

Longitudinaluntersuchung über Corona-Infektionen und Corona-Immunitäten bei unterschiedlichen Mitarbeitergruppen der Deutschen Bahn Fernverkehr AG

Abschlussbericht nach der 3. Testreihe

1. Zusammenfassung

Studie: Ziel dieser prospektiven epidemiologischen Studie ist der Vergleich von drei Mitarbeitergruppen der DB Fernverkehr AG (Zugbegleiter, Triebfahrzeugführer und Werkehandwerker) im Hinblick auf Prävalenz und Inzidenz von SARS-CoV-2-Infektionen sowie die Ermittlung einer allgemeinen Infektionsrate bei den Mitarbeitergruppen. Zur Durchführung der Studie wurden die Standorte Berlin, München, Hamburg und Frankfurt gewählt. Die Mitarbeitergruppen wurden nach Kontaktverhalten zu Passagieren und anderen Mitarbeitern der DB Fernverkehr AG ausgewählt (Zugbegleiter mit häufigem Kontakt, Triebfahrzeugführer mit wenig Kontakt und Werkehandwerker mit überwiegend gleichbleibendem Kontakt zu Kollegen). Im Rahmen der ersten Testreihe wurden zwischen dem 29. Juni und 3. Juli 2020 1073 Mitarbeitende und im Rahmen der zweiten Testreihe zwischen dem 26. und 30. Oktober 2020 1082 Mitarbeitende auf akute (mittels Nasen-/Rachenabstrich, PCR-Test) und überstandene SARS-CoV-2-Infektionen (Bluttest auf IgG-Antikörper) untersucht. Gegenstand dieses Studienberichts ist die dritte und abschließende Testreihe, die zwischen dem 24. Februar und 02. März 2021 erfolgte. Dieser Studienbericht stellt gleichzeitig die abschließende Bewertung der gesamten Studie dar. An der dritten Testreihe nahmen insgesamt 1037 Mitarbeitende teil, davon 692 Mitarbeitende, die schon ab der ersten Testreihe teilgenommen haben, 195 Mitarbeitende, die ab der zweiten Testreihe in die Studie eingeschlossen wurden und 150 neu rekrutierte Mitarbeitende, die als Nachrücker erst in der dritten Testreihe hinzugekommen sind. Epidemiologische Rahmendaten wurden per Fragebogen erhoben.

Ergebnisse: Die Teilnehmer der Mitarbeitergruppen konnten analog der ersten und zweiten Testreihe grob im Verhältnis 3:1:1 (Zugbegleiter:Triebfahrzeugführer:Werkehandwerker) rekrutiert werden.

3 Mitarbeitende (0,3%) wurden in dieser dritten Testreihe PCR positiv getestet, 2 Zugbegleiter (0,3%) und 1 Werkehandwerker (0,5%). Alle 3 positiv getesteten Mitarbeitenden waren zum Zeitpunkt der Testreihe asymptomatisch. Darunter gehörten 2 Mitarbeitende gleichzeitig zu den 66 Personen, bei denen ein positives IgG-Testergebnis als Zeichen einer überstandenen SARS-CoV-2-Infektion vorlag. Seropositiv getestet wurden 39 (6,8%) Zugbegleiter, 9 (3,9%) Triebfahrzeugführer, 18 (8,5%) Werkehandwerker und damit insgesamt 6,5% der in der dritten Testreihe getesteten Mitarbeitenden. Die Infektionsrate, also die kumulativen Einzelinfektionen über alle drei Testreihen, von insgesamt 8,5% in der dritten Testreihe, verteilte sich auf 8,5% Zugbegleitpersonal, 5,5% Triebfahrzeugführer und 11,8% Werkehandwerker. Die Inzidenz, also

die Neuinfektionsrate der Wiederkehrer aus der zweiten Testreihe, von insgesamt 5,0% verteilte sich auf 5,2% Zugbegleitpersonal, 1,6% Triebfahrzeugführer und 8,8% Werkehandwerker.

Es konnte kein erhöhtes Risiko der Zugbegleiter gegenüber den anderen Berufsgruppen hinsichtlich der akuten Infektion, der Seroprävalenz, der Infektionsrate und der Inzidenz beobachtet werden. Jedoch auffällig sind die Unterschiede zwischen den Berufsgruppen der Werkehandwerker und der Triebfahrzeugführer hinsichtlich dieser epidemiologischen Kenngrößen.

Im Gegensatz zu den vorherigen Testreihen, bei denen keine standortabhängigen Unterschiede in der Infektionsrate festzustellen waren, wurde in der dritten Testreihe eine im Vergleich zu anderen Standorten auffällig niedrigere Seroprävalenz (2,4%) und Inzidenz (2,3%) in Hamburg beobachtet. Hingegen konnte in Frankfurt eine auffällig hohe Seroprävalenz von 19,0% und eine Inzidenz von 21,1% unter den Werkehandwerkern beobachtet werden. Mit Ausnahme der Tatsache, dass Werkehandwerker gemäß der unterschiedlichen Mitarbeiterstruktur in Hamburg mit 42,2% höher und in Frankfurt mit 11,0% geringer vertreten waren, konnte kein merklicher Unterschied zu anderen Standorten im Hinblick auf epidemiologische und demografische Faktoren festgestellt werden, was die niedrigere Seroprävalenz und Inzidenz in Hamburg hinreichend erklären könnte. Dieser interessante Aspekt könnte Gegenstand zukünftiger Untersuchung werden. Hingegen ist es durchaus möglich, dass die beobachtete hohe Seroprävalenz und Inzidenz bei den Werkehandwerkern in Frankfurt durch eine niedrige Fallzahl statistisch zufällig zustande gekommen ist.

Das Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung während der Arbeit wurde vom Zugbegleitpersonal zu annähernd 100% bejaht, was den Vorschriften gerecht wird. Auch bei den Werkehandwerkern nahm das Tragen einer Mund-Nasen-Bedeckung um ca. 40 Prozentpunkte merklich zu (von ca. 55% auf ca. 94%).

Anders als in den beiden vorangegangenen Testreihen war die Infektionsrate bei den Mitarbeitenden mit Kindern (ca. 13,0%) höher als bei denen ohne Kinder (ca. 7,0%). Ebenfalls zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der zusammenlebenden Personen in einem Haushalt und der Infektionsrate.

Schlussfolgerung: Die erhobenen Daten aus den drei Testreihen deuten nicht darauf hin, dass die Zugbegleiter einem höheren SARS-CoV-2 Infektionsrisiko ausgesetzt sind als die anderen Berufsgruppen. Das lässt darauf schließen, dass die Hygienemaßnahmen zum Schutz der Personengruppen mit häufigem Kundenkontakt bisher ausreichend und wirksam waren. Diese Schlussfolgerung wird durch die Vergleichbarkeit des Infektionsgeschehens bei der DB Fernverkehr AG mit der bundesweiten Infektionsdynamik bekräftigt. Über alle 3 Testreihen hinweg gibt es einen deutlichen Trend, dass die Berufsgruppe der Werkehandwerker am stärksten von Infektionen betroffen ist.

2. Hintergrund

SARS-CoV-2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) ist ein neuartiges Coronavirus, das die Atemwegserkrankung COVID-19 (Coronavirus Disease 2019) auslöst. Erstmals trat es im Dezember 2019 in der Metropole Wuhan, China auf und führte binnen kurzer Zeit zu einer Pandemie. Auch das Alltagsleben in Deutschland ist seit dem Frühjahr 2020 von SARS-CoV-2 betroffen.

Der klinische Verlauf von COVID-19 ist unspezifisch und reicht von asymptomatisch über milde Symptome (z.B. trockener Husten, Fieber) bis hin zu schweren Pneumonien mit Lungenversagen und Tod. Eine wirksame, *spezifische* Therapie zur Behandlung von COVID-19 steht derzeit nicht zur Verfügung, weltweit wird fieberhaft an Impfstoffen geforscht und die ersten Impfstoffe sind in Europa zugelassen und werden eingesetzt. Laut veröffentlichten Zahlen von Robert Koch-institut liegen aktuell bundesweit die einmalige Impfquote bei 29,5% und die vollständige Impfquote bei 8,3% (Stand 05.05.2021).

Immer noch ist die Zahl der tatsächlich infizierten Personen schwer zu bestimmen, da viele Fälle asymptomatisch oder mild verlaufen; derartig Betroffene lassen sich nicht testen und werden deshalb nicht erfasst („Dunkelziffer“), tragen aber dennoch zur weiteren Verbreitung des Virus bei. Weiterhin ist noch nicht klar, ob und wie regelhaft, robust und dauerhaft die Immunität bei Menschen ist, die eine Infektion mit SARS-CoV-2 durchgemacht haben¹. Dies ist Gegenstand zahlreicher Studien, in denen die Seroprävalenz, also das Vorliegen von Antikörpern gegen SARS-COV-2 gemessen wird^{2,3}. Es deutet sich an, dass auch der zellulären Immunantwort eine große Rolle hinsichtlich Suszeptibilität und Immunität zukommt⁴.

Durch die mittlerweile verfügbaren Testverfahren zur Detektion von Antikörpern kann die Immunität über einen längeren Zeitraum verfolgt werden^{2,3,5}. Die enormen gesundheitlichen, sozialen und ökonomischen Folgen von COVID-19 für die Gesellschaft auf lokaler und globaler Ebene erfordern evidenzbasierte Daten, auf deren Grundlage politische Entscheidungen getroffen werden können. Einen Teilaspekt davon betrifft auch die Frage, wie viele Menschen insgesamt und aufgeteilt nach fragestellungsbedingten Subgruppen schon Kontakt mit dem Virus hatten. Hierzu wurden viele epidemiologische Kohortenstudien initiiert^{3,5}. Gängige Fragestellung ist, den Anteil der Menschen zu quantifizieren, die

- momentan akut (symptomatisch oder asymptomatisch) mit SARS-CoV-2 infiziert sind (Nachweis mittels RT-PCR), und
- eine SARS-CoV-2-Infektion bereits (eventuell auch unbemerkt) durchlaufen haben (Nachweis mittels Antikörpertest).

Die Daten solcher epidemiologischer Studien (an unterschiedlichen Standorten und Bevölkerungsgruppen) tragen dazu bei, Risikofaktoren und Wege der Übertragung zu identifizieren, zudem erlauben sie Rückschlüsse auf den Verlauf der Infektion in bestimmten Bevölkerungsgruppen und Beurteilung von Schutzmaßnahmen beispielsweise in Gesundheitseinrichtungen, Kindertagesstätten, Schulen und Betrieben.

Nach vorläufigem Höhepunkt am 27. März 2020 mit 5.780 Meldungen⁶ sank die Neuerkrankungsrate aufgrund von Einschränkungen des öffentlichen Lebens („Lockdown“) kontinuierlich ab. Der folgende starke Rückgang der Inzidenz führte zu einer stufenweisen Lockerung der Maßnahmen. Nach einem relativ ruhigen Sommer mit nur einigen größeren Cluster-Ausbrüchen kam es im Spätsommer zu einem erneuten, diesmal flächendeckend starken

Anstieg der Neuinfektionsrate. Am 2. November musste infolge einer Neuinfektionsrate von stetig über 10.000 Fällen pro Tag das öffentliche Leben erneut eingeschränkt werden. Nach einem kurzfristigen Rückgang der 7-Tage-Inzidenz unter 100 seit Ende Januar 2021 stieg dieser ab Mitte/Ende März stetig an. Aufgrund hochinfektiöser Virusvarianten hat die Infektionsdynamik gegenwärtig trotz starker Einschränkung des öffentlichen Lebens wieder stark zugenommen.

3. Ziel

Die Deutsche Bahn (DB) Fernverkehr AG wollte empirisch die Gefährdungslage von Mitarbeitenden durch COVID-19 einschätzen. Deshalb hatte sie eine Studie konzipiert, die Transparenz über Corona-Infektionen und Corona-Immunitäten im Betrieb der DB Fernverkehr AG schaffen soll. Dieser Erkenntnisgewinn sollte dazu beitragen, die öffentliche Debatte zu versachlichen und dadurch den Betrieb des DB Fernverkehrs zu unterstützen.

In der Studie wurde eine repräsentative Mitarbeiterzahl dreier Berufsgruppen über einen längeren Zeitraum hinsichtlich **akuter** und **überstandener** SARS-CoV-2-Infektionen beobachtet. Ausgewählt wurde

- Zugbegleitpersonal als Teilnehmer mit häufigem berufsbedingtem Personenkontakt
- Triebfahrzeugführer mit wenig berufsbedingtem Personenkontakt
- Werkehandwerker mit eher gleichbleibendem Kontakt zu Kollegen.

In dieser multizentrischen, prospektiven, longitudinalen Kohortenstudie wurde die Prävalenz und Inzidenz von COVID-19 der drei Berufsgruppen an den vier Standorten Berlin, Frankfurt, Hamburg und München an insgesamt drei Zeitpunkten im Abstand von ca. 4 Monaten gemessen. Hierzu erfolgten bei jeder Visite bei jedem Teilnehmer ein Nasen-/Rachenabstrich zum Nachweis einer akuten Infektion mittels PCR und eine Blutentnahme zur Messung von Antikörper gegen SARS-CoV-2 zum Nachweis einer durchlaufenen Infektion. Epidemiologisch interessante Begleitumstände wurden mittels Fragebogen erfasst.

Insgesamt wurden pro Testreihe ca. 1100 Teilnehmer in die Studie eingeschlossen. Die asymmetrische Gruppengröße umfasste ca. 600 Zugbegleiter und bis zu je 250 Triebfahrzeugführer und Werkehandwerker. Es wurde eine repräsentative Zufallsstichprobe aus der jeweiligen Berufsgruppe gezogen. Die Mitarbeiterzahl wurde so kalkuliert, dass bei einer angenommenen Prävalenz akuter und überstandener SARS-CoV-2-Infektionen von 1% diese hinreichend genau geschätzt werden kann.

Es ist generell anzumerken, dass die Fallzahl der Studie nicht darauf ausgelegt wurde, um Gleichheit zwischen zwei Gruppen mit statistischer Signifikanz feststellen zu können.

4. Ablauf

An Organisation und Umsetzung der Studie waren folgende Institutionen beteiligt:

- Deutsche Bahn Fernverkehr AG: Auftraggeber, Konzeptsteller
- PIMA Health & Safety GmbH: operative Durchführung an den vier Standorten
- Charité Research Organisation GmbH: wissenschaftliche Begleitung und Auswertung

Die geplante Untersuchung hatte nach Beratung durch die Ethikkommission der Ärztekammer Berlin und erst nach deren positiver Beurteilung des Forschungsvorhabens begonnen. Für den einzelnen Teilnehmer war geplant, dass die Untersuchung maximal acht Monate dauert (gerechnet vom ersten bis zum letzten Besuch im Testzentrum). Es ergab sich folgendes Ablaufschema:

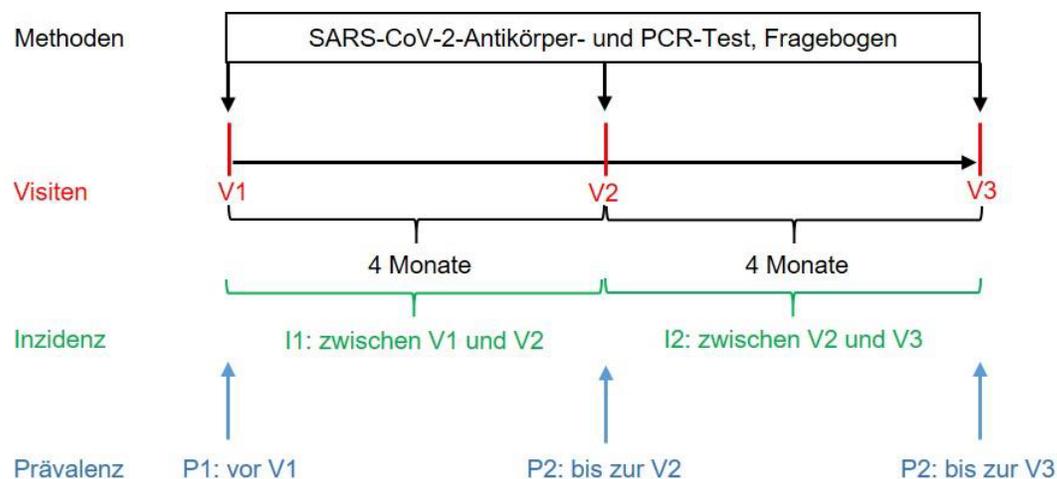


Abbildung 1: Visitenzeitplan

Abkürzungen: V1: Visite 1, V2: Visite 2, V3: Visite 3, I1: Inzidenz zwischen V1 und V2, I2: Inzidenz zwischen V2 und V3, P1: Prävalenz vor V1 und bis zur V2 und V3

Beim ersten Testtermin wurden die Teilnehmer über Ablauf und Risiken der Studienteilnahme aufgeklärt. Nach schriftlicher Einwilligung erfolgte

- ein Nasen-/Rachenabstrich nach standardisierten Vorgaben. Verwendet wurde der Test „*RIDA® GENE SARS-CoV-2*“ Test, der auf dem *Roche LightCycler® 480II* ausgewertet wird.
- eine venöse Blutentnahme zum Nachweis von SARS-CoV-2-spezifischer IgG-Antikörpern. Verwendet wurde der Test „*Anti-SARS-CoV-2-ELISA (IgG)*“ der Firma *EUROIMMUN*.
- Ausfüllen eines standardisierten Fragebogens, mit dem epidemiologische Rahmendaten abgefragt wurden.

Weitergabe der Tests und Fragebögen zur Auswertung erfolgten in pseudonymisierter Form. Durch die gewählte Trennung der operativen Studiendurchführung vom Auftraggeber wurde unter anderem gewährleistet, dass die DB Fernverkehr AG keine unmittelbaren Gesundheitsdaten ihrer

Mitarbeitenden erhielten. Die Teilnahme war für die Mitarbeitenden zu jedem Zeitpunkt freiwillig und mit nur minimalem Risiko verbunden.

Die Studie hat dazu beigetragen, die Bedeutung bereits etablierter Hygienemaßnahmen und Verhaltensregeln gegenüber den Mitarbeitenden zu verdeutlichen und gegebenenfalls zusätzliche individuelle Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Sie hat möglicherweise darüber hinaus die Identifikation asymptomatischer SARS-CoV-2-Infizierter ermöglicht, die demzufolge potenziell sich und ihr Umfeld schützen konnten. Außerdem konnten die Mitarbeitenden erfahren, ob sie möglicherweise bereits unbemerkt eine Infektion überstanden hatten. Da die Studie mehrere Testreihen über einen längeren Zeitraum umfasste, ergaben sich auch interessante Aspekte hinsichtlich der Dauer einer Antikörperantwort.

Die erste Testreihe fand vom 29.06. bis 03.07.2020 (Kalenderwoche, KW 27/2020), die zweite Testreihe vom 26. bis 30. Oktober 2020 (KW 44/2020) und die dritte Testreihe vom 24.02.2021 bis 02.03.2021 (KW 8/2021 und KW 9/2021) statt. Dies gewährleistete die Betrachtung unterschiedlicher Rahmenbedingungen hinsichtlich Jahreszeit, Pandemieverlauf und Auslastungszahlen der DB Fernverkehr AG, wenn auch neue Teilnehmer für die zweite und dritte Testreihe nachrekrutiert werden mussten. Unter den 1037 Mitarbeitenden aus der dritten Testreihe wurden 692 Mitarbeitende in der ersten Testreihe, 195 Mitarbeitende in der zweiten Testreihen und 150 Mitarbeitende in der dritten Testreihe erstmalig in die Studie eingeschlossen wurden.

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl der Teilnehmenden pro Testreihe und wie viele Personen jeweils nachrekrutiert bzw. aus der Studie ausgeschieden sind. Insgesamt haben von 1522 Personen 618 Personen an allen drei Testreihen teilgenommen.

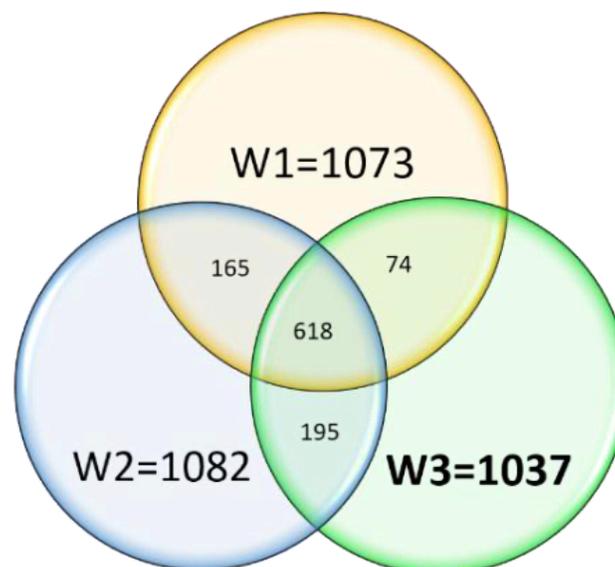


Abbildung 2: Anzahl Teilnehmender pro Untersuchungszeitraum

Abkürzungen: W1: Welle 1, W2: Welle 2, W3: Welle 3.

5. Testergebnisse und Datenanalyse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der dritten Testreihe hinsichtlich Prävalenz, Inzidenz und Infektionsrate dargestellt. Prävalenz ist hierbei das Vorhandensein eines Merkmals zu einem bestimmten Zeitpunkt (im vorliegenden Falle eine akut nachgewiesene Erkrankung per PCR-Nachweis oder ein positiver serologischer Status). Inzidenz bezeichnet die Veränderung eines Zustandes über einen bestimmten Zeitraum, hier also die Neuinfektion (Nachweis per PCR oder Serokonversion) eines in der vorangegangenen Testreihe negativ getesteten Teilnehmers. Die Infektionsrate zählt die Anzahl der während aller drei Untersuchungszeitpunkte in einem der drei Testverfahren positiv getesteten (PCR oder Antikörper) Mitarbeiter.

5.1. Gesamtzahl der Studienteilnehmer, erhobene und auswertbare Daten

Während des dritten Untersuchungszeitraumes sind insgesamt 1037 Mitarbeitende in den vier Testzentren erschienen (Tabelle 1). Von diesen hatten 618 Mitarbeitende auch schon an beiden vorherigen Testreihen, 74 nur an Testreihe 1 und 192 nur an Testreihe 2 teilgenommen. Zugbegleiter und Triebfahrzeugführer waren in der dritten Testreihe relativ homogen über die vier Standorte Berlin, Hamburg, Frankfurt und München verteilt. Werkehandwerker waren in Hamburg mit 42% höher vertreten und in Frankfurt mit 11% geringer vertreten, was jedoch repräsentativ für die Anzahl an Mitarbeitenden an diesen beiden Standorten ist (Tabelle 2). Auch die Anzahl der Mitarbeitenden pro Berufsgruppe bewegte sich in ähnlichem Rahmen wie während des ersten und zweiten Untersuchungszeitraums.

Tabelle 1: Anzahl der Mitarbeitenden pro Berufsgruppe

	Anzahl der Mitarbeitenden	Anteil der Gesamtanzahl
Zugbegleiter	589	57%
Triebfahrzeugführer	230	22%
Werkehandwerker	218	21%
Gesamtanzahl	1037	100%

Tabelle 2: Anzahl der Mitarbeitenden pro Berufsgruppe und Standort

	Anzahl der Mitarbeitenden			
	Berlin	Frankfurt	Hamburg	München
Zugbegleiter	157 (27%)	154 (26%)	151 (26%)	127 (22%)
Triebfahrzeugführer	62 (27%)	57 (25%)	56 (24%)	55 (24%)
Werkehandwerker	57 (26%)	24 (11%)	92 (42%)	45 (21%)
Gesamtzahl pro Standort	276	235	299	227
% Anteil von Gesamtanzahl	27%	23%	29%	22%

Bei 1035 Mitarbeitenden aller Berufsgruppen lagen auswertbare PCR-Testergebnisse vor (Tabelle 3). Insgesamt sind von 1014 Mitarbeitenden der drei zu vergleichenden Berufsgruppen

auswertbare Antikörpertestergebnisse in die Datenanalyse eingeflossen (Tabelle 4). Die große Anzahl der Studienteilnehmer und entsprechend erhobener Daten ermöglicht die Extrapolation der Ergebnisse auf die Gesamtzahl der verschiedenen Mitarbeitergruppen der DB Fernverkehr AG in Deutschland.

5.2. Darstellung der Testergebnisse

Tabellen 3 und 4 geben die Laborbefunde der dritten Testreihe wieder.

Tabelle 3: PCR-Testergebnisse (Prävalenz)

PCR-Testergebnisse	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitender pro Gruppe
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Negativ	586 (99,7%)	230 (100,0%)	216 (99,5%)	1032 (99,7%)
Positiv	2 (0,3%)	0 (0,0%)	1 (0,5%)	3 (0,3%)
Gesamt	588 (100,0%)	230 (100,0%)	217 (100,0%)	1035 (100,0%)

Die PCR-Testergebnisse zeigen die akuten SARS-CoV-2-Infektionsfälle mittels Nasen-/Rachenabstrichen und anschließender PCR-Testungen.

Tabelle 4: Antikörper-Testergebnisse (Seroprävalenz)

Antikörper-Testergebnisse	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Negativ	536 (93,2%)	219 (96,1%)	193 (91,5%)	948 (93,5%)
Positiv	39 (6,8%)	9 (3,9%)	18 (8,5%)	66 (6,5%)
Gesamt	575 (100,0%)	228 (100,0%)	211 (100,0%)	1014 (100,0%)

Die Antikörper-Testergebnisse zeigen die durchlaufenen SARS-CoV-2-Infektionsfälle mittels Blutabnahmen und anschließender Antikörperbestimmungen (IgG-Antikörper) gegen SARS-CoV-2.

5.3. Auswertung der primären Studienziele: Prävalenz, Seroprävalenz, Infektionsrate und Inzidenz

5.3.1. Berechnung der Prävalenz

Die Ermittlung der akuten SARS-CoV-2-Infektionen mittels Nasen-/Rachenabstrich und anschließender PCR-Testung ergab in der dritten Testreihe bei insgesamt 3 von 1035 Mitarbeitenden einen positiven Befund (Tabelle 3). Darunter waren 2 Zugbegleiter und 1 Werkehandwerker. Unter Berücksichtigung der Gesamtzahl der auswertbaren PCR-Testbefunde ergab sich somit eine Gesamtprävalenz von **0,3%**. Unterteilt in Berufsgruppen war die Prävalenz 0,3% bei den Zugbegleitern und 0,5% bei den Werkehandwerkern (Tabelle 3).

2 der 3 PCR-positiv getesteten Mitarbeitenden (beide Zugbegleiter) wussten von der Infektion, da sie mehrere Wochen vor der dritten Untersuchungswoche bereits PCR-positiv getestet wurden und die Quarantänezeit bereits durchlaufen hatten. Im Einklang mit der lang zurückliegenden Infektionszeit hatten diese beiden Mitarbeitenden erwartungsgemäß auch einen positiven Antikörperbefund. Der PCR-positiv getestete Werkehandwerker hingegen gab an, einige Tage vor der Testung leichte Erkältungssymptome gehabt zu haben, sich aber nicht habe testen lassen. Zum Zeitpunkt der Testung selbst war der Mitarbeitende asymptomatisch. Der Antikörperbefund dieses Mitarbeiters war negativ, vermutlich aufgrund der erst kürzlich erfolgten Infektion.

Im Vergleich mit der ersten Testreihe, bei der eine Prävalenz von 0,1% und der zweiten Testreihe, bei der eine Prävalenz von 0,5% ermittelt wurde, lag die Prävalenz akuter SARS-CoV-2 Infektionen in der dritten Testreihe mit 0,3% demnach zwischen denen der ersten und zweiten Testreihe.

Wenn auch aufgrund der niedrigen Fallzahlen sehr ungenau, so spiegelt die Prävalenz von Akutinfektionen bei der DB Fernverkehr AG das bundesweite Infektionsgeschehen wider. Das RKI gibt die Zahl der Neuinfektionen in KW 27/2020 (Zeitraum der ersten Testreihe) mit 2691, in KW 44/2020 (Zeitraum der zweiten Testreihe) mit 111096 und in KW8/9/2021 (Zeitraum der dritten Testreihe) mit 56480/58492 an.

5.3.2. Seroprävalenz

Im Vergleich zur Seroprävalenz von 1,9% (20 von 1064) der ersten Testreihe und von 2,4% (26 von 1076) der zweiten Testreihe lag diese nun bei **6,5%** (66 von 1014) in der dritten Testreihe (Tabelle 4), was jeweils einem Anstieg von 4,6 Prozentpunkten gegenüber der ersten Testreihe und 4,1 Prozentpunkten gegenüber der zweiten Testreihe entspricht. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Seroprävalenz im Verlauf der Studie wahrscheinlich auch deshalb ansteigt, weil seropositive Teilnehmer der vorangegangenen Testreihen auch in den nachfolgenden Testreihen noch weiterhin positiv sein können und damit in die Berechnung einfließen.

Aufgeteilt nach der Berufsgruppe wurden von den 66 seropositiv getesteten Mitarbeitenden 39 Zugbegleiter (6,8%), 9 Triebfahrzeugführer (3,9%) und 18 Werkehandwerker (8,5%) in der dritten Testreihe seropositiv getestet. Während in der zweiten Testreihe die Zugbegleiter und Werkehandwerker jeweils mit 2,6% etwa gleich häufig betroffen waren, gefolgt von Triebfahrzeugführern mit 1,7%, wiesen diesmal somit die Werkehandwerker die höchste Seroprävalenz auf, gefolgt von Zugbegleitern und Triebfahrzeugführern. Die beobachteten Unterschiede in der Seroprävalenz zwischen den Berufsgruppen sind statistisch nicht auffällig. Nichtsdestotrotz ist, auch unter Berücksichtigung der wesentlich höheren Anzahl an positiven Fällen in der dritten Testreihe und damit einhergehend der höheren statistischen Aussagekraft als in den ersten beiden Testreihen, ein merklicher Trend zu erkennen, dass die Werkehandwerker wesentlich häufiger von der SARS-CoV-2 betroffen sind als die anderen beiden Berufsgruppen.

Hierbei ist zusätzlich anzumerken, dass in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des ersten Studieneinschlusses der Mitarbeitenden merkbliche Unterschiede in der Reihenfolge der von der SARS-CoV-2-Infektion meist betroffenen Berufsgruppe zu beobachten war. Während beispielsweise diejenigen positiv getesteten Mitarbeitenden, die bereits in der ersten Testreihe eingeschlossen wurden, dem Verteilungsmuster der Gesamt-Seroprävalenz (Durchschnittswert aller positiv Getesteten pro Berufsgruppe) folgten mit 25 Zugbegleitern (6,5%), 6

Triebfahrzeugführern (3,6%) und 13 Werkehandwerkern (10,2%), war bei den Mitarbeitenden, die in der zweiten Testreihe eingeschlossen wurden, die Seroprävalenz bei den Zugbegleitern mit 10 Fällen (10,2%) am höchsten, gefolgt von Werkehandwerkern mit 4 Fällen (7,3%) und Triebfahrzeugführern ohne Fälle (0,0%). Hingegen zeigte sich bei den Nachrückern, die erstmals in der dritten Testreihe teilgenommen haben, die höchste Seroprävalenz bei den Triebfahrzeugführern mit 3 Fällen (13,0%), gefolgt von Zugbegleitern mit 4 Fällen (4,3%) und Werkehandwerkern mit einem Fall (3,6%) und daher in der umgekehrten Reihenfolge wie die Verteilung der Gesamt-Seroprävalenz hinsichtlich der Reihenfolge der meist von der SARS-CoV-2-Infektion betroffenen Berufsgruppen. Aus statistischer Sicht liegt die Vermutung nahe, dass diese Unterschiede durch die niedrigere Fallzahl der Mitarbeitenden, die in der ersten oder zweiten Testreihe eingeschlossen wurden, zustande gekommen und daher zufallsbedingt sind. Diese Vermutung wird auch dadurch gestützt, dass keine wesentlichen Unterschiede in den epidemiologischen und demografischen Faktoren unter den Mitarbeitenden, stratifiziert nach dem Zeitpunkt des Einschlusses, eruiert wurden.

5.3.3. Infektionsrate

Die Infektionsrate ist definiert als Prozentsatz der Personen, die mindestens ein positives Testergebnis (IgG-Antikörper- oder PCR-Test) auf SARS-CoV-2 seit Einschluss in die Studie vorwies. Hatte ein Mitarbeitender ein positives Testergebnis in der ersten oder zweiten Testreihe, dann zählt dieser auch in der dritten als positiv.

Tabelle 5: Infektionsrate nach der dritten Testreihe

Infektionsrate	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Negativ	487 (91,5%)	205 (94,5%)	172 (88,2%)	864 (91,5%)
Positiv	45 (8,5%)	12 (5,5%)	23 (11,8%)	80 (8,5%)
Gesamt	532 (100,0%)	217 (100,0%)	195 (100,0%)	944 (100,0%)

In der dritten Testreihe betrug die **Infektionsrate 8,5%** (80 Fälle). Stratifiziert nach Berufsgruppe hatten somit insgesamt 8,5% (45 Fälle) der Zugbegleiter, 5,5% (12 Fälle) der Triebfahrzeugführer und 11,8% (23 Fälle) der Werkehandwerker eine nachgewiesene Infektion mit SARS-CoV-2 gehabt. Die beobachteten Unterschiede zwischen den Berufsgruppen sind statistisch nicht auffällig. Nichtsdestotrotz ist, analog zur Seroprävalenz, auch hier, unter Berücksichtigung der wesentlich höheren Anzahl an positiven Fällen in der dritten Testreihe und damit einhergehend der höheren statistischen Aussagekraft als in den ersten beiden Testreihen, ein merklicher Trend zu erkennen, dass die Werkehandwerker wesentlich häufiger von SARS-CoV-2-Infektionen betroffen sind als die anderen beiden Berufsgruppen.

Kumulativ über alle drei Testreihen hinweg betrachtet wurden 4 Mitarbeitende gleichzeitig positiv per PCR und per Antikörper getestet. Diese Mitarbeitenden flossen daher jeweils lediglich einmal in die Berechnung der Infektionsrate ein. Aufgrund der in allen drei Testreihen beobachteten, wesentlich höheren positiven Antikörperfälle im Verhältnis zu den positiven PCR-Fällen ist die Infektionsrate durch die Seroprävalenz dominiert.

5.3.4. Inzidenz

Die Inzidenz beschreibt den Prozentsatz der Mitarbeitenden, die in der vorausgegangenen Testreihe negativ, jedoch in der darauffolgenden Testreihe positiv (PCR- oder Antikörpertest) getestet wurden. In die Berechnung der Inzidenz fließen daher nur Daten der Wiederkehrer ein.

Tabelle 6: Inzidenz

Inzidenz	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Negativ	401 (94,8%)	187 (98,4%)	146 (91,3%)	734 (95,0%)
Positiv	22 (5,2%)	3 (1,6%)	14 (8,8%)	39 (5,0%)
Gesamt	423 (100,0%)	190 (100,0%)	160 (100,0%)	773 (100,0%)

In der dritten Testreihe wurden von insgesamt 773 Wiederkehrern 39 Mitarbeitende Antikörper- oder PCR-positiv getestet. Daraus ergibt sich eine **Inzidenz von 5,0%** (3,50% - 6,59% bei 95% Konfidenzintervall) für den Zeitraum zwischen zweiter und dritter Testreihe. Von diesen 39 Mitarbeitenden waren 22 Zugbegleiter, 3 Triebfahrzeugführer und 14 Werkehandwerker, woraus sich jeweils eine Inzidenz von 5,2% (3,08% – 7,32% bei 95% Konfidenzintervall), 1,6% (0,00% – 3,35% bei 95% Konfidenzintervall) und 8,8% (4,37% – 13,13% bei 95% Konfidenzintervall) errechnet. Analog der Seroprävalenz und der Infektionsrate waren somit auch hinsichtlich der Inzidenz die Werkehandwerker am häufigsten betroffen, gefolgt von Zugbegleitern und Triebfahrzeugführern. Ein statistischer Test auf Unterschied zwischen den Berufsgruppen liefert einen explorativen p-Wert von $p=0.0092$, was darauf schließen lässt, dass die beobachteten Unterschiede nicht zufällig entstanden sind.

Verglichen zu der zweiten Testreihe war somit eine (absolute) Steigerung der Inzidenz von 4,8 Prozentpunkten zu verzeichnen. Kategorisiert nach Berufsgruppe beträgt der Anstieg bei den Zugbegleitern 4,0 Prozentpunkte, bei den Triebfahrzeugführern 0,5 Prozentpunkte und bei den Werkehandwerkern 7,4 Prozentpunkte.

5.4. Auswertung der explorativen Studienziele

5.4.1. Antikörperpersistenz

Der Nachweis von spezifischen Antikörpern gegen SARS-CoV-2 ist ein wichtiges Indiz (aber nicht das alleinige) für eine erworbene Immunität. Durch das longitudinale Studiendesign ließ sich der Antikörpernachweis im Zeitverlauf beobachten. Die Ergebnisse der dritten Welle erlaubten den Anteil derjenigen zu bestimmen, die sowohl in der zweiten, als auch in der dritten Testreihe seropositiv waren.

Von den bereits in der ersten Testreihe 18 positiv getesteten Mitarbeitenden, die auch an der dritten Testreihe teilgenommen hatten, waren 12 noch in der dritten Testreihe seropositiv, während von den 16 in der zweiten Testreihe, neu positiv getesteten Mitarbeitenden, die auch an der dritten Testreihe teilgenommen hatten, 15 immer noch seropositiv waren. Somit ergibt sich eine Antikörperpersistenz von 66,7% und 93,8% für die Mitarbeitenden die in jeweils der ersten

und zweiten Testreihe erstmalig seropositiv getestet und bis in die dritte Testreihe weiterverfolgt wurden.

Tabelle 7: Antikörperpersistenz (erste Testreihe/dritte Testreihe)

Positiv	Negativ	Gesamt
12 (66,7%)	6 (33,3%)	18 (100 %)

Tabelle 8: Antikörperpersistenz (zweite Testreihe/ dritte Testreihe)

Positiv	Negativ	Gesamt
15 (93,8%)	1 (6,3%)	16 (100 %)

Das heißt, dass in etwa zwei Drittel der Fälle selbst nach mehr als 8 Monaten (Zeitraum zwischen erster und dritter Testreihe) und in ca. 94% der Fälle nach 4 Monaten (Zeitraum zwischen zweiter und dritter Testreihe) noch IgG-Antikörper nachweisbar waren.

Zieht man die Antikörperpersistenz zwischen der ersten und zweiten Testreihe mit in die Berechnung der Antikörperpersistenz für die Berechnung der 4-Monate-Antikörperpersistenz hinein und errechnet dabei den Durchschnittswert mit dem ermittelten Wert zwischen der zweiten und dritten Testreihe, ergibt sich eine 4-Monate-Antikörperpersistenz von ca. 84%. Dieser Wert weicht nicht merklich von denen aus der Literatur bekannten Werten. Eine große britische Studie, die basierend auf die UK Biobank mit 1699 seropositiv getesteten Probanden jeden Monat im Zeitraum zwischen 27. Mai und 4. Dezember 2020 die Antikörperpersistenz (IgG) gegen SARS-CoV-2 bestimmt hat, zeigte eine Antikörperpersistenz von 88% nach 6 Monaten⁷.

Eine amerikanische longitudinale Studie mit COVID-19 Fällen, die im Februar 2021 publiziert wurde und bei der die Immunantwort nach einer SARS-CoV-2-Infektion und deren Dauer anhand der Bestimmung von Antikörpern (IgG und IgA), Gedächtnis T-Zellen (CD+4 und CD+8), Gedächtnis B Zellen untersucht wurde, hat gezeigt, dass nach 1 Monat ca. 98% (54 von 55) der SARS-CoV-2 infizierten Teilnehmern seropositiv (IgG), und nach 6 bis 8 Monaten immer noch 90% (36 von 40) seropositiv (IgG) waren⁸.

Beim Vergleich der Antikörperpersistenz zwischen den jeweiligen Testreihen ist zu berücksichtigen, dass der genaue Zeitpunkt der Infektion bzw. Antikörperbildung, die als Querschnittsaufnahme in den jeweiligen Testreihen ermittelt wurden, nicht genau bekannt ist. Aufgrund der bundesweiten Infektionsdynamik im Zeitraum zwischen den jeweiligen Testreihen liegt die Vermutung nahe, dass viele der seropositiv getesteten Mitarbeitenden in der ersten Testreihe sich bereits ca. 3 Monate vor der ersten Testreihe infiziert hatten, wohingegen die seropositiv Getesteten in der zweiten Testreihe sich wahrscheinlich unmittelbar vor der zweiten Testreihe infiziert hatten. Dadurch ist es möglich, dass der Beobachtungszeitraum für die Ermittlung der Antikörperpersistenz zwischen der ersten und zweiten Testreihe real länger ausgefallen ist als der zwischen der zweiten und dritten Testreihe, was den Vergleich nur bedingt ermöglicht.

Zudem ist beim Vergleich der in der DB Studie erhobenen Antikörperpersistenz mit denen aus der oben genannten Studien aus der Literatur ebenfalls zu berücksichtigen, dass beispielsweise in der oben genannten amerikanischen Studie hauptsächlich symptomatische COVID-19 Patienten eingeschlossen (97% der Studienteilnehmer) wurden, während in der DB Studie der

Anteil von milden / asymptomatischen SARS-CoV-2 Positiven in allen drei Testreihen deutlich höher war. Der höhere Anteil von asymptomatischen und milden Fällen in der DB Studie hat möglicherweise dazu geführt, dass die Antikörperpersistenz von kürzerer Dauer war als bei den Patienten aus der oben genannten Studie.

Insgesamt fügen sich allerdings damit die hier erhobenen Daten in die allgemeine Studienlage und zeigen eine deutlich längere Halbwertszeit als beispielsweise therapeutische monoklonale Antikörper.

5.4.2. Symptomatische und asymptomatische Infektionsverläufe

COVID-19 ist durch einen hohen Anteil asymptomatischer Krankheitsverläufe gekennzeichnet. Diese sind bedeutsam, da asymptomatische Vireenträger infektiös sein können und außerdem die Dunkelziffer erheblich erhöhen.

Tabelle 9: Symptomatische und asymptomatische Verläufe, Antikörpertest

SARS-CoV-2-Verlauf (Antikörpertest)	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Asymptomatisch	10 (26,3%)	0 (0,0%)	3 (17,6%)	13 (20,3%)
Symptomatisch	28 (73,7%)	9 (100,0%)	14 (82,4%)	51 (79,7%)

Tabelle 10: Symptomatische und asymptomatische Verläufe, PCR-Test

SARS-CoV-2-Verlauf (PCR-Test)	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Asymptomatisch	2 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)	3 (100,0%)
Symptomatisch	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Unter den 64 seropositiv getesteten Mitarbeitenden hatten 13 (20,3%) über keinerlei Symptome seit März 2020 berichtet, während 51 Mitarbeitende (79,7%) angaben, mindestens eines der in den Fragebogen aufgeführten möglichen COVID-19 Symptome gehabt zu haben. Dabei ist zu beachten, dass der Anteil an symptomatischen Verläufen bei den seropositiv Getesteten überschätzt werden kann, da beobachtete Symptome nicht zwangsläufig auf COVID-19 zurückgeführt werden müssen, sondern ebenso gut zu einer Erkältungskrankheit gehören können und COVID-19 möglicherweise asymptomatisch durchlebt wurde. Zudem bezog sich die Frage nach durchlebten Symptomen auf den Zeitraum seit März 2020, so dass bedingt durch den längeren Befragungszeitraum in der dritten Testreihe im Vergleich zu der ersten und zweiten Testreihe die Wahrscheinlichkeit höher ist, dass mehr von diesen COVID-19 unabhängigen Symptomen durch andere Erkrankungen, beispielsweise im Rahmen eines grippalen Infektes, erlebt wurden. Gemäß dieser Erwartung war der Anteil der seropositiven Mitarbeitenden mit angegebenen Symptomen mit knapp unter 80% höher als in der zweiten Testreihe, bei dem diese bei 61,5% lag und auch höher als in der ersten Testreihe, bei dem diese 73,7% betragen hatte. Insgesamt zeigte sich somit in der dritten Testreihe nur eine leicht bis moderate Verschiebung hin zu mehr symptomatischen Fällen.

Dahingegen berichteten alle 3 PCR-positiv getesteten Mitarbeitenden über keinerlei Symptome zum Zeitpunkt der dritten Testreihe (in einem Fall, wie oben erwähnt, gab es jedoch Symptome wenige Tage vor der Testung). Hierbei ist zu beachten, dass eine Verzerrung bei den asymptomatischen PCR-positiven Fällen möglich ist, da ein Fernbleiben zur Studiervisite wahrscheinlicher ist, wenn Krankheitssymptome erlebt werden.

5.4.3. Sensitivität, Spezifität, Positiver und Negativer Prädiktiver Wert

Die Sensitivität eines diagnostischen Testverfahrens gibt an, zu welchem Prozentsatz erkrankte Personen vom Test auch richtig als krank detektiert werden. Die Sensitivität des Antikörpertests beträgt laut Hersteller EUROIMMUN AG (Lübeck, Deutschland) 94,4%⁹.

Die Spezifität eines diagnostischen Testverfahrens gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass tatsächlich Gesunde, die nicht an der betreffenden Erkrankung leiden, im Test auch als gesund erkannt werden. Die Spezifität des Antikörpertests beträgt 99,6%⁹.

Sensitivität und Spezifität des PCR-Tests werden auf 100% geschätzt.

Der positive prädiktive Wert gibt an, wie viele Personen, bei denen eine bestimmte Krankheit mittels eines Testverfahrens festgestellt wurde, auch tatsächlich krank sind. Daher gibt sie den Anteil richtig positiver Fälle wieder. Dieser wurde in der dritten Testreihe bezogen auf die gesamte Teilnehmeranzahl auf 94,3% berechnet. Für die Berechnung wurde die gefundene Prävalenz als Schätzwert für die tatsächliche Prävalenz genommen, daher unterscheidet sich der Vorhersagewert zwischen den Berufsgruppen geringfügig. Bedingt durch die wesentlich höhere Prävalenz in der dritten Testreihe ist der positive prädiktive Wert bei allen Berufsgruppen entsprechend höher als in der ersten und zweiten Testreihe, bei dem der positive prädiktive Wert insgesamt jeweils auf 81,9% und 85,4% geschätzt wurde.

Der negative prädiktive Wert gibt an, wie viele Personen, bei denen eine bestimmte Krankheit mittels eines Testverfahrens nicht festgestellt wurde, auch tatsächlich gesund sind. Daher gibt sie den Anteil richtig negativer Fälle wieder. Diese wurde, analog zur ersten und zweiten Testreihe, bei dem der negative prädiktive Wert auf jeweils 99,9% geschätzt wurde, in der dritten Testreihe auf 99,6% geschätzt. Daraus ergibt sich, dass zu erwarten ist, dass ein negativ getesteter Mitarbeiter mit annähernder Sicherheit auch tatsächlich nicht erkrankt war.

Tabelle 10: Positiver und Negativer Prädiktiver Wert der dritten Testreihe

	Berufsgruppen			Gesamtzahl Mitarbeitende
	Zugbegleiter	Triebfahrzeugführer	Werkehandwerker	
Positiver prädiktiver Wert	94,5%	90,7%	95,7%	94,3%
Negativer prädiktiver Wert	99,6%	99,8%	99,5%	99,6%

5.4.4. Weitere Beobachtungen aus den Studiendaten

Standort

Im Gegensatz zu den vorherigen Testreihen, bei denen keine standortabhängigen Unterschiede in der Infektionsrate festzustellen waren, wurde in der dritten Testreihe in Hamburg eine im Vergleich zu anderen Standorten auffällig niedrigere Seroprävalenz (2,4% in Hamburg, 7,7% – 8,9% an anderen Standorten), und Inzidenz (2,3% in Hamburg, 4,9%-6,7% an anderen Standorten) beobachtet. Hingegen konnte in Frankfurt eine auffällig hohe Seroprävalenz von 19,0% und eine Inzidenz von 6,7% unter den Werkehandwerkern beobachtet werden. Mit Ausnahme der Tatsache, dass die Werkehandwerker in Hamburg mit 42,2% höher und in Frankfurt mit 11,0% entsprechend der unterschiedlichen Mitarbeitendenstruktur an den beiden Standorten geringer vertreten waren, konnte kein merklicher Unterschied zu anderen Standorten im Hinblick auf epidemiologische und demografische Faktoren festgestellt werden, was diese niedrige Seroprävalenz und Inzidenz in Hamburg hinreichend erklären könnte. Dieser interessante Aspekt könnte Gegenstand zukünftiger Untersuchung werden. Hingegen ist es durchaus möglich, dass die beobachtete hohe Seroprävalenz und Inzidenz in Frankfurt durch eine niedrige Fallzahl statistisch zufällig zustande gekommen ist.

Mund-Nasen-Bedeckung

Hervorzuheben ist die Disziplin hinsichtlich des Tragens einer Mund-Nasen-Bedeckung bei Zugbegleitern und Werkehandwerkern. Laut Angaben in den Fragebögen stieg die Anwendung dieser seit der ersten und zweiten Testreihe stetig an: Auf die Frage „Tragen Sie während der Arbeit einen Mundschutz?“ ergaben die beiden Antworten „Ja“ und „Meistens“ zusammengenommen einen Prozentsatz von 99,5% bei den Zugbegleitern, und 94,0% bei den Werkehandwerkern in der dritten Testreihe.

Angesichts der seit der ersten Testreihe kontinuierlich beobachteten höchsten Seroprävalenz bei den Werkehandwerkern ist die merklich gestiegene Anwendung der Mund-Nasen-Bedeckung bei Mitarbeitenden dieser Berufsgruppe sehr positiv zu bewerten. Möglicherweise hat die Empfehlung zur Ermutigung des Tragens einer Mund-Nase-Bedeckung während der Arbeit als Ergebnis der vorherigen Testreihen dazu geführt, dass die Werkehandwerker diese Schutzmaßnahme nun deutlich verstärkt anwenden, das Resultat ist jedenfalls überaus positiv. Allerdings sollte angemerkt werden, dass, wie oben angeführt, die Seroprävalenz und die Inzidenz in der dritten Testreihe bei den Werkehandwerkern immer noch am höchsten war. Nichtsdestotrotz und gerade auch im Lichte momentan hoher Neuinfektionsraten und der in der

Literatur bekannten protektiven Effekte der Mund-Nasen-Bedeckung sollte dieses Verhalten weiterhin positiv unterstützt werden.

Arbeitszeit

Ein Zusammenhang zwischen dem Infektionsrisiko und der Arbeitszeit würde bedeuten, dass die Hygiene- und Mitarbeiter-Schutzmaßnahmen der DB Fernverkehr AG für Mitarbeitende der drei Berufsgruppen noch nicht hinreichend sind und der Arbeitsort generell ein Infektionsrisiko darstellt. Wie aus der unten aufgeführten Abbildung ersichtlich ist, konnte kein wesentlicher Zusammenhang zwischen der Arbeitszeit und der Infektionsrate hergeleitet werden. Allerdings wurde die Studie nicht konzipiert, um einen derartigen Zusammenhang explizit zu untersuchen: abgefragt wurden nur die Arbeitsfehltagelänge seit November 2020. Außerdem wiesen die Antworten auf diese Frage eine hohe Fehlerquote auf (z.B. Angabe von mehr als der maximal möglichen Anzahl an Arbeitstagen). Aufgeteilt nach Berufsgruppe gaben die Zugbegleiter eine durchschnittliche Arbeitszeit von 358 Stunden, die Triebfahrzeugführer 384 Stunden und die Werkehandwerker 387 Stunden seit letzten November an. Demnach bestand auch kein wesentlicher Unterschied in der Arbeitszeit der Mitarbeitenden der drei Berufsgruppen.

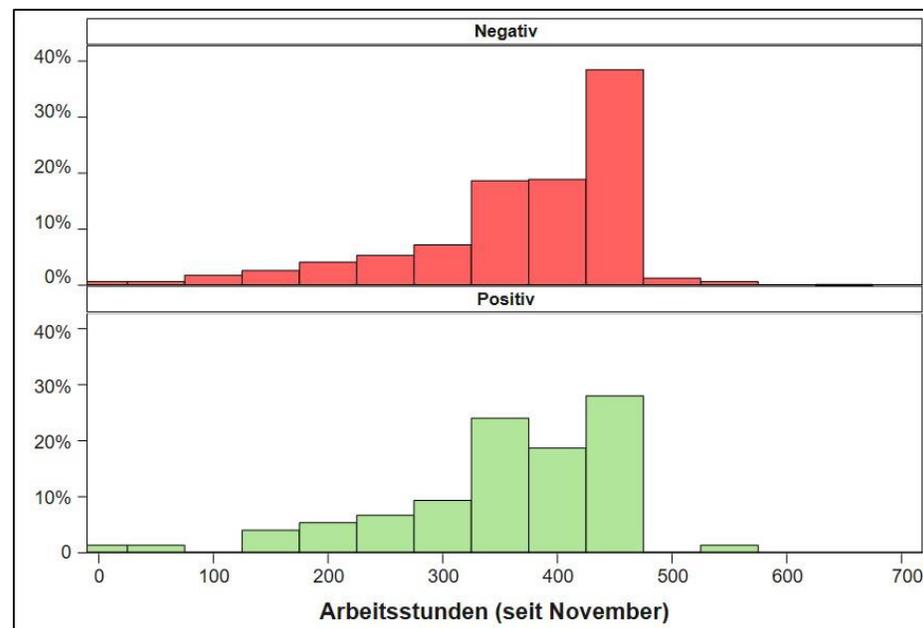


Abbildung 4: Arbeitsstunden (seit November 2020)

Berufliche Kontakte mit Kollegen

Analog zur ersten und zweiten Testreihe konnte auch in der dritten Testreihe kein Zusammenhang zwischen der angegebenen Zahl an beruflichen Kontakten pro Woche (mit einer Dauer von mehr als 15 Minuten) und der Infektionsrate festgestellt werden.

Wohnen mit Kindern

Anders als in der ersten und zweiten Testreihe war die Infektionsrate bei den Mitarbeitenden mit Kindern (ca.13%) auffällig höher als bei den Mitarbeitenden ohne Kinder (ca.7%).

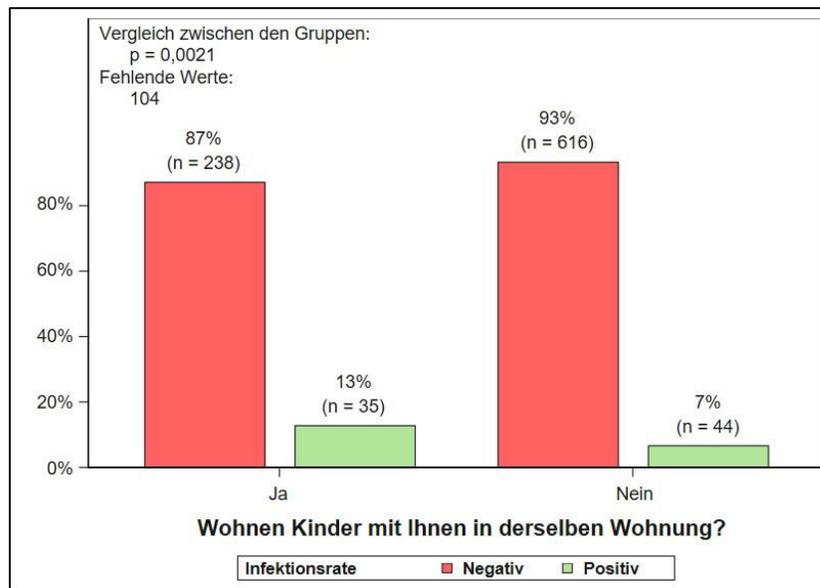


Abbildung 5: Infektionsrate vs. Kinder im Haushalt

Anzahl zusammenlebender Personen in derselben Wohnung

Anders als in der ersten und zweiten Testreihe war die Infektionsrate bei den Mitarbeitenden, die mit mehr Personen in derselben Wohnung zusammenleben, tendenziell höher als bei den Mitarbeitenden mit geringerer Anzahl an zusammenlebenden Personen.

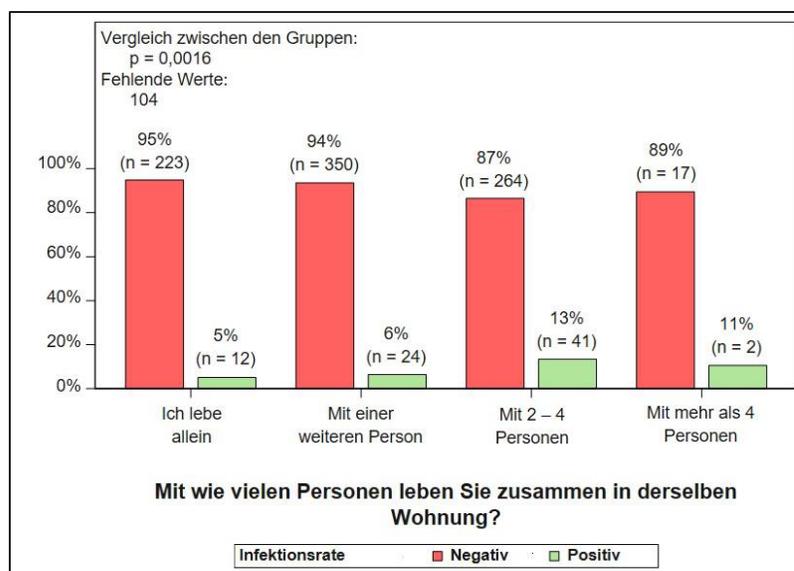


Abbildung 6: Infektionsrate vs. Hausmitglieder

Gripeschutzimpfung

Während es in der ersten Testreihe noch einen bemerkenswerten Zusammenhang zwischen Gripeschutzimpfung und Infektionsstatus (von den seropositiven Mitarbeitenden war nur einer gegen die Grippe geimpft, 19 Mitarbeitende hingegen nicht), ließ sich ein solcher Zusammenhang in der zweiten Testreihe nicht mehr beobachten. Infizierte bildeten ähnlich große Anteile unter den Grippe-geimpften und nicht-geimpften Mitarbeitenden. Nach der zweiten Testreihe wurde daher spekuliert, ob entweder der hypothetische Einfluss der Grippeimpfung 2019/20 nun an Wirkung verloren hatte und/oder die Impfung der Saison 2020/21 zeitlich noch gar keinen Einfluss entfalten konnte. Die Ergebnisse der dritten Testreihe konnten, analog zur zweiten Testreihe, keinen Zusammenhang zwischen Grippeimpfung 2020/2021 und Infektionsrate feststellen, wie die ähnlich hohen Infektionsraten zwischen dem geimpften (8,0%) und nicht-geimpften (8,6%) Mitarbeitenden gezeigt haben. Nichtsdestotrotz deuten die meisten Studien aus der Literatur darauf hin, dass die Grippeimpfung sowohl mit einer niedrigeren Infektionsrate mit SARS-CoV-2 als auch mit einem mildereren Verlauf bei Ausbruch von COVID-19 einhergeht¹⁰⁻¹². Angesichts dessen und auch um das Infektionsrisiko mit Influenzaviren, deren Ausbreitung die Überlastung auf den Intensivstationen im Zuge der COVID-19-Pandemie verschärfen könnte, zu minimieren, ist jedoch die Grippeimpfung bei den Mitarbeitenden der Deutschen Bahn Fernverkehr weiterhin zu empfehlen.

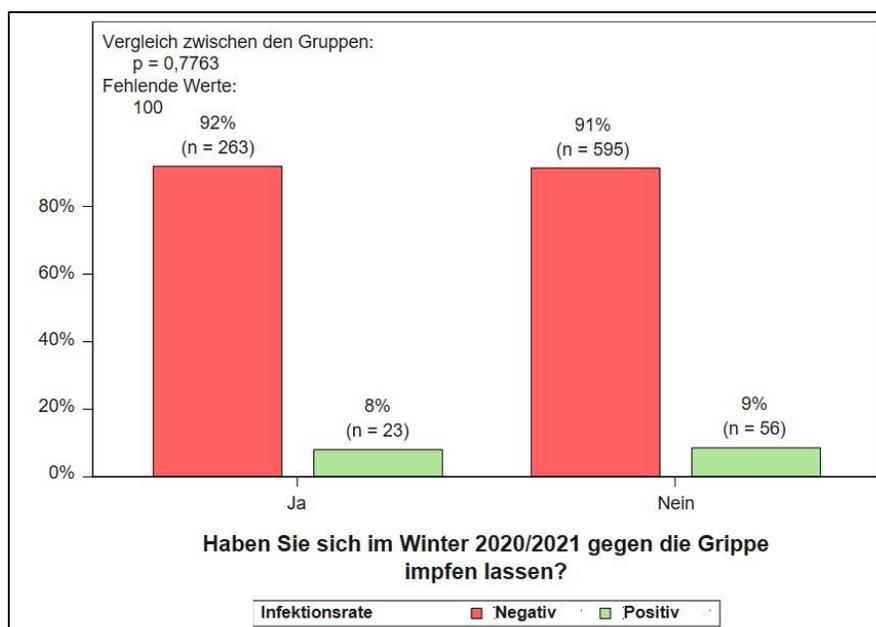


Abbildung 7: Infektionsrate vs. Gripeschutzimpfung

Diabetes mellitus

Diabetes mellitus ist nicht nur ein bekannter Risikofaktor für einen schwereren Verlauf von COVID-19, sondern möglicherweise auch für ein höheres Ansteckungsrisiko. Schon in der Auswertung der Seroprävalenz während der ersten und zweiten Testreihe waren statistisch auffällig mehr Diabetiker betroffen. In der dritten Testreihe war die Infektionsrate bei Diabetikern zwar weiterhin mit ca. 11% höher als bei den Nicht-Diabetikern mit ca. 8%, die beobachteten Unterschiede sind allerdings statistisch nicht mehr signifikant. Da Diabetes ein in der Fachliteratur gut beschriebener Risikofaktor für SARS-COV-2 Infektionen ist, der auch durch die vorherigen Testreihen in dieser Studie bestätigt wurde, ist weiterhin zu empfehlen, dass die DB Fernverkehr

AG diese Gruppe ganz besonders ermutigt, sich rigide an die allgemeinen Hygienemaßnahmen zu halten.

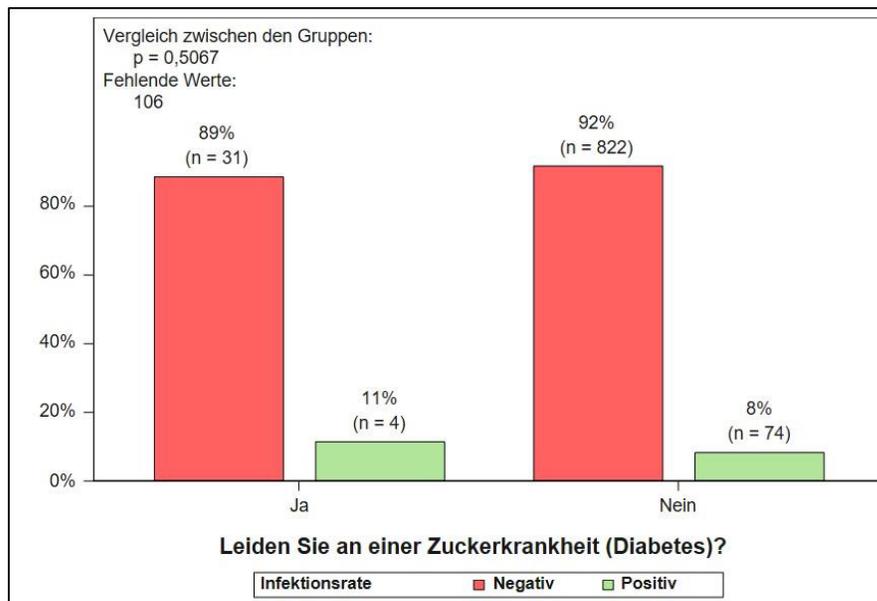


Abbildung 8: Infektionsrate vs. Diabetes

Auslastung

Die Einschränkungen des öffentlichen Lebens im seitherigen Jahresverlauf 2020 haben auch Folgen für den öffentlichen Personennah- und Fernverkehr. Die Deutsche Bahn hatte während des ersten Lockdown im Fernverkehr bundesweit ein stabiles Grundangebot an Verkehrsleistungen aufrechterhalten. Nach Lockerung der behördlichen Auflagen wurde das Angebot rasch wieder bis auf nahezu das Ausgangsniveau vor der Krise ausgeweitet. Die Fahrgastzahlen lagen nach dem ersten Lockdown zwar unter dem des Vorjahresniveaus, hatten während des Urlaubsreiseverkehrs über die Sommermonate 2020 hinweg jedoch stetig zugenommen.

Seit Spätsommer begannen die Fahrgastzahlen wieder zu sinken, die Auslastung lag während des zweiten Lockdown im Dezember 2020 im Fernverkehr nach öffentlichen Angaben der Bahn bei ca. 25%.

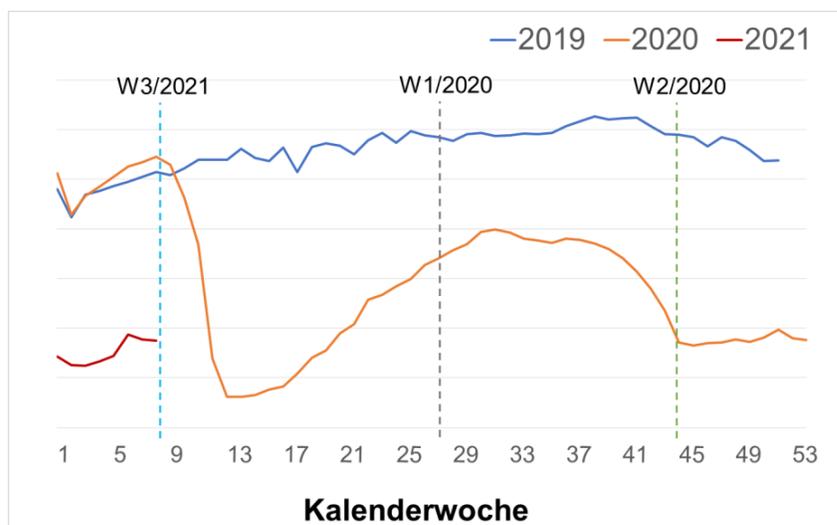


Abbildung 9: Auslastung der DB Fernverkehr AG bis Kalenderwoche 08/2021 (2019, 2020 und 2021)

Abkürzung: W1 – Testwelle 1, W2 – Testwelle 2, W3 – Testwelle 3.

Zum Zeitpunkt der dritten Testreihe bewegte sich die Auslastung bei etwa 15 bis 20%. Die naheliegende Annahme, dass volle Züge auch zu einer erhöhten Infektionsrate bei Zugbegleitern führen würden und umgekehrt, lässt sich aus den Daten der vorliegenden Studie weder stützen noch ausschließen.

5.5. Ergebnisse im Vergleich zum nationalen Infektionsgeschehen

Beim Vergleich des Infektionsgeschehens bei der DB Fernverkehr AG mit dem bundesweiten Infektionsgeschehen ist von besonderem Interesse, ob die Bahn als Ort zahlreicher Begegnungen überproportional betroffen ist. Durch diesen Vergleich können auch vorsichtige Rückschlüsse auf die getroffenen Präventions- und Hygienemaßnahmen gezogen werden.

Deshalb werden im Folgenden die innerbetrieblichen Infektionsraten der DB Fernverkehr AG in Relation zu anderen Studien diskutiert. In Deutschland wurden nach Beginn der COVID-19 Pandemie mehrere seroepidemiologische Studien gestartet, in denen teilweise Personengruppen mit beruflich infektionsrelevanten Kontakten im Vordergrund standen. Darüber hinaus wurde vom RKI die bevölkerungsbezogene Beobachtungsstudie „CORONA-MONITORING lokal (CoMoLo)“ initiiert, um anhand seroepidemiologischer Informationen aus vier überproportional stark betroffenen Gebieten (kumulative Inzidenz von über 500 gemeldeten Fällen pro 100.000 Einwohner) den Anteil tatsächlich durchgemachter SARS-CoV-2-Infektionen zu bestimmen. Aufgrund der hohen Fallzahlen ist eine besonders genaue Abschätzung des Ausmaßes überstandener Infektionen möglich, wodurch auch die Dunkelziffer abgeschätzt werden kann¹³, also der Anteil unerkannter SARS-CoV-2-Infektionen in Bezug auf die gemeldeten Fälle. Durch Untersuchungen auf akute Infektionen und Seroprävalenz lassen sich Rückschlüsse auf den Anteil asymptomatischer Infektionen und damit auf die Dynamik des Infektionsgeschehens ziehen.

In der im Rahmen der CoMoLo-Studie ausgewählten Gemeinde Kupferzell (Baden-Württemberg) wurden zwischen dem 20. Mai und 9. Juni 2020 6-mal mehr Infektionen nachgewiesen als zuvor bekannt waren¹⁴. Die ersten Ergebnisse der CoMoLo-Studie in Bad Feilnbach (Bayern) zeigen im

Untersuchungszeitraum vom 23. Juni und 4. Juli 2020 eine 2,6-fache Untererfassung an Infektionen¹⁵. In dem überproportional betroffenen Ort Gangel (Landkreis Heinsberg) wurde Ende März 2020 eine Untererfassung bzw. Dunkelziffer auf den Faktor 5 geschätzt¹⁶. Die Zwischenergebnisse einer saarlandweiten Antikörperstudie zeigten eine 2,2-fach höhere Dunkelziffer als die Zahl offiziell bestätigter Infektionen¹⁷.

Auf Grundlage dieser Daten wird daher vereinfachend angenommen, dass die Dunkelziffer, also der Anteil tatsächlicher SARS-CoV-2-Infektionen innerhalb dieser Spannweite liegt, also um den Faktor 2,2 bis 6 höher ist, als die offiziell gemeldeten Testzahlen¹⁸. Da sowohl in der vorliegenden Studie der DB Fernverkehr AG, als auch bei allen oben genannten Prävalenzstudien der kommerzielle Labortest „Anti-SARS-CoV-2-ELISA (IgG)“ der Firma Euroimmun (Euroimmun Medizinische Labordiagnostika AG, Lübeck⁹) eingesetzt wurde, kann angenommen werden, dass die Seroprävalenzen mit jeweils gleichen Nachweisgrenzen, Sensitivitäten und Spezifitäten bestimmt wurden.

Von Beginn des Jahres bis zum 01.03.2021, also bis zum Zeitpunkt der dritten Testreihe, wurden laut den vom RKI veröffentlichten Testzahlen¹⁹ kumulativ 2.447.068 Neuinfektionen erfasst. Ausgehend von einer 2,2- bis 6-fachen Dunkelziffer¹⁸ und einer Gesamtpopulation von 83,13 Millionen kann daher bis den 01.03.2021 eine deutschlandweite Infektionsrate von 6,5 – 17,7% angenommen werden. Obwohl es sich hier um eine sehr grobe Schätzung handelt, so ermöglichen die vorangegangenen Betrachtungen einen vorsichtigen Vergleich der Infektionsraten innerhalb der DB Fernverkehr AG mit dem Infektionsgeschehen in Deutschland. Die in der dritten Testreihe ermittelte Infektionsrate von 8,5% bewegt sich demnach in der angenommenen Schwankungsbreite von 6,5 – 17,7% an tatsächlichen SARS-CoV-2-Infektionen (Bei den Zugbegleitern und Werkehandwerkern innerhalb und bei den Triebfahrzeugführern unterhalb des geschätzten Bereiches).

Die deutschlandweite Inzidenz lässt sich ebenfalls anhand der beschriebenen Annahme berechnen. Die vom RKI gemeldete Zahl an Neuinfektionen im Zeitraum zwischen der zweiten und dritten Testreihe (also ab KW 44 bis zum 01.03.2021) belief sich kumulativ auf 1.831.574 positive Fälle. Unter Berücksichtigung der Dunkelziffer mit dem Faktor 2,2 – 6 und umgerechnet auf die Gesamtbevölkerung ergibt sich eine bundesweite Inzidenz von 4,8 – 13,2% in diesem Zeitraum. Demnach bewegt sich die im Rahmen der Studie ermittelte Inzidenz von insgesamt 5,0% innerhalb des geschätzten Bereiches (Bei den Zugbegleitern und Werkehandwerkern innerhalb des geschätzten Bereiches und bei den Triebfahrzeugführern unterhalb des geschätzten Bereiches).

Die hier vorgetragene Berechnung der bundesweiten Infektionsrate unterliegt jedoch verschiedenen Vorbehalten. Seit Beginn der Pandemie hat sich beispielsweise die Teststrategie mehrmals verändert: zu benennen sind hier beispielsweise die Sommermonate, in denen die Testkapazitäten aufgrund von Reiserückkehrern aus dem Ausland abnahmen (große Zahl kostenfreier Tests, Testung unabhängig von Symptomatik und nachgewiesenen Kontakten). Auch sind die Populationen der DB Fernverkehr AG und der Bundesrepublik nicht direkt vergleichbar. So weicht die Altersstruktur durch die Einschlusskriterien der Studie (18 – 65 Jahre) vom bundesdeutschen Durchschnitt ab, in dem der Anteil der 18 bis 65 Jährigen insgesamt rund 62% beträgt²⁰. Auch die Geschlechtsverteilung weicht mit 68,7% männlichen und 31,3% weiblichen Studienteilnehmern deutlich von der bundesweiten Verteilung ab.

Schlussfolgernd kann, unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen, derzeit davon ausgegangen werden, dass das Infektionsgeschehen der DB Fernverkehr AG nicht von der allgemeinen bundesweiten Infektionsdynamik abweicht.

6. Literatur

1. Kellam P, Barclay W. The dynamics of humoral immune responses following SARS-CoV-2 infection and the potential for reinfection. *J Gen Virol*. 2020. doi:10.1099/jgv.0.001439
2. Horvath K, Semlitsch T, Jeitler K, Krause R, Siebenhofer A. Antikörpertests bei COVID-19 - Was uns die Ergebnisse sagen. *Z Evid Fortbild Qual Gesundheitswes*. 2020. doi:10.1016/j.zefq.2020.05.005
3. Ziemssen F, Bayyoud T, Bartz-Schmidt KU, Peter A, Ueffing M. Seroprävalenz und SARS-CoV-2-Testung in Gesundheitsberufen Seroprevalence and SARS-CoV-2 testing in healthcare occupations. *Der Ophthalmol*. 2020. doi:10.1007/s00347-020-01158-7
4. Braun J, Loyal L, Frentsch M, et al. SARS-CoV-2-reactive T cells in healthy donors and patients with COVID-19. *Nature*. 2020. doi:10.1038/s41586-020-2598-9
5. Ferguson NM, Laydon D, Nedjati-Gilani G, et al. Report 13: Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries. *Imp Coll*. 2020;(March). doi:10.25561/77482
6. *Täglicher Lagebericht Des RKI Zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19)*, https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/2020-08-17-de.Pdf?__blob=publicationFile.
7. COVID-19 hub. <https://www.ukbiobank.ac.uk/learn-more-about-uk-biobank/covid-19-hub>. Accessed April 15, 2021.
8. Dan JM, Mateus J, Kato Y, et al. Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. *Science (80-)*. 2021;371(6529). doi:10.1126/science.abf4063
9. *Anti-SARS-CoV-2-ELISA (IgG)*, Euroimmun Medizinische Labordiagnostika AG, Lübeck. www.euroimmun.de.
10. Zanettini C, Omar M, Dinalankara W, et al. Influenza Vaccination and COVID19 Mortality in the USA. doi:10.1101/2020.06.24.20129817
11. Fink G, Orlova-Fink N, Schindler T, et al. Inactivated trivalent influenza vaccination is associated with lower mortality among patients with COVID-19 in Brazil. *BMJ Evidence-Based Med*. 2020;0. doi:10.1136/bmjebm-2020-111549
12. Conlon A, Ashur C, Washer L, Eagle KA, Hofmann Bowman MA. Impact of the influenza vaccine on COVID-19 infection rates and severity. *Am J Infect Control*. 2021;0(0). doi:10.1016/j.ajic.2021.02.012
13. Robert Koch-Institut. Seroepidemiologische Studie zur Verbreitung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung an besonders betroffenen Orten in Deutschland-Studienprotokoll von CORONA-MONITORING lokal. doi:10.25646/7052.4
14. Koch-Institut R. Corona-Monitoring lokal: Eckdaten für Kupferzell. doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.47.2001752
15. Koch-Institut R. *Corona-Monitoring Lokal Erste Eckdaten Für Bad Feilnbach*. www.rki.de/corona-monitoring-lokal.
16. Streeck H, Schulte B, Kuemmerer B, et al. Infection fatality rate of SARS-CoV-2 infection in a German community with a super-spreading event. *medRxiv*. 2020. doi:10.1101/2020.05.04.20090076
17. SR.de: Etwa dreifache Dunkelziffer bei Corona-Infektionen. https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/politik_wirtschaft/zwischenenergebnis_antikoerperstudie_saarland_100.html.
18. Neuhauser H, Thamm R B-SN, Fiebig J, Offergeld R, Poethko-Müller C PF, Santos-Hövenner C, Sarganas G, Schaffrath Rosario A, Wieler L SL. *Ergebnisse Seroepidemiologischer Studien Zu SARS-CoV-2 in Stichproben Der Allgemeinbevölkerung Und Bei Blutspenderinnen Und*

Blutspendern in Deutschland (Stand 3.12.2020).; 2020. www.rki.de/covid-19-ak-studien.

19. RKI - Coronavirus SARS-CoV-2 - Erfassung der SARS-CoV-2-Testzahlen in Deutschland. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Testzahl.html.
20. Verteilung der Bevölkerung Deutschlands nach relevanten Altersgruppen 2019 | Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/382409/umfrage/verteilung-der-bevoelkerung-deutschlands-nach-altersgruppen/>. Accessed December 16, 2020.