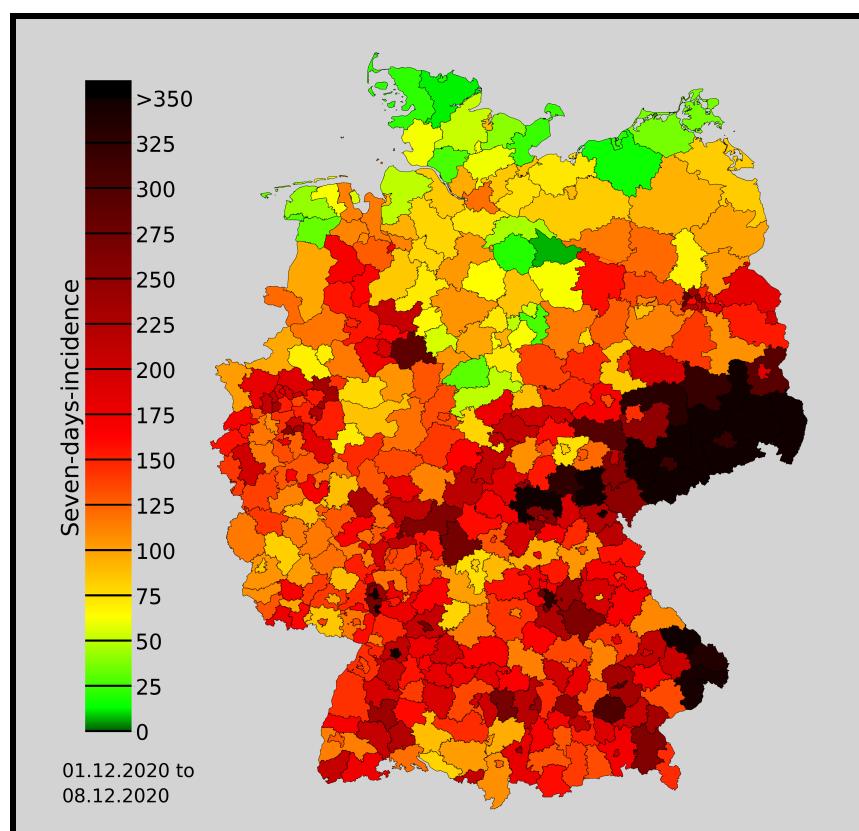


Analyse der Covid-19-Daten der deutschen Landkreise

Leander Marius Bürkin



Professur für Simulation
Institut für Mikrosystemtechnik - IMTEK
Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg im Breisgau

Autor

Leander Marius Bürkin

Matrikelnummer

4747295

Bearbeitungszeit

16. 06. 2021 – 16. 09. 2021

Gutachter

Dr. Andreas Greiner

Prof. Dr. Moritz Mathias Diehl

Betreuer

Dr. Andreas Greiner

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Abschlussarbeit selbständig verfasst habe, keine anderen als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel verwendet habe und alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe. Darüber hinaus erkläre ich, dass diese Abschlussarbeit nicht, auch nicht auszugsweise, bereits für eine andere Prüfung angefertigt wurde.

Ort, Datum

Unterschrift

Abstract

2020 and 2021 have been marked by COVID-19 and the ensuing uncertainty: How does the virus spread? Does the virus spread from the cities to rural areas? Can the counties whose case numbers skyrocketed earlier be categorized in any way? Or more generally: is the spread of Corona correlated with certain characteristics of a given area?

An attempt to answer these questions and to summarize the given Corona data is described in this thesis. The project uses data provided by the Robert Koch Institute (RKI).

On the basis of the processed data, an SIR model for Germany is created and several correlation analyses of Corona data from various administrative districts are carried out. Finally, the results are plotted and interpreted in order to make the elusive coronavirus infection patterns accessible.

Kurzfassung

Die Jahre 2020 und 2021 waren vom Coronavirus und der einhergehenden Unsicherheit geprägt: Wie verbreitet sich das Virus? Breitet sich das Virus von den Städten ausgehend in die ländlichen Gebiete aus? Lassen sich die Stadt- und Landkreise, deren Fallzahlen früher in die Höhe schießen, irgendwie kategorisieren? Oder ganz allgemein: Korreliert die Ausbreitung von Corona mit bestimmten Eigenschaften von Gebieten?

Ein Versuch, diese Fragen zu beantworten und die gegebenen Corona-Daten zusammenzufassen, ist in dieser Arbeit beschrieben. Hierbei wird mit Daten gearbeitet, welche das Robert Koch-Institut (RKI) zur Verfügung stellt.

Auf Basis der aufgearbeiteten Daten wird ein SIR-Modell für Deutschland erstellt und mehrere Korrelationsanalysen von Corona-Daten der kreisfreien Städte, Landkreise und Regierungsbezirke durchgeführt. Zuletzt werden graphische Darstellungen der Ergebnisse erstellt und interpretiert, um das schwer greifbare Infektionsgeschehen des Coronavirus zugänglich zu machen.

*Those who cannot remember the past
are condemned to repeat it.* - George Santayana [10]

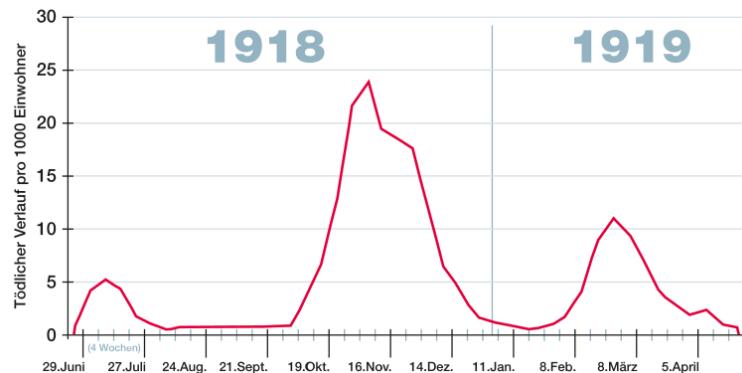


Abbildung 1: Die drei Wellen der „Spanischen Grippe“ in Großbritannien, wöchentliche kombinierte Grippe- und Lungenentzündungssterblichkeit von Juni 1918 bis Mai 1919. [1]

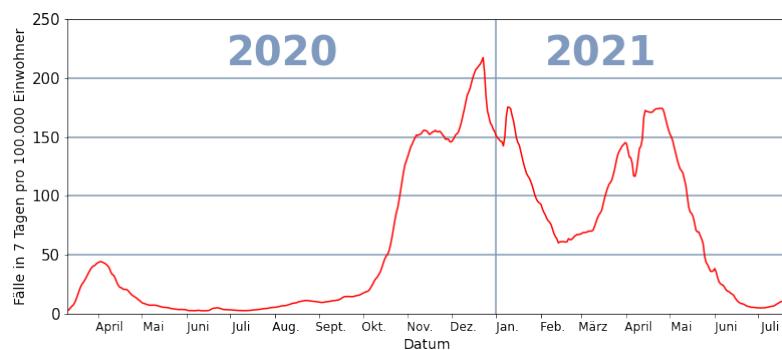


Abbildung 2: Die drei Wellen der COVID-19-Pandemie in Deutschland, dargestellt durch die sieben Tage Inzidenz jeden Tages vom 01.03.2020 bis 21.07.2021. Aus den Daten des Robert-Koch-Instituts erstellt.

Inhaltsverzeichnis

1 Motivation	1
2 Grundlagen	3
2.1 Mittelwert	3
2.2 Susceptible-Infectious-Removed-Modell	3
2.3 Bevölkerungsdichte	4
2.4 7-Tages Inzidenz	4
2.5 Korrelationsanalyse mithilfe einer Faltung	6
2.5.1 Berechnung der Korrelationswerte	6
2.5.2 Korrelation zwischen zwei Gebieten am Beispiel von Flensburg und Kiel	9
2.5.3 Komprimierung und Darstellung als Matrizen	14
2.6 Farbgebung	16
3 Vorgehensweise	17
3.1 Datenquellen - Ursprung und Abspeicherung	17
3.2 Datenaufbereitung	19
3.3 Datendarstellung	21
3.3.1 Allgemeine Daten der Gebiete	21
3.3.2 SIR-Modell	22
3.3.3 Korrelationsanalyse	22
3.3.4 Korrelation einzelner ausgewählter Städte und Landkreise . .	24

4 Resultate	25
4.1 Bevölkerungsdichten der Landkreise und Regierungsbezirke	25
4.2 Die Landkreise und Regierungsbezirke sortiert nach dem Gemeindeschlüssel	26
4.3 Summe der 7-Tages Inzidenzen der Landkreise und Regierungsbezirke	27
4.4 SIR-Modell für Deutschland	29
4.5 Korrelationen zwischen Städten und ihrem Umland	30
4.6 Korrelationsmatrizen sortiert nach der Bevölkerungsdichte	33
4.6.1 Korrelationsmatrizen mit den nach Bevölkerungsdichten sortierten Landkreisen	33
4.6.2 Korrelationsmatrizen mit den nach Bevölkerungsdichten sortierten Regierungsbezirken	35
4.7 Korrelationsmatrizen sortiert nach dem Gemeindeschlüssel	37
4.7.1 Korrelationsmatrizen mit den nach Gemeindeschlüsseln sortierten Landkreise	37
4.7.2 Korrelationsmatrizen mit den nach Gemeindeschlüsseln sortierten Regierungsbezirken	39
4.8 Durchschnittliche Verschiebung im nationalen Vergleich	41
4.8.1 Verteilung der durchschnittlichen Verschiebung unter den Landkreise	41
4.8.2 Verteilung der durchschnittlichen Verschiebung unter den Regierungsbezirken	42
5 Diskussion	45
5.1 Aussagekraft des SIR-Modells	45
5.2 Zusammenhänge von Bevölkerungsdichten und Corona-Zahlen der Landkreisen	46
5.3 Zusammenhänge von Bevölkerungsdichten und Corona-Zahlen der Regierungsbezirke	47

5.4 Zusammenhänge von Gemeindeschlüssel und Corona-Zahlen der Landkreise und Regierungsbezirke	50
5.5 Durchschnittliche Verschiebung der Landkreise im nationalen Vergleich	51
6 Zusammenfassung	52
7 Danksagung	54
8 Anhang	56
8.1 Die deutschen Landkreise sortiert nach ihrer Bevölkerungsdichte	56
8.2 Die deutschen Landkreise lexikographisch sortiert nach ihren Gemeindeschlüsseln	65
8.3 Die Regierungsbezirke sortiert nach ihrer Bevölkerungsdichte	74
8.4 Die Regierungsbezirke lexikographisch sortiert nach den Gemeindeschlüsseln ihrer Landkreise	75
Literaturverzeichnis	78

Abbildungsverzeichnis

1	Die drei Wellen der „Spanischen Grippe“ in Großbritannien, wöchentliche kombinierte Grippe- und Lungenentzündungssterblichkeit von Juni 1918 bis Mai 1919. [1]	iv
2	Die drei Wellen der COVID-19-Pandemie in Deutschland, dargestellt durch die sieben Tage Inzidenz jeden Tages vom 01.03.2020 bis 21.07.2021. Aus den Daten des Robert-Koch-Instituts erstellt.	iv
3	In Deutschland neu gemeldete COVID-19 Fälle am jeweiligen Wochentag im Vergleich zu den am Montag der selben Woche gemeldeten Fällen.	5
4	Beispielhafte Darstellung einer Faltung anhand der Folgen [1, 2, 3, 2] und [5, 7, 5, 1]. Auf der linken Seite sind von oben nach unten hinter dem Gleichheitszeichen die Korrelationswerte für die negativen Verschiebungen $\tau = -3, \tau = -2$ und $\tau = -1$ eingetragen. Entsprechend ist der Korrelationswert für die Verschiebung $\tau = 0$ in der Mitte und die Korrelationswerte für die positiven Verschiebungen $\tau = 1, \tau = 2$ und $\tau = 3$ auf der rechten Seite zu finden.	7
5	Der Verlauf der 7-Tages Inzidenz des Stadtkreises Flensburg (Gemeindeschlüssel 1001). In Hellblau ist der originale Verlauf der 7-Tages Inzidenz dargestellt. Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen von Flensburg abgezogen wurde, ist blau dargestellt.	9

6	Der Verlauf der 7-Tages Inzidenz des Stadtkreises Kiel (Gemeindeschlüssel 1002). In Hellblau sind ist der originale Verlauf der 7-Tages Inzidenz dargestellt. Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen von Kiel abgezogen wurde, ist blau dargestellt.	10
7	Ergebnis der diskreten Faltung der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg. In Hellblau ist das Ergebnis der Faltung mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Faltung mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt.	11
8	Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg ohne Skalierung mithilfe der Autokorrelation. In Hellblau ist das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt. . .	12
9	Vollständige Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg skaliert mithilfe der Autokorrelation. In Hellblau ist das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt. . .	13
10	Graphische Darstellung der Berechnung der Tendenz der Verschiebung.	15
11	Das Farbspektrum, in welchem sich die Darstellungen bewegen. Von links nach rechts steigen die eingegebenen Werte konstant. Der angegebene Wert wird jeweils anhand des ersten und des letzten Werten einer Referenzliste linear in diesem Spektrum verortet.	16

12	Die ausgewählten Landkreise mit den Stadtkreisen, die sie jeweils umgeben. In Grün jeweils der Landkreis und in Dunkelgrau der Stadtkreis, der umschlossen wird.	23
13	Verteilung der Bevölkerungsdichten unter den deutschen Landkreisen.	25
14	Verteilung der Bevölkerungsdichten unter den deutschen Regierungsbezirken. Die Skalierung entspricht der Farbgebung in Abbildung 13.	26
15	Die Landkreise und Regierungsbezirke eingefärbt nach der lexikographischen Größe ihres Gemeindeschlüssels.	27
16	Verteilung der Summe der 7-Tages Inzidenzen unter den deutschen Landkreisen.	28
17	Verteilung der Summe der 7-Tages Inzidenzen unter den deutschen Regierungsbezirken.	28
18	Die drei Kennzahlen des SIR-Modells für Deutschland in drei Graphen.	29
19	Die Korrelationswerte der 7-Tages Inzidenzen der ausgewählten Landkreise mit den Städten, die sie umgeben. Die Kurven sind je nach dem x-Wert ihres Maximums eingefärbt: Rot bei positiven x-Werten, Blau bei negativen und grün bei einem x-Wert von null.	32
20	Die Tendenzen der Verschiebung aus den Korrelationsanalysen der ausgewählten Städte und Landkreise.	33
21	Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Landkreise zeilen- und spaltenweise nach der Bevölkerungsdichte sortiert (siehe Abschnitt 8.1). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Landkreises der Spalte in Relation zum Landkreis der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Landkreises der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.	34

- 22 Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Regierungsbezirke zeilen- und spaltenweise nach der Bevölkerungsdichte sortiert (siehe Abschnitt 8.3). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Regierungsbezirks der Spalte in Relation zum Regierungsbezirk der Zeile. Auf der rechten Seite wird die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Regierungsbezirks der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

23 Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Landkreise zeilen- und spaltenweise nach dem Gemeindeschlüssel sortiert (siehe Abschnitt 8.2). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Landkreises der Spalte in Relation zum Landkreis der Zeile. Auf der rechten Seite wird die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Landkreises der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

24	Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Regierungsbezirke zeilen- und spaltenweise nach dem Gemeindeschlüssel sortiert (siehe Abschnitt 8.4). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Regierungsbezirks der Spalte in Relation zum Regierungsbezirk der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Regierungsbezirks der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.	40
25	Auf der rechten Seite die deutschen Landkreise eingefärbt im Durchschnitt der Maximalwerte der Korrelationen mit allen Landkreisen und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.	41
26	Auf der rechten Seite die deutschen Landkreise eingefärbt im Durchschnitt der Tendenzen der Verschiebung der Korrelationen dieses Landkreises mit allen Landkreisen und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.	42
27	Auf der rechten Seite die deutschen Regierungsbezirke eingefärbt im Durchschnitt der Maximalwerte der Korrelationen mit allen Regierungsbezirken und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.	43
28	Auf der rechten Seite die deutschen Regierungsbezirke eingefärbt im Durchschnitt der Differenz der Korrelationswahrscheinlichkeiten der positiven Verschiebungen zu den Korrelationswahrscheinlichkeiten der negativen Verschiebungen der Korrelationen dieses Regierungsbezirks mit allen Regierungsbezirken und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.	44

29	Die Deutschlandkarte, rot eingefärbt jeweils die Landkreise mit einer 7-Tages Inzidenz am 06.10.2020 beziehungsweise 07.10.2020 über 50.	48
30	Die 7-Tages Inzidenzen der deutschen Landkreise, in Blau die 7-Tages Inzidenz von Cloppenburg.	49
31	Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen der deutschen Regierungsbezirke. Der Verlauf des Regierungsbezirks Trier ist blau hervorgehoben. . . .	50

1 Motivation

Viele große Zivilisationen vor uns hatten bereits mit Pandemien ähnlich zur aktuellen COVID-19 Pandemie zu kämpfen.

Schon aus dem Alten Rom haben wir Zeugnisse der Antoninischen Pest im zweiten Jahrhundert nach Christus: Vermutlich ein Pocken Ausbruch, dessen 7-10 Millionen Tote das Römische Reich destabilisierten ([7], S. 255). Im Mittelalter kamen 200 Millionen Menschen durch die Pest um [4]. Auch die Armeen des ersten Weltkriegs wurden durch eine Pandemie stark geschwächt: die Spanische Grippe forderte circa 100 Millionen Opfer weltweit [8].

Daten in Relation zur Bevölkerung haben wir beispielsweise aus Island: nach 1707 starben dort innerhalb von zwei Jahren ein Drittel, also circa 18.000 der 50.000 Einwohner, an Pocken ([3], S.325). Die Auswirkungen auf die Azteken, die Inka und die anderen Völker der Neuen Welt, welche vermutlich ein ähnlich vernichtender Pockenausbruch traf, und ihr anschließender Niedergang sind uns ebenfalls wohl bekannt [3].

Um derartige Schicksale in unserer globalisierten Welt zu verhindern ist es unabdingbar, diese Bedrohungen bestmöglich zu untersuchen. Denn, wie eingangs erwähnt, „wer seine Geschichte nicht kennt, ist dazu verdammt, sie zu wiederholen“ (Freie Übersetzung des Zitats von George Santayana [10]). Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen, dass wir noch viel zu lernen haben, damit sich der Verlauf einer Pandemie nicht wiederholen.

Jedoch wissen wir über diese vergangenen Pandemien recht wenig, da nicht nach heutigen wissenschaftlichen Standards Daten erhoben und Schlussfolgerungen gezogen wurden. Beispielsweise wurden die Pandemien durch den Zorn Gottes erklärt ([3], S. 324) und die Zahlen der Zeitzeugen spiegeln eher die subjektive Wahrnehmung der Zeitzeugen wieder als wissenschaftliche Daten zu liefern ([3], S. 324). Mit dem heutigen Stand der Datenerfassung und -übermittlung lässt sich die COVID-19 Pandemie sehr viel einfacher untersuchen als ihre Vorgänger.

Die meisten von uns haben genau diese Zahlen des Robert Koch-Instituts (RKI, www.rki.de) oder der Weltgesundheitsorganisation (www.who.int) beobachtet und versucht zu verstehen, wie man sich zu Verhalten hat. Viele Hypothesen wurden aufgestellt und man musste sich als Laie auf einmal mit Fragen und Begriffen der Epidemiologie beschäftigen, wobei man meist nur ein Puzzleteil vor Augen hatte.

Daher soll diese Arbeit zum Verständnis von Pandemien beitragen, damit die Ausbreitung zukünftiger Erreger verlangsamt wird und der Kollaps des Gesundheitssystems oder der gesamten Zivilisation gar nicht erst im Bereich des Möglichen liegen.

2 Grundlagen

2.1 Mittelwert

Der Mittelwert, das Mittel oder auch der Durchschnitt entspricht nach Gleichung 1 der Summe der einzelnen Werte $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ geteilt durch ihre Anzahl n .

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

2.2 Susceptible-Infectious-Removed-Modell

Ein Weg zur Beschreibung der Pandemie bietet das „Susceptible-Infectious-Removed-Modell“ (SIR-Modell) [11]. Dieses Modell teilt die Mitglieder einer Menschengruppe in eine der drei folgenden Kategorien ein und ermöglicht es, die zeitliche Entwicklung einer Pandemie übersichtlich darzustellen:

- „Susceptible“: Menschen, welche angesteckt werden können.
- „Infectious“: Infizierte Menschen, welche weitere Menschen anstecken können.
Werden auch als „die aktiven Fälle“ bezeichnet.
- „Removed“: Menschen, welche in die Kategorie „Infectious“ fielen, nun keine weiteren Menschen mehr anstecken können und aus dem Infektionsgeschehen entfernt wurden, in diesem Fall Genesene und Verstorbene.

In dem hier verwendeten SIR-Modell wird weder die Geburten- noch die Sterberate

beachtet, die angenommen Bevölkerung bleibt durchgehend konstant.

Zudem wird angenommen, das jedes Individuum nur einmal infiziert werden kann und die Infektion die einzige Möglichkeit darstellt, von der Kategorie „Susceptible“ in die Kategorie „Removed“ zu wechseln. Somit fällt die Zahl der Menschen in der Kategorie „Susceptible“ monoton und die Zahl der Menschen in der Kategorie „Removed“ steigt monoton an.[11]

2.3 Bevölkerungsdichte

Die Bevölkerungsdichte eines Gebietes ρ_{Gebiet} wird berechnet, indem die Anzahl der Einwohner im Gebiet $n_{Einwohner\ Gebiet}$ durch die Fläche des Gebiets A_{Gebiet} geteilt wird:

$$\rho_{Gebiet} = \frac{n_{Einwohner\ Gebiet}}{A_{Gebiet}} \quad (2)$$

2.4 7-Tages Inzidenz

Die 7-Tages Inzidenz ist laut RKI als die „Anzahl der innerhalb der letzten 7 Tage neu gemeldeten Fälle pro 100.000 Einwohner“ definiert [9].

Um die 7-Tages Inzidenz i_d für den Tag d zu berechnen, wird von der akkumulierten Zahl der Fälle am gewählten Tag f_d die akkumulierte Zahl der Fälle sieben Tage zuvor f_{d-7} abgezogen, dies ergibt die neu hinzugekommenen Fälle innerhalb von sieben Tagen.

Schlussendlich wird diese Zahl durch die Anzahl der Bewohner des Gebiets p_{Gebiet} geteilt und mit 100 000 multipliziert. Dies ergibt Gleichung 3.

$$i_t = \frac{f_d - f_{d-7}}{p_{Gebiet}} \cdot 100.000 \quad (3)$$

Die 7-Tages Inzidenz bietet sich im Vergleich zur täglichen Fallzahl aus mehreren

Gründen als Kennzahl für die Verbreitung eines Virus in einem Gebiet an:

Wie in Abbildung 3 klar zu sehen, werden an Wochenenden im Schnitt deutlich weniger neue Fälle registriert als an den anderen Wochentagen. Daher werden immer sieben Tage in der 7-Tages Inzidenz zusammengefasst.

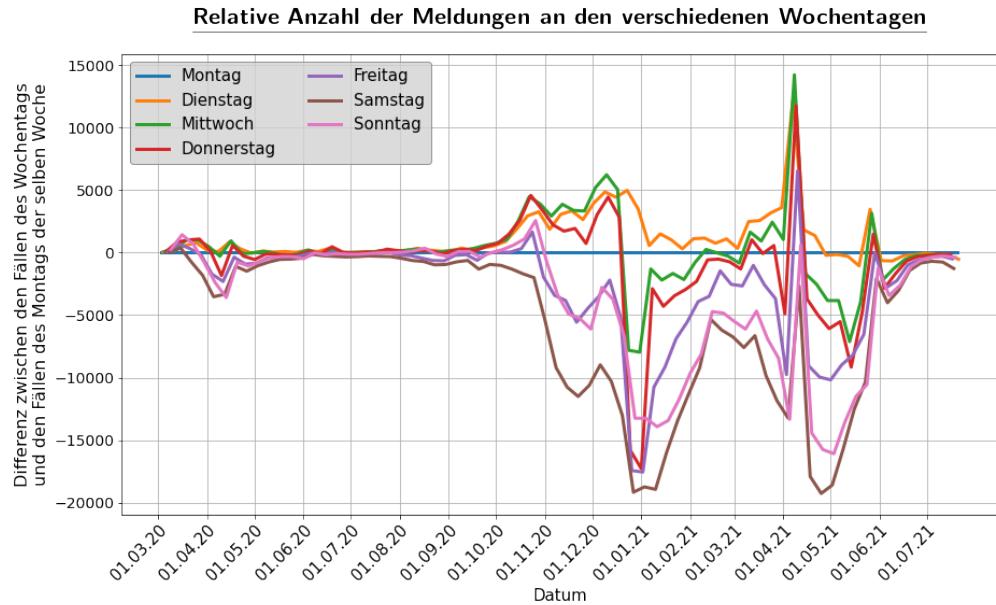


Abbildung 3: In Deutschland neu gemeldete COVID-19 Fälle am jeweiligen Wochentag im Vergleich zu den am Montag der selben Woche gemeldeten Fällen.

Da die Bevölkerung der deutschen Landkreise und Regierungsbezirke nicht identisch ist, wird jeweils durch die Bevölkerungszahl geteilt, um die einzelnen Gebiete miteinander vergleichen zu können.

Aufgrund der ansonsten sehr kleinen Zahlen, bietet es sich zudem an, das Ergebnis mit 100.000 zu multiplizieren.

Dies sind die drei Begründungen für die drei Schritte in der Berechnung der 7-Tages Inzidenz nach Gleichung 3.

2.5 Korrelationsanalyse mithilfe einer Faltung

2.5.1 Berechnung der Korrelationswerte

Um festzustellen, ob die 7-Tages Inzidenzen einiger Landkreise im Vergleich zu anderen Landkreisen eher voraus- oder nacheilen, wird die Korrelationsfunktion verwendet [2].

Bei diskreten Werten, aufgeteilt in zwei Zeitserien X und Y , wie in diesem Fall, basiert die Korrelationsanalyse auf einer diskreten Faltung: Für eine zeitliche Verschiebung τ wird mit jedem Wert x_i zum jeweiligen Zeitpunkt t_i aus der ersten Zeitserie mit dem zugehörigen Wert y_i aus der zweiten Zeitserie ein Produkt gebildet. Der zugehörige Wert aus der zweiten Zeitserie entspricht hierbei dem Zeitpunkt t des Wertes der ersten Zeitserie plus die gewählte Verschiebung τ . Sollte dieser zweite Wert nicht existieren, wird kein Produkt gebildet.

Für jede zeitliche Verschiebung τ , für die mindestens ein Produkt gebildet wird, werden alle möglichen Produkte aufsummiert.

Somit ergibt sich Gleichung 4, mit $n :=$ Länge von X und wenn $y_{i+\tau} \notin Y$, dann $y_{i+\tau} := 0$:

$$c(\tau) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i+\tau} \quad (4)$$

Bildlich gesprochen wird die zweite Zeitserie an der ersten Zeitserie vorbeigeschoben, beginnend an dem Punkt, an dem ausschließlich das erste Element der ersten Zeitserie mit dem letzten Element der zweiten Zeitserie multipliziert wird. Dies ist beispielhaft mit den Folgen $[1, 2, 3, 2]$ und $[5, 7, 5, 1]$ in Abbildung 4 dargestellt.

$$\begin{array}{ccc}
& [1, 2, 3, 2] & [1, 2, 3, 2] \\
& * & * * * \\
[5, 7, 5, 1] & 1 = 1 & [5, 7, 5, 1] \\
& & 10 + 21 + 10 = 41 \\
& [1, 2, 3, 2] & [1, 2, 3, 2] \\
& * * * & * * * \\
[5, 7, 5, 1] & 5 + 2 = 7 & [5, 7, 5, 1] \\
& & 5 + 14 + 15 + 2 = 36 \\
& [1, 2, 3, 2] & [1, 2, 3, 2] \\
& * * * & * \\
[5, 7, 5, 1] & 7 + 10 + 3 = 20 & [5, 7, 5, 1] \\
& & 10 = 10
\end{array}$$

Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung einer Faltung anhand der Folgen $[1, 2, 3, 2]$ und $[5, 7, 5, 1]$. Auf der linken Seite sind von oben nach unten hinter dem Gleichheitszeichen die Korrelationswerte für die negativen Verschiebungen $\tau = -3, \tau = -2$ und $\tau = -1$ eingetragen. Entsprechend ist der Korrelationswert für die Verschiebung $\tau = 0$ in der Mitte und die Korrelationswerte für die positiven Verschiebungen $\tau = 1, \tau = 2$ und $\tau = 3$ auf der rechten Seite zu finden.

Da bei einer Korrelationsanalyse nach Gleichung 4 Summen aus mehr Produkten übergewichtet werden und Zeitserien mit größeren Werten größere Korrelationswerte erzeugen, müssen die Korrelationswerte noch skaliert werden.

Um zum einen die unterschiedliche Anzahl der Produkte auszugleichen, werden die Summen durch die Anzahl ihrer Summanden geteilt, wie in Gleichung 5 gezeigt. Ohne diese Gewichtung würden zwei Zeitserien mit konstanten Werten größer null bei einer Verschiebung $\tau = 0$ die größte Korrelation aufweisen und die Korrelation bei betragsmäßig größeren Verschiebungen abnehmen, was nicht gewünscht ist.

Da jede Zeitserie die gleiche Länge n hat, erhält man die Anzahl der Summanden indem man den Betrag der Verschiebung $|\tau|$ von der Länge der Zeitserie n abzieht:

$$c(\tau) = \frac{1}{n - |\tau|} \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i+\tau} \quad (5)$$

Um zum anderen die tendenziell größeren Werte mancher Zeitserien auszugleichen, werden die Werte aller Zeitserien mithilfe des sogenannten „Autokorrelationswerts für

die Verschiebung $\tau = 0$ “ gewichtet: Er beschreibt den Wert der Korrelation einer Zeitserie mit sich selbst bei keiner zeitlichen Verschiebung. Wie in Gleichung 6 zu sehen, werden die Werte einer Zeitserie gewichtet, indem sie durch die Wurzel des Autokorrelationswerts für die Verschiebung $\tau = 0$ dieser Zeitserie geteilt werden.

$$c(\tau) = \frac{1}{n - |\tau|} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}} \cdot \frac{y_{i+\tau}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}} = \frac{n}{n - |\tau|} \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i+\tau}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (6)$$

Zudem wird von jedem Wert der Zeitserie x_i der Mittelwert $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ abgezogen, dadurch lassen sich Antikorrelationen feststellen: Wenn beispielsweise die Anzahl der COVID-19 Infektionen eines Landkreises zu einem Zeitpunkt überdurchschnittlich wächst, also die 7-Tages-Inzidenz minus dem Mittelwert der 7-Tages-Inzidenzen positiv ist, und das andere Produkt aus der anderen Zeitserie negativ ist, also in dem anderen Landkreis die Anzahl der COVID-19 Infektionen unterdurchschnittlich wächst, ergibt sich ein negatives Produkt, da sich die Situation in dem einen Landkreis schneller als üblich verschlechtert, während sich die Situation im anderen Landkreis verbessert oder langsamer als üblich verschlechtert.

Ergibt die Summe aus all den Produkten einer Korrelation eine negative Zahl, scheint die 7-Tages Inzidenz des einen Landkreises zu fallen oder langsam zu steigen, während die 7-Tages Inzidenz des anderen Landkreises steigt oder langsam fällt, dies wird hier Antikorrelation genannt.

Mit allen Ergänzungen berechnet sich die Korrelation $c(\tau)$ zwischen der Zeitserie $X : |X| = n$ mit den Werten $x_i \in X$ und der Zeitserie $Y : |Y| = n$ mit den Werten $y_i \in Y$ und einer Verschiebung τ relativ zu X mithilfe der Mittelwerte der Zeitserien \bar{x} , \bar{y} wie in Gleichung 7 beschrieben.

$$c(\tau) = \frac{n}{n - |\tau|} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_{i+\tau} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

2.5.2 Korrelation zwischen zwei Gebieten am Beispiel von Flensburg und Kiel

Um die verwendete Terminologie und die hergeleiteten Gleichungen anhand eines Beispiels näher zu bringen, werden in diesem Abschnitt die einzelnen Schritten einer Korrelationsanalyse ausgeführt. Als Beispiel dient hierfür die Korrelation zwischen den 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Flensburg und Kiel. Die 7-Tages Inzidenzen sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 abgebildet, jeweils einmal im Original und einmal um den Mittelwert der 7-Tages Inzidenz in x-Richtung nach unten verschoben.

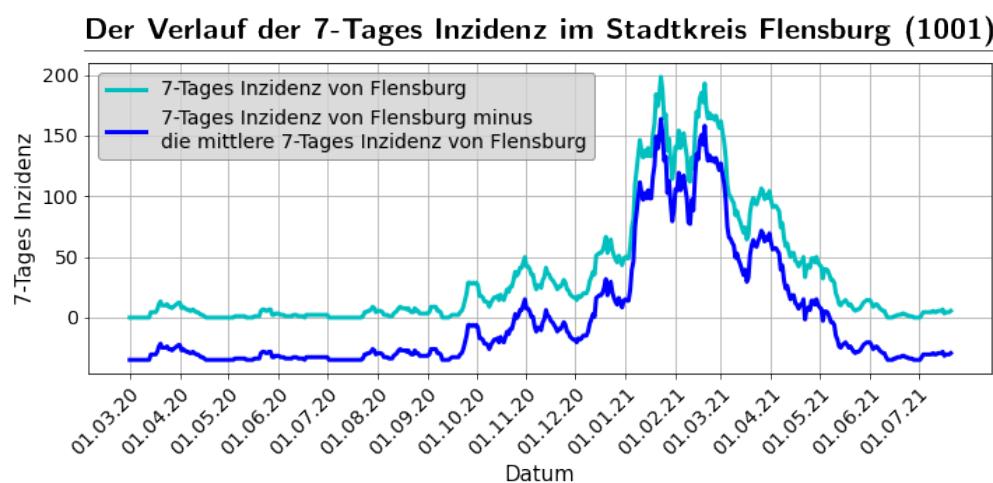


Abbildung 5: Der Verlauf der 7-Tages Inzidenz des Stadtkreises Flensburg (Gemeindeschlüssel 1001). In Hellblau ist der originale Verlauf der 7-Tages Inzidenz dargestellt. Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen von Flensburg abgezogen wurde, ist blau dargestellt.

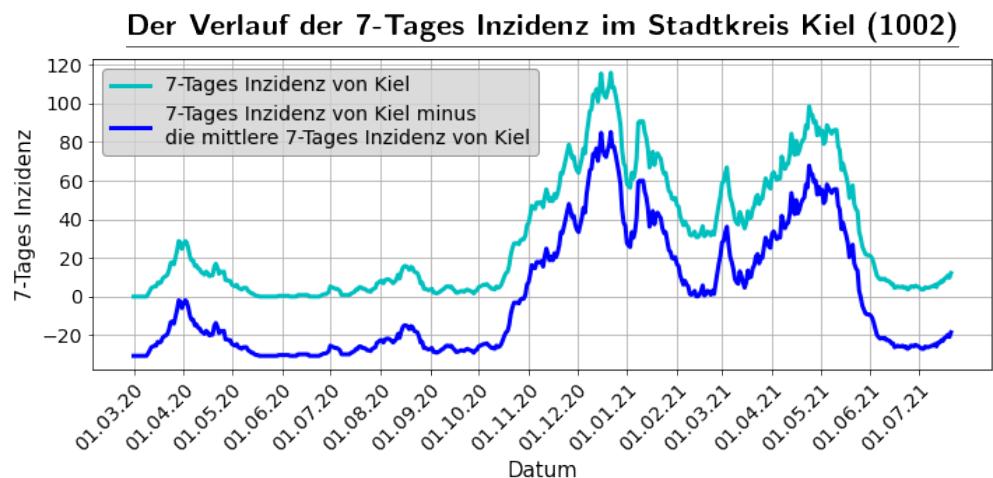


Abbildung 6: Der Verlauf der 7-Tages Inzidenz des Stadtkreises Kiel (Gemeindeschlüssel 1002). In Hellblau sind ist der originale Verlauf der 7-Tages Inzidenz dargestellt. Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen von Kiel abgezogen wurde, ist blau dargestellt.

In Abbildung 7 ist die diskrete Faltung abgebildet, wie sie der Korrelationsanalyse zugrunde liegt und in Gleichung 4 definiert ist.

Diskrete Faltung der 7-Tages Inzidenzen von Kiel und Flensburg

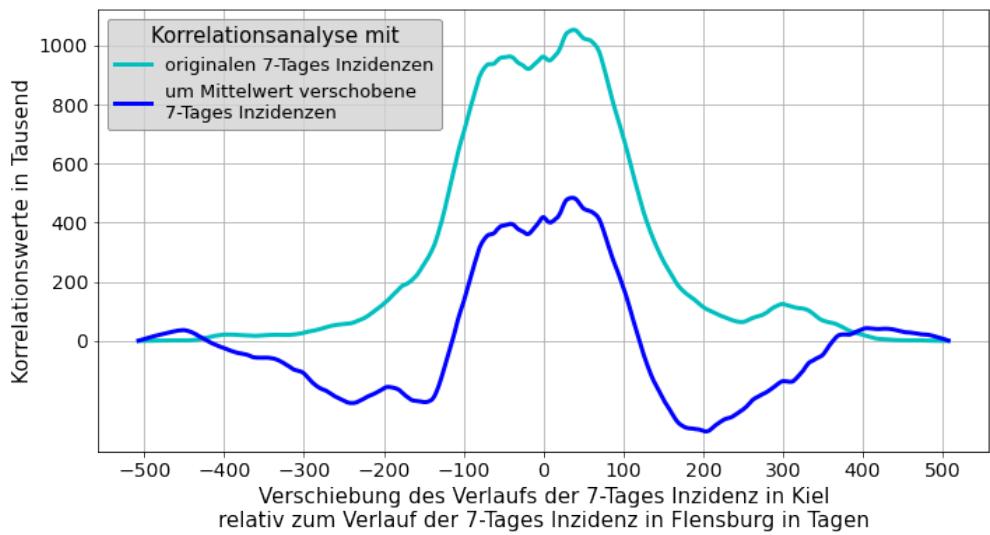


Abbildung 7: Ergebnis der diskreten Faltung der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg. In Hellblau ist das Ergebnis der Faltung mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Faltung mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt.

Abbildung 8 ergibt sich, wenn die Summen jeweils durch die Anzahl ihrer Summanden (den Produkten) geteilt werden, wie in Gleichung 5 beschrieben. Klar zu erkennen die verstärkten Ausschläge am linken und rechten Rand.

Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen von Kiel und Flensburg ohne Skalierung mithilfe der Autokorrelation

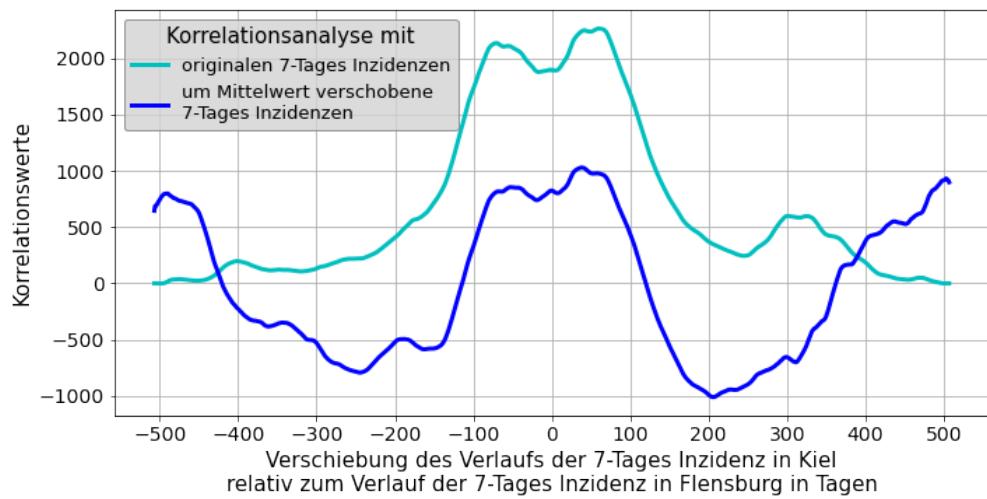


Abbildung 8: Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg ohne Skalierung mithilfe der Autokorrelation. In Hellblau ist das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse der kompletten Korrelationsanalyse abgebildet, wie sie mithilfe von Gleichung 6 erzeugt werden.

Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen von Kiel und Flensburg skaliert mithilfe der Autokorrelation

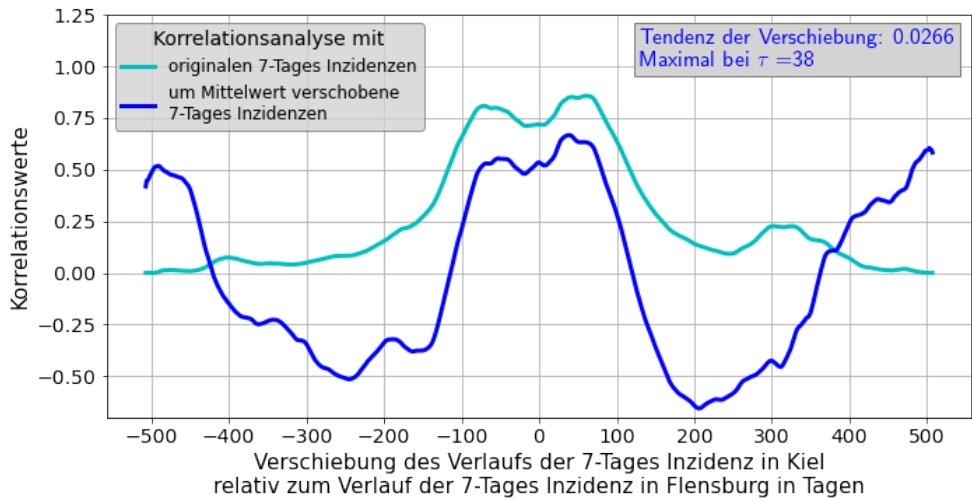


Abbildung 9: Vollständige Korrelationsanalyse der 7-Tages Inzidenzen der Stadtkreise Kiel und Flensburg skaliert mithilfe der Autokorrelation. In Hellblau ist das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den originalen 7-Tages Inzidenzen dargestellt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse mit den 7-Tages Inzidenzen, von denen der Mittelwert der 7-Tages Inzidenzen des jeweiligen Landkreises abgezogen wurde, ist blau dargestellt.

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass die Korrelationsanalyse von zwei Zeitserien mit 508 7-Tages Inzidenzen 1015 Korrelationswerte ergibt. Für jeden der 412 Landkreise ergeben sich daher aus der Korrelationsanalyse mit sich selbst und jedem anderen Landkreise 418.180 Werte, ebenso ergeben sich für jeden der 38 Regierungsbezirk 38.570. Dies ergibt in Summe $1.465.660 + 172.290.160 = 173.755.820$ Werte.

Jeder Wert gibt die Wahrscheinlichkeit einer Korrelation bei der jeweiligen Verschiebung an, wobei die zugeordneten Verschiebungen von links nach rechts bei jedem Schritt um eins zunehmen und der mittlerste der Korrelationswerte der Verschiebung $\tau = 0$ zugeordnet ist. Die Verschiebung ist im Kontext dieser Arbeit stets in ganzen Tagen zwischen -507 und 507 angegeben. Der Wert an Position 501 in der Liste der Korrelationswerte gibt also an, wie wahrscheinlich der Verlauf der 7-Tages Inzidenz

des ersten Gebiets mit dem um eine Woche nach links verschobenen Verlauf der 7-Tages Inzidenz des zweiten Gebiets korreliert.

2.5.3 Komprimierung und Darstellung als Matrizen

Das Ziel der nachfolgend beschriebenen Schritte ist, die Korrelationswerte eines Gebiets auf einen Wert zusammenzuführen. Dadurch kann man einfach und schnell auffallende Korrelationen zwischen zwei oder mehreren Gebieten finden kann. Hierfür werden zwei verschiedenen Methoden verwendet:

- Die Verschiebung mit dem maximalen Korrelationswert: Die zeitliche Verschiebung, bei der die Korrelationsanalyse den größten Wert angibt. Sie sagt aus bei welcher Verschiebung in Tagen am wahrscheinlichsten eine Korrelation vorliegt.
- Die Tendenz der Verschiebung: Das Mittel der Differenz zwischen den Werten der betragsmäßig gleichen Verschiebungen. Das Resultat ermöglicht eine grobe Einschätzung, ob der maximale Wert nur ein Ausreißer ist oder nicht.

Die Berechnung der Tendenz der Verschiebung ist etwas komplexer und wird daher ebenfalls am Beispiel der Korrelationsanalyse der Stadtkreise Kiel und Flensburg erklärt. In Abbildung 10 ist die Berechnung graphisch dargestellt. Die Tendenz der Verschiebung berechnet sich aus der Liste der Korrelationswerte $C : |C| = m$, genauer gesagt aus ihrer Länge m und ihren Werten $c_{\tau}, -\lfloor m/2 \rfloor \geq \tau \leq \lfloor m/2 \rfloor$:

$$s_{Tendenz} = \frac{1}{\lfloor m/2 \rfloor} \sum_{\tau=1}^{\lfloor m/2 \rfloor} c_{\tau} - c_{-\tau} \quad (8)$$

In Abbildung 10 entspricht der blaue Graph den Werten der Korrelationsanalyse, wie sie auch in Abbildung 9 abgebildet sind. Um bildlich die Differenz zwischen den Werten der betragsmäßig gleichen Verschiebungen darzustellen, werden die Werte der negativen Verschiebungen an der Vertikalen bei $x = 0$ gespiegelt und Lila eingefärbt. Da die Linke Seite gespiegelt wird, ist sie nicht weiter von Bedeutung.

In den Zwischenräumen der beiden Graphen und auf der Horizontalen bei $y = 0$ sind die Differenzen der Werte der betragsmäßig gleichen Verschiebungen aufgezeichnet, deren Mittel der Tendenz der Verschiebung entspricht. Diese ist als dunkelblaue Horizontale bei $y = 0.0266$ dargestellt.

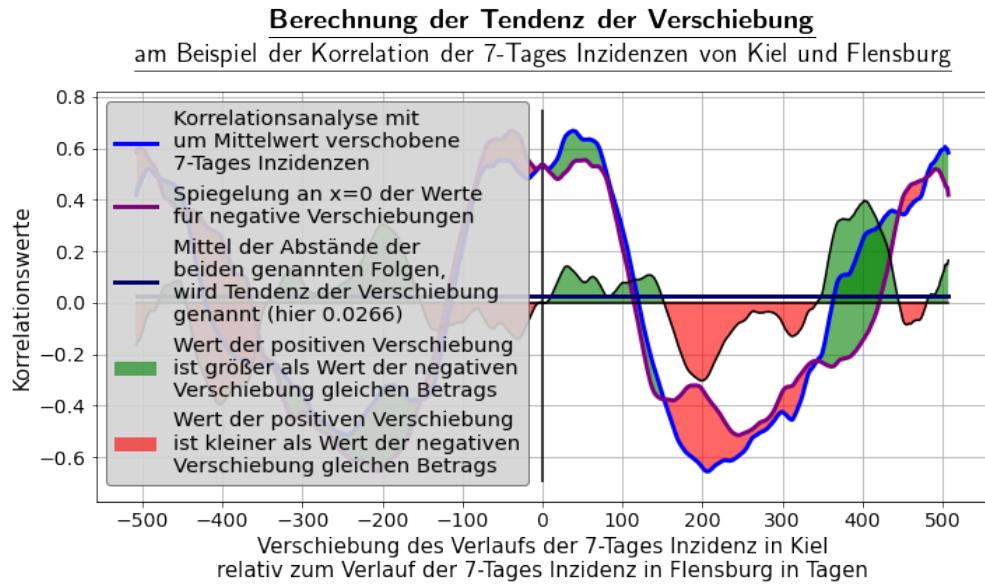


Abbildung 10: Graphische Darstellung der Berechnung der Tendenz der Verschiebung.

Somit lässt sich zum einen die Verschiebung mit dem maximalen Korrelationswert ermitteln und einfach interpretieren. Da hierfür jedoch nur ein Wert herausgenommen wird, bietet es sich zum anderen an, die Tendenz der Verschiebung zu berechnen und mit der Verschiebung mit dem maximalen Korrelationswert zu vergleichen.

Um dies für alle Landkreise und Regierungsbezirke zu ermöglichen, werden die beiden Werte jeweils in einer Matrix dargestellt: Jeder Zeile und Spalte wird der Index für ein Gebiet zugeordnet. In die Zellen werden entweder die Verschiebungen mit dem maximalen Korrelationswert oder die Tendenzen der Verschiebung eingetragen. Ein spezifischer Wert in einer Zelle stammt aus der Korrelationsanalyse der Gebiete, die der Zeile und der Spalte zugeordnet sind. Die Matrizen sind (mit umgekehrtem Vorzeichen)

symmetrisch an der Diagonalen von links oben nach rechts unten. Die Diagonalen sind mit Nullen besetzt, da die Werte der positiven Verschiebung symmetrisch zu den Werten der negativen Verschiebung sind und die Korrelation mit sich selbst trivialerweise bei einer Verschiebung von $\tau = 0$ am größten ist, da die Werte und Trends komplett identisch sind.

Um den Gebieten selbst Werte zuzuordnen und nicht nur in Kombination mit einem anderen Gebiet, wird sowohl bei den Maximalwerten wie auch den Tendenzen der Verschiebung der Mittelwert gebildet, indem die Zeilen der Matrizen aufsummiert werden und durch die Anzahl der Spalten geteilt werden.

2.6 Farbgebung

Um schnell verständliche Abbildungen bereitstellen zu können, werden die Werte skaliert und die Farbgebung der Deutschlandkarten derart angepasst, dass das gesamte Farbspektrum abgedeckt wird. Das Farbspektrum reicht gemäß den Farben des Regenbogens von blau über grün zu gelb zu rot, wie in Abbildung 11 demonstriert. Die niedrigsten Werte werden blau gefärbt. Da manche dieser Farbwerte im Kontrast zu einem weißen Hintergrund schwer zu erkennen sind, ist der Hintergrund der meisten Abbildungen grau.



Abbildung 11: Das Farbspektrum, in welchem sich die Darstellungen bewegen. Von links nach rechts steigen die eingegebenen Werte konstant. Der angegebene Wert wird jeweils anhand des ersten und des letzten Werten einer Referenzliste linear in diesem Spektrum verortet.

Die Matrizen werden durch die verwendete Programmbibliothek „Matplotlib“ automatisch eingefärbt.

3 Vorgehensweise

Um dem im Kapitel „1 Motivation“ formulierten Ziel zu folgen, muss zunächst eine Datenquelle gewählt werden. Anschließend werden deren Daten in eine nutzbare Form übertragen. Schlussendlich können die Informationen aus den Daten verknüpft, interpretiert und graphisch dargestellt werden.

Der mit Jupyter Notebook (jupyter.org) erstellte Programmcode findet sich in den Programmdateien im Anhang der Bachelorarbeit.

Diese Bachelorarbeit basiert teilweise auf den Vorleistungen des Bachelorprojekts zur Visualisierung der CoCOVID-19 Daten von Leander Marius Bürkin. Ziel dieses Bachelorprojekts war eine Reihe an Deutschlandkarten in einem Video zusammenzufassen, welches die Ausbreitung der COVID-19 Pandemie in Deutschland vom ersten März 2020 bis zum letzten Tag, für den die API des Robert-Koch-Instituts Daten liefert, darstellt.

Das Bachelorprojekt sowie eines der Videos ist verfügbar unter
https://github.com/leanderbuerkin/Bachelorprojekt/blob/master/media/germany_incidence_V4_300ms_1080p_music.mp4

3.1 Datenquellen - Ursprung und Abspeicherung

Das genannte Bachelorprojekt sowie diese Bachelorarbeit verwenden Informationen zur COVID-19 Pandemie und den geographischen Daten von 412 deutschen Landkreisen.

Alle Daten stammen von der Programmierschnittstelle (API) des Robert-Koch-Instituts „COVID-19 Datenhub“ (npgeo-corona-npgeo-de.hub.arcgis.com) oder werden aus den daher stammenden Daten generiert. Diese Datenquelle wurde gewählt, weil sie vom Robert-Koch-Institut (RKI, www.rki.de) und dem deutschen Staat (www.bundesregierung.de) referenziert wird. Beispielsweise unter:

- www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus
- www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Daten/Fallzahlen_Inzidenz_aktualisiert.html

Insgesamt werden drei verschiedene Datenpakete der API verwendet, zum einen die geographischen Daten der Landkreise, zum anderen die Summe aller aufgetretenen COVID-19 Fälle seit Beginn der Pandemie für jeden Landkreis und jeden Tag vom 01.03.2020 bis zum 21.07.2021 sowie eine Auflistung aller Meldungen der Gesundheitsämter, in welchen das Referenzdatum, das Meldedatum, die Anzahl der betroffenen Menschen und deren Zustand (entweder genesen, verstorben oder noch infektiös) angegeben werden. Das Referenzdatum kann laut RKI als Tag der Infektion interpretiert werden, das Meldedatum als Genesungsdatum beziehungsweise Sterbedatum [5].

Die Landkreise, welche das RKI angibt, stimmen nicht mit den Landkreisen des Statistischen Bundesamtes¹ überein: In den Daten des RKIs gibt es 118 Landkreise mehr, beziehungsweise wenn man die kreisfreien Städte abzieht, zwölf Landkreise mehr. Diese Diskrepanz kommt durch die Aufteilung von Berlin in seine 12 Bezirke. Zudem wird Eisenach in den Daten des RKIs als eigene kreisfreie Stadt gewertet und nicht zum Wartburgkreis hinzugezählt, der Stadtkreis Eisenach ist mit dem Gemeindeschlüssel 16056 versehen. Trotz dieser Unterschiede und obwohl auch kreisfreie Städte miteinbezogen sind, wird im folgenden weiterhin der Begriff „Landkreise“ für alle 412 Gebiete verwendet. Die Regierungsbezirke, welche sich aus den ersten zwei oder drei Stellen des Gemeindeschlüssels ergeben, stimmen leider auch nicht mit den Regie-

¹<https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/04-kreise.html>

rungsbezirken des Statistischen Bundesamtes² überein: Die Gemeindeschlüssel haben 38 verschiedene Präfixe, wohingegen laut statistischem Bundesamt aktuell nur 19 Regierungsbezirke existieren. Da jedoch nicht alle Bundesländer in Regierungsbezirke unterteilt sind, wird in neun Fällen das Bundesland an Stelle möglicher Regierungsbezirke verwendet. Die Diskrepanz von neun weiteren Gebieten entsteht durch die Veränderung der Regierungsbezirke seit der Einführung der Gemeindeschlüssel: Die Gemeindeschlüssel Niedersachsens lassen auf 4 Regierungsbezirke schließen, die Gemeindeschlüssel der Rheinland-Pfalz auf 3 und die Gemeindeschlüssel Sachsens auf 3 weitere. Keines dieser Bundesländer ist aktuell noch in Regierungsbezirke unterteilt. Somit ergeben sich 19 echte Regierungsbezirke, 10 ehemalige sowie 9 Bundesländer ohne Regierungsbezirke. Trotz dieser Unterschiede und obwohl auch Bundesländer miteinbegriffen sind, wird im folgenden weiterhin der Begriff „Regierungsbezirk“ für alle 38 Gebiete verwendet.

Die genannten Daten werden abgespeichert, damit sie nicht bei jeder Ausführung erneut angefordert und aufbereitet werden müssen.

3.2 Datenaufbereitung

Bevor die Daten genutzt werden können, müssen sie verifiziert werden, überflüssige Informationen entfernt werden und neue Kennzahlen aus den gegebenen Informationen berechnet werden. Daten vor der Datenaufbereitung, welche direkt von der API oder einem Backup davon stammen, werden als „unmodifizierte“ Daten bezeichnet.

Daten, die rudimentär auf Vollständigkeit überprüft wurden, aus den Daten generierte Daten enthalten und bei welchen überflüssige Informationen entfernt wurden, werden „modifizierte“ Daten genannt.

Zunächst werden die unmodifizierten Daten in eine übersichtlichere Form übertragen

²<https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/03-regierungsbezirke.html>

und es wird sichergestellt, dass gleich viele Werte für jeden Landkreis vorhanden sind. Zudem werden die Umrisse der 100 Landkreise von Hand geprüft, welche mehrere Polygone enthalten, diese werden entweder als Ausschnitt oder als reale Fläche interpretiert. Würde man einfach alle Polygone zeichnen, kann es passieren, dass ein Bereich, welcher komplett von einem Landkreis umgeben ist von einem seiner Polygone übermalt wird, welches genau diese Fläche aus dem Landkreis ausschneiden sollte.

Nachdem die unmodifizierten Daten in eine übersichtlichere Form übertragen und überprüft wurden, werden aus den Daten weitere Werte berechnet.

Die Bevölkerungsdichte der Landkreise wird berechnet, indem die Anzahl der Einwohner durch die Fläche in Quadratmetern geteilt wird (siehe Gleichung 2). Beide Informationen werden von der API bereitgestellt. Die Bevölkerungsdichte wird auch für die Regierungsbezirke berechnet. Sowohl die Bevölkerungsdichten der Landkreise wie auch die Bevölkerungsdichten der Regierungsbezirke werden zur Einordnung der Korrelationsanalysen auf einer Deutschlandkarte dargestellt, wobei die Farbe die Bevölkerungsdichte repräsentiert, wie in Abschnitt 2.6 beschrieben.

Für jeden Landkreis und jeden Regierungsbezirk wird eine Zeitserie mit den 7-Tages Inzidenzen angefertigt, welche die 7-Tages Inzidenz nach Gleichung 3 für jeden Tag enthält, für den eine Fallzahlen angegeben ist.

Um die Auflistung aller Meldungen der Gesundheitsämter nutzen zu können, müssen diese erst für jeden Landkreis und jeden Tag gesammelt und aufsummiert werden: Das Referenzdatum wird als Tag der Infektion interpretiert. Die Anzahl der betroffenen Individuen wird für jeden folgenden Tag zur akkumulierten Anzahl der Fälle hinzuaddiert. Das Meldedatum wird als Tag der Genesung beziehungsweise Tag des Todes interpretiert, je nachdem ob die Meldung Genesung oder Tod angibt. Die Anzahl der betroffenen Individuen wird hier zum einen für jeden folgenden Tag zur akkumulierten Anzahl der Genesenen/Verstorbenen hinzuaddiert. Zum anderen wird die Anzahl der betroffenen Individuen für jeden Tag zwischen dem Referenzdatum

und dem Meldedatum zu den aktiven Fällen hinzuaddiert.

Mithilfe der Gesamtbevölkerung eines Landkreises werden aus diesen Daten für jeden Tag und jeden Landkreis alle drei Kategorien des SIR-Modells berechnet:

- „susceptible“: Die Gesamtbevölkerung des Landkreises minus die akkumulierte Anzahl der Fälle.
- „infectious“: Liegt als aktive Fälle bereits vor.
- „recovered“: Die Summe aus der akkumulierten Anzahl der Genesenen und der Verstorbenen. Oder die akkumulierte Anzahl der Fälle minus die aktiven Fälle. Solange zu jeder Meldung ein Referenzdatum angegeben ist, entspricht das Ergebniss der zweiten Berechnungsvariante dem der ersten.

Um ein Gefühl dafür zu bekommen, welcher Landkreis in welchem Ausmaß von der Corona Pandemie getroffen wurde, wird die akkumulierte Anzahl der COVID-19 Fälle des letzten Tages durch die Bevölkerung des Landkreises geteilt und farblich in einer Deutschlandkarte dargestellt.

3.3 Datendarstellung

Abschließend werden die Daten wie folgt dargestellt.

3.3.1 Allgemeine Daten der Gebiete

Zuerst werden die folgenden Daten der Landkreise und Regierungsbezirke dargestellt, welche auf einfachen Gleichungen beruhen und lediglich zur Einordnung der anderen Ergebnisse dienen:

- Die Bevölkerungsdichte, um diese mit dem Infektionsverhalten in Zusammenhang setzen zu können.

- Die Anordnung der Gebiete, wenn man sie nach ihrem Gemeindeschlüssel sortiert - Die Sortierung erfolgt hier lexikographisch, das heißt, dass die Länge des Gemeindeschlüssels keine Rolle spielt, sondern immer das erste Zeichen verglichen wird und bei Übereinstimmung das nächste verglichen wird. Dadurch ergibt sich eine einheitlichere Nord-Süd-Aufteilung als die Sortierung nach dem Betrag.
- Die Summe der 7-Tages Inzidenzen als Maß dafür, wie stark ein Gebiet betroffen war.

3.3.2 SIR-Modell

Zudem wird anhand der Daten ein SIR-Modell erstellt.

Da jedoch die Zahl der aktiven Fälle sehr niedrig und dementsprechend sensibel gegenüber kleinen Anomalien sind, wird dieses nur auf Bundesebene erstellt. Hierfür werden die drei Kennzahlen des SIR-Modells in drei Abbildungen dargestellt.

3.3.3 Korrelationsanalyse

Für alle Korrelationsanalysen werden aus den in Abschnitt 2.4 genannten Gründen die 7-Tages Inzidenzen nach Gleichung 3 verwendet. Folgenden Gebiete werden nach den in Abschnitt 2.5 beschriebenen Methoden untersucht:

- Die Korrelation der in Abbildung 12 dargestellten Landkreise mit den Stadtkreisen, die sie umgeben, siehe Unterabschnitt 3.3.4
- Die Korrelationen aller Landkreise untereinander
- Die Korrelationen aller Regierungsbezirke untereinander

Die ausgewählten Stadt- und Landkreise

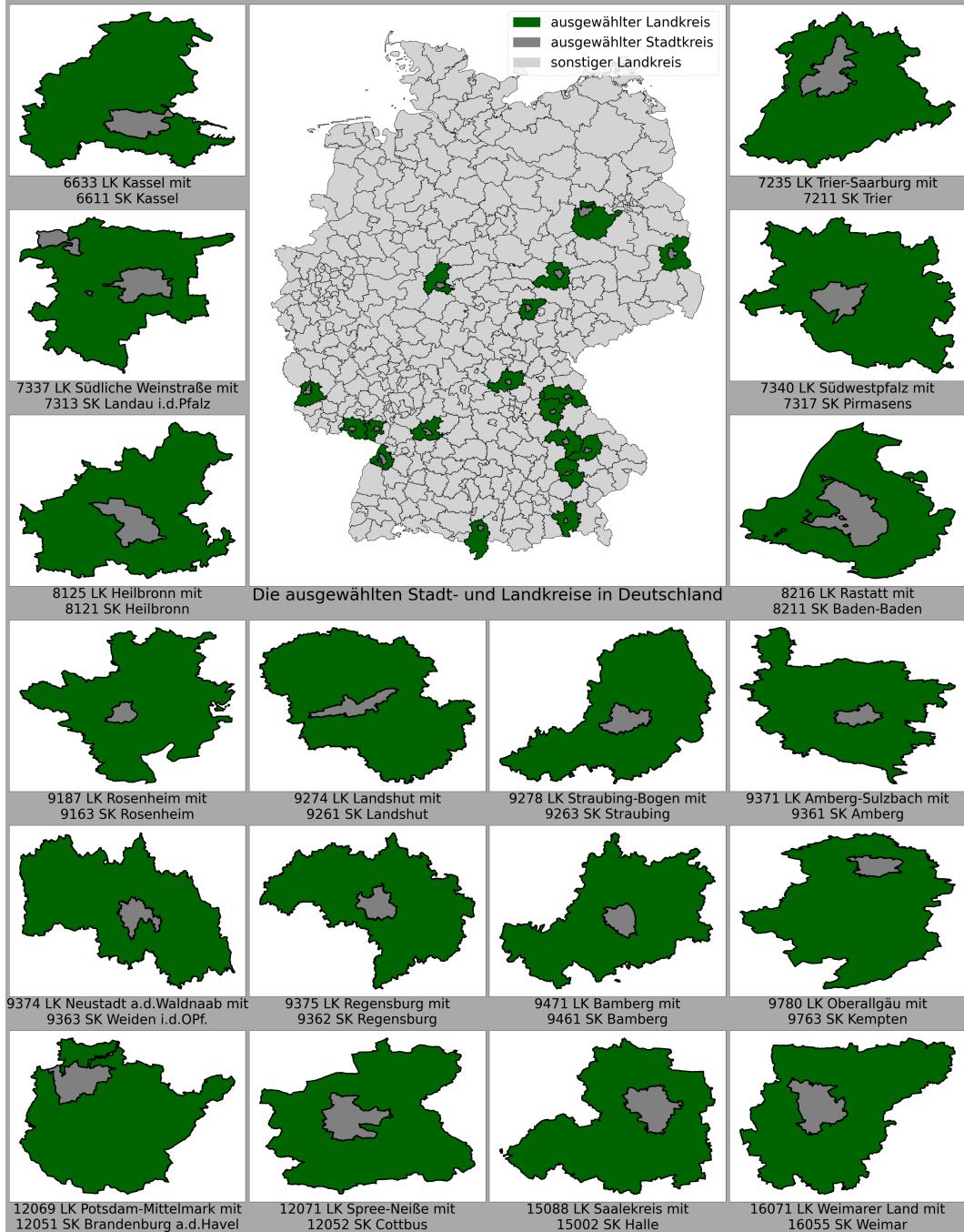


Abbildung 12: Die ausgewählten Landkreise mit den Stadtkreisen, die sie jeweils umgeben. In Grün jeweils der Landkreis und in Dunkelgrau der Stadtkreis, der umschlossen wird.

In dieser Arbeit werden nur Korrelationen mit einem zeitlichen Versatz zwischen $\tau = -50$ und $\tau = 50$ betrachtet, da zum einen eine Interpretation für eine Verschiebung von mehr als 4 Wochen sehr schwierig ist und zum anderen einzelne Ausreißer bei größeren Verschiebungen stärker ins Gewicht fallen, weil immer weniger Produkte aufsummiert werden. Dies fällt auch in Abbildung 8 im Vergleich zu Abbildung 7 an den Rändern der Graphen auf.

Um ein detailliertes Bild zu erhalten, werden zudem Korrelationsanalysen für die Verschiebungen $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-14, 14]$ durchgeführt.

3.3.4 Korrelation einzelner ausgewählter Städte und Landkreise

Zum Einstieg werden die Korrelationen zwischen den Landkreisen aus Abbildung 12 und den Stadtbezirken, die sie umgeben, berechnet. An ihnen lässt sich besonders gut testen, ob sich in den Korrelationswahrscheinlichkeiten zwischen einer Stadt und ihrem Umland eine zeitliche Verschiebung feststellen lässt. Um die festgestellten zeitlichen Verschiebungen einzuordnen, wird zudem ermittelt, bei wieviel Prozent der Korrelationen aller deutschen Landkreise untereinander die höchste Korrelationswahrscheinlichkeit bei einer Verschiebung von $\tau = 0$ zu finden ist.

Für die ausgewählten Landkreis-Stadtbezirk-Paare werden Korrelationsanalysen durchgeführt, wie in Abschnitt 2.5 beschrieben. Da es sich um eine übersichtliche Datenmenge handelt und für jedes Gebiet nur eine Korrelation geprüft wird, werden die Werte, welche normalerweise in Matrixform dargestellt werden, explizit ausgegeben.

4 Resultate

4.1 Bevölkerungsdichten der Landkreise und Regierungsbezirke

In Abbildung 13 sind die Bevölkerungsdichten der einzelnen Landkreise dargestellt. Auf der linken Seite befindet sich die Verteilung und auf der rechten Seite die räumliche Anordnung.

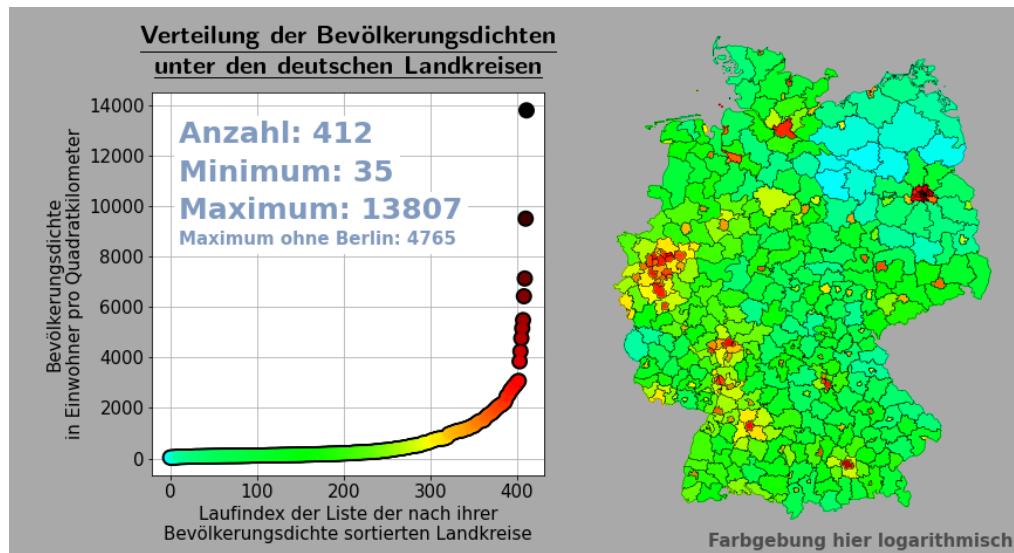


Abbildung 13: Verteilung der Bevölkerungsdichten unter den deutschen Landkreisen.

In Abbildung 14 sind die Bevölkerungsdichten der einzelnen Regierungsbezirke dargestellt. Auf der linken Seite befindet sich die Verteilung und auf der rechten Seite die

räumliche Anordnung.

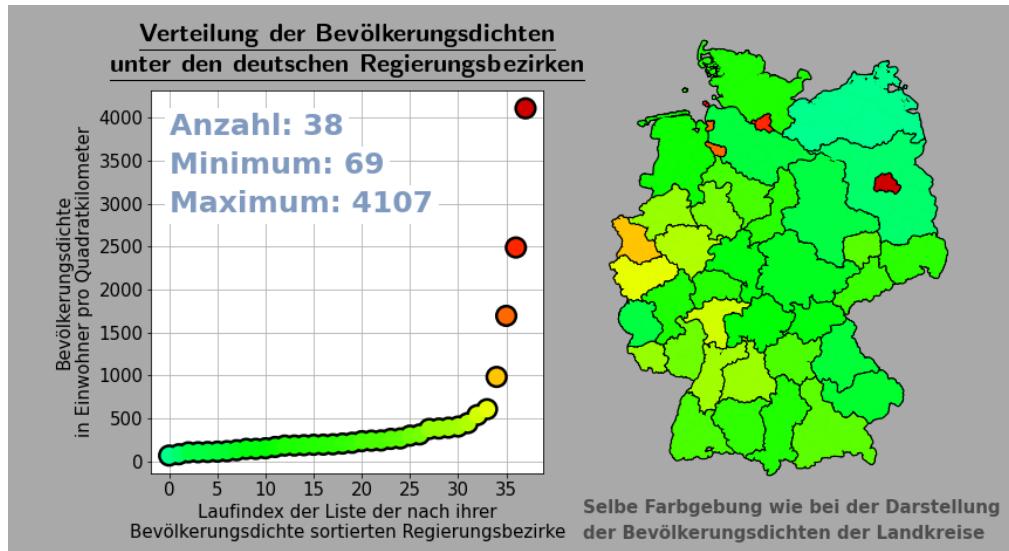


Abbildung 14: Verteilung der Bevölkerungsdichten unter den deutschen Regierungsbezirken. Die Skalierung entspricht der Farbgebung in Abbildung 13.

4.2 Die Landkreise und Regierungsbezirke sortiert nach dem Gemeindeschlüssel

In Abbildung 15 sind die Landkreise und Regierungsbezirke entsprechend der lexicographischen Ordnung der Gemeindeschlüssel eingefärbt. Anhand der Farbe der Landkreise/Regierungsbezirke lässt sich die grobe Nord-Süd und Ost-West Sortierung erkennen, die eine Sortierung der Liste der Landkreise/Regierungsbezirke nach Gemeindeschlüsseln ergibt.

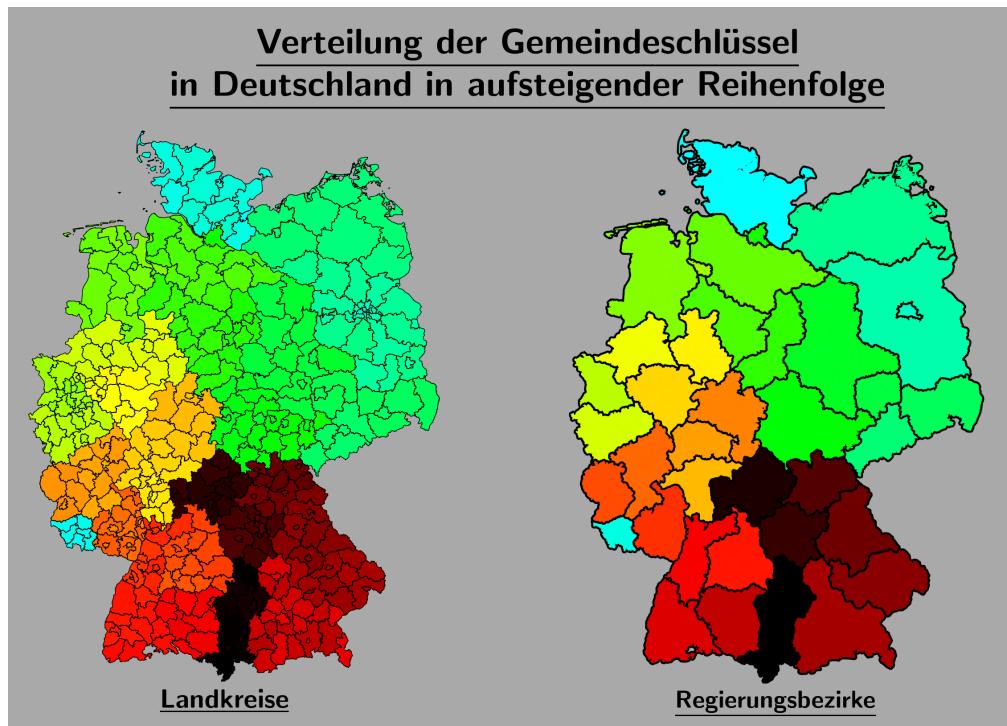


Abbildung 15: Die Landkreise und Regierungsbezirke eingefärbt nach der lexikographischen Größe ihres Gemeindeschlüssels.

4.3 Summe der 7-Tages Inzidenzen der Landkreise und Regierungsbezirke

In Abbildung 16 sind die Summen der 7-Tages Inzidenzen der einzelnen Landkreise dargestellt. Auf der linken Seite befindet sich die Verteilung und auf der rechten Seite die räumliche Anordnung.

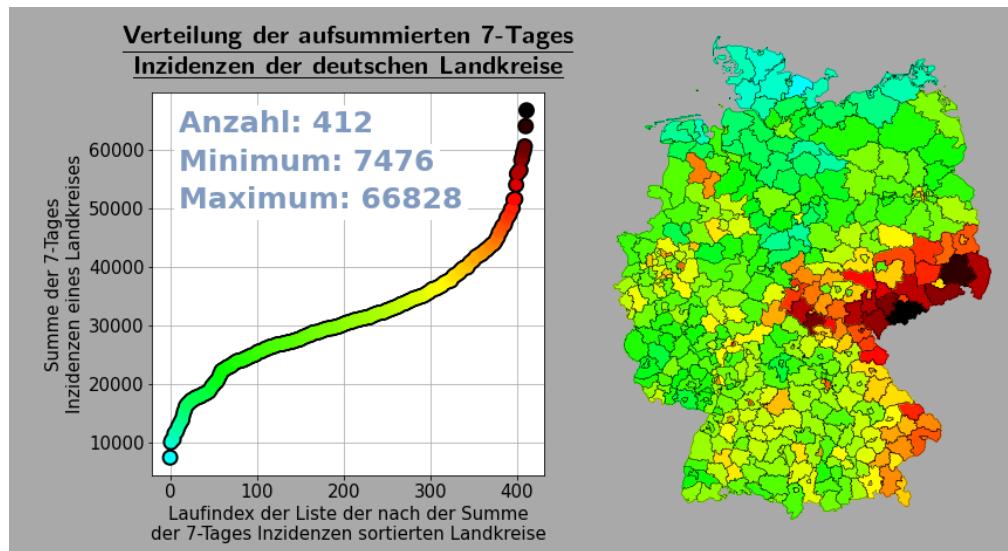


Abbildung 16: Verteilung der Summe der 7-Tages Inzidenzen unter den deutschen Landkreisen.

In Abbildung 17 sind die Summe der 7-Tages Inzidenzen der einzelnen Regierungsbezirke dargestellt. Auf der linken Seite befindet sich die Verteilung und auf der rechten Seite die räumliche Anordnung.

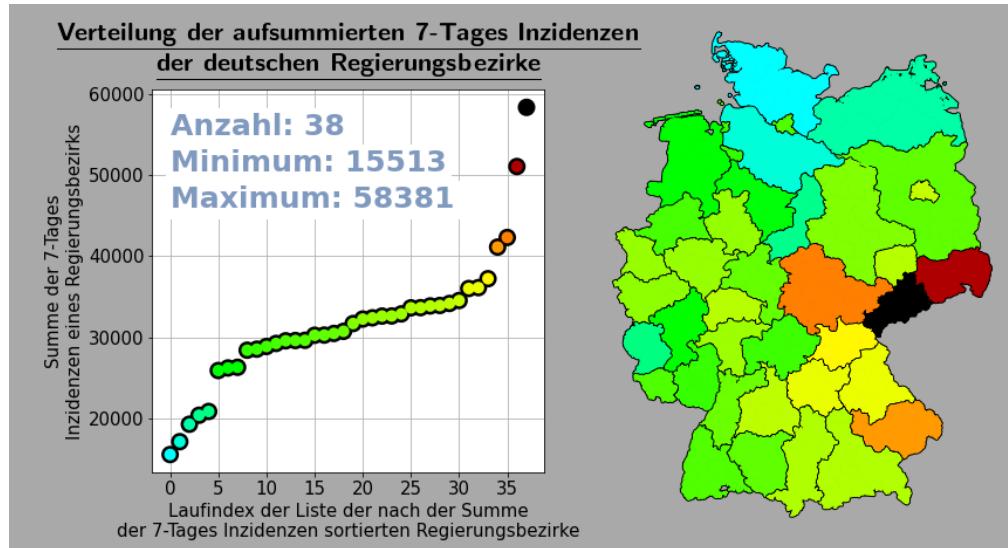


Abbildung 17: Verteilung der Summe der 7-Tages Inzidenzen unter den deutschen Regierungsbezirken.

4.4 SIR-Modell für Deutschland

In Abbildung 18 sind die drei Kennzahlen des SIR-Modells für Deutschland in drei Graphen dargestellt.

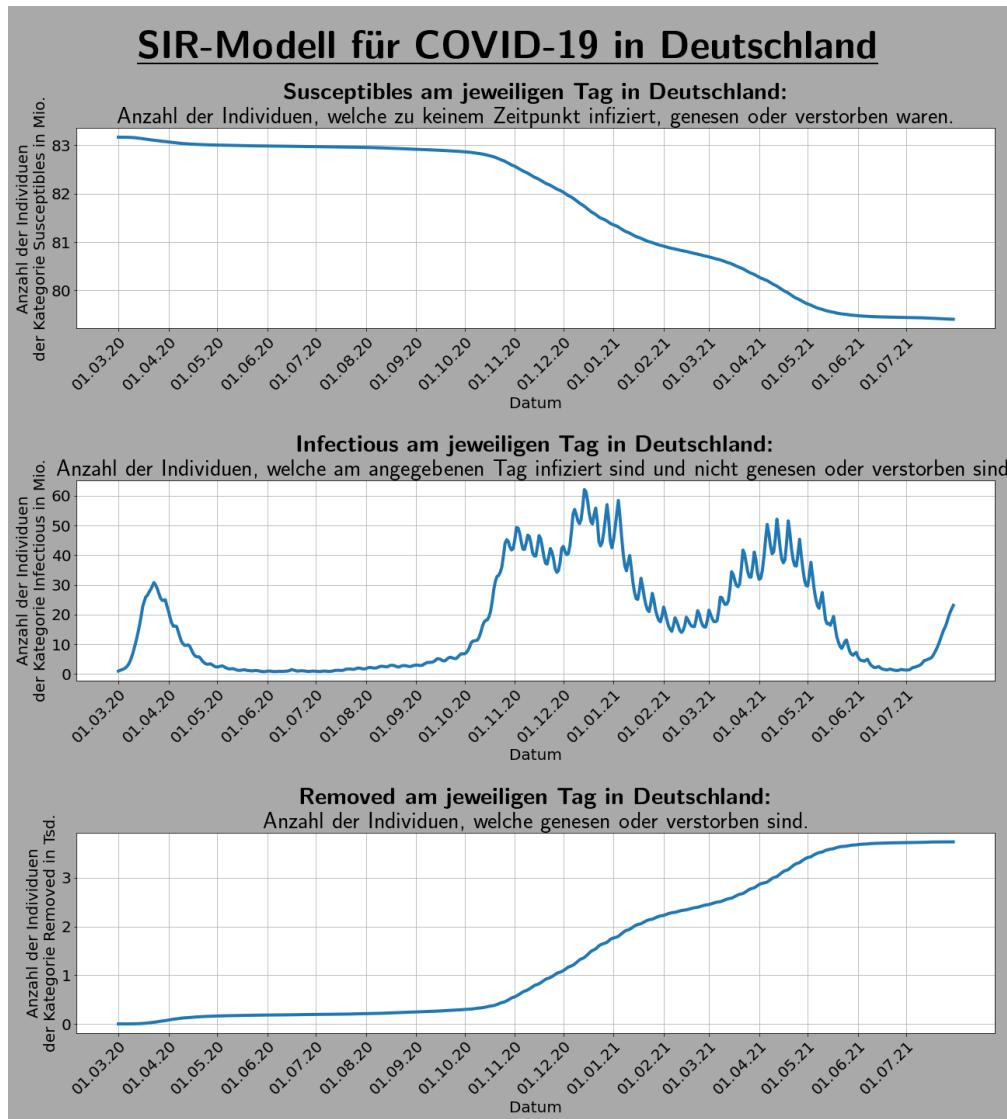


Abbildung 18: Die drei Kennzahlen des SIR-Modells für Deutschland in drei Graphen.

Von den 3.748.038 gemeldeten Fällen weisen 46.033 Meldungen (1,2%) Inkonsistenzen auf. Dies entspricht fast der maximalen Zahl der Menschen in Kategorie „infectious“

von ca. 60.000. In 37757 Fällen liegt das Meldedatum vor dem Referenzdatum, das heißt die Person ist nach der hier verwendeten Interpretation genesen bzw. gestorben bevor sie sich angesteckt hat. Bei diesen Meldungen wird das Meldedatum auf das Referenzdatum gesetzt. In 8276 Fällen liegt das Referenzdatum mehr als 30 Tage vor dem Meldedatum, die Person ist also mehr als 30 Tage krank, was laut RKI sehr unwahrscheinlich ist.[5] Auch in diesen Fällen wird das Meldedatum auf das Referenzdatum gesetzt wird.

1409 Fälle wurden vor dem 01. März an das RKI gemeldet. Teilweise handelt es sich um authentische Meldungen, teilweise um fragwürdige Meldungen. Da die Gesamtzahl jedoch unter einem Prozent liegt, werden die Fälle in Abbildung 18 zum 01. März hinzugerechnet.

4.5 Korrelationen zwischen Städten und ihrem Umland

In Abbildung 19 sind die Korrelationswerte zwischen den in Unterabschnitt 3.3.4 beschriebenen Städten und den zugehörigen Landkreisen für eine zeitliche Verschiebung zwischen $\tau = -50$ und $\tau = 50$ als Kurven dargestellt.

Die Kurven, deren Maximum rechts der null ist, sind rot eingefärbt. Die Kurven mit dem höchsten Punkt links der null sind blau gefärbt. Die restlichen Kurven, welche am für $\tau = 0$ maximal werden, sind grün gefärbt. Bei den Korrelationsanalysen der folgenden Stadt- und Landkreise sind die Werte bei einer Verschiebung $\tau = 0$ maximal:

- LK Kassel (6633) mit SK Kassel (6611)
- LK Südliche Weinstraße (7337) mit SK Landau i.d.Pfalz (7313)
- LK Heilbronn (8125) mit SK Heilbronn (8121)
- LK Rastatt (8216) mit SK Baden-Baden (8211)

- LK Rosenheim (9187) mit SK Rosenheim (9163)
- LK Landshut (9274) mit SK Landshut (9261)
- LK Straubing-Bogen (9278) mit SK Straubing (9263)
- LK Neustadt a.d.Waldnaab (9374) mit SK Weiden i.d.OPf. (9363)
- LK Oberallgäu (9780) mit SK Kempten (9763)

Bei den Korrelationsanalysen der folgenden Stadt- und Landkreise sind die Werte bei einer Verschiebung $\tau = 1$ maximal:

- LK Amberg-Sulzbach (9371) mit SK Amberg (9361)
- LK Saalekreis (15088) mit SK Halle (15002)
- LK Weimarer Land (16071) mit SK Weimar (16055)

Bei den Korrelationsanalysen von LK Trier-Saarburg (7235) mit SK Trier (7211) und LK Regensburg (9375) mit SK Regensburg (9362) sind die Werte bei einer Verschiebung $\tau = 3$ maximal. Die Werte der Korrelationsanalyse von LK Bamberg (9471) mit SK Bamberg (9461) sind maximal bei einer Verschiebung $\tau = 8$. Die Werte Korrelationsanalysen von LK Südwestpfalz (7340) mit SK Pirmasens (7317), LK Potsdam-Mittelmark (12069) mit SK Brandenburg a.d.Havel (12051) und LK Spree-Neiße (12071) mit SK Cottbus (12052) werden in jeweils bei einer Verschiebung $\tau = -2$, $\tau = -4$ und $\tau = -6$ maximal.

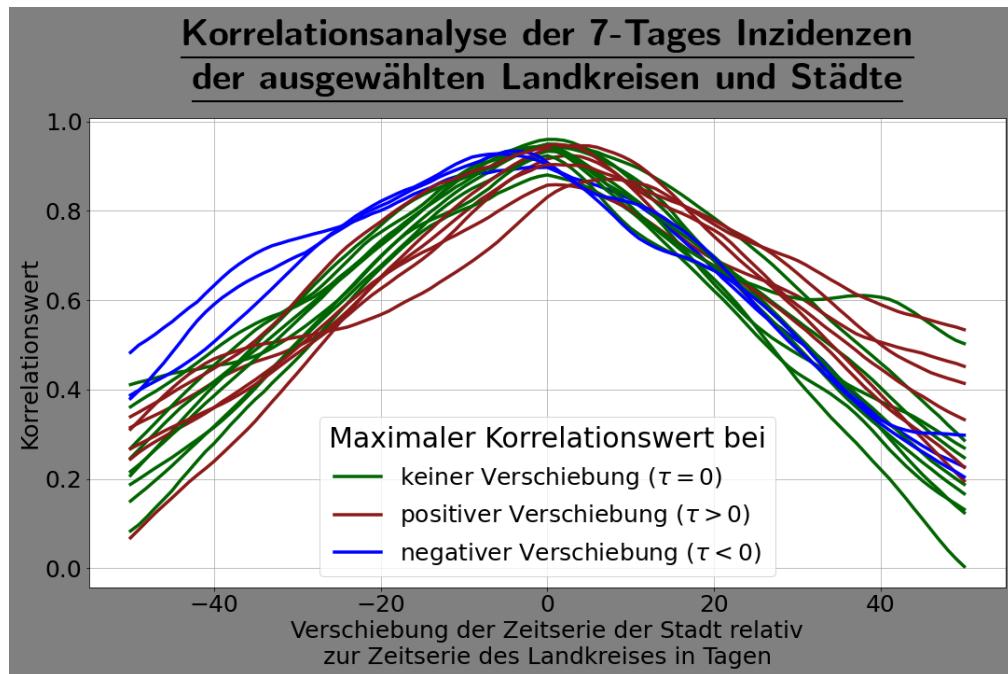


Abbildung 19: Die Korrelationswerte der 7-Tages Inzidenzen der ausgewählten Landkreise mit den Städten, die sie umgeben. Die Kurven sind je nach dem x-Wert ihres Maximums eingefärbt: Rot bei positiven x-Werten, Blau bei negativen und grün bei einem x-Wert von null.

In dieser sehr kleinen Teilmenge weisen 50 % der Korrelationen den höchsten Korrelationswert bei einer Verschiebung von $\tau = 0$ auf. Bei den Korrelationen aller deutschen Landkreise untereinander liegt bei 8,7 % der höchste Korrelationswert bei einer Verschiebung von $\tau = 0$ (8,5 % wenn man die Korrelationen der Landkreise mit sich selbst herausrechnet).

Abbildung 20 zeigt die Tendenz der Verschiebung.

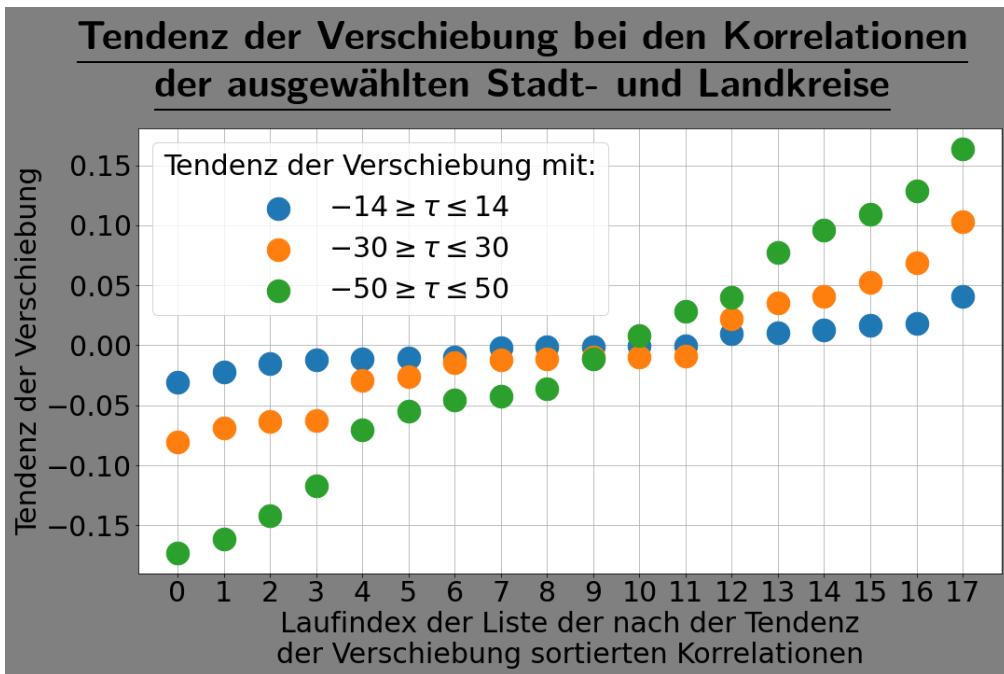


Abbildung 20: Die Tendenzen der Verschiebung aus den Korrelationsanalysen der ausgewählten Städte und Landkreise.

4.6 Korrelationsmatrizen sortiert nach der Bevölkerungsdichte

4.6.1 Korrelationsmatrizen mit den nach Bevölkerungsdichten sortierten Landkreisen

In Abbildung 21 finden sich die sechs Matrizen mit den Werten für die Korrelationen zwischen allen Landkreisen. Die Zeilen und Spalten sind nach der Bevölkerungsdichte der Landkreise sortiert. Im Anhang in Abschnitt 8.1 befindet sich die vollständige Auflistung.

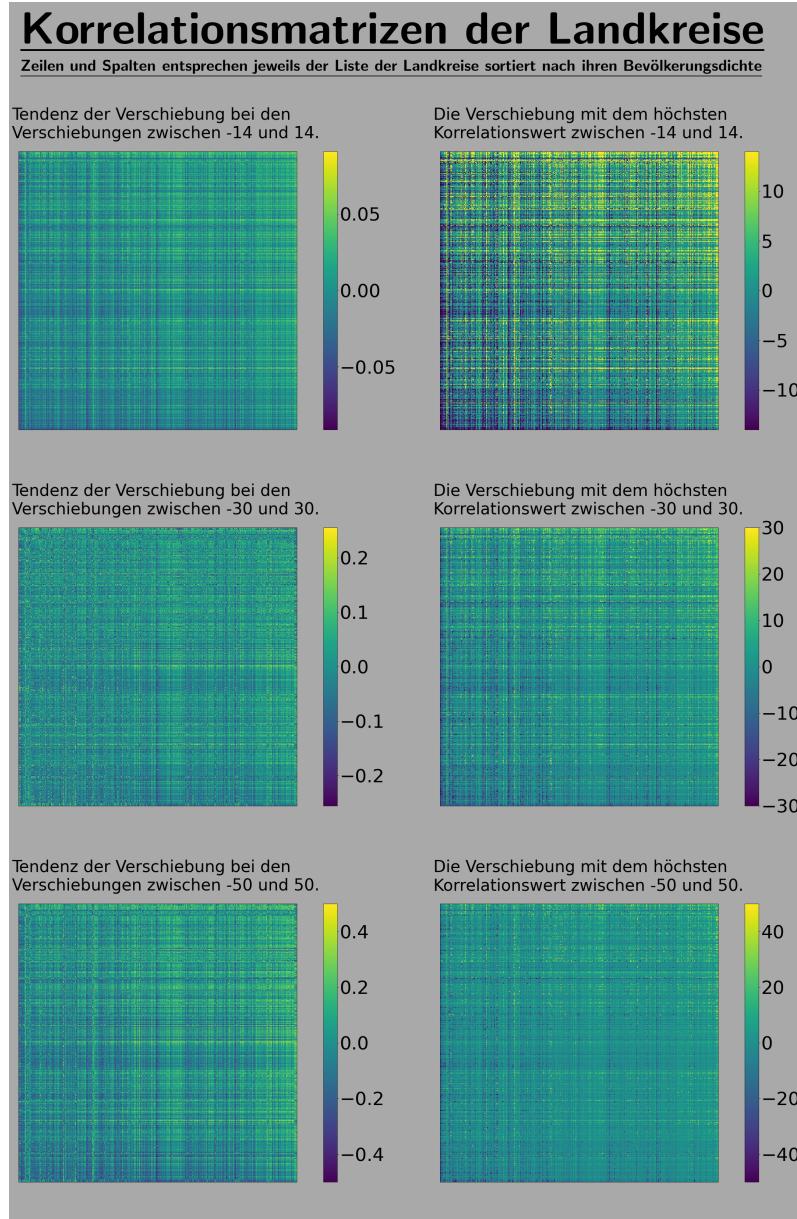


Abbildung 21: Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Landkreise zeilen- und spaltenweise nach der Bevölkerungsdichte sortiert (siehe Abschnitt 8.1). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Landkreises der Spalte in Relation zum Landkreis der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Landkreises der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

4.6.2 Korrelationsmatrizen mit den nach Bevölkerungsdichten sortierten Regierungsbezirken

die sechs Matrizen mit den Werten für die Korrelationen zwischen den Regierungsbezirken finden sich in Abbildung 22. Die Zeilen und Spalten sind nach der Bevölkerungsdichte der Regierungsbezirke sortiert, die vollständige Auflistung befindet sich im Anhang in Abschnitt 8.3.

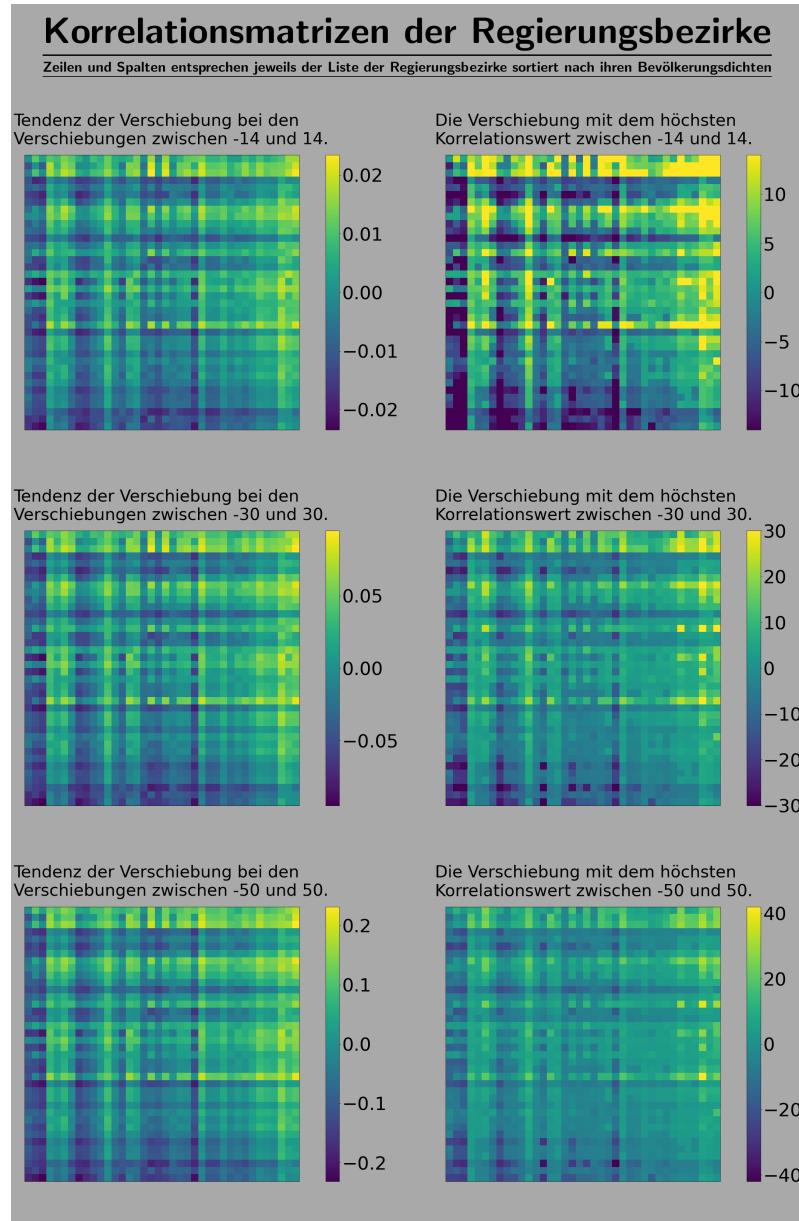


Abbildung 22: Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Regierungsbezirke zeilen- und spaltenweise nach der Bevölkerungsdichte sortiert (siehe Abschnitt 8.3). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Regierungsbezirks der Spalte in Relation zum Regierungsbezirk der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Regierungsbezirks der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

4.7 Korrelationsmatrizen sortiert nach dem Gemeindeschlüssel

4.7.1 Korrelationsmatrizen mit den nach Gemeindeschlüsseln sortierten Landkreise

In Abbildung 23 befinden sich die sechs Matrizen mit den Werten für die Korrelationen zwischen den Landkreisen. Die Zeilen und Spalten sind lexikographisch nach den Gemeindeschlüsseln der Landkreise sortiert, dies entspricht in etwa einem Nord-Süd-Verlauf (siehe Abbildung 15). Im Anhang in Abschnitt 8.2 befindet sich die vollständige Auflistung.

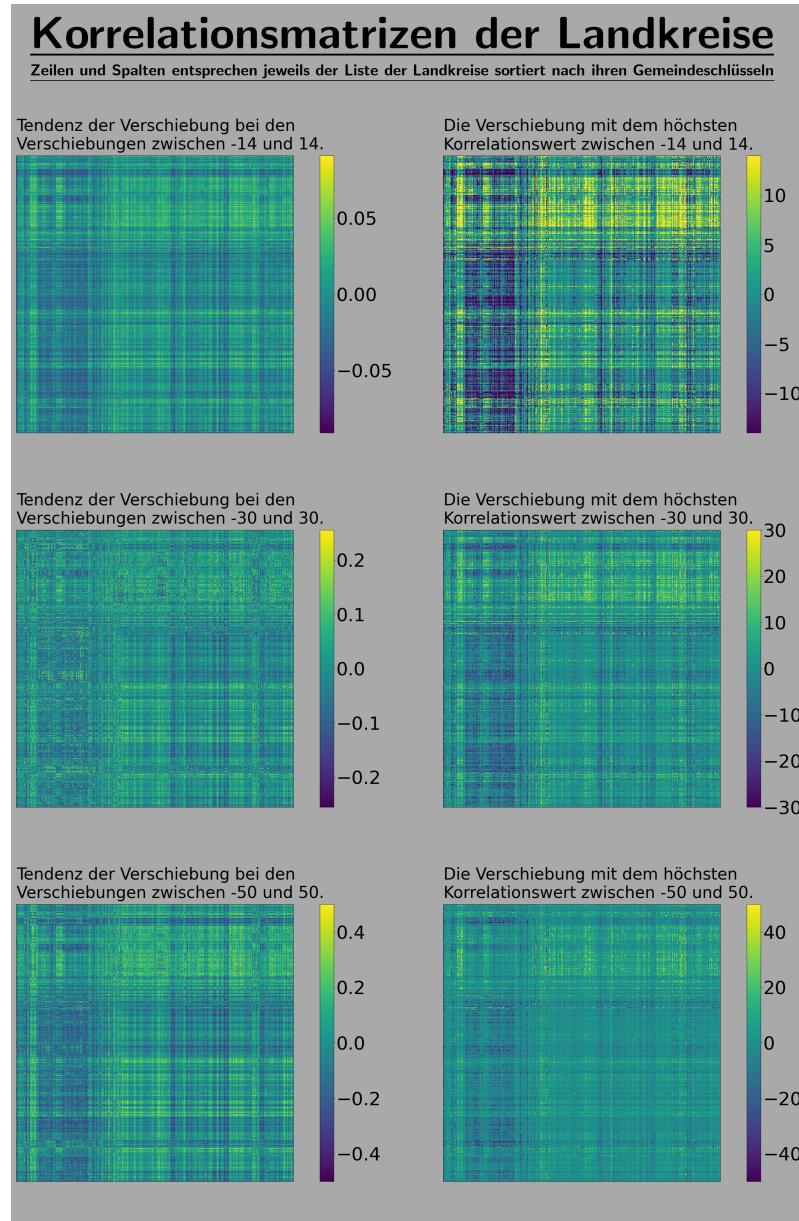


Abbildung 23: Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Landkreise zeilen- und spaltenweise nach dem Gemeindeschlüssel sortiert (siehe Abschnitt 8.2). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Landkreises der Spalte in Relation zum Landkreis der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Landkreises der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

4.7.2 Korrelationsmatrizen mit den nach Gemeindeschlüsseln sortierten Regierungsbezirken

Die sechs Matrizen mit den Werten für die Korrelationen zwischen den Regierungsbezirken befinden sich in Abbildung 24 . Auch hier sind die Zeilen und Spalten lexikographisch nach den Gemeindeschlüsseln der Landkreise in den Regierungsbezirken sortiert. Die vollständige Auflistung von diesen befindet sich im Anhang in Abschnitt 8.4.

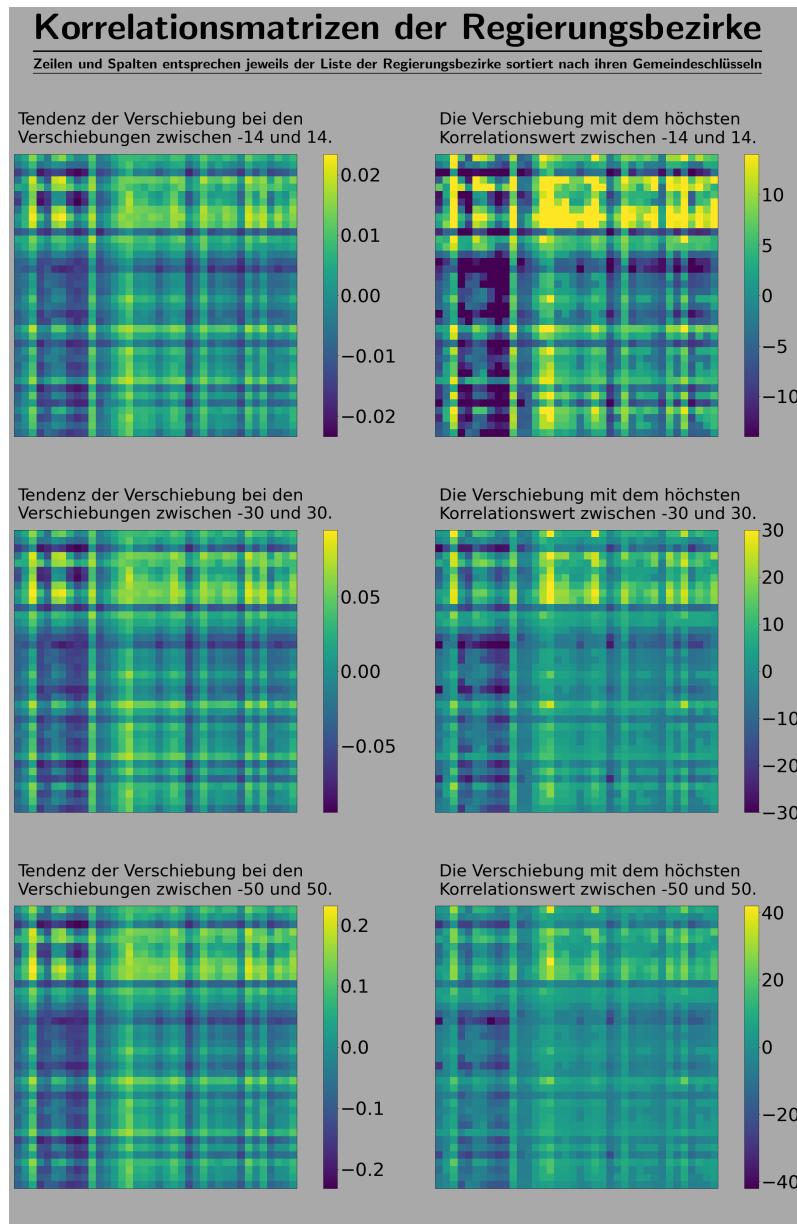


Abbildung 24: Korrelationsmatrizen der Korrelationen aller Regierungsbezirke zeilen- und spaltenweise nach dem Gemeindeschlüssel sortiert (siehe Abschnitt 8.4). Die Farben der Zellen der linken Matrizen entsprechen den Tendenzen der Verschiebung des Regierungsbezirks der Spalte in Relation zum Regierungsbezirk der Zeile. Auf der rechten Seite wir die Zelle entsprechend der Verschiebung der Zeitserie des Regierungsbezirks der Spalte entgegen der Zeitserie der Zeile mit dem höchsten Korrelationswert eingefärbt. Beide Vorgehensweise werden für alle ganzzahligen Verschiebungen $\tau \in [-14, 14]$, $\tau \in [-30, 30]$ und $\tau \in [-50, 50]$ durchgeführt und in dieser Reihenfolge von oben nach unten dargestellt.

4.8 Durchschnittliche Verschiebung im nationalen Vergleich

4.8.1 Verteilung der durchschnittlichen Verschiebung unter den Landkreise

In den folgenden Abbildungen sind die deutschen Landkreise entsprechend dem Durchschnitt der Werte ihrer Zeile in der beschriebenen Matrix eingefärbt.

In Abbildung 25 sind die Landkreise entsprechend der Durchschnitte ihrer Zeilen in der rechten unteren Matrix aus Abbildung 21 bzw. Abbildung 23 eingefärbt. Links daneben ist die Verteilung dargestellt.

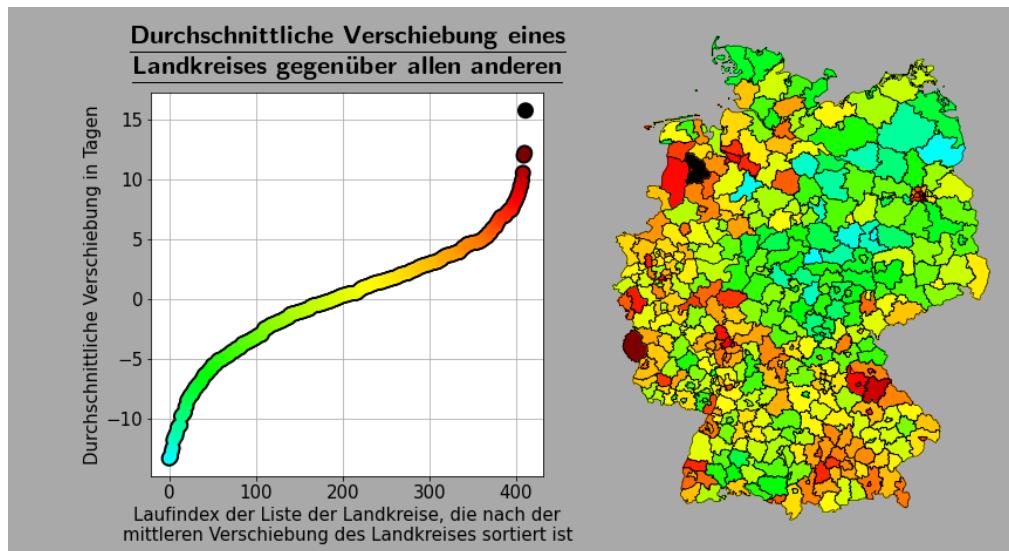


Abbildung 25: Auf der rechten Seite die deutschen Landkreise eingefärbt im Durchschnitt der Maximalwerte der Korrelationen mit allen Landkreisen und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.

Die Landkreise in Abbildung 26 sind entsprechend der Durchschnitte ihrer Zeilen in der linken unteren Matrix aus Abbildung 21 bzw. Abbildung 23 eingefärbt. Die Verteilung ist links daneben dargestellt.

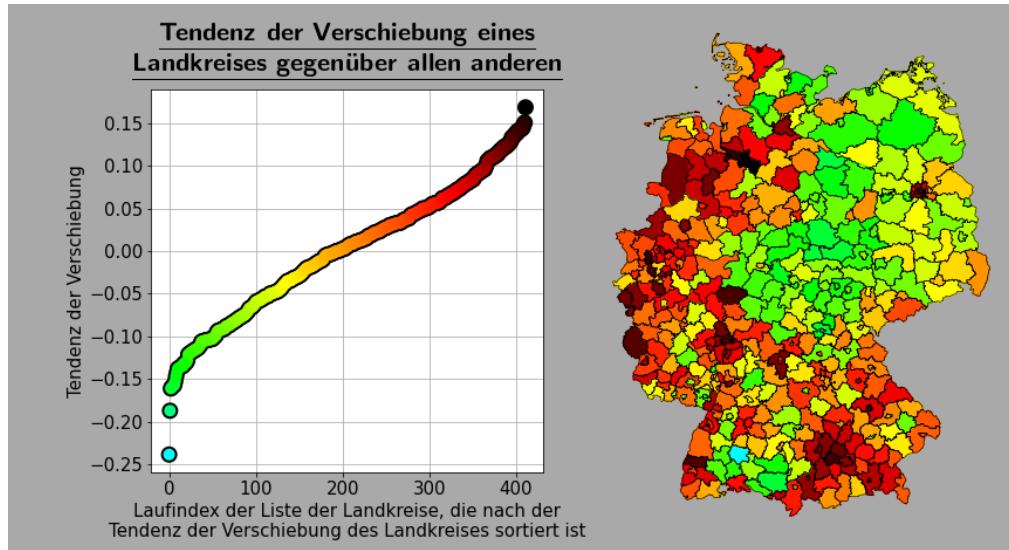


Abbildung 26: Auf der rechten Seite die deutschen Landkreise eingefärbt im Durchschnitt der Tendenzen der Verschiebung der Korrelationen dieses Landkreises mit allen Landkreisen und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.

4.8.2 Verteilung der durchschnittlichen Verschiebung unter den Regierungsbezirken

Die deutschen Regierungsbezirke sind in den folgenden Abbildungen entsprechend dem Durchschnitt der Werte ihrer Zeile in der referenzierten Matrix eingefärbt.

In Abbildung 27 sind die Regierungsbezirke entsprechend der Durchschnitte ihrer Zeilen in der rechten unteren Matrix aus Abbildung 22 bzw. Abbildung 24 eingefärbt. Links daneben ist die Verteilung dargestellt.

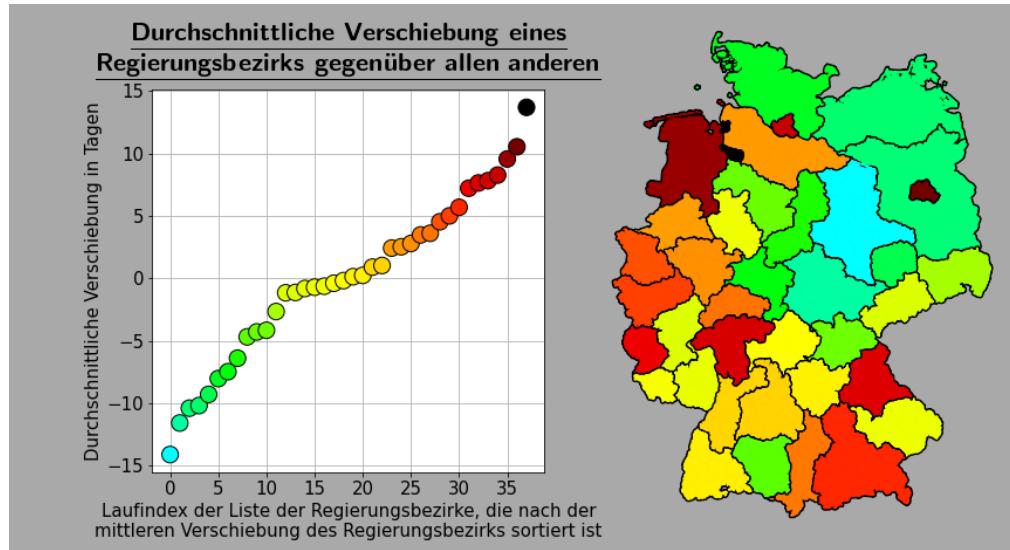


Abbildung 27: Auf der rechten Seite die deutschen Regierungsbezirke eingefärbt im Durchschnitt der Maximalwerte der Korrelationen mit allen Regierungsbezirken und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.

Die Regierungsbezirke in Abbildung 28 sind entsprechend der Durchschnitte ihrer Zeilen in der linken unteren Matrix aus Abbildung 22 bzw. Abbildung 24 eingefärbt. Die Verteilung ist Links daneben dargestellt.

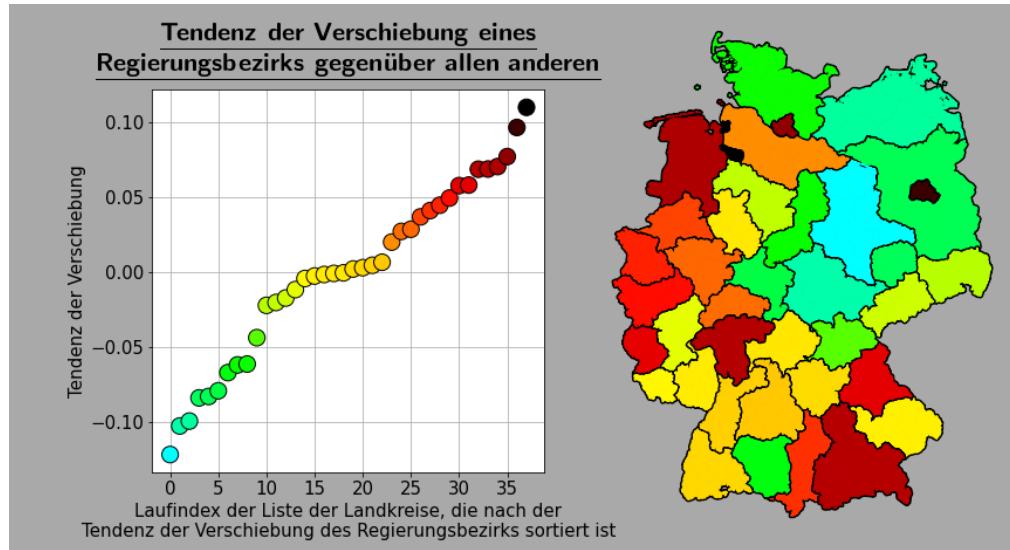


Abbildung 28: Auf der rechten Seite die deutschen Regierungsbezirke eingefärbt im Durchschnitt der Differenz der Korrelationswahrscheinlichkeiten der positiven Verschiebungen zu den Korrelationswahrscheinlichkeiten der negativen Verschiebungen der Korrelationen dieses Regierungsbezirks mit allen Regierungsbezirken und Verschiebungen $\tau \in [-50, 50]$. Auf der linken Seite die Verteilung dieser Werte.

5 Diskussion

5.1 Aussagekraft des SIR-Modells

Die R-Wert Berechnung des Robert-Koch-Instituts basiert auf den selben Daten auf denen auch die drei Kennzahlen für das SIR-Modell in Abbildung 18 basieren[5], jedoch werden hierfür noch einige weitere Maßnahmen und Annahmen getroffen, welche das Maß dieser Bachelorarbeit sprengen würden.[5] Wie auch in der Veröffentlichung und Abschnitt 4.4 beschrieben, weisen die Meldungen der Daten überraschend viele Fehler auf, obwohl es sich lediglich um die automatisch festgestellten Fehler handelt.

Inwiefern die Daten nicht das Infektionsverhalten wiederspiegeln, lässt sich anhand der Wochentagsabhängigen Schwankungen der Infizierendenzahl abschätzen: Vermutlich werden am Wochenende weniger Tests durchgeführt oder weniger Meldungen abgegeben.

Zudem spiegeln die Zahlen nur die getesteten Fälle wieder. Somit kann zum einen verstärktes Testen in späteren Zeiträumen in der Pandemie die Zahlen verfälschen und zum anderen machen symptomfreie Krankheitsverläufe es schwer, festzustellen ob und wie lange eine Person infektiös war.

Da die Anzahl der Infizierenden in einem SIR-Modell sehr klein ist und daher kleine Unregelmäßigkeiten eine große Auswirkung haben, lassen sich anhand dieses simplen SIR-Modells keine stichfesten Aussagen über das Infektionsgeschehen treffen. Im Rahmen dieser Arbeit dient es als Mahnmal, dass die erwähnten Probleme stets beachtet werden müssen: Die täglichen Schwankungen werden dadurch ausgeglichen,

dass die 7-Tages Inzidenz verwendet wird. Die Verwendung von den täglichen Fallzahlen des RKIs als offizielle Stelle sorgt für eine Vorsortierung der Meldungen. Zudem werden im weiteren Verlauf ausschließlich die Fallzahlen benutzt, da diese die höchsten Größenordnungen erreichen und daher Inkonsistenzen von einigen 100 Fällen pro Tag weniger verheerend sind.

5.2 Zusammenhänge von Bevölkerungsdichten und Corona-Zahlen der Landkreisen

Klar zu erkennen in Abbildung 13 sind die vielen kleinen roten Punkte, welche Stadtkreise mit besonders hoher bevölkerungsdichte kennzeichnen, wie auch in der nach der Bevölkerungsdichte sortierten Liste im Abschnitt 8.1 aufgeführt.

Diese sind jedoch oftmals von Landkreisen mit vergleichbar niedrigen Bevölkerungsdichten (außer im Rhein-Ruhrgebiet) umgeben. Daher lässt sich systematisch nur sehr schwer zwischen Landkreisen mit homogen niedriger Bevölkerungsdichte in einem gewissen Bereich und Landkreisen mit niedriger Bevölkerungsdichte, welche eine Stadt umschließen und eine deutlich höhere Bevölkerungsdichte aufweisen würden, wenn die Stadt zum Landkreis gehören würde, unterscheiden.

Da somit manche mittelmäßig dicht bevölkerte Gebiete nicht trivial in einen stark bevölkerten Stadtkreis und einen dünn bevölkerten Landkreis zerlegt sind, lassen sich keine Schlussfolgerungen ziehen, inwiefern dünn bevölkerte Gebiete stärker betroffen sind als dichter bevölkerte Gebiete. Dies spiegelt sich auch in den im Vergleich zu den restlichen Matrizen recht homogenen Matrizen in Abbildung 21 wieder.

Jedoch lässt sich die Aufteilung vorzüglich nutzen, um festzustellen, ob die 7-Tages Inzidenzen einer Stadt vor den 7-Tages Inzidenzen im Umland steigen. Abbildung 19 zeigt jedoch eindeutig, dass die 7-Tages Inzidenzen der gewählten Städte und Landkreise außergewöhnlich zeitgleich steigen und fallen: Der höchste Korrelationswert bei einer Verschiebung von $\tau = 0$ bei 50% ist derart über dem nationalen Durchschnitt von ca.

8,7%, das davon ausgegangen werden kann, dass sich ein Landkreis, der eine Stadt komplett umgibt einen sehr ähnlichen Verlauf der 7-Tages Inzidenz aufweisen wird.

Auch die sehr kleinen in Abbildung 20 eingetragenen Tendenzen der Verschiebung stützen diese These: die Tendenzen entsprechen maximal lediglich 5% des Maximalwerts und sind zu circa gleichen Teilen positiv und negativ.

Die geringe Größe der Teilmenge mit 18 untersuchten Paaren sollte bei der Einschätzung der Ergebnisse berücksichtigt werden, auch wenn kein trivialer Zusammenhang zwischen dem Ergebnis und der Auswahlmethode besteht. Es wurden die Städte gewählt, welche vollständig von einem Landkreis umgeben sind,

5.3 Zusammenhänge von Bevölkerungsdichten und Corona-Zahlen der Regierungsbezirke

Um das oben beschriebene Problem von nicht trivial aufgeteilten Gebieten zu beheben und einen Zusammenhang zwischen Bevölkerungsdichten und Corona-Zahlen herstellen zu können, werden statt der Landkreise die Regierungsbezirke verwendet.

Alle Matrizen in Abbildung 22 scheinen einen Farbverlauf von links unten nach rechts oben zu besitzen, was in der Matrix rechts oben am deutlichsten ersichtlich ist. Dies spricht stark dafür, dass die 7-Tages Inzidenz der bevölkerungsdichten Regierungsbezirke früher ansteigt. Der Farbverlauf wirkt relativ kontinuierlich, was den Verdacht auf einen Zusammenhang noch weiter verstärkt.

Dieser Effekt entspricht durchaus der ersten Intuition, da sich, wie der Name schon sagt, in dichter bevölkerten Gebieten mehr Menschen auf engerem Raum bewegen und dadurch mehr Menschen von Infizierenden angesteckt werden. Zudem sind die Treffpunkte in Städten vermutlich deutlich größer: Größere Unternehmen, Universitäten, größere Diskotheken, größere Wohneinheiten, stärker frequentierte Knotenpunkte des Nah- und Fernverkehrs etc. Dadurch kann es zu mehr und stärkeren Superspreading-

Events kommen. Superspreading-Events sind Ereignisse an denen sich eine Vielzahl an Menschen an wenigen Infizierten anstecken.

Die Superlative dieser Superspreading-Events stören jedoch auch die Regelmäßigkeit des angesprochenen Farbverlaufs in den Matrizen: Beispielsweise kam es laut Zeit¹ im Oktober 2020 im Landkreis Cloppenburg zu einem Corona Ausbruch in einem Schlachthof. Erstellt man für den 06.10.2020 und den 07.10.2020 eine Karte mit allen Landkreisen mit einer 7-Tages Inzidenz über 50 rot ein, ergibt sich die Karte in Abbildung 29.

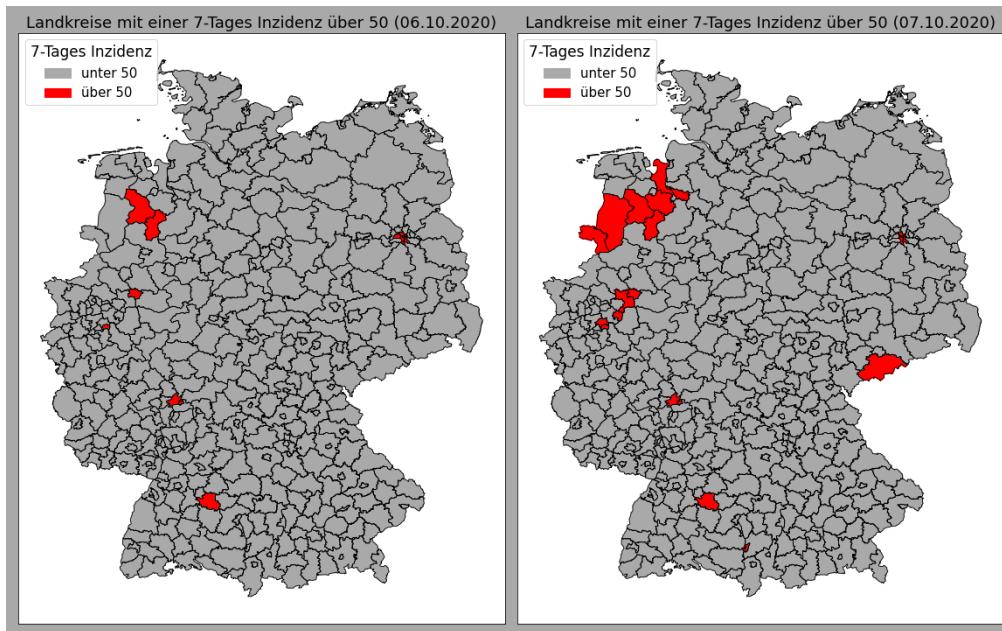


Abbildung 29: Die Deutschlandkarte, rot eingefärbt jeweils die Landkreise mit einer 7-Tages Inzidenz am 06.10.2020 beziehungsweise 07.10.2020 über 50.

Klar erkennbar: Die extrem starke Ausbreitung des Corona-Virus in diesem Gebiet. Vermutlich sorgte der Corona Ausbruch in Cloppenburg in diesem Zeitraum für einen rapiden Anstieg im Nordwesten Deutschlands.

¹Zeit-Artikel „Corona-Zahlen im Kreis Cloppenburg schnellen hoch“ vom 9. Oktober 2020
<https://www.zeit.de/news/2020-10/09/corona-zahlen-im-kreis-cloppenburg-hochgeschnellt>

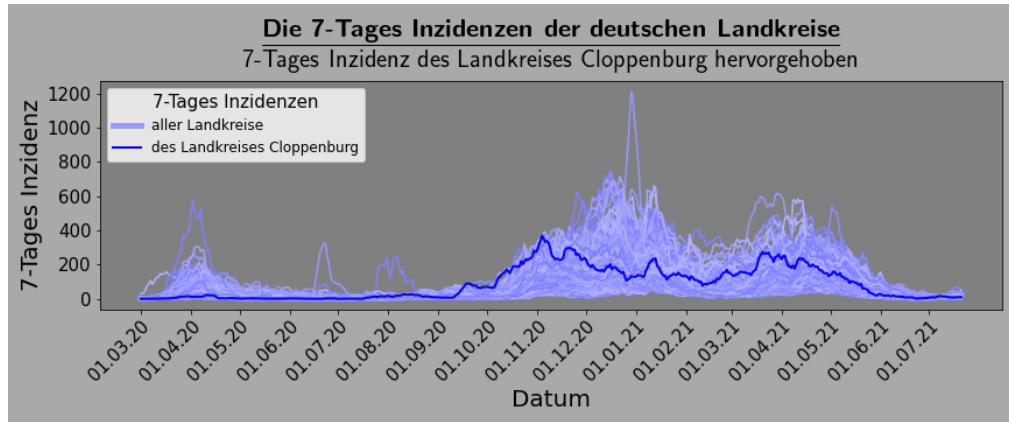


Abbildung 30: Die 7-Tages Inzidenzen der deutschen Landkreise, in Blau die 7-Tages Inzidenz von Cloppenburg.

Die (ehemaligen) Regierungsbezirke Weser-Ems und Lüneburg im Nord-Westen Deutschlands, zu denen Cloppenburg und viele der roten Landkreise in Abbildung 29 gehören, sind den dunklen Linien in Zeile 5 und 12 der Matrizen in Abbildung 22 zugeordnet. Vor allem in der rechten oberen Matrix fallen diese klar aus dem Muster, vermutlich aufgrund dieses einen Superspreading-Events.

In Abbildung 30 ist zudem klar ersichtlich, dass die 7-Tages Inzidenz in Cloppenburg nur in diesem Zeitraum zu den höchsten zählte und sich anschließend eher im Mittelfeld bewegte. Was die Bedeutung dieses einen Superspreading-Events untermauert.

Jedoch muss nicht immer ein außerordentlicher Corona Ausbruch für eine auffällige Färbung in der Matrix sorgen: Die vierte Zeile in den Matrizen in Abbildung 22, welche dem Regierungsbezirk Trier zugeordnet ist, ist ebenfalls erstaunlich dunkel. Vergleicht man wie in Abbildung 31 den Inzidenzverlauf des Regierungsbezirks mit den Inzidenzverläufen der restlichen Regierungsbezirke, scheint die 7-Tages Inzidenz des Regierungsbezirkes Trier zu Beginn durchschnittlich früh und stark angewachsen zu sein, was gegen ein markantes Superspreading-Event spricht.

Im Vergleich zu den anderen Regierungsbezirken blieb die 7-Tages Inzidenz jedoch ungewöhnlich stabil, wie in Abbildung 31 zu sehen. Die insgesamt niedrige Summe

aller täglichen 7-Tages Inzidenzen des Regierungsbezirks, welche in Abbildung 17 erkennbar ist, stützt die These, das die 7-Tages Inzidenz im nationalen Vergleich zwar früh stieg, aber durchgehend bei relativ niedrigen Werten blieb.

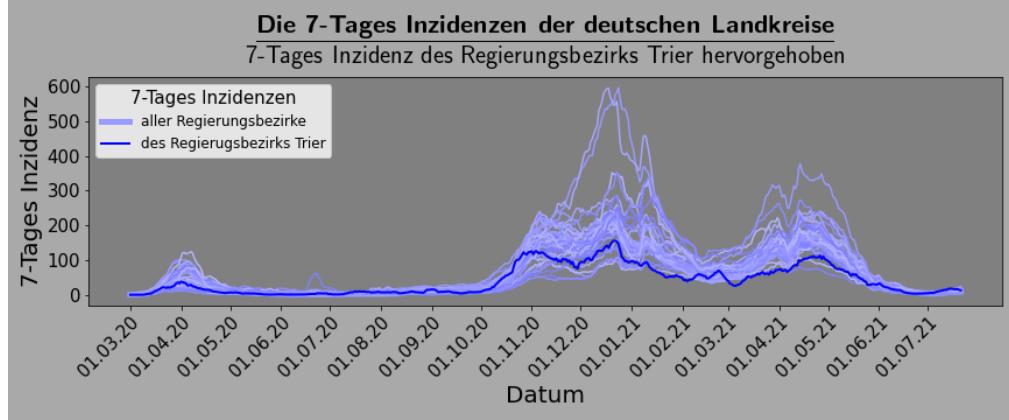


Abbildung 31: Der Verlauf der 7-Tages Inzidenzen der deutschen Regierungsbezirke. Der Verlauf des Regierungsbezirks Trier ist blau hervorgehoben.

Die Schlussfolgerungen, welche anhand der Matrizen aufgestellt wurden, werden auch von Abbildung 27 und Abbildung 28 gestützt, welche die Verteilung der durchschnittlichen Verschiebungen mit dem höchsten Wert und die durchschnittlichen Tendenzen der Verschiebung aller Landkreise zeigen: Bis auf die beiden erwähnten Ausnahmen, ähneln die beiden Deutschlandkarten stark der Deutschlandkarte, welche die Verteilung der Bevölkerungsdichte der Landkreise in Abbildung 14 zeigt.

5.4 Zusammenhänge von Gemeindeschlüssel und Corona-Zahlen der Landkreise und Regierungsbezirke

Die Matrizen aus Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen keinen konstanten Farbverlauf: Viel eher sind die obersten Zeilen bis auf wenige Ausnahmen sehr hell, sie sind den neuen Bundesländern, Schleswig-Holstein und dem Saarland zugeordnet. Der mittlere und untere Teil, dessen Gebiete grob den alten Bundesländern zugeordnet sind, sind eher dunkler.

Die dunklen Striche in der dritten Zeile der Matrizen in Abbildung 24 ist Berlin zugeordnet. Da es sich um Städte mit sehr hoher Bevölkerungsdichte handelt, fallen diese auch in das in Abschnitt 5.3 beschriebene Muster. Hamburg, welches für die dunklen Striche in den selben Matrizen in Zeile 11 verantwortlich ist, fällt in die selbe Kategorie.

Das Saarland, welches in Abbildung 24 laut Abschnitt 8.4 der zweiten Zeile zugeordnet ist, ist in allen Matrizen in der oberen Hälfte eine der dunkleren Linien, im unteren Teil würde sie vermutlich nicht auffallen. Dies ist wenig verwunderlich, da das Saarland bei der Sortierung nach dem Gemeindeschlüssel am auffälligsten aus dem Nord-Süd- und Ost-West-Raster herausfällt, wie in Abbildung 15 zu sehen ist.

Somit scheinen die 7-Tages Inzidenzen in den alten Bundesländern vor den 7-Tages Inzidenzen in den neuen Bundesländern zu steigen.

5.5 Durchschnittliche Verschiebung der Landkreise im nationalen Vergleich

Abbildung 25 und Abbildung 26 weisen die selben Merkmale auf wie die analysierten Abbildungen und stützen daher die Thesen:

- Die Inzidenzwerte scheinen in dichter besiedelten Gebieten tendenziell früher zu steigen als in dünner besiedelten Gebieten.
- Einzelne Superspreading-Events können für einen signifikanten früheren Auschlag der 7-Tages Inzidenz eines ganzen Regierungsbezirks sorgen.
- Die 7-Tages Inzidenzen in den neuen Bundesländern scheinen vor den 7-Tages Inzidenzen in den alten Bundesländern zu steigen.

6 Zusammenfassung

Nach den Erkenntnissen dieser Arbeit scheinen Anstiege in den 7-Tages Inzidenzen der deutschen Stadtstaaten bis jetzt als Vorwarnung gut geeignet gewesen zu sein. Die vielen Anomalien wie beispielsweise das Superspreading-Event in Cloppenburg im Oktober 2020 zeigen jedoch auf, dass sich diese Ausbrüche nicht an trivialen Charakteristiken der Landkreise, Regierungsbezirke oder Bundesländer festmachen lassen.

Die Meldungen der einzelnen Landkreise, welche das Robert-Koch-Institut (RKI) zur Verfügung stellt, enthalten leider sehr viele fragwürdige Meldungen (Genesungsdatum liegt vor dem Ansteckungsdatum oder außergewöhnlich lange Infektionszeiten). Da zudem die Anzahl der aktiven Fälle innerhalb einer Woche beachtlich schwankt, lässt sich aus dem SIR-Modell nicht ohne weitere Annahmen und Maßnahmen, wie sie das RKI bei seinen Berechnungen benutzt, Wissen generieren.

Die Zahl der Ansteckungen, welche täglich vom RKI herausgegeben wird eignet sich jedoch sehr gut zur Berechnung der 7-Tages Inzidenz. Bei der Korrelation der 7-Tages Inzidenzen der deutschen Landkreise und Regierungsbezirke ergeben sich einige interessante Erkenntnisse:

- Die 7-Tages Inzidenzen von 18 Städten, welche von einem Landkreis komplett umgeben sind, steigen nahezu zeitgleich mit den 7-Tages Inzidenzen der Landkreise.
- Die Inzidenzwerte scheinen in dichter besiedelten Gebieten tendenziell früher

zu steigen als in dünner besiedelten Gebieten.

- Einzelne Superspreading-Events können für einen signifikanten früheren Auschlag der 7-Tages Inzidenz eines ganzen Regierungsbezirks sorgen.
- Die 7-Tages Inzidenzen in den neuen Bundesländern scheinen vor den 7-Tages Inzidenzen in den alten Bundesländern zu steigen, ansonsten lässt sich jedoch kein Nord-West-Verlauf oder ähnliches feststellen.

7 Danksagung

Vielen herzlichen Dank den zahlreichen Helfern, welche mich mental und inhaltlich unterstützt haben!

Zuallererst danke ich meinem Betreuer Dr. Andreas Greiner, welcher mich vor einem Jahr mit der Idee für diese Arbeit infiziert hat und seither dieses Abenteuer mit mir gewagt hat. Er hat mich durch seine Motivation und sein Wissen auch nach tiefen Rückschlägen immer wieder dazu gebracht, weiterzumachen und neue Möglichkeiten zu finden. Vielen Dank für deine Expertise und deine höchst sympathische Art!

Zudem möchte ich mich bei Prof. Moritz Mathias Diehl bedanken, dass er sich mit seiner immensen Fachexpertise, in die ich durch seine Vorlesungen einen winzigen Einblick erhaschen durfte, mit meiner Bachelorarbeit befasst und sie begutachtet. Vielen Dank!

An zweiter Stelle möchte ich meinen Mitbewohnern Sarah Weitz, Sebastian Rauser und Nibischan Raveendran danken, welchen ich meine Programme und Gedankengänge an langen Abenden erklären durfte und ich so logische Fehler korrigieren oder schwer verständliche Dinge zugänglicher machen konnte. Vielen Dank für eure Geduld, eure Kochkünste und eure Wissbegierde!

Nicht zu vernachlässigen ist zudem der Beitrag meiner Familie: Im gesamten Studium boten mir meine Geschwister Elena und Fabian Bürkin Orientierung und Halt, wenn ich nicht mehr weiter wusste oder auf einem falschen Weg war. Beide konnten mir durch ihre Erfahrungen aus dem Mikrosystemtechnik- bzw. Mathematik-Master einen

Strauß an Tipps und Tricks mitgeben, mit denen ich theoretisch schon an meinem Master wäre, wenn ich sie richtig umgesetzt hätte. Bei der schwierigen Aufgabe, meine Pläne umzusetzen, standen mir meine Eltern stets zur Seite und motivierten mich, diese durchzuziehen. Vielen herzlichen Dank für eure Hilfsbereitschaft und eure Geduld mit eurem kleinen Bruder und Sohn zu jeder Zeit!

Zu guter Letzt möchte ich meinen Kollegen, Komilitonen, Korrekturlesern und vor allem Freunden Andreas Philipp, Franz Kostelezky, Lea Hohl und Ellen Hermle bedanken, die sich durch diese Arbeit gequält haben und die mir bei Dr. Andreas Greiners teils schwierigen mathematischen Ausführungen Hoffnung gegeben haben, weil sie auch nicht alles beim ersten Mal verstanden haben. Auf einen Kaffee und vielen Dank!

8 Anhang

8.1 Die deutschen Landkreise sortiert nach ihrer Bevölkerungsdichte

Hier sind alle Landkreise mit Gemeindeschlüssel sortiert nach ihrer Bevölkerungsdichte aufgelistet, in Klammern ist jeweils die Bevölkerungsdichte angegeben.

1. 12070 LK Prignitz (35.60)
2. 15081 LK Altmarkkreis Salzwedel (36.11)
3. 12073 LK Uckermark (38.60)
4. 12068 LK Ostprignitz-Ruppin (39.11)
5. 3354 LK Lüchow-Dannenberg (39.48)
6. 13076 LK Ludwigslust-Parchim (44.43)
7. 15090 LK Stendal (45.62)
8. 13071 LK Mecklenburgische Seenplatte (46.92)
9. 12062 LK Elbe-Elster (53.50)
10. 15086 LK Jerichower Land (56.35)
11. 7232 LK Bitburg-Prüm (60.84)
12. 13075 LK Vorpommern-Greifswald (62.00)
13. 13072 LK Rostock (62.91)
14. 3360 LK Uelzen (63.21)
15. 15091 LK Wittenberg (64.26)
16. 9374 LK Neustadt a.d.Waldnaab (66.10)
17. 9377 LK Tirschenreuth (66.40)
18. 7233 LK Vulkaneifel (66.54)
19. 16069 LK Hildburghausen (67.42)
20. 12071 LK Spree-Neiße (68.45)
21. 16075 LK Saale-Orla-Kreis (69.73)
22. 13073 LK Vorpommern-Rügen (70.97)
23. 16065 LK Kyffhäuserkreis (71.52)
24. 15083 LK Börde (71.91)
25. 6535 LK Vogelsbergkreis (72.50)
26. 13074 LK Nordwestmecklenburg (74.06)
27. 3358 LK Heidekreis (74.80)
28. 12061 LK Dahme-Spreewald (74.91)

29. 9673 LK Rhön-Grabfeld (78.00)
30. 12067 LK Oder-Spree (79.03)
31. 3357 LK Rotenburg (Wümme) (79.04)
32. 9276 LK Regen (79.30)
33. 1054 LK Nordfriesland (79.47)
34. 9272 LK Freyung-Grafenau (79.49)
35. 9575 LK Neustadt a.d.Aisch-Bad Windsheim (79.71)
36. 12072 LK Teltow-Fläming (80.69)
37. 9472 LK Bayreuth (81.39)
38. 9371 LK Amberg-Sulzbach (82.09)
39. 12069 LK Potsdam-Mittelmark (83.45)
40. 9372 LK Cham (83.74)
41. 9278 LK Straubing-Bogen (84.12)
42. 6635 LK Waldeck-Frankenberg (84.71)
43. 16068 LK Sömmerda (86.06)
44. 3462 LK Wittmund (86.26)
45. 3256 LK Nienburg (Weser) (86.70)
46. 9180 LK Garmisch-Partenkirchen (87.40)
47. 9674 LK Haßberge (88.26)
48. 7135 LK Cochem-Zell (88.59)
49. 12066 LK Oberspreewald-Lausitz (89.24)
50. 12064 LK Märkisch-Oderland (90.52)
51. 9672 LK Bad Kissingen (90.80)
52. 16063 LK Wartburgkreis (91.14)
53. 15087 LK Mansfeld-Südharz (92.68)
54. 1051 LK Dithmarschen (93.44)
55. 9571 LK Ansbach (93.62)
56. 12063 LK Havelland (94.29)
57. 9277 LK Rottal-Inn (94.73)
58. 9677 LK Main-Spessart (95.51)
59. 3352 LK Cuxhaven (96.24)
60. 7231 LK Bernkastel-Wittlich (96.28)
61. 14730 LK Nordsachsen (97.44)
62. 9577 LK Weißenburg-Gunzenhausen (97.66)
63. 6636 LK Werra-Meißner-Kreis (98.30)
64. 7340 LK Südwestpfalz (99.44)
65. 16073 LK Saalfeld-Rudolstadt (99.59)
66. 9373 LK Neumarkt i.d.OPf. (100.08)
67. 1059 LK Schleswig-Flensburg (101.12)
68. 15085 LK Harz (101.23)
69. 9376 LK Schwandorf (101.34)
70. 9777 LK Ostallgäu (101.38)
71. 3255 LK Holzminden (101.53)
72. 8128 LK Main-Tauber-Kreis (101.53)
73. 16074 LK Saale-Holzland-Kreis (101.70)
74. 9780 LK Oberallgäu (102.13)
75. 16071 LK Weimarer Land (102.15)
76. 9476 LK Kronach (102.46)
77. 16066 LK Schmalkalden-Meiningen (103.22)
78. 7140 LK Rhein-Hunsrück-Kreis (104.13)
79. 7134 LK Birkenfeld (104.21)

- 80. 3155 LK Northeim (104.25)
- 81. 16064 LK Unstrut-Hainich-Kreis (104.46)
- 82. 9779 LK Donau-Ries (105.04)
- 83. 9475 LK Hof (106.08)
- 84. 16061 LK Eichsfeld (106.16)
- 85. 3461 LK Wesermarsch (107.00)
- 86. 15082 LK Anhalt-Bitterfeld (108.46)
- 87. 8437 LK Sigmaringen (108.71)
- 88. 9477 LK Kulmbach (108.76)
- 89. 3251 LK Diepholz (109.14)
- 90. 9176 LK Eichstätt (109.43)
- 91. 6632 LK Hersfeld-Rotenburg (110.04)
- 92. 9279 LK Dingolfing-Landau (110.09)
- 93. 3151 LK Gifhorn (112.55)
- 94. 3454 LK Emsland (113.43)
- 95. 16076 LK Greiz (115.05)
- 96. 9173 LK Bad Tölz-Wolfratshausen (115.06)
- 97. 9182 LK Miesbach (115.35)
- 98. 9273 LK Kelheim (115.54)
- 99. 3351 LK Celle (115.56)
- 100. 9189 LK Traunstein (115.56)
- 101. 6634 LK Schwalm-Eder-Kreis (116.79)
- 102. 16062 LK Nordhausen (116.84)
- 103. 5762 LK Höxter (116.89)
- 104. 7333 LK Donnersbergkreis (116.92)
- 105. 12065 LK Oberhavel (117.63)
- 106. 9778 LK Unterallgäu (118.24)
- 107. 9274 LK Landshut (118.60)
- 108. 1057 LK Plön (118.89)
- 109. 14626 LK Görlitz (119.33)
- 110. 9479 LK Wunsiedel i.Fichtelgebirge (119.82)
- 111. 3453 LK Cloppenburg (120.19)
- 112. 9773 LK Dillingen a.d.Donau (122.04)
- 113. 7336 LK Kusel (122.58)
- 114. 3458 LK Oldenburg (122.98)
- 115. 14625 LK Bautzen (124.81)
- 116. 12060 LK Barnim (124.88)
- 117. 9275 LK Passau (125.70)
- 118. 9172 LK Berchtesgadener Land (125.97)
- 119. 16070 LK Ilm-Kreis (126.01)
- 120. 15084 LK Burgenlandkreis (126.02)
- 121. 9471 LK Bamberg (126.15)
- 122. 1058 LK Rendsburg-Eckernförde (126.44)
- 123. 15088 LK Saalekreis (127.60)
- 124. 8225 LK Neckar-Odenwald-Kreis (127.72)
- 125. 9478 LK Lichtenfels (128.50)
- 126. 1061 LK Steinburg (128.78)
- 127. 9185 LK Neuburg-Schrobenhausen (131.50)
- 128. 15089 LK Salzlandkreis (131.77)
- 129. 5958 LK Hochsauerlandkreis (132.65)
- 130. 8127 LK Schwäbisch Hall (132.68)

131. 16072 LK Sonneberg (133.32)
132. 9675 LK Kitzingen (133.37)
133. 7235 LK Trier-Saarburg (135.17)
134. 3154 LK Helmstedt (135.17)
135. 8237 LK Freudenstadt (135.84)
136. 9678 LK Schweinfurt (137.29)
137. 9271 LK Deggendorf (138.55)
138. 3355 LK Lüneburg (138.82)
139. 9375 LK Regensburg (139.25)
140. 3456 LK Grafschaft Bentheim (139.72)
141. 9190 LK Weilheim-Schongau (140.07)
142. 3153 LK Goslar (140.74)
143. 9576 LK Roth (141.63)
144. 8426 LK Biberach (142.87)
145. 14522 LK Mittelsachsen (143.64)
146. 9183 LK Mühldorf a.Inn (143.83)
147. 16067 LK Gotha (144.19)
148. 1055 LK Ostholstein (144.71)
149. 8126 LK Hohenlohekreis (145.07)
150. 8425 LK Alb-Donau-Kreis (145.30)
151. 3452 LK Aurich (146.62)
152. 9473 LK Coburg (146.85)
153. 14628 LK Sächsische Schweiz-Osterzgebirge (148.19)
154. 9181 LK Landsberg a.Lech (149.75)
155. 8337 LK Waldshut (151.31)
156. 6437 LK Odenwaldkreis (154.88)
157. 5366 LK Euskirchen (154.93)
158. 14729 LK Leipzig (156.19)
159. 7141 LK Rhein-Lahn-Kreis (156.59)
160. 16077 LK Altenburger Land (156.89)
161. 1053 LK Herzogtum Lauenburg (156.90)
162. 9177 LK Erding (158.61)
163. 3455 LK Friesland (159.86)
164. 14523 LK Vogtlandkreis (159.94)
165. 3457 LK Leer (160.07)
166. 6631 LK Fulda (161.64)
167. 3158 LK Wolfenbüttel (165.26)
168. 7131 LK Ahrweiler (165.35)
169. 7335 LK Kaiserslautern (165.50)
170. 14627 LK Meißen (165.56)
171. 9774 LK Günzburg (166.46)
172. 9679 LK Würzburg (167.94)
173. 9186 LK Pfaffenhofen a.d.Ilm (168.55)
174. 3459 LK Osnabrück (168.94)
175. 3359 LK Stade (169.58)
176. 3451 LK Ammerland (171.21)
177. 9771 LK Aichach-Friedberg (172.72)
178. 7337 LK Südliche Weinstraße (172.92)
179. 3361 LK Verden (173.92)
180. 3356 LK Osterholz (174.55)
181. 8436 LK Ravensburg (175.02)

- 182. 3460 LK Vechta (175.60)
- 183. 9676 LK Miltenberg (180.13)
- 184. 9474 LK Forchheim (180.78)
- 185. 9187 LK Rosenheim (181.30)
- 186. 8325 LK Rottweil (181.89)
- 187. 10046 LK Sankt Wendel (182.70)
- 188. 6633 LK Kassel (182.92)
- 189. 14521 LK Erzgebirgskreis (183.13)
- 190. 7133 LK Bad Kreuznach (183.36)
- 191. 10042 LK Merzig-Wadern (185.42)
- 192. 3159 LK Göttingen (185.91)
- 193. 3252 LK Hameln-Pyrmont (186.33)
- 194. 5966 LK Olpe (188.36)
- 195. 8315 LK Breisgau-Hochschwarzwald (191.57)
- 196. 8327 LK Tuttlingen (191.93)
- 197. 9171 LK Altötting (195.65)
- 198. 6534 LK Marburg-Biedenkopf (195.93)
- 199. 5558 LK Coesfeld (198.41)
- 200. 8235 LK Calw (199.83)
- 201. 7132 LK Altenkirchen (201.01)
- 202. 3353 LK Harburg (203.83)
- 203. 7143 LK Westerwaldkreis (204.03)
- 204. 1060 LK Segeberg (206.07)
- 205. 8417 LK Zollernalbkreis (206.60)
- 206. 8326 LK Schwarzwald-Baar-Kreis (207.28)
- 207. 8136 LK Ostalbkreis (208.03)
- 208. 5570 LK Warendorf (210.84)
- 209. 8135 LK Heidenheim (211.76)
- 210. 9574 LK Nürnberger Land (214.11)
- 211. 7331 LK Alzey-Worms (220.71)
- 212. 7332 LK Bad Dürkheim (223.52)
- 213. 9178 LK Freising (225.41)
- 214. 5974 LK Soest (227.15)
- 215. 3254 LK Hildesheim (228.55)
- 216. 6439 LK Rheingau-Taunus-Kreis (230.66)
- 217. 8317 LK Ortenaukreis (231.89)
- 218. 6533 LK Limburg-Weilburg (232.80)
- 219. 3257 LK Schaumburg (233.54)
- 220. 9772 LK Augsburg (236.64)
- 221. 6532 LK Lahn-Dill-Kreis (237.96)
- 222. 9572 LK Erlangen-Höchstadt (243.24)
- 223. 5970 LK Siegen-Wittgenstein (244.38)
- 224. 8316 LK Emmendingen (244.71)
- 225. 5774 LK Paderborn (247.09)
- 226. 9671 LK Aschaffenburg (249.37)
- 227. 5566 LK Steinfurt (249.78)
- 228. 3157 LK Peine (251.49)
- 229. 5154 LK Kleve (253.32)
- 230. 9776 LK Lindau (253.85)
- 231. 9175 LK Ebersberg (261.16)
- 232. 5554 LK Borken (261.34)

- 233. 7137 LK Mayen-Koblenz (262.71)
- 234. 8415 LK Reutlingen (263.02)
- 235. 9174 LK Dachau (267.29)
- 236. 5770 LK Minden-Lübbecke (269.65)
- 237. 7334 LK Germersheim (278.61)
- 238. 5766 LK Lippe (279.17)
- 239. 6440 LK Wetteraukreis (280.31)
- 240. 9188 LK Starnberg (280.75)
- 241. 5358 LK Düren (281.41)
- 242. 8336 LK Lörrach (283.52)
- 243. 7138 LK Neuwied (291.39)
- 244. 5374 LK Oberbergischer Kreis (296.44)
- 245. 6435 LK Main-Kinzig-Kreis (301.30)
- 246. 8216 LK Rastatt (313.54)
- 247. 8125 LK Heilbronn (313.72)
- 248. 12051 SK Brandenburg a.d.Havel (314.58)
- 249. 6531 LK Gießen (316.70)
- 250. 1062 LK Stormarn (318.89)
- 251. 15001 SK Dessau-Roßlau (325.08)
- 252. 8435 LK Bodenseekreis (327.11)
- 253. 14524 LK Zwickau (331.45)
- 254. 10045 LK Saarpfalz-Kreis (339.44)
- 255. 9775 LK Neu-Ulm (339.97)
- 256. 8236 LK Enzkreis (348.34)
- 257. 7339 LK Mainz-Bingen (349.30)
- 258. 8335 LK Konstanz (350.57)
- 259. 16054 SK Suhl (359.18)
- 260. 6431 LK Bergstraße (376.28)
- 261. 5754 LK Gütersloh (376.70)
- 262. 9573 LK Fürth (383.80)
- 263. 5962 LK Märkischer Kreis (386.81)
- 264. 12053 SK Frankfurt (Oder) (389.89)
- 265. 8211 SK Baden-Baden (394.48)
- 266. 8117 LK Göppingen (402.00)
- 267. 16056 SK Eisenach (404.58)
- 268. 5370 LK Heinsberg (407.38)
- 269. 8215 LK Karlsruhe (410.76)
- 270. 9561 SK Ansbach (418.95)
- 271. 10044 LK Saarlouis (423.45)
- 272. 8416 LK Tübingen (440.13)
- 273. 5170 LK Wesel (441.33)
- 274. 3402 SK Emden (449.07)
- 275. 6432 LK Darmstadt-Dieburg (453.14)
- 276. 7316 SK Neustadt a.d.Weinstraße (454.29)
- 277. 3102 SK Salzgitter (463.65)
- 278. 7320 SK Zweibrücken (483.04)
- 279. 6434 LK Hochtaunuskreis (493.09)
- 280. 1056 LK Pinneberg (496.40)
- 281. 8119 LK Rems-Murr-Kreis (498.77)
- 282. 3241 Region Hannover (504.02)
- 283. 9179 LK Fürstenfeldbruck (504.63)

- 284. 7338 LK Rhein-Pfalz-Kreis (508.00)
- 285. 8226 LK Rhein-Neckar-Kreis (517.37)
- 286. 5382 LK Rhein-Sieg-Kreis (521.57)
- 287. 9184 LK München (527.71)
- 288. 10043 LK Neunkirchen (529.77)
- 289. 5166 LK Viersen (530.26)
- 290. 5758 LK Herford (556.29)
- 291. 7313 SK Landau i.d.Pfalz (565.34)
- 292. 12052 SK Cottbus (602.29)
- 293. 9363 SK Weiden i.d.OPf. (605.20)
- 294. 3103 SK Wolfsburg (606.93)
- 295. 6433 LK Groß-Gerau (608.61)
- 296. 16052 SK Gera (611.24)
- 297. 9764 SK Memmingen (631.64)
- 298. 8115 LK Böblingen (636.92)
- 299. 5378 LK Rheinisch-Bergischer Kreis (646.79)
- 300. 7317 SK Pirmasens (654.05)
- 301. 5362 LK Rhein-Erft-Kreis (669.34)
- 302. 9263 SK Straubing (705.98)
- 303. 3405 SK Wilhelmshaven (708.12)
- 304. 7312 SK Kaiserslautern (713.74)
- 305. 5978 LK Unna (727.94)
- 306. 13004 SK Schwerin (735.67)
- 307. 9262 SK Passau (750.62)
- 308. 7319 SK Worms (768.65)
- 309. 16055 SK Weimar (772.60)
- 310. 5162 LK Rhein-Kreis Neuss (783.40)
- 311. 9464 SK Hof (786.98)
- 312. 5954 LK Ennepe-Ruhr-Kreis (789.06)
- 313. 5334 StädteRegion Aachen (790.54)
- 314. 5915 SK Hamm (790.88)
- 315. 16051 SK Erfurt (791.77)
- 316. 8118 LK Ludwigsburg (794.77)
- 317. 10041 LK Stadtverband Saarbrücken (798.94)
- 318. 5562 LK Recklinghausen (806.93)
- 319. 9361 SK Amberg (836.63)
- 320. 8116 LK Esslingen (836.83)
- 321. 9463 SK Coburg (853.31)
- 322. 12054 SK Potsdam (963.50)
- 323. 7211 SK Trier (964.92)
- 324. 16053 SK Jena (969.41)
- 325. 6438 LK Offenbach (1000.03)
- 326. 9565 SK Schwabach (1007.16)
- 327. 1003 SK Lübeck (1022.93)
- 328. 9161 SK Ingolstadt (1028.17)
- 329. 5515 SK Münster (1039.25)
- 330. 8421 SK Ulm (1063.04)
- 331. 7111 SK Koblenz (1076.89)
- 332. 6436 LK Main-Taunus-Kreis (1077.20)
- 333. 9763 SK Kempten (1093.88)
- 334. 9762 SK Kaufbeuren (1098.03)

- 335. 9261 SK Landshut (1108.96)
- 336. 14511 SK Chemnitz (1112.67)
- 337. 7311 SK Frankenthal (1116.06)
- 338. 9462 SK Bayreuth (1116.14)
- 339. 1004 SK Neumünster (1123.16)
- 340. 9661 SK Aschaffenburg (1146.90)
- 341. 5512 SK Bottrop (1173.13)
- 342. 5914 SK Hagen (1177.24)
- 343. 7318 SK Speyer (1181.35)
- 344. 15003 SK Magdeburg (1184.71)
- 345. 5158 LK Mettmann (1190.65)
- 346. 13003 SK Rostock (1236.48)
- 347. 3401 SK Delmenhorst (1242.49)
- 348. 8121 SK Heilbronn (1258.60)
- 349. 8231 SK Pforzheim (1283.68)
- 350. 5711 SK Bielefeld (1290.85)
- 351. 3101 SK Braunschweig (1297.31)
- 352. 6411 SK Darmstadt (1299.31)
- 353. 6414 SK Wiesbaden (1367.95)
- 354. 3404 SK Osnabrück (1375.78)
- 355. 9461 SK Bamberg (1407.94)
- 356. 9562 SK Erlangen (1443.07)
- 357. 9663 SK Würzburg (1458.20)
- 358. 8221 SK Heidelberg (1478.74)
- 359. 4012 SK Bremerhaven (1483.07)
- 360. 8311 SK Freiburg i.Breisgau (1500.23)
- 361. 5120 SK Remscheid (1503.35)
- 362. 9662 SK Schweinfurt (1506.19)
- 363. 5116 SK Mönchengladbach (1528.98)
- 364. 11009 SK Berlin Treptow-Köpenick (1586.19)
- 365. 3403 SK Oldenburg (1631.36)
- 366. 5114 SK Krefeld (1664.19)
- 367. 14612 SK Dresden (1694.41)
- 368. 9163 SK Rosenheim (1727.63)
- 369. 4011 SK Bremen (1743.98)
- 370. 15002 SK Halle (1758.65)
- 371. 5122 SK Solingen (1789.94)
- 372. 8212 SK Karlsruhe (1794.67)
- 373. 1001 SK Flensburg (1833.24)
- 374. 5117 SK Mülheim a.d.Ruhr (1870.33)
- 375. 9362 SK Regensburg (1917.84)
- 376. 6611 SK Kassel (1936.46)
- 377. 14713 SK Leipzig (1982.44)
- 378. 9761 SK Augsburg (2025.77)
- 379. 9563 SK Fürth (2030.43)
- 380. 5316 SK Leverkusen (2078.83)
- 381. 5913 SK Dortmund (2104.24)
- 382. 5124 SK Wuppertal (2109.81)
- 383. 5112 SK Duisburg (2140.13)
- 384. 8222 SK Mannheim (2142.45)
- 385. 1002 SK Kiel (2198.97)

- 386. 7314 SK Ludwigshafen (2213.76)
- 387. 7315 SK Mainz (2238.90)
- 388. 5314 SK Bonn (2328.50)
- 389. 5513 SK Gelsenkirchen (2466.57)
- 390. 2000 SK Hamburg (2489.29)
- 391. 5911 SK Bochum (2525.55)
- 392. 11005 SK Berlin Spandau (2571.74)
- 393. 5315 SK Köln (2675.86)
- 394. 5119 SK Oberhausen (2720.89)
- 395. 9564 SK Nürnberg (2762.59)
- 396. 5113 SK Essen (2769.50)
- 397. 5111 SK Düsseldorf (2861.04)
- 398. 6413 SK Offenbach (2875.04)
- 399. 11012 SK Berlin Reinickendorf (2903.61)
- 400. 11006 SK Berlin Steglitz-Zehlendorf (2942.69)
- 401. 8111 SK Stuttgart (3033.65)
- 402. 5916 SK Herne (3039.06)
- 403. 6412 SK Frankfurt am Main (3077.83)
- 404. 11003 SK Berlin Pankow (3850.86)
- 405. 11010 SK Berlin Marzahn-Hellersdorf (4247.24)
- 406. 9162 SK München (4765.75)
- 407. 11004 SK Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf (5162.54)
- 408. 11011 SK Berlin Lichtenberg (5489.14)
- 409. 11007 SK Berlin Tempelhof-Schöneberg (6433.60)
- 410. 11008 SK Berlin Neukölln (7136.56)
- 411. 11001 SK Berlin Mitte (9511.23)
- 412. 11002 SK Berlin Friedrichshain-Kreuzberg (13807.03)

8.2 Die deutschen Landkreise lexikographisch sortiert nach ihren Gemeindeschlüsseln

In dieser Liste sind alle Landkreise und ihre Gemeindeschlüssel aufgelistet. Sie ist lexikographisch nach den Gemeindeschlüsseln der Landkreise sortiert.

1. 1001 SK Flensburg
2. 1002 SK Kiel
3. 1003 SK Lübeck
4. 1004 SK Neumünster
5. 10041 LK Stadtverband Saarbrücken
6. 10042 LK Merzig-Wadern
7. 10043 LK Neunkirchen
8. 10044 LK Saarlouis
9. 10045 LK Saarpfalz-Kreis
10. 10046 LK Sankt Wendel
11. 1051 LK Dithmarschen
12. 1053 LK Herzogtum Lauenburg
13. 1054 LK Nordfriesland
14. 1055 LK Ostholstein
15. 1056 LK Pinneberg
16. 1057 LK Plön
17. 1058 LK Rendsburg-Eckernförde
18. 1059 LK Schleswig-Flensburg
19. 1060 LK Segeberg
20. 1061 LK Steinburg
21. 1062 LK Stormarn
22. 11001 SK Berlin Mitte
23. 11002 SK Berlin Friedrichshain-Kreuzberg
24. 11003 SK Berlin Pankow
25. 11004 SK Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf
26. 11005 SK Berlin Spandau
27. 11006 SK Berlin Steglitz-Zehlendorf
28. 11007 SK Berlin Tempelhof-Schöneberg
29. 11008 SK Berlin Neukölln
30. 11009 SK Berlin Treptow-Köpenick
31. 11010 SK Berlin Marzahn-Hellersdorf
32. 11011 SK Berlin Lichtenberg
33. 11012 SK Berlin Reinickendorf
34. 12051 SK Brandenburg a.d.Havel
35. 12052 SK Cottbus
36. 12053 SK Frankfurt (Oder)
37. 12054 SK Potsdam
38. 12060 LK Barnim
39. 12061 LK Dahme-Spreewald
40. 12062 LK Elbe-Elster
41. 12063 LK Havelland
42. 12064 LK Märkisch-Oderland

- 43. 12065 LK Oberhavel
- 44. 12066 LK Oberspreewald-Lausitz
- 45. 12067 LK Oder-Spree
- 46. 12068 LK Ostprignitz-Ruppin
- 47. 12069 LK Potsdam-Mittelmark
- 48. 12070 LK Prignitz
- 49. 12071 LK Spree-Neiße
- 50. 12072 LK Teltow-Fläming
- 51. 12073 LK Uckermark
- 52. 13003 SK Rostock
- 53. 13004 SK Schwerin
- 54. 13071 LK Mecklenburgische Seenplatte
- 55. 13072 LK Rostock
- 56. 13073 LK Vorpommern-Rügen
- 57. 13074 LK Nordwestmecklenburg
- 58. 13075 LK Vorpommern-Greifswald
- 59. 13076 LK Ludwigslust-Parchim
- 60. 14511 SK Chemnitz
- 61. 14521 LK Erzgebirgskreis
- 62. 14522 LK Mittelsachsen
- 63. 14523 LK Vogtlandkreis
- 64. 14524 LK Zwickau
- 65. 14612 SK Dresden
- 66. 14625 LK Bautzen
- 67. 14626 LK Görlitz
- 68. 14627 LK Meißen
- 69. 14628 LK Sächsische Schweiz-Osterzgebirge
- 70. 14713 SK Leipzig
- 71. 14729 LK Leipzig
- 72. 14730 LK Nordsachsen
- 73. 15001 SK Dessau-Roßlau
- 74. 15002 SK Halle
- 75. 15003 SK Magdeburg
- 76. 15081 LK Altmarkkreis Salzwedel
- 77. 15082 LK Anhalt-Bitterfeld
- 78. 15083 LK Börde
- 79. 15084 LK Burgenlandkreis
- 80. 15085 LK Harz
- 81. 15086 LK Jerichower Land
- 82. 15087 LK Mansfeld-Südharz
- 83. 15088 LK Saalekreis
- 84. 15089 LK Salzlandkreis
- 85. 15090 LK Stendal
- 86. 15091 LK Wittenberg
- 87. 16051 SK Erfurt
- 88. 16052 SK Gera
- 89. 16053 SK Jena
- 90. 16054 SK Suhl
- 91. 16055 SK Weimar
- 92. 16056 SK Eisenach
- 93. 16061 LK Eichsfeld

- 94. 16062 LK Nordhausen
- 95. 16063 LK Wartburgkreis
- 96. 16064 LK Unstrut-Hainich-Kreis
- 97. 16065 LK Kyffhäuserkreis
- 98. 16066 LK Schmalkalden-Meiningen
- 99. 16067 LK Gotha
- 100. 16068 LK Sömmerda
- 101. 16069 LK Hildburghausen
- 102. 16070 LK Ilm-Kreis
- 103. 16071 LK Weimarer Land
- 104. 16072 LK Sonneberg
- 105. 16073 LK Saalfeld-Rudolstadt
- 106. 16074 LK Saale-Holzland-Kreis
- 107. 16075 LK Saale-Orla-Kreis
- 108. 16076 LK Greiz
- 109. 16077 LK Altenburger Land
- 110. 2000 SK Hamburg
- 111. 3101 SK Braunschweig
- 112. 3102 SK Salzgitter
- 113. 3103 SK Wolfsburg
- 114. 3151 LK Gifhorn
- 115. 3153 LK Goslar
- 116. 3154 LK Helmstedt
- 117. 3155 LK Northeim
- 118. 3157 LK Peine
- 119. 3158 LK Wolfenbüttel
- 120. 3159 LK Göttingen
- 121. 3241 Region Hannover
- 122. 3251 LK Diepholz
- 123. 3252 LK Hameln-Pyrmont
- 124. 3254 LK Hildesheim
- 125. 3255 LK Holzminden
- 126. 3256 LK Nienburg (Weser)
- 127. 3257 LK Schaumburg
- 128. 3351 LK Celle
- 129. 3352 LK Cuxhaven
- 130. 3353 LK Harburg
- 131. 3354 LK Lüchow-Dannenberg
- 132. 3355 LK Lüneburg
- 133. 3356 LK Osterholz
- 134. 3357 LK Rotenburg (Wümme)
- 135. 3358 LK Heidekreis
- 136. 3359 LK Stade
- 137. 3360 LK Uelzen
- 138. 3361 LK Verden
- 139. 3401 SK Delmenhorst
- 140. 3402 SK Emden
- 141. 3403 SK Oldenburg
- 142. 3404 SK Osnabrück
- 143. 3405 SK Wilhelmshaven
- 144. 3451 LK Ammerland

- 145. 3452 LK Aurich
- 146. 3453 LK Cloppenburg
- 147. 3454 LK Emsland
- 148. 3455 LK Friesland
- 149. 3456 LK Grafschaft Bentheim
- 150. 3457 LK Leer
- 151. 3458 LK Oldenburg
- 152. 3459 LK Osnabrück
- 153. 3460 LK Vechta
- 154. 3461 LK Wesermarsch
- 155. 3462 LK Wittmund
- 156. 4011 SK Bremen
- 157. 4012 SK Bremerhaven
- 158. 5111 SK Düsseldorf
- 159. 5112 SK Duisburg
- 160. 5113 SK Essen
- 161. 5114 SK Krefeld
- 162. 5116 SK Mönchengladbach
- 163. 5117 SK Mülheim a.d.Ruhr
- 164. 5119 SK Oberhausen
- 165. 5120 SK Remscheid
- 166. 5122 SK Solingen
- 167. 5124 SK Wuppertal
- 168. 5154 LK Kleve
- 169. 5158 LK Mettmann
- 170. 5162 LK Rhein-Kreis Neuss
- 171. 5166 LK Viersen
- 172. 5170 LK Wesel
- 173. 5314 SK Bonn
- 174. 5315 SK Köln
- 175. 5316 SK Leverkusen
- 176. 5334 StädteRegion Aachen
- 177. 5358 LK Düren
- 178. 5362 LK Rhein-Erft-Kreis
- 179. 5366 LK Euskirchen
- 180. 5370 LK Heinsberg
- 181. 5374 LK Oberbergischer Kreis
- 182. 5378 LK Rheinisch-Bergischer Kreis
- 183. 5382 LK Rhein-Sieg-Kreis
- 184. 5512 SK Bottrop
- 185. 5513 SK Gelsenkirchen
- 186. 5515 SK Münster
- 187. 5554 LK Borken
- 188. 5558 LK Coesfeld
- 189. 5562 LK Recklinghausen
- 190. 5566 LK Steinfurt
- 191. 5570 LK Warendorf
- 192. 5711 SK Bielefeld
- 193. 5754 LK Gütersloh
- 194. 5758 LK Herford
- 195. 5762 LK Höxter

- 196. 5766 LK Lippe
- 197. 5770 LK Minden-Lübbecke
- 198. 5774 LK Paderborn
- 199. 5911 SK Bochum
- 200. 5913 SK Dortmund
- 201. 5914 SK Hagen
- 202. 5915 SK Hamm
- 203. 5916 SK Herne
- 204. 5954 LK Ennepe-Ruhr-Kreis
- 205. 5958 LK Hochsauerlandkreis
- 206. 5962 LK Märkischer Kreis
- 207. 5966 LK Olpe
- 208. 5970 LK Siegen-Wittgenstein
- 209. 5974 LK Soest
- 210. 5978 LK Unna
- 211. 6411 SK Darmstadt
- 212. 6412 SK Frankfurt am Main
- 213. 6413 SK Offenbach
- 214. 6414 SK Wiesbaden
- 215. 6431 LK Bergstraße
- 216. 6432 LK Darmstadt-Dieburg
- 217. 6433 LK Groß-Gerau
- 218. 6434 LK Hochtaunuskreis
- 219. 6435 LK Main-Kinzig-Kreis
- 220. 6436 LK Main-Taunus-Kreis
- 221. 6437 LK Odenwaldkreis
- 222. 6438 LK Offenbach
- 223. 6439 LK Rheingau-Taunus-Kreis
- 224. 6440 LK Wetteraukreis
- 225. 6531 LK Gießen
- 226. 6532 LK Lahn-Dill-Kreis
- 227. 6533 LK Limburg-Weilburg
- 228. 6534 LK Marburg-Biedenkopf
- 229. 6535 LK Vogelsbergkreis
- 230. 6611 SK Kassel
- 231. 6631 LK Fulda
- 232. 6632 LK Hersfeld-Rotenburg
- 233. 6633 LK Kassel
- 234. 6634 LK Schwalm-Eder-Kreis
- 235. 6635 LK Waldeck-Frankenberg
- 236. 6636 LK Werra-Meißner-Kreis
- 237. 7111 SK Koblenz
- 238. 7131 LK Ahrweiler
- 239. 7132 LK Altenkirchen
- 240. 7133 LK Bad Kreuznach
- 241. 7134 LK Birkenfeld
- 242. 7135 LK Cochem-Zell
- 243. 7137 LK Mayen-Koblenz
- 244. 7138 LK Neuwied
- 245. 7140 LK Rhein-Hunsrück-Kreis
- 246. 7141 LK Rhein-Lahn-Kreis

- 247. 7143 LK Westerwaldkreis
- 248. 7211 SK Trier
- 249. 7231 LK Bernkastel-Wittlich
- 250. 7232 LK Bitburg-Prüm
- 251. 7233 LK Vulkaneifel
- 252. 7235 LK Trier-Saarburg
- 253. 7311 SK Frankenthal
- 254. 7312 SK Kaiserslautern
- 255. 7313 SK Landau i.d.Pfalz
- 256. 7314 SK Ludwigshafen
- 257. 7315 SK Mainz
- 258. 7316 SK Neustadt a.d.Weinstraße
- 259. 7317 SK Pirmasens
- 260. 7318 SK Speyer
- 261. 7319 SK Worms
- 262. 7320 SK Zweibrücken
- 263. 7331 LK Alzey-Worms
- 264. 7332 LK Bad Dürkheim
- 265. 7333 LK Donnersbergkreis
- 266. 7334 LK Germersheim
- 267. 7335 LK Kaiserslautern
- 268. 7336 LK Kusel
- 269. 7337 LK Südliche Weinstraße
- 270. 7338 LK Rhein-Pfalz-Kreis
- 271. 7339 LK Mainz-Bingen
- 272. 7340 LK Südwestpfalz
- 273. 8111 SK Stuttgart
- 274. 8115 LK Böblingen
- 275. 8116 LK Esslingen
- 276. 8117 LK Göppingen
- 277. 8118 LK Ludwigsburg
- 278. 8119 LK Rems-Murr-Kreis
- 279. 8121 SK Heilbronn
- 280. 8125 LK Heilbronn
- 281. 8126 LK Hohenlohekreis
- 282. 8127 LK Schwäbisch Hall
- 283. 8128 LK Main-Tauber-Kreis
- 284. 8135 LK Heidenheim
- 285. 8136 LK Ostalbkreis
- 286. 8211 SK Baden-Baden
- 287. 8212 SK Karlsruhe
- 288. 8215 LK Karlsruhe
- 289. 8216 LK Rastatt
- 290. 8221 SK Heidelberg
- 291. 8222 SK Mannheim
- 292. 8225 LK Neckar-Odenwald-Kreis
- 293. 8226 LK Rhein-Neckar-Kreis
- 294. 8231 SK Pforzheim
- 295. 8235 LK Calw
- 296. 8236 LK Enzkreis
- 297. 8237 LK Freudenstadt

- 298. 8311 SK Freiburg i.Breisgau
- 299. 8315 LK Breisgau-Hochschwarzwald
- 300. 8316 LK Emmendingen
- 301. 8317 LK Ortenaukreis
- 302. 8325 LK Rottweil
- 303. 8326 LK Schwarzwald-Baar-Kreis
- 304. 8327 LK Tuttlingen
- 305. 8335 LK Konstanz
- 306. 8336 LK Lörrach
- 307. 8337 LK Waldshut
- 308. 8415 LK Reutlingen
- 309. 8416 LK Tübingen
- 310. 8417 LK Zollernalbkreis
- 311. 8421 SK Ulm
- 312. 8425 LK Alb-Donau-Kreis
- 313. 8426 LK Biberach
- 314. 8435 LK Bodenseekreis
- 315. 8436 LK Ravensburg
- 316. 8437 LK Sigmaringen
- 317. 9161 SK Ingolstadt
- 318. 9162 SK München
- 319. 9163 SK Rosenheim
- 320. 9171 LK Altötting
- 321. 9172 LK Berchtesgadener Land
- 322. 9173 LK Bad Tölz-Wolfratshausen
- 323. 9174 LK Dachau
- 324. 9175 LK Ebersberg
- 325. 9176 LK Eichstätt
- 326. 9177 LK Erding
- 327. 9178 LK Freising
- 328. 9179 LK Fürstenfeldbruck
- 329. 9180 LK Garmisch-Partenkirchen
- 330. 9181 LK Landsberg a.Lech
- 331. 9182 LK Miesbach
- 332. 9183 LK Mühldorf a.Inn
- 333. 9184 LK München
- 334. 9185 LK Neuburg-Schrobenhausen
- 335. 9186 LK Pfaffenhofen a.d.Ilm
- 336. 9187 LK Rosenheim
- 337. 9188 LK Starnberg
- 338. 9189 LK Traunstein
- 339. 9190 LK Weilheim-Schongau
- 340. 9261 SK Landshut
- 341. 9262 SK Passau
- 342. 9263 SK Straubing
- 343. 9271 LK Deggendorf
- 344. 9272 LK Freyung-Grafenau
- 345. 9273 LK Kelheim
- 346. 9274 LK Landshut
- 347. 9275 LK Passau
- 348. 9276 LK Regen

- 349. 9277 LK Rottal-Inn
- 350. 9278 LK Straubing-Bogen
- 351. 9279 LK Dingolfing-Landau
- 352. 9361 SK Amberg
- 353. 9362 SK Regensburg
- 354. 9363 SK Weiden i.d.OPf.
- 355. 9371 LK Amberg-Sulzbach
- 356. 9372 LK Cham
- 357. 9373 LK Neumarkt i.d.OPf.
- 358. 9374 LK Neustadt a.d.Waldnaab
- 359. 9375 LK Regensburg
- 360. 9376 LK Schwandorf
- 361. 9377 LK Tirschenreuth
- 362. 9461 SK Bamberg
- 363. 9462 SK Bayreuth
- 364. 9463 SK Coburg
- 365. 9464 SK Hof
- 366. 9471 LK Bamberg
- 367. 9472 LK Bayreuth
- 368. 9473 LK Coburg
- 369. 9474 LK Forchheim
- 370. 9475 LK Hof
- 371. 9476 LK Kronach
- 372. 9477 LK Kulmbach
- 373. 9478 LK Lichtenfels
- 374. 9479 LK Wunsiedel i.Fichtelgebirge
- 375. 9561 SK Ansbach
- 376. 9562 SK Erlangen
- 377. 9563 SK Fürth
- 378. 9564 SK Nürnberg
- 379. 9565 SK Schwabach
- 380. 9571 LK Ansbach
- 381. 9572 LK Erlangen-Höchstadt
- 382. 9573 LK Fürth
- 383. 9574 LK Nürnberger Land
- 384. 9575 LK Neustadt a.d.Aisch-Bad Windsheim
- 385. 9576 LK Roth
- 386. 9577 LK Weißenburg-Gunzenhausen
- 387. 9661 SK Aschaffenburg
- 388. 9662 SK Schweinfurt
- 389. 9663 SK Würzburg
- 390. 9671 LK Aschaffenburg
- 391. 9672 LK Bad Kissingen
- 392. 9673 LK Rhön-Grabfeld
- 393. 9674 LK Haßberge
- 394. 9675 LK Kitzingen
- 395. 9676 LK Miltenberg
- 396. 9677 LK Main-Spessart
- 397. 9678 LK Schweinfurt
- 398. 9679 LK Würzburg
- 399. 9761 SK Augsburg

- 400. 9762 SK Kaufbeuren
- 401. 9763 SK Kempten
- 402. 9764 SK Memmingen
- 403. 9771 LK Aichach-Friedberg
- 404. 9772 LK Augsburg
- 405. 9773 LK Dillingen a.d.Donau
- 406. 9774 LK Günzburg
- 407. 9775 LK Neu-Ulm
- 408. 9776 LK Lindau
- 409. 9777 LK Ostallgäu
- 410. 9778 LK Unterallgäu
- 411. 9779 LK Donau-Ries
- 412. 9780 LK Oberallgäu

8.3 Die Regierungsbezirke sortiert nach ihrer Bevölkerungsdichte

Alle Regierungsbezirke sind hier aufgelistet. Zudem sind die zwei oder drei Stellen angegeben, die im Gemeindeschlüssel eines Landkreises bestimmen, ob dieser zum Regierungsbezirk gehört. Die Liste ist sortiert nach der Bevölkerungsdichte der Regierungsbezirke, diese ist jeweils in Klammern angegeben.

1. 130 Mecklenburg-Vorpommern (69.65)
2. 120 Brandenburg (84.92)
3. 150 Sachsen-Anhalt (106.78)
4. 72 Trier (108.17)
5. 33 Lüneburg (110.96)
6. 93 Oberpfalz (114.70)
7. 92 Niederbayern (120.35)
8. 160 Thüringen (131.72)
9. 66 Kassel (147.19)
10. 94 Oberfranken (147.33)
11. 96 Unterfranken (154.58)
12. 34 Weser-Ems (169.14)
13. 71 Koblenz (185.62)
14. 10 Schleswig-Holstein (186.01)
15. 97 Schwaben (190.21)
16. 65 Gießen (195.06)
17. 31 Braunschweig (196.50)
18. 146 Dresden (200.44)
19. 84 Tübingen (209.17)
20. 145 Chemnitz (218.40)
21. 32 Hannover (237.14)
22. 83 Freiburg (242.93)
23. 95 Mittelfranken (245.11)
24. 147 Leipzig (263.49)
25. 91 Oberbayern (268.65)
26. 73 Rheinhessen-Pfalz (301.23)
27. 57 Detmold (315.31)
28. 55 Münster (379.56)
29. 100 Saarland (383.95)
30. 81 Stuttgart (393.79)
31. 82 Karlsruhe (406.65)
32. 59 Arnsberg (447.09)
33. 64 Darmstadt (540.46)
34. 53 Köln (608.55)
35. 51 Düsseldorf (984.02)
36. 40 Bremen (1694.26)
37. 20 Hamburg (2489.29)
38. 110 Berlin (4107.70)

8.4 Die Regierungsbezirke lexikographisch sortiert nach den Gemeindeschlüsseln ihrer Landkreise

In dieser Liste sind die Regierungsbezirke aufgeführt. Sie sind lexikographisch nach den Gemeindeschlüsseln der Landkreise, die sie enthalten, sortiert. Die ersten zwei oder drei Stellen des Gemeindeschlüssels, die den Regierungsbezirk bestimmen, sind ebenfalls aufgeführt.

1. 10 Schleswig-Holstein
2. 100 Saarland
3. 110 Berlin
4. 120 Brandenburg
5. 130 Mecklenburg-Vorpommern
6. 145 Chemnitz
7. 146 Dresden
8. 147 Leipzig
9. 150 Sachsen-Anhalt
10. 160 Thüringen
11. 20 Hamburg
12. 31 Braunschweig
13. 32 Hannover
14. 33 Lüneburg
15. 34 Weser-Ems
16. 40 Bremen
17. 51 Düsseldorf
18. 53 Köln
19. 55 Münster
20. 57 Detmold
21. 59 Arnsberg
22. 64 Darmstadt
23. 65 Gießen
24. 66 Kassel
25. 71 Koblenz
26. 72 Trier
27. 73 Rheinhessen-Pfalz
28. 81 Stuttgart
29. 82 Karlsruhe
30. 83 Freiburg
31. 84 Tübingen
32. 91 Oberbayern
33. 92 Niederbayern
34. 93 Oberpfalz
35. 94 Oberfranken
36. 95 Mittelfranken
37. 96 Unterfranken
38. 97 Schwaben

ToDo Counters

To Dos: 0;

Parts to extend: 0;

Draft parts: 0;

Literatur

- [1] Auge=mit. *Spanische Grippe 1918 1919 GB*. Überarbeitung der Graphik „Three pandemic waves: weekly combined influenza and pneumonia mortality, United Kingdom, 1918–1919“ [6]. 2021. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spanische_Grippe_1918_1919_GB.svg (besucht am 25.07.2021).
- [2] Ronald N. Bracewell. „The Fourier Transform and Its Applications“. In: Singapore: McGraw-Hill Book Co, 2000, S. 24–54.
- [3] Alfred W. Crosby. „Conquistador y Pestilencia: The First New World Pandemic and the Fall of the Great Indian Empires“. In: *Hispanic American Historical Review* 47. Duke University Press, Aug. 1967, S. 321–337. DOI: 10.1215/00182168-47.3.321.
- [4] F.R. DeLeo und B.J. Hinnebusch. „A plague upon the phagocytes“. In: *Nature Medicine* 11.9. 9 (2005), S. 927–928.
- [5] Dr. med. Jamela Seedat. „Epidemiologisches Bulletin“. In: 17 (2020). URL: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2020/Ausgaben/17%5C_20.pdf?%5C_%5C_blob=publicationFile.
- [6] David M Morens" Jeffery K Taubenberger. „1918 Influenza: the mother of all pandemics“. In: 12 (). DOI: 10.3201/eid1201.050979.
- [7] Robert Littman und M Littman. „Galen and the Antonine Plague“. In: *American journal of philology* 94 (Feb. 1973), S. 243–255. DOI: 10.2307/293979.

- [8] M. Kroneman P. Spreeuwenberg und J. Paget. „Reassessing the Global Mortality Burden of the 1918 Influenza Pandemic“. In: *American Journal of Epidemiology* 187.12 (2018), S. 2561–2567.
- [9] Robert-Koch-Institut. *Antworten auf häufig gestellte Fragen zum Coronavirus SARS-CoV-2 / Krankheit COVID-19*. Leider wird in den wissenschaftlichen Publikationen des RKIs die 7-Tage-Inzidenz nicht erklärt, daher ist hier eine Erklärung von der offiziellen Webseite referenziert. Juli 2021. URL: <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/NCOV2019/gesamt.html> (besucht am 25.07.2021).
- [10] George Santayana. *The Life of Reason: Introduction and Reason in Common Sense*. 1905.
- [11] F.S. Lobo T. Harko und M. Mak. „Exact analytical solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) epidemic model and of the SIR model with equal death and birth rates“. In: *Applied Mathematics and Computation* 236 (2014), S. 184–194.

