 9 | State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis). |  |
| Data collection process | 10 | Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators. |  |
| Data items | 11 | List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made. |  |
| Risk of bias in individual studies | 12 | Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis. |  |
| Summary measures | 13 | State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means). |  |
| Synthesis of results | 14 | Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I2) for each meta-analysis. |  |
| Risk of bias across studies | 15 | Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies). |  |
| Additional analyses | 16 | Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified. |  |
| **RESULTS** | | |  |
| Study selection | 17 | Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram. |  |
| Study characteristics | 18 | For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations. |  |
| Risk of bias within studies | 19 | Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12). |  |
| Results of individual studies | 20 | For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot. |  |
| Synthesis of results | 21 | Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency. |  |
| Risk of bias across studies | 22 | Present results of any assessment of risk of bias across studies (see Item 15). |  |
| Additional analysis | 23 | Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]). |  |
| **DISCUSSION** | | |  |
| Summary of evidence | 24 | Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers). |  |
| Limitations | 25 | Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias). |  |
| Conclusions | 26 | Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research. |  |
|  | | | |
| Funding | 27 | Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review. |  |

*From:*  Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(6): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit: **www.prisma-statement.org**.

Risiko für COVID-19 Erkrankungen und SARS-CoV-2-Infektionen während Reisen mit der Bahn und dem Bus und allgemein bei Nutzung des öffentlichen Transports: ein systematisches Review epidemiologischer Studien

**Anhang B.** Suchstrategie

Pubmed

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| #1 | |  | | --- | | (2019[Date - Entry] : 2021[Date - Entry]) AND (Coronavirus[tiab] OR SARS-CoV-2[tiab] OR COVID-19[tiab]) AND (passenger\* [tiab] OR transportation [tiab] OR bus[tiab] OR buses[tiab] OR coach[tiab] OR coaches[tiab] OR rail\*[tiab] OR subway\*[tiab] OR Transportation Facilities[mesh]) AND (english[Language] OR german[Language]) | |

Web of Science

|  |  |
| --- | --- |
| #1 | (TI=(“Coronavirus” OR “SARS-CoV-2” OR “COVID-19”) OR TS=(“Coronavirus” OR “SARS-CoV-2” OR “COVID-19”)) AND (TI=(“passenger\*” OR “transportation” OR “bus” OR “buses” OR “coach” OR “coaches” OR “rail\*” OR “subway\*”) OR TS=(“passenger\*” OR “transportation” OR “bus” OR “buses” OR “coach” OR “coaches” OR “rail\*” OR “subway\*”)) |
| #2 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Article)* |
| #3 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (German) AND DOCUMENT TYPES: (Article)* |
| #4 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Letter)* |
| #5 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (German) AND DOCUMENT TYPES: (Letter)* |
| #6 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (English) AND DOCUMENT TYPES: (Review)* |
| #7 | #1 ***AND*** *Timespan=2019-2020, LANGUAGE: (German) AND DOCUMENT TYPES: (Review)* |
| #7 | #2 ***OR*** #3 ***OR*** #4 ***OR*** #5 ***OR*** #6 ***OR*** #7 |