Aus dem Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. Alexander Katalinic

Der Einfluss von Ausländer-, SGB II-Quote und Bevölkerungsdichte auf die SARS-CoV-2-Verteilung in Lübeck im Verlauf der Pandemie

eine Analyse auf der Ebene von 98 Sozialräumen

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
-Aus der Sektion Medizin-

vorgelegt von

Leif Erik Jentzen
aus Neumünster

Lübeck
2025

1. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. Alexander Katalinic

Ko-Betreuer*in: PD Dr. Alexander Mischnik

2. Berichterstatter/in: Prof. Dr. phil. Dipl.-Soz. Katja Götz

Tag der mündlichen Prüfung: 29.10.2025

Zum Druck genehmigt: Lübeck, den 30.10.2025

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Leif Erik Jentzen, erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Der Einfluss von Ausländer-, SGB II-Quote und Bevölkerungsdichte auf die SARS-CoV-2-Verteilung in Lübeck im Verlauf der Pandemie, eine Analyse auf der Ebene von 98 Sozialräumen“ selbst, ohne unzulässige Hilfe Dritter, verfasst, und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe. Weiterhin versichere ich, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfbehörde vorgelegen hat.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... **I**
Abbildungsverzeichnis ..... **III**
Tabellenverzeichnis ..... **IV**
Abkürzungsverzeichnis ..... **V**
1. Einleitung **1**
1.1 Hintergrund 1
1.2 Das Coronavirus SARS-CoV-2 1
1.3 Das Risiko erneuter Pandemien 3
1.4 Aufarbeitung der Pandemie 4
1.5 Forschungsfokus - Risikogruppen & Deprivation 5
1.6 Aktueller Forschungsstand 7
1.6.1 Ausländeranteil und SARS-CoV-2 7
1.6.2 Bevölkerungsdichte und SARS-CoV-2 8
1.6.3 Hilfebedürftigkeit nach dem SGB und SARS-CoV-2 9
1.7 Forschungslücke & Forschungsfragen 11
2. Material & Methoden **13**
2.1 Studiendesign und methodischer Ansatz 13
2.2 Beobachtungseinheiten und geografisches Setting 13
2.3 Beobachtungszeiträume und Virusvarianten 16
2.4 Abhängige Variable 18
2.4.1 Das standardisierte Inzidenzverhältnis von SARS-CoV-2 18
2.5 Unabhängige Variablen: 23
2.5.1 Ausländerquote 23
2.5.2 Nettobevölkerungsdichte 23
2.5.3 SGB II-Quote 24
2.6 Kontrollvariablen 25
2.6.1 Approximierte Impfquoten 25
2.6.2 Frauenanteil 28
2.7 Statistische Methoden 28
2.7.1 Software und Analysewerkzeuge 30
2.8 Robustheitsanalyse 30
2.8.1 Räumliche Autokorrelationsanalyse 30

2.9 Ethikvotum 30
3. Ergebnisse 31
3.1 Deskriptive Statistik 31
3.2 Explorative Datenanalyse 34
3.3 Multiple Regressionsanalysen 39
3.4. Robustheitsanalyse 41
4. Diskussion 42
4.1 Darstellung der wesentlichen Ergebnisse 42
4.2 Vergleich mit anderen Studien 43
4.3 Bedeutung der Ergebnisse 46
4.4 Stärken und Limitationen der Untersuchung 48
4.5 Handlungsempfehlungen 50
5. Zusammenfassung 52
6. Literaturverzeichnis 54
7. Anhang 61
7.1 Ethikvotum 61
7.2 Weitere Abbildungen & Tabellen 62
8. Danksagung 64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gebietsgliederung Lübeck: Übersicht 14
Abbildung 2: Gebietsgliederung Lübeck: Stadtteile & Sozialräume 15
Abbildung 3: SARS-CoV-2-Varianten in Lübeck (Dez. 2020 – Mai 2023) 17
Abbildung 4: Flowchart der Datenbereinigung 20
Abbildung 5: Prozentsatz der eingeschlossenen COVID-19-Fälle je Monat 22
Abbildung 6: SARS-CoV-2-Impfungen in Lübeck (Apr. 2020 – Mrz. 2023) 26
Abbildung 7: SIR der 98 Lübecker Sozialräume im Pandemieverlauf 33
Abbildung 8: Scatterplots – Ausländerquote und SIR 36
Abbildung 9: Scatterplots – Nettobevölkerungsdichte und SIR 37
Abbildung 10: Scatterplots – SGB II-Quote und SIR 38
Abbildung 11: Ausschnitt SARS-CoV-2-Pango-Nomenklatur 62
Abbildung 12: Zuordnung von Sozialräumen zu Stadtteilen 62
Abbildung 13: SARS-CoV-2-Infektionen pro Monat in Lübeck (2020 – 2023) 63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel SIR-Berechnung im Sozialraum 10 (Wildtyp) 19
Tabelle 2: Statistische Basisdaten 32
Tabelle 3: Korrelationsmatrix von SIR und unabhängigen Variablen 35
Tabelle 4: Ergebnisse der Multiplen Regressionsmodelle 40
Tabelle 5: Korrelationsmatrix von SIR und Kontrollvariablen..... 63

Abkürzungsverzeichnis

AHA	Abstand halten, Hygiene beachten, Alltagsmaske tragen
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
IfSG	Infektionsschutzgesetz
KI	Konfidenzintervall
KVSH	Kassenärztliche Vereinigung Schleswig-Holstein
OLS	Ordinary Least Squares
PCR	Polymerase-Kettenreaktion
PHEIC	Public Health Emergency of International Concern
RBZ	Raumbezugssystem
RKI	Robert Koch-Institut
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2
SES	sozio-ökonomischen Status
SGB	Sozialgesetzbuch
SIR	Standardized Incidence Ratio
StdAbw	Standardabweichung
VOC	Variants of Concern

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Mindestens 7 Millionen Tote (Mathieu et al., 2020a), über 700 Millionen Infizierte (Mathieu et al., 2020b; WHO, 2024a) und Kosten von ca. 10 % des globalen Bruttoinlandsprodukts (Faramarzi et al., 2024) - das ist Teil der weltweiten Bilanz der Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)-Pandemie. Was mit wenigen Fällen im Dezember 2019 in Wuhan, China begann, entwickelte sich innerhalb weniger Monate zu einem „Public Health Emergency of International Concern" (PHEIC), welchen die WHO am 30. Januar 2020 deklarierte (WHO, 2020). In der norddeutschen Hansestadt Lübeck, die etwa 215.000 Einwohner zählt, wurden über den Verlauf der Pandemie am Ende insgesamt rund 90.000 Infektionen und 175 Todesfälle verzeichnet (Robert Koch-Institut (RKI), 2024).

1.2 Das Coronavirus SARS-CoV-2

SARS-CoV-2 ist ein RNA-Virus aus der Familie der Coronaviren (Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses, 2020). Der Übertragungsweg erfolgt primär von Mensch zu Mensch, durch Tröpfcheninfektion und aerogen durch Freisetzung infektiöser respiratorischer Partikel in die Umgebungsluft (C. C. Wang et al., 2021). Die Basisreproduktionszahl (R_0), die angibt, wie viele Personen ein Infizierter im Durchschnitt ansteckt, lag beim Wildtyp des Virus zwischen 2,8 und 5 (Alimohamadi et al., 2020; Yu et al., 2021).

SARS-CoV-2 kann zur Infektionserkrankung Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) führen.[1] Frühsymptome äußern sich primär durch Husten und Fieber, sowie Schnupfen, Halsschmerzen, Anosmie und/oder Dysgeusie. Neben der Lunge können auch andere Organsysteme betroffen sein, was sich in einem breiten Spektrum zum Teil schwerwiegender extrapulmonaler Manifestationen äußert (Gupta et al., 2020). Durch direkte Zellschädigungen infolge von Virusreplikation und -freisetzung als auch durch indirekte Effekte der Immundysregulation und

[1] Im Großteil der öffentlichen Berichterstattung und auch in Teilen der in dieser Arbeit zitierten Literatur werden SARS-CoV-2 und COVID-19 synonym verwendet. Z. B. werden alle nach §6 & §7 des Infektionsschutzgesetzes an das Robert Koch-Institut gemeldeten „Ereignisse" als COVID-19-Fälle bezeichnet, obwohl darunter auch Krankheitsverdacht sowie direkter oder indirekter Nachweis von SARS-CoV-2 fallen. Ich habe versucht, die Begriffe bestmöglich zu unterscheiden, auch wenn dies nicht immer möglich war.

überschießende systemische Immunreaktionen (Hyperinflammation) kann es zur Entwicklung einer Pneumonie bis hin zu einer Sepsis kommen (Grasselli et al., 2020).
Zur Behandlung von COVID-19-Patienten sind sowohl grundlegende klinische Maßnahmen als auch gezielte medikamentöse Therapien entscheidend. In der Frühphase der Erkrankung (innerhalb der ersten 5 bis 7 Tage nach Symptombeginn) sollen Patienten mit hohem Risiko für einen schweren Verlauf antiviral mit Nirmatrelvir/Ritonavir oder Remdesivir behandelt werden. Bei Patienten mit COVID-19-Pneumonie und Sauerstoffbedarf wird die Gabe von Dexamethason (6 mg p.o. oder i.v. täglich für 10 Tage) empfohlen. Bei schwer progredientem Verlauf mit hohem Sauerstoffbedarf kann zusätzlich Tocilizumab in Kombination mit Dexamethason verabreicht werden (Kluge et al., 2024). Die Letalität in der Allgemeinbevölkerung betrug in etwa 1 % (Alimohamadi et al., 2021).

Gemäß den Paragraphen 28 bis 30 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) galt während der Pandemie eine Pflicht zur Isolierung Erkrankter, Infizierter und ihrer direkten Kontaktpersonen sowie allgemeine Verhaltensmaßnahmen wie „Abstand halten, Hygiene beachten, Alltagsmaske tragen" (AHA). Je nach Phase der Pandemie wurden weitere allgemeine Gegenmaßnahmen ergriffen, wie das Verbot von Großveranstaltungen, die Schließung von Restaurants, Reiseeinschränkungen bis hin zu Lockdowns ganzer Länder. Seit dem Frühjahr 2021 sind Impfungen möglich, die vor allem schwere Verläufe, Hospitalisierungen sowie Langzeitfolgen durch COVID-19 in der Bevölkerung verhindern sollen (Vaishya et al., 2021).

Im Verlauf der Pandemie mutierte das Virus stetig. Bestimmte Mutationen bewirkten Veränderungen in den Eigenschaften des Virus wie z. B. Übertragbarkeit, Virulenz oder Immunogenität (Harvey et al., 2021). Anhand ähnlicher epidemiologischer Eigenschaften und genetischer Verwandtschaft wurde das Virus in Gruppen eingeteilt und benannt. Dies geschah auf Grundlage der Pango-Nomenklatur, die seit 2020 zur detaillierten Nachverfolgung der SARS-CoV-2-Varianten genutzt wurde. „Ausgangsbezeichnung sind die beiden ersten Linien der Varianten A (z. B. Wuhan/WH04/2020) und B (z. B. Wuhan-Hu-1). Die davon abstammenden Varianten werden als phylogenetischer Baum aufgebaut, indem die direkten Untervarianten jeweils durch Anhängen einer Zahl bezeichnet werden, wie B.2 für

die zweite Untervariante der Variante B. Auch von dieser Untervariante können weitere Untervarianten abstammen, wie B.2.4 als vierte Untervariante der vorherigen Variante. Dies kann beliebig weiter fortgeführt werden. Damit die Bezeichnungen nicht zu lang und unübersichtlich werden, werden die Zahlenangaben auf maximal drei begrenzt und dieser Bezeichnung bei der nächsten Untervariante der nächste Buchstabe (bzw. die nächste Buchstabenkombination) zugewiesen. So wird die erste Untervariante von B.1.1.529 nicht mehr mit B.1.1.529.1, sondern kurz mit BA.1, deren erste Untervariante mit BA.1.1 bezeichnet. Auch dieses Verfahren wird beliebig weiter fortgeführt" (RKI, 2022) (Abbildung 11). Die WHO bezeichnete „Virusvarianten mit veränderten Erregereigenschaften, die erwiesenermaßen die Epidemiologie (insbesondere erhöhte Transmissibilität/Übertragbarkeit), die klinische Präsentation (insbesondere erhöhte Virulenz), oder die Effektivität von Gegenmaßnahmen, diagnostischen Nachweismethoden, Impfstoffen bzw. Therapeutika negativ beeinflussen" (RKI, 2022) als „Variants of Concern" (VOC) und benannte sie nach dem griechischen Alphabet: Alpha, Beta, Delta, Gamma, Omikron (WHO, 2021).

Am 05. Mai 2023 erklärte die WHO das Ende des PHEIC (WHO, 2023).

1.3 Das Risiko erneuter Pandemien

Die Verbreitung von SARS-CoV-2 war die bislang eindrücklichste Pandemie in einer immer globalisierteren Welt. Doch war es nicht der erste und wird wahrscheinlich nicht der letzte pandemiefähige Erreger gewesen sein. In seinem Bericht „Imagining the future of pandemics and epidemics: a 2022 perspective" schreibt das Epidemic and Pandemic Preparedness and Prevention Team der WHO: „Pandemien werden zunehmend häufiger und werden durch menschliche Aktivitäten vorangetrieben (Sabin et al., 2020). Faktoren wie erhöhte Bevölkerungsdichte und Urbanisierung, globaler Handel und Vernetzung, Intensivierung der Landwirtschaft, menschliche Expansion in Tierhabitate und die Auswirkungen des Klimawandels erhöhen das Risiko, dass neue Krankheiten entstehen und neue oder bekannte Krankheiten zu Pandemien werden. COVID-19 ist mindestens die sechste globale Pandemie seit der Spanischen Grippe von 1918. Zukünftig wird erwartet, dass Pandemien häufiger auftreten, sich schneller

verbreiten, größeren Schaden an der globalen Wirtschaft anrichten und zu höherer globaler Morbidität und Mortalität führen" (IPBES, 2020).

Eine weitere Gefahr besteht durch sogenannte „Man-Made Pandemics". Dazu zählen unbeabsichtigte Ausbrüche von Erregern aus Forschungslaboren, wie es beispielsweise im Jahr 2003 während des SARS-Ausbruchs in einem Biosafety Level-3 Labor in Singapur passierte (Lim et al., 2004). Hinzu kommt das potenzielle Risiko durch Bioterrorismus von Einzelpersonen oder Staaten. Beispiele hierfür sind die Anthraxbrief-Anschläge in den USA aus dem Jahr 2001 oder das groß angelegte staatliche Biowaffenprogramm der ehemaligen Sowjetunion während der Zeit des Kalten Krieges (Jernigan et al., 2002; Carus, 2017). Durch rasante Fortschritte in Künstlicher Intelligenz, Genome Editing, DNA-Synthesis und Biological Design Tools erweitert sich der Kreis der Personen, denen es gelingen könnte, einen pandemiefähigen Erreger herzustellen, zusätzlich (Rose & Nelson, 2023; Sandbrink, 2023). Manheim und Lewis (2022) fanden bei Nachforschungen insgesamt 71 „Vorfälle, die entweder eine unbeabsichtigte oder absichtliche Exposition gegenüber oder Infektion durch einen hochinfektiösen Krankheitserreger beinhalten".

Auch in Puncto des Potenzials destruktiver Auswirkungen stellte das Coronavirus trotz der weltweiten Folgen eine eher „milde Pandemie" dar. Die Letalität in der Allgemeinbevölkerung wurde in einer Metaanalyse von 39 Studien auf 1 % (95 % Konfidenzintervall (KI) 1,0 - 3,0) geschätzt (Alimohamadi et al., 2021). Die Case Fatality Rate der oben bereits zitierten Spanischen Grippe von 1918 steht dem mit Schätzungen zwischen 2 % (WHO, 2011) bis 10 % (Peckham, 2021) gegenüber. Sie tötete weltweit zwischen 17-100 Millionen Menschen, was schätzungsweise 1,0-5,4 % der damaligen Weltbevölkerung ausmachte (Roser, 2024).

Seit dem Jahr 2005 rief die WHO acht Mal den Zustand eines PHEIC aus, zuletzt am 14. August 2024 aufgrund des Ausbruchs und der Verbreitung der Affenpocken (Wilder-Smith & Osman, 2020; WHO, 2024b).

1.4 Aufarbeitung der Pandemie

Das Risiko einer weiteren Pandemie ist allgegenwärtig (IPBES, 2020). Deshalb gilt es, die gerade vergangene bestmöglich aufzuarbeiten und Lehren zu ziehen, um in Zukunft besser vorbereitet zu sein. Hierbei gibt es bereits verschiedenste

Ansatzpunkte, Forschungsbereiche und Erkenntnisse. Die Europäische Union schuf im September 2021 als Antwort auf die Pandemie „The European Health Emergency Response Authority" als Behörde zur Erarbeitung besserer Rahmenvereinbarungen bei schwerwiegenden grenzüberschreitenden Gesundheitsbedrohungen. 1DaySooner, eine britische Non-Profit-Organisation, beschäftigt sich mit den Chancen und Risiken von „Human Trials" z. B. in der Impfstoffentwicklung. Mit der „100 Days Mission" rief die Coalition for Epidemic Preparedness Innovations eine ambitionierte Initiative ins Leben, mit der bis 2026 die Möglichkeit bestehen soll, innerhalb von 100 Tagen für einen beliebigen Erreger (Disease X) einen Impfstoff erforschen, testen und herstellen zu können, an welcher seitdem zahlreiche Länder und Unternehmen arbeiten. Auch globale philanthropische Organisationen nehmen das Thema mehr in ihren Fokus. So hat z. B. „Open Philanthropy" in den letzten Jahren in über 120 Grants eine Gesamtsumme von mehr als 200 Millionen USD für Biosicherheit und Pandemieprävention ausgegeben.

1.5 Forschungsfokus - Risikogruppen & Deprivation

Ein weiterer Forschungsbereich betrifft die Analyse der Ausbreitung von SARS-CoV-2 und deren Zusammenhang mit sozioökonomischer Ungleichheit und Deprivation und daraus resultierenden Erkenntnissen über mögliche Risikogruppen.

In der groß angelegten ELISA-Studie, einem Kooperationsprojekt zwischen der Universität zu Lübeck, dem USKH, dem Land Schleswig-Holstein sowie dem Gesundheitsamt Lübeck im Rahmen der COVID-19 Research Initiative Schleswig-Holstein, wurde über detaillierte longitudinale Antikörpertestung im Zeitraum März 2020 bis Februar 2021 die höchste Seropositivität für SARS-CoV-2 bei der Gruppe der Krankenschwestern gefunden (12,2 %, 95 % KI 5 % -19 %), gefolgt von Polizei, Militär und Feuerwehr (4,5 %, KI 0,2 % - 8,9 %). Als stärkster Risikofaktor für eine Infektion wurde der „Kontakt zu COVID-19-Betroffenen" ermittelt (Klein et al., 2022). Eine häufig genutzte Grundlage zur Analyse sozioökonomischer Deprivation stellt der German Index of Socioeconomic Deprivation von Kroll et al. (2017) dar, welcher die Dimensionen Bildung, Beruf und Einkommen umfasst. Die Ergebnisse von Kroll et al. (2017) zeigen, dass Regionen mit hoher sozioökonomischer Deprivation in

Deutschland signifikant häufiger mit gesundheitlichen Risikofaktoren wie Rauchen, körperlicher Inaktivität und Adipositas sowie mit einer niedrigeren Lebenserwartung assoziiert sind.

Straßburger und Mewes (2022) „untersuchten die Beziehung zwischen COVID-19-Fällen pro 100.000 Einwohner und dem sozio-ökonomischen Status (SES) auf der Grundlage sozioökonomischer Daten auf Stadtbezirksebene in Duisburg." Zu den betrachteten Indikatoren gehörten der Anteil der Bewohnerschaft mit Migrationshintergrund, die Übergangsquote auf das Gymnasium, der Anteil übergewichtiger und adipöser Kinder sowie der Mietpreis pro Quadratmeter. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse zeigten eine durchweg negative Beziehung (ein niedriger SES führte zu höheren Inzidenzraten) und konnten laut Autoren zwischen 41 % und 66 % der Variation der SARS-CoV-2-Fallzahlen durch den SES-Score erklären.

In ihrem Review „Eine systematische Übersichtsarbeit über ethnische und sozioökonomische Ungleichheiten bei COVID-19" aus 52 einbezogenen Studien aus den USA, Großbritannien, Brasilien und weiteren Ländern resultieren Khanijahani et al. (2021), dass „trotz der erheblichen Uneinheitlichkeit unter den Studien die meisten zeigten, dass rassische/ethnische Minderheitengruppen ein höheres Risiko für COVID-19-Erkrankungen und -Hospitalisierungen, bestätigte Diagnosen und Todesfälle hatten. Zudem nannten die meisten Studien Faktoren wie niedrigen Bildungsstand, Armut, schlechte Wohnverhältnisse, niedriges Haushaltseinkommen, das Sprechen einer anderen Sprache als der Landessprache und das Leben in beengten Haushalten als Risikofaktoren."

Ein Nachteil besteht darin, dass die in den Studien verwendeten Variablen den lokalen Entscheidungsträgern oft nicht zugänglich sind, da sie aus datenschutzrechtlichen Gründen nur in höher aggregierter Form bereitgestellt werden. Dies trifft beispielsweise auf die von Kroll et al. (2017) im German Index of Socioeconomic Deprivation verwendeten Indikatoren (Anteil der Schulabgänger ohne Abschluss, Arbeitslosenquote, Beschäftigtenquote, Bruttolohn, Haushaltseinkommen, Überschuldungsquote, Steuereinnahmen) zu, welche typischerweise nicht auf kleinräumiger Ebene verfügbar sind. Aus gesundheitspolitischer Sicht sind für Entscheidungsträger in Städten wie der Hansestadt Lübeck jedoch vor allem Erkenntnisse aus Daten von besonderem

Interesse, welche lokal auf kleinräumiger Ebene zur Verfügung stehen und im Rahmen der täglichen statistischen Analyse erhoben werden. Anhand solcher Zusammenhänge können relevante Entscheidungen zum Schutz der Bevölkerung im Falle eines Infektionsgeschehens getroffen werden. Vor diesem Hintergrund befasst sich diese Arbeit mit dem Einfluss der lokal aggregiert verfügbaren Variablen „Anteil der ausländischen Bevölkerung", „Bevölkerungsdichte" und „Sozialgesetzbuch (SGB) II-Quote", um spezifische lokale Unterschiede und deren Auswirkungen auf die SARS-CoV-2-Fallzahlen zu analysieren.

1.6 Aktueller Forschungsstand

Im Folgenden wird der aktuelle Forschungsstand bezüglich der Zusammenhänge der genannten Variablen und SARS-CoV-2-Infektionen bzw. COVID-19-Fallzahlen präsentiert.

1.6.1 Ausländeranteil und SARS-CoV-2

Waren Stadtviertel mit erhöhtem Anteil an Ausländern stärker von SARS-CoV-2-Infektionen betroffen als andere, wie es der Zeit-Artikel „Das sind die Corona-Hotspots in deutschen Großstädten" vom 01. Juni 2021 behauptet (Endt et al., 2021)? In seiner Analyse von Daten aus dem Zeitraum Januar bis Mai 2021 aus der 140.000-Einwohnerstadt Offenbach am Main gibt der Autor Schulze-Böing (2022) mit einem R^2 von 0,08 einen nur schwachen Zusammenhang zwischen dem Ausländeranteil und der Corona-Inzidenz an. Der Diplom-Soziologe hatte Korrelationsanalysen mit Daten aus den 19 statistischen Bezirken der Stadt mit einer Einwohnerspanne von 852 bis 16.000 Einwohnern durchgeführt.

Im Kontrast hierzu fanden Hasan Bhuiyan et al. (2021) in ihrer Studie „Der unverhältnismäßige Einfluss von COVID-19 auf nicht autorisierte Einwanderer und rassische Minderheiten in den USA" einen starken Zusammenhang zwischen der Präsenz nicht autorisierter Einwanderer und der SARS-CoV-2-Inzidenz (Spearman-Koeffizient von 0,77). Sie analysierten täglich aggregierte Daten auf US-County-Ebene vom 22. Januar 2020 bis zum 30. September 2021.

Die Bielefelder Arbeitsgruppe Bevölkerungsmedizin und Versorgungsforschung rund um K. Bozorgmehr betrachtete „unter Verwendung verknüpfter, repräsentativer nationaler Daten auf der Ebene von 401 deutschen Landkreisen aus

drei Pandemiewellen (Januar 2020 bis Mai 2021) den Zusammenhang zwischen sozioökonomischer Benachteiligung und dem Anteil von Nicht-Staatsangehörigen mit der SARS-CoV-2-Inzidenz. Sie passten Bayessche raumzeitliche Modelle an, und kontrollierten dabei für Alter, Geschlecht, Impfquote, Siedlungsstruktur sowie räumliche und zeitliche Effekte." In Bezug auf den Zusammenhang Nicht-Staatsangehöriger und SARS-CoV-2-Inzidenzen zwischen dem höchsten und niedrigsten Quintil fanden sie bei ersterem ein um 29-52 % höheres Risiko in der ersten Welle, ein um 13-21 % höheres Risiko in der zweiten Welle und ein um 7 % höheres Risiko in der dritten Welle sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren. Über den gesamten Zeitraum betrachtet lag das relative Risiko um 9-16 % erhöht (Rohleder et al., 2022).

Insgesamt zeigt sich, dass die Beziehung zwischen dem Anteil an Ausländern und der SARS-CoV-2-Inzidenz je nach untersuchter Region und Methodik unterschiedlich stark ausgeprägt ist, wobei einige Studien nur schwache Zusammenhänge feststellen, während andere signifikante Korrelationen berichten. Zudem scheint die Stärke des Zusammenhangs über den Verlauf der Pandemie abzunehmen.

1.6.2 Bevölkerungsdichte und SARS-CoV-2

Der Übertragungsweg von SARS-CoV-2 erfolgt primär von Mensch zu Mensch, durch Tröpfcheninfektion und infektiöse respiratorische Partikel in der Umgebungsluft. Die Vermutung eines Zusammenhangs zwischen der Dichte der Bevölkerung und erhöhten SARS-CoV-2-Inzidenzen liegt unter diesem Gesichtspunkt nahe. Jedoch ist die aktuelle Literatur nicht eindeutig.

In ihrem systematischen Review der „Zusammenhänge zwischen der Übertragung von COVID-19 oder anderen respiratorischen Viren und der Bevölkerungsdichte oder anderen Merkmalen der Nachbarschaftsgestaltung" untersuchten Zhang et al. (2022) 21 Studien. Von den Studien zu COVID-19 fanden acht eine positive Assoziation (höhere Dichte führte zu mehr Fällen), sechs eine negative und eine keine Assoziation. „Allerdings waren mehrere dieser Studien statistisch nicht signifikant oder hatten geringe Effekte. Die Qualität der Studien war generell niedrig und oft ohne Anpassung an Bevölkerungsmerkmale, die das Übertragungsrisiko beeinflussen könnten. Alle COVID-19-Studien wurden während der ersten Welle

der Pandemie durchgeführt, daher könnte die Fallbestimmung durch die Verfügbarkeit von Tests und Teststrategien beeinflusst worden sein“ (Zhang et al., 2022) ”, so die Autoren weiter.

Eine in Malaysia durchgeführte Studie untersuchte die Anzahl der lokal übertragenen SARS-CoV-2-Infektionen in 145 Bezirken zwischen dem 20. September 2020 und dem 19. September 2021. Die Forscher extrahierten die Daten manuell aus offiziellen Berichten und verwendeten Choroplethenkarten, um die kumulative Anzahl der Fälle, die Bevölkerung und die Bevölkerungsdichte darzustellen. Sie bestimmten die Korrelation zwischen Bevölkerung und Bevölkerungsdichte mit den SARS-CoV-2-Fällen mittels Pearson-Korrelation. Die Ergebnisse zeigten eine starke Korrelation der Inzidenzen sowohl mit der absoluten Bevölkerung ($r = 0,87$) als auch mit der Bevölkerungsdichte ($r = 0,78$). Während der Delta-dominanten Periode waren die Fallzahlen höher und die Korrelationen stärker als im Vergleich zur Zeit vor Delta (Md Iderus et al., 2022).

Auch Dragano et al. (2021) fanden in ihrer Analyse von 401 deutschen Landkreisen im Zeitraum vom 3. Februar 2020 bis zum 28. März 2021 erhöhte Infektionsraten in der zweiten und dritten Welle bei geringerer Wohnfläche pro Person.

Jedoch gibt es auch andere Ergebnisse. So fanden beispielsweise Straßburger und Mewes (2022) bei ihrer Analyse der Daten auf Ebene der 46 Duisburger Stadtteile in Bezug auf den Zusammenhang von Bevölkerungsdichte und SARS-CoV-2-Inzidenz im Rahmen der durchgeführten Ordinary Least Squares (OLS)-Regressionen mit einem Wert von -0,00 keinen Einfluss.

Auch bei dem Zusammenhang zwischen der Bevölkerungsdichte und SARS-CoV-2-Inzidenzen zeigt die Literatur uneinheitliche Ergebnisse, wie die zuvor genannten Studien zeigen.

1.6.3 Hilfebedürftigkeit nach dem SGB und SARS-CoV-2

SGB II-Hilfequoten geben den Anteil hilfebedürftiger Personen an einer bestimmten Bevölkerungsgruppe an. „Die SGB II–Quote ist der Anteil der Leistungsberechtigten nach dem SGB II an der Bevölkerung von 0 bis zur Altersgrenze nach § 7a SGB II (zwischen 65 - 67 Jahren). Als Leistungsberechtigte werden Personen in Bedarfsgemeinschaften verstanden, die einen Anspruch auf Leistungen zur Sicherung des Lebensunterhalts nach dem SGB II haben. Hierzu zählen

insbesondere das Arbeitslosengeld II oder Sozialgeld, aber auch Zuschüsse zur Kranken- und Pflegeversicherung zur Vermeidung der Hilfebedürftigkeit (§ 26 SGB II Abs. 1 Satz 2 und Abs. 2 Satz 3), Leistungen für Auszubildende (§ 27 SGB II) für Bildung und Teilhabe (§ 28 SGB II), sowie abweichend zu erbringende Leistungen nach § 24 Abs. 3 SGB II, wie z.B. Erstausstattung der Wohnung" (SGB II, 2024b; Statistisches Bundesamt, 2024b).

Die SGB II-Quote ist somit ein direkter Indikator für den Anteil der Bevölkerung in einer bestimmten Region oder Bevölkerungsgruppe, der auf staatliche Unterstützung angewiesen und somit ökonomisch schwächer gestellt ist. Sie umfasst sowohl erwerbsfähige Leistungsberechtigte ab 15 Jahren als auch nicht erwerbsfähige Angehörige unter 15 Jahren, die Teil einer Bedarfsgemeinschaft sind und Sozialgeld nach SGB II erhalten. Es stellt sich die Frage, ob Regionen mit einer erhöhten SGB II-Quote überproportional von SARS-CoV-2-Infektionen betroffen waren.

Eine von Plümper und Neumayer (2020) durchgeführte Studie untersuchte die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf Ebene der 401 Landkreise auf verschiedene sozioökonomische Gruppen in Deutschland und zeigt eine komplexe Beziehung zwischen Einkommen und der SARS-CoV-2-Inzidenz in zwei verschiedenen Phasen der Pandemie. Die erste Phase erstreckte sich von den ersten Fällen bis zum 13. April 2020, während die zweite Phase ab dem 13. April bis zum 17. Mai 2020 ausgewertet wurde. In der ersten Phase der Pandemie verzeichneten wohlhabendere Bezirke 5,6 SARS-CoV-2-Infektionen pro 10.000 Menschen je 10.000 Euro steuerpflichtigen Einkommen mehr, wohingegen in der zweiten Phase Landkreise 1,6 weniger neue Infektionen pro 10.000 Menschen je 10.000 EUR steuerpflichtiges Einkommen verzeichneten. Ebenfalls auf der Ebene der 401 Landkreise, aber mit Einbezug von Daten bis Ende März 2021 schließen Dragano et al. (2021): „Betrachtet man mit der Arbeitslosenquote und der SGB-II-/SGB-XII-Quote jene Faktoren, die als Indikatoren für Armut in einer Region dienen können, so sind in der ersten und zu Beginn der zweiten Welle Kreise mit niedrigerer Arbeitslosigkeit und niedrigerem Umfang an Sozialleistungsbezug stärker betroffen. Dieser Trend schwächt sich im Verlauf der zweiten Welle ab und von Dezember 2020 an gibt es kaum noch Unterschiede zwischen Regionen mit hohen, mittleren oder niedrigen Arbeitslosen- bzw. SGB-II-Quoten."

Straßburger und Mewes (2022) konnten in ihrer in Duisburg durchgeführten Studie einen Regressionskoeffizienten von 0,03 zwischen der SGB II-Quote und den logarithmierten Fallzahlen vom 9. November 2020 bis zum 14. Februar 2021 feststellen, was einen Anstieg der logarithmierten SARS-CoV-2 Fallzahlen um etwa drei Prozentpunkte je Erhöhung der SGB II-Quote um einen Prozentpunkt bedeutet. Schulze-Böing (2022) fand in seiner Analyse der Daten aus Offenbach am Main einen niedrigen Korrelationswert von $R^2 = 0{,}08$ zwischen der SGB II-Quote und der SARS-CoV-2-Inzidenz auf Stadtteilebene.

Die Beziehung zwischen der SGB II-Quote und der SARS-CoV-2-Inzidenz zeigt sich je nach Region und Untersuchungsmethode unterschiedlich stark, wie die zuvor genannten Studien belegen. Während Schulze-Böing (2022) und Plümper & Neumayer (2020) eher schwache Zusammenhänge berichten, fanden Straßburger und Mewes (2022) sowie Dragano et al. (2021) teils signifikante Effekte. Der Einfluss schien zudem im Verlauf der Pandemie zu variieren.

1.7 Forschungslücke & Forschungsfragen

Die bisherige Forschung zum Zusammenhang zwischen den Determinanten Ausländerquote, SGB II-Quote, Bevölkerungsdichte und der Verteilung der SARS-CoV-2-Inzidenzen zeigt Tendenzen, bleibt jedoch uneindeutig. Die aktuelle Literatur untersucht die Zusammenhänge hauptsächlich auf großräumiger Ebene, was durch die Verfügbarkeit von größeren Datenmengen auf Bezirks- oder Landkreisebene erklärt werden kann. Ein großer Nachteil dieser Vorgehensweise ist jedoch das Modifiable Areal Unit Problem, das beschreibt, dass die Ergebnisse statistischer Analysen stark davon abhängen können, wie die geografischen Daten aggregiert oder in Einheiten eingeteilt werden (Y. Wang & Di, 2020). Dies kann dazu führen, dass die Ergebnisse je nach Wahl der räumlichen Einheiten variieren, was die Interpretation und Vergleichbarkeit erschwert. Untersuchungseinheiten in der Größenordnung von Landkreisen sind insofern inhomogen, dass wichtige sozioökonomische Unterschiede sich eher auf der Ebene von (Stadt-) Vierteln abspielen als auf Kreisebene. Aktuell sind vor allem diese aufwändigeren kleinräumigen Analysen in Bezug auf die genannten sozioökonomischen Variablen rar. Eine weitere Forschungslücke besteht darin, dass in keiner der bisherigen Studien die Zusammenhänge über den gesamten Verlauf der Pandemie untersucht

wurden. In Anbetracht der sich über die Zeit verändernden Viruseigenschaften des SARS-CoV-2 ist dies ein weiterer zu untersuchender Aspekt.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Doktorarbeit, auf der Ebene von 98 Sozialräumen mit jeweils 1.000 bis 5.500 Einwohnern den Zusammenhang zwischen den räumlich-sozialen Determinanten „Ausländerquote“, „Bevölkerungsdichte“ und der „SGB II-Quote“ und der Ausbreitung und dem Verlauf der SARS-CoV-2-Inzidenz in der Hansestadt Lübeck zu untersuchen.

Konkret stellten sich die folgenden Forschungsfragen:

1. Wie korrelierten die Faktoren „Ausländerquote“, „Bevölkerungsdichte“ und „SGB II-Quote“ auf Ebene der Sozialräume mit der SARS-CoV-2-Inzidenzrate je Virusvariante in Lübeck?
2. Welche Veränderungen in der Stärke und Richtung der Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen und der SARS-CoV-2-Inzidenzrate waren über den Verlauf der Pandemie zu erkennen?
3. Konnten Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen abgeleitet werden und wenn ja, welche?

2. Material & Methoden

2.1 Studiendesign und methodischer Ansatz

Diese Arbeit war eine retrospektive, ökologische Beobachtungsstudie auf Ebene von Sozialräumen der Hansestadt Lübeck. Ziel war es, den Einfluss sozialräumlicher Merkmale auf die SARS-CoV-2-Inzidenz während verschiedener Phasen der COVID-19-Pandemie zu untersuchen.

Methodisch handelte es sich um eine Sozialraumanalyse.
Bei einer Sozialraumanalyse werden kleinräumige Gebiete anhand sozialer, demografischer und wirtschaftlicher Merkmale systematisch charakterisiert und verglichen. Dieser Ansatz ermöglicht es, Unterschiede in der Gesundheitslage oder im Infektionsgeschehen in Bezug auf die soziale Struktur des Lebensumfeldes abzubilden. Besonderheiten der Sozialraumanalyse sind die kleinteilige Betrachtung, die Berücksichtigung von Lebenswirklichkeiten im räumlichen Kontext sowie die Möglichkeit, Hinweise für gezielte präventive Maßnahmen in bestimmten Stadtteilen abzuleiten (vgl. Kessl & Reutlinger, 2007).

2.2 Beobachtungseinheiten und geografisches Setting

Gemäß der Satzung zur Neugliederung des Stadtgebietes vom 2. Oktober 1972 ist die Hansestadt Lübeck in 10 Stadtteile aufgeteilt. Diese Stadtteile sind in 35 Stadtbezirke unterteilt, wobei die Stadtteile Innenstadt, Buntekuh, St. Lorenz Süd und Schlutup aufgrund ihrer zusammenhängenden Siedlungsstruktur jeweils nur einen Stadtbezirk darstellen und somit eine doppelte Funktion als Stadtteil und Stadtbezirk erfüllen (Lübecker Bürgerschaft, 1972). In der nächsten, hierarchisch darunter liegenden Gliederungsstufe sind 158 statistische Bezirke vorhanden. Diese wiederum untergliedern sich in Baublöcke, die sich aus den Blockseiten bilden. Die unterste Einheit ist schließlich das Gebäude (Hansestadt Lübeck - Kommunale Statistikstelle, 2023). Aus diesen fünf hierarchisch aufgebauten räumlichen Ebenen lassen sich 20 Sozialbezirke und 98 Sozialräume als weitere statistische Gliederungen ableiten, die im Rahmen der Sozialberichterstattung genutzt werden, da diese besser mit den faktischen Lebenswelten der Bewohner

übereinstimmen (Abbildung 1 & Abbildung 2). Die Sozialräume stellen hierbei mit 1.000 bis 5.500 Einwohnern je Einheit die kleinste Untersuchungseinheit dar, zu welcher Daten bezüglich der Variablen Ausländer-, SGB II-Quote sowie Bevölkerungsdichte vorliegen (Hansestadt Lübeck - Bereich Soziale Sicherung, 2022). Die Sozialräume sind mit Nummern von 10 bis 331 versehen und dienten im Rahmen dieser Arbeit als Beobachtungseinheiten zur Untersuchung der Fragestellungen.

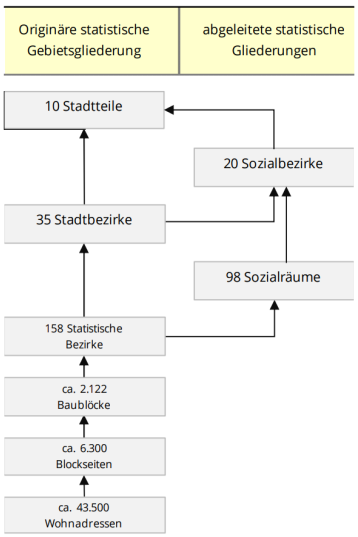


Abbildung 1: Gebietsgliederung Lübeck: Übersicht
Quelle: Hansestadt Lübeck, 1.102 Kommunale Statistikstelle

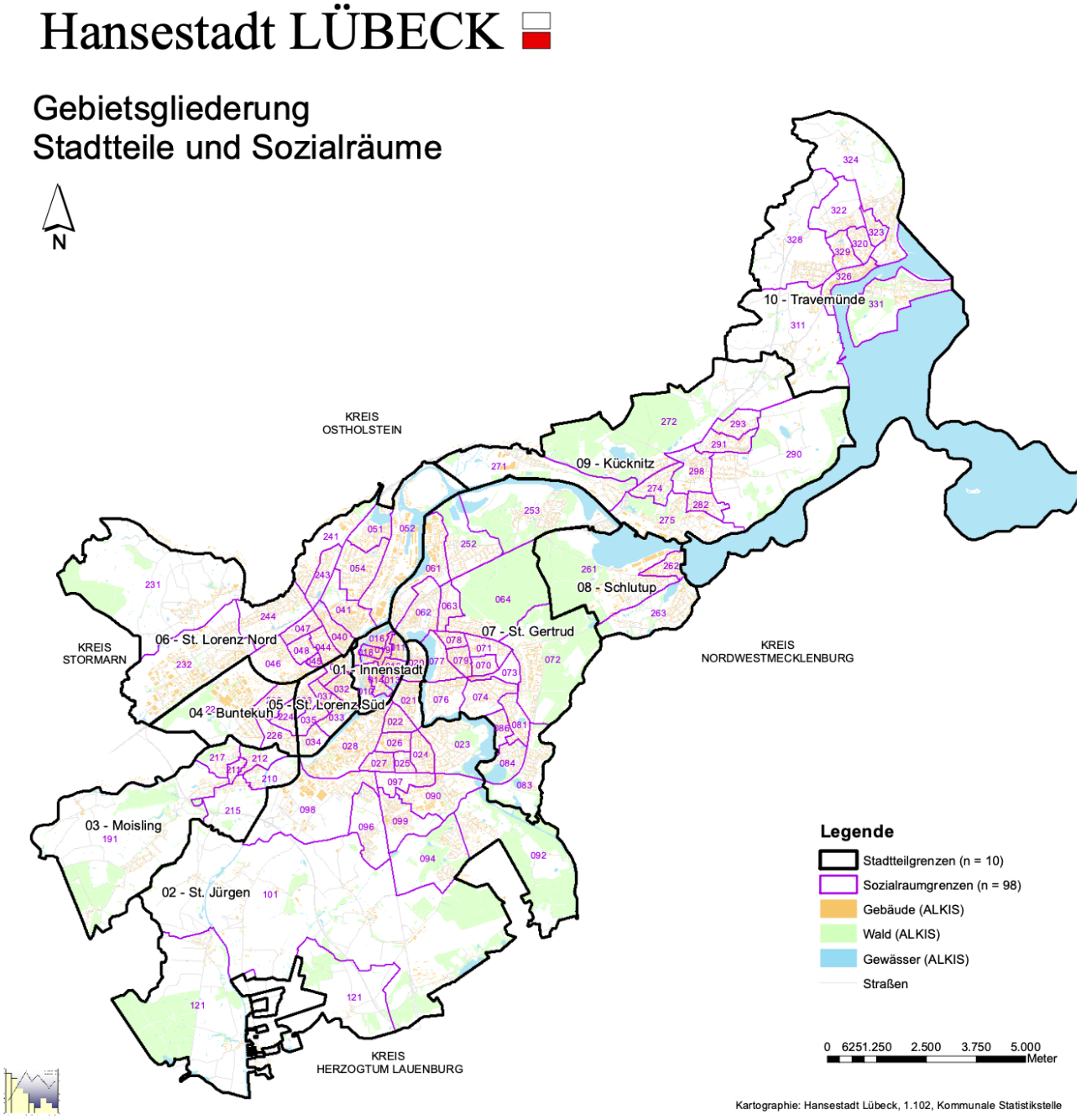


Abbildung 2: Gebietsgliederung Lübeck: Stadtteile & Sozialräume
Die Karte zeigt die 10 Stadtteile und die 98 Sozialräume der Hansestadt Lübeck, die als kleinste räumliche Einheit für die Analyse genutzt wurden. Sozialräume sind statistische Gliederungseinheiten, die eine Bevölkerungsgröße von 1.000 bis 5.500 Einwohnern aufweisen und Daten bezüglich Ausländerquote, SGB-II-Quote und Bevölkerungsdichte bereitstellen. Eine detaillierte Zuordnung von Sozialräumen zu Stadtteilen ist im Anhang zu finden.
**ALKIS - Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem*

2.3 Beobachtungszeiträume und Virusvarianten

Um die Veränderungen der Zusammenhänge der untersuchten Variablen in Lübeck über den Verlauf beobachten zu können, entschlossen wir uns, die Pandemie zeitlich anhand der zum jeweiligen Zeitpunkt vorherrschenden Virusvariante einzuteilen. Dies geschah auf Grundlage der in der Einleitung beschriebenen Pango-Nomenklatur.

In Lübeck stammten die Daten hierfür aus zwei Hauptquellen: dem Gesundheitsamt Lübeck und dem Repositorium „SARS-CoV-2-Sequenzdaten aus Deutschland" des RKI (RKI, 2024b). Nach der „Verordnung zur molekulargenetischen Surveillance des Coronavirus SARS-CoV-2" war jedes Labor in Deutschland, das SARS-CoV-2 sequenzierte, verpflichtet, dem RKI die Sequenz- und zugehörige Metadaten zu übermitteln (Bundesministerium für Gesundheit, 2021; Oh et al., 2022). Zwei der meldenden Labore befanden sich in Lübeck. Insgesamt umfassten die sequenzierten Daten 2993 Datenpunkte aus dem Gesundheitsamt Lübeck und 7668 Datenpunkte aus dem RKI-Monitoring. Um die dominierenden Virusvarianten in Lübeck zu identifizieren, wurden nur die Varianten berücksichtigt, die über 0,5 % der Datenpunkte ausmachten. Das bedeutete, dass für die Gesundheitsamt-Daten nur Varianten betrachtet wurden, die häufiger als 15-mal vorkamen, und für die RKI-Daten solche, die häufiger als 38-mal auftraten. Dies liegt darin begründet, dass nach unserer Auffassung eine Variante, die nur wenige Male in Lübeck insgesamt auftrat, nicht bestimmend für die Dynamik der Pandemie gewesen sein konnte. Hierdurch wurden 335 Pangolin-Varianten ausgeschlossen, die zusammengenommen 1411 Datenpunkte ausmachten. Letztlich blieben 8902 sequenzierte Datenpunkte übrig, was bei ca. 90.000 gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen in Lübeck insgesamt einem Sequenzierungsanteil von etwa 10 % entsprach (Abbildung 3). Die VOC Beta und Gamma traten in Lübeck nicht signifikant häufig auf. Den Varianten Alpha, Delta und Omikron wurden jeweils nah verwandte Virusvarianten zugeordnet (z.B. AY-Linien zur VOC Delta (B.1.617.2)). Die häufigsten Varianten von Omikron waren die Linien BA.1 und BA.2. Jedoch mutierte Omikron im späten Verlauf der Pandemie sehr häufig (BE.1.1, BF.7, BQ1.1, XBB.1.5), weshalb wir uns dazu entschieden, Omikron für die Auswertung in Omikron I und Omikron II aufzuteilen, um eventuelle epidemiologische

Unterschiede zwischen den Hauptvarianten BA.1 und BA.2 und den Folgesubtypen untersuchen zu können.

Varianten, die nicht zugeordnet werden konnten und als irrelevant für die dominierende Virusvariante eingeschätzt wurden, wurden unter „andere/sonstige" zusammengefasst. Dies betrifft z.B. B.1.177.81, B.1.1.317 oder BA.4.
Wir entschieden uns final, die Pandemie in insgesamt fünf Phasen und Zeiträume zu unterteilen:

- Wildtyp: 11.03.2020 - 26.01.2021
- Alpha: 27.01.2021 - 15.06.2021
- Delta: 16.06.2021 - 15.12.2021
- Omikron I: 16.12.2021 - 01.06.2022
- Omikron II: 02.06.2022 - 05.05.2023

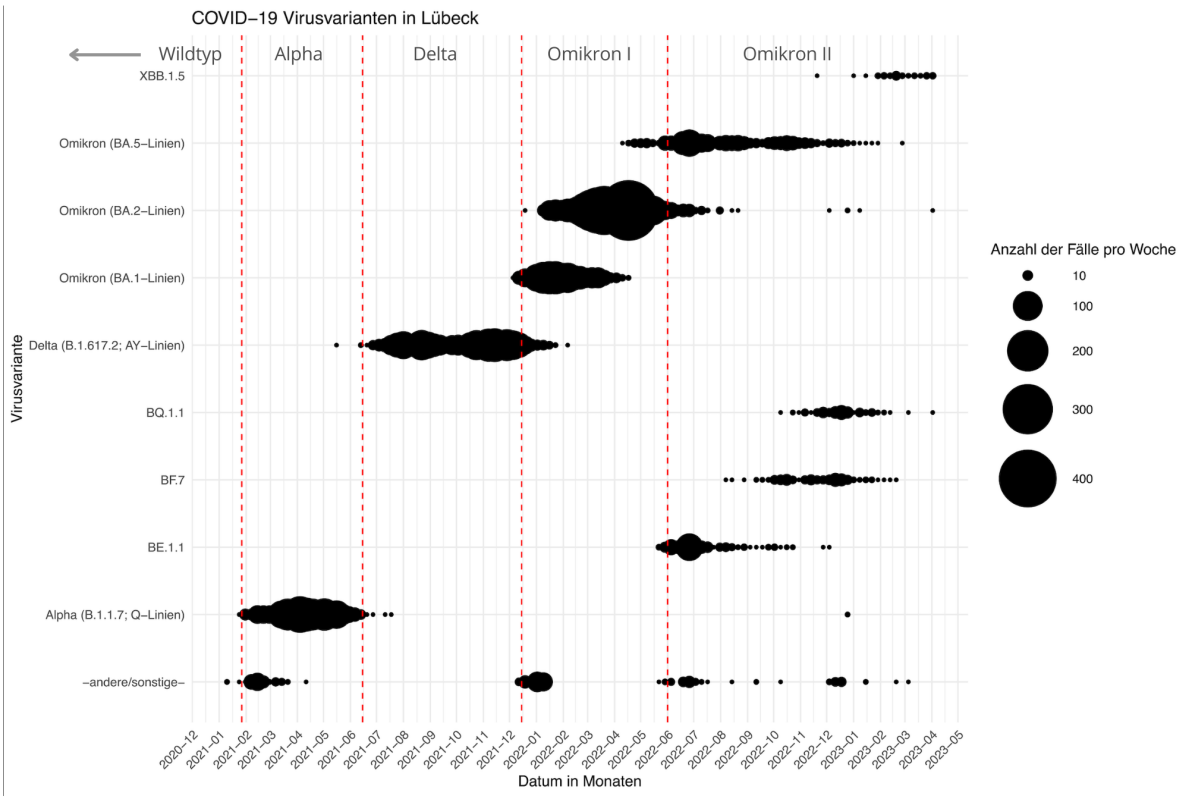


Abbildung 3: SARS-CoV-2-Varianten in Lübeck (Dez. 2020 – Mai 2023)
Die Grafik zeigt die wöchentlichen Fallzahlen der dominierenden Virusvarianten, basierend auf Sequenzierungsdaten aus dem Gesundheitsamt Lübeck und dem RKI. Die Pandemie wurde in fünf Phasen unterteilt: Wildtyp, Alpha, Delta, Omikron I und Omikron II, wobei jede Phase durch eine vorherrschende Virusvariante gekennzeichnet ist. Die Größe der Punkte repräsentiert die Anzahl der wöchentlich sequenzierten Fälle für jede Variante.

2.4 Abhängige Variable

2.4.1 Das standardisierte Inzidenzverhältnis von SARS-CoV-2

Zur Untersuchung der Fragestellung des Zusammenhangs zwischen lokal verfügbaren räumlich-sozialen Determinanten und der Ausbreitung und dem Verlauf der SARS-CoV-2-Inzidenz in Lübeck wählten wir das standardisierte Inzidenzverhältnis (Standardized Incidence Ratio, (SIR)) der COVID-19-Fälle je Sozial- und Untersuchungszeitraum als abhängige Variable. Als COVID-19-Fälle wurden all die Ereignisse gezählt, welche im Rahmen der Paragraphen §§ 6,7 des IfSG vom Gesundheitsamt Lübeck an das RKI gemeldet wurden. Darunter fielen neben gesicherten COVID-19-Erkrankungen auch der Krankheitsverdacht, sowie der direkte oder indirekte SARS-CoV-2 Erregernachweis mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) oder Schnelltest. Wir entschieden uns somit für den Ansatz einer indirekten Altersstandardisierung, was in den teilweise geringen Fallzahlen einzelner Sozialräume in den früheren Phasen der Pandemie begründet ist (Kelsey et al., 1996). Als Standardpopulation fiel die Wahl auf die Lübecker Gesamtbevölkerung in fünfjahres-Altersgruppen aus dem Jahr 2021. Die spezifischen Inzidenzraten wurden anhand der aggregierten Fallzahlen über alle Sozialräume je Beobachtungszeitraum je Altersgruppe ermittelt. Hierbei gibt die altersspezifische Inzidenzrate an, wie viele Infektionen in einer bestimmten Altersgruppe bezogen auf die Gesamtzahl dieser Altersgruppe auftraten. Das SIR vergleicht die beobachtete Anzahl von Fällen in einer bestimmten Population oder Region mit der erwarteten Anzahl von Infektionen basierend auf einer Referenzpopulation (in diesem Falle der Lübecker Gesamtbevölkerung), um Abweichungen festzustellen. Auf diese Weise wurde für jeden der 98 Sozialräume für jeden der fünf Viruszeiträume ein SIR berechnet. Ein SIR von 1 bedeutet, dass die beobachtete Anzahl der Fälle genau der erwarteten Anzahl entsprach. Liegt das SIR über 1, war die beobachtete Anzahl der Fälle höher als erwartet, während ein SIR unter 1 darauf hinweist, dass die beobachtete Anzahl der Fälle niedriger als erwartet war. Zur Veranschaulichung der Erstellung der SIR folgt ein Beispiel des Sozialraums mit der Nummer 10 im Zeitraum des SARS-CoV-2-Wildtyp (11.03.2020 - 26.01.2021).

Tabelle 1: Beispiel SIR-Berechnung im Sozialraum 10 (Wildtyp)

A	B	C	D	E	F	G
Altersgruppe	**Reale Fälle (Lübeck)**	**Reale Fälle (Sozialraum 10)**	**Anzahl der Einwohner (Lübeck)**	**Anzahl der Einwohner (Sozialraum 10)**	**Altersspezifische Inzidenzrate pro 10.000 Einwohner**	**Erwartete Fälle (Sozialraum 10)**
					= B/D*10.000	= E*F/10.000
0-4 Jahre	68	0	9213	50	73,8	0,37
5-9 Jahre	63	0	9089	29	69,3	0,20
10-14 Jahre	89	0	9209	28	96,6	0,27
15-19 Jahre	143	1	9576	47	149,3	0,70
20-24 Jahre	240	2	13636	110	176,0	1,94
25-29 Jahre	238	1	15197	146	156,6	2,29
30-34 Jahre	226	1	15299	128	147,7	1,89
35-39 Jahre	177	2	13409	110	132,0	1,45
40-44 Jahre	148	1	12558	82	117,9	0,97
45-49 Jahre	177	0	12755	82	138,8	1,14
50-54 Jahre	199	0	16795	142	118,5	1,68
55-59 Jahre	187	1	17291	132	108,1	1,43
60-64 Jahre	106	1	14288	97	74,2	0,72
65-69 Jahre	72	1	12070	75	59,7	0,45
70-74 Jahre	62	0	11200	74	55,4	0,41
75-79 Jahre	56	0	10024	66	55,9	0,37
80-84 Jahre	91	1	9919	54	91,7	0,50
85-89 Jahre	66	0	4837	22	136,4	0,30
90plus Jahre	56	1	2693	5	207,9	0,10
		Summe				**Summe**
Summe real aufgetretenen Fälle (Sozialraum 10)		13			**Summe erwarteter Fälle (Sozialraum 10)**	17,17
SIR		=13/17,17	**=0,76**			

Die Tabelle dient als Beispiel für die Berechnung des SIR und zeigt die COVID-19-Fallzahlen in Lübeck und im Sozialraum 10 während der Wildtyp-Virusvariante in fünfjahres-Abständen, die Einwohnerzahlen je Altersgruppe, die daraus berechnete altersspezifische Inzidenzrate und daraus weiter berechneten erwarteten Fallzahlen je Altersgruppe im Sozialraum 10. Das finale SIR von 0,76 bedeutet, dass die real beobachteten Fälle im Sozialraum 10 24 % unterhalb der erwarteten Fallzahl lagen.

Interpretation des Beispiels:

Das SIR von 0,76 zeigt, dass die Anzahl der beobachteten Fälle (13) im Vergleich zur erwarteten Anzahl (17) um 24 % niedriger ist. Die Infektionsrate im Sozialraum 10 im Zeitraum „Wildtyp" liegt damit unter dem Durchschnitt für Lübeck.

Die notwendigen Daten zur Berechnung der Lübecker SIR stellte das Gesundheitsamt der Hansestadt Lübeck zur Verfügung, das gemäß der Paragraphen 6,7 und 28-30 IfSG für Meldung, Ermittlung und Einleitung von Maßnahmen zum Schutz vor Weiterverbreitung von meldepflichtigen

Infektionserkrankungen, zu denen COVID-19-Erkrankungen und SARS-CoV-2-Infektionen zählen, zuständig war und ist. Dem Gesundheitsamt standen 93.091 Datenpunkte zur Verfügung, von denen final 87.774 in die Bildung des SIR mit einbezogen wurden.

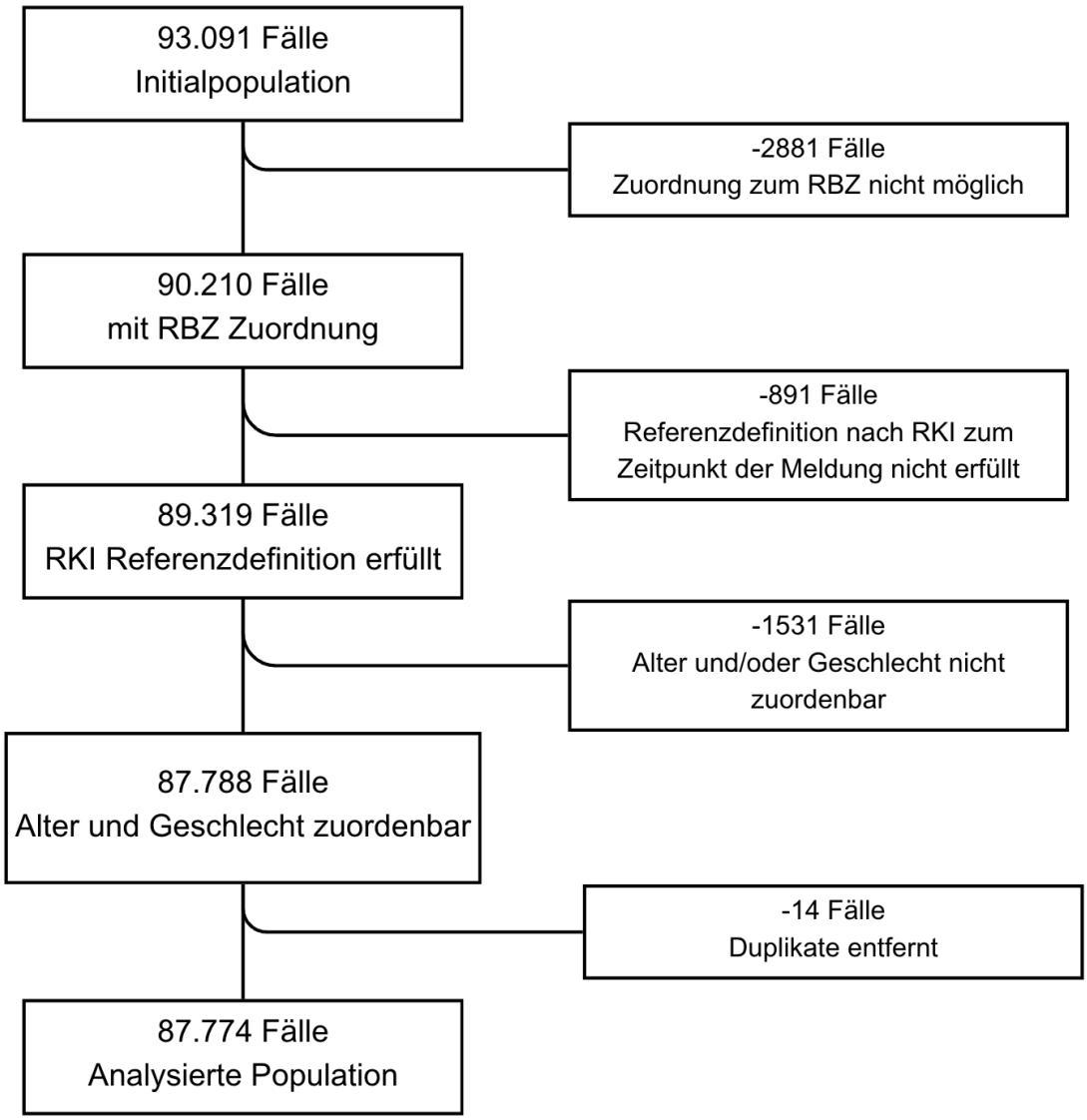


Abbildung 4: Flowchart der Datenbereinigung
Ausgehend von 93.091 gemeldeten COVID-19-Fällen wurden in mehreren Schritten Fälle ausgeschlossen: 2.881 Fälle aufgrund fehlender Zuordnung zum Raumbezugssystem (RBZ) der Hansestadt Lübeck, 891 Fälle wegen Nichterfüllung der RKI-Referenzdefinition zum Zeitpunkt der Meldung, 1.531 Fälle aufgrund fehlender Angaben zu Alter und/oder Geschlecht, sowie 14 Duplikate. Letztendlich verblieben 87.774 Fälle zur Analyse.

2881 Fälle konnten dem RBZ der Hansestadt Lübeck nicht zugeordnet werden. Das RBZ ist ein strukturiertes System zur eindeutigen Zuordnung von Straßen und Hausnummern zu den Gliederungseinheiten der Stadt, zu denen auch die Sozialräume gehören. Gründe für das Scheitern der Zuordnung lagen im Fehlen von Hausnummern, dem Bau von Neubauten, groben Rechtschreibfehlern bei

händischer Eingabe der Adresse im Gesundheitsamt Lübeck, sowie darin, dass Häuser heute teilweise nicht mehr bewohnt werden, die während der Pandemie bewohnt wurden. 891 weitere Fälle mussten entfernt werden, da sie zum Zeitpunkt der Meldung nicht die Referenzdefinition einer SARS-CoV-2-Infektion bzw. COVID-19-Erkrankung des RKI erfüllten. Ein Beispiel hierfür ist ein positiver SARS-CoV-2-Schnelltest, der sich bei der Kontrolle durch die PCR als falsch positiv herausstellte. Bei 1531 weiteren Fällen konnte das Alter und oder Geschlecht nicht zugeordnet werden, was für die Bildung des SIR benötigt wird. Final wurden 14 Duplikate entfernt, womit 87.774 Datenpunkte verblieben, die in anonymisierter Form vom Gesundheitsamt an das Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie der Universität zu Lübeck übermittelt wurden.

Eine Analyse der ausgeschlossenen Fälle wurde, soweit möglich, durchgeführt, um deren Verteilung zu prüfen. Fälle, die aufgrund der Entfernung von Duplikaten oder des Nichterfüllens der RKI-Referenzdefinition ausgeschlossen wurden, flossen nicht mit in die Analyse ein, da sie keine tatsächlichen COVID-19-Fälle darstellten.

Die relevanteste Erkenntnis der Auswertung ist, dass von den analysierten 4412 ausgeschlossenen Datenpunkten 952 aus dem Jahr 2020 stammen, von denen wiederum knapp 800 in den Monaten Oktober und November gemeldet wurden. Im Vergleich dazu wurden in diesem Jahr insgesamt nur 1627 Fälle eingeschlossen, was bedeutet, dass etwa 37 % der an das Gesundheitsamt gemeldeten Fälle im Jahr 2020 ausgeschlossen wurden bzw. 93 % der gemeldeten Fälle im Oktober und 80 % der gemeldeten Novemberfälle (Abbildung 5). Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass eine Zuordnung der Fälle zu den Sozialräumen nicht möglich war. In diesen Monaten wurden Adressen manuell in Excel-Tabellen eingegeben, wobei in vielen Fällen die Hausnummer nicht erfasst wurde. Eine Überlegung war, diesen Adressen die Hausnummer 1 oder eine zufällige andere Hausnummer zuzuweisen, um sie den Sozialräumen zuordnen zu können. Da jedoch über 150 Lübecker Straßen mehrere Sozialräume durchqueren, wie etwa die Schönbökener Straße oder die Ziegelstraße, die fünf bzw. sechs Sozialräume durchlaufen, hätte eine solche künstliche Ergänzung der Hausnummern zu Verzerrungen im Datensatz geführt.

In den Folgejahren lag der Prozentsatz der ausgeschlossenen Fälle, bezogen auf alle gemeldeten, bei 2,7 % (2021), 4 % (2022) und 4,3 % (2023). Im weiteren Vergleich der knapp 4400 Fälle war das Durchschnittsalter der ausgeschlossenen

Fälle mit 34,6 Jahren etwa vier Jahre niedriger als das der einbezogenen Fälle, welches bei 38,7 Jahren lag. Der Anteil der Frauen unterschied sich um 3,4 %, wobei er bei den inkludierten Fällen mit 52 % etwas höher lag. Die Verteilung der Fälle auf die 98 Sozialräume bezogen auf die Gesamtzahl der ausgeschlossenen bzw. einbezogenen Fälle unterschied sich um maximal zwei Prozentpunkte. Insgesamt scheint die Verteilung der ausgeschlossenen Fälle zufällig zu sein. Die Unterschiede in Alter, Geschlecht und der Verteilung auf die Sozialräume dürften nur einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse der geplanten Analysen dieser Doktorarbeit haben. Für den Zeitraum „Wildtyp" (11.03.2020 – 26.01.2021) könnte der hohe Anteil ausgeschlossener Fälle und die daraus resultierende geringere Fallzahl die Präzision und Zuverlässigkeit der Schätzungen beeinträchtigen. Eine weitere Verzerrung des Wildtypmodells ist unwahrscheinlich, da keine selektive Auslassung von Fällen einzelner Sozialräumen vorlag. Stattdessen wurden nahezu einheitlich alle Fälle aus Oktober und November 2020 ausgeschlossen.

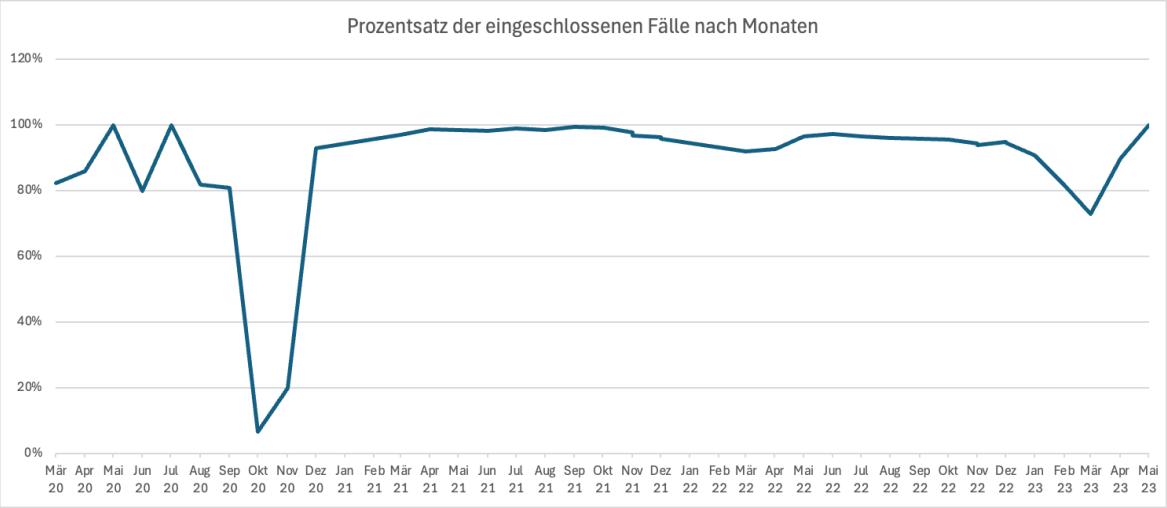


Abbildung 5: Prozentsatz der eingeschlossenen COVID-19-Fälle je Monat
Die Abbildung zeigt den monatlichen Anteil der in die Analyse einbezogenen Fälle im Vergleich zur Gesamtzahl der an das Gesundheitsamt Lübeck gemeldeten Fälle von 2020 bis 2023. Besonders auffällig ist der hohe Anteil ausgeschlossener Fälle im Oktober und November 2020, welcher hauptsächlich auf die fehlende Möglichkeit der Zuordnungen zu den Sozialräumen resultiert.

2.5 Unabhängige Variablen:

2.5.1 Ausländerquote

Die Ausländerquote gibt den Anteil der Bevölkerung je Sozialraum an, der keine deutsche Staatsangehörigkeit besitzt. Personen mit deutscher und einer weiteren Staatsangehörigkeit gelten als Deutsche. In Abwägung mit der alternativ zur Verfügung stehenden Migrationsquote fiel die Wahl auf die Ausländerquote aufgrund ihrer klaren Definition und Verständlichkeit. Hinter dem Begriff „Migrationsquote" werden weitläufigere, komplexere Konzepte wie „Ausländer", „Eingebürgerte Deutsche" und „Deutsche Aussiedler" zusammengefasst, was eine Aussage über potenzielle Zusammenhänge erschwert. Die Daten zur Berechnung der Ausländerquote entstammen der Statistikstelle der Hansestadt Lübeck und basieren auf Zahlen aus dem Jahr 2021 (Hansestadt Lübeck - Kommunale Statistikstelle, 2023).

Beispielrechnung zur Ausländerquote - Sozialraum 10

Einwohner insgesamt: 1479

Ausländer: 151

Ausländerquote = 151/1479 = 0,102 = 10,2 %

2.5.2 Nettobevölkerungsdichte

Traditionell wird die Bevölkerungsdichte als Anzahl der Einwohner pro Gesamteinheitsfläche berechnet (Statistisches Bundesamt, 2024a), was jedoch eine verzerrte Darstellung bietet, da unterschiedliche Nutzungskategorien wie Wasserflächen, Waldflächen und gewerbliche Flächen unbewohnbar sind und somit nicht zur tatsächlichen Wohnraumnutzung beitragen (Garland et al., 2020) (Abbildung 2). Im Kontext der Ausbreitung von SARS-CoV-2 spielt vor allem die Frage, inwieweit die wohnräumliche Enge das Infektionsgeschehen beeinflusst haben könnte, die zentrale Rolle. Die Nettobevölkerungsdichte berücksichtigt ausschließlich die bewohnbare Fläche, indem sie die Anzahl der Einwohner eines Sozialraums durch die Wohnbaufläche dieses Sozialraums teilt. Die Daten zur Berechnung der Nettobevölkerungsdichte stammen von der Statistikstelle der Hansestadt Lübeck und basieren ebenfalls auf Zahlen aus dem Jahr 2021.

Beispiel zur Berechnung der Nettobevölkerungsdichte - Sozialraum 10

Bruttofläche in km²: 0,6 (inklusive Wälder, Wasser, Gewerbe)

Nettofläche in km²: 0,0392 (Wohnbaufläche)

Bevölkerungszahl: 1479

Nettobevölkerungsdichte = 1479 Einwohner / 0,0392 km² = 37729 Einwohner/km²

2.5.3 SGB II-Quote

Die bereits in der Einleitung vorgestellte SGB II-Quote ergibt sich aus der Anzahl der 0- bis einschließlich 65-Jährigen der Bevölkerung eines jeden Sozialraumes, die Teil einer Bedarfsgemeinschaft sind. Bedarfsgemeinschaften sind wirtschaftliche Einheiten, in denen mindestens eine Person hilfebedürftig im Sinne des zweiten SGB ist. Hilfebedürftig bedeutet, dass der Lebensunterhalt nicht aus eigenem Einkommen oder Vermögen gesichert werden kann. Zur Bedarfsgemeinschaft gehören:

1. *„die erwerbsfähigen Leistungsberechtigten,*
2. *die im Haushalt lebenden Eltern oder der im Haushalt lebende Elternteil eines unverheirateten erwerbsfähigen Kindes, das das 25. Lebensjahr noch nicht vollendet hat,*
3. *als Partner der erwerbsfähigen Leistungsberechtigten*
   a) der nicht dauernd getrennt lebende Ehegatte,
   b) der nicht dauernd getrennt lebende eingetragene Lebenspartner,
   c) eine Person, die mit der erwerbsfähigen Leistungsberechtigten in einem gemeinsamen Haushalt so zusammenlebt, dass nach verständiger Würdigung der wechselseitige Wille anzunehmen ist, Verantwortung füreinander zu tragen und füreinander einzustehen,
4. *die dem Haushalt angehörenden unverheirateten Kinder der erwerbsfähigen Leistungsberechtigten oder ihres Partners, wenn sie das 25. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, soweit sie ihren Lebensunterhalt nicht aus eigenem Einkommen oder Vermögen sichern können* (SGB II, 2024a).“

Entsprechend umfasst die SGB II-Quote sowohl erwerbsfähige Leistungsberechtigte als auch nicht erwerbsfähige Angehörige, insbesondere Kinder unter 15 Jahren, die als Teil einer Bedarfsgemeinschaft Sozialgeld nach

SGB II erhalten.
Die Altersgrenze ist nach § 7a SGB II geregelt und liegt, je nach Geburtsjahrgang, zwischen 65 Jahren und einem Monat bis 67 Jahren. Wir wählten das vollendete 65. Lebensjahr als Cut-Off Wert für das Ende der Erwerbsfähigkeit und somit Ende der Leistungsberechtigung nach SGB II für die Bildung der SGB II-Quote (SGB II, 2024b).
Eine hohe Quote deutet darauf hin, dass in einem bestimmten Sozialraum viele Menschen leben, die ihren Lebensunterhalt nicht aus eigenem Einkommen bestreiten können und auf staatliche Unterstützung angewiesen sind.

Beispielrechnung zur SGB II-Quote - Sozialraum 10
0–65-jährige Einwohner: 1239
Anzahl der in Bedarfsgemeinschaften lebenden Personen: 90
SGB II-Quote = 90/1239 = 0,073 = 7,3 %

2.6 Kontrollvariablen

Um die Zusammenhänge zwischen den untersuchten Variablen und den SARS-CoV-2-Fallzahlen präziser erfassen zu können, entschieden wir uns, die Einflüsse der Impfquote sowie der Geschlechterverteilung als Kontrollvariablen in die Untersuchung aufzunehmen. Kontrollvariablen dienen im Allgemeinen dazu, potenzielle Störfaktoren zu minimieren und die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse zu erhöhen. Dadurch wird der direkte Einfluss der unabhängigen Variablen auf das SIR deutlicher und die Aussagekraft der Analyse verbessert.

2.6.1 Approximierte Impfquoten

Im Zuge der SARS-CoV-2-Pandemie wurden von der Kassenärztlichen Vereinigung Schleswig-Holstein (KVSH) Impfdaten erfasst. Diese umfassen Impfungen in Impfzentren, Heimen und Arztpraxen. Für die Stadt Lübeck stellte die KVSH 392.656 Datenpunkte zur Verfügung, von denen 304.657 (77,6 %) bis auf die Sozialraumebene der geimpften Personen zugeordnet werden konnten. Merkmale dieses Impf-Datensatzes sind:

- Bezeichnung des Impfstoffes: z.B. AstraZeneca (Vaxzevria) - 1. Impfung; BioNTech/Pfizer (Comirnaty) - 2. Impfung oder Moderna (Spikevax) - 3. und weitere Impfung
- Ort der Impfung (in den Praxen; Heim/Impfstelle)
- Postleitzahl (z.B. 23552) oder Sozialraum (z.B. 10)
- Anzahl der Impfungen je Monat

Ein Beispieleintrag aus dem Datensatz lautet: BioNTech/Pfizer (Comirnaty) | 3. und weitere Impfung | Sozialraum 10 | Anzahl: 208 (Dezember 2021).

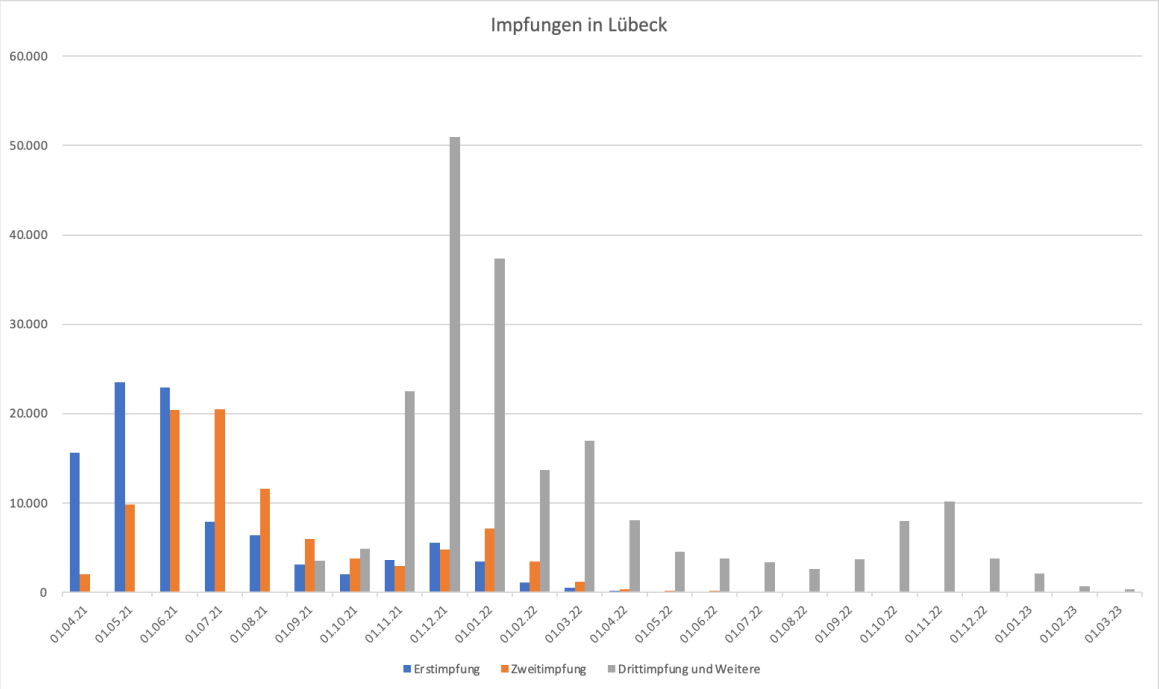


Abbildung 6: SARS-CoV-2-Impfungen in Lübeck (Apr. 2020 – Mrz. 2023)
Die Grafik zeigt die Anzahl der Erst-, Zweit- und Dritt- sowie weiterer Impfungen im Verlauf der Pandemie in Lübeck. Besonders hohe Impfaktivitäten sind im Dezember 2021 und Januar 2022 zu beobachten, insbesondere im Bereich der Dritt- und weiteren Impfungen.

Aus den 304.657 den Sozialräumen zuordenbaren Datenpunkten wurde für jeden Viruszeitraum (Alpha, Delta, Omikron) eine approximierte Impfquote erstellt. Diese Quoten sind approximiert, da sie stets niedriger sein werden als die reale Impfquote, da a) 22,4 % der Impfdaten der KVSH nicht bis auf die Sozialraumebene angegeben werden konnten und b) die KVSH nicht über alle Impfdaten der Lübecker Bürger verfügt, beispielsweise wenn diese sich in anderen (Bundes-)Ländern haben impfen lassen. Wir gehen davon aus, dass die Unterschätzung der realen Impfquote für jeden Sozialraum ungefähr gleich groß ist. In den verfügbaren Daten fanden sich

keine andersartigen Hinweise. Daher nehmen wir das Verhältnis der approximierten Impfquoten als soliden Näherungswert für die tatsächlichen Unterschiede der Impfquoten der verschiedenen Sozialräume an, womit sie ihre Funktion als Kontrollvariable erfüllen.

Zur Erstellung der approximierten Impfquoten teilten wir die kumulierte Anzahl der Impfungen und Art (Erst-, Zweit-, Dritt- und weitere Impfungen) durch die Anzahl der Einwohner je Sozialraum. Das Ergebnis ist eine monatlich approximierte Erst-, Zweit- bzw. Drittimpfungsquote für jeden Sozialraum.

Beispielrechnung zur approximierten Impfquote - Sozialraum 10

- Approximierte Zweitimpfquote Dezember 2021 = 493 kumulierte Zweitimpfungen / 1479 Einwohner = 33,3 %

Da in den Daten der KVSH die Ausprägung „Dritt- und weitere Impfung" verwendet wurde, konnte nicht sicher zwischen Dritt-, Viert- und Fünftimpfungen unterschieden werden. Basierend auf den standardmäßigen Impfschemata –„Erstimpfung – 4-6 Wochen Pause – Zweitimpfung – sechs Monate Pause – Drittimpfung (1. Booster) – sechs Monate Pause – Viertimpfung" – können wir jedoch davon ausgehen, dass alle Impfungen im Zeitraum von sechs Monaten nach Beginn der Drittimpfungen (September 2021 bis Februar 2022) Drittimpfungen waren (RKI, 2024a). Daher haben wir für diesen Zeitraum eine approximierte Drittimpfquote erstellt.

Da sich im Verlauf der Pandemie das Virus und somit die Wirksamkeit der jeweiligen Impfungen veränderte (Alpha, Delta, Omikron), entschieden wir uns für folgende approximierte Impfquoten:

- **Wildtyp-Virusvariante (11.03.2020 - 26.01.2021)**: Keine Impfquote, da bis zum Frühjahr 2021 keine Impfungen zur Verfügung standen.
- **Alpha (27.01.2021 - 15.06.2021)**: Anteil der Bevölkerung eines Sozialraumes mit einer Zweitimpfung im Juni 2021.
- **Delta (16.06.2021 - 15.12.2021)**: Anteil der Bevölkerung eines Sozialraumes mit einer Zweitimpfung im Dezember 2021.
- **Omikron I & II (16.12.2021 - 05.05.2023)**: Anteil der Bevölkerung eines Sozialraumes mit einer Drittimpfung im Februar 2022.

2.6.2 Frauenanteil

Um den Einfluss des Geschlechts als möglichen Störfaktor in die Analyse mit einzubeziehen, wählten wir den Anteil der Frauen in der Bevölkerung eines Sozialraumes als zusätzliche Kontrollvariable. Dieser Anteil bestimmte sich durch das Verhältnis der Anzahl der Frauen zur Gesamtbevölkerung in jedem Sozialraum.

Beispielrechnung zum Frauenanteil - Sozialraum 10

- 810 Frauen / 1479 Gesamteinwohner = 54,8 %

2.7 Statistische Methoden

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den räumlich-sozialen Determinanten der „Ausländerquote“, „Nettobevölkerungsdichte“ und der „SGB II-Quote“ und der Ausbreitung sowie dem Verlauf der SARS-CoV-2-Inzidenz in Lübeck führten wir zunächst eine deskriptive Analyse der Daten durch. Diese umfasste allgemeine Kennzahlen wie Mittelwert, Median und Standardabweichung (StdAbw.). Anschließend erfolgte eine explorative Datenanalyse mittels Scatterplots und Korrelationsmatrix. Dies diente der Überprüfung der Existenz eines linearen Zusammenhangs zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen sowie der Testung der Unabhängigkeit der unabhängigen Variablen untereinander. Die Korrelationen wurden mittels Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Der Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei ein Wert von 1 bzw. -1 auf eine perfekte positive bzw. negative lineare Beziehung hinweist, während ein Wert von 0 keinen linearen Zusammenhang zwischen den Variablen bedeutet.

Nach Prüfung weiterer Grundannahmen, wie der Homoskedastizität der Residuen, entschieden wir uns trotz geringfügiger Verletzung der Normalverteilungsannahme der Residuen, den Zusammenhang mittels multipler Regressionsanalysen zu untersuchen. Das Hauptziel dieser Arbeit war eine grundlegende, tendenziell explorative Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der SARS-CoV-2-Verteilung und den gewählten unabhängigen Variablen. Da lineare Regressionen

allgemein als robust gelten und die Methode der kleinsten Quadrate trotz geringfügiger Verletzung der Normalverteilungsannahme solide Schätzungen der Regressionskoeffizienten liefert, erachteten wir diesen Ansatz als geeignet (Montgomery et al., 2012). Es ist unwahrscheinlich, dass eine lineare Regression die generelle Tendenz eines Zusammenhangs übersieht, sollte dieser vorliegen. Die final gewählten Regressionsgleichungen sahen wie folgt aus:

Allgemeines Regressionsmodell:
$SIR = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \beta5 * Impfquote + \varepsilon$

Wildtyp Regression:
$SIR\text{-}Wildtyp = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \varepsilon$

Alpha Regression:
$SIR\text{-}Alpha = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \beta5 * Impfquote\ Alpha + \varepsilon$

Delta Regression:
$SIR\text{-}Delta = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \beta5 * Impfquote\ Delta + \varepsilon$

Omikron I Regression:
$SIR\text{-}Omikron\ I = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \beta5 * Impfquote\ Omikron + \varepsilon$

Omikron II Regression:
$SIR\text{-}Omikron\ II = \beta0 + \beta1 * SGB\ II\text{-}Quote + \beta2 * Ausländerquote + \beta3 * Nettobevölkerungsdichte + \beta4 * Frauenanteil + \beta5 * Impfquote\ Omikron + \varepsilon$

Das Signifikanzniveau für alle statistischen Tests in dieser Arbeit wurde auf $\alpha = 0{,}05$ festgelegt.

2.7.1 Software und Analysewerkzeuge

Für die statistischen Analysen wurde **R** in Version 2024.04.2+764 genutzt. Die Datenverarbeitung erfolgte mit readxl, die grafische Darstellung mit ggplot2. Für Korrelationen und Regressionsanalysen kamen Hmisc, car und broom zum Einsatz. Die Ergebnisse wurden teilweise mit apaTables aufbereitet; die räumliche Autokorrelationsanalyse erfolgte über spdep. Ergänzend unterstützte das Generative Pre-trained Transformer-Modell in der Version 4 sowohl die statistische Strukturierung der Analyse als auch die sprachliche Präzision bei der Dokumentation und grafischen Darstellung der Ergebnisse.

2.8 Robustheitsanalyse

2.8.1 Räumliche Autokorrelationsanalyse

Um mögliche systematische räumliche Muster in den SARS-CoV-2-Inzidenzraten der 98 Sozialräume Lübecks zu identifizieren, führten wir eine Autokorrelationsanalyse der SIR-Werte durch. Zunächst wurde eine Nachbarschaftsmatrix unter Anwendung der „Queen-Contiguity"-Methode erstellt. Bei diesem Verfahren wird jeder Sozialraum mit denjenigen Nachbarn verknüpft, mit denen er entweder eine gemeinsame Grenze oder einen gemeinsamen Eckpunkt teilt, wobei 1 für Nachbarschaft und 0 für keine Nachbarschaft steht. Anschließend wurde der Moran's-I-Test angewendet, um die räumliche Autokorrelation der SIR-Werte zu berechnen. Dieser Test ermöglicht es, zu bestimmen, ob benachbarte Sozialräume tendenziell ähnliche SIR-Werte aufweisen und somit Cluster von hohen oder niedrigen SARS-CoV-2-Inzidenzraten entstehen, oder ob die Verteilung der Inzidenzraten eher zufällig ist.

2.9 Ethikvotum

Im Rahmen dieser Doktorarbeit wurden ausschließlich anonymisierte Daten verarbeitet. Ein Ethikvotum der Ethikkommission der Universität zu Lübeck wurde unter dem Aktenzeichen 2024-130 am 19.01.2024 erteilt.

3. Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der deskriptiven Statistik aufgeführt. Es ist zu erkennen, dass knapp 90 Prozent der 87.774 analysierten COVID-19-Infektionen im Zeitraum „Omikron" in der zweiten Hälfte der Pandemie auftraten (Tabelle 2, Abbildung 13). Mit 52 % waren insgesamt etwas mehr Frauen als Männer betroffen. Die abhängige Variable der standardisierten Inzidenzverhältnisse zeigte mit Werten von 0 % bis rund 600 % bei einer StdAbw. von ca. 94 % eine große Spannweite der Verteilung der Fälle innerhalb der 98 Lübecker Sozialräume auf. Während in manchen Sozialräumen kein einziger Fall gemeldet wurde, traten in anderen sechs Mal so viele Fälle auf, wie nach dem SIR basierend auf der Bevölkerungszusammensetzung statistisch zu erwarten gewesen wäre. Im Verlauf nahm die Spannweite dieser Schwankung und die StdAbw. stetig ab und endete im Beobachtungszeitraum Omikron II mit einer Differenz von maximal 343 Prozentpunkten und einer StdAbw. von 62,1 % (Tabelle 2, Abbildung 7).

Auch die unabhängigen Variablen zeigten deutliche Unterschiede in ihrer Ausprägung zwischen den verschiedenen Sozialräumen. So reichte die Ausländerquote von 1,50 % bis 35,21 % (Mittelwert: 11,50 %; StdAbw.: 6,98 %) die SGB II-Quote von 1,57 % bis 47,73 % (Mittelwert: 13,69 %; StdAbw.: 9,54 %) und die Nettobevölkerungsdichte von 10.209 Einwohnern/km² bis 151.118 Einwohnern/km² (Mittelwert: 47.762 Einwohner/km²; StdAbw.: 28.403 Einwohner/km²). Die Kontrollvariable der approximierten Impfquoten waren insgesamt relativ niedrig. Dennoch waren klare Unterschiede zwischen den Sozialräumen zu erkennen. Sie reichten für Alpha von 7,48 % bis 21,70 % (Mittelwert: 14,35 %; StdAbw.: 2,83 %), für Delta von 15,23 % bis 44,79 % (Mittelwert: 34,65 %; StdAbw.: 5,15 %) und für Omikron von 20,19 % bis 66,45 % (Mittelwert: 43,39 %; StdAbw.: 8,47 %). Die Kontrollvariable des Frauenanteils variierte nur moderat zwischen den Sozialräumen. Der Anteil der Frauen reichte von 45,3 % bis 59,4 % (Mittelwert: 51,69 %; StdAbw.: 2,44 %).

Tabelle 2: Statistische Basisdaten

Analysierte Fälle			**Zeitraum**		
Insgesamt	87.774	Anteil			
Wildtyp	2.464	2,81 %	11.03.2020 - 26.01.2021		
Alpha	2.260	2,57 %	27.01.2021 - 15.06.2021		
Delta	3.858	4,40 %	16.06.2021 - 15.12.2021		
Omikron I	46.187	52,62 %	16.12.2021 - 01.06.2022		
Omikron II	33.005	37,60 %	02.06.2022 - 05.05.2023		
Variable	**Mittelwert**	**Median**	**StdAbw.**	**Minimum**	**Maximum**
SIR-Wildtyp (%)	102,59	79,74	93,72	0	606,67
SIR-Alpha (%)	102,87	78,46	93,99	0	532,98
SIR-Delta (%)	103,31	87,95	75,39	0	398,91
SIR-Omikron I (%)	105,34	99,41	65,3	0,93	361,27
SIR-Omikron II (%)	104,87	100,32	62,05	1,8	344,63
Alter (in Jahren)	38,7	37	20,74	0	105
Ausländerquote (%)	11,5	10,28	6,98	1,5	35,21
Nettobevölkerungsdichte (Einwohner/km² Wohnfläche)	47.762	38.899	28.404	10.209	151.119
SGB II-Quote (%)	13,69	11,84	9,54	1,57	47,73
Impfquote Alpha (%)	14,35	14,34	2,83	7,48	21,7
Impfquote Delta (%)	34,65	34,76	5,15	15,23	44,79
Impfquote Omikron (%)	43,39	43,76	8,47	20,19	66,45
Frauenanteil (%)	51,69	51,55	2,44	45,3	59,4

Die Tabelle zeigt die grundlegenden Statistiken der COVID-19-Fälle in den unterschiedlichen Pandemiephasen, sowie Alter und die SIR. Zusätzlich sind die unabhängigen Variablen Ausländerquote, SGB II-Quote, Nettobevölkerungsdichte sowie die Kontrollvariablen der Impfquoten und der Frauenanteil aufgeführt.

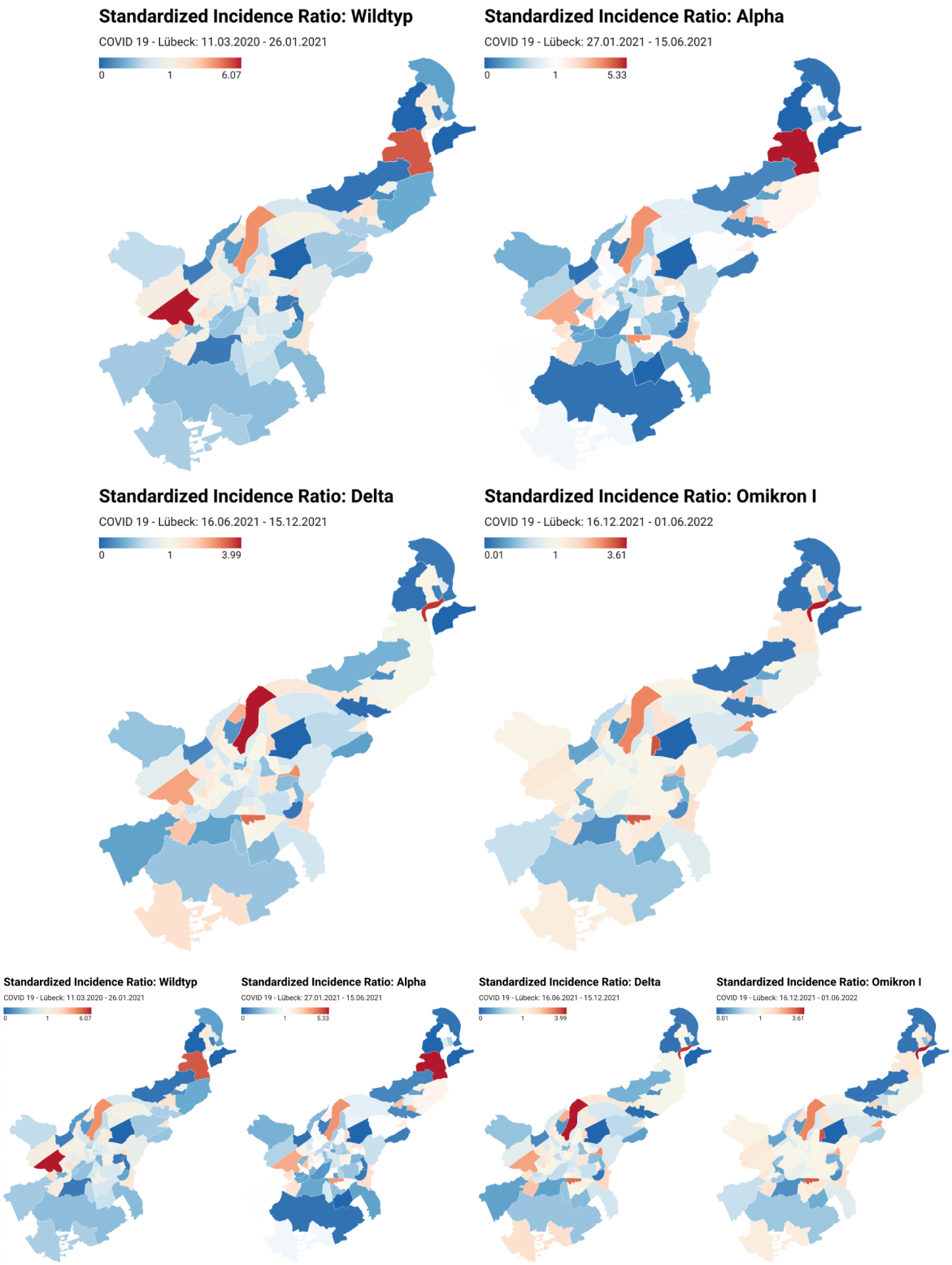


Abbildung 7: SIR der 98 Lübecker Sozialräume im Pandemieverlauf
Rote Bereiche (SIR > 1) stellen Sozialräume mit erhöhten SIR dar. Hier traten mehr COVID-19 Fälle auf, als es nach Bevölkerungsstruktur zu erwarten gewesen wäre. Für genauere Ausführungen zum SIR siehe Kapitel 2.3
Datenquellen: Hansestadt Lübeck, 1.102, Kommunale Statistikstelle & Gesundheitsamt Lübeck

3.2 Explorative Datenanalyse

Die explorative Analyse umfasste die Erstellung einer Korrelationsmatrix (Tabelle 3) und Scatterplots (Abbildung 8, Abbildung 9, Abbildung 10) um die Beziehungen zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen sowie die Beziehung der unabhängigen Variablen untereinander zu untersuchen. Bei letzterer konnten Korrelationskoeffizienten von r = 0,74 (95 % KI 0,63 - 0,82; p < 0,01) zwischen der Ausländerquote und der SGB II-Quote, r = 0,43 (95 % KI 0,26 - 0,58; p < 0,01) zwischen der Ausländerquote und der Nettobevölkerungsdichte, sowie r = 0,36 (95 % KI 0,17 - 0,52; p < 0,01) zwischen der SGB II-Quote und der Nettobevölkerungsdichte festgestellt werden (Tabelle 3).

Bezogen auf die Beziehung der SIR zu den unabhängigen Variablen zeigte sich bei der Ausländerquote ein r = 0,39 (95% KI 0,21 - 0,54; p < 0,01) während des Wildtyps und sein Maximum mit einem Korrelationskoeffizienten von r = 0,44 (95 % KI 0,26 - 0,59; p < 0,01) während Alpha, wonach dieser wieder abnahm (Delta r = 0,34 ; 95 % KI 0,15 - 0,50; p < 0,01), wobei die Omikronwerte nicht mehr signifikant waren (p > 0,05) (Tabelle 3, Abbildung 8).

Die Korrelationskoeffizienten der SGB II-Quote zeigten mit Wildtyp r = 0,35 (95 % KI 0,16 - 0,51; p < 0,01), Alpha r = 0,35 (95 % KI 0,17 - 0,52; p < 0,01) und Delta r = 0,28 (95 % KI 0,09 - 0,45; p < 0,01) einen ähnlichen Verlauf. Auch hier waren die Korrelationen zu den SIR Omikron I und II statistisch nicht signifikant (Tabelle 3).

Die Beziehung der Nettobevölkerungsdichte zu den jeweiligen SIR zeigte sich außer während der Wildtyp-Virusvariante mit statistisch signifikanten positiven Werten (eine erhöhte Nettobevölkerungsdichte korreliert mit erhöhten SIR-Werten) mit Alpha r = 0,32 (95 % KI 0,12 - 0,48; p < 0,01), Delta r = 0,40 (95 % KI 0,22 - 0,55; p < 0,01), Omikron I r = 0,26 (95 % KI 0,06 - 0,43; p < 0,05) und Omikron II r = 0,24 (95 % KI 0,04 - 0,42; p < 0,05) (Tabelle 3, Abbildung 9).

Die Kontrollvariable der approximierten Impfquote zeigte nur während der Alpha-Virusvariante statistisch signifikante Werte mit r = -0,22 (95 % KI -0,40 bis -0,02; p < 0,05) während der Frauenanteil zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Zusammenhänge aufzeigte (Tabelle 5).

Tabelle 3: Korrelationsmatrix von SIR und unabhängigen Variablen

Variable	1	2	3	4	5	6	7
1. SIR_Wildtyp							
2. SIR_Alpha	.77** [.67, .84]						
3. SIR_Delta	.59** [.44, .70]	.63** [.50, .74]					
4. SIR_Omikron_I	.48** [.31, .62]	.62** [.48, .73]	.81** [.72, .87]				
5. SIR_Omikron_II	.40** [.22, .55]	.55** [.39, .67]	.71** [.59, .80]	.96** [.94, .97]			
6. Ausländerquote	.39** [.21, .54]	.44** [.26, .59]	.34** [.15, .50]	.11 [-.10, .30]	.03 [-.17, .23]		
7. SGB II-Quote	.35** [.16, .51]	.35** [.17, .52]	.28** [.09, .45]	-.00 [-.20, .19]	-.10 [-.29, .10]	.74** [.63, .82]	
8. Nettobevölkerungsdichte	.19 [-.01, .38]	.32** [.12, .48]	.40** [.22, .55]	.26* [.06, .43]	.24* [.04, .42]	.43** [.26, .58]	.36** [.17, .52]

*Die Tabelle zeigt die Korrelationskoeffizienten sowie die 95 %-KI (eckige Klammern) zwischen den SIR und unabhängigen Variablen in den verschiedenen Viruszeiträumen. * zeigt p < .05 an, ** zeigt p < .01 an.*

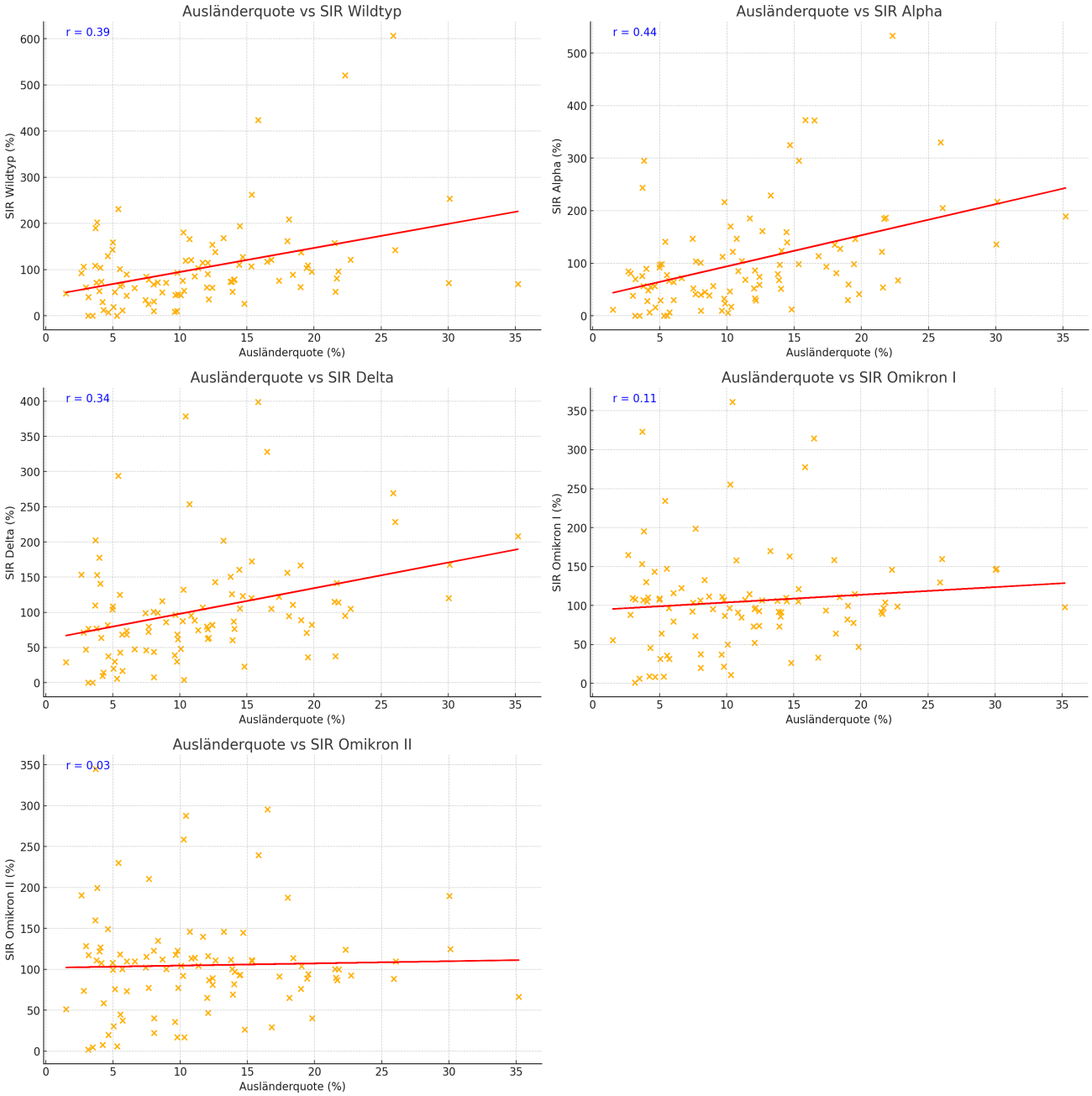
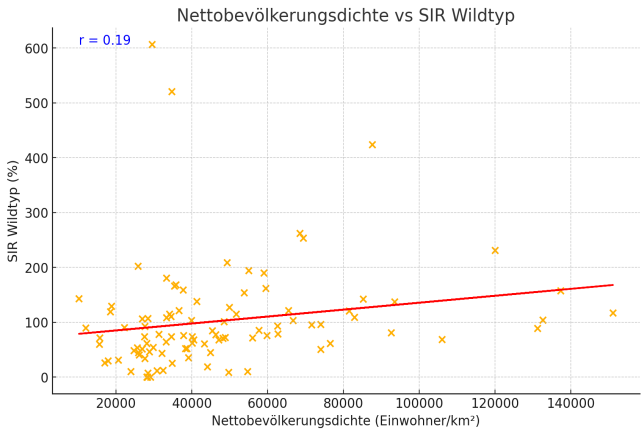
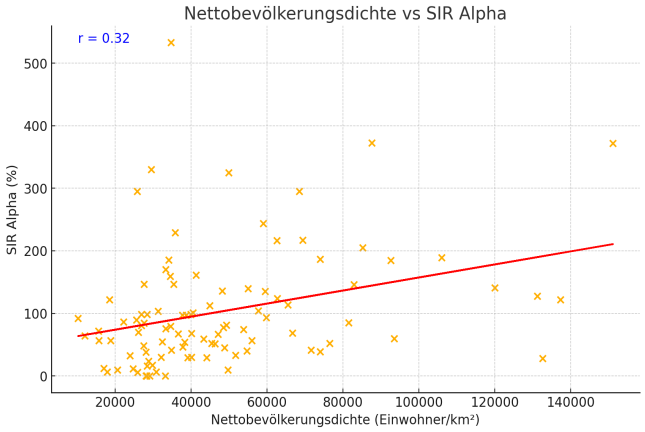
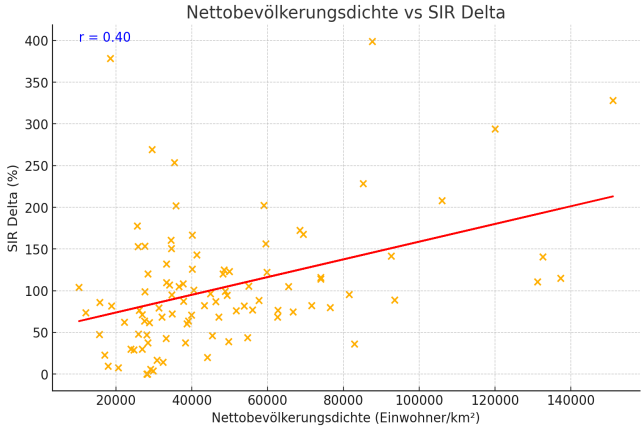
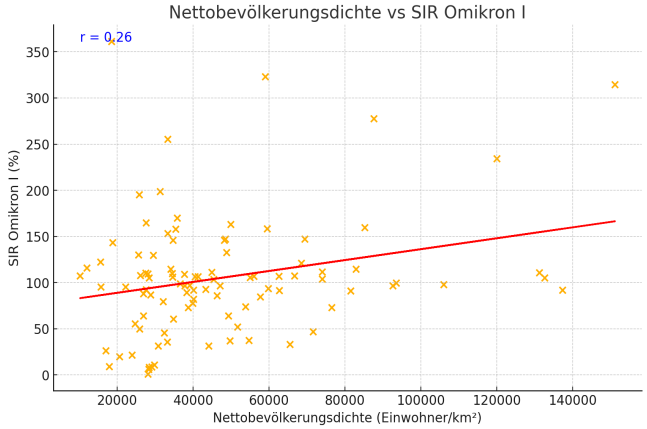


Abbildung 8: Scatterplots – Ausländerquote und SIR
Die Scatterplots zeigen den Zusammenhang zwischen der Ausländerquote der 98 Lübecker Sozialräume und den SIR in den fünf Pandemiephasen (Wildtyp, Alpha, Delta, Omikron I und Omikron II).









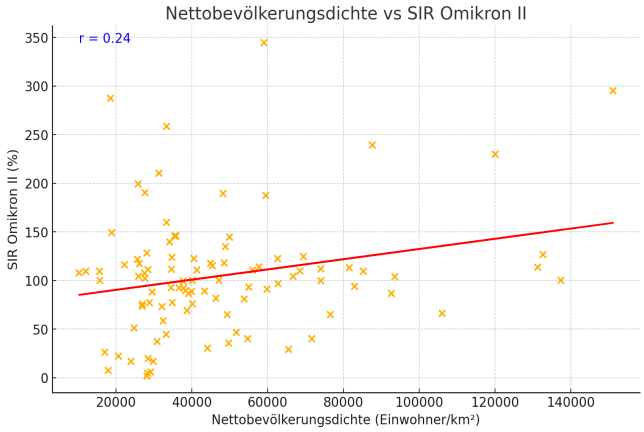


Abbildung 9: Scatterplots – Nettobevölkerungsdichte und SIR
Die Scatterplots veranschaulichen die Beziehung zwischen der Nettobevölkerungsdichte der 98 Lübecker Sozialräume und den SIR in den fünf Pandemiephasen.

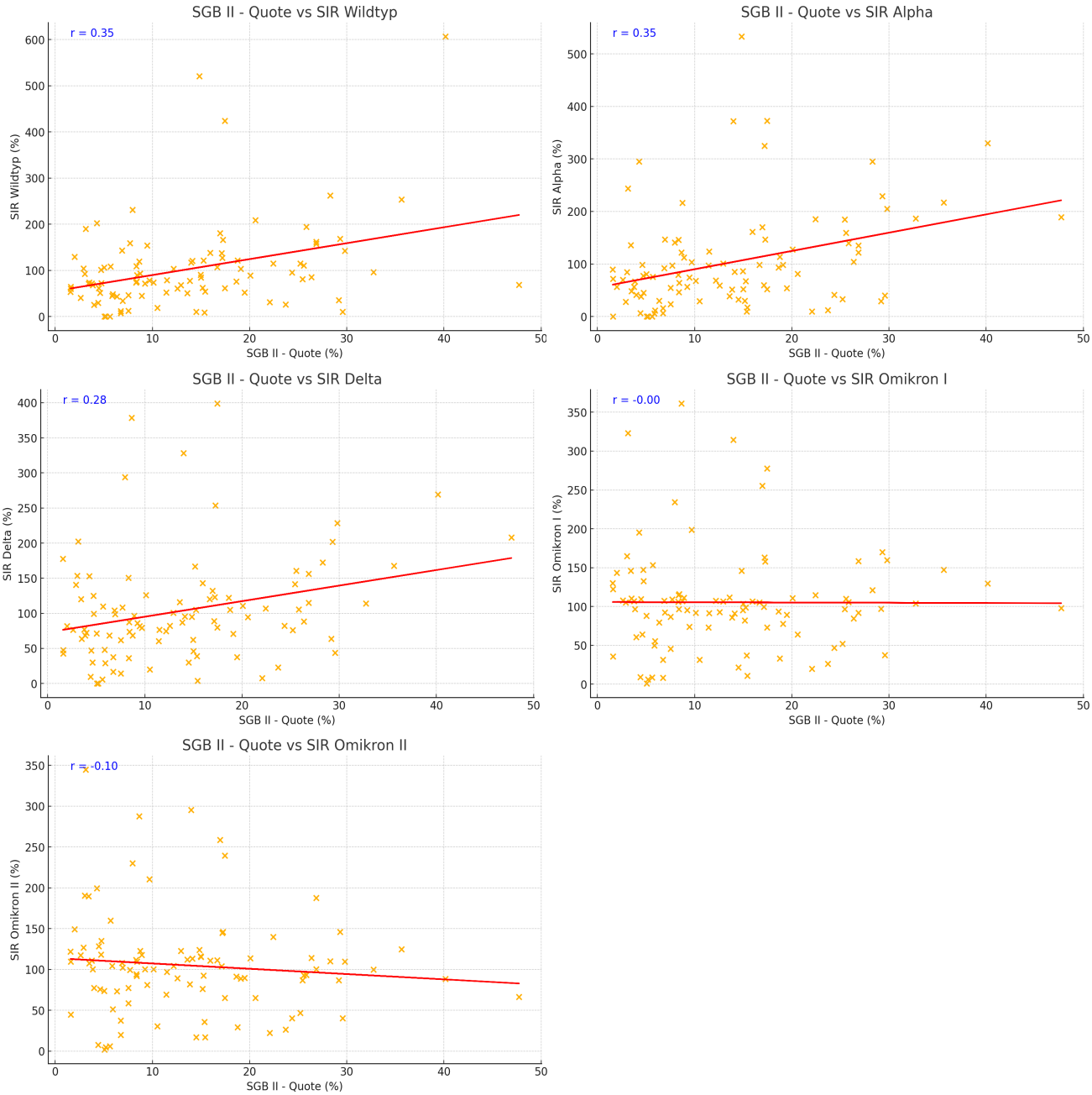


Abbildung 10: Scatterplots – SGB II-Quote und SIR
Dargestellt ist der Zusammenhang zwischen der SGB II-Quote je Sozialraum und den SIR in den verschiedenen Phasen der SARS-CoV-2-Pandemie.

3.3 Multiple Regressionsanalysen

Die multiple lineare Regression zur Untersuchung des SIR-Wildtyp-Wertes zeigte, dass nur die Ausländerquote einen signifikanten Einfluss hatte (p = 0,043). Eine Erhöhung der Ausländerquote um 1 Prozentpunkt führte zu einer Zunahme des SIR um ca. 4,3 Prozentpunkte (95 % KI 0,14 % - 8,50 %). Alle anderen untersuchten Variablen wie die SGB II-Quote, die Nettobevölkerungsdichte, sowie die Kontrollvariablen der Impfquote und der Frauenanteil zeigten keine signifikanten Effekte. Das Modell konnte etwa 13,04 % der Varianz erklären (Tabelle 4). Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in der Regression der SIR-Alpha-Variante. Hier war die Ausländerquote ebenfalls signifikant, wobei eine Erhöhung um 1 Prozentpunkt zu einer Zunahme des SIR um 4,7 Prozentpunkte führte (p = 0,036; 95 %-KI 0,32 % - 9,08 %). Keine weitere Variable hatte einen statistisch signifikanten Einfluss. Das Modell erklärte 18,1 % der Varianz der SIR-Alpha (Tabelle 4).

Für die SIR-Delta-Variante ergab die Regression, dass die Ausländerquote mit einem p von 0,20 nicht mehr das Signifikanzniveau von 5 % erreichte. Dafür stellte sich die Nettobevölkerungsdichte mit einem p = 0,004 mit einem signifikanten Effekt dar. Eine Erhöhung der Nettobevölkerungsdichte um 1000 Einwohner pro Quadratkilometer korrelierte mit einer Zunahme des SIR von 0,81 Prozentpunkten (95 % KI 0,26 % - 1,36 %). Das Modell erklärte 15,43 % der Varianz (Tabelle 4). Auch in den Regressionsmodellen zu Omikron I und Omikron II zeigte sich die Nettobevölkerungsdichte als signifikant. Für beide Varianten führte eine Erhöhung der Nettobevölkerungsdichte um 1000 Einwohner pro Quadratkilometer zu einer Zunahme des SIR um etwa 0,60 Prozentpunkte (Omikron I: p = 0,0199; Omikron II: p = 0,0098; 95 %-KI 0,10 % - 1,11 % bzw. 0,16 % - 1,11 %). Darüber hinaus war in der Regression für die Omikron II-Variante der Einfluss der SGB II-Quote annähernd signifikant (p = 0,053), wobei eine Erhöhung um 1 Prozentpunkt zu einem Rückgang des SIR um 1,88 Prozentpunkte führte (95 % KI -3,79 % - 0,02 %). Keine der weiteren untersuchten Variablen zeigte in den beiden Modellen signifikante Effekte. Das Modell für die Omikron I-Variante erklärte 4,33 % der Varianz, während das Modell für die Omikron II-Variante 5,85 % der Varianz erklärte (Tabelle 4).

Tabelle 4: Ergebnisse der Multiplen Regressionsmodelle

Koeffizient	Schätzwert	95 % Konfidenzintervall	p-Wert
SIR-Wildtyp Regression			
SGB II-Quote	1,23	(-1,53 ; 3,99)	0,3766
Ausländerquote	**4,32**	**(0,14 ; 8,50)**	**0,0431**
Nettobevölkerungsdichte	0,00005	(-0.00064 ; 0,00074)	0,8793
Frauenanteil	3,23	(-4,73 ; 11,20)	0,4223
Adjusted R-squared	0,13		
SIR-Alpha Regression			
SGB II-Quote	0,49	(-2,24 ; 3,21)	0,7234
Ausländerquote	**4,70**	**(0,32 ; 9,08)**	**0,0359**
Nettobevölkerungsdichte	0,00049	(-0,00018 ; 0,00116)	0,1525
Frauenanteil	3,98	(-3,96 ; 11,91)	0,3220
Impfquote Alpha	-2,18	(-9,32 ; 4,96)	0,5456
Adjusted R-squared	0,18		
SIR-Delta Regression			
SGB II-Quote	0,25	(-2,10 ; 2,60)	0,8310
Ausländerquote	2,25	(-1,22 ; 5,72)	0,2013
Nettobevölkerungsdichte	**0,00081**	**(0,00026 ; 0,00136)**	**0,0044**
Frauenanteil	2,10	(-4,22 ; 8,43)	0,5105
Impfquote Delta	0,02	(-2,92 ; 2,97)	0,9879
Adjusted R-squared	0,15		
SIR-Omikron I Regression			
SGB II-Quote	-1,45	(-3,47 ; 0,58)	0,1590
Ausländerquote	1,40	(-1,93 ; 4,71)	0,4066
Nettobevölkerungsdichte	**0,00060**	**(0,00010 ; 0,00111)**	**0,0199**
Frauenanteil	2,92	(-3,50 ; 9,35)	0,3686
Impfquote Omikron	-0,52	(-2,64 ; 1,59)	0,6234
Adjusted R-squared	0,043		
SIR-Omikron II Regression			
SGB II-Quote	-1,88	(-3,79 ; 0,02)	0,0526
Ausländerquote	0,85	(-2,28 ; 3,98)	0,5904
Nettobevölkerungsdichte	**0,00063**	**(0,00016 ; 0,00111)**	**0,0098**
Frauenanteil	1,67	(-4,39 ; 7,73)	0,5848
Impfquote Omikron	-0,58	(-2,58 ; 1,41)	0,5625
Adjusted R-squared	0,059		

Die Tabelle zeigt die Koeffizienten und ihre Schätzwerte, die 95 %-KI, p-Werte und adjustierten R^2 der multiplen linearen Regressionsmodelle für die SIR in den unterschiedlichen Viruszeiträumen (Wildtyp, Alpha, Delta, Omikron I und Omikron II). Statistisch signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$) sind fett markiert.

3.4. Robustheitsanalyse

Die räumliche Autokorrelationsanalyse der SIR für die verschiedenen Phasen der COVID-19-Pandemie in Lübeck zeigte, dass keine signifikante räumliche Autokorrelation zwischen den Sozialräumen vorlag. Die Ergebnisse des Moran's-I-Tests ergaben für alle untersuchten Phasen negative Moran's-I-Werte, begleitet von hohen p-Werten, die über dem gewählten Signifikanzniveau von 0,05 lagen. Dies weist darauf hin, dass die räumliche Anordnung der SIR-Werte nicht systematisch ist und keine räumlichen Cluster vorhanden waren.

Die Moran's-I-Werte und die entsprechenden p-Werte waren wie folgt:
Wildtyp - Moran's I = -0,0296 (p = 0,6318),
Alpha - Moran's I = -0,0750 (p = 0,8608),
Delta - Moran's I = -0,0578 (p = 0,7855),
Omikron I - Moran's I = -0,1380 (p = 0,9834), und
Omikron II - Moran's I = -0,0910 (p = 0,9096).

4. Diskussion

Diese Arbeit untersuchte den Einfluss von Indikatoren sozioökonomischer Deprivation, konkret der Ausländerquote, der SGB II-Quote und der Bevölkerungsdichte, auf die Verteilung der SARS-CoV-2-Inzidenzen in Lübeck. Im Fokus stand dabei die Frage, wie diese Variablen mit der Inzidenzrate in den verschiedenen Sozialräumen korrelieren und wie sich diese Zusammenhänge im Verlauf der Pandemie in Abhängigkeit von den Virusvarianten veränderten. Ein weiteres Ziel war es, mögliche Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen abzuleiten, die in zukünftigen Infektions-Situationen genutzt werden könnten. Im Folgenden werden die Ergebnisse mit Betrachtung der Stärken und Limitationen des eigenen Ansatzes sowie unter Einbeziehung der aktuellen Literatur diskutiert.

4.1 Darstellung der wesentlichen Ergebnisse

Die explorative Analyse der Korrelationen zeigte, dass die Ausländerquote, SGB II-Quote und Nettobevölkerungsdichte zu Beginn der Pandemie einen moderaten Einfluss auf das SIR hatten. Sozialräume mit höherer Ausländerquote und SGB II-Quote wiesen tendenziell höhere Inzidenzraten auf, wobei dieser Effekt im Verlauf der Pandemie abnahm und am Ende nicht mehr signifikant war. Die Nettobevölkerungsdichte erreichte während der Delta-Variante ihren stärksten Einfluss, wobei Sozialräume mit höherer Dichte höhere Inzidenzraten verzeichneten.

Die multiplen Regressionsanalysen verdeutlichten, dass die Ausländerquote zu Beginn der Pandemie, insbesondere in den Wildtyp- und Alpha-Phasen, signifikant mit höheren Inzidenzraten verbunden war. Ab der Delta-Phase verlor dieser Zusammenhang an Signifikanz, während die Nettobevölkerungsdichte in den Vordergrund trat. Sozialräume mit höherer Bevölkerungsdichte wiesen durchgehend höhere Inzidenzraten auf, wobei dieser Effekt bis zum Ende der Pandemie signifikant blieb. In der Omikron-II-Phase zeigte sich zudem ein tendenziell negativer Zusammenhang zwischen der SGB II-Quote und den Inzidenzraten, was darauf hinweist, dass höhere SGB II-Quoten mit geringeren Infektionsraten verbunden waren. Insgesamt erklärten die Regressionsmodelle mit maximal 18 % nur einen Teil der potenziellen Ursachen der Varianz der SARS-CoV-2-SIR in den verschiedenen Sozialräumen.

4.2 Vergleich mit anderen Studien

Die vorliegenden Ergebnisse wurden mit anderen Arbeiten verglichen und ausgewertet. Ein direkter Vergleich schien bestmöglich mit Studien, die a) in Deutschland durchgeführt wurden, da hier ähnliche Rahmenbedingungen herrschten, wie z.B. der Zeitpunkt von Lockdown-Maßnahmen oder der Start der Impfkampagnen, b) die Untersuchungseinheiten den sozialen und demografischen Strukturen der Hansestadt Lübeck möglichst gleichen, c) ähnliche statistische Modelle verwendet haben und d) eine vergleichbare Zielsetzung und Fragestellung zu der unseren aufweisen. Nah an diesen Faktoren ist die Untersuchung von Schulze-Böing aus der Stadt Offenbach am Main (2022). In seiner Analyse von Daten aus dem Zeitraum Januar bis Mai 2021 aus der 140.000-Einwohnerstadt gibt der Autor ein Bestimmheitsmaß (R^2) von 0,08 für den Ausländeranteil bzw. 0,14 für die SGB II-Quote bezogen auf den Zusammenhang zur SARS-CoV-2-Inzidenz an. Die Daten der Korrelationsanalysen basierten auf den 19 statistischen Bezirken der Stadt mit einer Einwohnerspanne von 852 bis 16.000 Einwohnern. Verglichen mit unserer Analyse entspricht dies dem Zeitraum der Virusvariante Alpha. Mit einem R^2 von 0,12 abgeleitet aus den einfachen Korrelationsanalysen der explorativen Datenanalyse für die SGB II-Quote ähneln sich die Ergebnisse in diesem Resultat stark. Das R^2 für die Ausländerquote suggeriert in unserem Fall mit einem Wert von 0,19 jedoch einen stärkeren Zusammenhang zwischen der Ausländerquote und der SARS-CoV-2-Inzidenz als die Offenbacher Untersuchung. Dies ist insofern eine interessante Beobachtung, da der Ausländeranteil in Offenbach im Durchschnitt sowohl deutlich höher ist als in Lübeck (Offenbach: 38,2 %, Lübeck: 11,5 %), als auch zwischen den Untersuchungseinheiten größere Unterschiede in der Ausländerquote bestanden (StdAbw. Offenbach: 11,9 %, Lübeck 7,0 %). Sollte ein starker Zusammenhang zwischen der Ausländerquote und der SARS-CoV-2-Inzidenz in diesem Zeitraum bestanden haben, wären deutlichere Ergebnisse in Offenbach als in Lübeck zu erwarten gewesen.

Die Duisburger Analysen von Straßburger und Mewes (2022) untersuchten den statistischen Zusammenhang der logarithmierten SARS-CoV-2-Fallzahlen pro 100.000 Einwohner auf Ebene der 46 Duisburger Stadtteile vom 9. November 2020 bis zum 14. Februar 2021 und führten hierbei ebenfalls lineare Regressionen auf Basis des OLS-Schätzverfahrens durch. Die Modelle testeten unter anderem die

Variablen SGB II-Quote und Migrationsanteil, von welchem die Ausländerquote eine Teilmenge darstellt. Jedes Modell wurde einzeln gerechnet. In der Kontrollvariablen befanden sich der Anteil der Männer, die Bevölkerungsdichte, ein in der Studie gebildeter Altenquotient und ob der Stadtteil südlich der Autobahn A40 liegt. Sie schlussfolgerten, dass eine Erhöhung der SGB II-Quote bzw. der Migrationsquote um einen Prozentpunkt zu einem Anstieg der COVID-19-Fallzahlen um 3 Prozent- bzw. 2 Prozentpunkte führte. Die Bevölkerungsdichte zeigte nur einen marginalen Einfluss. Das Bestimmtheitsmaß (korrigiertes R^2) der OLS-Regressionen lag bei 0,64 und 0,7, womit sich laut Autoren 64 % und 70 % der Varianz der COVID-19-Fallzahlen durch die unabhängigen Variablen erklären ließen (Straßburger & Mewes, 2022). Der von Straßburger und Mewes betrachtete Zeitraum entspricht bis auf zwei Wochen der von uns durchgeführten Analyse der Virusvariante Wildtyp (11.03.2020 - 26.01.2021). In den von uns durchgeführten OLS-Regressionen können die Ergebnisse der Ausländerquote aufgrund der hohen Überschneidung in ihrer Erstellung näherungsweise mit denen der Migrationsquote verglichen werden. Diese zeigte im genannten Zeitraum mit einem Schätzwert von 4,3 % (95 %-KI 0,14 % - 8,50 %) einen höheren, aber vergleichbaren Einfluss auf die Verteilung der SARS-CoV-2-Inzidenzen. Die SGB II-Quote und die Nettobevölkerungsdichte zeigten keine signifikanten Ergebnisse. Bezogen auf den Anteil der erklärbaren Varianz unterscheiden sich die Ergebnisse deutlich. Das Bestimmtheitsmaß R^2 betrug in unserem Wildtyp-Modell 0,16, womit 16 % statt 64 % bzw. 70 % der Varianz durch das Modell erklärt werden konnten. Ursachen für die Unterschiede in den Ergebnissen könnten darin liegen, dass die Regressionsmodelle unterschiedliche Kontrollvariablen mit einbeziehen. Zudem scheinen die SARS-CoV-2-Inzidenzen in der Duisburger Studie nicht altersstandardisiert worden zu sein. Das Fehlen von Konfidenzintervallen macht es zudem schwierig, die Belastbarkeit der Duisburger Ergebnisse einzuschätzen.

Methodisch ähnlich, aber mit interessanter Abwandlung, untersuchten auch Neuhann et al. (2022) die Zusammenhänge der SARS-CoV-2-Inzidenzen und sozioökonomischen Determinanten mit Daten aus dem Zeitraum Februar 2020 bis Oktober 2021 aus der Stadt Köln auf Ebene der 86 Stadtteile. Auch sie bildeten Regressionsmodelle, in welche unter anderem die SGB II-Quote und der Migrationsanteil eingingen. Allerdings entschieden sie sich aufgrund der bestehenden Multikollinearität zwischen den unabhängigen Variablen dazu, einen

einzigen Sozialindex zu bilden, um den wechselseitigen Einfluss zu reduzieren. Sie nutzten generalisierte lineare Regressionsmodelle und bezogen die Dynamik der altersstandardisierten SARS-CoV-2-Inzidenz dadurch mit in ihre Analyse ein, dass sie als abhängige Variable die Fallzuwachsrate über 34 zeitliche Intervalle (je eine Woche) betrachteten. Während 24 der 34 Fallzuwachsintervalle konnte der gebildete Sozialindex einen signifikanten Beitrag zur Vorhersage der stadtteilspezifischen Inzidenz leisten. „In 23 dieser Intervalle ist sein Beitrag dabei positiv, d. h., eine höhere sozioökonomische Belastung der Stadtteile führt zu einer höheren Inzidenz“ (Neuhann et al., 2022). Interessant ist, dass der von dem Modell erklärbare Anteil der Varianz stark schwankte. So lag dieser „zwischen 6,9 % im Zeitraum 19. bis 29.12.2020 und 57 % im Zeitraum 22. bis 29.08.2021, bei einem Durchschnittswert von 29 %.”, was auf eine starke Schwankung des Einflusses auch der sozioökonomischen Faktoren hindeutet.

Ein weiterer methodisch abweichender, jedoch ebenso relevanter Ansatz stammt von der Bielefelder Arbeitsgruppe um K. Bozorgmehr. Sie untersuchten Daten auf der Ebene der 401 deutschen Landkreise aus den ersten drei Infektionswellen von Januar 2020 bis Mai 2021, um den Zusammenhang zwischen sozioökonomischer Benachteiligung und dem Anteil von Nicht-Staatsangehörigen mit der SARS-CoV-2-Inzidenz zu analysieren. Sie „passten Bayessche raumzeitliche Modelle an und kontrollierten dabei für Alter, Geschlecht, Impfquote, Siedlungsstruktur sowie räumliche und zeitliche Effekte” (Rohleder et al., 2022). Sie errechneten Risk Ratios, die direkte Schätzungen des relativen Risikos zwischen zwei Gruppen ermöglichen, was mit den von uns durchgeführten linearen Regressionsmodellen nicht direkt möglich ist. Als Ergebnis, in Bezug auf das relative Risiko des höchsten gegenüber dem niedrigsten Quintil der Ausländerquote je Landkreis sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren, stellten sie einen zunächst starken und über den Verlauf der Infektionswellen sich abschwächenden Effekt fest. In Zahlen war das Risiko in der ersten Welle um 29–52 % höher, in der zweiten Welle um 13–21 % und während der dritten Welle noch um 7 % erhöht. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen insofern, dass in unseren Modellen ab der Delta-Virusvariante (ab 16. Juni 2021) kein statistisch signifikanter Zusammenhang mehr zwischen dem Ausländeranteil und der SARS-CoV-2-Inzidenz festgestellt werden konnte.

4.3 Bedeutung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir den Einfluss der Ausländer- und SGB II-Quote sowie der Nettobevölkerungsdichte auf die Verteilung der SARS-CoV-2-Inzidenzen auf Ebene der 98 Sozialräume der Hansestadt Lübeck unter Kontrolle von Alter, Geschlecht und approximierter Impfquoten mittels multipler linearer Regressionsmodelle. Unsere Ergebnisse suggerieren, dass zu Beginn der Pandemie, während der dominierenden Virusvarianten Wildtyp und Alpha, die Sozialräume mit einer höheren Ausländerquote stärker von SARS-CoV-2-Infektionen betroffen waren. Je Prozent erhöhter Ausländerquote stieg das von uns betrachtete SIR um 4,3 % bzw. 4,7 %-Punkte an (95 % KI 0,14 % - 9,08 %). Andere betrachtete Faktoren hatten in diesem Zeitraum keinen statistisch signifikanten Einfluss. Mit dem Aufkommen der Mutationen Delta und Omikron reduzierte sich der Einfluss der Ausländerquote. Stattdessen zeigte sich die Nettobevölkerungsdichte als einziger statistisch signifikanter Prädiktor für die Unterschiede der SIR der Sozialräume.

Hieraus ergeben sich zwei Fragestellungen:

Welche Ursachen führten dazu, dass zu Beginn der Pandemie Sozialräume mit erhöhter Ausländerquote höhere SARS-CoV-2-Inzidenzen aufwiesen? Wieso schien sich die Einwohnerdichte erst im Verlauf der Pandemie zu einem signifikanten Prädiktor zu entwickeln, obwohl SARS-CoV-2 meist durch Aerosole bei räumlicher Nähe übertragen wurde?

Vor der Diskussion dieser Fragen ist es zunächst wichtig zu verdeutlichen, dass die von uns durchgeführten Analysen auf räumlicher Ebene stattfanden und somit keine fundierten Aussagen über persönliche Risikofaktoren von Individuen zulassen. Hinzu kommt, dass Korrelationen untersucht wurden und somit nicht direkt auf Kausalität geschlossen werden kann, womit Folgendes als Interpretationsansätze zu verstehen ist.

Die Ausländerquote muss aus unserer Perspektive als Näherungswert für die mit diesem Status assoziierten Eigenschaften gesehen werden. Wir nehmen an, dass die höhere Ausländerquote mit sozioökonomischen Herausforderungen, eingeschränktem Zugang zu Gesundheitsversorgung und Informationen, beengten Wohnverhältnissen sowie einer erhöhten beruflichen Exposition verbunden ist, die das Infektionsrisiko einer SARS-CoV-2-Infektion maßgeblich beeinflusst haben

können (Hayward et al., 2021). Beispielsweise arbeiteten viele Ausländer in Berufen, die ein höheres Ansteckungsrisiko mit sich brachten, wie in der Pflege, im Einzelhandel oder in der Logistik, wo Homeoffice oft keine Option und der direkte Kontakt mit anderen Menschen unvermeidlich waren (Guadagno, 2020; Kuhlmann et al., 2020). Der Rückgang eines Teils dieser negativen Umstände könnte im Verlauf der Pandemie durch die Überbrückung der Sprachbarriere durch bessere Übersetzungen und die verstärkte Bekanntmachung der relevanten Gesundheitsinformationen sowie durch die Bereitstellung kostenloser Testmöglichkeiten und den Zugang zu Alltagsmasken erreicht worden sein. In Bezug auf den nicht signifikanten Einfluss der Bevölkerungsdichte zu Beginn der Pandemie könnte ein Erklärungsansatz in einer potenziell strengeren Einhaltung der AHA-Regeln liegen. In den ersten Monaten der Pandemie bestand große Unsicherheit bezüglich der Informationen zur Übertragbarkeit und Letalität der Virusinfektion, was zur Vorsicht und Reduktion der Anzahl an Kontakten in allen Altersgruppen geführt hat (Wagner et al., 2020). Mit zunehmenden wissenschaftlichen Erkenntnissen, wonach mit großer Mehrheit Menschen über 60 an schweren Verläufen durch COVID-19 erkrankten (Schilling et al., 2020), und mit dem Beginn des Sommers 2021 ist eine Lockerung der persönlichen Vorsichtsmaßnahmen vorstellbar, welche in Sozialräumen mit höheren Nettobevölkerungsdichten zum überproportionalen Anstieg von SARS-CoV-2-Inzidenzen geführt haben könnte. Anders betrachtet könnte geschlussfolgert werden, dass die während der Alphavariante (Januar - Juni 2021) bestehenden Infektionsschutzmaßnahmen besonders erfolgreich waren. Dazu zählten insbesondere die Schließungen der meisten Geschäfte und Dienstleistungsbetriebe. Kindertagesstätten und Schulen wurden entweder geschlossen oder auf Distanzunterricht umgestellt und Unternehmen wurden aufgefordert, den Betrieb soweit möglich ins Homeoffice zu verlagern (Ministerpräsidentenkonferenz (MPK), 2020). Vom 23. April – 30. Juni 2021 wurde mit dem „Vierten Gesetz zum Schutz der Bevölkerung bei einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite” zudem ein Gesetz verabschiedet, in welchem in Abhängigkeit von der Inzidenzrate unter anderem die Beschränkungen privater Zusammenkünfte und nächtliche Ausgangssperren verhängt wurden (Bundesgesetzblatt, 2021). Die während der Omikron-Variante kontinuierlich höheren Inzidenzraten innerhalb der bevölkerungsdichteren Sozialräume liegen

wahrscheinlich im aerosolen Transmissionsmechanismus und der über die Virusevolution gesteigerten Infektiosität von SARS-CoV-2 begründet, die in Kombination mit immer geringeren öffentlichen Infektionsschutzmaßnahmen stärker zum Tragen kam und zu vermehrten Übertragungen des Virus in dicht besiedelten Gebieten führte.

Der Rückgang der öffentlichen Infektionsschutzmaßnahmen in der Spätphase der Pandemie (02. Juni 2022 - 05. Mai 2023) führte vielerorts dazu, dass wieder vermehrt Veranstaltungen besucht wurden. Restaurants öffneten ihre Türen, Konzerte fanden statt, und auch große Musikfestivals wurden wieder abgehalten. Eine Bevölkerungsgruppe, die aufgrund knapper finanzieller Mittel möglicherweise weniger an dieser ausgelassenen Stimmung und Kontaktfreudigkeit teilnehmen konnte, sind die Menschen in Sozialräumen mit erhöhter SGB II-Quote. Dies könnte eine mögliche Erklärung dafür sein, dass in diesen ökonomisch schwächer gestellten Gruppen im Regressionsmodell der Omikron II-Phase geringere Infektionsraten festgestellt wurden.

4.4 Stärken und Limitationen der Untersuchung

Die Methodik dieser Arbeit bestand in einer explorativen Datenanalyse mittels Korrelationsmatrix und Scatterplots sowie multiplen Regressionsanalysen von fünf verschiedenen Modellen. Eine Stärke der Arbeit ist das erfolgreiche Zusammentragen einer ausgezeichneten Datengrundlage für die gewählten Modelle. Durch einen engen Austausch mit dem Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie der Universität zu Lübeck, dem örtlichen Gesundheitsamt, der KVSH sowie dem Ministerium für Justiz und Gesundheit des Landes Schleswig-Holstein konnten nahezu alle offiziell gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen der Hansestadt Lübeck auf kleinräumiger Ebene erfasst und ausgewertet werden. Zudem konnte durch die Bildung approximierter Impfquoten eine relevante Kontrollvariable in die Untersuchungen einbezogen werden, welche durch die Kontrolle des Faktors „Geschlecht” und die standardisierten Inzidenzverhältnisse zur Kontrolle des Alters ergänzt wurden. Eine weitere Stärke der Arbeit liegt in der Einteilung der Pandemie nach vorherrschender Virusvariante und der sozialräumlichen Betrachtung der Dynamik der Zusammenhänge über den gesamten Verlauf der Pandemie. Durch die Betrachtung kleinräumiger Einheiten (Sozialräume) konnten Unterschiede in der

Verteilung von SARS-CoV-2-Inzidenzen sichtbar gemacht werden, die auf aggregierter Ebene (z. B. Stadt- oder Kreisebene) nicht erkennbar gewesen wären. Vergleichbare Untersuchungen mit einer derartigen Datenmenge liegen nur vereinzelt vor. Hinzu kommt die lokale Verfügbarkeit der in der Analyse betrachteten unabhängigen Variablen für lokale Entscheidungsträger und die daraus folgende Reproduzierbarkeit der Analysen in anderen Städten zur Überprüfung und zum Vergleich der Ergebnisse. Die Angabe der 95 %-KI sowie die Überprüfung auf räumliche Autokorrelation erlauben eine Einschätzung über die Belastbarkeit der Ergebnisse.

Die Aussagekraft der Ergebnisse wird durch einige Limitationen eingeschränkt. Die Anwendung einer sozialräumlichen Analyse ist mit methodischen Herausforderungen verbunden. So kann das „modifiable areal unit problem“ zu Verzerrungen führen (Y. Wang & Di, 2020), da die Ergebnisse davon abhängen können, wie die räumlichen Einheiten (Sozialräume) abgegrenzt wurden. Es ist möglich, dass innerhalb eines Sozialraums erhebliche soziale Heterogenität besteht. Auch auf statistischer Ebene gibt es Limitationen. Auch wenn lineare Regressionsmodelle als robust gelten, führen die Verletzung der Normalverteilungsannahme der SIR-Residuen sowie die Multikollinearität zwischen einzelnen unabhängigen Variablen zu potenziellen Verzerrungen der Regressionskoeffizienten und zu vergrößerten Standardfehlern, was die Präzision und Zuverlässigkeit der Schätzungen beeinträchtigten. Dies äußert sich in relativ breiten 95 %-KI, die sichere Aussagen und die Interpretation der Ergebnisse erschweren. Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Beobachtungseinheit der „Sozialräume“ den Wohnort der infizierten Person repräsentiert. Da die Menschen jedoch auch während der Pandemie mobil waren und in anderen Sozialräumen arbeiteten oder einkauften, könnten sich „Infektionsort“ und „Wohnort“ in Bezug auf den Sozialraum unterscheiden, was in der Analyse nicht berücksichtigt werden konnte. Auch die Dunkelziffer der SARS-CoV-2-Infektionen, die nach den Autoren der in Lübeck durchgeführten ELISA-Studie zwischen 92 % im Mai 2020 und 29 % im Februar 2021 lag, konnte nicht näher mit einbezogen werden und könnte je nach Sozialraum unterschiedlich hoch ausgefallen sein (Klein et al., 2022). Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist aufgrund der spezifischen Merkmale der Lübecker Stichprobe eingeschränkt, weshalb sie besonders auf städtische Gebiete

mit ähnlicher sozioökonomischer und demografischer Struktur anwendbar sind, jedoch möglicherweise nicht auf ländliche Regionen oder Städte mit abweichenden sozialen Verhältnissen übertragen werden können. Schließlich ist zu erwähnen, dass die in dieser Untersuchung verwendeten Modelle mit einer maximal erklärten Varianz von 18 % nur einen geringen Anteil der Unterschiede in den SIR zwischen den verschiedenen Sozialräumen erklären konnten, was darauf hindeutet, dass der Großteil der Varianz durch andere, in der Analyse nicht berücksichtigte Variablen, bedingt ist.

4.5 Handlungsempfehlungen

Die dritte Frage in der Einleitung dieser Arbeit lautete, ob Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen der Untersuchungen abgeleitet werden können und wenn ja, welche.

Insgesamt legen die Ergebnisse der von uns durchgeführten Analysen nahe, dass Sozialräume mit einem höheren Anteil sozioökonomisch schwächer gestellten Einwohnern erhöhter Schutz- bzw. Fördermaßnahmen im Rahmen von epidemischen Situationen bedürfen, insbesondere in den Frühphasen potenzieller Infektionsgeschehen. Als praktische Entscheidungsheuristik für die Verteilung der Ressourcen könnte die in den meisten Statistikämtern verfügbare lokale Variable der Ausländerquote der jeweiligen Sozialräume dienen, die sich als Indikator für verschiedene Risikofaktoren erwiesen hat. Daraus ergibt sich die Empfehlung, spezifische Strategien zu entwickeln, die eine frühzeitige Intervention und einen niedrigschwelligen Zugang zu Schutz- und Informationsangeboten ermöglichen.

Um die Verbreitung relevanter Gesundheitsinformationen in migrantischen Bevölkerungsgruppen zu fördern und Vertrauen in die Maßnahmen zu schaffen, könnte die stärkere Einbindung von Community-basierten Organisationen angestrebt werden. Diese Gruppen, die tiefgehender in den jeweiligen Gemeinschaften verwurzelt sind und kulturelle sowie sprachliche Kompetenzen mitbringen, könnten durch direkte Ansprache der Bewohner eine gezielte Informationsverbreitung über Testmöglichkeiten, Impfangebote und Hygienemaßnahmen sicherstellen. Dies könnte das Wissen über und die Akzeptanz von gesundheitlichen Maßnahmen stärken (Riza et al., 2020). In Lübeck bieten sich bereits vorhandene Strukturen wie die Freiwilligenagentur ePunkt oder

das Lübecker Flüchtlingsforum e.V. an, die gezielt in kommunale Krisenpläne eingebunden werden könnten. Ergänzend zur Einbindung bestehender Gemeinschaftsorganisationen könnte auch der Einsatz von Gesundheitslotsen oder anderen Vertrauenspersonen aus migrantischen Gemeinschaften dazu beitragen, Gesundheitsangebote niedrigschwelliger zugänglich zu machen, wie das MiMi-Projekt („Mit Migranten für Migranten“), welches 2007 in Lübeck anlief und durch interkulturelle Gesundheitslotsen eine direkte Gesundheitsberatung innerhalb migrantischer Gemeinschaften ermöglichen sollte. Eine Neuauflage könnte in zukünftigen Epidemien eine wertvolle Brücke zwischen Gesundheitsbehörden und der ausländischen Bevölkerung bilden (Bekele et al., 2024).

Ein weiterer Schritt könnte die dezentrale Unterbringung von Geflüchteten und Migranten sein, um Überbelegung in Gemeinschaftsunterkünften zu reduzieren. Räumliche Entzerrung verringert nicht nur das Ansteckungsrisiko in Pandemiezeiten, sondern unterstützt auch die soziale Integration, indem Migranten in verschiedenen Stadtteilen eingebunden werden und so Zugang zu lokalen Gemeinschaftsstrukturen erhalten. Die Stadt Lübeck könnte durch Kooperationen mit kommunalen Wohnraumanbietern langfristig auf eine dezentrale Unterbringung hinarbeiten (Council of Europe & European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007).

Eine Möglichkeit den Zugang zu medizinischen Versorgungsangeboten zu erleichtern, stellt die mobile Versorgung in Form von temporären Gesundheitsstationen oder mobilen Versorgungseinheiten dar. Diese Einheiten könnten flexibel in benachteiligten Stadtteilen eingesetzt werden, um die Zugänglichkeit zu Tests und Impfungen sicherzustellen. Durch den Einsatz von Dolmetschern könnte darüber hinaus die sprachliche Hürde gesenkt und die Bereitschaft, medizinische Angebote wahrzunehmen, erhöht werden (Attipoe-Dorcoo et al., 2020). Ein bestehendes Beispiel hierfür ist das Gesundheitsmobil Lübeck, das seit 2007 eine niedrigschwellige Gesundheitsversorgung für sozial benachteiligte Gruppen anbietet. Dieses Angebot könnte erweitert und gezielt für den Einsatz in Epidemien angepasst werden, um eine umfassendere Versorgung in betroffenen Stadtteilen zu gewährleisten. Generell sollte das Ziel sein, ausländische Bevölkerungsgruppen besser in das deutsche Gesundheitssystem zu integrieren und ausreichend Möglichkeiten zu schaffen, notwendige medizinische Interventionen auch ohne Krankenversicherungskarte zugänglich zu machen.

Zusammengefasst erscheinen die Empfehlungen zur Einbindung Community-basierter Organisationen sowie der mobile Zugang zu Gesundheitsdiensten als kosteneffiziente und leichter umsetzbare Maßnahmen, die durch eine gezielte Förderung die Gesundheit sozial benachteiligter und ausländischer Bevölkerungsgruppen effektiv stärken könnten. Die dezentrale Unterbringung von Geflüchteten scheint aufgrund der höheren finanziellen Belastung und rechtlichen Anforderungen komplexer und erfordert eine intensivere Abstimmung. Es gilt für Entscheidungsträger die in dieser Arbeit vorgestellten Erkenntnisse mit denen anderer Forschungsgruppen zu ergänzen, um im Falle eines erneuten Infektionsgeschehens die bestmöglichen Gegenmaßnahmen einzuleiten.

5. Zusammenfassung

Die zwischen 2019 und 2023 herrschende SARS-CoV-2-Pandemie verursachte weltweit großen körperlichen, seelischen und finanziellen Schaden. Die Gefahr erneuter globaler Infektionsgeschehen ist allgegenwärtig. Mit der Ausbreitung des Mpox-Virus im Jahr 2024 wurde bereits der achte PHEIC seit dem Jahr 2005 von der WHO ausgerufen. Um in einer globalisierten Welt künftig besser auf pandemische Erreger vorbereitet zu sein, gilt es, die gerade vergangene Pandemie bestmöglich aufzuarbeiten und Lehren zu ziehen. Vor diesem Hintergrund untersuchten wir in dieser Doktorarbeit auf der Ebene von 98 Sozialräumen mit jeweils 1.000 bis 5.500 Einwohnern den Zusammenhang zwischen den lokal verfügbaren räumlich-sozialen Determinanten „Ausländerquote“, „Bevölkerungsdichte“ und „SGB II-Quote“ und der Ausbreitung und dem Verlauf der SARS-CoV-2-Inzidenz in der Hansestadt Lübeck. Hierfür teilten wir die Pandemie nach vorherrschender Virusvariante in die Zeiträume Wildtyp, Alpha, Delta, Omikron I und Omikron II ein und bildeten insgesamt fünf multiple lineare Regressionsmodelle unter Kontrolle auf Alter, Geschlecht und approximierter Impfquote. Unsere Ergebnisse suggerieren, dass während der dominierenden Virusvarianten Wildtyp und Alpha die Sozialräume mit einer höheren Ausländerquote stärker von SARS-Cov-2-Infektionen betroffen waren. Je Prozent erhöhter Ausländerquote stieg das von uns betrachtete SIR um 4,3 %- bzw. 4,7 %-Punkte (95 % KI 0,14 - 9,08 %). Mit dem Aufkommen der Mutationen Delta und Omikron reduzierte sich der Einfluss der Ausländerquote und die

Nettobevölkerungsdichte zeigte sich als einziger statistisch signifikanter Prädiktor für die Unterschiede der untersuchten SIR. Insgesamt legen die Ergebnisse nahe, dass insbesondere in den Frühphasen eines Infektionsgeschehens in Sozialräumen mit niedrigerem SES spezifische Maßnahmen erforderlich sind. Zu diesen könnten die Einbindung Community-basierter Organisationen und die Bereitstellung mobiler Gesundheitsdienste zählen. Ein Großteil der Unterschiede in den Inzidenzraten bleibt durch unsere Analysen unerklärt, was auf die Notwendigkeit weiterer Forschung hinweist, um die Komplexität der Zusammenhänge im Infektionsgeschehen bestmöglich zu verstehen. Hierfür könnte perspektivisch eine verbesserte Datenqualität und -haltung, insbesondere durch elektronisch erfasste und anonymisierte Daten auf noch kleinräumigerer Ebene, die Erhebung zusätzlicher Variablen wie Bildungsstand und Sprachbarrieren, sowie ein erleichterter Forschungszugang zu diesen Daten hilfreich sein.

6. Literaturverzeichnis

Alimohamadi, Y., Taghdir, M., & Sepandi, M. (2020). Estimate of the Basic Reproduction Number for COVID-19: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Public Health = Yebang Uihakhoe Chi*, *53*(3), 151–157. https://doi.org/10.3961/jpmph.20.076

Alimohamadi, Y., Tola, H. H., Abbasi-Ghahramanloo, A., Janani, M., & Sepandi, M. (2021). Case fatality rate of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, *62*(2), E311–E320. https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2021.62.2.1627

Attipoe-Dorcoo, S., Delgado, R., Gupta, A., Bennet, J., Oriol, N. E., & Jain, S. H. (2020). Mobile health clinic model in the COVID-19 pandemic: Lessons learned and opportunities for policy changes and innovation. *International Journal for Equity in Health*, *19*(1), 73. https://doi.org/10.1186/s12939-020-01175-7

Bekele, F., Yu, K., Archbold, S., Mann, E., Dawson-Hahn, E., & Aziz, O. (2024). The Community Health Response Team: A culturally and linguistically tailored community response to COVID-19 addressing barriers to testing and vaccinations for refugee, immigrant and migrant communities in Atlanta, Georgia. *Frontiers in Public Health*, *12*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1362705

Bundesgesetzblatt (Hrsg.). (2021). *Viertes Gesetz zum Schutz der Bevölkerung bei einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite*. *1*(18). https://dip.bundestag.de/vorgang/viertes-gesetz-zum-schutz-der-bev%C3%B6lkerung-bei-einer-epidemischen-lage/276429 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Bundesministerium für Gesundheit. (2021). *Verordnung zur molekulargenetischen Surveillance des Coronavirus SARS-CoV-2 (Coronavirus-Surveillanceverordnung – CorSurV)*. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/C/Coronavirus/Verordnungen/CorSurV_BAnz_AT_19.01.2021_V2.pdf ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Carus, W. S. (2017). A Short History of Biological Warfare: From Pre-History to the 21st Century. *Center for the Study of Weapons of Mass Destruction, National Defense University*, *Occasional Paper No. 12*. https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/occasional/cswmd/CSWMD_OccasionalPaper-12.pdf

Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses. (2020). The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: Classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nature Microbiology*, *5*(4), 536–544. https://doi.org/10.1038/s41564-020-0695-z

Council of Europe & European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. (2007). *Housing and integration of migrants in Europe: Good practice guide*. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2008/housing-and-integration-migrants-europe-good-practice-guide-resume

Dragano, N., Hoebel, J., Wachtler, B., Diercke, M., Lunau, T., & Wahrendorf, M. (2021). Soziale Ungleichheit in der regionalen Ausbreitung von SARS-CoV-2. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*,

64(9), 1116–1124. https://doi.org/10.1007/s00103-021-03387-w

Endt, C., Fischer, L., Grefe-Huge, C., Klack, M., & Tröger, J. (2021, Juni 1). Soziale Ungleichheit und Corona: Das sind die Corona-Hotspots in deutschen Großstädten. *Die Zeit*. https://www.zeit.de/wissen/2021-05/soziale-ungleichheit-corona-infektionen-aermere-stadtteile-datenanalyse-soziale-brennpunkte ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Faramarzi, A., Norouzi, S., Dehdarirad, H., Aghlmand, S., Yusefzadeh, H., & Javan-Noughabi, J. (2024). The global economic burden of COVID-19 disease: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Systematic Reviews*, *13*(1), 68. https://doi.org/10.1186/s13643-024-02476-6

Garland, P., Babbitt, D., Bondarenko, M., Sorichetta, A., Tatem, A. J., & Johnson, O. (2020). *Lived population density and the spread of COVID-19* (arXiv:2005.01167; Version 1). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.01167

Grasselli, G., Zangrillo, A., Zanella, A., Antonelli, M., Cabrini, L., Castelli, A., Cereda, D., Coluccello, A., Foti, G., Fumagalli, R., Iotti, G., Latronico, N., Lorini, L., Merler, S., Natalini, G., Piatti, A., Ranieri, M. V., Scandroglio, A. M., Storti, E., … COVID-19 Lombardy ICU Network. (2020). Baseline Characteristics and Outcomes of 1591 Patients Infected With SARS-CoV-2 Admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA*, *323*(16), 1574–1581. https://doi.org/10.1001/jama.2020.5394

Guadagno, L. (2020). Migrants and the COVID-19 pandemic: An initial analysis. *International Organization for Migration (IOM)*. https://publications.iom.int/books/mrs-no-60-migrants-and-covid-19-pandemic-initial-analysis

Gupta, A., Madhavan, M. V., Sehgal, K., Nair, N., Mahajan, S., Sehrawat, T. S., Bikdeli, B., Ahluwalia, N., Ausiello, J. C., Wan, E. Y., Freedberg, D. E., Kirtane, A. J., Parikh, S. A., Maurer, M. S., Nordvig, A. S., Accili, D., Bathon, J. M., Mohan, S., Bauer, K. A., … Landry, D. W. (2020). Extrapulmonary manifestations of COVID-19. *Nature Medicine*, *26*(7), 1017–1032. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0968-3

Hansestadt Lübeck - Bereich Soziale Sicherung. (2022). https://www.luebeck.de/files/rathaus/verwaltung/soziale_sicherung/Sozialbericht2022.pdf ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Hansestadt Lübeck - Kommunale Statistikstelle. (2023). *Statistisches Jahrbuch 2019 – 2022*. https://bekanntmachungen.luebeck.de/dokumente/d/1720/inline ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Harvey, W. T., Carabelli, A. M., Jackson, B., Gupta, R. K., Thomson, E. C., Harrison, E. M., Ludden, C., Reeve, R., Rambaut, A., COVID-19 Genomics UK (COG-UK) Consortium, Peacock, S. J., & Robertson, D. L. (2021). SARS-CoV-2 variants, spike mutations and immune escape. *Nature Reviews. Microbiology*, *19*(7), 409–424. https://doi.org/10.1038/s41579-021-00573-0

Hasan Bhuiyan, M. T., Mahmud Khan, I., Rahman Jony, S. S., Robinson, R., Nguyen, U.-S. D. T., Keellings, D., Rahman, M. S., & Haque, U. (2021). The Disproportionate Impact of COVID-19 among Undocumented Immigrants and Racial Minorities in the US. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(23), Article 23. https://doi.org/10.3390/ijerph182312708

Hayward, S. E., Deal, A., Cheng, C., Crawshaw, A., Orcutt, M., Vandrevala, T. F.,

Norredam, M., Carballo, M., Ciftci, Y., Requena-Méndez, A., Greenaway, C., Carter, J., Knights, F., Mehrotra, A., Seedat, F., Bozorgmehr, K., Veizis, A., Campos-Matos, I., Wurie, F., … Hargreaves, S. (2021). Clinical outcomes and risk factors for COVID-19 among migrant populations in high-income countries: A systematic review. *Journal of Migration and Health*, *3*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.jmh.2021.100041

IPBES. (2020). *Workshop Report on Biodiversity and Pandemics of the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)* (Version 1.4). Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.4147317

Jernigan, D. B., Raghunathan, P. L., Bell, B. P., Brechner, R., Bresnitz, E. A., Butler, J. C., Cetron, M., Cohen, M., Doyle, T., Fischer, M., Greene, C., Griffith, K. S., Guarner, J., Hadler, J. L., Hayslett, J. A., Meyer, R., Petersen, L. R., Phillips, M., Pinner, R., … Team1, the N. A. E. I. (2002). Investigation of Bioterrorism-Related Anthrax, United States, 2001: Epidemiologic Findings. *Emerging Infectious Diseases*, *8*(10), 1019. https://doi.org/10.3201/eid0810.020353

Kelsey, J. L., Whittemore, A. S., Evans, A. S., Thompson, W. D., Kelsey, J. L., Whittemore, A. S., Evans, A. S., & Thompson, W. D. (1996). *Methods in Observational Epidemiology* (Second Edition, Second Edition). Oxford University Press.

Khanijahani, A., Iezadi, S., Gholipour, K., Azami-Aghdash, S., & Naghibi, D. (2021). A systematic review of racial/ethnic and socioeconomic disparities in COVID-19. *International Journal for Equity in Health*, *20*, 248. https://doi.org/10.1186/s12939-021-01582-4

Klein, C., Borsche, M., Balck, A., Föh, B., Rahmöller, J., Peters, E., Knickmann, J., Lane, M., Vollstedt, E.-J., Elsner, S. A., Käding, N., Hauswaldt, S., Lange, T., Hundt, J. E., Lehrian, S., Giese, J., Mischnik, A., Niemann, S., Maurer, F., … Katalinic, A. (2022). One-year surveillance of SARS-CoV-2 transmission of the ELISA cohort: A model for population-based monitoring of infection risk. *Science Advances*, *8*(15), eabm5016. https://doi.org/10.1126/sciadv.abm5016

Kluge, S., Janssens, U., Welte, T., Schälte, G., Spinner, C. D., Malin, J. J., Langer, F., Westhoff, M., Pfeifer, M., Rabe, K. F., Bracht, H., Hoffmann, F., Böttiger, B. W., Weinmann-Menke, J., Kersten, A., Berlit, P., Krawczyk, M., Nehls, W., Haase, R., … Marx, G. (2024). *S3-Leitlinie Empfehlungen zur Therapie von Patienten mit COVID-19—Living Guideline*. https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/113-001 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Kuhlmann, E., Falkenbach, M., Klasa, K., Pavolini, E., & Ungureanu, M.-I. (2020). Migrant carers in Europe in times of COVID-19: A call to action for European health workforce governance and a public health approach. *European Journal of Public Health*, *30*(Supplement_4), iv22–iv27. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa126

Kroll, L. E., Schumann, M., Hoebel, J., & Lampert, T. (2017). Regionale Unterschiede in der Gesundheit – Entwicklung eines sozioökonomischen Deprivationsindex für Deutschland. Journal of Health Monitoring, 2(2), 103–120. https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-035

Lim, P. L., Kurup, A., Gopalakrishna, G., Chan, K. P., Wong, C. W., Ng, L. C., Se-Thoe, S. Y., Oon, L., Bai, X., Stanton, L. W., Ruan, Y., Miller, L. D., Vega, V. B., James, L., Ooi, P. L., Kai, C. S., Olsen, S. J., Ang, B., & Leo, Y.-S. (2004).

Laboratory-Acquired Severe Acute Respiratory Syndrome. *New England Journal of Medicine*, *350*(17), 1740–1745. https://doi.org/10.1056/NEJMoa032565

Lübecker Bürgerschaft. (1972). *Satzung der Hansestadt Lübeck über die Neugliederung des Stadtgebietes vom 2. Oktober 1972*. https://bekanntmachungen.luebeck.de/ortsrecht/d/1-6/download ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Manheim, D., & Lewis, G. (2022). *High-risk human-caused pathogen exposure events from 1975-2016* (10:752). F1000Research. https://doi.org/10.12688/f1000research.55114.2 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Mathieu, E., Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Appel, C., Giattino, C., Hasell, J., Macdonald, B., Dattani, S., Beltekian, D., Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2020a). Coronavirus Pandemic (COVID-19). *Our World in Data*. https://ourworldindata.org/covid-deaths ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Mathieu, E., Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Appel, C., Giattino, C., Hasell, J., Macdonald, B., Dattani, S., Beltekian, D., Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2020b). Coronavirus Pandemic (COVID-19). *Our World in Data*. https://ourworldindata.org/covid-cases ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Md Iderus, N. H., Lakha Singh, S. S., Mohd Ghazali, S., Yoon Ling, C., Cia Vei, T., Md Zamri, A. S. S., Ahmad Jaafar, N., Ruslan, Q., Ahmad Jaghfar, N. H., & Gill, B. S. (2022). Correlation between Population Density and COVID-19 Cases during the Third Wave in Malaysia: Effect of the Delta Variant. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(12), 7439. https://doi.org/10.3390/ijerph19127439

Ministerpräsidentenkonferenz (MPK). (2020). *Telefonkonferenz der Bundeskanzlerin mit den Regierungschefinnen und Regierungschefs der Länder am 13. Dezember 2020*. https://www.bundesregierung.de/resource/blob/997532/1827366/69441fb68435a7199b3d3a89bff2c0e6/2020-12-13-beschluss-mpk-data.pdf?download=1 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Montgomery, D., Peck, E., & Vinning, G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis (Wiley Series in Probability and Statistics)*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

Neuhann, F., Ginzel, S., Buess, M., Wolff, A., Kugler, S., Schlanstedt, G., Kossow, A., Nießen, J., & Rüping, S. (2022). Die zeitlich-räumliche Verteilung von COVID-19 in Köln und beeinflussende soziale Faktoren im Zeitraum Februar 2020 bis Oktober 2021. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, *65*(9), 853–862. https://doi.org/10.1007/s00103-022-03573-4

Oh, D. Y., Hölzer, M., Paraskevopoulou, S., Trofimova, M., Hartkopf, F., Budt, M., Wedde, M., Richard, H., Haldemann, B., Domaszewska, T., Reiche, J., Keeren, K., Radonić, A., Ramos Calderón, J. P., Smith, M. R., Brinkmann, A., Trappe, K., Drechsel, O., Klaper, K., … for the Integrated Molecular Surveillance for SARS-CoV-2 (IMS-SC2) Laboratory Network. (2022). Advancing Precision Vaccinology by Molecular and Genomic Surveillance of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Germany, 2021. *Clinical Infectious Diseases*, *75*(Supplement_1), S110–S120. https://doi.org/10.1093/cid/ciac399

Peckham, R. (2021). ‘Huge but Unknown’: China in the Memory of the 1918–19 Influenza Pandemic. In G. Beiner (Hrsg.), *Pandemic Re-Awakenings: The Forgotten and Unforgotten „Spanish“ Flu of 1918-1919* (S. 0). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780192843739.003.0016

Plümper, T., & Neumayer, E. (2020). *The COVID-19 Pandemic Predominantly Hits Poor Neighborhoods, or does it? Evidence from Germany* (S. 2020.05.18.20105395). medRxiv. https://doi.org/10.1101/2020.05.18.20105395

Riza, E., Kalkman, S., Coritsidis, A., Koubardas, S., Vassiliu, S., Lazarou, D., Karnaki, P., Zota, D., Kantzanou, M., Psaltopoulou, T., & Linos, A. (2020). Community-Based Healthcare for Migrants and Refugees: A Scoping Literature Review of Best Practices. *Healthcare*, *8*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/healthcare8020115

RKI. (2022). *SARS-CoV-2: Virologische Basisdaten sowie Virusvarianten im Zeitraum von 2020—2022*. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Virologische_Basisdaten.html?nn=13490888#doc14716546bodyText9 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

RKI (2024). SARS-CoV-2 Infektionen in Deutschland, Berlin:Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.15033964

RKI. (2024b). *SARS-CoV-2 Sequenzdaten aus Deutschland*. https://doi.org/10.5281/zenodo.12806236 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Rohleder, S., Costa, D. D., & Bozorgmehr, P. K. (2022). Area-level socioeconomic deprivation, non-national residency, and Covid-19 incidence: A longitudinal spatiotemporal analysis in Germany. *EClinicalMedicine*, *49*, 101485. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101485

Rose, S., & Nelson, C. (2023). *Understanding AI-Facilitated Biological Weapon Development*. https://www.longtermresilience.org/post/report-launch-examining-risks-at-the-intersection-of-ai-and-bio ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Roser, M. (2024). The Spanish flu: The global impact of the largest influenza pandemic in history. *Our World in Data*. https://ourworldindata.org/spanish-flu-largest-influenza-pandemic-in-history ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024

Sabin, N. S., Calliope, A. S., Simpson, S. V., Arima, H., Ito, H., Nishimura, T., & Yamamoto, T. (2020). Implications of human activities for (re)emerging infectious diseases, including COVID-19. *Journal of Physiological Anthropology*, *39*(1), 29. https://doi.org/10.1186/s40101-020-00239-5

Sandbrink, J. B. (2023). *Artificial intelligence and biological misuse: Differentiating risks of language models and biological design tools* (arXiv:2306.13952). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.13952

Schilling, J., Lehfeld, A.-S., Schumacher, D., Ullrich, A., Diercke, M., Buda, S., Haas, W., & Group, R. C.-19 S. (2020). Disease severity of the first COVID-19 wave in Germany using reporting data from the national notification system. *Journal of Health Monitoring*, *5*(Suppl 11), 2. https://doi.org/10.25646/7170

Schulze-Böing, M. (2022). Covid-19 und Sozialstruktur: Einige Ergebnisse der Analyse von Daten der Stadt Offenbach am Main. *Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker, 1–2022*(35), 74–82. https:// nbn-

resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-78543-6
SGB II. (2024a). *Sozialgesetzbuch (SGB) Zweites Buch (II)—Bürgergeld, Grundsicherung für Arbeitsuchende—(Artikel 1 des Gesetzes vom 24. Dezember 2003, BGBl. I S. 2954) § 7 Leistungsberechtigte*. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_2/__7.html ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
SGB II. (2024b). *Sozialgesetzbuch (SGB) Zweites Buch (II)—Bürgergeld, Grundsicherung für Arbeitsuchende—(Artikel 1 des Gesetzes vom 24. Dezember 2003, BGBl. I S. 2954) § 7a Altersgrenze*. https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_2/__7a.html ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
Statistisches Bundesamt. (2024a). *Bevölkerungsdichte*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Glossar/Bevoelkerungsdichte.html ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
Statistisches Bundesamt. (2024b). *Georeferenzierte SGB II-Hilfequoten*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Service/EXSTAT/Datensaetze/sgb-ii-hilfequoten.html ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
Straßburger, M.-L., & Mewes, L. (2022). Der Zusammenhang zwischen sozialen Ungleichheiten und Covid-19 Fallzahlen auf Stadtteilebene – Eine Fallstudie für 46 Stadtteile der Stadt Duisburg. *ZFW – Advances in Economic Geography*, *66*(2), 111–130. https://doi.org/10.1515/zfw-2021-0030
Vaishya, R., Sibal, A., Malani, A., & Prasad, K. H. (2021). SARS-CoV-2 infection after COVID-19 immunization in healthcare workers: A retrospective, pilot study. *The Indian Journal of Medical Research*, *153*(5–6), 550–554. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_1485_21
Wagner, G. G., Kühne, S., & Siegel, N. A. (2020). Akzeptanz der einschränkenden Corona-Maßnahmen bleibt trotz Lockerungen hoch. *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)*, *35*. https://www.econstor.eu/handle/10419/216980 ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
Wang, C. C., Prather, K. A., Sznitman, J., Jimenez, J. L., Lakdawala, S. S., Tufekci, Z., & Marr, L. C. (2021). Airborne transmission of respiratory viruses. *Science*, *373*(6558), eabd9149. https://doi.org/10.1126/science.abd9149
Wang, Y., & Di, Q. (2020). Modifiable areal unit problem and environmental factors of COVID-19 outbreak. *The Science of the Total Environment*, *740*, 139984. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139984
WHO. (2011). *Report of the Review Committee on the Functioning of the International Health Regulations (2005) in relation to Pandemic (H1N1) 2009*. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64/A64_10-en.pdf ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
WHO. (2020, Januar 30). *Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV)*. https://www.who.int/news/item/30-01-2020-statement-on-the-second-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-novel-coronavirus-(2019-ncov) ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
WHO. (2021). *COVID-19 Weekly Epidemiological Update (Suppl. 25 February 2021), Special Edition: Proposed working definitions of SARS-CoV-2 Variants of Interest and Variants of Concern (World Health Organization)*. ;

Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
WHO. (2023). *Statement on the fifteenth meeting of the IHR (2005) Emergency Committee on the COVID-19 pandemic*. https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
WHO. (2024a). *COVID-19 cases | WHO COVID-19 dashboard*. Datadot. https://data.who.int/dashboards/covid19/cases ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
WHO. (2024b). *WHO Director-General declares mpox outbreak a public health emergency of international concern*. https://www.who.int/news/item/14-08-2024-who-director-general-declares-mpox-outbreak-a-public-health-emergency-of-international-concern ; Tag des letzten Zugriffs: 14.11.2024
Wilder-Smith, A., & Osman, S. (2020). Public health emergencies of international concern: A historic overview. *Journal of Travel Medicine*, *27*(8), taaa227. https://doi.org/10.1093/jtm/taaa227
Yu, C.-J., Wang, Z.-X., Xu, Y., Hu, M.-X., Chen, K., & Qin, G. (2021). Assessment of basic reproductive number for COVID-19 at global level: A meta-analysis. *Medicine*, *100*(18), e25837. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000025837
Zhang, X., Sun, Z., Ashcroft, T., Dozier, M., Ostrishko, K., Krishan, P., McSwiggan, E., Keller, M., & Douglas, M. (2022). Compact cities and the Covid-19 pandemic: Systematic review of the associations between transmission of Covid-19 or other respiratory viruses and population density or other features of neighbourhood design. *Health & Place*, *76*, 102827. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2022.102827

7. Anhang

7.1 Ethikvotum

UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

Universität zu Lübeck Ratzeburger Allee 160 23562 Lübeck

Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie
Herr Prof. Dr. Alexander Katalinic
Ratzeburger Allee 160
23562 Lübeck
Deutschland

Ethik-Kommission

Vorsitzender:
Herr Prof. Dr. med. Alexander Katalinic

Stellv. Vorsitzender:
Herr Prof. Dr. med. Andreas Moser

Geschäftsstelle:
Dr. rer. nat. Inga Kaufhold +49(0)451 3101 1026
Dr. rer. nat. Christopher Link +49(0)451 3101 1009
Corinna Bürgel +49(0)451 3101 1027
Doris Seuthe +49(0)451 3101 1025

E-Mail: ethikkommission@uni-luebeck.de

Website: www.uni-luebeck.de/forschung/kommissionen/ethikkommission

Aktenzeichen: 2024-130
19.01.2024 / IK

Verkürztes Verfahren - Anzeige
Antragsteller: Prof. Dr. Alexander Katalinic
Titel: Kleinräumige Epidemiologische Analyse der COVID-19-Verteilung in Lübeck: Der Einfluss von sozioökonomischem Status, Virusvarianten und Bevölkerungsdichte
Hier: Ihre Einreichung vom 16.01.2024

Sehr geehrter Herr Katalinic,

mit Ihrem o.g. Schreiben informieren Sie die Ethik-Kommission über Ihr geplantes Vorhaben.

Es werden ausschließlich anonymisierte Daten verarbeitet.

Die Ethik-Kommission nimmt das Vorhaben zustimmend zur Kenntnis.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Andreas Moser
Stellv. Vorsitzender der Ethik-Kommission

Allgemeine Hinweise:
Ggf. aufgeführte Hinweise sind zu berücksichtigen. Eine Wiedervorlage ist nicht nötig. Bei Bedarf eines Votums ohne Hinweise sind die angepassten Dokumente als Amendmend vorzulegen. Änderungen sind hervorzuheben.
Datenschutzrechtliche Aspekte von Forschungsvorhaben werden durch die Ethikkommission grundsätzlich nur kursorisch geprüft. Dieses Votum / diese Bewertung ersetzt mithin nicht die Konsultation des zuständigen Datenschutzbeauftragten.

Vorgelegte Dokumente
1) EK_Jentzen_UKSH.pdf vom 16.01.2024
2) Jentzen_Expose.pdf vom 16.01.2024
3) Jentzen_Studieninfo.pdf vom 16.01.2024

7.2 Weitere Abbildungen & Tabellen

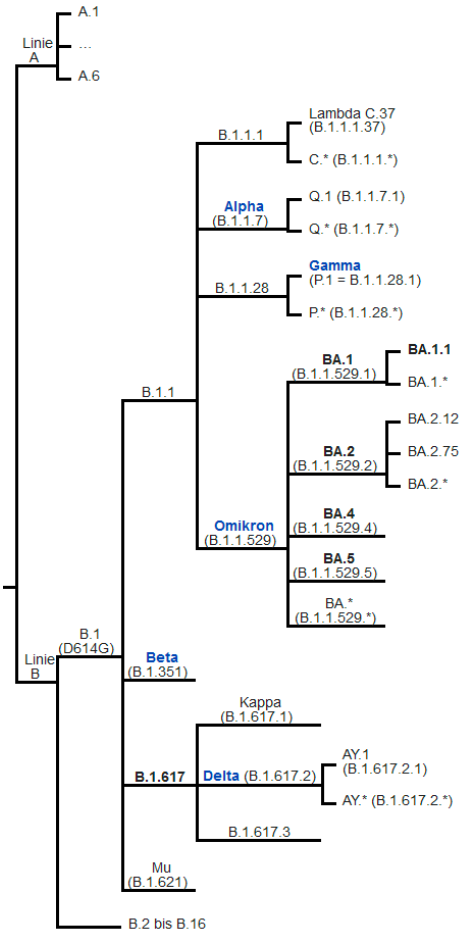


Abbildung 11: Ausschnitt SARS-CoV-2-Pango-Nomenklatur
Darstellung ausgewählter Variants of Concern und ihrer respektiven Untergruppen zur Verdeutlichung des Aufbaus der Pango-Nomenklatur;.Quelle: cov-lineages.org, abgerufen am 18. Juli 2022 (Relevanteste Varianten WHO & Deutschland, Stand Juli 2022); Autor: Treck08 genutzt nach CC BY-SA 4.0

Die 10 Stadtteile mit den 98 dazugehörigen Sozialräumen

01 - Innenstadt	Sozialraum 10 - 16	**05 - St. Lorenz Süd**	Sozialraum 31 - 37	**09 - Kücknitz**	Sozialraum 271 - 272
	Sozialraum 18 - 19				Sozialraum 274 - 275
		06 - St. Lorenz Nord	Sozialraum 40 - 41		Sozialraum 282
02 - St. Jürgen	Sozialraum 20 - 28		Sozialraum 44 - 28		Sozialraum 290 - 291
	Sozialraum 90		Sozialraum 51 - 52		Sozialraum 293
	Sozialraum 92		Sozialraum 54		Sozialraum 298
	Sozialraum 94		Sozialraum 231 - 232		
	Sozialraum 96 - 99		Sozialraum 241	**10 - Travemünde**	Sozialraum 311
	Sozialraum 101		Sozialraum 243 - 244		Sozialraum 320
	Sozialraum 121				Sozialraum 322 - 324
		07 - St. Gertrud	Sozialraum 61 - 64		Sozialraum 326
03 - Moisling	Sozialraum 191		Sozialraum 70 - 73		Sozialraum 328 - 329
	Sozialraum 210 - 212		Sozialraum 74		Sozialraum 331
	Sozialraum 215		Sozialraum 76 - 79		
	Sozialraum 217		Sozialraum 81		
			Sozialraum 83 - 84		
04 - Buntekuh	Sozialraum 220		Sozialraum 86		
	Sozialraum 221		Sozialraum 252 - 253		
	Sozialraum 224				
	Sozialraum 226	**08 - Schlutup**	Sozialraum 261 - 263		

Abbildung 12: Zuordnung von Sozialräumen zu Stadtteilen
Zuordnung der in Abbildung 2 dargestellten Sozialräume zu den zehn Stadtteilen der Hansestadt Lübeck.

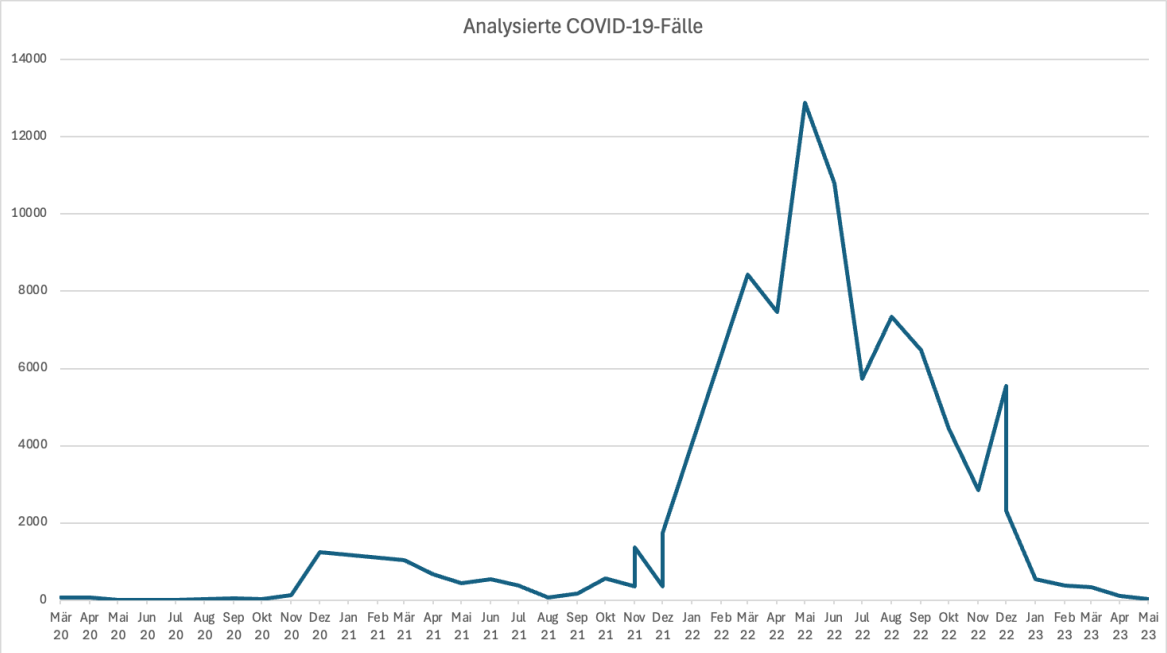


Abbildung 13: SARS-CoV-2-Infektionen pro Monat in Lübeck (2020 – 2023)
Die Abbildung zeigt die monatlich summierte Fallzahl der „COVID-19-Fälle“ in der Hansestadt Lübeck, welche in den durchgeführten Analysen mit einbezogen wurden. Insgesamt handelt es sich um 87.774 Fälle.

Tabelle 5: Korrelationsmatrix von SIR und Kontrollvariablen

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1. SIR_Wildtyp								
2. SIR_Alpha	.77** [.67, .84]							
3. SIR_Delta	.59** [.44, .70]	.63** [.50, .74]						
4. SIR_Omikron_I	.48** [.31, .62]	.62** [.48, .73]	.81** [.72, .87]					
5. SIR_Omikron_II	.40** [.22, .55]	.55** [.39, .67]	.71** [.59, .80]	.96** [.94, .97]				
6. Impfquote Alpha	-.17 [-.36, .03]	-.22* [-.40, -.02]	-.19 [-.37, .01]	-.07 [-.27, .13]	-.09 [-.28, .11]			
7. Impfquote Delta	.09 [-.11, .28]	.07 [-.13, .26]	.03 [-.17, .23]	-.00 [-.20, .19]	-.04 [-.24, .16]	.72** [.60, .80]		
8. Impfquote Omikron	-.15 [-.34, .05]	-.21* [-.39, -.01]	-.20 [-.38, .00]	-.08 [-.27, .12]	-.06 [-.26, .14]	.73** [.62, .81]	.57** [.41, .69]	
9. Frauenanteil	-.07 [-.26, .13]	-.08 [-.28, .12]	-.05 [-.25, .15]	.03 [-.17, .23]	.01 [-.19, .21]	.37** [.19, .53]	.11 [-.09, .30]	.56** [.40, .68]

*Die Tabelle zeigt die Korrelationskoeffizienten sowie die 95 %-KI (eckige Klammern) zwischen den SIR und Kontrollvariablen in den verschiedenen Viruszeiträumen. * zeigt p < .05 an, ** zeigt p < .01 an.*

8. Danksagung

Ich möchte mich bei meinem Doktorvater, Prof. Dr. Alexander Katalinic, vom Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie der Universität Lübeck, und meinem Betreuer PD Dr. Alexander Mischnik, Leiter des Lübecker Gesundheitsamtes, bedanken. Die verlässliche und angenehme Zusammenarbeit sowie die Förderung eigener Fragestellungen und das Vertrauen in die eigenständige Umsetzung haben das Projekt entscheidend geprägt.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Gerhard Bender aus der Abteilung Gesundheitsberichterstattung des Lübecker Gesundheitsamtes für die Einführung in die räumliche und statistische Gliederung der Stadt und die Unterstützung bei der Erstellung der Karten.

Mein Dank gilt außerdem Dr. Ron Pritzkuleit vom Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie, der mich bei der Altersstandardisierung der SARS-CoV-2-Inzidenzen unterstützte und mit wertvollem Feedback zur Seite stand.

Ebenfalls danke ich Hannah Baltus für die statistische Beratung, die mich bei methodischen Fragen im Rahmen dieser Arbeit unterstützt hat.

Für die gute Kooperation hinsichtlich der COVID-19-Impfdaten bedanke ich mich bei Dr. Philipp Jahn aus dem Ministerium für Justiz und Gesundheit sowie Jan Löbe von der Kassenärztlichen Vereinigung Schleswig-Holstein.

Abschließend danke ich Prof. Dr. Werner Solbach für die frühe Unterstützung und Ermutigung für das Projekt.