

Black-Box Mobilität. Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten: Wirkungen technischer und erhebungsbedingter Eigenschaften auf die Aussagekraft von Mobilitätsdaten

Bock, Benno; Schönduwe, Robert

Veröffentlichungsversion / Published Version

Arbeitspapier / working paper

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB)

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Bock, B., & Schönduwe, R. (2021). *Black-Box Mobilität. Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten: Wirkungen technischer und erhebungsbedingter Eigenschaften auf die Aussagekraft von Mobilitätsdaten*. (Discussion Papers / Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Forschungsschwerpunkt Digitalisierung und gesellschaftlicher Wandel Forschungsgruppe Digitale Mobilität und gesellschaftliche Differenzierung, SP III 2021-601). Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-95877-2>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

WZB

Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Benno Bock
Robert Schönduwe

Black-Box Mobilität Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten

Wirkungen technischer und erhebungsbedingter Eigenschaften auf die Aussagekraft von Mobilitätsdaten

Discussion Paper
SP III 2021-601
Juli 2021

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung

Forschungsschwerpunkt

Digitalisierung und gesellschaftlicher Wandel

Forschungsgruppe

Digitale Mobilität und gesellschaftliche Differenzierung

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH
Reichpietschufer 50
10785 Berlin
www.wzb.eu

Das Urheberrecht liegt bei den Autoren.

Discussion Papers des WZB dienen der Verbreitung von Forschungsergebnissen aus laufenden Arbeiten im Vorfeld einer späteren Publikation. Sie sollen den Ideenaustausch und die akademische Debatte befördern. Die Zugänglichmachung von Forschungsergebnissen in einem WZB Discussion Paper ist nicht gleichzusetzen mit deren endgültiger Veröffentlichung und steht der Publikation an anderem Ort und in anderer Form ausdrücklich nicht entgegen.

Discussion Papers, die vom WZB herausgegeben werden, geben die Ansichten der jeweiligen Autoren wieder und nicht die der gesamten Institution WZB.

Benno Bock
benno@catchment.de

Robert Schönduwe
schoenduwe@h2-mobility.de

Black-Box Mobilität - Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten

Wirkungen technischer und erhebungsbedingter Eigenschaften auf die Aussagekraft von Mobilitätsdaten

Discussion Paper SP III 2021-601
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2021)

Zusammenfassung

Black-Box Mobilität. Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten

Wirkungen technischer und erhebungsbedingter Eigenschaften auf die Aussagekraft von Mobilitätsdaten

von Benno Bock und Robert Schönduwe

Leere Busse, ausgefallene Züge, verlassene Flughäfen, Menschen tauschen Tipps zum Spaziergehen aus. Die Mobilität ist in COVID-19-Zeiten stärker in den öffentlichen Fokus gerückt. Nicht zuletzt der Zusammenhang von Mobilität und Ansteckungsraten bringt Mobilitätskennwerte in öffentliche Diskussionen, die vorher meist nur von Expertenkreisen¹ besprochen wurden. Diese Kennwerte fußen aktuell vielfach auf Mobilfunkdaten (MND²). Diese Daten werden in einer sehr genauen räumlich-zeitlichen Auflösung bereitgestellt. Wichtige Beiträge sind hierbei die datenorientierten Webseiten der Destatis und des RKI³. Die MND spielen dabei häufig die tragende Rolle bei der zahlenmäßigen Darstellung der Mobilitätsnachfrage. Dabei ist die fortlaufende und flächendeckende Messung der Mobilität mittels MND noch Neuland. Der Austausch zwischen Datenerzeugern, Bereitstellern, Verkehrsanalysten und Entscheidern ist bei weitem noch nicht eingespielt.

Ein Beispiel hierfür sind erhöhte Mobilitätskennwerte der MND, die im Jahr 2020 für die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg kommuniziert wurden. Eine Annahme lautet, dass der Tourismus für den Effekt verantwortlich ist. Die Einschätzung kann in Zeiten strikter Maßnahmen eine hohe Relevanz für z.B. das Tourismusgewerbe im Bundesland haben. Deshalb sollte nicht unterschlagen werden, dass auch methodische Gründe eine Ursache für die beobachteten Effekte sein können: ist das Plus in den MND

¹ Im Folgenden wird - wie im vorliegenden Fall der „Experten“ - aus Gründen der besseren Lesbarkeit auf eine durchgehend geschlechtsneutrale Schreibweise verzichtet. Die verwendete männliche Form schließt alle anderen Geschlechter gedanklich mit ein.

² Abkürzung für den englischen Fachbegriff Mobile Network Data

³ Weiterführende Hinweise und Quellen in Tabelle 1

vielleicht eher ein Effekt des Netzausbaus und hat weniger mit touristischem Verkehr zu tun?

Die Datenquelle MND wird in diesem Beitrag anhand eines Thesensets genauer betrachtet. Das Dokument soll eine Diskussionsgrundlage zum Umgang mit Mobilfunkdaten darstellen: zum einen soll es über mögliche methodische Effekte informieren, zum anderen eine Diskussion über die Notwendigkeit höherer Transparenz in der Datenaufbereitung anstoßen. Die Analyse in diesem Discussion Paper orientiert sich an neun Thesen:

These 1: MND unterscheiden sich regional sehr stark. Denn der Charakter und der Detailgrad der erhobenen Daten ist in hohem Maß abhängig von der Struktur der Funkzellen.

These 2: Der Netzausbau durchkreuzt für manche Anbieter den Längsschnittvergleich. Mobilfunkanbieter konnten insbesondere in den vergangenen zwei Jahren große Fortschritte bei der Verbesserung der Netzabdeckung erreichen, mit entsprechenden, potentiell verzerrenden Effekten bei den MND.

These 3: Der Umrechnungsfaktor vom Endgerät zum Menschen ist keine Naturkonstante. MND werden durch SIM-Karten erzeugt. Der Rückschluss von SIM-Karte auf den Menschen ist aber keine triviale Angelegenheit.

These 4: Nur mobil mit Mobile zählt nicht immer. Nicht jede mobile Person ist mit einem Endgerät unterwegs, manche sind es zudem mit mehreren.

These 5: Der Anbieter-Bias führt zur intransparenten Korrektur auf Marktforschungsbasis. Der Kundenstamm der jeweiligen Mobilfunkanbieter ist allein nicht repräsentativ. Eine Hochrechnung erfolgt auf punktuellen Marktforschungserhebungen.

These 6: Mobilität kann in Minuten und Kilometern gemessen werden. Für die Definition eines Weges ist jedoch letztlich der Zweck einer Ortsveränderung relevant. Diese Intentionen können in MND nicht direkt gemessen werden.

These 7: Die Datenprozessierung unter Geheimhaltung erschwert Interpretier- und Vergleichbarkeit. Die Aufbereitung ist je nach Mobilfunkanbieter sowie verwertendem Datendienstleister unterschiedlich, sie unterliegen aber aufgrund des Wettbewerbs der Geheimhaltung und ist in der Regel somit nicht einsehbar.

These 8: Die Anonymisierung vernichtet relevante Informationen. Dabei ist es insbesondere im ländlichen Raum denkbar, dass Bewegungsströme nur unzureichend erfasst werden.

These 9: Die veränderliche Datenprozessierung ohne Track-Record führt zu Fehlschlüssen. Die Aufbereitungsprozesse von MND unterliegen fortlaufend Anpassungen und Verbesserungen, die in Zeitreihenvergleichen nicht immer einheitlich sind.

Solange proprietäre Interessen die MND-Prozessierung mit Nebel umhüllen, ist es noch ein weiter Weg, bis eine sichere Interpretation der Daten möglich ist. Ein mehrjähriges Monitoring von Mobilitätskennzahlen ist so aktuell nicht in sinnvoller Weise möglich. Dabei ist ein solcher Mobilitätsbarometer in Zeiten der Mobilitätswende wichtiger denn je – ganz unabhängig von ihrem sinnvollen Einsatz zur Pandemiebekämpfung. Damit sich in dieser Richtung mehr bewegt, sollten aus unserer Sicht mehr Engagement in den folgenden Handlungsfeldern aufgebracht werden:

Empfehlung 1: Eine höhere Transparenz der Prozesse ist nötig. Datenerzeuger und -dienstleister müssen mehr Transparenz bezüglich der Annahmen und Prozesse bieten.

Empfehlung 2: Eine betreiberübergreifende Standardisierung sollte entwickelt werden. Eine Übereinkunft zu Standardverfahren muss her – idealerweise über alle Netzwerkbetreiber hinweg.

Empfehlung 3: Weitere Marktforschungs- und Mobilitätserhebungsdaten müssen durch eine verbesserte Datentriangulation verknüpft werden. Eine strukturiertere Verknüpfung mit weiteren Datensätzen aus Marktforschung und von Mobilitätserhebungen muss die unternehmensinterne Datenverknüpfung ersetzen.

Empfehlung 4: Die Kalibrierungstaktung sollte erhöht werden. Dazu ist eine höhere Regelmäßigkeit von Mobilitätserhebungen bzw. am besten eine kontinuierliche Erfassung anzustreben.

Empfehlung 5: Die Ministerien müssen integrierte Strukturen für die Datenprozessierung fördern. Eine gezielte Unterstützung von integrierenden Verarbeitungsstrukturen sollte die Neuordnung der Datenanbieterlandschaft vorantreiben.

Empfehlung 6: MND sind in Zukunft idealerweise offene Daten. Eine Open-Data-Policy, die z. B. in den Lizenz Ausschreibungen zu den Mobilfunkfrequenzen verankert sein könnte, sollte langfristig ernsthaft angestrebt werden.

Eine abschließende Empfehlung gilt dem aktuellen Umgang von Analysten und auch Datenjournalisten mit MND im Kontext der Pandemie. In dieser Situation sollten die getroffenen Aussagen immer auch im Hinblick der technischen-methodischen Möglichkeiten der MND reflektiert werden – und nicht allein vom verfügbaren Datenangebot in hoher räumlicher und zeitlicher Granularität. So ist die reduzierte Darstellung der Trends auf wöchentliche Entwicklungsrichtungen des Mobilitätsaufkommens sicherlich sinnvoller als ein kleinteiliger und tagesscharfer Vergleich mit einem Durchschnittswert von 2019.

Abstract

During COVID 19, mobility has increasingly entered the public consciousness. The influence of mobility on infection rates brings the spotlight of public attention onto mobility parameters, previously only discussed within small expert groups. To a large extent, mobility indicators are currently based on mobile network data (MND). Indicators are provided at a very precise spatio-temporal resolution. Important contributions can be found on the monitoring websites of Destatis and the RKI. There, the MND are often used directly in the numerical representation of mobility demand. At the same time, the measurement of mobility utilising (maybe "utilizing" if the journal used American English) MND is still a relatively new phenomenon. The exchange between data producers, providers, traffic analysts and decision-makers require further establishment.

A good example for the usage of MND in the context of COVID-19 is the identification of increased mobility indicators for the German States Mecklenburg-Vorpommern and Brandenburg. One assessment is that tourism may be mainly responsible for such an effect. Such assessment may be of high relevance e. g. for the tourism industry in those Bundesländer during the implementation of strict pandemic-related lock-down measures. Nevertheless, we wanted to assess if methodological reasons might also be a cause for the observed effects: that is, is the surplus potentially an effect of network expansion and less of a result of increased travel for tourism purposes?

This article is intended to provide a basis for further discussion on the handling of MND. Therefore, MND is examined in more detail based on a set of theses to inform consideration of possible methodological effects. On the other hand, our article invites a discussion on the need for greater transparency in data processing.

Thesis 1: Regionally, MND differ strongly. This is due to the fact that the level of detail in the data collected depends on the structure of the utilised radio cells.

Thesis 2: Network expansion neglects the longitudinal comparison for some mobile providers. In the past two years in particular, providers have made great progress in improving network coverage, with corresponding effects on MNDs.

Thesis 3: The conversion factor from machine to human is not a natural constant. MND are generated by SIM cards. The inference from SIM card to person is not a trivial nor a static matter.

Thesis 4: Only mobile with mobile does not always count. Not everyone travels with a communication device, and contrastingly some people are on the move with multiple devices.

Thesis 5: Provider bias leads to non-transparent correction based on market research. The customer base of the respective mobile providers is not representative on its own. Extrapolation is based on selective market research surveys.

Thesis 6: Mobility can be defined in terms of minutes and kilometres. However, the common definition of a journey is based on the purpose of the trip. These travel intentions cannot be directly represented in MND.

Thesis 7: Secret data processing hinders interpretability and comparability. The effect varies depending on the MND provider, but is subject to secrecy due to competition.

Thesis 8: Anonymisation destroys relevant information. It is conceivable, particularly in rural areas, that movement flows are only inadequately recorded.

Thesis 9: Unverifiable variable data processing leads to erroneous conclusions. MND processing procedures are subject to continuous adjustments and improvements, which are not always consistent in time series comparisons.

If proprietary interests keep MND processing procedures obscured, there remains a long way to go before a reliable interpretation of the data will be possible. A multi-year monitoring of mobility indicators is therefore currently not possible in a meaningful way. Yet such a mobility barometer is more important than ever in times of the 'Mobilitätswende' (mobility transition). In order to work towards achieving this objective, we believe that more commitment should be made in the following fields of action:

Recommendation 1: Greater transparency of processes is needed. Data producers and service providers need to provide more transparency regarding assumptions and processes.

Recommendation 2: Standardisation across operators should be developed. Agreement on standard procedures is needed – ideally across all network operators.

Recommendation 3: Other mobility data needs to be linked through improved data triangulation. A more structured linkage with other datasets from market research and mobility surveys must replace in-house data processes.

Recommendation 4: The calibration frequency should be increased. A higher regularity of mobility surveys or, preferably, a continuity of coverage should be aimed for.

Recommendation 5: Ministries must promote integrated processing structures. Targeted support for integrating processing structures should drive the reorganisation of the data provider landscape.

Recommendation 6: MND should ideally be open data in the future. An open data policy, which could, for example, be anchored in the licensing tenders for mobile radio frequencies, should be seriously pursued in the longer term.

A final recommendation applies to the current handling of analysts and data journalists in the context of the pandemic. In this situation, the statements made should always be reflected in terms of the technical-methodological possibilities of MND – and not solely from the available data at high spatial and temporal granularity. A reduced presentation of trends on weekly development directions in mobility volume is certainly more meaningful than small-scale daily comparison utilising an average value from 2019.

Einleitung

Maskenpflicht und Nachfrageeinbruch im öffentlichen Verkehr, menschenleere Flughäfen, Ausgangs- und Aktivitätsbeschränkungen: die Mobilität ist in COVID-19-Zeiten stärker in den öffentlichen Fokus gerückt – mehr noch als es im Rahmen von Verkehrs- und Mobilitätswende ohnehin bereits der Fall war. Der starke Zusammenhang von Mobilität, menschlichen Aktivitäten und Ansteckungsraten lässt Akteure und die Öffentlichkeit auf Mobilitätskennwerte schauen, die vorher meist nur in Expertenkreisen diskutiert wurden. Diese Mobilitätskennwerte fußen aktuell in weiten Teilen auf MND und werden in einer sehr hohen räumlich-zeitlichen Auflösung bereitgestellt.

Wichtige Beiträge sind dabei die datenorientierten Webseiten der Destatis und des RKI sowie des Schweizer Datendienstleisters Teralytics (vgl. Tabelle 2 für weiterführende Informationen zu den Quellen). Weitere nennenswerte Veröffentlichungen kommen vom Fachgebiet der Verkehrssystemplanung der TU-Berlin⁴ sowie vom Unternehmen Senozon, welches dem Fachgebiet methodisch sehr nahesteht. Die MND spielen dabei entweder die tragende Rolle bei der zahlenmäßigen Darstellung der Mobilitätsnachfrage (Destatis, RKI, Teralytics) oder dienen als wesentliche, aber nicht alleinige Eingangsdaten für Verkehrsmodellierungen (VSP, Senozon).

Die Auswertung von MND am RKI im Kontext der Pandemie läuft bereits seit März 2020. Das RKI wurde damals von mehreren Seiten durch Datenlieferanten angesprochen. Das Ziel der Datenaufbereitung war ein allgemeines Reporting sowie deskriptive Analysen der Wirkung von Lockdowns oder regionaler Unterschiede der

⁴ Die MND dienen bei den Arbeiten des Fachgebiets der Prognose von Ansteckungsraten und der Verbreitung des Virus⁴ und eher nicht als Mobilitätsmonitor und werden daher nicht weiter im Bericht betrachtet.

Mobilität und des Infektionsgeschehens. Das Ziel war es, schnell allgemein verständliche Ergebnisse zu veröffentlichen und damit Aussagen zur Mobilität in Deutschland, in den Bundesländern und in den Kreisen zu treffen. Dabei wurde ein Open Science Ansatz verfolgt.

Die Aktivitäten des RKI rund um die MND wurden umgehend in der Presse aufgegriffen.⁵ In vielen Presseberichten wurden weniger der Inhalt, sondern vielmehr Datenschutzfragen thematisiert. Aufgrund der Sensibilität der Öffentlichkeit für das Thema Datenschutz musste das RKI schnell reagieren und proaktiv in Online-Berichten eine Transparenz über die eigenen Tätigkeiten herstellen. Durch diese rasche Kommunikation gelang es, die datenschutzrechtliche Unbedenklichkeit der Datennutzung zu vermitteln. Damit wurde eine nicht zu unterschätzende Aufklärungsarbeit im Hinblick auf die Nutzung von MND geleistet. Das war eine Aufklärungsarbeit, von der die ganze Branche profitiert, denn der allgemeine Kenntnisstand der Öffentlichkeit zu Bewegungsdaten und deren Herkunft konnte somit verbessert werden. Inzwischen werden die Datensets der Telefónica als Quelle-Ziel-Matrix (OD-Matrix) täglich an das RKI geliefert. Diese Daten liegen auf Stadt- und Landkreisebene vor. Bei den Telekom-Daten liegen sie für die Gemeinden vor und sind zeitlich in Stundenscheiben dargestellt (Interview mit Datenanwender, April 2021).

Ganz zentral sind auch die Veröffentlichungen des Statistisches Bundesamtes Destatis zur Mobilität im Kontext von COVID-19. Die Statistikbehörde nutzte dabei passenderweise die Webveröffentlichungen unter der Rubrik 'Experimentelle Daten' (EXDAT). Ziel war es, bei neuartigen Datenquellen, Verfahren und Methoden Transparenz zu zeigen und Feedback zu erhalten. Die Vielzahl an Auswertungen

⁵ Beispiele hierfür sind die Beiträge der Stuttgarter Zeitung vom 18.03.2020, der Frankfurter Rundschau vom 21.03.2020 sowie aus dem Handelsblatt vom 27.03.2020 (stuttgarter-zeitung.de, handelsblatt.com, fr.de)

umfasst vergleichende Zeitreihen auf Bundeslandebene sowie räumliche Darstellungen zu Mobilitätsveränderungen auf Kreisebene sowie in Rastergrids aufgeschlüsselt nach Tag und Nacht. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass das Bundesamt mit sehr ähnlichen Daten zu denen des RKI beliefert wird.

Die beiden Beispiele zeigen nicht zuletzt, dass eine höhere Transparenz im Hinblick auf Herkunft und Verarbeitung von Daten durchaus positive Auswirkungen auf die Akzeptanz der Datennutzung haben kann. Diese höhere Transparenz würde nicht nur in Richtung Öffentlichkeit positive Auswirkungen haben. Auch die Wissenschaft und andere Datenkonsumenten würden davon profitieren, wenn ein tieferer Einblick in die Aufbereitungsmechanismen gewährt werden würde. Die fortlaufende und flächendeckende Messung der Mobilität mittels MND ist nach wie vor noch Neuland. Der Austausch zwischen Datenerzeugern, Bereitstellern, Verkehrsanalysten und Entscheidern ist bei weitem noch nicht eingespielt. Daher verleiten MND aufgrund ihres vermeintlichen Detailgrades zu Schlüssen, die viel Aufmerksamkeit erzeugen, aber aus unserer Sicht zum Teil vorschnell erscheinen können.

Das Beispiel Mecklenburg-Vorpommern

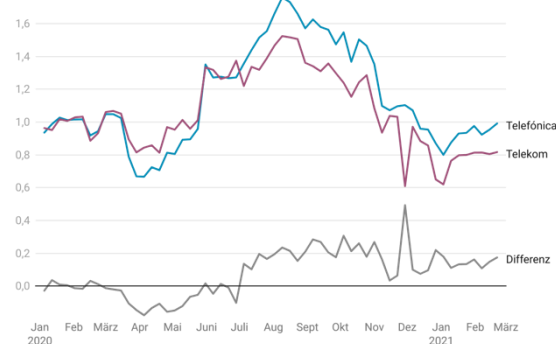
Im jüngsten Datenreport 2021 (BPB 2021) wurde ein Zusatzkapitel zu den Auswirkungen von COVID-19 angefügt, in dem auf die erhöhten Mobilitätskennwerte der MND in Mecklenburg-Vorpommern eingegangen wird. Die Vermutung ist, dass „dies möglicherweise auf das veränderte Urlaubsverhalten der Bevölkerung zurückzuführen ist“ (ebenda: S. 468). Diese Einschätzung kann in Zeiten strikter Maßnahmen eine hohe Relevanz für z. B. das Tourismusgewerbe im Bundesland haben. Deshalb sollte nicht unterschlagen werden, dass auch methodische Gründe eine Ursache für die beobachteten Effekte darstellen können: ist das Plus in den MND vielleicht eher ein Effekt des Netzausbaus und hat weniger mit touristischem Verkehr zu tun?

Abbildungen 1 und 2: Vergleich der Entwicklung von MND verschiedener Anbieter / Quelle: eigene Normierung auf Basis von Destatis, Teralytics, RKI, Telekom

(1) Schleswig-Holstein



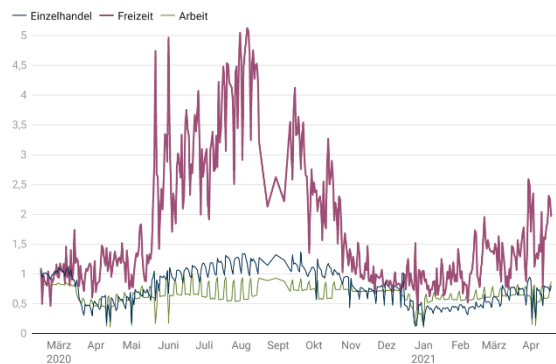
(2) Mecklenburg-Vorpommern



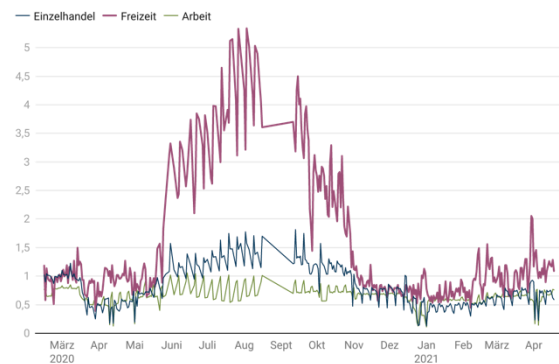
Für eine erhöhte touristische Aktivität als in anderen Jahren spricht, dass Mecklenburg-Vorpommern ein touristisch attraktives Bundesland ist, welches zudem deutliche Zuwächse in den Telefónica-MND gegenüber 2019 aufweist (vgl. Abbildung 2). Es gibt aber auch Hinweise für die Vermutung, dass mit den MND allein keine endgültigen Aussagen getroffen werden können. Keine Frage: auch im Jahr 2021 finden jede Menge touristische Aktivitäten im Nord-Osten statt (vgl. Abbildung 4), die auch deutlich über das normale Niveau hinausgehen können (Der Spiegel 2021). Das zeigen auch die Aufkommenskarten des RKI in Zeiträumen von Juni bis Oktober. Aber ob das Ausmaß dieser Aktivitäten dazu führt, dass das Mobilitätsaufkommen des gesamten Bundeslandes jenes von 2019 wirklich übersteigt, kann mit den Daten nicht zweifelsfrei belegt werden. Gegen diese These spricht nicht zuletzt, dass in der Nebensaison ausgerechnet in den gleichen Datensätzen die kleinräumliche Verteilung der Zuwächse eben nicht in den typischen Tourismus-Hotspots an der Ostsee oder an der Seenplatte zu finden sind – vielmehr wurden dort überwiegend rückläufige Kennzahlen festgestellt (vgl. Karte 2 auf Seite 6).

Abbildungen 3 und 4: Entwicklung der Aktivitäten laut Google | Quelle: Eigene Normierung auf Basis von Google

(3) Schleswig-Holstein



(4) Mecklenburg-Vorpommern



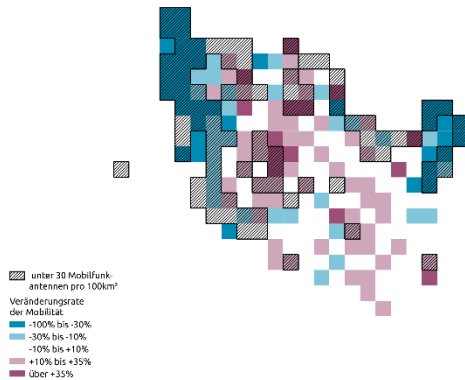
Werden Telefónica- und Telekom-Daten im Jahresverlauf nebeneinandergelegt, fällt die Sonderstellung von Mecklenburg-Vorpommern (sowie Brandenburg) im Vergleich zu den anderen Bundesländern auf: für einen Großteil des Jahres liegt eine positive Differenz der normalisierten Daten⁶ vor. Mit anderen Worten: es liegen überdurchschnittlich mehr Aktivitäten in den Telefónica-Daten vor. Um sie genauer zu untersuchen, kann ein Datensatz zur touristischen Aktivität, der von Google bereitgestellt wird, zum Vergleich herangezogen werden. Der Vergleich wird zudem mit dem ebenfalls touristischen Schleswig-Holstein geführt. Dieser Datensatz beruht auf aggregierten und anonymisierten Daten von Geräten, auf denen ein Google-Account genutzt und der Standortverlauf aktiviert wurde. Den Aktivitätsdaten von Google zufolge ist der touristische Betrieb im nördlichsten Bundesland ähnlich angelaufen (vgl. Abbildung 3), jedoch bei deutlich geringeren Zuwächsen der Mobilitätskennzahlen (vgl. Abbildung 1)⁷.

⁶ Die Datensätze wurden für den Durchschnittswert des Zeitraums 2020 vor der Pandemie normalisiert. Weitere Hinweise zur Aufbereitung sind im Anhang zu finden.

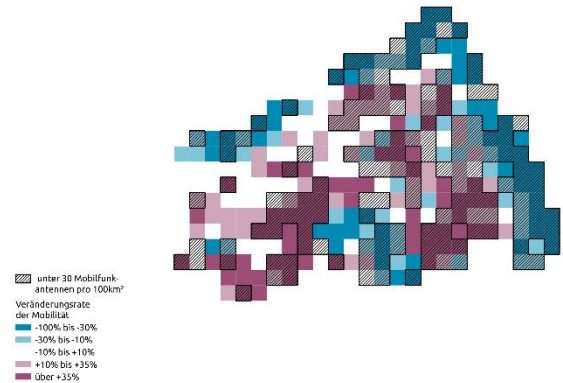
⁷ Einschränkung muss erwähnt werden, dass die Bedeutung des Tourismus in Mecklenburg-Vorpommern mit über 20 Übernachtungen pro Kopf und Jahr deutlich höher ist als in Schleswig-Holstein (vgl. Tabelle 1).

Karten 1 und 2: Mobilitätsveränderung vom 17.04.2021 gegenüber 2019 | Quelle: Destatis, OpenCellID

(1) Schleswig-Holstein



(2) Mecklenburg-Vorpommern



Die Vermutung liegt nahe, dass die Zuwächse teilweise auch erhebungstechnische Gründe haben können. Brandenburg wie auch Mecklenburg-Vorpommern hatten in der Vergangenheit mit Abstand die geringste Netzdichte im Mobilfunknetz (vgl. Tabelle 1). Insbesondere die Telefónica hat in diesen Regionen Netzlücken, die es zu schließen galt. Die drei Netzbetreiber in Deutschland planten Ende 2019 einen gemeinsamen Ausbau von 6.000 neuen Funkzellen (commsupdate.com).

Das Übereinanderlegen der Netzlücken 2019 mit den Zuwachsregionen der Telefónica-MND im Jahr 2021 zeigt eine ähnliche Abdeckung (vgl. Karte 12 im Anhang). Es ist zu vermuten, dass sich die Anstrengungen der Telefónica zum Netzausbau in den MND widerspiegeln, denn je dichter das Funknetz, desto mehr Bewegungen werden erfasst. Da bei MND Bewegungen zwischen den Funkzellen erfasst werden, kann man in den Daten nicht unbedingt sehen, was in der Zelle passiert (vgl. Abb. 5 sowie das Kapitel „Mobilfunkdaten als Mobilitätsmonitor“). Ein dichteres Netz würde also bei gleichbleibendem Mobilitätsaufkommen mehr Fahrten aufdecken, die vorher innerhalb einer Zelle lagen und daher nicht in den Zahlen widerspiegelt werden.

Touristen und Tagesausflügler sind als Grund für den Zuwachs bei den Mobilitätskennziffern z. B. aus dem Datenreport 2021 sicherlich auch ein Treiber. Die Wirkung des Netzausbaus erscheint aber ebenso plausibel, was jedoch die generelle Aussagekraft in der aktuellen Aufbereitungsform schmälern würde.

Die Datenquelle MND wird aufgrund dieses Beispiels sowie der vielen weiteren öffentlich diskutierten Aussagen hier anhand eines Thesensets genauer betrachtet und damit eine Diskussionsgrundlage zum Umgang mit Mobilfunkdaten gelegt. Es soll zum einen über mögliche methodische Effekte informieren, zum anderen eine Diskussion über die Notwendigkeit höherer Transparenz in der Datenaufbereitung anstoßen.

Tabelle 1: Vergleichende Kennzahlen auf Bundeslandebene | Quellen: eigene Normierung auf Basis von Destatis, Teralytics, RKI, Telekom, Opencellid

	Differenz MND Telefónica & Telekom		Funkmastendichte		Übernachtungen	
	normiert	Rang	pro km ²	Rang (abst.)	pro Kopf	Rang
Mecklenburg-Vorpommern	0.099	1	1.3	1	21.2	1
Brandenburg	0.088	2	1.7	2	5.5	8
Thüringen	-0.034	3	2.1	3	4.5	12
Rheinland-Pfalz	-0.041	4	3.0	8	4.7	11
Niedersachsen	-0.055	5	2.4	5	5.8	6
Sachsen	-0.057	6	3.7	9	5.1	10
Sachsen-Anhalt	-0.061	7	2.2	4	3.9	14
Schleswig-Holstein	-0.063	8	2.9	7	10.9	2
Hessen	-0.069	9	4.6	11	5.7	7
Bayern	-0.076	10	2.6	6	7.7	5
Nordrhein-Westfalen	-0.094	11	7.7	13	3.0	16
Baden-Württemberg	-0.098	12	3.9	10	5.2	9
Hamburg	-0.116	13	46.7	15	8.3	4
Bremen	-0.121	14	21.1	14	4.1	13
Berlin	-0.123	15	71.8	16	9.3	3
Saarland	-0.138	16	5.6	12	3.3	15

Datenquellen, Methodik und Berechnung

Zur Erstellung dieser Studie wurden drei verschiedene Quellen hinzugezogen: Experteninterviews, Fachliteratur sowie Datensätze, die Online bereitgestellt werden. Die interviewten Expertinnen und Experten sind entweder Personen, die bei den Mobilfunkanbietern oder Datendienstleistern direkten Zugang zu Rohdaten und Aufbereitungsprozessen haben oder hatten, sowie direkte Anwender der daraus erzeugten Daten. Die Interviews waren leitfadengestützt. Alle Interviews wurden im Frühling 2021 geführt. Da manche der Interviewten nicht namentlich erwähnt werden möchten, verzichten wir im Bericht gänzlich auf den namentlichen Verweis der Befragten sowie auf Transkriptionen der Gespräche. Da die Experteninterviews vorrangig zur Validierung der aus den Datensätzen und Literatur gewonnenen Thesen dienten, finden sich nur vereinzelt direkte Verweise auf die interviewten Personen.

Für die Fachliteratur wurden insbesondere Machbarkeitsstudien sowie Richtlinien mit expliziten Handlungsanweisungen herangezogen. In Machbarkeitsstudien hat z. B. Destatis bereits Einschränkungen der Anwendbarkeit von Mobilfunkdaten untersucht. Mit Motionlogic wurden seit 2017 ähnliche Studien zur Anwendbarkeit von Mobilfunkdaten gemacht. Wenig später wurden solche Projekte auch mit Telefónica durchgeführt. Die Ergebnisse werden in dieser Studie z. T. berücksichtigt.

Viele der Nachfragedaten dieser Analyse konnten über öffentliche Webzugänge der COVID-19 Monitore, die unter Tabelle 2 aufgeführt sind, bezogen werden. Weitere Daten zum Bevölkerungsstand sowie zum Tourismus wurden der Webseite der Statistischen Ämter der Länder entnommen („Genesis Online“). Zudem wurden die Daten von OpenCellID aufbereitet. Rastergeometrien sowie die Geometrien der administrativen Grenzen wurden von dem Open Data Bereich des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie (BKG) bezogen. Alle Webzugriffe auf die Datensätze und die weiteren Berechnungen zur Aufbereitung erfolgten im April 2020.

Für die Normierung wurden von allen Zeitverläufen die Durchschnittswerte für den Zeitraum vom 01.01.2020 bis zum 15.03.2020 gebildet, die vergleichsweise normale Mobilitätsroutinen von vor der Pandemie beinhalten und auch über alle Datensätze enthalten sind. Die Normierung von bereits normierten Daten stellt in diesem Kontext kein Problem dar, solange die Normierung sich einheitlich durch den Datensatz hindurchzieht. Einem der RKI-Reports kann entnommen werden, dass das bei den Teralytics-Daten nicht der Fall ist, da diese einer monatsbezogenen Normierung der Wochentage unterliegen (covid-19-mobility.org, Update zur Berechnung). Da die normierten Werte der gleitenden Durchschnitte tendenziell niedriger liegen als die vorherigen einheitlichen Durchschnittswerte für 2019, liegen die Kennzahlen für die in diesem Bericht getroffenen Aussagen somit auf der sicheren Seite. Zudem muss beachtet werden, dass bei mit dynamischen Durchschnitten normierten Datensätzen keine gewichteten Durchschnittswerte für die Pre-COVID-19 Zeit gebildet werden können. Durchschnittswerte über die einzelnen Tage werden an dieser Stelle aber als ausreichend angesehen.

Bei den aggregierten MND als Geodaten wurden sowohl für die Telefónica-Daten wie auch die Telekom-Daten keine Durchschnittswerte gebildet, sondern alleine darauf geachtet, dass die ausgewählten Tage sowohl 2019 wie auch 2021 Werktage sind.

Die Daten von OpenCellID wurden für die Attribute 'created' und 'updated' gefiltert. Alle Einträge, die vor 2020 erstellt ('created') und nach 2017 aktualisiert wurden, wurden berücksichtigt. Es wurden keine weiteren Filter angesetzt, weder für die Netzbetreiber noch für die Art des Antennentyps. Die genaue Zuordnung der Netzbetreiber-IDs wurde offengelassen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die IDs 1 bis 3 die drei Netzbetreiber in Deutschland repräsentieren.

Table 2: Übersicht über datenorientierte Mobilitätsanalysen im Kontext von COVID-19

Beitrag von	Beschreibung	Link
RKI	<p>„Covid-19 Mobility Project“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreisebene, 10km-Rastergitter, vereinzelt bis zu 500m-Rastergitter und Tagesfein • Daten von Teralytics auf Basis von Telefónica-MND • Weitere wochenfeine Auswertungen („Reports“) auf Kreisebene und auf Basis von Telekom-MND 	https://www.covid-19-mobility.org/current-mobility/
Destatis	<p>„EXDAT“ (nicht spezifisch für COVID 19)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreisebene, 10km-Rastergitter, vereinzelt bis zu 500m-Rastergitter und Tagesfein • Daten von Teralytics auf Basis von Telefónica-MND 	https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/_inhalt.html
Teralytics	<p>„COVID-19 resource centre“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diverse zeitliche Analysen (wochenscharf), z. T. für die fünf größten Städte, z. T. für Raumtypen • Daten auf Basis von Telefónica-MND 	https://www.teralytics.net/post-pandemic-recovery-center/?selected_data=de
Senozon	<p>„Senozon Mobility Radar“ und „Aktionsradius“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tagesscharfe Verlaufsdiagramme auf Kreisebene, Wochenbänder auf Bundeslandebene • Verkehrsmodell auf Basis von Telefónica-MND 	https://senozon.com/senozon-mobility-radar/
Google	<p>„COVID-19 Community Mobility Reports“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivitätsdatenverlauf (tagesscharf, Ländebene) • Auf Basis von Google Activity Data 	https://www.google.com/covid19/mobility/
Apple	<p>„Mobility Trends Reports“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tagesscharfe und regionale Veränderungsdaten der Routinganfragen für verschiedene Verkehrsträger • Auf Basis von Apple-Routinganfragen 	https://covid19.apple.com/mobility
Infas/WZB	<p>„Mobilitätsreports“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diverse Analysen zur Mobilität, z. T. tagesscharf sowie auf Städteebene • Infas-Befragungsdaten, Smartphone-Tracking von MotionTag 	https://www.infas.de/neuigkeit/mobilitaet-und-corona-wie-veraendert-sich-der-alltagsverkehr/
INRIX	<p>“COVID-19’s Impact on Transportation Trends“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internationale Auswertungen mit Starker MiV-Orientierung z. B. tagesscharf zur Anzahl Bewegungen nach Fahrzeugtyp • Auf Basis von INRIX-Floating-Car-Data 	https://inrix.com/covid-19-transportation-trends
TomTom	<p>„Traffic Index“ (nicht spezifisch für COVID 19)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internationale Auswertungen zur Mobilitätsveränderung in Städten, wochenfeiner Veränderungsband der Verkehrsdichte • Auf Basis von Daten aus Nutzungsdaten der TomTom-Kartendienste 	https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/

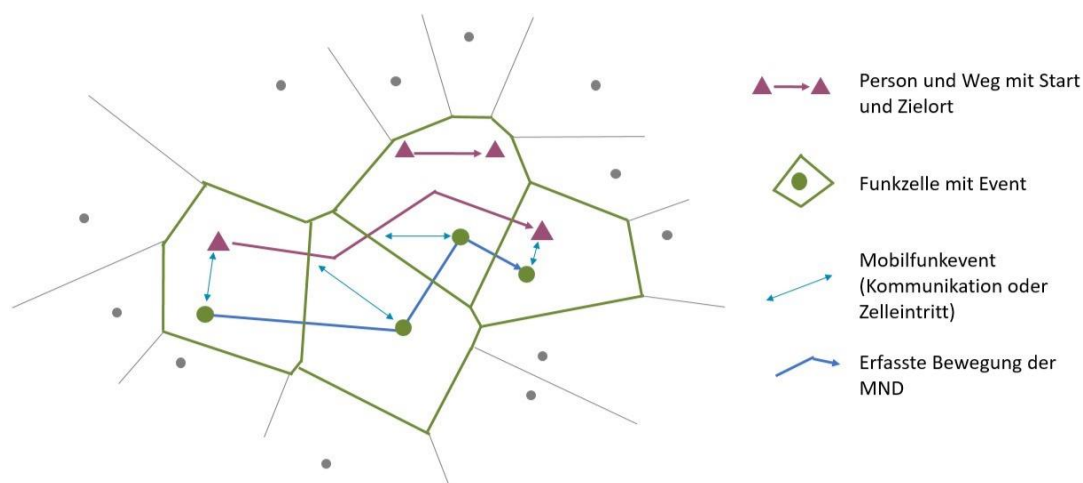
Mobilfunkdaten als Mobilitätsmonitor

Mit der Verwendung von MND zur Erstellung mobilitätsbezogener Kennzahlen werden seit zwei Jahrzehnten Erfahrungen gesammelt (Ricciato 2019). International werden das MIT und das Centre for Complex Network Research, beide in Massachusetts, sowie die Universität von Tartu als Vorreiter der mobilitätsbezogenen Auswertung von MND genannt (vgl. Reif 2019, Steenbruggen et al. 2015). In Deutschland erzeugten mobilitätsbezogene Analysen der Daten erstmals Aufmerksamkeit, als im Rahmen polizeilicher Fahndungen Bewegungsabläufe analysiert wurden – Stichwort ‘Vorratsdatenspeicherung’. Die Datenschutzsensibilität war auch ein Thema in einem der ersten öffentlichen Anwendungsfälle: der MND-Auswertung der Nürnberger Verkehrsbetreiber VAG. Nach der Bekanntgabe im Jahr 2015 (Telekom.com) wurde nur wenige Tage später das Projekt seitens der VAG eingestellt (Netzpolitik.org). Trotz solcher negativen Erfahrungen gründeten zwei der drei Netzbetreiber Tochterfirmen, die entsprechende Datenprodukte entwickelten und anboten. Die Unternehmenseinheiten NEXT bei Telefónica und Motionlogic bei der Telekom wurden gegründet. Inzwischen haben sowohl die Telefónica Next als auch die Telekom-Tochter Motionlogic ihren Betrieb eingestellt. MND werden jedoch weiterhin von den Mobilfunkbetreibern vertrieben. Zum Teil werden die Daten aber auch über dritte Datendienstleister angeboten. Beispiele hierfür sind die beiden Schweizer Firmen Teralytics und Senozon.

Fachlich-methodische Fortschritte wurden bei dieser Entwicklungshistorie vor allem in der Aufbereitung von einem sehr technischen Datenniveau des Mobilfunkbetriebs hin zu lesbareren Bewegungs- und Aufkommenstabellen für Mobilitätsforscher und Verkehrsplaner erzielt. Darüber hinaus wurde ein Hauptaugenmerk auf die Anonymisierung der Daten gelegt. In den letzten Jahren ist die skalierbare Einbindung der MND in Verkehrsmodelle als wichtiges Aktionsfeld hinzugekommen.

Beschreibungen zur Datenerzeugung von MND finden sich in vielen Veröffentlichungen, die sich intensiv mit der Thematik befassen. An dieser Stelle soll die Erzeugung nur kurz geschildert werden. Erfasst werden alle SIM-Karten, die in einer Mobilfunkzelle – also dem Empfangs- und Sendebereich einer Mobilfunkantenne – von dem Netzbetreiber registriert wurden. Durch Interaktionen zwischen dem Device und dem Mobilfunknetz werden Events erzeugt. Diese Interaktionen können bspw. ein Telefonat, eine SMS-Versendung, die Nutzung des mobilen Internets oder ein Wechsel von einer Funkzelle in eine andere sein. Alle Endgeräte, die eine SIM-Karte führen, werden so über die Nutzung datentechnisch erfasst (vgl. Abbildung 5). Das können neben Handys und Smartphones, Tablets und Laptops sein, aber auch weitere Geräte wie Pkw, Geldautomaten oder POS-Terminals fallen darunter.

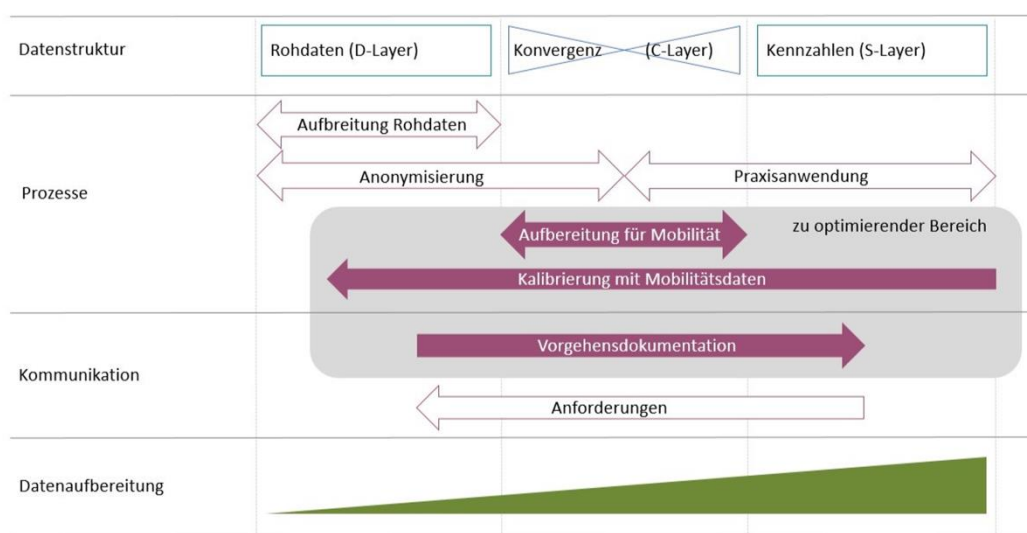
Abbildung 5: Prinzipielle Erfassung von Bewegungen im Mobilfunknetz



Die Daten werden in verschiedenen Rohdatensätzen der Anbieter (z.B. CDR, CN-SIG, RAN-SIG, LBS sowie Hilfsdaten; siehe Ricciato 2019 sowie Beschreibung im Anhang) gespeichert. Die Mobilfunkbetreiber benötigen diese Daten, um den Betrieb und die Abrechnung der Kommunikationsdienste sicherzustellen. Zu beachten ist dabei, dass der Mobilfunkmast, mit dem eine SIM-Karte verbunden ist, das einzige örtliche Merkmal dargestellt, das aufgezeichnet wird. Weitere Ortungsprozesse wie

Location-based services (LBS) oder andere Hilfsdaten könnten hinzugezogen werden. In Deutschland ist dies jedoch rechtlich nicht möglich. In der Vergangenheit hat die überwiegende Mehrheit der Mobilitätsstudien, die auf MND basieren, laut Ricciato, ausschließlich die Standorte der Sendemasten in Kombination mit einer Voronoi-Tesselierung verwendet. Nur wenige frühere Arbeiten haben die Nutzung zusätzlicher Hilfsdaten in Betracht gezogen (Ricciato 2019). Vergleicht man die Datensätze anhand eindeutiger Geräte-IDs über verschiedene Mobilfunkzellen hinweg, so werden Bewegungsströme dieser Geräte im Zeitverlauf deutlich.

Abbildung 6: Bearbeitungsebenen von MND (in Anlehnung an Ricciato 2019)



In dieser Arbeit wird vor allem auf die Schnittstelle zwischen den Mobilfunkanbietern und den Mobilitätsexperten geschaut (vgl. Abbildung 6). Bei einer Aufbereitung von den Rohdaten der mobilitätsbezogenen Kennzahlen gibt es eine Konvergenzebene (ebenda). Typische Datenformen dieser Ebene sind OD-Matrizen, die eine Schnittstelle zwischen der Rohdaten- und Kennzahlenebene bilden. Die ersten beiden Ebenen (Rohdatenebene und Konvergenzebene) betreffen vor allem die Netzbetreiber sowie die kooperierenden Datendienstleister, die Kennzahlenebene eher die mobilitätsbezogenen Anwender von MND. Es wird angenommen, dass die technische Aufbereitung der Rohdaten sowie der Kommunikation innerhalb der

Mobilfunkbetreiber funktional und effektiv ist. Der Austausch zwischen den Verantwortlichen für die Mobilitätsdatenprodukte und dem umsetzungsorientierten Personal der Mobilfunkbetreiber dürfte inzwischen ebenfalls eingespielt sein – die Qualität der MND, so ist die Vermutung, ist gegeben. Es wird jedoch angenommen, dass in einem unzureichenden Maße die externen Anforderungen an die Verantwortlichen der Mobilitätsdatenprodukte herangetragen werden, die für eine entsprechende Implementierung sorgen könnten. Zudem dürfte die fehlende Vorgehensdokumentation mindestens zu Unkenntnis und im schlimmsten Fall zu folgenreichen Fehlinterpretationen führen. Zuletzt wird angenommen, dass externe Mobilitätsdaten noch in einer unzureichenden Weise für die Kalibrierung im Aufbereitungsprozess der Mobilfunkbetreiber verwendet wird.

Ein zentraler Punkt für die Aufbereitung im Mobilitätskontext ist die Repräsentativität. Die Aussagekraft jeder Erhebung ist abhängig von der Stichprobenziehung und dem Erhebungsinstrument. Beide Faktoren beeinflussen die Aussagekraft der Erhebung auf die Grundgesamtheit. Mittels komplexer Gewichtungs- und Hochrechnungsverfahren werden Verzerrungen ausgeglichen. Es muss sichergestellt sein, dass die Grundgesamtheit durch die Stichprobe in geeigneter Weise repräsentiert ist. Werden bei der Stichprobenziehung beispielsweise immobile Personengruppen überproportional berücksichtigt, so ist die Aussagekraft der Mobilitätsanalysen beeinträchtigt. Darüber hinaus sollte eine Aussage zur Grundgesamtheit getroffen werden, die durch die Stichprobenziehung repräsentiert wird. Werden beispielsweise nur Personen aus Berlin berücksichtigt, so ist die Grundgesamtheit die Berliner Bevölkerung. Mit Einschränkungen könnte von dieser Stichprobe Rückschlüsse auf andere Metropolen in Deutschland gezogen werden, eine Aussage für die Mobilität der Bevölkerung in Deutschland wäre jedoch nicht möglich.

In Bezug auf das Erhebungsinstrument ist zudem vor allem die Frage der Validität relevant: Misst das Instrument tatsächlich das, was gemessen werden soll? Werden

also glaubwürdige Ergebnisse geliefert oder ist durch den Messaufbau eine Verzerrung der Ergebnisse zu erwarten? Um die Validität der Erhebung einschätzen zu können, ist es notwendig, die grundlegenden technischen Charakteristika des Erhebungsinstruments zu kennen und auf mögliche Auswirkungen dieser Charakteristika auf die Erhebungsqualität hinzuweisen. Das betrifft vor allem die Thesen 1 bis 4, aber auch die These 6.

Zur Grundgesamtheit und der Stichprobe ist zwar davon auszugehen, dass alle drei Mobilfunkanbieter zusammen annähernd die Gesamtbevölkerung abbilden. Die Aufteilung⁸ ist recht gleichmäßig verteilt mit einem Plus beim Kundenstamm von Vodafone und Abstrichen bei Telefónica (Bundesnetzagentur.de). Jedoch kann gleichzeitig angenommen werden, dass der Kundenstamm der jeweiligen Anbieter produktbedingt und preistechnisch bestimmte Bevölkerungsgruppen stärker anspricht. Die Repräsentativität für die deutsche Bevölkerung wäre somit nur eingeschränkt gegeben. Aussagen zur Mobilität in Deutschland würden nur eingeschränkt gelten. Dieser Effekt wird in These 5 näher betrachtet. Die weiteren Thesen 7 bis 9 betreffen vor allem den Umgang mit den Aufbereitungsprozessen.

Funkzellengröße und Netzausbau

***These 1:** MND unterscheiden sich regional sehr stark. Denn der Charakter und die Detailtiefe der erhobenen Daten sind im hohen Grad abhängig von der Struktur der Funkzellen. Die Dichte der Funkzellen ist regional unterschiedlich, womit die Repräsentanz insbesondere von kurzen Wegen stark schwankt. Detaillierte Hinweise zu den*

⁸ Hierbei sehen wir die Gleichsetzung von SIM-Kartenanteil und Kundenanteil in einer Form, die wir in These 3 kritisieren. Da jedoch Mobilfunkanbieter unter sich verglichen werden, wird von einem weitestgehenden Ausgleich ausgegangen.

Unterschieden liefern die analysierten Studien nicht, jedoch ist bekannt, dass die Datenbereitsteller dazu neigen, die Daten großzügig bei kurzen Wegen unter 2 km zu filtern.

In der Regel wird von „den Mobilfunkdaten“ gesprochen. Dabei gibt es große Unterschiede, je nachdem ob die Daten in der pulsierenden Stadt oder auf dem platten Land erzeugt wurden. Die geografische Genauigkeit dieser Daten ist entsprechend der Funkzellengröße sehr heterogen. Je nach örtlicher Netzdichte kann die Genauigkeit der Standortbestimmung stark variieren, was unmittelbare Folgen für die Qualität der Quell-Ziel-Informationen haben kann. Wie zuvor beschrieben, erfolgt die Bestimmung der Koordinaten der einzelnen Bewegungspunkte der MND über die Koordinaten der Mobilfunkantennen und nicht über aufwändigere und damit teurere Positionierungsverfahren. Das ist nachvollziehbar und für die Qualität vieler Aussagen auch ausreichend, sollte aber bei der Interpretation im Hinterkopf behalten werden, da es den „Charakter“ der Mobilitätsdaten beeinflusst.

Gravierender dürfte das Ausmaß an Wegen sein, die innerhalb der Funkzellen ganz aus dem Erkennungsraster herausfallen. Für manche ländlichen Räume decken einzelne Funkzellen mehrere km² ab – viel Raum, um kleinteilige Bewegungsmuster verschwinden zu lassen. In den hochverdichteten Räumen wiederum ist die Netzdichte extrem hoch, so dass ganz feine Erhebungsnetze entstehen. Ein Versuch, diese Uneinheitlichkeit der Daten über die Regionen hinweg auszugleichen, besteht in der Festlegung von Mindestbewegungslängen. Aus unseren Interviews wurde deutlich, dass für manche MND-Datensätze Wege mit einer Länge von unter 2 km gefiltert werden (Interview mit Datenanwender, April 2021). Ein Vergleich mit der empirischen Mobilitätsforschung zeigt, dass in Metropolregionen bei einer solchen Mindestlänge fast 40% der Wege entfallen würden. In ländlichen Regionen würden mehr als 30% der Wege nicht identifiziert (MiD 2017, vgl. Tabelle 9 im Anhang).

Inwiefern Wege im ländlichen Raum entfallen, weil sie länger als 2 km sind, aber dennoch innerhalb einer Funkzelle stattfinden, ist nicht bekannt. Unserer Auffassung nach ist dieser Anteil in ländlichen Räumen jedoch signifikant höher. Wählt man niedrigere Mindestlängen, so dürfte auf jeden Fall die räumliche Verzerrung zwischen dichtem Netz und Funklöchern steigen – aber auch die Repräsentativität der kürzeren Bewegungen. Die genaue Abwägung muss für die Datenanwender transparent gehalten werden.

These 2: *Der Netzausbau durchkreuzt für manche Anbieter den Längsschnittvergleich. In Vergleichen unterschiedlicher Erhebungsjahre ist zu berücksichtigen, dass Mobilfunkanbieter in Deutschland in den vergangenen zwei Jahren große Fortschritte bei der Verbesserung der Netzabdeckung erreicht haben. Somit hat These 1 auch eine zeitliche Dimension.*

Zur These zur räumlichen Netzabdeckung kommt die zeitliche Komponente des Netzausbaus hinzu. Insbesondere in den vergangenen beiden Jahren gab es landesweite Bemühungen zum Lückenschluss im Kontext der Netzausbauintiative des Bundes. Wie bereits erläutert, ist davon auszugehen, dass eine bessere Netzabdeckung zu einer höheren Datenqualität führt, was wiederum Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit von Erhebungsjahren hat.

Entsprechend relevant wäre es zu wissen, welche Teilräume nun über dichtere Mobilfunkzellen verfügen und ob die Netzbetreiber und Datendienstleister diese Entwicklung in der Aufbereitung der MND berücksichtigen. Bekannt ist, wie im Eingangsbeispiel Mecklenburg-Vorpommern bereits erwähnt, dass 2019 alle Anbieter eine gemeinsame Netzverdichtung verkündeten (Commsupdate.com, Erklärung Netzbetreiber), mit einer späteren Bestätigung von zwei der Netzbetreiber (Commsupdate.com, Erklärung Netzbetreiber II). Letztendlich stehen alle drei Netzbetreiber seitens der Bundesnetzagentur unter Druck. Diese hatte Anfang 2020 festgestellt, dass die Vereinbarungen aus den Netzabdeckungszielen bei weitem

nicht erreicht seien und gab den Anbietern bis zum Jahresende inklusive Zwischendeckelungen im Juni und September Zeit, den Anforderungen gerecht zu werden (Commsupdate.com, Erklärung Bundesnetzagentur). Laut der Quelle stand insbesondere Telefónica im Fokus dieses Aufrufs, denn der Betreiber hätte die Anforderungen in 13 Bundesländern nicht erreicht. Für die Telekom galt das für Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und das Saarland.

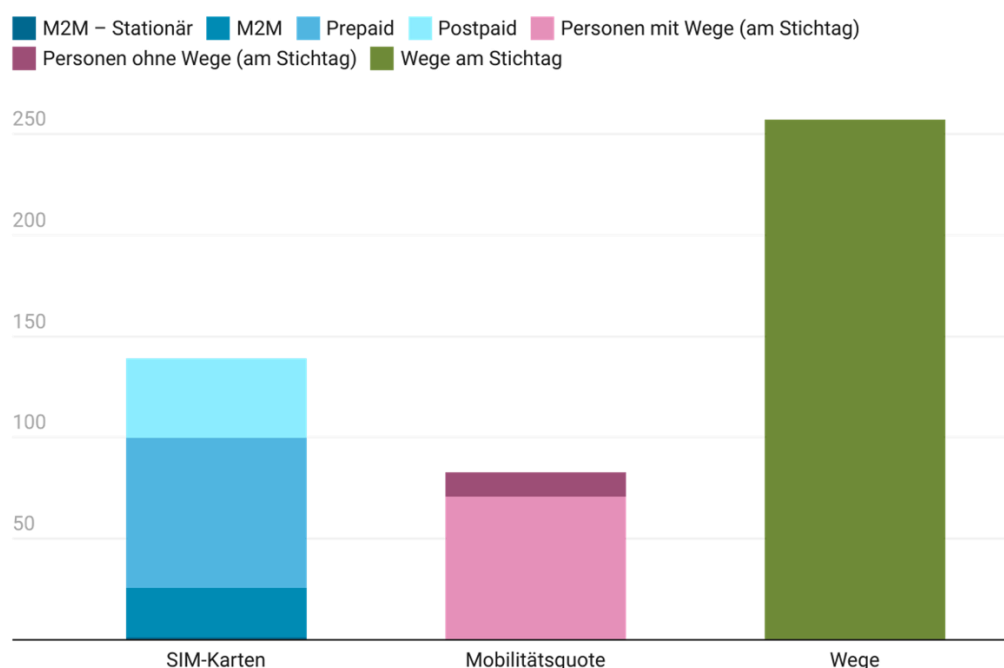
Das Londoner Unternehmen OpenSignal hat die beeindruckende Entwicklung zwischen 2019 und 2020 dokumentiert (Opensignal.com) – ein Datensatz, der auch vom Tagesspiegel aufgegriffen wurde. Jedoch ist den Quellen die Entwicklung der Funkzellendichte nicht zu entnehmen. Die Analyse von OpenCellID-Daten im Rahmen dieser Studie zeigt für die Entwicklung ab 2020 ein uneinheitliches Bild (vgl. Karten 7 - 10 im Anhang). Im Mobilfunk-Netztest 2021 (connect.de) wurden in diesem Kontext aber die Ausbauaktivitäten von Telefónica lobend erwähnt: „Um fast 100 Punkte konnte sich Telefónica gegenüber dem Vorjahr verbessern. Seine offensichtlich großen Anstrengungen bei Ausbau und Konsolidierung seines Netzes tragen überaus sichtbare Früchte (ebenda).“ Letztendlich kann hier nur festgestellt werden, dass es eine hohe Aktivität im Netzausbau gegeben hatte, aber nicht wie, wo und wann. Inwiefern die MND-Bereitsteller auf diese Entwicklungen eingegangen sind, ist unbekannt.

Umrechnungsfaktor zur Mobilität

These 3: *Der Umrechnungsfaktor vom Endgerät zum Menschen ist keine Naturkonstante. MND werden durch SIM-Karten und den dazugehörigen Endgeräten erzeugt. Der Rückschluss einer SIM-Karte auf den Menschen ist aber keine triviale Angelegenheit. Die Gleichsetzung von Bewegungsmustern von SIM-Karten mit der menschlichen Mobilität stellt eine große Vereinfachung dar, so dass eine Datenprozessierung (vgl. These 7) notwendig wird.*

139 Millionen SIM-Karten führt der Tätigkeitsbericht Telekommunikation der Bundesnetzagentur für 2019 auf. Bei etwas über 83 Millionen Einwohnern wird schnell klar: eine Umrechnung ist notwendig. Dabei wird der Anteil von Machine-to-machine-Karten (M2M) auf circa 25 Millionen Stück beziffert. Manche davon sind mobil (z. B. Autos), andere werden in ortsgebundenen Geräten wie Wetterstationen oder Überwachungskameras eingesetzt. Zudem werden eine Million SIM-Karten für den stationären Einsatz aufgeführt, d. h. sie werden für die heimische Internetanbindung oder das WLAN im Büro genutzt. Mit einer jährlichen Zunahme von 2 Millionen SIM-Karten im M2M-Bereich ist der Markt dynamisch, was beim Umgang mit MND berücksichtigt werden muss (vgl. Tabelle 3 im Anhang).

Abbildung 7: Basiskennzahlen Mobilfunk und Mobilität | Angaben in Millionen |
Quellen: Bundesnetzagentur, Destatis, Mid 2017



Es muss weiterhin zwischen mobilem M2M-Einsatz und klassischem Mobilfunkeinsatz unterschieden werden, denn für mobilitätsbezogene Analysen sind Bewegungsmuster des M2M-Einsatzes verfälschend. In vielen Fällen kann die Unter-

scheidung durch den Vertragstyp oder die SIM-Kartentechnologie automatisch erfolgen. Es gibt aber auch einen Graubereich, bei dem die Anbieter über den Nutzungskontext der SIM-Karte nur mutmaßen können, ob eine menschliche Nutzung vorliegt oder nicht.

Die Anbieter nehmen vermutlich bei der Aufbereitung der Daten diese Unterscheidung zwischen Bewegungen von Personen und Objekten vor. Wie genau die Mobilfunkunternehmen sicherstellen, dass nur Bewegungen von Personen registriert werden, bleibt jedoch eine Black-Box. Eindeutige Standards wären notwendig, die für alle Anbieter einheitlich sind und transparent gehandhabt werden. Eine spezifische Marktforschung mit dem Ziel der verbesserten Umrechnung müsste regelmäßig durchgeführt werden.

These 4: *Nur mobil mit Mobile zählt nicht immer. Nicht jede mobile Person ist mit einem Endgerät unterwegs, manche sind es zudem mit mehreren. Der Faktor variiert dabei nach Wegezweck und verändert sich über die Jahre, er muss also angepasst werden. Die Nutzungsintensität von Mobilfunkgeräten wird in den genannten Studien ebenfalls nicht erhoben. Wer nimmt das Smartphone nicht zum Gassi-Gehen mit? Und wer schaltet das Businesshandy auf dem Heimweg ab?*

Es gibt sie vermutlich wirklich noch: Menschen ganz ohne mobile Endgeräte. Doch eindeutig ist diese Gruppe nicht zu beziffern. In der einen Studie wird z. B. nur noch Smartphone-Besitz abgebildet (VuMa 2021, vgl. Tabelle 4 im Anhang); die weitere Durchdringung der restlichen Handys ohne Smartphone-Funktionen spielt schon gar keine Rolle mehr. In einer anderen Studie wird die Durchdringung der Haushalte mit Mobilfunkgeräten beziffert (Destatis.de, Smartphone Nutzung). Hier wird dann tatsächlich ein vernachlässigbarer Anteil an Haushalten ohne Mobilfunkgeräte ausgewiesen und damit eine sehr geringe Anzahl Personen, die nicht in MND repräsentiert sind. Es ist davon auszugehen, dass nur eine kleine Minderheit ohne Geräte unterwegs ist, aber nach den aktuellen öffentlichen Studien zum Thema, kann eine verlässliche Zahl nicht genannt werden.

Auf der anderen Seite gibt es Menschen mit mehreren Endgeräten oder mehreren SIM-Karten in einem Gerät: beispielsweise berufstätige Menschen mit Dienst- und Privathandy und Geeks mit verschiedenartigen mobilen Endgeräten, jedes mit einer eigenen SIM-Karte. Mit knapp 140 Millionen SIM-Karten auf 83 Millionen Einwohner wird deutlich, welchen Einfluss dieser Effekt auf die Aussagekraft der MND haben dürfte (vgl. Tabelle 3 im Anhang). Die Verteilung spiegelt sich dabei sicherlich in den MND wider und könnte dort auch direkt gefiltert werden. Dennoch wäre es auch gut, sie über klassische Marktforschung zu ermitteln, um die Kenntnisse in die Annahmen und Umrechnungsfaktoren einzubinden.

Ist die Verteilung der SIM-Karten auf die Bevölkerung bekannt, bleibt noch immer das Unwissen um den spezifischen Einsatz der Geräte bei bestimmten Wegen und Aktivitäten. Nicht jede Person nimmt beim Spaziergehen das Smartphone mit. In seltenen Fällen ist auch einfach der Akku leer. Oder die Person schaltet aktiv das Gerät aus, um nicht gestört zu werden. Ein möglicher Trend zum „Digital Wellbeing“ kann dieser Fragestellung wieder mehr Gewicht verleihen (Deloitte 2020, Smartphone-Nutzung). Einer aktuellen Studie zufolge steuern fast zwei Drittel der Nutzer ihre Smartphone-Nutzung z. B. durch Ausschalten (27%), den Flugmodus (17%) oder dem Ausschalten der Netzverbindung (10%) (Deloitte 2020, Smartphone-Nutzung).

Problematische Rückkopplungseffekte sind bei einer direkten datenseitigen Bestimmung der Fälle, die in den Thesen 3 und 4 behandelt werden, nicht auszuschließen. Ein gutes Beispiel hierfür ist der datentechnische Umgang von Nicht-Mobilen. Bei der MiD 2017 Erhebung gaben immerhin 15% der Befragten an, am Stichtag nicht außer Haus gewesen zu sein (vgl. Tabelle 8 im Anhang). Werden Nicht-Mobile von vornherein auf Basis der täglichen Nutzung gefiltert, kann ein Zuwachs dieser Gruppe zu einer gegenläufigen Aussage führen. Denn die durchschnittliche Mobilitätsrate kann in einem solchen Fall sogar steigen, wenn die Immobilien ansonsten auch eine unterdurchschnittliche Aktivität aufzeigen – ein

denkbares Szenario, wenn insbesondere Ältere mit eingeschränkter Mobilität aufgrund der höheren Gefährdung während der Pandemie gänzlich zuhause bleiben. Nicht nur in Pandemiezeiten, in denen der häusliche Aufenthalt erwünscht ist, kann die Größe sehr relevante Ausmaße annehmen. Ein unsachgemäßer Umgang in der Mobilitätsdatenerzeugung kann also schnell ein relevanter oder gar bestimmender Faktor des Mobilitätsaufkommens werden.

Deutschland geteilt durch drei

These 5: *Der Anbieterbias führt zu einer intransparenten Korrektur auf Basis von Marktforschungsdaten. Der Kundenstamm der jeweiligen Mobilfunkanbieter ist allein nicht repräsentativ. Eine Hochrechnung erfolgt auf punktuellen Marktforschungserhebungen. Die wenigen Hinweise aus der Literatur sowie die Angaben aus den Experteninterviews bestätigen die These. Es soll hier nicht behauptet werden, dass die Prozessierung durch die Datenlieferanten mangelhaft ist. Es ist vielmehr die Intransparenz, die aktuell zu kritisieren ist.*

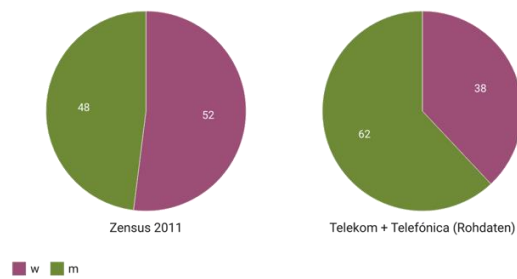
Über die Hochrechnungsmethoden der Anbieter ist im Detail wenig bekannt. Verständlich, da ein Einblick in die Methoden auch sensible Wettbewerbsinformationen enthält. Fest steht, dass bei vielen Vertragskunden auch soziodemographische Merkmale vorliegen, so dass für diesen Kundenanteil eine Hochrechnung durchgeführt werden könnte. Es gibt aber auch einen großen Anteil bei Partnermarken, bei denen keine weiteren Vertragsinformationen vorliegen, die Rückschlüsse über Marktanteile nach spezifischen Merkmalen erlauben. Gleiches gilt für Mobiltelefone, die über Firmen angemeldet sind. An dieser Stelle sind entsprechende Marktforschungserhebungen gefordert.

Laut einer Studie der Europäischen Kommission verwenden manche Anbieter eine Hochrechnungsmethode nach regionalen Marktanteilen auf der Ebene von Postleitzahlengebieten. Die Hochrechnung der Bewegungen erfolgt nach dem Ort des

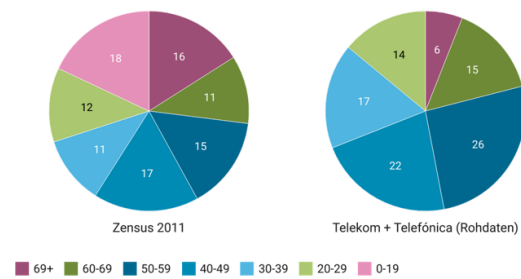
ersten Signals eines mobilen Endgerätes zum Start der Bewegungskette (European Commission 2019). Die zeitliche Betrachtungseinheit ist in der Regel ein Tag. Die Hochrechnung erfolgt für diese Schärfe über die bekannten Randverteilungen: der Anteil der Kundengruppen sowie die Bevölkerungsstruktur. Dies wurde auch im Experteninterview bestätigt (Interview mit ehemaligem Datenanbieter, März 2021).

Abbildung 8 und 9: Soziodemografische Merkmale MND im Vergleich zum Zensus 2011 | Quelle: Destatis, eigene Berechnung

(8) Aufteilung nach Geschlecht



(9) Aufteilung nach Altersgruppen



Demnach werden alle über einen Tag gezählten Aktivitäten eines Mobilfunkgerätes - ergo einer Untersuchungsperson - anhand des Marktanteils der Postleitzahlgebiete der ersten erfassten Aktivität gewichtet. Ob und wie die folgenden Aspekte beim Hochrechnungsprozess wirklich eine Rolle spielen, kann an dieser Stelle aktuell nicht eindeutig bestimmt werden.

Ein weiteres soziodemographisches Merkmal, welches Herausforderungen für die Gewichtung mit sich bringt, ist das Einkommen. Das Einkommen korreliert sehr stark mit dem individuellen Mobilitätsaufwand und der Mobilitätsquote. Entsprechend hätten Verzerrungen potenziell große Auswirkungen auf Mobilitätskennziffern. Es kann festgestellt werden, dass die Preisstruktur der Telefónica-Produkte überproportional besonders preissensible Zielgruppen ansprechen. Die Preissensibilität zeigt sich zum einen in der Struktur der Zweit- und Partnermarken, zum

anderen in dem hohen Anteil von Prepaid-Kunden. So wird im Geschäftsbericht der Telefónica AG erwähnt, dass „die solide Kundenentwicklung im Jahr 2020 mit einem Nettozuwachs von 448.000 Mobilfunkanschlüssen (...) durch die starke Zugkraft des O2 free Portfolios“ getrieben wurde. Die Partnermarken „Aldi Talk“, „NettoKOM“ und „Media Markt Super Select“ sprechen diese preissensiblen Gruppen an (vgl. Tabelle 4 im Anhang). Der durchschnittliche Erlös pro Kunde ist entsprechend bei Telefónica um 20% geringer als bei Vodafone, womit sich die höhere Preissensibilität der Telefónica-Kunden auch statistisch widerspiegelt (Telefónica 2021). Höheres Einkommen korreliert mit höherer Mobilität (Schönduwe 2017), entsprechend wäre in diesem Fall von einer Verzerrung der Telefónica-Daten auszugehen. Auch international ist das ein Thema: an dem Institut „Research on Complex Systems“ der Humboldt Universität sieht eine aktuelle Studie zusammen mit UNICEF hierzu eine weltweite MND-Datenanalyse vor. Thema ist die Repräsentativität von Mobilfunkdaten und die Herausforderung passiv erzeugter Datensätze im Hinblick auf die Segmentierung von Nutzergruppen. Das Einkommen dient dabei als Proxy-Variable für die Datenmenge (Interview mit Datenanwender, April 2021). Mit anderen Worten: wohlhabendere Menschen erzeugen vermutlich dichtere Datenspuren als ärmere.

Weitere relevante Merkmale sind das Geschlecht und die Altersstruktur. Eine 1:1-Abbildung der Bevölkerungszusammensetzung im Hinblick auf das Geschlecht sowie Altersgruppen unter den Mobilfunkverträgen ist kaum zu erwarten. Allein schon die fehlende Möglichkeit für Kinder und Jugendliche, bis zu einem Alter von 18 einen Mobilfunkvertrag ohne Zustimmung der Sorgeberechtigten einzugehen, verdeutlicht das. Auch ist eine Unterrepräsentanz bei den Alterskohorten über 69 Jahren angesichts der geringeren Mobilfunkdurchsetzung nicht überraschend. Junge Senioren (60 – 69 Jahren) und junge Erwachsenen (20 – 29 Jahren) verzeichnen hingegen leicht höhere Anteile unter den Vertragskunden, Personen zwischen 30 und 60 Jahren sogar sehr deutlich. Auch bei den Geschlechtern finden sich of-

fensichtliche Verschiebungen, männliche Personen machen die deutliche Mehrheit der Vertragskunden aus. Das ergeben zumindest die Kennzahlen der Destatis-Untersuchung zum Strukturvergleich der Mobilfunkdaten nach mobilen Aktivitäten und soziodemografischen Merkmalen (Destatis.de, Strukturvergleich).

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal eines Mobilfunkangebots ist die Netzabdeckung. Da diese sich je nach Anbieter regional unterscheidet, sind auch deutliche regionale Verschiebungen bei der Marktaufteilung zu erwarten. Insbesondere die Netzabdeckung des Telefónica-Mobilfunknetzes führt zu einer regional schiefen Verteilung des Kundenstamms. Diese These ist von den ersten beiden Thesen zu unterscheiden. Während hier die Anzahl und Verteilung der Kunden adressiert werden, beziehen sich die vorherigen Aussagen auf die Qualität der erhobenen Daten. Es werden also zwei Effekte erzeugt: zum einen ist die Datenqualität in Gegenden mit einer geringeren Netzabdeckung eine andere, zum anderen gibt es Verschiebungen in den Marktanteilen und damit in den Stichproben der jeweiligen Netzbetreiber.

In Gegenden, in denen die Telefónica-Netzabdeckung gefühlt oder tatsächlich schlechter ist als die Netzabdeckung der Konkurrenz, werden sich auch weniger Personen für Telefónica-Produkte entscheiden. Mit Konsequenzen für die Datenqualität in ländlichen Räumen: denn hier wird ein dünnes Aufkommen durch eine dünne Stichprobe nochmals abgeschwächt. Diese regionale Schiefelage findet sich auch in Form einer Zielformulierung im Telefónica-Geschäftsbericht wieder: „... wollen wir zusätzliche Kunden in ländlichen Gebieten gewinnen und unsere Marktführerschaft in Städten sichern.“

Ein Ausgleich durch die anbieterinternen Hochrechnungen kann angenommen werden. Doch die Qualität dieses Ausgleichs ist ohne eine Transparenz der Prozesse nicht nachvollziehbar. So stellte ein Bericht der Europäischen Kommission

2019 fest, dass bei der Telekom die Aufkommensraten in urbanen Räumen systematisch unterschätzt, wohingegen ländliche Räume systematisch überschätzt werden (European Commission 2019). In der räumlichen Verteilung stellt das förmlich das Gegenstück von Telefónicas Gipsabdruck der Kundenverteilung dar. Eine Interpretation von weiteren Stadt-Land-Effekten wie dem Nahmobilitätsanteil, der Wirkung der Funkzellengrößen oder eventueller Verhaltensänderungen während der Pandemie werden somit bei beiden Datenanbietern erschwert.

Ein weiterer Aspekt zum Kundenstamm der Anbieter: Spielt es eigentlich eine Rolle, dass die Mobilität von Touristen und geschäftlich in Deutschland mobilen Ausländern durch deutsche Mobilfunkverträge nicht berücksichtigt werden? Laut Fachliteratur ist das zumindest in Bezug auf die Gesamtfahrleistung zu vernachlässigen. Es existiert ein „Exportüberschuss“ von Personenverkehr durch Inländer ins Ausland, gleichzeitig existiert jedoch ein „Importüberschuss“ von Güterverkehr aus dem Ausland nach Deutschland. Beide Überschüsse nehmen ähnliche Größenordnungen an (BAST 2002). Eine Unterscheidung von Inländermobilität und Inlandsmobilität ist demnach also nicht notwendig. Andererseits wäre es datentechnisch möglich, Rohdaten von Roaming-Teilnehmern aus den Netzdaten zu extrahieren (European Commission 2019).

Letztendlich ist die Repräsentativität von MND im zeitlichen Verlauf nicht statisch. Zumindest im direkten Jahresvergleich ist jedoch der Faktor der Marktentwicklung eher nicht relevant. So wuchs bspw. die Anzahl ausgegebener SIM-Karten der Telefónica von 2019 auf 2020 um ca. 448.000 und damit nur um ca. 1% (Mobilfunkanschlüsse 2019: 43,8 Mio. / 2020: 44,3 Mio.). Eine Abweichung der Mobilitätskennzahlen sollte bei gleicher Verteilung der Personen sehr gering ausfallen. Bei längeren Zeitreihen sollten jedoch Änderungen im Kundenstamm der jeweiligen Anbieter berücksichtigt werden.

Definition, Anonymisierung, Gewichtung, Hochrechnung und Modellierung

These 6: *Mobilität kann in Minuten und Kilometern gemessen werden. Für die Definition eines Weges ist jedoch letztlich der Zweck einer Ortsveränderung relevant. Diese Intentionen können in MND nicht direkt gemessen werden. So wird ein direkter Abgleich mit wegebasierten Befragungsdaten z. B. der MiD unmöglich. Dennoch werden genau diese Angaben genutzt, um die MND-Bewegungen, die über Kennwerte wie Aufenthaltsdauer in Minuten oder Richtungswechsel in Grad definiert werden, zu kalibrieren. Der Umgang mit der Wegedefinition ist auch einer der wesentlichen Unterschiede zwischen der deskriptiven Darstellung von MND und derer Einbindung in Verkehrsmodellen.*

Die Definition der MND-Bewegungen ist einerseits hochtechnisch, andererseits erfolgt eine Kalibrierung an klassischen Wegedatensätzen. Diese erfassen aber vielmehr eine subjektive Wahrnehmung von Wegen, die auf individuelle Aktivitäten bezogen werden – dem vermeintlichen Wegezweck. Eine technisch hergeleitete Bewegungsdefinition wird hierbei bspw. an der Wegehäufigkeit in der MiD ausgerichtet und damit an einem Phänomen, welches in der MND gar nicht darstellbar ist. Deutlich wird diese Aussage anhand des Beispiels der Bestimmung von Aufenthalten und Wegen in MND. Anhand eines zeitlichen Schwellenwerts für Aufenthalte werden die in MND erfassten Gesamtbewegungen in einzelne Abschnitte unterteilt. Der Schwellenwert wird beispielsweise bei den von Teralytics aufbereiteten Telefónica- und Telekom-MND auf eine halbe Stunde angesetzt (Destatis.de, Mobilfunkdaten). Wege für kürzere Aktivitäten fallen aus dem Erkennungsraster heraus. Diese Wege spielen allerdings bei der MiD eine bedeutsame Rolle. Solch ein Weg kann der morgendliche Gang zum Bäcker oder das Abholen des Partners am nächsten Fernbahnhof sein, der nun nicht in den MND-Daten erfasst wird. Sollten nun die räumlichen Kennwerte an den Wegehäufigkeiten pro Person und Tag kalibriert werden, wird eine weitere Schiefelage in den Daten erzeugt.

Richtiger wäre es, die Wegedaten entsprechend der Bewegungsdefinition zu filtern oder in den jeweiligen Rohdaten nach ähnlichen Bewegungspaaren zu suchen. Das zweite Verfahren wird von dem Datendienstleister Senozon durchgeführt. Ob in anderen Fällen eine Aufbereitung der MiD-Erhebungsrohdaten entsprechend der technischen Definition von MND-Bewegungen erfolgt und wie sie bei einer denkbaren Kalibrierung eingesetzt wird, ist unbekannt.

These 7: *Die Datenprozessierung unter Geheimhaltung erschwert die Interpretier- und Vergleichbarkeit. Die Datenverarbeitung ist je nach Mobilfunkanbieter sowie wertendem Datendienstleister unterschiedlich, sie unterliegt aber aufgrund des Wettbewerbs der Geheimhaltung und ist in der Regel somit nicht einsehbar.*

Die beschriebenen Herausforderungen mit MND bedingen, dass Aufbereitungs- und Modellierungsprozesse durchgeführt werden. Wie werden die genannten Verzerrungen mittels Modellierung ausgeglichen? Welche Annahmen wurden getroffen? Letztendlich besteht anwenderseitig der Bedarf nach einer Beschreibung der „Black Box“, nämlich Gewichtung, Hochrechnung und Modellierung. Typischerweise werden diese in Ansätzen bei den Vorabsprachen zum Erwerb von MND besprochen, weitere Hinweise finden sich dann im ‘Beipackzettel’ zu den Daten. Jedoch sind diese Informationen oftmals sehr rudimentär und betreffen z.B. nur die in These 6 behandelten Definitionen der Bewegungsbestimmung oder übergeordnete Informationen zur Berechnung der Durchschnittswerte (z. B. ausgewählte Zeiträume, Wochentage und Tage im Jahr). Die Funktionsweise dieser Verfahren sollte öffentlich oder zumindest für die Projektbearbeiter dokumentiert sein, um die Datenqualität einschätzen zu können. In den Interviews wurde auf Fälle hingewiesen, bei denen die Auswertung nicht angegangen wurde, weil die Auswirkungen der Datenprozessierung auf die Ergebnisqualität unklar blieben (Interview mit Datenanwender, April 2021). Der Verzicht auf die Nutzung von MND bedeutet an dieser Stelle auch für den Datenanbietern einen Nachteil, da somit potenzielle Anwendungsfelder ausgeschlossen werden.

These 8: *Die Anonymisierung vernichtet relevante Informationen. Die Anonymisierung von Kundendaten erfordert eine Aggregation auf Basis bestimmter k-Anonymitäts-Vorgaben. Dabei ist es insbesondere im ländlichen Raum denkbar, dass Bewegungsströme nur unzureichend erfasst werden. Diese These hat insbesondere dann Auswirkungen, wenn kleinräumige Analysen durchgeführt werden sollen.*

Mobilfunkdaten unterliegen aus gutem Grund einer strengen Regulierung und müssen komplexe Anonymisierungsverfahren durchlaufen. Dabei kann die Anonymisierung durch Aggregation und Löschung erfolgen oder Daten gleich gänzlich verfremdet werden, so dass nur die Eigenschaften der MND übertragen werden. Gängig sind Aggregationen, bei denen eine sogenannte k-Anonymitäts-Vorgabe berücksichtigt wird. Bei der k-Anonymisierung werden Quasi-Identifikatoren zu Äquivalenzklassen zusammengefasst. Die Mindestanzahl einzelner Personen in einer Äquivalenzklasse wird durch den k-Wert angegeben. Im MND-Bereich liegt der k-Wert üblicherweise bei fünf. Das heißt, nach der Generalisierung müssen in allen Äquivalenzklassen mindestens fünf Personen enthalten sein.

Im ersten Schritt der Anonymisierung werden alle personenbeziehbaren Merkmale gelöscht (z. B. Telefonnummern) oder kategorisiert (z. B. Vertragsdaten zum Alter in Alterskategorien) sowie weitere Werte leicht verfälscht (Telefonica.de). Das Zusammenspiel mit den Netzbetreibern wird zudem technisch und organisatorisch (z. B. über Datenüberlassungsverträge) geregelt. Bei Teralytics und Telefónica erfolgt das technische Zusammenspiel durch eine 'Data Anonymization Platform' (DAP), die von Telefónica in Abstimmung mit dem Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI) entwickelt wurde (Destatis.de, Mobilitätsindikatoren). Auch der Prozess beim ehemaligen Anbieter Motionlogic war mit dem BfDI abgestimmt (Web.archive.org).

Bei Teralytics werden die MND von Telefónica wie oben beschrieben gruppiert, so dass eine gewisse Mindestanzahl von Mobilfunkgeräten repräsentiert wird. Diese

Mindestanzahl liegt bei Teralytics bei fünf. Das führt dazu, dass eine Quelle-Ziel-Relation zu einer bestimmten Uhrzeit nur in den Daten auftaucht, wenn fünf unterschiedliche Geräte-IDs diese bestimmte Quell-Ziel-Bewegung vollziehen. Bewegungen unterhalb dieser Hürde werden aus Datenschutzgründen aus dem Datensatz entfernt (Destatis.de, Mobilitätsindikatoren).

Da bei der feinen räumlichen Aufteilung der Funkzellen schnell viele kombinatorische Möglichkeiten vorliegen, muss eine gelungene Abwägung zwischen dieser räumlichen Aufteilung und datenschutzbedingter Aggregation erfolgen, um nur einen relativ kleinen Anteil des Gesamtaufkommens durch die Löschung von ‚ungewöhnlichen‘ Relationen zu verlieren. Dabei ist es insbesondere im ländlichen Raum denkbar, dass Bewegungsströme nur unzureichend erfasst werden. In jedem Fall ist es wichtig, diesen wegfallenden Anteil der Relationen im absoluten und relativen Ausmaß für die jeweiligen Datensätze zu kennen, um die Bedeutung der Anonymisierung für die Aussagequalität der Daten einzustufen.

Den Informationen des mittlerweile geschlossenen Telekom-Tochterunternehmens Motionlogic⁹ nach (Web.archive.org) erfolgte die Aggregation nach sozio-demografischen Merkmalen und Postleitzahlgebieten. Überstieg die Gruppe einer „gesetzlich vorgegebenen Mindestgröße“, wurden die Daten auf dieser Ebene aggregiert. Es ist zu vermuten, dass eine weitere Aggregation der Bewegungen dieser Gruppen dann auf einer bestimmten Raum- und Zeitebene durchgeführt wurde. Der Informationsverlust betrifft an dieser Stelle seltene Kombinationen von sozio-demografischen Merkmalen und PLZ-Gebieten. Bei einer einfachen Differenzie-

⁹ Es ist davon auszugehen, dass die aktuell von der Telekom bereitgestellten Daten dieselbe Prozedur durchlaufen.

nung nach groben Altersgruppen und dem Geschlecht dürfte dieser Verlust vernachlässigbar klein sein, aber auch hier gilt es, den Verlust für die jeweiligen Datensätze transparent zu halten.

Als Beispiel für eine Verfremdung der MND kann die Verwendung als Eingangsdatsatz bei der Verkehrsmodellierung gelten. So verwendet Senozon für die Hochrechnung eine agentenbasierte Modellierung¹⁰, die eine räumliche Nachfrageverteilung über detaillierte Geodaten ermöglicht, und passt mit Mobilitätsnachfragedaten wesentliche Parameter dieser Modelle an. Hierzu werden die MND mit weiteren Mobilitätsnachfragedaten¹¹ nach ähnlichen Bewegungspaaren durchsucht, so dass eine weitere Quantifizierung der Mobilitätsnachfragedaten für Raum- und Zeiteinheiten über die MND erfolgen kann. Die MND sind somit ganz wesentlich für die Ergebnisse der Modellierung, sind aber im Einzelnen nicht in den Ergebnisdatsätzen wiederzufinden.

These 9: *Die veränderliche Datenprozessierung ohne Track-Record führt zu Fehlschlüssen. Die Aufbereitungsprozesse von MND unterliegen fortlaufend Anpassungen und Verbesserungen, die in Zeitreihenvergleichen nicht immer einheitlich sind. Aufgrund der rechenintensiven Datenprozessierung ist es sicherlich nicht wirtschaftlich, jede Änderung in der Aufbereitung auch auf vergangene Datensätze anzuwenden. Vielmehr wird eine solche Nachverbesserung nur dort durchgeführt, wo Abweichungen auffällig werden. Das ist eine mögliche Quelle für Fehlinterpretationen, die durch eine offene Kommunikation der Versionierung besser eingegrenzt werden könnte.*

Mehrjährige Vergleiche sollten auf identischen Aufbereitungsprozessen basieren. Es wird davon ausgegangen, dass dies mit Blick auf die OVID-19-Analysen aktuell

¹⁰ auf Basis der Verkehrsmodellierungssoftware MATSim

¹¹ z. B. den Webeangaben der MiD 2017

nicht der Fall ist. Insbesondere die Machbarkeitsstudien der Destatis müssen in diesem Zusammenhang erwähnt werden. In der EXDAT-Dokumentation wird eine entsprechende Änderung dokumentiert. Hier wird erläutert, wie der Anbieter Teralytics den Hochrechnungsalgorithmus für die Auswertung angepasst hatte. Grund waren räumliche Verzerrungen durch eine laut Destatis falsche Konfiguration der Extrapolationsfaktoren, was auch „vormals veröffentlichte Daten systematisch verzerrt“. Die Neuberechnung aller historischen Daten wurden durchgeführt und am 12. April als korrigierte Daten im öffentlichen Auftritt verwendet (Destatis.de, Mobilfunkdaten).

Auch beim RKI wird eine Anpassung erwähnt. Dort geht es um den Vergleichszeitraum für die einzelnen Monate der Pandemiezeit in den Jahren 2020 und 2021. Zu Beginn der Analysen wurde der Benchmark aus „einer Durchschnittswoche aus dem März 2019“ gebildet (covid-19-mobility.org, Update zur Berechnung). Abweichungen wurden zu den jeweiligen Wochentagen der Durchschnittswoche gebildet. Im späteren Verlauf wurden monatsbasierte Durchschnittswerte der einzelnen Wochentage genutzt. Die Änderungen wurden in einem eigenen Report im Oktober 2020 dargestellt. Sie dokumentieren dabei Korrekturen der Veränderungsraten, die insbesondere im Juni und September zu Anpassungen hin zu niedrigeren Werten führten.

Die Beispiele zeigen einen guten Umgang mit der Thematik, indem Veränderungen grob und Korrekturdaten genau beschrieben worden sind. Werden die Angaben der Webseiten nun z. B. mit älteren Angaben aus den Printmedien verglichen, wird es jedoch schwer, die Veränderungen im Auge zu behalten. Insbesondere von Seiten der Datenlieferanten und -dienstleister fehlt eine öffentliche Versionsdokumentation der Berechnungsalgorithmen, mit denen Dritte auch für vergangene Arbeiten weiterführende Informationen über die verwendeten Versionen erhalten können.

Mobilitätsdatensynopse

Wie kann nun mit diesen Einschränkungen umgegangen werden? Sicherlich ist der Vergleich mit weiteren Mobilitätsnachfragedaten eine sinnvolle Möglichkeit. Die Gegenüberstellung von Mobilitätsnachfragedaten ist einfacher denn je, denn die Verfügbarkeit umfassender Datensätze ist gestiegen. Die Black-Box Mobilität wird aus verschiedenen Winkeln beleuchtet. Die gleichzeitige Betrachtung durch Verwendung von zwei oder mehr unterschiedlichen Nachfragedatensätzen wird so in Zukunft zunehmend einfacher und ökonomischer werden. Das ist aus unserer Sicht einer der zentralen Handlungsempfehlungen aus den Erfahrungen mit Mobilitätsmonitoren aus der Pandemiezeit (vgl. Empfehlung 3). Die folgende Synopse der verschiedenen Mobilitätsnachfragedaten und Verkehrsaufkommensdaten kann in der Projektplanung dabei helfen, den richtigen Datenmix zu finden.

Mobilitätserhebungen: Zu den klassischen Datenquellen der Mobilitätsnachfrage gehören die umfangreichen Erhebungen auf nationaler Ebene. Typischerweise erfolgen diese Erhebungen über eine klassische Befragung, die entsprechend der Interviewmodi in „Paper and pencil interview“ (PAPI), als „Computer assisted telephone interview“ (CATI) oder „Computer assisted web interview“ (CAWI) gegliedert werden. Weitere wichtige Merkmale, nach denen sich die Erhebungen unterscheiden, sind das Erhebungsintervall, die Teilnehmerzahl, der Umfang der erfassten Mobilität, die Feldzeit, das Erhebungsgebiet sowie die Aktualität der aufbereiteten Datensätze. Als wichtigste Mobilitätserhebungen gelten dabei die Studien „Mobilität in Deutschland“ (MiD), „Mobilität in Städten“ (SrV) sowie das „Deutsche Mobilitätspanel“ (MOP) (vgl. Lanzendorf und Schönduwe 2018). Für die MiD werden alle sechs bis zehn Jahre circa 300.000 Personen zu ihrer Mobilität am Stichtag befragt. Für die bundesweite Erhebung wird ein Jahr benötigt, die Aufbereitung erfolgt in den folgenden zwei Jahren. Die SrV ist mit einem Erhebungsintervall von fünf Jahren etwas enger getaktet. Etwa 120.000 Personen werden ebenfalls zu einem Tag ihrer Mobilität befragt. Die Erhebung wurde zuletzt in 75 deutschen Städte durchgeführt und benötigt für Erhebung und Aufbereitung eine ähnliche

Zeitdauer wie die MiD. Das MOP findet im jährlichen Turnus statt, umfasst dafür lediglich 3.500 Personen. Im Gegensatz zu den anderen beiden Erhebungen wird die Mobilität einer gesamten Woche betrachtet, zudem ist die Erhebung als rollierendes Panel angelegt. Das bedeutet, dass dieselben Haushalte für einen Zeitraum von drei Jahren befragt werden. Die Erhebungen finden innerhalb von zwei Monaten statt und die Aufbereitung liegt nach einem Jahr vor. Neben der Verwendung repräsentativer Stichproben liegen die Vorteile dieser klassischen Erhebungsmethoden vor allem in der Auflösung bezüglich qualitativer Merkmale. Reichhaltigere und detailliertere Informationen zur individuellen Mobilität finden sich in keinem der weiteren Datensätze. Die größten Nachteile dieser Erhebungsmethode sind die langen Zeiträume zwischen den Erhebungen sowie der relativ geringe Stichprobenumfang. Auch die spezifischen Ausprägungen der Mobilitätsangaben leiden durch die z. T. ungenauen oder falschen Angaben der Interviewten. Eine begrenzte räumliche und zeitliche Aussagekraft der Wegeangaben ist die Folge. Auch wenn diese Form der Momentaufnahme der Mobilität sehr zeitaufwändig ist, so ist sie aber letztendlich für viele Aussagen der Standardverweis und somit oftmals unentbehrlich.

Smartphone-Trackingerhebungen: Smarte Devices, mobile Datenübertragung und GPS, diese drei Zutaten bilden seit Mitte der 2000er-Jahre die Grundlage für unzählige neue Anwendungen – und sie bilden auch die Basis für eine Erhebungsmethode, die Mobilitätsdaten in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung verspricht und dabei auch vielfältige Möglichkeiten zur Anreicherung der erhobenen Daten bietet. „Smart“ werden die Devices durch eine Vielzahl von Sensoren, die dem mobilen Begleiter einen ausgefeilten Spürsinn und einen hervorragenden Gleichgewichts- und Positionssinn verleihen. Mittels GPS-, WLAN- oder Bluetooth-Sensoren wird die Position der Smartphones erkannt. Sensoren wie Barometer, Beschleunigungssensoren und Magnetometer erlauben es zusätzlich, das genutzte Verkehrsmittel zu bestimmen. In einer aktuellen Marktübersicht zählen Pronello und Kumawat (2021) 81 Smartphone-Apps, die für die Datenerhebung eingesetzt

werden. Die meisten dieser Anwendungen entstammen Forschungs- und Entwicklungsprojekten und sind nicht auf Dauerhaftigkeit und Nutzerfreundlichkeit angelegt. Oft wird die Entwicklung mit dem Ende der Projektfinanzierung eingestellt. In den letzten Jahren etablierten sich jedoch einige Firmen, die smartphone-basierte Trackinganwendungen als marktreife Produkte anbieten und diese bspw. gemeinsam mit Marktforschungsunternehmen einsetzen. Die Vorteile dieser Erhebungsmethode liegen in der hohen zeitlichen und räumlichen Genauigkeit und im passiven Charakter der Erhebung. Mit den Tools kann die Mobilität auf der Ebene von Etappen erhoben werden und somit können für die aktuelle Verkehrsplanung wichtige Phänomene wie Inter- und Multimodalität abgebildet werden. Zudem erlauben diese Tools einen ganz neuen Blick auf den Fuß- und Radverkehr, der in traditionellen Erhebungen meist unterbelichtet ist. Nachteile sind vor allem in den meist kleinen Stichproben und der Verwendung von Convenience-Samples zu sehen.

Offizielle Statistiken: Periodisch erfasste Daten der amtlichen Statistik können indirekt auch zu weiteren Informationen der Verkehrsnachfrage führen. So führen die Daten der Bundesagentur für Arbeit (BfA) sowohl den Wohn- wie auch den Arbeitsort – oder zumindest die Angaben, die in diesem Kontext gemeldet wurden. Übergeordnete Pendlerbeziehungen können mit dieser Grundlage abgeleitet werden. Im Falle der BfA werden die Pendlerdaten auf Kreis- und Gemeindeebene zum Download angeboten. Eine weitere Information, die über amtliche Statistiken gewonnen werden kann, sind Informationen zur Binnenwanderung, die Hinweise über Aktionsräume und die entsprechende Mobilitätsnachfrage geben können. Die Vorteile liegen auf der Hand: solche amtlichen Angaben entsprechen de facto einer Vollerhebung und decken das gesamte Land ab. Die Aggregation auf administrative Einheiten führt jedoch insbesondere bei Großstädten zu Nachteilen. Auch die Aussagekraft ist begrenzt, denn ob die Pendelbeziehung zu täglichen oder wöchentlichen Wegen führt, ist genauso unbekannt wie der tatsächliche Einsatzort der Arbeit. Letztendlich werden zudem nur Teilaspekte der

Mobilität berücksichtigt. So nehmen die Pendlerwege am Gesamtvolumen der Wege laut Mobilitätserhebungen nur eine nachgeordnete Stellung ein (MiD 2017).

Manuelle Verkehrserhebungen: Das Bild von Personen in neonfarbenen Westen am Straßenrand oder an der Kreuzungsecke, bewaffnet mit Papierbogen und Stift, ist vielen Menschen bekannt. Das manuelle Zählen legt das Augenmerk auf die verkehrlichen Auswirkungen der Mobilität: das Verkehrsaufkommen. Die punktuelle Erhebung der Verkehrssituation dient zur Vorbereitung von konkreten Planungsprozessen oder der Planung im Zusammenhang mit der Beseitigung von Unfallschwerpunkten. Beispiele sind die Erhebung der Radverkehrsstärken im Zusammenhang mit der Einrichtung von Busspuren oder die Erfassung von abbiegenden Fahrzeugen bei der Planung von Lichtsignalanlagen. Typischerweise wird als erhobene Kennzahl das Verkehrsaufkommen nach Verkehrsträger erfasst. Die Differenzierung der Verkehrsdichte erfolgt pro Straße und Richtung oder unter der Berücksichtigung der Abbiegebeziehungen. In manchen Fällen werden die Verkehrsteilnehmer zu den Quellen und Zielen ihrer Wege befragt, oder es werden Teile des Nummernschildes erfasst, um Rückschlüsse zu Fahrrouten im Nahbereich zu ermöglichen. Zwar ist diese Erfassungsform im Einsatz sehr flexibel, um z.B. sehr spezifische Aspekte einer räumlichen Situation zu erfassen, jedoch fehlt aufgrund der Personalintensität die Möglichkeit zur Skalierung. Auch die Punktualität der Erfassung – sowohl räumlich wie auch zeitlich – ist ein Nachteil dieser Methode.

Automatische Verkehrserhebungen: Das technologische Pendant zu den manuellen Erhebungen ist die automatische Erfassung mittels induktiver Schleifendetektoren, Infrarot-Sensorik, Radar-Sensoren oder Videoaufzeichnungen mit automatischer Bilderkennung. Solche Lösungen werden als strategische Detektoren für das Verkehrsmanagement eingesetzt oder dienen dem Einsatz für die Steuerung von Verkehrssignalen, können aber auch für spezifische Fragestellungen tempo-

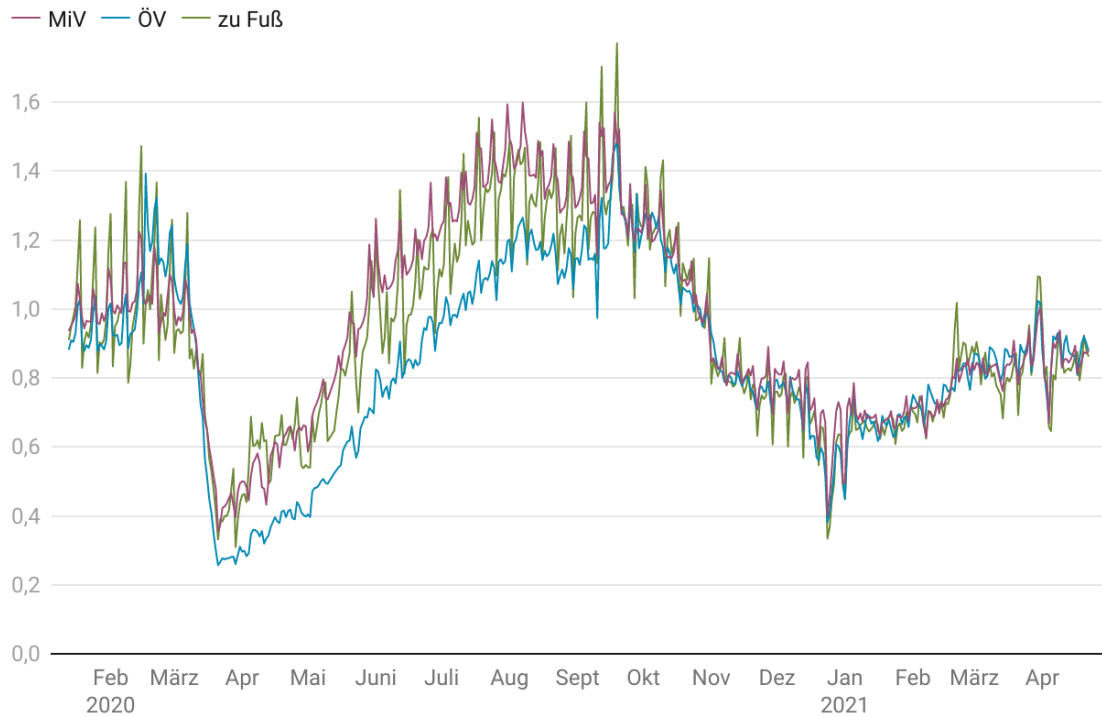
rär installiert werden. Die erfassten Kennzahlen reichen vom Verkehrsaufkommen und -intensität zu durchschnittlichen Geschwindigkeiten und Spitzengeschwindigkeiten. Es können Stauinformation, Belegungszeiten von öffentlichen oder teilöffentlichen Parkplätzen durchgeführt sowie die Aufteilung nach Fahrzeugklassen vorgenommen werden. Die Vorteile liegen in der Verankerung der Methodik: die über 60 Jahre alten Verfahren verwenden geprüfte und kalibrierte Technik im fortlaufenden Praxiseinsatz. Die Aufbereitung und Verwendung der Daten unterliegen genauen Verarbeitungsrichtlinien. Andererseits erfasst diese Methode, ähnlich wie die manuelle Verkehrszählung, lediglich die verkehrlichen Auswirkungen der Mobilität, aber nicht die Intention der Verkehrsteilnehmer. Zudem sind die Daten meist punktbezogen. Zwar ermöglichen manche Erfassungsformen z. T. auch eine Aufbereitung für Quell-Ziel-Daten, in der Regel werden diese durch eine weitere Verkehrsmodellierung erzeugt, bei der die Zähl-daten zur Kalibrierung dienen können.

Automatische Fahrgastzählungen: Bei Betreibern und Verbänden des öffentlichen Verkehrs spielen die automatischen Fahrgastzähl-systeme (AFZS) eine immer stärker werdende Bedeutung. Denn die Systeme, die in den Fahrzeugen verbaut werden, sind zunehmend in den Flotten verfügbar. Die meist optischen Anlagen erfassen dabei in der Regel Ein- und Ausstiegsvorgänge und können so über das Fahrgastvolumen im Streckenverlauf Auskunft geben. Die Einsatzplanung berücksichtigt dabei die Rotation der Fahrzeuge mit Zähl-anlagen, um eine möglichst repräsentative Erfassung zu ermöglichen. Die Vorteile liegen in der sehr hohen Genauigkeit der Erfassung (zumindest nach Herstellerangaben) sowie der kontinuierlichen zeitlichen Dimension, die jedoch bei einer unvollständigen Flottenaus-rüstung durch die Rotation relativiert wird.

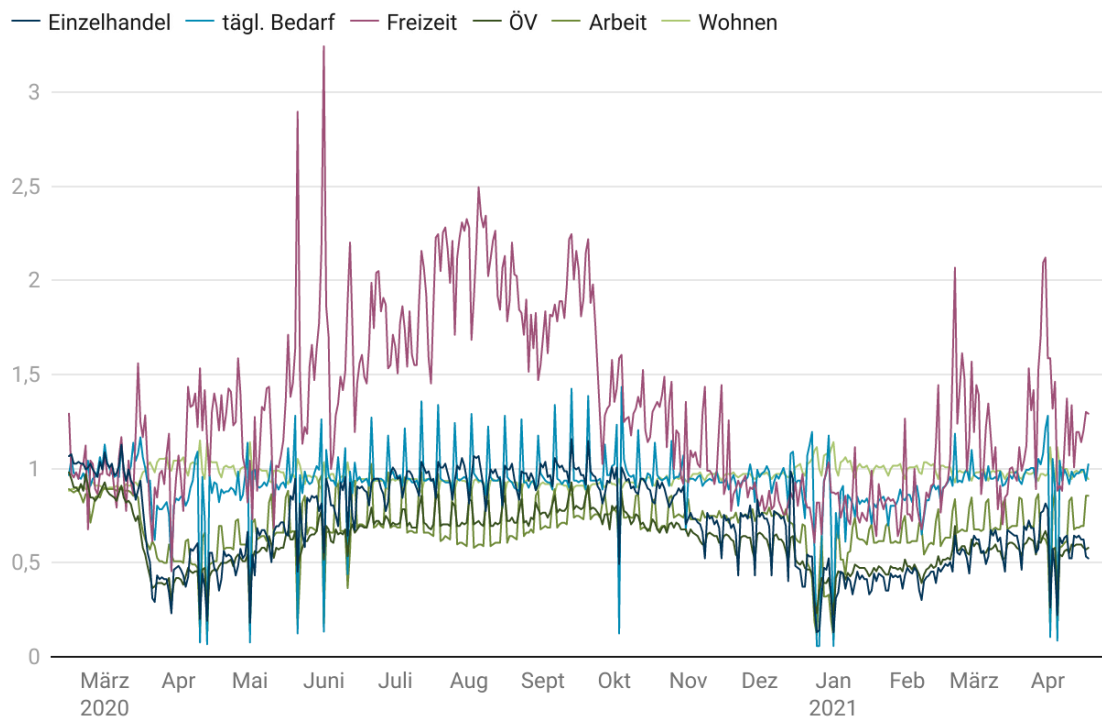
Betriebsdaten der Mobilitätsbetreiber: Für Mobilitätsbetreiber sind auch Vertriebsdaten eine wichtige Möglichkeit, Mobilitätsnachfrage zu erfassen. Das sind z. B. die Ticketverkäufe im ÖV oder die Buchungsdaten im Bereich der Shared Mobility. Nicht selten enthalten diese Daten auch räumliche Informationen z. B. über die Quell- und Zielzelle bei einem Zonentarif oder Ausleih- und Rückgabestandort bei stationsungebunden Leihradsystemen. Bei den Buchungsdaten der Sharing-Anbieter sind zudem genaue Informationen über den Zeitpunkt der Nutzung vorhanden, wohingegen bei vielen Fahrscheinarten der Kaufzeitpunkt exakt bekannt sein kann, aber der Nutzungszeitpunkt ungenau bleibt. Die Einschränkungen der räumlich-zeitlichen Aussagekraft ist neben der Frage der Hochrechnung über alle Tarife sowie der proprietären Verfügbarkeit die wesentliche Schwäche dieser Datenquelle. Wenn aber eine gewisse Sicherheit im Umgang mit diesen Schwächen vorliegt, können Umfang und Repräsentativität voll ausgespielt werden.

Abbildungen 10 – 11: Entwicklung von Mobilitätsindikatoren | Quelle: eigene Normierung auf Basis von Apple und Google

(10) Apple Routingabfragen



(11) Google Aktivitätsdaten



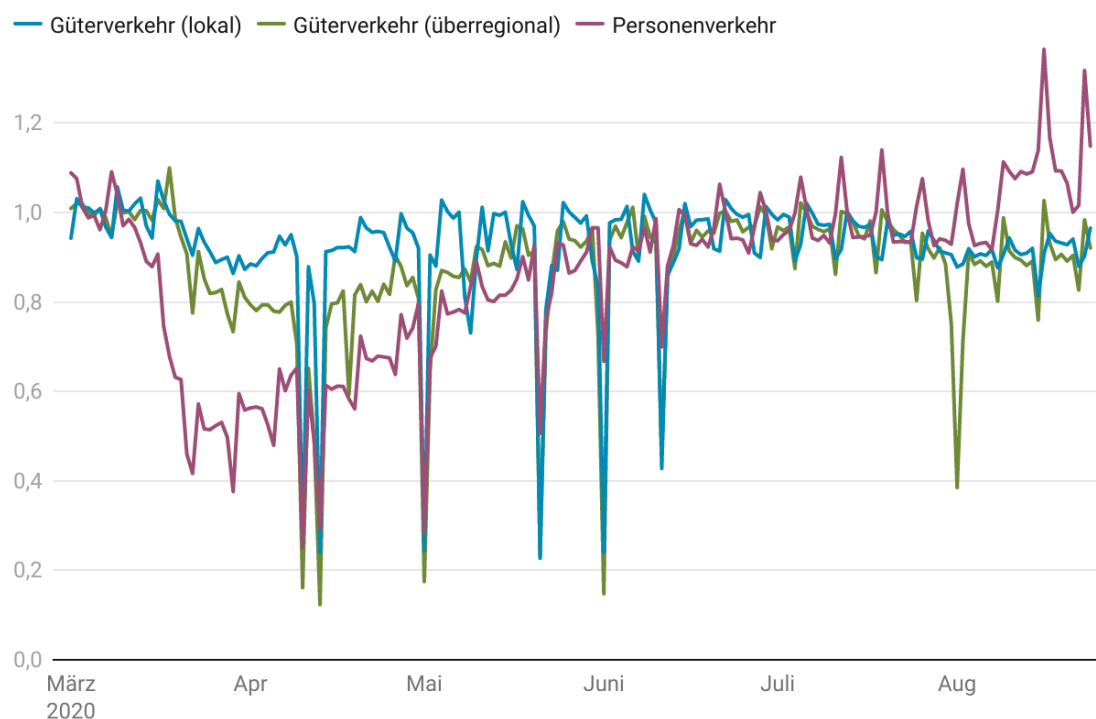
App-Nutzung bei Mobilitätsbetreibern und Kartendienstleistern: Weitere proprietäre Datenquellen können die Nutzungsdaten von mobilitätsbezogenen Apps und Kartendiensten sein. Diese Art der Datennutzung wird ebenfalls zunehmend von Mobilitätsbetreibern für interne Analysen verwendet, aber auch von Kartendienstleistern als Datenprodukt bereitgestellt. Bei der internen Analyse werden aus der Menge der App-Anfragen relevante Quell-Ziel-Informationen und Aufkommensdaten gewonnen. So können die Uhrzeiten und Angaben zu Start- und Zielorten in den Navigationsapps der ÖV-Betreiber Schätzwerte zur Verkehrsverteilung nach Ort und Zeit geben. TomTom, Apple und Google als weit verbreitete Karten- und Navigationsdienstleister leiten hieraus ihre Mobilitätskennzahlen im Kontext von COVID-19 ab, wobei TomTom diese Daten auch als Produkt vertreibt. Die Vorteile liegen in der zeitlichen Kontinuität der Daten aber auch in ihrer z. T. sehr hohen räumlichen Auflösung. Jedoch kann die Aufbereitung aufwändig sein und die schwankende Aussagekraft (z. B. bezüglich der Tageszeit oder der Linienrichtung in die Stadt / aus der Stadt) muss berücksichtigt werden.

Betriebs- und Nutzungsdaten weiterer Dienstleister: Zu den Akteuren, bei denen Mobilitätsdaten 'nebenbei' anfallen, können die bereits näher beleuchteten Mobilfunkbetreiber gezählt werden. Es gibt jedoch auch eine Reihe anderer mobilitätsfremde Unternehmen, die relevante Mobilitätsnachfragedaten erzeugen. Ein gutes Beispiel für solche Datenquellen ist der Zahlungsverkehr mit Kreditkarten nach Nutzungsort und Zeitpunkt.

Floating-Car-Data: Floating Car Data (FCD) werden ähnlich wie smartphonebasierte Erhebungen über GPS-Sensoren in Fahrzeugen erfasst, bilden jedoch nur den motorisierten Verkehr auf den Straßen ab. Über GPS-Sensoren werden kontinuierlich individuelle Fahrtenverläufe von Einzelfahrzeugen aufgezeichnet. Über Mobilfunkverbindungen werden die im Fahrzeug erhobenen Messdaten an die FCD-Unternehmen übertragen. Die Unternehmen berechnen in nahezu Echtzeit ein Verkehrslagebild, bieten diese Daten aber auch für andere Auswertungen an.

Durch die zunehmende Bedeutung von Car2X-Kommunikation und die Möglichkeiten, weitere Sensoren in den Fahrzeugen zu nutzen, werden FCD in Zukunft eine noch höhere Genauigkeit aufweisen und mit weiteren Parametern angereichert werden. So lassen sich perspektivisch Rückschlüsse über den Straßenzustand aus den Bewegungsdaten der Fahrzeuge ziehen, Pkw können zudem mobile Lieferanten von Wetter- und Schadstoffdaten werden, die notwendigen Sensoren sind in vielen Fahrzeugen bereits heute verbaut. Der große Nachteil der FCD ist darin zu sehen, dass diese nur den motorisierten Verkehr abbilden und keine Rückschlüsse über das Gesamtverkehrsgeschehen erlauben.

Abbildung 12: Entwicklung von Mobilitätsindikatoren | Quelle: eigene Normierung auf Basis von Inrix



Ableitungen und Handlungsempfehlungen

Ein Experte bezeichnete die aktuelle Situation im Interview als „Wilder Westen des Mobilitätsdatenangebots“. Dem Eindruck, dass die Daten förmlich vom Himmel fallen, steht dann in der Projektarbeit die Problembehandlung von Bias und Repräsentativität entgegen – oder auch nur der ein oder andere Sondereffekt. Hier leisten sich die Datenanbieter und Dienstleister oftmals einen zu hohen Vertrauensvorsprung, der im schlechtesten Falle eine Abkehr von der Nutzung bedeuten kann. Aber: erstmalig verfügen wir über umfassende Mobilitätsnachfragedaten und das auch noch aus ganz unterschiedlichen Quellen.

Es wird eine besondere Leistung und Anstrengung brauchen, damit wir durch sinnvolle Kombinationen und transparente Prozesse aus der Black-Box einen verlässlichen Monitor der Mobilitätsnachfrage erhalten. Noch herausfordernder wird dies sicherlich durch die Notwendigkeit, sichere Datenschutzmaßnahmen bei den sensiblen Bewegungsdaten zu ergreifen.

„Die Notwendigkeit zum Datenschutz könnte sogar dazu führen, dass die nationalen Statistikbehörden zumindest für eine gewisse Zeit akzeptieren müssen, dass ein Teil des Prozesses eine Blackbox ist, bei der sie kein Mitspracherecht haben.“

(European Commission 2019)

Die größte Hürde ist aber die Geheimniskrämerei. Solange proprietäre Interessen den Umgang mit MND in Nebel hüllen, ist es noch ein weiter Weg, bis sich die Prozesse einspielen. Ein mehrjähriges Monitoring von Mobilitätskennzahlen wird so nicht in sinnvoller Weise ermöglicht. Dabei ist ein solcher Mobilitätsbarometer in Zeiten der Mobilitätswende wichtiger denn je – ganz unabhängig von dem aktuell sinnvollen Einsatz zur Pandemiebekämpfung. Damit sich in dieser Richtung mehr bewegt, sollte aus unserer Sicht mehr Engagement in den folgenden sechs Handlungsfeldern aufgebracht werden:

Empfehlung 1: Eine höhere Transparenz der Prozesse ist nötig. Datenerzeuger und -dienstleister müssen mehr Transparenz bezüglich der Annahmen und Prozesse bieten. Dazu müssten bestimmte Kennwerte mit den gelieferten Daten aufgeführt werden:

- die Anzahl und der Anteil der Bewegungen, die durch die Anonymisierung wegfallen,
- die Form der verwendeten Geometrien zur Abbildung der Funkzellen
- der Zeitpunkt des verwendeten Datensatzes zur Bestimmung der Zellgeometrien,
- die Form der Hochrechnung,
- die Datengrundlage für die Randbedingungen der Gewichtung und Hochrechnung,
- die genaue Definition einer Bewegung,
- bei einer weiteren Kalibrierung auch der methodische Ansatz,
- sowie die Angabe der weiteren Datensätze, die zur Kalibrierung genutzt wurden.

Empfehlung 2: Eine betreiberübergreifende Standardisierung sollte entwickelt werden. Eine Übereinkunft zu Standardverfahren muss her – idealerweise so, dass über alle Netzbetreiber hinweg Daten sinnvoll zusammengeführt werden können. Die Standardisierung sollte dabei eher einen Rahmen bilden, der den Datendienstleistern genug Spielraum bietet, um eigenständige USPs herauszuarbeiten. Die Standardisierung könnte in Anlehnung an bestehende Verkehrserhebungsrichtlinien sinnvolle Zeiträume im Jahr, der Woche und im Tagesverlauf festlegen, um Durchschnittswerte zu bilden. Auch für die Nutzung von OD-Matrizen auf Basis von MND für die Erstellung von Verkehrsmodellen sollten Handlungsrichtlinien ausgearbeitet werden. Ansätze hierzu finden sich bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Fsgv.de), die stärker in den bestehenden Richtlinien verankert werden müssen. Neben einer Sicherstellung

grundlegender Dateneigenschaften in Form einer Checkliste könnte eine solche Richtlinie auch die Einbettung von MND in die Verkehrserzeugung vorsehen, um systematischen Mängeln (z. B. die verzerrte Repräsentanz junger oder älterer Bevölkerungsgruppen) zu begegnen und eine verbesserte Integration in klassische Verkehrsmodelle zu erlauben.

Empfehlung 3: Weitere Marktforschungs- und Mobilitätserhebungsdaten müssen durch eine verbesserte Datentriangulation verknüpft werden. Eine strukturiertere Verknüpfung mit weiteren Datensätzen aus der Marktforschung und anderer Mobilitätserhebungen muss die unternehmensinterne Anpassung ersetzen. Das betrifft die Kennzahlen zur:

- Verteilung der SIM-Karten in der Bevölkerung,
- der Nutzungsintensität nach Aktivität und Bevölkerungsgruppe sowie die
- Marktanteile der Netzbetreiber nach Raumtyp und Bevölkerungsgruppe.

Sollten diese Angaben für die Anbieter nicht vereinbar mit der Wettbewerbssituation sein, muss eine Datengrundlage sowie eine Aggregationsebene gefunden werden, bei dem keine Bedenken mehr vorliegen. Eine verbesserte Verknüpfung wäre möglich, wenn bei repräsentativen Erhebungen zum Mobilfunk oder zur Mobilität auch Fragenbatterien zur Verteilung von SIM-Karten und Mobilfunkgeräten sowie deren Nutzung insbesondere im Kontext der Mobilität verankert wären.

Empfehlung 4: Die Kalibrierungstaktung sollte erhöht werden. Dazu ist eine höhere Regelmäßigkeit von Mobilitätserhebungen bzw. am besten eine kontinuierliche Erfassung anzustreben. Neben der unregelmäßigen Erhebung der MiD könnten Zwischenerhebungen die (zeitlichen) Wissenslücken schließen. Die aktuelle Erhebung von Infas im Kontext von COVID-19 kann als ein geeigneter Prototyp verstanden werden. Auch das Potential des MOP für die Kalibrierung sollte geprüft werden.

Die Datensynopse dieser Studie zeigt zudem das aktuelle Potential verschiedenartiger Mobilitätsdaten, die in Kombination mit oder alternativ zu MND herangezogen werden können. Sinnvolle Verknüpfungen können Stärken forcieren und Schwächen ausgleichen. Hier ist die externe Unterstützung von Mobilitäts- und Verkehrsexperten gefordert.

Empfehlung 5: Die Ministerien müssen integrierte Strukturen für die Datenprozessierung fördern. Eine gezielte Unterstützung von integrierenden Verarbeitungsstrukturen – in organisatorischer wie auch technischer Form – sollte die Neuordnung nach der Einstellung der Unternehmenseinheiten NEXT und Motionlogic vorantreiben. Das Scheitern der Unternehmenseinheiten zeigt, dass die MND-Aufbereitung kein ökonomischer Selbstläufer ist. Andererseits zeigen viele Projekte, dass insbesondere öffentliche Einrichtungen und halbstaatliche Unternehmen von MND profitieren.

Empfehlung 6: MND sind in Zukunft idealerweise offene Daten. Eine Open-Data-Policy, die z. B. in den Lizenz Ausschreibung zu den Mobilfunkfrequenzen verankert sein könnte, sollte langfristig ernsthaft angestrebt werden.

Eine abschließende Empfehlung gilt dem aktuellen Umgang von Analysten und auch Datenjournalisten mit MND im Kontext der Pandemie. In dieser Situation sollten die getroffenen Aussagen immer auch im Hinblick der technischen-methodischen Möglichkeiten der MND reflektiert werden – und nicht allein vom verfügbaren Datenangebot in hoher räumlicher und zeitlicher Granularität. Die Darstellung des überregionalen Verkehrs ist z. B. sehr gut leistbar, ebenso die genaue tageszeitliche Differenzierung in Stundenscheiben. Die reduzierte Darstellung der Trends auf wöchentliche Entwicklungsrichtungen des Mobilitätsaufkommens ist jedoch sicherlich sinnvoller als ein kleinteiliger und tagesscharfer Vergleich mit einem Durchschnittswert von 2019, dessen methodische Herleitung intransparent ist.

Quellen

- BitKom 2020: Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., „Die Zukunft der Consumer Technology – 2020 Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle“, Berlin 2020
- BPB 2021: Bundeszentrale für politische Bildung, „Datenreport 2021 – Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland“, Hrsg.: Destatis/WZB/BiB, Bonn 2021
- Bundesnetzagentur 2019: Bundesnetzagentur, „Jahresbericht 2019: Netze für die digitale Welt“, Bonn 2019
- Deloitte 2020: Deloitte, „Global Mobile Consumer Survey 2019 – Ergebnisse für den deutschen Mobilfunkmarkt“, 2020
- Deloitte 2020, Smartphone-Nutzung: Deloitte, „Smartphone-Nutzung am Limit? Der deutsche Mobile Consumer im Profil“, 2020
- Der Spiegel 2020: Kollenbroich, P., „Die Touristenwelle“, Ausgabe 12, Hamburg 2021
- Europäische Kommission 2019: European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy, „City data from LFS and big data“, Luxemburg 2019
- Lanzendorf und Schönduwe 2018: Lanzendorf, M. und R. Schönduwe, „Datenerhebungen zur Erfassung des Mobilitätsverhaltens“, in Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, S. 1-24, 2018
- MiD 2017: Infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft, „Mobilität in Deutschland – Kurzreport: Verkehrsaufkommen – Struktur – Trends“, Bonn 2019
- Pronello und Kumawat 2021: Pronello, C. und P. Kumawat, „Smartphone Applications Developed to Collect Mobility Data: A Review and SWOT Analysis.“, in Arai, K., S. Kapoor und R. Bhatia (Hrsg.): „Intelligent Systems and Applications.“ S. 449-467, Springer, 2021
- Reif 2019: Reif, J., „Die Nutzung von Mobilfunkdaten in der Tourismusforschung – Das Beispiel Tagestourismus in Hamburg“, unpaginiertes Manuskript in Groß, S. et al. (Hrsg.), „Wandel im Tourismus. Internationalität, Demografie und Digitalisierung“, 2019

Ricciato 2019: Ricciato, F., "Towards a Reference Methodological Framework for processing MNO data for Official Statistics", EUROSTAT Task Force on Big Data, Luxemburg 2019

Schönduwe 2017: Schönduwe, R., „Mobilitätsbiografien hochmobiler Menschen“, Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, 12, Wiesbaden 2017

Steenbruggen, J.; Tranos, E. und P. Nijkamp (2015): Data from mobile phone operators. A tool for smarter cities? In: Telecommunications Policy 39 (3-4), S. 335-346. DOI: 10.1016/j.telpol.2014.04.001.

Telefónica 2019: TELEFÓNICA DEUTSCHLAND HOLDING AG, „Geschäftsbericht 2019“, München 2020

Telefónica 2021: TELEFÓNICA DEUTSCHLAND HOLDING AG, „Geschäftsbericht 2020“, München 2021

VuMa 2021: VuMa Touchpoint 2021: „Konsumenten im Fokus – Basisinformationen für fundierte Mediaentscheidungen“, Studie für die Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse (Hrsg.), 2021

Bundesnetzagentur.de: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktbeobachtung/Deutschland/Mobilfunkteilnehmer/Mobilfunkteilnehmer_node.html (letzter Aufruf April 2021)

Commsupdate.com, Erklärung Netzbetreiber: <https://www.commsupdate.com/articles/2019/11/12/german-operators-announce-network-expansion-cooperation/> (letzter Aufruf April 2021)

Commsupdate.com, Erklärung Netzbetreiber II: <https://www.commsupdate.com/articles/2020/02/17/telekom-and-vodafone-team-up-to-improve-4g-coverage/> (letzter Aufruf April 2021)

Commsupdate.com, Erklärung Bundesnetzagentur: <https://www.commsupdate.com/articles/2020/04/16/german-mnos-fall-short-of-coverage-obligations/> (letzter Aufruf April 2021)

Connect.de: <https://www.connect.de/vergleich/mobilfunk-netztest-2021-bestes-handy-netz-deutschland-3201325-8951.html> (letzter Aufruf April 2021)

covid-19-mobility.org: <https://www.covid-19-mobility.org/current-mobility/> (letzter Aufruf April 2021)

covid-19-mobility.org, Update zur Berechnung: <https://www.covid-19-mobility.org/reports/update-calculation/> (letzter Aufruf April 2021)

Destatis.de: https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/_inhalt.html (letzter Aufruf April 2021)

Destatis.de, Mobilfunkdaten: Bevölkerungsdarstellung mit Mobilfunkdaten, <https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/Datensaetze/mobilfunkdaten.html> (letzter Aufruf April 2021)

Destatis.de, Mobilitätsindikatoren: Mobilitätsindikatoren auf Basis von Mobilfunkdaten, <https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/Datensaetze/mobilitaetsindikatoren-mobilfunkdaten.html> (letzter Aufruf April 2021)

Destatis.de, Smartphone Nutzung: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgueter/Tabellen/a-infotechnik-d-lwr.html> (letzter Aufruf April 2021)

Destatis.de, Strukturvergleich: Strukturvergleich von Mobilfunkdaten zweier Mobilfunkanbieter, <https://www.destatis.de/DE/Service/EXDAT/Datensaetze/mobilfunkanbieter-strukturvergleich.html> (letzter Aufruf April 2021)

Fr.de: <https://www.fr.de/politik/corona-pandemie-zugriff-handy-daten-experten-kritisieren-massnahme-zr-13606366.html> (letzter Aufruf April 2021)

Fsgv.de: <https://www.fgsv.de/erhebung.html> (letzter Aufruf April 2021)

Handelsblatt.com: <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/corona-pandemie-telekom-stellt-firma-ein-die-handydaten-ans-rki-uebermittelte/25687212.html> (letzter Aufruf April 2021)

Netzpolitik.org: <https://netzpolitik.org/2015/data-analytics-nuernberger-nahverkehr-beendet-pilotprojekt-zur-rasterung-von-mobilfunk-vorratsdaten/> (letzter Aufruf April 2021)

Opencellid.org: <https://opencellid.org/downloads.php> (letzter Aufruf April 2021)

Opensignal.com: <https://www.opensignal.com/2020/08/24/germanys-4g-availability-rises-over-85-with-rural-districts-improving-faster-than-urban-districts> (letzter Aufruf April 2021)

Stuttgarter-zeitung.de: <https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.coronavirus-in-deutschland-rki-bekam-von-deutscher-telekom-anonymisierte-bewegungsdaten.2c6f2368-d8f1-41ea-a807-57bf218f346f.html> (letzter Aufruf April 2021)

Telefonica.de: <https://www.telefonica.de/analytics/anonymisierungsverfahren-in-drei-schritten.html> (letzter Aufruf April 2021)

Telekom.com: <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/data-analytics-handy-schwarm-hilft-strassenbahn-349426> (letzter Aufruf April 2021)

Web.archive.org: <http://web.archive.org/web/20201031003953/https://motionlogic.de/motionlogic/datenschutz-wird-bei-motionlogic-gross-geschrieben> (letzter Aufruf April 2021)

Wiwo.de: <https://www.wiwo.de/unternehmen/it/telefonica-konzern-will-in-deutschland-bewegungsdaten-seiner-mobilfunkkunden-verkaufen/14581658.html> (letzter Aufruf April 2021)

Anhang

Kennzahlen zum Mobilfunkmarkt

Tabelle 3: Nutzung und Verteilung aktiver SIM-Karten | Die Anzahl der aktiven VoLTE-Nutzer wurde erstmalig zum Kalenderjahr 2018 erhoben | Quelle: Bundesnetzagentur 2019

		2017		2018		Q1/2019	
		In Mio.	In %	In Mio.	In %	In Mio.	In %
Insgesamt, ohne M2M-Karten		109,7		107,5		106,9	
Netztechnologie	LTE	44,9	41	50,5	47	52,0	49
	UTMS / GSM	64,8	59	57,0	53	54,9	51
Unternehmen	Netzbetreiber	81,6	74	80,0	74	79,7	75
	Serviceprovider	28,1	26	27,5	26	27,2	25
Vertragsart	Postpaid	69,8	64	70,1	65	70,0	65
	Prepaid	39,9	36	37,4	35	36,9	35
Stationäre Nutzung		0,9	-	1,1	-	1,1	-
VoLTE-Nutzer		-	-	20,9	-	25,7	-

Tabelle 4: Anteile der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2020 | Deutschland, ab 14 Jahre | Quellen: VuMA, Bitkom Research über statista

Monat und Jahr	Sep. 2012	Mai 2013	Mai 2013	Nov. 2014	Mai 2015	Jan. 2016	Jan. 2017	Apr. 2017	Apr. 2018	2019	2020
An- teil Be- völk.	36%	41%	55%	59%	65%	74%	78%	81%	81%	81,7%	86%

Tabelle 5: Aufschlüsselung von Marken des Mobilfunkbetreibers Telefónica in Deutschland | Quelle: Telefónica 2019

Eigene Marken	Kernmarke	O2
	Zweitmarken	Blau, Ortel Mobile, Ay Yildiz
Partnermarken		mobilcom-debitel, 1&1, Drillisch, NettoKOM, Aldi Talk, Media Markt Super Select, Tschibo,

Tabelle 6: Anteile von Prepaid- und Vertragskunden an den Mobiltelefonnutzern in Deutschland nach Altersgruppen im Jahr 2019 | Deutschland, ab 14 Jahre; 20.437 deutschsprachige Mobilfunknutzer; Daten beziehen sich auf das meistgenutzte Handy der Befragten | Quellen: VuMA über statista

Altersgruppe	Mobilfunkvertrag	Prepaid-Karte
14 bis 19 Jahre	70,7%	29,3%
20 bis 29 Jahre	85,4%	14,6%
30 bis 39 Jahre	87,4%	12,6%
40 bis 49 Jahre	85,4%	14,6%
50 bis 59 Jahre	78,4%	21,6%
60 Jahre und älter	54,9%	45,1%
Gesamt	75,3%	24,7%

Tabelle 7: Mobilfunkanlagen pro km² nach Bundesländern | Quelle: eigene Berechnung, Bundesnetzagentur 2019 über statista

Bundesland	Mobilfunkanlagen pro km ²
Berlin	3,44
Hamburg	2,02
Bremen	1,10
Nordrhein-Westfalen	0,42
Saarland	0,34
Baden-Württemberg	0,24
Hessen	0,24
Sachsen	0,24
Rheinland-Pfalz	0,19
Bayern	0,16
Thüringen	0,15
Niedersachsen	0,14
Schleswig-Holstein	0,14
Sachsen-Anhalt	0,13
Brandenburg	0,09
Mecklenburg-Vorpommern	0,09

Beschreibung der verschiedenen Rohdaten seitens der Netzbetreiber

Call Detail Records (CDR): Die Kommunikationsdaten bilden die Grundlage für MND. Die Studie der Europäischen Kommission stellt diese Daten kurz dar: Bei einem Umfang von 321 Variablen werden für MND in der Regel drei genutzt: „imsi“ als eindeutige ID für das Endgerät, „start_time“ für die Startzeit der Kommunikationsform („Event“) sowie „e_cgi“ als eindeutige ID für die Mobilfunkantenne. Aus den ersten beiden Ziffern der imsi kann man das Herkunftsland beim Roaming bestimmen. Die weitere Beschreibung ist weitestgehend Ricciato 2019 gekürzt entnommen und übersetzt worden:

CN-SIG: Die Mobilfunksignalisierungsdaten aus dem Kernnetz werden durch passive Überwachung des Signalisierungsaustauschs im Kernnetz erzeugt. Sie werden typischerweise mittels kommerzieller Systeme mit Sensoren extrahiert, die an geeigneten Schnittstellen im Kernnetz platziert sind und die Fähigkeit besitzen, den Nachrichtenaustausch über den 3GPP-Protokollstapel zu interpretieren und zu verfolgen. Die in CN-SIG-Daten eingebetteten Informationen sind im Allgemeinen

eine Obermenge der CDR-Daten. Mit anderen Worten: Wenn vollständige Signalisierungsdaten verfügbar sind, sind CDR-Daten redundant und können daher ignoriert werden.

RAN-SIG: Die Signalisierungsdaten aus dem Funkzugangsnetz werden durch passive Überwachung des Signalisierungsaustausches im Bereich des Funkzugangsnetzes erzeugt. Ähnlich wie CN-SIG erfordern sie den Einsatz von Monitoringsystemen. Im Allgemeinen sind RAN-SIG-Daten aufwendiger zu erstellen als CN-SIG, aber sie sind auch informativer und können die Auflösung der beobachteten Mobilitätsmuster sowohl zeitlich als auch räumlich erhöhen. Erstens lösen bestimmte Netzwerkereignisse eine RAN-SIG-Nachricht aus, nicht aber eine CN-SIG-Nachricht: Das heißt, die zeitliche Auflösung der in RAN-SIG eingebetteten Informationen ist potenziell höher als bei CN-SIG. Zweitens kann man aus RAN-SIG prinzipiell zusätzliche Messungen extrahieren, die sich auf den Funkkanal zwischen dem mobilen Gerät und der bedienenden Station beziehen und die, wenn sie entsprechend verarbeitet werden, dabei helfen können, die Größe der abgeleiteten C-Location einzugrenzen. Basierend auf sogenannten Timing Advance (TA)-Informationen kann beispielsweise die Entfernung zwischen der adressierten Mobilfunkantenne und dem mobilen Gerät näherungsweise geschätzt werden.

LBS: Einige Mobilfunknetzbetreiber setzen proprietäre Systeme ein, um ihren Kunden Location Based Services anzubieten. Solche Systeme zielen darauf ab, die Position des mobilen Geräts möglichst genau zu identifizieren und basierend dabei auf den Funkmessungen, die das mobile Endgerät während einer aktiven Verbindung von benachbarten Stationen sammelt. Solche Messungen werden an das Netzwerk gemeldet und können von dort an LBS-Systeme weitergegeben werden. Letztere verwenden Triangulationsverfahren, um aus diesen Messungen die genaue Position des mobilen Geräts abzuleiten. Die räumliche Auflösung von LBS variiert zwischen den verschiedenen kommerziellen Systemen und der Funkzu-

gangstechnologie (2G, 3G oder 4G). Darüber hinaus sind LBS-Schätzungen möglicherweise nur für eine Teilmenge der mobilen Benutzer (je nach vertraglichen Vereinbarungen mit dem Mobilfunkbetreiber) und sind nur während bestimmter Aktivitätszeiträume verfügbar.

Hilfsdaten: Um die im CDR, CN-SIG und RAN-SIG enthaltenen Funkzelleninformationen (typischerweise die Cell-ID) auf ein geografisches Gebiet abzubilden, müssen diese Daten mit Hilfsdaten über die Konfiguration der einzelnen Funkzelle fusioniert werden. Die Funkzellenattribute, die für diese Aufgabe potentiell relevant sind, sind: Geografische Koordinaten des Funkmasts, Antennenhöhe, Strahlbreite (kreisförmig vs. Sektor), Azimutausrichtung, Azimutneigung, Funkzugangstechnologie (GSM-900, GSM-1800, UMTS, LTE) und Frequenzband. Man muss jedoch bedenken, dass detailliertere Hilfsdaten nicht nur aufwändiger zu prozessieren, sondern auch aufwändiger zu pflegen sind: Das Funknetz unterliegt nämlich ständigen Änderungen (Rekonfiguration, Optimierung, Wachstum) und die Hilfsdaten, die an die D2C-Funktion übergeben werden, müssen auf dem neuesten Stand gehalten werden. Hierüberhinaus ist die Funkzellenabdeckung überaus dynamisch: Die tatsächliche Zellenabdeckung variiert im Laufe der Zeit in Abhängigkeit von einer Vielzahl interner Faktoren (z. B. Netzauslastung) und externer Faktoren (z. B. Wetterbedingungen).

Räumliche Verteilung der Netzabdeckung

Karten 3 - 6: Anzahl Mobilfunkantennen | Quelle: Opencellid 2021

Netz 1

Anzahl Antennen je
10kmx10km-Gridzelle

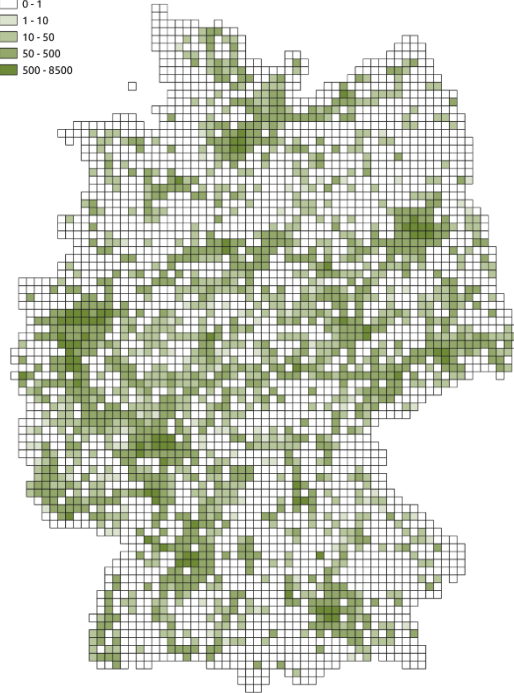
- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 50
- 50 - 500
- 500 - 8500



Netz 2

Anzahl Antennen je
10kmx10km-Gridzelle

- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 50
- 50 - 500
- 500 - 8500



Netz 3

Anzahl Antennen je
10kmx10km-Gridzelle

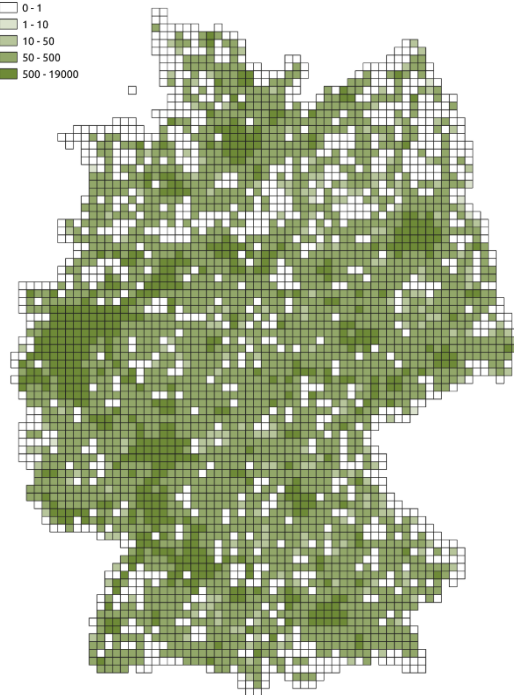
- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 50
- 50 - 500
- 500 - 8500



Alle Netze

Anzahl Antennen je
10kmx10km-Gridzelle

- 0 - 1
- 1 - 10
- 10 - 50
- 50 - 500
- 500 - 19000

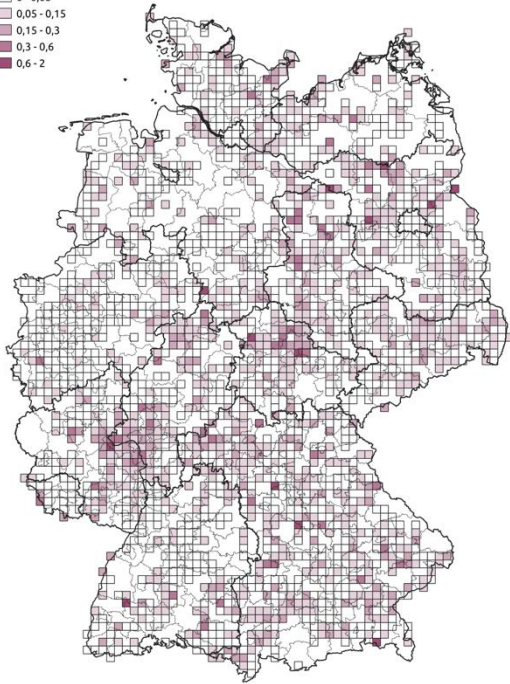


**Karten 7 – 10: Anteil neuer Antennen ab 2020 im Vergleich zum Netz 2019 |
Quelle: Opencellid 2021**

Netz 1

Anteil der neuen Antennen
2020 am Bestand 2019

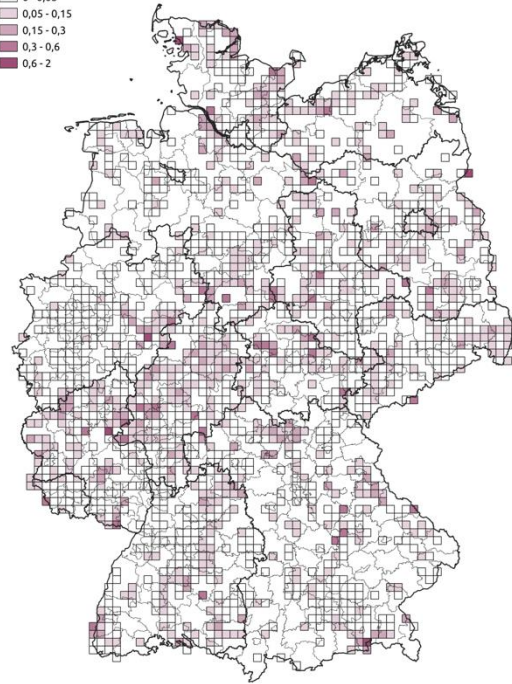
0 - 0,05
0,05 - 0,15
0,15 - 0,3
0,3 - 0,6
0,6 - 2



Netz 2

Anteil der neuen Antennen
2020 am Bestand 2019

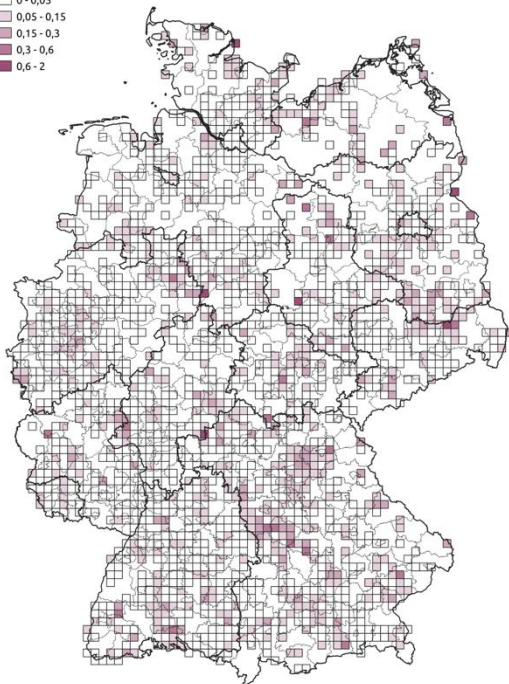
0 - 0,05
0,05 - 0,15
0,15 - 0,3
0,3 - 0,6
0,6 - 2



Netz 3

Anteil der neuen Antennen
2020 am Bestand 2019

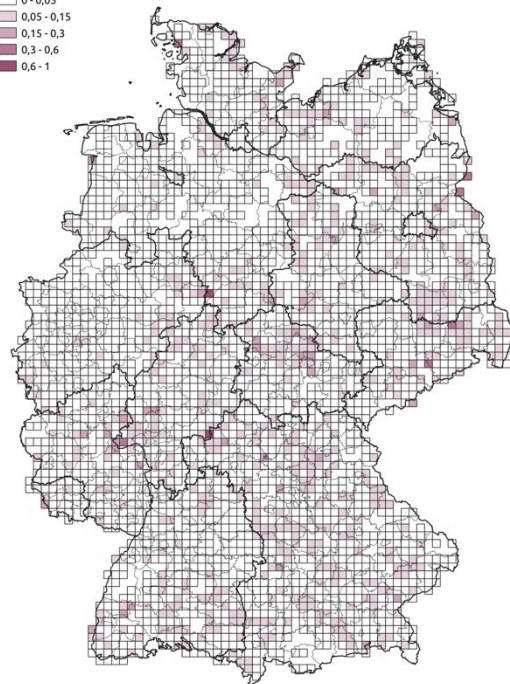
0 - 0,05
0,05 - 0,15
0,15 - 0,3
0,3 - 0,6
0,6 - 2



Alle Netze

Anteil der neuen Antennen
2020 am Bestand 2019

0 - 0,05
0,05 - 0,15
0,15 - 0,3
0,3 - 0,6
0,6 - 1



Kennzahlen zum Mobilitätsverhalten

Tabelle 8: Allgemeine Kennwerte und Verkehrsaufkommen für Deutschland |
Quelle: MiD 2017, S. 9

	2002	2008	2017
Anteil mobiler Personen alle Tage (in %)	87	90	85
Anteil mobiler Personen werktags (in %)	90	92	88
Anteil mobiler Personen Samstag (in %)	83	87	82
Anteil mobiler Personen Sonntag (in %)	76	83	73
Wege pro Person und Tag	3,3	3,4	3,1
Tagesstrecke pro Person und Tag (in km)	33	38	39
Verkehrsaufkommen (Wege) pro Tag (Anzahl in Mio.)	270	275	257
Verkehrsleistung (Personenkilometer) pro Tag (Anzahl in Mio.)	2.717	3.080	3.214

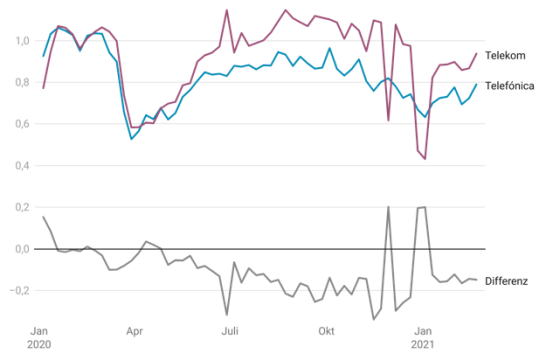
Tabelle 9: Wegelängenanteile (in %) und mittlere Wegelänge (in km) nach Kreis- und Raumtyp | Quelle: MiD (Tabellenband) 2017, S. 250

		Unter 2 km	Über 2 km	Mittel
Raumtyp / Stadtregion	Metropole	39	62	11,6
	Regiopole und Großstadt	37	64	11,3
	Mittelstädte, städtischer Raum	34	67	12,9
	kleinstädtischer, dörflicher Raum	30	71	14,2
Raumtyp / ländliche Region	zentrale Stadt	37	64	11,4
	Mittelstädte, städtischer Raum	36	66	11,9
	kleinstädtischer, dörflicher Raum	31	70	14,3
Kreistyp	kreisfreie Großstadt	38	62	11,5
	städtischer Kreis	34	67	12,5
	ländlicher Kreis mit Verdichtungsansätzen	33	67	13,3
	dünn besiedelter ländlicher Kreis	34	67	13,5

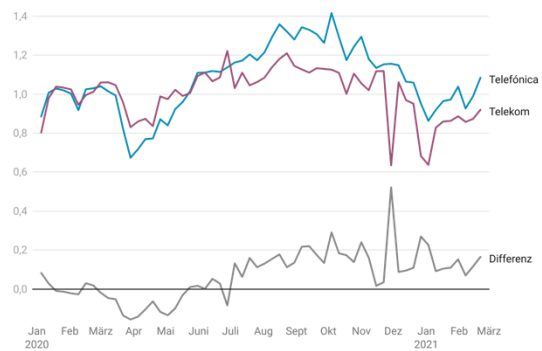
Verlauf der Mobilitätsveränderung

Abbildungen 13 – 29: Verlauf der Mobilitätsveränderung gegenüber Pre-Covid 2021
| Quelle: eigene Berechnung auf Basis von Destatis, Teralytics, RKI, Telekom 2021

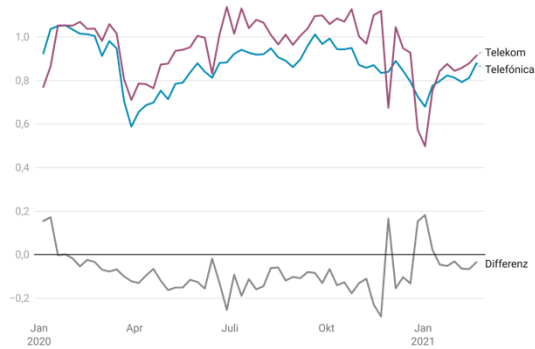
Berlin



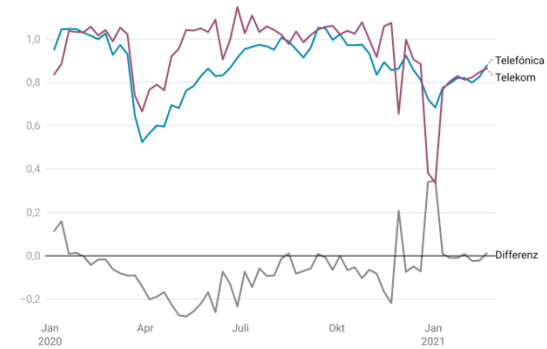
Brandenburg



Baden-Württemberg



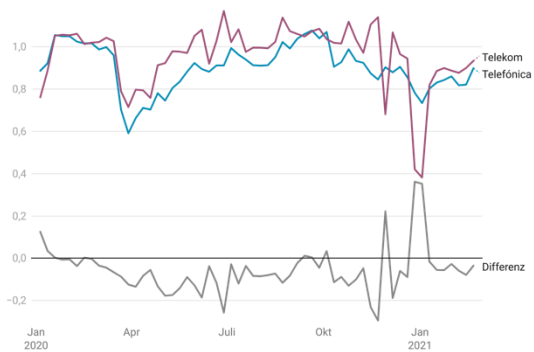
Bayern

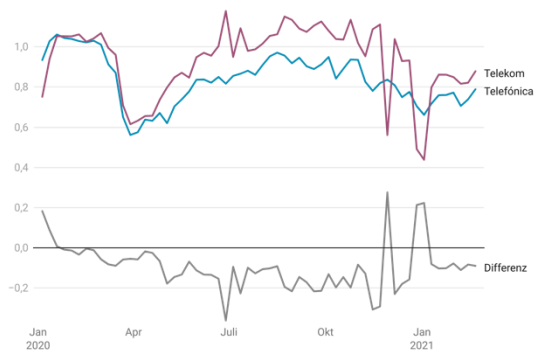
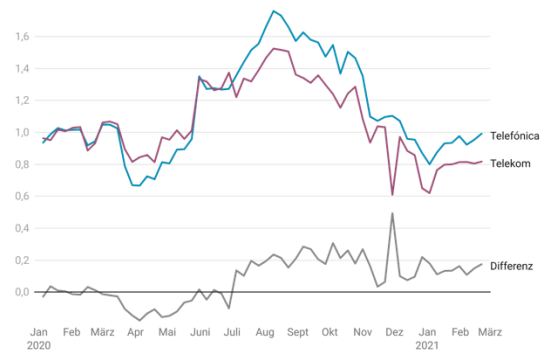
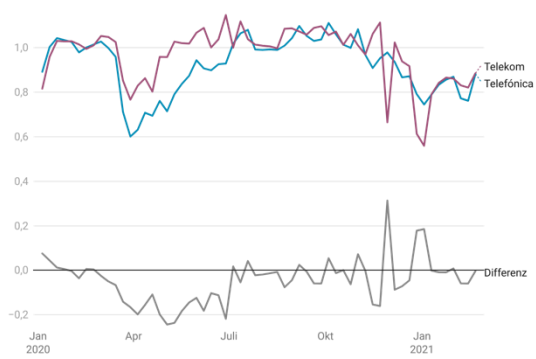
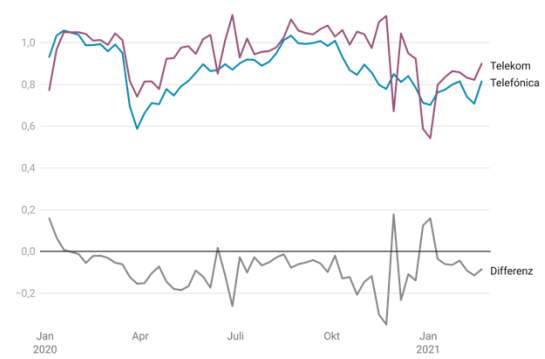
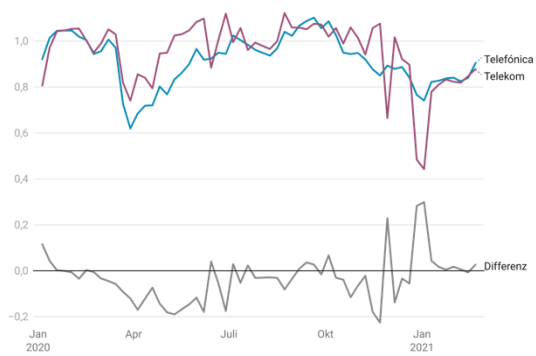
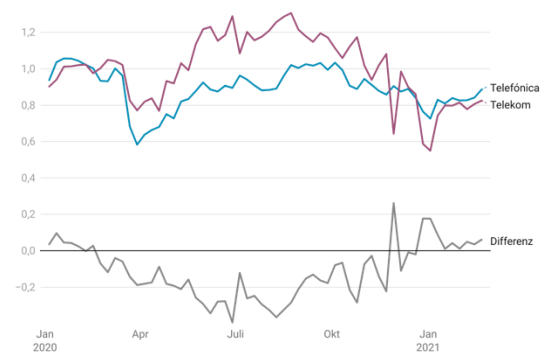


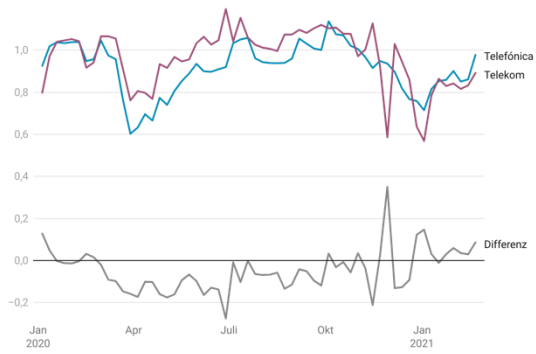
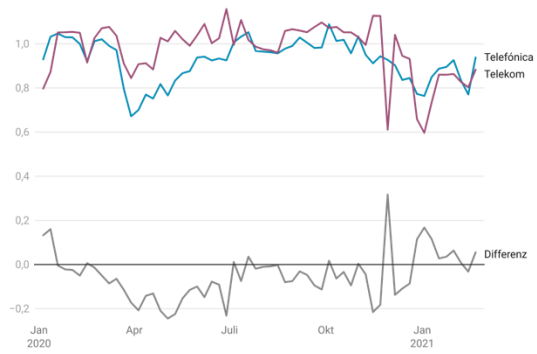
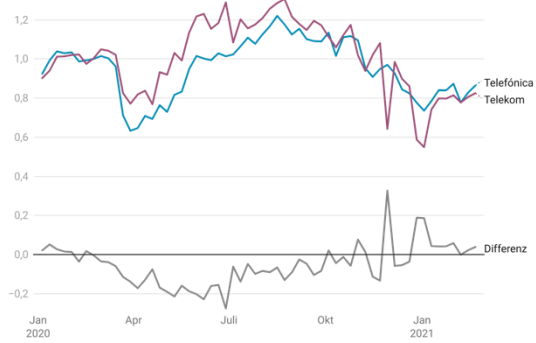
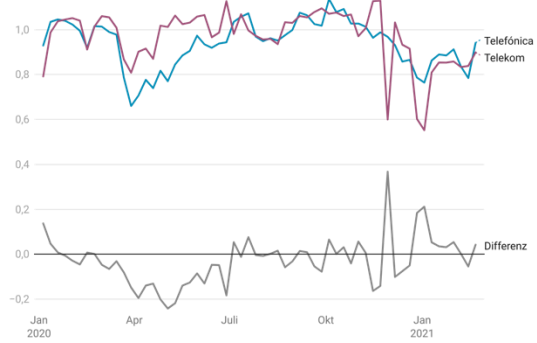
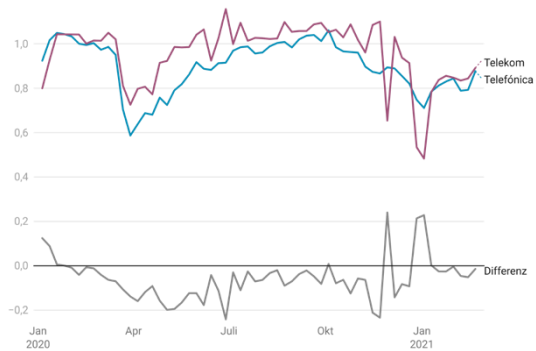
Bremen



Hessen



Hamburg**Mecklenburg-Vorpommern (s. o.)****Niedersachsen****Nordrhein-Westfalen****Rheinland-Pfalz****Saarland**

Sachsen**Sachsen-Anhalt****Schleswig-Holstein (s. o.)****Thüringen****Deutschland**


Räumliche Verteilung der Mobilitätsveränderung


Karte 11: Änderung der Mobilität KW 7 2021 gegenüber Pre-Covid 2021 | Quelle: RKI, Telekom 2021


 < 0,3 Mobilfunk-
atennen / km²

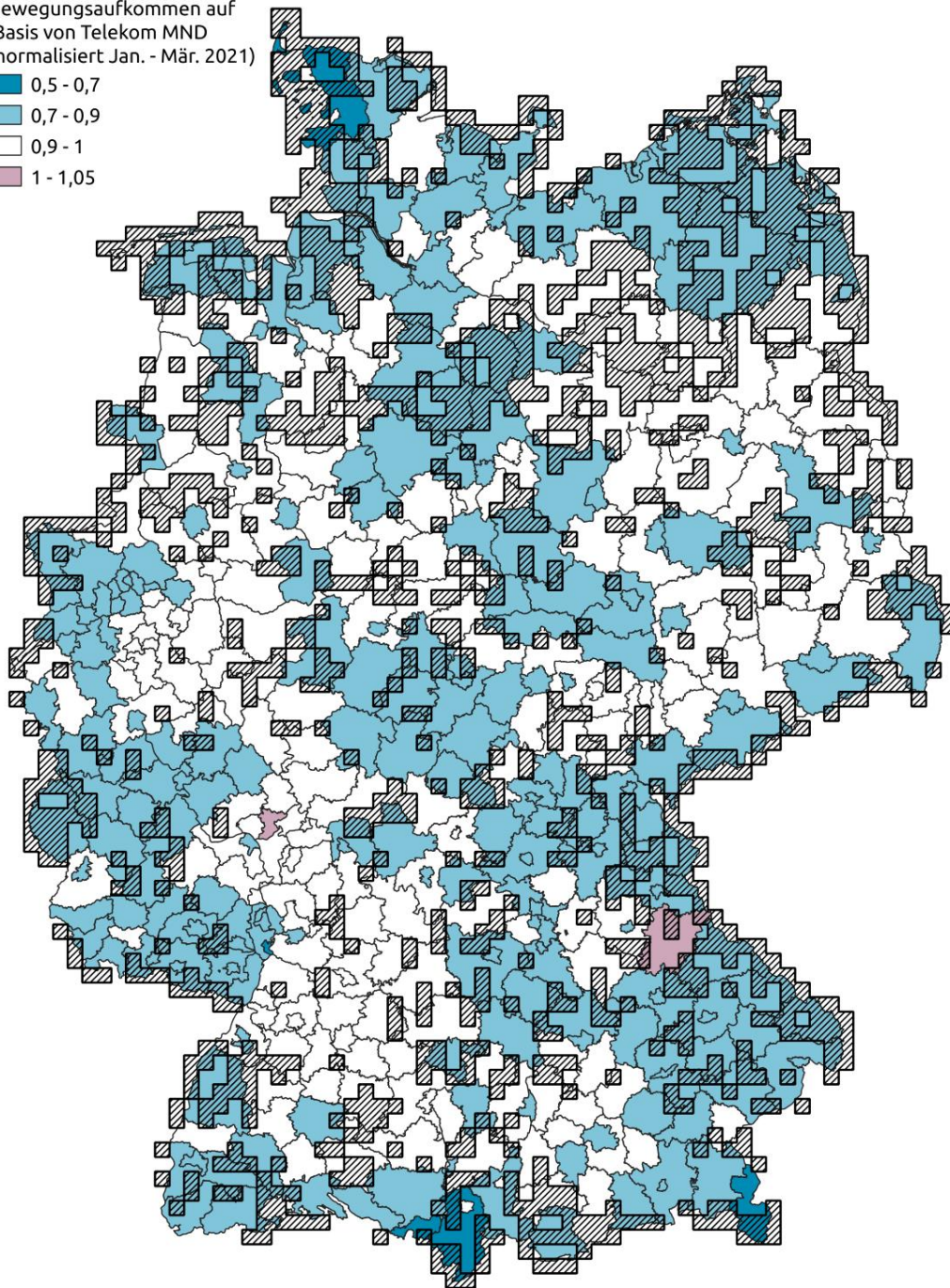
Bewegungsaufkommen auf
Basis von Telekom MND
(normalisiert Jan. - Mär. 2021)

 0,5 - 0,7

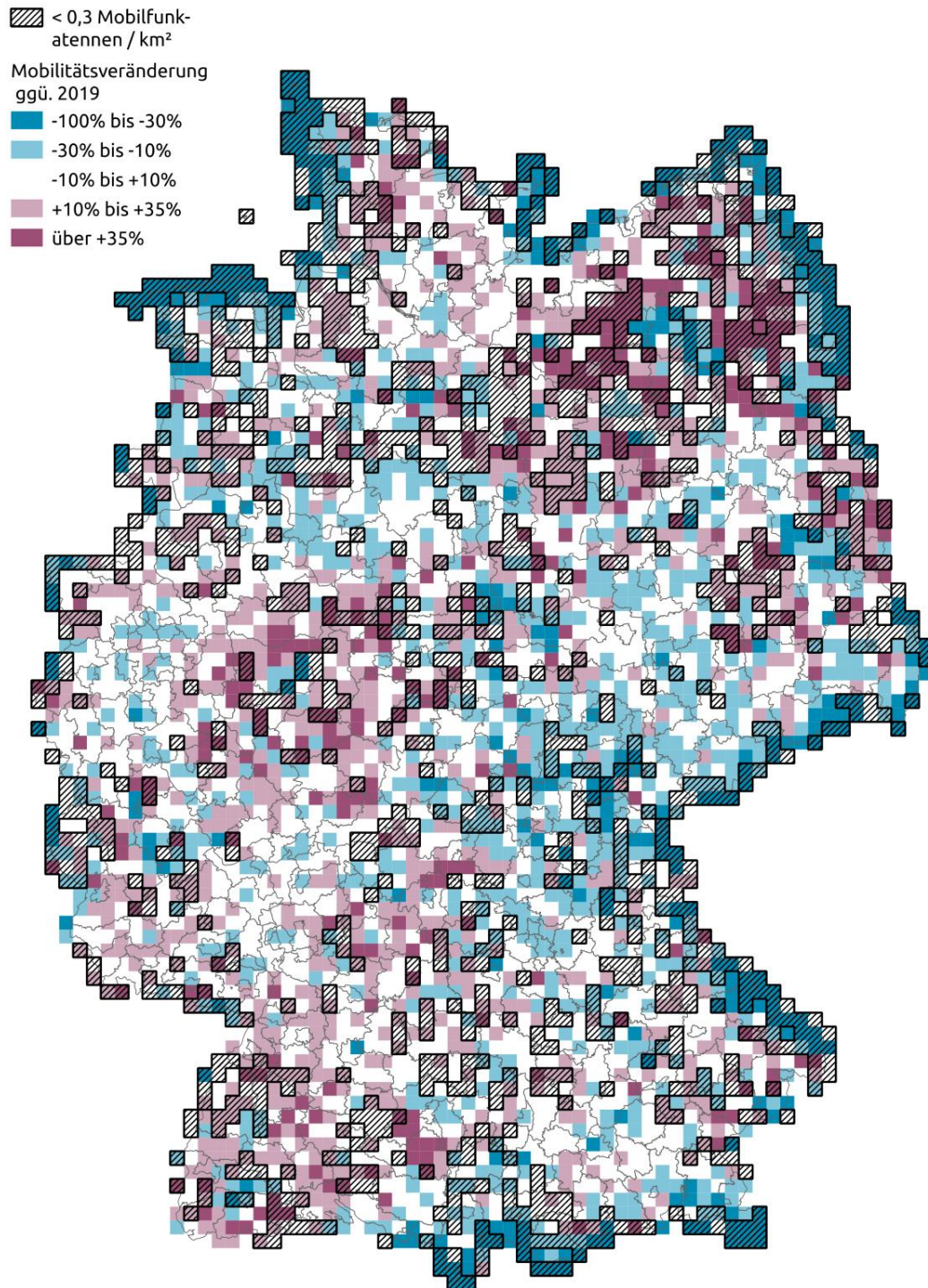
 0,7 - 0,9

 0,9 - 1

 1 - 1,05



Karte 12: Mobilitätsänderung vom 17.04.21 ggü. 2019 | Quelle: Destatis, O-pencellid.org 2021



Impressum

Benno Bock

Benno Bock studierte Verkehrswesen mit den Schwerpunkten Planung und Betrieb an der Technischen Universität Berlin. Während des Studiums sammelte er praktische Erfahrungen im Bereich der Verkehrserhebung und Modellierung bei verschiedenen Planungsbüros sowie Forschungsinstituten im In- und Ausland. Von 2009 bis 2017 vertiefte er am InnoZ die Studien zu verschiedenen Innovationen des Mobilitätssektors durch datengestützte Analysen. Diese Kenntnisse bringt er von 2018 bis 2021 in die Unternehmensberatung als Data Analyst bei civity Management Consultants ein. Seit April 2021 ist Benno Bock selbstständiger Berater und Datenanalyst.

Dr. Robert Schönduwe

Seit mehr als 15 Jahren widmet sich Robert Schönduwe mobilitätsbezogenen Themen mit einer nutzerzentrierten, datengetriebenen und technologieorientierten Denkweise. Begonnen hat er seine berufliche Laufbahn mit der Erforschung der Bestimmungsfaktoren des Mobilitätsverhaltens. Später konzentrierte er sich stärker auf neue Geschäftsmodelle, die im Zusammenspiel von Digitalisierung und Mobilitätsbedürfnissen entstehen. Als Head of Product bei der Firma MOTIONTAG leitete er die Entwicklung eines SDK-basierten DaaS/SaaS-Produkts, das Erkenntnisse liefert, um die Silos des heutigen Mobilitätssystems aufzubrechen. Seit April 2021 ist er als Digital Product Manager bei der H2 Mobility Deutschland GmbH & Co KG für die Entwicklung digitaler Lösungen verantwortlich.