



Fraunhofer

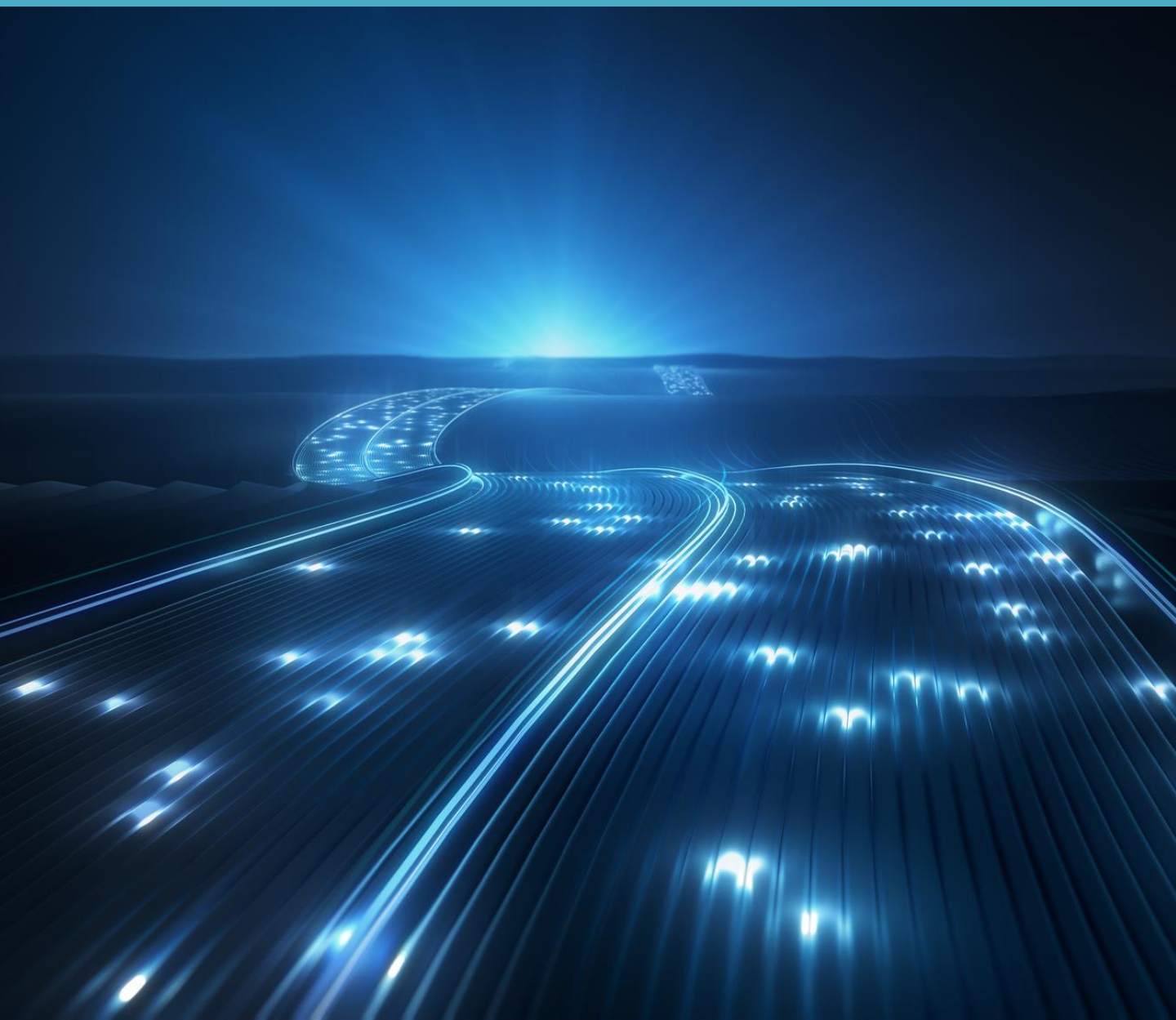
IAO

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWIRTSCHAFT UND ORGANISATION IAO

POTENZIALANALYSE ZUR MOBILFUNKDATENNUTZUNG IN DER VERKEHRSPLANUNG

FRAUNHOFER IAO

Autoren: Alexander Schmidt und Tobias Männel



Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Zusammenfassung	<u>03</u>
2 Was sind Mobilfunkdaten?	<u>06</u>
3 Fokus und Inhalt der Studie	<u>08</u>
4 Zukünftige Anforderungen an Planungsdaten	<u>10</u>
5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen	<u>13</u>
6 Das Heute und Morgen in der Planungspraxis	<u>20</u>
6.1 Reale Planungsbeispiele	<u>21</u>
6.2 Potenziale und Anwendungsfelder von MND	<u>25</u>
7 Vergleich der Datenquellen	<u>29</u>
7.1 Vergleich der Abdeckung und Stichprobe	<u>30</u>
7.2 Vergleich qualitativer Aussagen und Zusammenhänge	<u>32</u>
7.3 Möglichkeit der Abbildung des Verkehrszustands	<u>34</u>
7.4 Vergleich der Datenverwendbarkeit	<u>35</u>
7.5 Zusammenfassung des Datenvergleichs	<u>37</u>
8 Erste Analysebeispiele	<u>38</u>
9 Limitationen und Erweiterungen	<u>46</u>
10 Nächste Schritte	<u>49</u>
11 Akteure und Kontakt	<u>52</u>
12 Anlagen	<u>54</u>

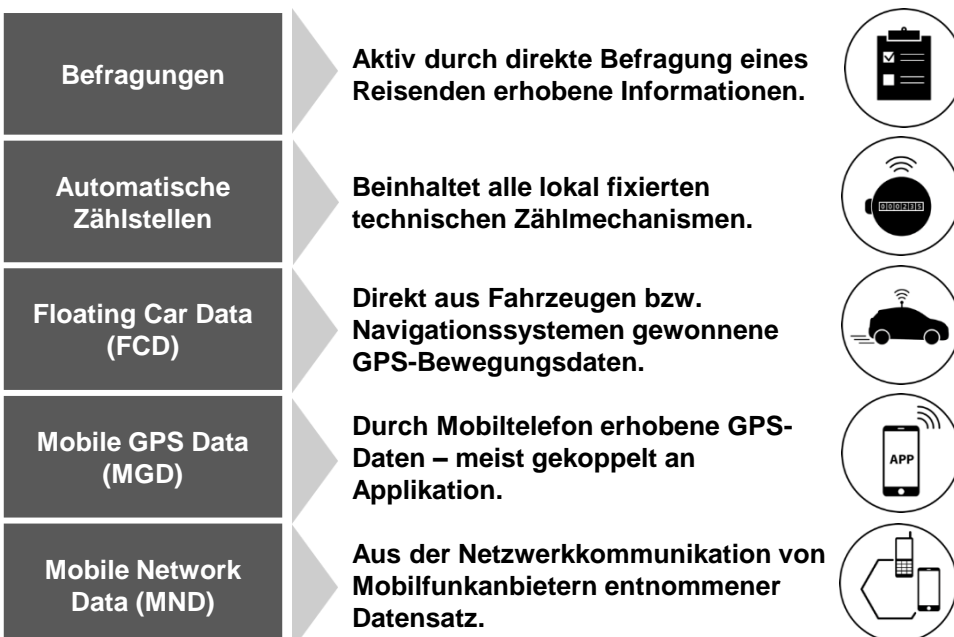
1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie werden Mobilfunkdaten als **Mobile Network Data (MND)** bezeichnet. Die Einführung dieses neuen Begriffes manifestiert die klare Abgrenzung zu anderen Datenquellen mit abweichenden Eigenschaften bzw. Nutzungen. MND sind ein Teil der entstehenden Netzwerkinformationen aus dem IT-Backend von Mobilfunkanbietern und unterscheiden sich in ihren Eigenschaften fundamental von anderen Datenquellen.

Das Potenzial von MND wird durch einen objektiven Vergleich mit anderen planungsrelevanten Datenquellen, durch die direkte Anwendung in vier Analysebeispielen und durch die Einschätzung von 18 Experten verschiedener Planungsebenen aus Praxis und Wissenschaft untersucht.

Die zunehmende Individualisierung des Verkehrs in Kombination mit dem demografischen Wandel und dem ausbleibenden Ausbau von Infrastruktur setzt vor allem urbane Verkehrssysteme in den kommenden Jahren unter Druck. Trotz bestehender guter Datenbasis sind die Experten überzeugt, dass Mobilfunkdaten einen wichtigen Beitrag in Bereichen z. B. durch die Verkürzung und Flexibilisierung von Planungshorizonten, die Verbesserung der Verkehrssteuerung und die Validierung bestehender Verkehrsmodelle leisten können und vor allem auch zu einer Kostenminimierung beitragen.

Für die unterschiedlichen Planungsebenen wurden fünf verschiedene Datenquellen als derzeit relevant identifiziert. Bevor diese in Kapitel 7 anhand objektiver Kriterien miteinander verglichen werden, zeigen Steckbriefe die wichtigsten Eigenschaften auf. Die folgende Abbildung fasst die verwendeten Definitionen der Datenquellen zusammen.



Kapitel 2:
Was sind
Mobilfunkdaten?

Kapitel 3:
Fokus und Inhalt
der Studie

Kapitel 4:
Zukünftige
Anforderungen an
Planungsdaten

Kapitel 5:
Steckbriefe der
identifizierten
Datenquellen

1 Zusammenfassung

Kapitel 6:
Das Heute und
Morgen in der
Planungspraxis

Kapitel 7:
Vergleich der
Datenquellen

Der Satus quo der Datenerhebung im Bereich der (längerfristigen) Planung wird von verschiedenen Befragungen auf lokaler bis nationaler Ebene geprägt und ist im Allgemeinen aber stark fragmentiert. Die Befragungen unterscheiden sich sowohl in den Erhebungsverfahren als auch v.a. in der Erhebungshäufigkeit, liegen aber je nach Fragestellung im Bereich von 1-10 Jahren. FCD sind als kommerziell verfügbares Produkt bereits weit verbreitet und werden oft im Rahmen der Verkehrssteuerung eingesetzt – MND hingegen werden ausschließlich in Pilotprojekten verwendet. Deren Anwendungsfelder sind jedoch vielfältig und die Experten sehen daher ein hohes Potenzial bei Mobilfunkdaten. Im ersten Schritt sollten MND aber zur Ergänzung bestehender Analysen und Validierung von Verkehrsmodellen eingesetzt werden bis entsprechende eigenständige Produkte getestet und verfügbar sind.

Der Vergleich anhand objektiver Kriterien zeigt, dass in der Kombination verschiedener Datensatztypen ein besonders großes Potenzial für planerische Aktivitäten steckt. Alle Methoden haben spezifische Vorteile und deren Einsatz sollte von der jeweiligen Fragestellung und dem Anwendungsbereich abhängen. MND besitzen ein enormes Potenzial bei gleichzeitig hoher Verwendbarkeit und eine besondere Stärke in multimodalen Analysen auf allen Planungsebenen, in denen auch kurzfristige Einflüsse von Bedeutung sind.

Für das drängende Thema der Straßenverkehrssteuerung scheint nach dieser Analyse aber eine Kombination aus FCD und automatischen Zählstellen die erfolgversprechendste Variante.

Die folgende Abbildung fasst die Ergebnisse in den vier untersuchten Kategorien in einer vierstufigen Skala zusammen:

	Befragung	Zählstellen	FCD	MGD	MND
Abdeckung, Stichprobe	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün
Qualitative Aussagen, Zusammenhänge	Grün	Rot	Orange	Gelb	Gelb
Verkehrszustand	Rot	Gelb	Grün	Gelb	Orange
Datenverwendbarkeit	Gelb	Grün	Grün	Orange	Grün

1 Zusammenfassung

Neben der theoretischen Analyse und der Sammlung von Expertenmeinungen ist die testweise Anwendung von MND ein zentraler Bestandteil dieser Studie. Auf Basis stündlicher Quelle-Ziel-Matrizen wurden die folgenden vier Analysebeispiele durchgeführt:

1. Eine gesamtdeutsche Verkehrsverflechtungsanalyse zeigt die Verkehrsströme zwischen den deutschen Metropolen. Unterschiede in der Zentralität des Kerngebietes in Bezug auf die jeweiligen Metropolregionen werden sichtbar.
2. Eine Analyse der Pendlerströme der Stadt Stuttgart macht deutlich, dass aufgrund der geographischen Gegebenheiten (Kessellage) viel Verkehr durch die Stadt geleitet wird.
3. Eine Analyse des Cannstatter Frühlingsfestes veranschaulicht den erheblichen Einfluss eines Volksfestes und externer Einflussfaktoren wie z. B. das Wetter auf das Mobilitätsverhalten. Die zeitliche Genauigkeit der Analyse wurde bis hin zu einzelnen Stunden erhöht und um eine Analyse der Herkunft der Besucher ergänzt.
4. Die Analyse wurde mit dem Stuttgarter Weindorf als kleineres aber ähnliches Event wiederholt. Besonders spannend ist hier der identifizierte Unterschied zur Herkunft der Besuchergruppen von Weindorf und Frühlingsfest.

Zwar besitzen MND den geringsten Extrapolationsfaktor aller vorhandenen Datenquellen in Bezug auf die Gesamtbevölkerung. Zentrale Größen und Charakteristika zur Beschreibung der Stichprobe liegen derzeit aber noch nicht vor. Entsprechende Werkzeuge gilt es zu entwickeln. Diese können z. B. von anderen Datenquellen adaptiert werden. Außerordentliches Zusatzpotenzial bietet die zu entwickelnde Unterscheidung nach Verkehrsträgern und -mitteln sowie eine Zuordnung zu verschiedenen Wegezwecken. Diese Informationen sind für die Planung von zentraler Bedeutung.

„Mobilfunkdaten können auf allen Ebenen eingesetzt werden. Da kleinräumigere Daten vorhanden sind, lassen sich basierend darauf z. B. eine regionale Verflechtungsmatrix erstellen.“

Dr. Wittowsky (ILS Forschung)

Besondere Bedeutung bei der weiträumigen Nutzung von MND hat die Akzeptanz durch die Mobilfunknutzer. Die Autoren sind überzeugt, dass die entsprechenden Datenschutzkonzepte die gefahrlose Nutzung von Mobilfunkdaten ermöglichen können. Eine entsprechende offene Kommunikation mit den Nutzern ist hier aber zwingend notwendig. Wichtig für die erfolgreiche Nutzbarmachung der Datenquelle sind außerdem die Entwicklung passender Preismodelle und das Anbieten von Zusatzleistungen. Hier seien generische Analysefunktionen, Tools und Metadaten für diese großen Datensätze genannt.

**Kapitel 8:
Erste
Analysebeispiele
der Pilotregion
Stuttgart**

**Kapitel 9:
Limitationen und
Erweiterungen**

**Kapitel 10:
Nächste Schritte**

Mobilfunkdaten sind Informationen aus Kommunikationsevents im IT-Backend

2 Was sind Mobilfunkdaten?

Bei der Nutzung von Mobiltelefonen fallen automatisch Verbindungsdaten zwischen dem jeweiligen mobilen Endgerät, den Mobilfunkmasten und dem IT-Backend des Betreibers an. Diese Datenpakete ermöglichen die funktionierende Nutzung von Endgeräten im Mobilfunknetz. Dieses „Nebenprodukt“ aus der Kommunikation verschiedener Technikebenen erlaubt über die Zuordnung eines Handysignals zu einzelnen Mobilfunkmasten bzw. Mobilfunkzellen die räumliche Rückverfolgung des Signals durch das Mobilfunknetz. Da die große Mehrheit an Personen über Mobiltelefone verfügt und dieses die meiste Zeit bei sich tragen, ergibt sich hier die Chance, wertvolle Informationen für die Gestaltung unserer Verkehrssysteme zu erhalten.

Im Rahmen dieser Studie wird dieser Datentyp als **Mobile Network Data (MND)** bezeichnet. Identisch zum Prozess bei den abrechnungsrelevanten Call Detail Records (CDRs), extrahiert ein Programm einen Teil der entstehenden Netzwerkinformationen aus dem IT-Backend. Der für die Verkehrsanalysen sinnvolle Ausschnitt der entstehenden Logdaten wird bei Telefónica Deutschland **Location Based Service Feed (LBS)** genannt. Darin enthalten sind der Verbindungstyp, die ID des Nutzers, der Verbindungszeitpunkt und die Zuordnung zum Mobilfunkmast.

timestamp	Event-type	lac	sac	ID (identifizier)
1436465966	9	11507	10001	kLohKOhGJQmXuto4Mw8rCCpgjGzv2R(...)
1436464246	5	11217	6104	sIM1YMT4dwa4jkrPNITXHITYoNpen+fA(...)

Mobilfunkdaten i.S. dieser Studie werden im IT-Backend, nicht im Endgerät erzeugt

Tabelle 1: Beispiel Rohdatensatz Location Based Service Feed (LBS)

Die gesamte Menge der entstehenden Daten ist dabei auch aus technischen Gründen nicht einsehbar. Der LBS unterscheidet sich zum CDR inhaltlich vor allem durch die fehlenden Informationen zum Kommunikationsziel, beispielsweise im Sinne der ID des Gesprächspartners bei Telefonaten.

Bei der Erzeugung von MND wird zwischen passiven und aktiven Ereignissen unterschieden, welche die Genauigkeit der Positionsbestimmung vorgeben. Bei aktiven Ereignissen wird das mobile Endgerät zum Telefonieren, SMS schreiben oder zum Surfen genutzt. Dabei wird das mobile Endgerät direkt einer zu einem Mobilfunkmasten gehörigen Mobilfunkzelle zugeordnet, welche in der Regel einen Durchmesser von ca. 100 Metern bis mehreren Kilometern hat. Bei einem passiven Event, dem Übertritt eines Endgeräts in eine andere Mobilfunkzelle oder der Regelkommunikation des Endgerätes mit dem Netzwerk, wird das Gerät einem Mobilfunkzellenverbund zugewiesen.

Die Positionsbestimmung ist von der Dichte der Basisstationen abhängig und nicht GPS-genau

Mobile Network Data (MND) grenzt Mobilfunkdaten klar von anderen Quellen ab

2 Was sind Mobilfunkdaten?

Bei den ungefähr 44 Mio. Mobilfunk-Kunden der Telefónica Deutschland entstehen täglich ca. vier Mrd. solcher Netzwerkevents. Im Durchschnitt ergeben sich daraus ca. 100 Datenpunkte pro Nutzer und Tag. Aus diesen werden anonymisierte und aggregierte Bewegungsprofile erzeugt. Aufgrund der großen Menge an Daten und deren Abdeckungen lassen sich deshalb umfangreiche Aussagen zum Verkehrsgeschehen und Mobilitätsverhalten in Deutschland treffen.

Ca. 100 Datenpunkte entstehen pro Nutzer und Tag

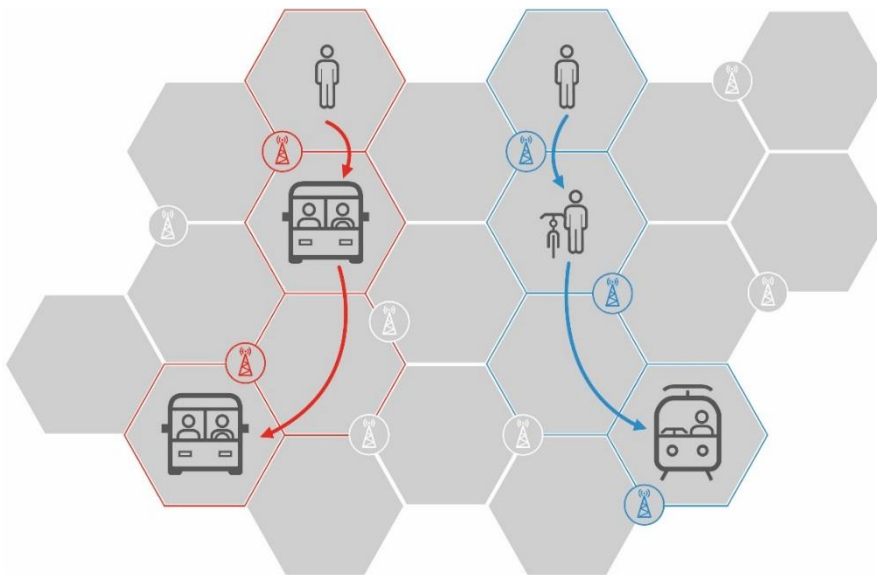


Abbildung 1: Wegeketten im Mobilfunknetz

Die Einführung des Begriffes Mobile Network Data (MND) ist erforderlich, um auf den Ursprung und Entstehungsprozess der Daten hinzuweisen und somit Fehlinterpretationen hinsichtlich der Aussagekraft der Daten zu vermeiden.

Teilweise wird in der Literatur der Begriff >>Floating Phone Data<< (FPD) genutzt. Hierbei handelt es sich im Sinne der Generierung der Daten ebenfalls um MND. Allerdings suggeriert der Begriff FPD eine Nähe zu Floating Car Data (FCD), die auch gewollt ist. Denn FPD wird in der Regel nur verwendet, um Echtzeit-Positionsdaten von Pkw zu optimieren bzw. FCD zu ergänzen.

Durch den Begriff FPD wird weder das Entstehungsprinzip der Daten deutlich, noch deren Nutzungspotenziale. So ergeben sich durch MND weitaus mehr Möglichkeiten, als nur bereits bestehenden Produkte zu verbessern.

Der Begriff Mobile Network Data (MND) schafft eine klare Abgrenzung zu anderen Datenquellen

Können MND einen positiven Beitrag in der Verkehrsplanung leisten?

3 Fokus und Inhalt der Studie

Im Rahmen der Studie wird untersucht, ob und inwieweit Mobile Network Data einen positiven Beitrag zur Verkehrsplanung leisten können.

Das zentrale Ziel dieser Studie ist das Aufzeigen von Potenzialen zur Nutzung von Mobilfunkdaten und nicht die abschließende Bewertung des Marktpotenzials. Um unnötige Einschränkungen an dieser Stelle zu vermeiden, wird auch von einer eindeutigen Definition des Planungsbegriffes abgesehen. Erwähnt sei jedoch, dass der Begriff Verkehrsplanung im Rahmen der Studie neben der langfristigen Infrastrukturplanung auch Teile der direkten Verkehrssteuerung beinhaltet. Weiterhin werden in Beispielen sowohl straßen- als auch schienengebundene Verkehre behandelt. Im Bereich des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) wird in Ausschnitten auch die Angebotsplanung und Serviceentwicklung sowie die Einnahmeaufteilung in den Planungsbegriff inkludiert. Die textlichen Bausteine der Studie wurden aus semi-strukturierten Experteninterviews, einer Desktoprecherche, sowie durch zusätzliche Gespräche mit Marktteilnehmern generiert.

Um die Bereiche der Verkehrsplanung und die möglichen Potenziale umfangreich abdecken zu können, wurden für die Studie 18 Experten der Verkehrsplanung interviewt, welche die Sichtweise von Gebietskörperschaften, Unternehmen, Interessensverbänden und der Forschung widerspiegeln.

Zur Einschätzung der Anwendbarkeit von MND in der Praxis, wird diese in den verschiedenen Kapiteln aus mehreren Perspektiven und auf Basis des Status Quo in der Planung beleuchtet:

Kapitel 4 **Zukünftige Anforderungen an Planungsdaten**

Das Potenzial der Nutzung von Mobilfunkdaten und auch anderer Datenquellen im Rahmen verkehrsrelevanter Analysen wird anhand der zukünftigen Herausforderungen im Verkehrssektor hergeleitet. Hierzu wurden Experten aus verschiedenen Planungsebenen befragt.

Kapitel 5 **Steckbriefe der identifizierten Datenquellen**

Beschreibt die in der Planung verwendeten Datenquellen in Steckbriefen, um die grundlegenden Unterschiede der Erhebungsmethoden aufzuzeigen und um in Kapitel 7 durchgeführten Datenvergleich vorzubereiten.

Können MND einen positiven Beitrag in der Verkehrsplanung leisten?

3 Fokus und Inhalt der Studie

- Kapitel 6** **Das Heute und Morgen der Planungspraxis**
Der Status Quo der Verkehrsplanung bezüglich Methoden und Aufwand wird diskutiert, um zu verstehen, in welchen Bereichen MND einen Mehrwert beisteuern könnten. Dabei wird auch auf die Nutzung neuer Datenquellen eingegangen.
- Kapitel 7** **Vergleich der Datenquellen**
Im Anschluss werden die verschiedenen aktuell und potenziell verfügbaren Daten anhand objektiver Kriterien miteinander verglichen, um aufzuzeigen, welche Aussagen mittels der Daten möglich und welche Potenziale generell vorhanden sind.
- Kapitel 8** **Erste Analysebeispiele der Pilotregion Stuttgart**
Um die Möglichkeiten durch MND in diesem Kontext besser einordnen zu können, werden anhand der Pilotregion Stuttgart beispielhafte Analysen aufgezeigt.
- Kapitel 9** **Limitationen und Erweiterungen**
Die in den vorangegangenen Kapiteln gesammelten Einblicke werden anschließend verallgemeinert. Zusätzlich werden erste Aussagen zu potenziellen Anwendungsgebieten getroffen und Herausforderungen für die Nutzung von Mobilfunkdaten dargelegt.
- Kapitel 10** **Nächste Schritte**
Das letzte Kapitel behandelt die notwendigen nächsten Schritte. Dazu gehören die Entwicklung eines Angebotsmodells und die Herausstellung der besonderen Vorteile von MND.

Individualverkehr ohne weiteren Ausbau der physischen Infrastruktur muss ermöglicht werden

4 Zukünftige Anforderungen an Planungsdaten

Um identifizieren zu können, inwieweit sich MND bezüglich zukünftiger Herausforderungen und Anforderungen eignen, wurden die Experten zu den (zukünftigen) Herausforderungen der Verkehrsplanung befragt, zu den sich ergebenden Anforderungen an Planungsdaten, zu deren Datenwünschen sowie zu den Nutzungspotenzialen, welche sie durch innovative Daten sehen.

Gemeinsamer Tenor ist die Notwendigkeit eines intelligenten und ressourcenschonenden Verkehrs, da sich Infrastruktur nicht beliebig erweitern lässt.

„Die Zeiten des großen Infrastrukturausbaus sind vorbei. Wir müssen lernen, intelligent zu planen - mit der Infrastruktur, die wir bereits haben.“

Prof. Bernecker (Hochschule Heilbronn/ LOGWERT)

Die zukünftige Datenerfassung muss aus Sicht der Verkehrsplanung verstärkt den Auswirkungen des demografischen Wandels entgegen kommen. So wird dieser vermutlich zu einer Zunahme des motorisierten Individualverkehrs (MIV) führen, da ältere Personen hochmobil sind und der Pkw in vielen Fällen das attraktivste Fortbewegungsmittel darstellen wird.

Neben der Altersstruktur wandeln sich in Städten vor allem auch die Haushaltsstrukturen, welche massive Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten haben werden. Die zunehmende Individualisierung könnte generell zu höheren Ansprüchen an die Datenerfassung bzw. an die -quantität führen.

Bezüglich einer räumlichen Verortung der Herausforderungen wird vor allem noch größerer Handlungsbedarf auf der letzten Meile gesehen. Hier gilt es einerseits Informationslücken zu schließen sowie entsprechende Mobilitätsangebote (flexibel) aufeinander abzustimmen.

Für die kommenden Aufgaben und Herausforderungen sieht sich ein Teil der Experten bezüglich der zur Verfügung stehenden Daten bereits gut aufgestellt, zumindest für Fragestellungen der langfristigen Infrastrukturplanung. Denn hierfür sei es oft nicht nötig, eine Datenquelle mit hoher zeitlicher Auflösung zu haben. Spannend sei die zeitliche Differenzierung in vielen Fällen aber trotzdem. Gefragt sei vor allem eine hinreichende Interpretation von Daten.

„Geeignete Daten sind oft bereits vorhanden. Gefragt ist die richtige Interpretation. So zeigt die Verkehrslagekarte manchmal rot an und man interpretiert einen Stau, obwohl es sich nur um eine rote Ampel oder einen geschlossenen Bahnübergang handelt.“

Prof. Bernecker (Hochschule Heilbronn/ LOGWERT)

Intelligente Nutzung des aktuellen Verkehrsnetzes zentral

Mehr Individualverkehr durch alternde Bevölkerung

Zunahme kleinerer Haushalte als Herausforderung

Bestehende Lösungsansätze können durch neue Datenquellen verbessert werden

4 Zukünftige Anforderungen an Planungsdaten

Bei der Verkehrssteuerung muss es weiterhin um Stauvermeidung gehen, aber vor allem auch um die Verlässlichkeit des Verkehrs. So planen beispielsweise Reisende aufgrund der Unzuverlässigkeit meist einen Zeitpuffer bezüglich der Ankunftszeit ein. Diese Zeit ist stets verschwendet, denn selbst wenn man nicht im Stau steht und zu früh das Ziel erreicht, ist die hierfür einkalkulierte Zeit verloren.

Echtzeitdaten für Steuerung des ÖPNV und Individualverkehr sinnvoll

„Jeder kennt es: Ein Stau wird im Radio angesagt; man kommt dort hin und er ist schon gar nicht mehr da. Das sind Dinge, welche mit genaueren Echtzeitdaten einfach besser steuerbar sind.“

Heine (IHK Heilbronn-Franken)

Vor dem Hintergrund der Verkehrsmodellierung geht es neben der Datenqualität vor allem auch um die -quantität. Durch umfangreiche Daten zu tatsächlichen Reisen könnten die letzten Schwächen der Modelle – im Bereich der Verkehrsverteilung – beseitigt bzw. minimiert werden. Benötigt werden auch vor allem mehr Daten über den Wirtschaftsverkehr. Obwohl dieser Anteil nach Expertenschätzungen bis zu einem Viertel des Gesamtverkehrs beträgt, sind Informationen und Daten hierzu meist Mangelware. Eine gängige Meinung beim Güterverkehr ist, einfach mehr Verkehr auf die Schiene zu bringen. Doch wird oft nicht berücksichtigt, dass gerade dort Engpässe verortet sind.

Verkehrsmodelle können durch Big Data validiert und bestehende Lücken geschlossen werden

In Bereichen des ÖPNV und der regionalen Planung besitzt die bedarfsorientierte Planung einen hohen Stellenwert, z. B. bei der Erweiterung von Liniennetzen und der hierfür benötigten dynamischen Daten.

„War das Motto früher ‚wenn wir eine U-Bahn bauen, dann werden die Leute diese schon nutzen‘, so muss heute der Schwerpunkt auf einer nutzerzentrierten und vor allem flexiblen Bereitstellung von Mobilität liegen, um Bedarfe in Zukunft wirklich decken zu können.“

Braun (Fraunhofer IAO)

Man spricht heute auch vom Zeitalter der Nischenprodukte. Durch heutige Erhebungen können aber Nischen nur bedingt abgebildet werden, da oft nur kleine Stichprobengrößen an Erhebungsdaten vorliegen, welche entsprechend skaliert werden und nur einen Durchschnittswert abbilden. Gerade durch flächendeckende Daten, welche das tatsächlich Mobilitätsverhalten abbilden, besteht zukünftig die Möglichkeit, Nischenmärkte ausreichend zu bedienen.

Planungszeiträume im ÖPNV könnten flexibilisiert werden, bei vorliegen umfangreicher Echtzeitdaten

4 Zukünftige Anforderungen an Planungsdaten

Echtzeitdaten könnten ebenfalls dazu beitragen, die Fuhrparke der ÖPNV-Betriebe flexibler auszurichten. Würden umfassende Informationen über die Mobilitätsströme zur Verfügung stehen, z.B. zu welchem Zeitpunkt sich wo und wie viele Personen bewegen, könnten Fahrzeuge – unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten – besser und mit passender Fahrzeuggröße eingeplant werden.

Auch bietet sich die Möglichkeit, Angebote dynamischer zu gestalten. So werden Fahrpläne momentan meist für ein gesamtes Jahr aufgestellt. Durch Daten, die in kürzeren Anständen erhoben werden, könnte auch eine häufigere Anpassung erfolgen, die bedarfsorientiert ausgerichtet ist.

Ein umfangreicheres Serviceangebot im ÖPNV wäre zukünftig ebenfalls denkbar. Aktuell sind die zur Verfügung stehenden Daten noch ein wichtiges Kriterium bei Ausschreibungen. Hätten alle die gleiche Datengrundlage, so wäre dies passé und man müsste sich andere Wettbewerbsvorteile zu eigen machen.

„Hätten alle Verkehrsunternehmen bei Ausschreibungen die gleichen Datenquellen von den Verkehrsverbänden, so wäre dies kein Wettbewerbsvorteil für den Altbetreiber mehr. Man müsste sich andere Alleinstellungsmerkmale erarbeiten, wie z. B. mehr Service.“

Volmer (ETC Transport Consultants)

Für den Bereich des ÖPNV – Angebotsplanung und Einnahmenaufteilung – sowie für die Verkehrssteuerung seien dynamische Daten aller Art in Zukunft unerlässlich. Wünschenswert wäre beispielsweise die flächendeckende Verbreitung von E-Tickets, um eine größere Datenbasis zu erhalten. Allerdings stellt sich auch hier die Frage der Identifikation einzelner Reisen, wenn z. B. eine Monatskarte vorliegt. Gewünscht wird auch die zunehmende Nutzung von mobilen Endgeräten zur Erfassung von Mobilitätsdaten wie z. B. durch Apps, den integrierten GPS-Empfänger oder durch Mobilfunkdaten.

Insgesamt wurde der Wunsch geäußert, zukünftig mehr dynamische Daten zu erhalten, welche genauere Aufschlüsse über tatsächliche Mobilitätsmuster geben können. Gewarnt wurde aber auch vor einer reinen „Datenflut“. Denn ein Mehrwert wird am Ende nur geschaffen, wenn die Informationen richtig interpretiert werden können und auch tatsächlich neue Erkenntnisse bzw. realisierbare Optionen schaffen.

Echtzeitdaten ermöglichen neue, kurzfristigere Planungshorizonte

Eine neutrale Datenquelle schwächt den Lock-in-Effekt bei öffentlichen Vergaben

Planer haben den Wunsch nach mehr dynamischen Daten

Fünf verschiedene planungsrelevante Datentypen wurden identifiziert

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen

Das Nutzungspotenzial von MND in der Verkehrsplanung hängt fundamental von den Stärken und Schwächen der weiteren, verfügbaren und nutzbaren Datenquellen ab. Im Folgenden werden die durch Literaturrecherchen und durch die geführten Interviews identifizierten planungsrelevanten Datenquellen in einem einseitigen Steckbrief anhand von Anwendungsbereichen, Kosten und Einschränkungen vorgestellt, bevor sie in Kapitel 7 verglichen werden.

Strenggenommen handelt es sich bei FCD, MGD und MND nicht um Datenquellen, sondern um Daten bzw. Verfahren und Systembeschreibungen. Da aber die bloße Beschreibung der Quelle – z.B. GPS-Signal aus einem Pkw – den systemischen und flächendeckenden Charakter und somit die Vorteile bereits etablierter Produkte nicht herausstellen würde und die entsprechenden Ausdrücke bereits als Fachtermini etabliert sind, werden diese im Rahmen der vorliegenden Studie als Datenquellen bezeichnet.






Datenquelle	Kurzbeschreibung	
Befragungen	Aktiv durch direkte Befragung eines Reisenden erhobene Informationen. In der Planung am weitesten verbreitet.	
Automatische Zählstellen	Beinhaltet alle lokal fixierten technischen Zählmechanismen wie z. B. Induktionsschleifen und Kameras, sowohl infrastruktur-, als auch fahrzeuggebunden.	
Floating Car Data (FCD)	Direkt in Fahrzeugen gewonnene GPS-Bewegungsdaten durch fest verbaute oder mitgeführte Module.	
Mobile GPS Data (MGD)	Durch Mobiltelefon erhobene GPS-Daten – meist gekoppelt an Applikation.	
Mobile Network Data (MND)	Aus der Netzwerkkommunikation von Mobilfunkanbietern entnommener Datensatz. Geolokation über Zuordnung zu Mobilfunkzellen.	

Tabelle 2:
Übersicht und
Kurzbeschreibung
der identifizierten
Datenquellen

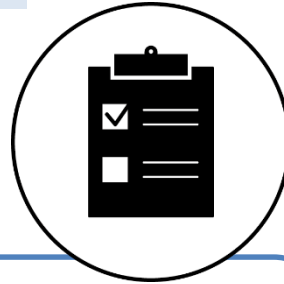
Die Datenquellen unterscheiden sich in wichtigen Eigenschaften fundamental

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen

Die genannten Datenquellen unterscheiden sich besonders im Informationsgehalt der generierten Daten. Dies ist die Basis für den Vergleich der Stärken und Schwächen in Kapitel 7. Während FCD, MGD und MND auf Trajektorien verschiedener Verkehrsteilnehmer basieren, messen Zählstellen punktuell die Anzahl von Verkehrsteilnehmern. Befragungen hingegen sind erinnerungsbasierte Mitschriften von Wegen, die von den Reisenden angegeben werden. Die Datenquellen unterscheiden sich zusätzlich in Ortungsgenauigkeit und in der Abdeckung von Verkehrsmitteln.



Abbildung 2: Datenquellen und Wegeketten



Definition

Befragungen sind die am häufigsten angewandte Methode zur Informationserfassung für die Verkehrsplanung. Erfragt werden meist zurückgelegte Wege und die hierfür genutzten Verkehrsmittel sowie im Bereich des ÖPNV ebenfalls die genutzten Tickets. In Westdeutschland hat sich der Standard der „Kontinuierlichen Erhebung zum Verkehrsverhalten“ (KONTIV) und in Ostdeutschland das „System repräsentativer Verkehrsbefragungen“ (SrV) etabliert.

Anwendung und Vorteile

Befragungen für verkehrsplanerische Zwecke werden durch Verkehrsverbände, Kommunen oder Regionen organisiert. Die eigentliche Befragung wird meist durch einen Subunternehmer durchgeführt. Gerade im Bereich ÖPNV liefern Befragungen wertvolle Erkenntnisse, da sie noch immer die einzige zuverlässige Quelle sind, welche Auskunft über den tatsächlichen Zweck der Fortbewegung und über das genutzte Ticket geben.

Kosten

Aufgrund des hohen Personaleinsatzes und der aufwendigen Erhebungen sind für Befragungen und deren Auswertungen Kosten von mehreren hunderttausend Euro die Regel. Bei einer face-to-face Befragung von 500 bis 1000 Personen werden ca. 18 Euro pro Person berechnet. (vgl. SDI-Research, 12.10.2016). Im Vergleich zu den anderen Erhebungsmethoden sind Befragungen somit mit einem erheblichen Kostenmehraufwand verbunden.

Erhebungsmethodik und Messfehler

Die gewonnenen Informationen stützen sich auf das Erinnerungsvermögen des Befragten. Um Messfehler zu vermeiden, müssen die Fragen eindeutig sein. Bei Interviews werden 15 % weniger Wege erfasst als bei postalischen Befragungen. Eine große Schwäche ist das subjektive Zeitempfinden der Interviewten. Bei ca. zwei Drittel der ÖV-Nutzer beträgt die Abweichung von der angegebenen Wegedauer zur tatsächlichen weniger als 10 Minuten. Die Wartezeit am Bahnsteig wird hingegen um 95 % überschätzt (vgl. Brög 2000).

Automatische Zählstellen

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen



Definition

Automatische Zählstellen erfassen durch verschiedene Prinzipien die Anzahl der Verkehrsteilnehmer und teilweise auch Informationen zum Verkehrszustand. Unterschieden wird zwischen on-board Zählstationen – in ÖPNV-Fahrzeugen – und stationären Zählstellen an Straßen. Die gängigste Variante der stationären Zählstellen sind in die Straße eingelassene Induktionsschleifen. Durch die Änderung des Magnetfelds werden Fahrzeuge registriert und es wird auch zwischen verschiedenen Typen unterschieden.

Anwendung und Vorteile

Zählstellen liefern wertvolle Informationen zur Kapazitätsauslastung im ÖPNV und im straßengebundenen Verkehr. Aufgrund der Echtzeitverfügbarkeit der Daten werden diese auch in der Verkehrssteuerung eingesetzt. Zwar kommen hier auch andere Ansätze infrage, aber nur durch Zählstellen werden alle vorbeifahrenden Fahrzeuge erfasst und nicht nur eine Stichprobe.

Kosten

Für die Errichtung und Installation von Dauerzählstellen fallen laut der Stadt Köln (Stadt Köln, 29.09.2016) Kosten von etwa 5.000 Euro pro Zählstelle an. Die Kosten für die Datenbereitstellung und den Austausch der Batterie betragen jährlich nochmals 300 Euro (Wartung und Instandhaltung nicht mit eingeschlossen). Bei den über 1.500 bundeseigenen Zählstellen (vgl. bast 2014) fielen somit einmalige Kosten von über 7,5 Millionen Euro sowie jährliche Kosten von mindestens 450.000 Euro an.

Erhebungsmethodik und Messfehler

Passiert ein Fahrzeug eine Induktionsschleife, so verändert sich das magnetische Feld. Durch die Art der Änderung kann auf verschiedene Fahrzeugtypen geschlossen werden. Die Unterscheidungsgenauigkeit zwischen Pkw- und Lkw-ähnlichen Fahrzeugen liegt bei 90 bis 97 %. Bei feineren Unterscheidungen des Fahrzeugtyps kann die Genauigkeit auf 80 % sinken.

Floating Car Data (FCD)

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen



Definition

Durch Floating Car Data (FCD) werden die Positionen von Fahrzeugen durch GPS erfasst und über mobile Kommunikation an eine Rechenzentrale weitergeleitet. Die Quellen von FCD können mitgeführte Navigationsgeräte bzw. hierfür genutzte Smartphones oder im Pkw fest verbaute Einheiten sein. Die Quellen von FCD sind oft Fahrzeugflotten. Verfügbare Endprodukte sind meist mit weiteren Datenquellen angereichert, z.B. auch MND.

Anwendung und Vorteile

Floating Car Data werden vor allem für die Verkehrssteuerung eingesetzt, da die Daten auch nahezu in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. So beruht die Genauigkeit der Routenplanung von Google Maps vor allem auf der massenhaften Einbindung von FCD. Für solche Anwendungen genügt auch, wenn nur eine Stichprobe der Fahrzeuge im aktuellen Verkehr FCD sendet, da die Bewegung des sendenden Fahrzeugs durch die anderen Fahrzeuge beeinflusst ist, z. B. bei Stau.

Kosten

Für FCD muss keine zusätzliche Hardware installiert werden. Diese ist bereits für Navigationszwecke vorhanden. Hieraus lässt sich ein Kostenvorteil für die Nutzung der Verkehrsdaten ableiten. Eine exemplarische Berechnung eines 30 km langen niederländischen Autobahnabschnitts ergab einen Kostenvorteil von über 360.000 Euro von FCD gegenüber stationären Zählstellen (Van den Haak & Emde 2016).

Erhebungsmethodik und Messfehler

Aufgrund der bekannten GPS-Ungenauigkeiten ist eine umfangreiche Nachprozessierung der Daten – wie z. B. Map-Matching – nötig. Laut INRIX (28.09.2015) weisen FCD aber die gleiche Präzision auf wie stationäre Detektoren. Falls Navigationsgeräte die Quelle von FCD sind, kann von einer Unterschätzung bestimmter Wege ausgegangen werden, da bei bekannten Strecken Autofahrer keine Navigation nutzen und folglich keine FCD generiert werden.

Mobile GPS Data (MGD)

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen



Definition

Als Mobile GPS Data (MGD) werden Positions- und Wegedaten bezeichnet, welche über GPS mit einem Smartphone aufgezeichnet werden, meist bei der Nutzung einer bestimmten App oder eines Dienstes. In Abgrenzung zu FCD handelt es sich um eine verkehrsträgerunabhängige Erzeugung von Daten. MGD werden überall dort aufgezeichnet, wo der Smartphone-Besitzer einen entsprechenden Dienst nutzt.

Anwendung und Vorteile

Die meisten Anwendungen beziehen sich auf die Erfassung von Pkw-Strecken und sind somit FCD zuzurechnen. Andere Anwendungen, z.B. Strava, erfassen Lauf- und Radstrecken. Größter theoretischer Vorteil von MGD ist die weite Verbreitung von Smartphones. Insgesamt ist die Positionserfassung per GPS durch Handys (engl. Mobiles) die weithin bekannteste Methode, was auch der ausschlaggebende Punkt zur Aufführung von MGD – getrennt von FCD – ist.

Kosten

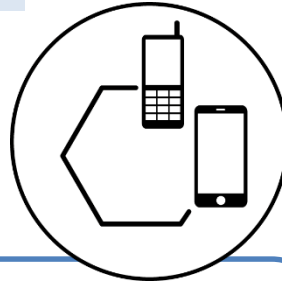
Bei MGD sind keine zusätzlichen infrastrukturellen und hardwareseitigen Maßnahmen nötig. Der Kostenrahmen für verkehrsplanerische Zwecke kann allerdings nicht abgeschätzt werden, da die Verfügbarkeit flächendeckender, kommerzieller Produkte mit Zugriff auf die Daten sehr beschränkt ist (außer bei Diensten, welche FCD zuzurechnen sind).

Erhebungsmethodik und Messfehler

Die auftretenden Fehler sind analog zu FCD zu betrachten. Hinzu kommt die fehlende Stromversorgung außerhalb von Pkw, was aufgrund der Akku-Belastung die Dauer und Häufigkeit der Nutzung von Apps zur Generierung von MGD weiter einschränkt. Auch sollte bedacht werden, dass manche Services weitere Methoden zur Positionsbestimmung (MND, Wifi) nutzen, was zu Abweichungen der Genauigkeit führen kann. Größter Nachteil hinsichtlich einer flächendeckenden Nutzung von MGD ist der sehr fragmentierte Markt.

Mobile Network Data (MND)

5 Steckbriefe der identifizierten Datenquellen



Definition

Bei Mobile Network Data (MND) handelt es sich um Verbindungsprotokolle, die bei der Kommunikation von Mobilfunkmasten und mobilen Endgeräten automatisch anfallen. Über die Zuweisung von Standortinformationen zu den Mobilfunkmasten kann somit die Position des mobilen Endgeräts bestimmt und die Reise des Geräts durch das Mobilfunknetz zurückverfolgt werden. Dem Planer werden die Daten anonymisiert und aggregiert zur Verfügung gestellt.

Anwendung und Vorteile

Der große Vorteil von MND ist die flächendeckende Verfügbarkeit von verkehrsmittelübergreifenden Wegeinformationen und -ketten mit hoher zeitlicher Auflösung. Kein anderer Datensatz ermöglicht momentan eine Differenzierung in diesem Ausmaß. Der Einsatz findet momentan meist noch im Rahmen von Pilotprojekten statt. Die Nutzung für Fragestellungen der Verkehrssteuerung und langfristiger Fragestellungen wie etwa im ÖPNV wird vorbereitet.

Kosten

Da zur Datenerhebung keine neue physische Infrastruktur geschaffen werden muss – denn die Daten werden ohnehin erhoben – besitzt der Ansatz der Verwendung von Mobile Network Data einen Kostenvorteil gegenüber anderen Methoden. Genauere Aussagen können erst zu dem Zeitpunkt getroffen werden, an dem die ersten Standardprodukte auf dem Markt verfügbar sind.

Erhebungsmethodik und Messfehler

Das Handysignal wird einem Masten und somit einer Mobilfunkzelle zugewiesen. Hieraus folgt, dass die maximale räumliche Auflösung von MND der Auflösung der Mobilfunkzelle entspricht – solange keine Datenveredelung vorgenommen wird. Abweichungen können entstehen, falls das Handy ausgeschaltet ist, mehrere Handys mitgeführt werden oder keines.

Realbeispiele wurden mit Experten detailliert diskutiert, um Anwendungsfelder neuer Datenquellen zu finden

6 Das Heute und Morgen der Planungspraxis

Um geeignete Anwendungsgebiete für MND aufzeigen zu können, gilt es zunächst den aktuellen Aufwand und Umfang bei Verkehrserhebungen zu bestimmen.

In der Literatur und Leitfäden zur Planungspraxis (vgl. z. B. Köhler 2013, bast 2010 und FGSV 2012) wird die klassische Befragung in Kombination mit Verkehrszählungen als probates Mittel für Zwecke der Verkehrsplanung aufgeführt und angesehen. Neben den jeweiligen Unterschieden einzelner, regionaler Befragungen (vgl. Blechschmidt et al. 2015) kam es – begründet durch die deutsche Geschichte – generell zur Entwicklung zweier unterschiedlicher Befragungsstandards. So wurde in Westdeutschland die „Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten“ (KONTIV) und in Ostdeutschland das „System repräsentativer Verkehrsbefragungen“ (SrV) etabliert (Badrow 2000). Insgesamt können die spezifischen Befragungen und deren praktische Umsetzung je nach Fragestellung, Anwendungszweck und Ressourcen äußerst unterschiedlich ausgestaltet sein.

Auf den praktischen und regulären Einsatz von FCD, MGD und MND im deutschsprachigen Raum wird meist nur punktuell eingegangen, da viele Vorhaben noch einen experimentellen Charakter aufweisen. Automatische Zählstellen sind mittlerweile weit verbreitet.

Auf den folgenden Seiten wird anhand von Beispielen aus verschiedenen Planungsebenen der Status quo der Nutzung verschiedener Datenquellen in der angewandten Praxis dargestellt. Der Hauptteil der Informationen stammt aus den durchgeführten Experteninterviews und fasst die Antwort auf folgende Frage zusammen:

„Welche Datenquellen nutzen Sie für Ihre Planung und wie werden diese erhoben?“

Die Aussagen aus den Experteninterviews wurden punktuell durch Informationen aus Literaturrecherchen ergänzt. Aufgrund der großen regionalen und institutionellen Unterschiede bei der Datennutzung und -erhebung sollen keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden. Stattdessen wurden wenige Praxisbeispiele mit den jeweiligen Experten in der entsprechenden Tiefe diskutiert, um Anwendungspotenziale einer neuen Datenquelle zu erarbeiten.

Handbücher
fokussieren
Befragungen und
automatische
Zählstellen als
Datenquelle

Es handelt sich
bei den folgenden
Fallbeispielen um
reale Planungs-
fälle der Experten

Befragungen sind auch in der Anwendung die Hauptdatenquelle aller Planungsebenen

6.1 Reale Planungsbeispiele

Neben regional begrenzten Befragungen werden auch **deutschlandweite Erhebungen** durchgeführt, wie z. B. die MID - Mobilität in Deutschland (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2010). Nach der letzten Befragung 2008 findet im Jahr 2016 eine neue Erhebung statt (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 25.09.2016). Als Grundlage zum Kraftfahrzeugverkehr wurde 2010 die deutschlandweite Erhebung „Kraftverkehr in Deutschland“ durchgeführt (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012).

Für die landesweite Straßenverkehrszählung 2010 wurde in **Baden-Württemberg** an über 5.000 Stellen gezählt, davon handelte es sich nur bei 150 Stationen um automatische Dauerezählstellen (Pozybill 2009). An den verbleibenden Stellen wurde die Zählung noch manuell durchgeführt.

Für Planungen auf der Ebene der **Region Stuttgart** fanden Befragungen zuletzt 2010 statt. Es haben sich damals rund 14.000 Personen an einer Haushaltsbefragung beteiligt und über ihr Mobilitätsverhalten während einer Woche berichtet. In der Befragung wurden rund 275.000 Wege der Befragten ermittelt. Durchgeführt wurden die Befragung und die Auswertung von einem Konsortium, bestehend aus mehreren Partnern.

Die **Stadt Heilbronn** plant etwa alle fünf bis zehn Jahre eine Verkehrserhebung. Diese werden durch Dienstleister oder mit der Unterstützung von Schülern durchgeführt. Für die letzte Befragung wurden an 40 Knotenpunkten Daten erhoben. Fahrzeuge wurden 24 Stunden gezählt, wobei sieben Fahrzeugtypen unterschieden wurden. Befragungen wurden innerhalb von vier Stunden durchgeführt. Generell wird dienstags, mittwochs und donnerstags außerhalb der Ferienzeit erhoben – meist in den Monaten September und Oktober. An zentralen Stellen der Stadt sind ebenfalls Induktionsschleifen verlegt. Allerdings ist deren Auswertung mit erhöhten personellen Kapazitäten verbunden.

Ein Befragungsrhythmus von etwa einem bis hin zu zehn Jahren wurde auch von der Intraplan Consult GmbH bestätigt. Auch konnte bestätigt werden, dass bereits zahlreiche Projekte im Bereich der Verkehrsplanung auf innovativen Datengrundlagen aufbauen und hierfür FCD und auch Mobilfunkdaten genutzt werden z.B. von Intraplan selbst.

Auf Bundesebene existieren Mobilitätsdaten v.a. auf Basis von (Groß-) Befragungen

Befragungsrhythmen liegen auf allen Planungsebenen zwischen 1 und 10 Jahren

ÖPNV-Anbieter nutzen Kombinationen aus Befragungen und automatischen Zählsystemen

6.1 Reale Planungsbeispiele

Befragungen sind für Anwendungszwecke des ÖPNVs ebenfalls weit verbreitet. So werden im Verbundgebiet des **Verkehrs- und Tarifverbundes Stuttgart (VVS)** jährlich bis zu 100.000 Personen in einem Teil des VVS-Verkehrsnetzes interviewt. In einer Art Rotationsverfahren ist jedes Jahr ein anderes Teilnetz Untersuchungsgegenstand. Befragt werden Fahrgäste in den Fahrzeugen des ÖPNV. Hierfür sind etwa 40 bis 60 vom VVS angeworbene Interviewer im Einsatz. Erfasst wird ausschließlich der zurückgelegte Weg im öffentlichen Verkehr (ÖV). Demnächst sollen auch automatische Zählsysteme innerhalb des ÖV im VVS eingesetzt werden.

Beim **Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg (VBB)** werden alle drei Jahre Befragungen speziell für die Zwecke der Einnahmeverteilung durchgeführt. Zusätzlich finden für planerische Zwecke jedes Jahr Befragungen an bestimmten Verkehrsknoten und Stationen statt. So wurden 2016 an 63 Bahnhöfen etwa 45.000 Fahrgäste persönlich befragt. 2015 waren es an 49 Bahnhöfen 35.000 Interviews und 2014 etwa 25.000 Interviews an 47 Bahnhöfen. Durchgeführt werden die Erhebungen an normalen, unbeeinflussten Wochentagen außerhalb der Ferienzeit. Im Bereich des Schienenverkehrs stehen in Berlin und Brandenburg zusätzlich die Fahrgastzahlen durch automatische Fahrgastzählsysteme zur Verfügung.

Im Einzugsgebiet des **Heilbronner, Hohenloher und Haller Nahverkehr (HNV)** wird der Einnahmeanspruch der Verkehrsunternehmen teilweise durch Befragungen ermittelt. Es ist angestrebt, diese alle vier bis fünf Jahre durchzuführen. Zurückgegriffen wird ebenfalls auf externe Dienstleister. Erprobt wurden zusätzlich bereits Verfahren zur automatischen Fahrgasterfassung, ebenso Auswertungen relationsbezogener Fahrscheinverkäufe auf der Basis elektronischer Tickets. Allerdings beziehen sich nur zehn Prozent der Tickets auf elektronische Systeme und der Rest auf klassische Papiertickets. Somit ist die Anzahl an E-Tickets für weitere Planungsschritte oder Zwecke der Einnahmeverteilung momentan noch zu gering.

Die **National Express Rail GmbH** ist ein privater Anbieter des schienengebundenen ÖV. Neben herkömmlichen Befragungen werden in allen Zügen Systeme zur automatischen Fahrgastzählung eingesetzt. Aufgrund der geringen Nutzung elektronischer Tickets ist man aber weiterhin auf die klassischen Befragungen angewiesen. In einem zweijährigen Turnus werden jeweils mehrere zehntausend Fahrgäste befragt. Erfasst wird stets der komplette Weg innerhalb des schienengebundenen Verkehrs und in Abhängigkeit des Tarifs auch der Vor- und Nachlauf mit Bussen oder die Anreise zur Station ohne Erhebung von Quelle und Ziel.

ÖPNV-Anbieter befragen jährlich mehrere zehntausend Personen in den Verkehrsmitteln

E-Ticketing-Daten sind in Deutschland durch die geringe Verbreitung häufig noch nicht planungsrelevant

Der notwendige Personaleinsatz bei Befragungen ist weiterhin sehr hoch

Auch bei der Erfassung der Straßen- auslastung nimmt die Bedeutung automatischer Zählstellen zu

6.1 Reale Planungsbeispiele

Durch die maBinso software GmbH konnte die zunehmende Bedeutung automatischer Fahrgastzählssysteme im ÖPNV bestätigt werden. Zwar gäbe es noch einige weiße Flecken auf der Landkarte, aber eine Bedeutungszunahme ist erkennbar. Generell sei auch eine Verschiebung von der Einnahmeverteilung hin zur Planung bezüglich automatischer Zählssysteme spürbar.

Zunahme der Investitionen in automatische Zählstellen im ÖPNV und auf Straßen

Um Informationen über den Verkehrszustand (z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit) zu erhalten, wurden in den letzten Jahren zahlreiche Investitionen im Bereich stationärer Zählssysteme (Syn. Zählstellen) auf Straßen getätigt (vgl. Schnieder 2007). Automatische Zählssysteme dienen nicht nur den Aufgaben der Verkehrsplanung, sondern auch dem Bereich der Verkehrssteuerung. Während zum Einsatz von Zählstellen innerhalb des ÖPNV keine verlässlichen Zahlen vorliegen, lässt sich dies für Stationen zur Erfassung des Fahrzeugverkehrs vergleichsweise gut abbilden. So befanden sich 2013 insgesamt 1.502 automatische Zählstellen in Bundesbesitz, davon 725 an Autobahnen und 777 an Bundesstraßen (BASt 2013).

Anhand der kreisfreien Großstädte in Baden-Württemberg zeigt sich, dass die Abdeckung mit Zählstellen dort noch sehr gering ist. So verfügten 2014 maximal zehn Prozent der Netzabschnitte der Landes- und Kreisstraßen in Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg und Heilbronn über Zählstellen (Pozybill 2014) – Tendenz jedoch steigend.

Alle Beispiele für Verkehrserhebungen haben gemeinsam, dass sie trotz geringer Erhebungshäufigkeit sehr kostenintensiv sind. So fallen für die reine Erhebung der Daten durch Befragung und manuelle Zählungen zwischen hunderttausend und einer Million Euro pro Zyklus an. Für die Auswertung kann ein weiterer sechsstelliger Betrag hinzukommen. Ist für die Weiterverwendung ein neues oder angepasstes Verkehrsmodell nötig, so ist hier ebenfalls mit Mehrkosten im Bereich mehrerer hunderttausend Euro zu rechnen. Werden detailliertere Informationen zu Teilbereichen, wie dem Wirtschaftsverkehr benötigt, so können nochmals Zusatzkosten in ähnlicher Höhe entstehen.

Kosten für mittelgroße Datenerhebungen liegen immer im sechs- bis siebenstelligen Bereich

Obwohl die genannten Beispiele den Eindruck erwecken, dass mit Befragungen und automatischen Zählstellen nur zwei unterschiedliche Datenquellen zum Einsatz kommen, zeigen aktuelle Beispiele und auch die Projekte von Dienstleistern wie z. B. der Intraplan Consult, dass das Portfolio an Datenquellen weitaus größer ist und stetig wächst.

Ebenfalls in der Planung verwendet: Mobilfunkdaten, Daten aus Apps und Floating Car Data (FCD)

6.1 Reale Planungsbeispiele

Um Informationen über den Oberflächenzustand von Straßen zu erhalten, werden in Italien im Rahmen des **Projekts SmartRoadSense** Vibrationen während der Fahrt mit dem Auto per Handy über den Accelerometer (Beschleunigungssensor) registriert und in Kombination mit der GPS-Position an eine zentrale Plattform gesendet. Dadurch wird ein landesweites Straßenzustandssystem bereitgestellt.

Besser bekannt und weiter verbreitet sind Angebote von **Google Maps** und **Waze**, welche aus den erhobenen GPS-Daten der jeweiligen Applikation die aktuelle Verkehrslage errechnen und ihren Nutzern zur Verfügung stellen. Diese Daten sind **Floating Car Data (FCD)** bzw. MGD zuzurechnen. Kommerzielle Anbieter solcher Daten, die häufig mit Daten aus weiteren Quellen angereichert werden, sind z. B. **INRIX** und **TomTom**. INRIX arbeitet seit 2014 mit dem US-Bundestaat Iowa zusammen, welcher die Daten sowohl zur direkten Verkehrssteuerung, als auch zur langfristigen Analyse von Verkehrswegeengpässen und zur Infrastrukturplanung nutzt (inrix.com, 07.11.2016).

Als weiteres Anwendungsbeispiel konnte durch die Analyse von und die Steuerung mit FCD zwischen Lugano und Chiasso eine effiziente Geschwindigkeitsharmonisierung auf einer Strecke mit drei Tunneln erreicht werden (toscano.ch, 25.10.2016). Im Landkreis Berchtesgadener Land sowie in den österreichischen Bundesländern Tirol und Salzburg wird aktuell gemeinsam die Nutzung von FCD für die Verkehrssteuerung erprobt (ist-austriawest.at, 25.10.2016). Als Vorreiter auf diesem Gebiet gilt das Land Dänemark, welches bereits komplett auf die Nutzung von FCD umgestellt hat (inrix.com, 10.11.2016).

Auch die Nutzung von **Mobilfunkdaten i.S.d. MND**, beginnt allmählich Einzug in verkehrsrelevante Bereiche zu erhalten. Im Rahmen eines Pilotprojekts der Stadt Nürnberg zusammen mit Telefónica Deutschland und Teralytics werden Schadstoffausstöße anhand von Bewegungsmustern berechnet (swisscleantech.ch, 25.10.2016).

In der Schweizer Gemeinde Pully werden Mobilfunkdaten des Anbieters Swisscom zur Verkehrszählung genutzt, da diese unabhängig vom Verkehrsträger sind und somit über die Verweildauer in der Innenstadt auch langfristige Maßnahmen, z. B. im Bereich Städtebau, abgeleitet werden können (itmagazine.ch, 25.10.2016). In der Elfenbeinküste wurden bereits Vorschläge zum Ausbau des Busliniennetzes erarbeitet, indem städtische Bewegungsströme anhand von Mobilfunkdaten analysiert wurden (trendexplorer.com, 25.10.2016).

Daten aus Apps werden v.a. privaten Nutzern zur Verfügung gestellt

In der Planung am weitesten verbreitet sind kommerzielle FCD

MND werden bereits in Pilotprojekten eingesetzt

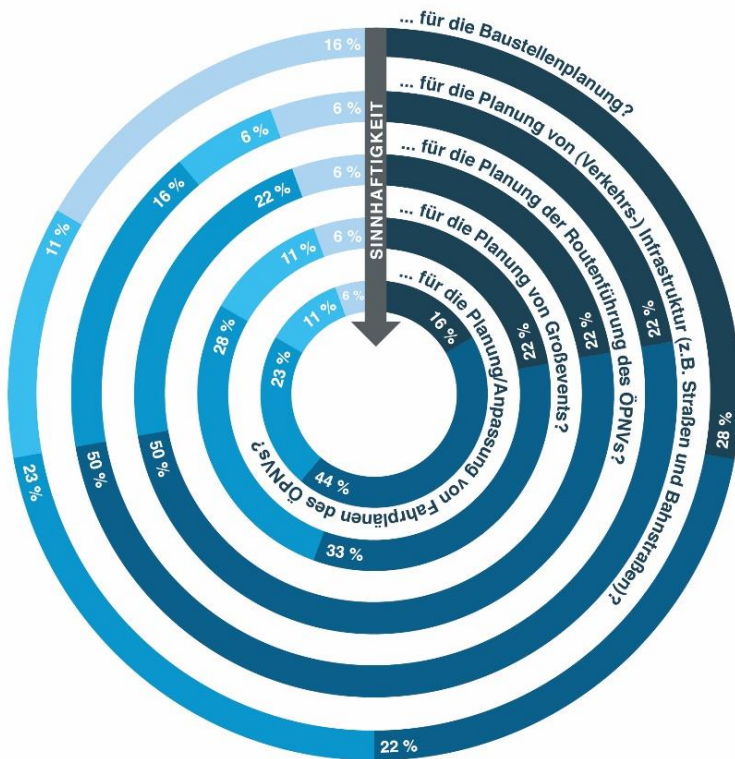
Eine Vielzahl möglicher Anwendungsfelder für MND ist denkbar

6.2 Potenziale und Anwendungsfelder von MND

Aus den durchgeführten Experteninterviews und ersten realen Anwendungsbeispielen ergeben sich viele mögliche Aussagen zum Potenzial der Mobilfunkdaten. Diese Potenziale werden anhand objektiver Kriterien und erster Analysebeispiele in den kommenden Kapiteln weiter behandelt.

Die Experten haben in einem Kurzfragebogen die Datenquelle fast ausnahmslos als nutzenstiftend eingestuft. Abbildung 3 fasst die Ideen zur Nutzung von MND in der Planung, sowie deren Potentialbewertung zusammen und soll vor allem die Vielschichtigkeit möglicher Anwendungsgebiete darstellen.

Wie sinnvoll erachten Sie im Allgemeinen die Nutzung von Mobilfunkdaten ...



94%

der Befragten erachten die Nutzung neuer (Echtzeit-) Datenquellen in der Verkehrsplanung als sehr sinnvoll und sinnvoll.

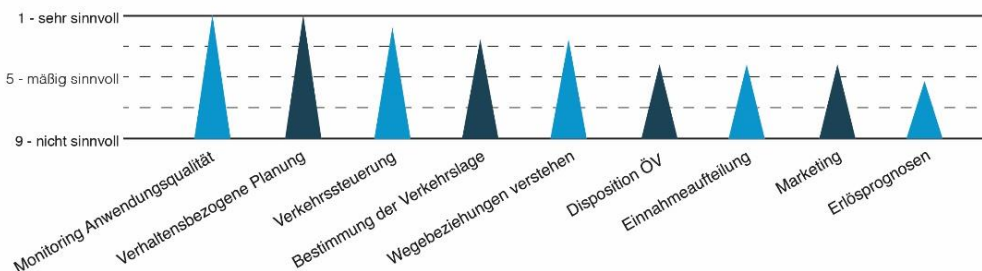
72%

der Befragten erachten die Nutzung von Mobilfunkdaten in der Verkehrsplanung im Allgemeinen als sehr sinnvoll und sinnvoll.

Abbildung 3: Expertenbewertung von MND (N=18)

- **Sehr sinnvoll**
Bewertung mit 1
- **Sinnvoll**
Bewertung mit 2 und 3
- **Mäßig sinnvoll**
Bewertung mit 4 und 5
- **Wenig sinnvoll**
Bewertung mit 6 und 7
- **Nicht sinnvoll**
Bewertung mit 8 und 9

Bewertung eingebrachter Ideen



Kostenersparnis und Umfang der Daten als Hauptvorteile

6.2 Potenziale und Anwendungsfelder von MND

Eine große Chance wird in MND gesehen, um die Anzahl der sehr ressourcen- und somit auch kostenintensiven Befragungen zu reduzieren. Bezüglich anfallender Kosten wirkt sich zusätzlich positiv aus, dass im Vergleich zu anderen Erhebungsverfahren keine zusätzliche, physische Erhebungsinfrastruktur errichtet werden muss, da die Daten ohnehin bereits erhoben werden.

„Vorstellbar wäre, Erhebungen ökonomischer zu gestalten. Durch ergänzende Mobilfunkdaten könnte sich die Stichprobengröße der zu Interviewenden und die Frequenz der durchzuführenden Folgerhebungen verkleinern, was zu einer deutlichen Kostenreduktion führen könnte.“

Dr. Schubert (Intraplan Consulting)

Die bestehenden Logiken in etablierten Verkehrsmodellen sind vielfach getestet und validiert. Aufgrund der teilweise sehr geringen Stichproben bei den Eingangsdaten und weiterer unbekannter Größen, besteht dennoch der Bedarf die Modelle, Ansätze sowie die Ergebnisse zu plausibilisieren bzw. neue Ansätze zu integrieren.

„Gerade für die Nutzung und Entwicklung von Verkehrsmodellen wären solche Daten gut einsetzbar. Denn heute bildet man die Verkehrsnachfrage vor allem anhand von Strukturdaten ab. Hier mehr Qualität zu schaffen nutzt allen.“

Dr. Lönhard (Verband Region Stuttgart)

Besonders geeignet sind MND insgesamt auch im Hinblick auf aktuelle Aufgabenbereiche, welche einen relativ kurzen zeitlichen Vorlauf haben – wie dies etwa bei der Verkehrssteuerung der Fall ist – und wo Informationen über alle Verkehrsträger benötigt werden. Gerade im Bereich kurzer Entscheidungshorizonte wären auch schnell verfügbare *predictive* Lösungen hilfreich. So könnten etwa bei Volksfesten und Großereignissen die Besucherströme besser gesteuert werden, vor allem wenn ungeplante Komplikationen auftreten. Ebenso könnten anschließend durch MND die Personenströme über aller Verkehrsmittel hinweg analysiert werden, um abzuschätzen, ob die richtigen Entscheidungen getroffen wurden.

Bei Fragestellungen, welche nur den straßenengebundenen Verkehr betreffen, wären FCD theoretisch besser geeignet, jedoch eröffnen MND die Möglichkeit, die Situationen noch früher hervorzusehen. Die FCD-Aufzeichnungen beginnen erst bei der Autofahrt. Dann kann es schon zu spät sein, um auf herannahende Ereignisse wie Stau reagieren zu können. Durch Mobilfunkdaten könnte man die Verkehrsdynamik theoretisch aber schon erfassen, bevor die Menschen sich ins Auto setzen und losfahren.

Es ist keine Installation physischer Komponenten durch den Anwender notwendig

Durch MND kann die Verkehrsverteilung nicht nur simuliert sondern tatsächlich erfasst werden

MND ermöglicht die Steuerung unter Einbezug aller Verkehrsträger

Mehrwert und höhere Wirtschaftlichkeit durch Flexibilität der MND

6.2 Potenziale und Anwendungsfelder von MND

Für spezifische Fragestellungen des ÖPNVs ergeben sich ebenfalls zahlreiche Anwendungsfälle. So könnten Erhebungen ebenfalls einfacher durchgeführt werden und es lägen erstmalig auch Informationen über Nicht-Nutzer vor.

Die hohe räumliche und zeitliche Auflösung eröffnet deshalb Analysepotenziale im Bereich der Angebotsplanung des ÖPNV. So könnten die Einzugsgebiete der vorhandenen Haltestellen bestimmt und in Kombination mit Wegen von Nicht-Nutzern neue Haltestellen und Linien bedarfsorientierter geplant werden.

Neben dem bedarfsorientierten Ausbau des Liniennetzes ergeben sich auch Möglichkeiten hinsichtlich des Marketing. Ist das Mobilitätsverhalten bzw. die Verkehrsmittelwahl von Personengruppen mit einem bestimmten Ziel (z.B. Arbeitsort) durch MND bekannt, so kann angedacht werden, den Unternehmen am Zielort ÖPNV-Firmen-Tickets oder Ähnliches anzubieten, wenn z.B. ÖPNV-Kapazitäten vorhanden sind und nicht genutzt werden.

Denkbar wäre durch die Unterstützung von MND beispielsweise auch ein häufigerer Fahrplanwechsel, um auf besondere Situationen und Schwankungen reagieren zu können – solange die hierfür nötigen Kapazitäten gegeben sind.

Bessere
Abbildung der
schlafenden
Nachfrage durch
MND

„Wenn man dynamische Daten hätte, die auch unterjährig ausgewertet werden können, dann bestünde die Option Netz- und Fahrpläne auch in kürzeren Zyklen anzupassen.“

Teske (maBinso software)

Wertvoll und sinnvoll wären für den ÖPNV Mobilfunkdaten ebenfalls für die Einnahme- bzw. Erlösaufteilung unter den Verbänden und Verkehrsunternehmen. Da die Erlösaufteilung im ÖPNV zunehmend auf Nettoverträgen basiert, sind umfangreiche Details zur Nutzung der Verkehrsmittel und der zurückgelegten Wege nötig. Hier wird momentan vor allem mit der Hochrechnung von Stichproben gearbeitet.

Anwendung im
Rahmen der
Einnahmeauf-
teilung möglich

„Im Rahmen eines innovativen Einnahmeaufteilungsverfahrens wäre es z. B. denkbar, die Mobiltelefonaten in Form von gefahrenen Personenkilometern als Verteilungskriterium zu nutzen.“

Gross (HNV)

Der Einsatz von Mobilfunkdaten für die Erlösaufteilung ist aber an bestimmte Bedingungen geknüpft. So ist der sinnvolle Einsatz der Daten maßgeblich von der Genauigkeit und Differenzierbarkeit der Verkehrsmittel abhängig. Ebenso bleibt selbst mit genauen Mobilfunkdaten offen, welches Ticket der einzelne Reisende nutzt.

Können Mobilfunkdaten andere Datenquellen vollständig ersetzen?

6.2 Potenziale und Anwendungsfelder von MND

Insgesamt werden übergreifend zwei generelle Vorteile bzw. Potenziale bei Mobilfunkdaten gesehen:

- Durch die flächendeckende passive Erhebung, werden große Kostenvorteile im Vergleich zu anderweitigen Erhebungsmethoden erwartet.
- Durch Mobilfunkdaten können – vor allem aufgrund der verkehrsmittelübergreifenden Aussagekraft und dem vorliegen tatsächlich gemessener Informationen – neue Erkenntnisse und Wirkzusammenhänge aufgezeigt werden, die derzeit auf Modellbasis nur abgeschätzt werden können.

MND könnten also für verschiedene Phasen der Verkehrsplanung und -steuerung sowie in verschiedenen Bereichen sinnvoll und mit Mehrwert eingesetzt werden. So können bereits bei der Datenerhebung Kostenvorteile erzielt werden, da sich die Anzahl an Befragungen reduzieren ließe und keine zusätzliche physische Infrastruktur zur Generierung von MND nötig ist. Zwar werden Befragungen auch in Zukunft nicht obsolet werden, da diese wichtige Zusatzinformationen liefern, dennoch könnten diese durch die Nutzung von Mobilfunkdaten reduziert werden. Im Rahmen von Analyse, Modellierung und Simulation kommt vor allem die Quantität von MND zum tragen, welche für die Plausibilisierung von Modellen und vor allem zur Ableitung der Verkehrsverteilung genutzt werden kann.

Neue Möglichkeiten ergeben sich auch für Fragestellungen und Ziele, welche hinter den Erhebungen stehen. So ist bei entsprechender Differenzierbarkeit der Daten ein positiver Beitrag im Rahmen der Erlösaufteilung zu erwarten. Vor allem aber durch Erkenntnisse über momentane Nicht-Nutzer im Bereich des ÖPNV könnten MND zur bedarfsorientierten Angebotserweiterungen oder zu neuen Marketingstrategien beitragen.

„Momentan basieren Aussagen zur >>schlafenden Nachfrage<< überwiegend auf Modellrechnungen. Mobilfunkdaten könnten einen Ansatz liefern, diese erstmalig umfangreich zu messen.“

Knöllner (VVS)

Weitere Anwendungsbereiche werden in der Erfassung des Fernverkehrs und der Identifizierung von Wirtschaftsverkehren gesehen sowie in der Analyse der Auswirkungen von Spontan- und Großereignissen und der Schaffung einer Datengrundlage zum Thema *Park and Ride*.

Insgesamt werden sich das konkrete Potenzial von MND sowie noch ausstehende Anwendungsfelder aber letztendlich erst final bestimmen lassen, wenn entsprechende Analyse-Tools und Algorithmen entwickelt und entsprechende Veredelungen vorgenommen wurden. Dies sind auch die Schritte, welchen sich die Datenanbieter momentan widmen.

Im ersten Schritt sollten bestehende Analysen von Kunden ergänzt und nicht ersetzt werden

Realisierung vieler zusätzlicher Potentiale über Entwicklung neuer Algorithmen

Das Potenzial einer Datenquelle ist vor allem von den Alternativen abhängig

7 Vergleich der verschiedenen Datenquellen

Datenquellen lassen sich anhand einer Vielzahl von Kriterien unterscheiden. Ein höherer Detail- oder Differenzierungsgrad oder eine höhere räumliche und zeitliche Auflösung muss aber nicht unbedingt „besser“ sein. In diesem Kapitel soll eine Auswahl objektiver Kriterien als Basis eines Vergleichs dienen und weitere qualitative Vergleiche in den folgenden Kapiteln vorbereiten. Der spezifische Anwendungsbereich der jeweiligen Methode wird in diesem Kapitel nicht berücksichtigt. Aufgrund der Vielzahl an Erfassungsmethoden bzw. Varianten werden nur die in den vorherigen Kapiteln erarbeiteten Datenquellen miteinander verglichen:

- Befragungen
- Automatische Zählstationen
- Floating Car Data (FCD)
- Mobile GPS Data (MGD)
- Mobile Network Data (MND)

Die Ausprägungen der Kriterien beziehen sich bei MND vorrangig auf Aussagen der **Telefónica Deutschland** und bei FCD auf Informationen der großen kommerziellen Anbieter wie **INRIX**, **TomTom** und **HERE**. Bei automatischen Zählstellen wird aufgrund der Vielzahl der vorhandenen Technologien eine Querschnittsbetrachtung zugrunde gelegt. Bei Befragungen und MGD wird aufgrund des fragmentierten Marktes ebenfalls ein Querschnitt betrachtet.

Basierend auf vorhandener Literatur, den Experteninterviews und einem internen Expertenworkshop wurden folgende Bereiche zum Vergleich identifiziert:

- Abdeckung und Stichprobe
- Qualitative Aussagen und Zusammenhänge
- Verkehrszustand
- Datenverwendbarkeit

Für jedes Kriterium wurden die fünf gelisteten Datenquellen verglichen und in drei bis fünf Subkategorien anhand einer vierstufigen Skala bewertet.

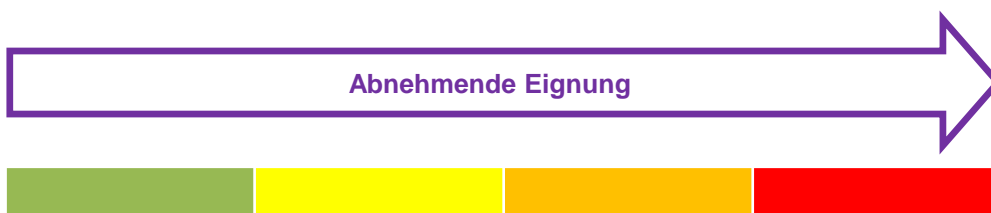


Abbildung 4:
Bewertungsskala
Datenvergleich

Mobile Network Data besitzen von allen Datenquellen die größte Stichprobe

7.1 Vergleich der Abdeckung und Stichprobe

Nicht alle relevanten Kriterien sind aus den Daten selbst ersichtlich. Doch gerade die Informationen über die Stichprobe sowie über die räumliche und zeitliche Abdeckung bilden wichtige Indikatoren, aus denen sich letztendlich die Aussagekraft der Daten bzw. deren Interpretation ableiten lassen.






	Befragung 	Automatische Zählstellen 	Floating Car Data (FCD) 	Mobile GPS Data (MGD) 	Mobile Network Data (MND) 
Erhebungs-rhythmus	nach Bedarf (Zeitraum meist Jahre)	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich
Zeitliche Abdeckung	zeitlich begrenzter Ausschnitt	24-Stunden Betrieb	nur während der Fahrt	Handy eingeschaltet Nutzung der Applikation	nur bei eingeschaltetem Telefon
Stichprobenumfang und -auswahl	meist niederer Prozentbereich	alle Fahrzeuge an Standort d. Zählstelle	< 1 % der Fahrzeuge und weitere Sensorik	Nutzer der Applikation	ca. 20-50 % der Bevölkerung
Räumliche Auflösung	meist Adress- oder Postleitzahl-genau	punktuell, abhängig von Anzahl Detektoren	bis auf wenige Dezimeter	bis auf wenige Dezimeter	100 m bis mehrere km
Räumliche Abdeckung	abhängig von der Befragung (Nachbarschaft bis bundesweit)	an vordefinierten Punkten	ca. 100 %	ca. 100 %	ca. 100 %

Tabelle 3:
Datenvergleich,
Abdeckung und
Stichprobe

Bezüglich der zeitlichen Abdeckung bzw. Auflösung der Datenerhebung zeigt sich ein klarer Vorteil der automatisierten Methoden gegenüber der Befragung. Während sich Ausprägungen von FCD, MGD und MND sehr ähnlich sind, unterscheiden sich Zählstellen durch die stationäre Installation und die daraus resultierende Einschränkung auf punktuelle Erhebungen.

Konventionelle Erhebungsmethoden müssen zunehmend kostenintensiv nachgebessert werden

7.1 Vergleich der Abdeckung und Stichprobe

Bei Mobilfunk, FCD und MGD hingegen werden die Daten durch die sich bewegendende Objekte selbst generiert. Größte Schwäche bei Befragungen ist die im Vergleich zu den anderen Erfassungsmethoden seltenere Durchführung sowie der relativ kurze Zeitabschnitt, welcher bei einer Erhebung abgefragt wird.

„Eine zentrale Herausforderung bei den klassischen schriftlichen, telefonischen oder webgestützten Befragungen zum Mobilitätsverhalten stellt die geringe Antwortbereitschaft (Ausschöpfungsquote) der Teilnehmer dar, die besonders seit den 1990er Jahren infolge der intensiveren Marktforschung weiter gesunken ist. Darüber hinaus müssen Repräsentativität und Selektivität immer überprüft werden. Werden zu viele Fragen gestellt, können bei den Befragten zudem Ermüdungserscheinungen auftreten, die zu einem unvollständigen Datensatz führen. In diesem Zusammenhang können Folgeuntersuchungen einige der auftretenden Verzerrungen (Schweigeverzerrung, Antwortausfall, Stichprobenausfall) mindern. Generell erfordern Mobilitätserhebungen anspruchsvolle Nachbearbeitungen, die meist sehr personalintensiv ist und kaum Automatisierungen erlaubt, um den Anspruch der Repräsentativität zu genügen.“

Prof. Vallée (RWTH Aachen University)

Ein weiteres zunehmendes Problem stellt die zunehmend schwindende Antwortbereitschaft von Probanden bei Befragungen dar. Die notwendigen Nachbesserungen sind äußerst zeit-, personal- und damit kostenintensiv. Die Extrapolation der Stichprobe ist damit teuer und komplex.

Die Stichprobenauswahl bestimmt das Vorgehen zur Extrapolation der Informationen auf die Grundgesamtheit bzw. die Gesamtbevölkerung. Die Zusammenhänge sind hier sehr komplex und nicht bei allen Datenquellen hinreichend wissenschaftlich untersucht. Durch die äußerst hohe Verbreitung von Mobiltelefonen in Deutschland von über 100 % (im Durchschnitt hat jeder Deutsche mehr als ein Mobiltelefon) ist der Auswahlfehler hier wohl am geringsten, bei der Betrachtung des anbieterübergreifenden Marktes.

Die räumliche Auflösung wird in dieser Kategorie nur in Bezug auf die Genauigkeit untersucht. Darin haben die GPS-basierten Datenquellen FCD und MGD, sowie die bekannte Verortung der Zählstellen einen Vorteil gegenüber den ungenaueren MND. Die Problematik des Datenschutzes, die mit dieser genauen Ortung einhergeht, wird in Kapitel 7.4 weiter behandelt.

Mobilfunkdaten besitzen den geringsten Auswahlfehler

Notwendige qualitative Zusatzinformationen müssen aktiv erhoben werden

7.2 Vergleich qualitativer Aussagen und Zusammenhänge

Für Fragestellungen der Verkehrsplanung sind vor allem qualitative Aussagen als Grundlage weiterführender Simulationen notwendig, um beispielsweise verbesserte Angebote oder neue Services und Linien im Bereich des ÖPNVs planen zu können. Durch die Identifizierbarkeit gewisser Muster von Teilgruppen der Stichprobe können Rückschlüsse auf Mobilitätsverhalten sowie -bedürfnisse geschlossen werden.






	Befragung 	Automatische Zählstellen 	Floating Car Data (FCD) 	Mobile GPS Data (MGD) 	Mobile Network Data (MND) 
Verkehrsmittelerfassung	alle	spezifische Verkehrsinfrastruktur oder Verkehrsmittel	nur motorisierte Fahrzeuge	alle im Netz des Anbieters	alle im Netz des Anbieters
Soziodemografische Zusatzinformationen	uneingeschränkt erfragbar	nicht verfügbar	nicht verfügbar	theoretisch in Applikation erfragbar	über Vertragskunden eingeschränkt verfügbar
Erfassung Wegezwecke	uneingeschränkt erfragbar	nicht möglich da punktuelle Messung	durch weitere Analysen möglich	durch weitere Analysen möglich	durch weitere Analysen möglich
Repräsentation Reisekette	wird durch Befragung zeitlich verschoben erfasst (i.d.R. nicht vollständige Reisekette)	nicht möglich	nur KFZ-Strecke wird erfasst	kompletter Weg des Handys durch das Mobilfunknetz	kompletter Weg des Handys durch das Mobilfunknetz

Tabelle 4:
Datenvergleich,
Qualitative
Aussagen und
Zusammenhänge

FPD, FCD und MND fehlen wichtige Informationen zur Demografie

7.2 Vergleich qualitativer Aussagen und Zusammenhänge

Die Unterschiede der Daten und Erhebungsmethoden bezüglich qualitativer Zusammenhänge sind sehr groß. Im Vergleich zu den Kriterien der Abdeckung kann nun aber nicht mehr pauschal zwischen automatisierten und nicht automatisierten Ansätzen unterschieden werden. Am wenigsten geeignet für die Analyse qualitativer Zusammenhänge sind automatische Zählstellen. Es können zwar am Standort verschiedene Fahrzeugtypen unterschieden werden, der Weg durch das Zählstellennetz ist allerdings nicht nachvollziehbar.

Bei FCD ist zwar die Identifikation von Verkehrsmitteln möglich, aber nur für den straßengebundenen Verkehr. Der schienengebundene ÖPNV oder Fahrradfahrer werden z. B. nicht erfasst. Die komplette Erfassung aller Wege und Verkehrsmittel kann theoretisch durch Befragungen erfolgen. Bei ÖPNV-Fahrgast-Befragungen werden aus Effizienzgründen oft nur die Wege erfragt, welche die Nutzung des ÖPNVs betreffen. Die Erfassung aller Wege inklusive Fußgänger, Radverkehr und schienengebundenen ÖPNV ist also nur bei den beiden Erhebungsmethoden aus mobilen Endgeräten möglich. Diese wiederum besitzen nur eingeschränkt demografischen Zusatzinformationen, die für weiterführenden Analysen notwendig sind.

„Floating Car-Daten erlauben die Erfassung von Bewegungsprofilen und Geschwindigkeiten, woraus sich bei signifikanter Stichprobengröße die Kapazität und Belastung des städtischen Netzes ableiten lassen. Hierdurch lassen sich jedoch keine Aussagen über die Anzahl der Mitfahrer oder den Zweck der Fahrt generieren. Auch sind diese Daten nur eingeschränkt repräsentativ, da die Nutzergruppen nicht näher bestimmt werden können.“

Prof. Vallée (RWTH Aachen University)

Floating Car Data sind zur Erfassung des Verkehrszustandes am besten geeignet

7.3 Möglichkeit der Abbildung des Verkehrszustands

Für Fragestellungen der Verkehrssteuerung sind Informationen über den aktuellen Verkehrszustand von größter Wichtigkeit. Aber auch für planerische Zwecke mit langfristigerem Hintergrund sind Informationen z.B. zur Verkehrsstärke bedeutend, um die Auslastung von Straßen ableiten zu können.






	Befragung 	Automatische Zählstellen 	Floating Car Data (FCD) 	Mobile GPS Data (MGD) 	Mobile Network Data (MND) 
Erfassung Geschwindigkeit	nicht möglich	je nach Technologie möglich	wird teilweise direkt erhoben	Bestimmung über GPS (und Beschleunigungssensor) möglich	Durchschnittsgeschwindigkeit für Zellenübergang
Erfassung Verkehrsstärke und Dichte	nicht möglich	erfassbar	nicht möglich	über Dichte der Mobilfunkgeräte abschätzbar	über Dichte der Mobilfunkgeräte abschätzbar
Erfassung Stau und verschwendete Zeit	nicht möglich	je nach Technologie für gewisse Wegeabschnitte möglich	häufig Hauptzweck der Datenerhebung	häufig Hauptzweck der Datenerhebung	über Vergleichsanalysen für Wegeabschnitte

Tabelle 5:
Datenvergleich,
Verkehrszustand

Für die Erfassung numerischer Größen zur Beschreibung des Verkehrszustands sind Befragungen absolut ungeeignet. Während bei Induktionsschleifen nur Momentanwerte wie die aktuelle Geschwindigkeit erfasst werden können, kann bei Mobilfunkdaten nur das arithmetische Mittel basierend auf der zurückgelegten Distanz in Abhängigkeit der Zellengröße ermittelt werden. Bei beiden Ansätzen fehlen wichtige Kenngrößen wie etwa die Beschleunigung. Flächendeckend möglich sind solche Aussagen nur durch die Nutzung von FCD. Durch FCD kann im Gegensatz zu automatischen Zählstellen auch eine korrekte Stauerfassung erfolgen, da es sich hierbei um höchst dynamische Prozesse handelt, welche durch stationäre Systeme nicht vollständig erfasst werden können. Aussagen zur Verkehrsstärke und -dichte können mit FCD aufgrund der geringen Stichprobengröße am Gesamtverkehr allerdings nicht getroffen werden.

Datenschutz und Nutzbarkeit bei MND sind vergleichsweise positiv ausgeprägt

7.4 Vergleich der Datenverwendbarkeit

Abschließend wird die Datenverwendbarkeit verglichen. Diese wurde auch von den interviewten Experten als eines der Hauptkriterien für die praktische Anwendung in der Verkehrsplanung genannt. Sie setzt voraus, dass die Daten in geeigneter Form einfach zugänglich sind und gleichzeitig den steigenden Ansprüchen der Nutzer an den Datenschutz genügen.






	Befragung 	Automatische Zählstellen 	Floating Car Data (FCD) 	Mobile GPS Data (MGD) 	Mobile Network Data (MND) 
Zugänglichkeit und Beschaffungsaufwand der Daten	verschiedene Ansprechpartner bei Gebietskörperschaften	verschiedene Ansprechpartner bei Gebietskörperschaften	wenige zentrale Ansprechpartner	wenige Ansprechpartner (bei FCD-Nutzung)	wenige zentrale Ansprechpartner
Daten als (Sekundär-)Produkt verfügbar	ja (wegen Datenschutz oft eingeschränkt)	ja (meist kostenlos)	ja (kommerziell)	keine Informationen	derzeit im Aufbau (je nach Anbieter)
Harmonisierungspotenzial	mittel, da spezifische Befragungen	hoch, da einfache numerische Datenstruktur	bereits harmonisiert	bereits harmonisiert	bereits harmonisiert
Anonymisierung	Erhebung personalisiert aber viel Erfahrung mit Anonymisierung	(meist) keine personalisierte Erhebung	starker Fokus der Anbieter	tlw. personalisierte Auswertung wegen Mehrwertangeboten	starker Fokus der Anbieter
Datenspeicherung	lokal bis national	lokal bis national	vorrangig weltweit zentral (je nach Anbieter)	Weltweit, tlw. nicht nachvollziehbar	vorrangig national

Tabelle 6: Datenvergleich, Datenverwendbarkeit

Das Vorhandensein weniger, zentraler Ansprechpartner begünstigt einen vereinfachten Beschaffungsvorgang. Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass die Datenbestände eines Anbieters in der gleichen Art und Weise harmonisiert werden. Allerdings stellen einige Anbieter die Daten an sich nicht zur Verfügung, sondern integrieren diese lediglich in ihre Dienste.

Der Ort der Datenspeicherung, als eines der zentralen Elemente eines effektiven Datenschutzes, lässt sich teilweise nur schwer nachvollziehen.

Datenschutz und Nutzbarkeit bei MND sind vergleichsweise positiv ausgeprägt

7.4 Vergleich der Datenverwendbarkeit

Bezüglich der Datenverwendbarkeit weisen fast alle Ansätze ähnliche Ausprägungen auf. Bei MGD sind momentan keine Rohdaten zu erwerben. Bei MND befinden sich Vertriebswege gerade im Aufbau und Standardprodukte in der Entwicklung.

Während die Datenspeicherung von MGD zentralisiert geschieht bzw. nur schwer nachvollziehbar ist, befinden sich MND je nach Anbietern auf dezentralen Servern. Die Zusammenarbeit der Datenanbieter mit den mit Datenschutz beauftragten Stellen ist durch entsprechende Dokumente und Berichte einsehbar.

„Eingesetzte Verfahren zum Datenschutz und die Anonymisierung neuer Technologien wie Call Detail Records oder Floating Phone-Daten müssen an den bereits etablierten Standards für Befragungen gemessen werden.“

Prof. Vallée (RWTH Aachen University)

Relevant für den Datenschutz ist ebenfalls der Unterschied bei der Genauigkeit der Ortung bei den automatisierten Technologien. Während FCD und MGD mit GPS-genauer Ortung arbeiten ist die exakte Position eines mobilen Endgerätes in einer Mobilfunkzelle nicht bestimmbar. Dies ist ein Vorteil i.S.d. Personalifizierbarkeit, jedoch ein Nachteil in Bezug auf die Genauigkeit aufbauender Analysen (vgl. Kapitel 7.1).

Für den Datenschutz wichtig ist auch zu welchem Zeitpunkt personalisierte Daten erhoben und für welche Entitäten diese personalisierbar sind. In der Diskussion um die Nutzung neuer Datenquellen wird häufig nicht bedacht, dass es sich bei Befragungsdaten bereits zum Zeitpunkt der Erhebung um personalisierte Daten handelt. MGD, FCD und MND sind häufig erst durch die Zuordnung von technischen Identifikationsnummern auf Personen rückvollziehbar.

Problematisch bei den trajektorienbasierten Datenquellen ist die langfristige Verfolgbarkeit von Einzelpersonen. Beim gesetzlich vorgeschriebenen Tracking von Taxen über GPS-Geräte wird diese Problematik über eine tägliche und nicht-nachvollziehbare Änderung der Identifikationsnummer der Geräte gelöst. Ähnliche Verfahren werden auch bei MND und FCD eingesetzt.

Über derartige Verfahren bei MGD ist wenig bekannt. Einige Mehrwertdienste entsprechender Datenprovider deuten aber darauf hin, dass diese Form der Anonymisierung nicht durchgehend praktiziert wird.

Zusammenfassend lässt sich in Hinblick auf MND sagen, dass ein erhebliches Potenzial für die Nutzung der Technologie unter Einhaltung hoher Datenschutzstandards möglich ist. Es besteht sogar die Möglichkeit ein Alleinstellungsmerkmal zu schaffen.

Keine Datenquelle kann alle Anforderungen der Planung alleine erfüllen

7.5 Zusammenfassung des Datenvergleichs

Es wurde deutlich, dass die verschiedenen Datentypen höchst unterschiedliche Eigenschaften haben und sich daher für unterschiedliche Fragestellungen eignen. Für eine Gesamtgegenüberstellung wurden die untersuchten Bereiche für jede Methode bzw. Datentyp getrennt bewertet. Die Gesamtbewertung der Kategorien wurde aus dem arithmetischen Mittel der Subkategorien errechnet.

	Befragung	Zählstellen	FCD	MGD	MND
Abdeckung, Stichprobe					
Qualitative Aussagen, Zusammenhänge					
Verkehrszustand					
Datenverwendbarkeit					

Tabelle 7:
Datenvergleich,
Gesamtbewertung

Deutlich wurde, dass keine der untersuchten Datenquellen den „perfekten“ Ansatz zur Lösung aller Herausforderungen im Bereich der Verkehrsplanung darstellt. Hieraus folgt, dass der konkrete Mehrwert einzelner Datenquellen aus einer genaueren Betrachtung spezifischer Fragestellungen und Anwendungsbereichen hervorgeht und dass vor allem versucht werden muss, die verschiedenen Datenquellen zu kombinieren, um von den unterschiedlichen Stärken zu profitieren.

Großes Potenzial liegt in der intelligenten Kombination der Datenquellen

Die genannten Eigenschaften der Datenquellen legen nahe, dass kurzfristig eine Kombination von FCD und Zählstellen das größte Potenzial für die Verkehrssteuerung beinhaltet.

Für multimodale kurzfristige und mittelfristige Planungen, in denen auch externe Einflussfaktoren eine bedeutende Rolle spielen, ist die Nutzung von Mobilfunkdaten in Kombination mit entsprechenden Befragungen am sinnvollsten. Je längerfristig die Planung jedoch ist, desto mehr Wert muss auf entsprechende Vorhersagemodelle gelegt werden, welche meist auf Basis von Befragungsdaten arbeiten und für MND noch nicht entwickelt wurden.

Stündliche Quelle-Ziel-Matrizen wurden im Rahmen dieses Kapitels ausgewertet

8 Erste Analysebeispiele

Zusätzlich zur Untersuchung des Potenzials von Mobilfunkdaten anhand objektiver Kriterien und der Meinung von Experten sollen in dieser Studie auch in kleinem Rahmen die praktischen Anwendungsmöglichkeiten von Mobilfunkdaten getestet werden. Dabei wurden vom Projektteam erfolgsversprechende Anwendungsfelder auf Basis selbst definierter und von den Experten eingebrachter Fälle generiert.

Auf Basis der Mobile Network Data (MND) der Telefónica Deutschland errechnete der Analysepartner der Studie, die Teralytics AG, stündliche Quelle-Ziel-Matrizen der Region Stuttgart auf Postleitzahlebene (PLZ-5). Weitere Daten auf PLZ-3-Ebene und PLZ-1-Ebene wurden für Baden-Württemberg bzw. ganz Deutschland über mehrere Monate zur Verfügung gestellt und gemeinsam ausgewertet.

Die Analysen beschränken sich auf die aufsummierten Anzahlen an Reisen zwischen Postleitzahlgebieten – ohne Unterscheidung von Verkehrsmitteln. Bei der Erstellung der Quelle-Ziel-Matrizen wurde ein Weg als beendet angenommen, wenn ein Endgerät nach einem mind. 2 km langen Weg eine Zelle für zwei Stunden nicht verlassen hat.

Inhärent konnte durch die genannten Limitationen nicht das volle Potenzial der Datenquelle untersucht werden. Weiterhin sind den Autoren nicht alle Berechnungsschritte der Voranalysen bekannt bzw. zugänglich.

Die Analysedaten beruhen auf echten Netzwerkevents und damit auf der realen Nutzung durch Kunden der Telefónica Deutschland. Deshalb sei an dieser Stelle noch einmal auf die Anonymität der Daten hingewiesen. Die Entwicklung des speziellen Anonymisierungsverfahren wurde von der Bundesbeauftragten für den Datenschutz und die Informationsfreiheit begleitet.

Da eine vollumfängliche Auswertung außerhalb des Zieles der Studie liegt, wurden vom Projektteam verschiedene Analysebeispiele festgelegt und auf den nächsten Seiten dargestellt:

- Gesamtbetrachtung der Verkehrsverflechtung Deutschlands
- Gesamtbetrachtung des Mobilitätsverhaltens (Vergleich zwischen morgens und abends) der Region Stuttgart
- Einflussanalyse des Cannstatter Frühlingsfestes auf das Mobilitätsverhalten
- Einflussanalyse des Stuttgarter Weindorfes auf das Mobilitätsverhalten

Im Rahmen der Studie werden keine Aussagen zur Qualität möglicher weiterführender Analysen getroffen. Die Beispiele werden in der oben genannten Reihenfolge kurz vorgestellt.

Unterschiedliche räumliche Auflösungen der Quelle-Ziel-Matrizen in Abhängigkeit der Größe des Zielgebietes

Die folgenden Analysen beruhen auf echten Netzwerkevents realer Mobilfunknutzer

Die Analysen wurden von der Teralytics AG und Telefónica Next durchgeführt

Verkehrsmittelübergreifend zeigt sich das deutsche „C“ entlang der Hauptverkehrsadern

8 Erste Analysebeispiele

Abbildung 5 zeigt die Quelle-Ziel-Matrizen für ganz Deutschland über einen beispielhaften Montag und über alle Verkehrsträger (v.a. Straße, Schiene und Flugzeug). Die in der Verkehrsforschung bereits bekannte „C“-Form der Hauptverkehrsströme wird gut sichtbar. Diese führt von München nach Stuttgart, dann über Frankfurt und das Ruhrgebiet nach Hamburg und schließlich Berlin.

Dabei werden auch unterschiedliche Zentralisierungsgrade von bestimmten Regionen sichtbar. Während in den Regionen um Berlin, Hamburg, Stuttgart und München ein Großteil der Wege in und durch die jeweiligen Stadtzentren verläuft, sind die Bewegungsmuster im Ruhrgebiet und im Rhein-Main Gebiet erheblich diffuser. Dies liegt zum Teil an der Gestaltung des Netzes des öffentlichen Verkehrs, welche in München und Stuttgart in Hauptstrecken durch die Innenstädte führen, sowie an der raumprägenden Siedlungsstruktur. In den neuen Bundesländern befinden sich die größten Verkehrsaufkommen zwischen Halle und Leipzig.

Die große Stichprobe von ca. 50% zeigt unterschiedliches Verkehrsverhalten um deutsche Großstädte

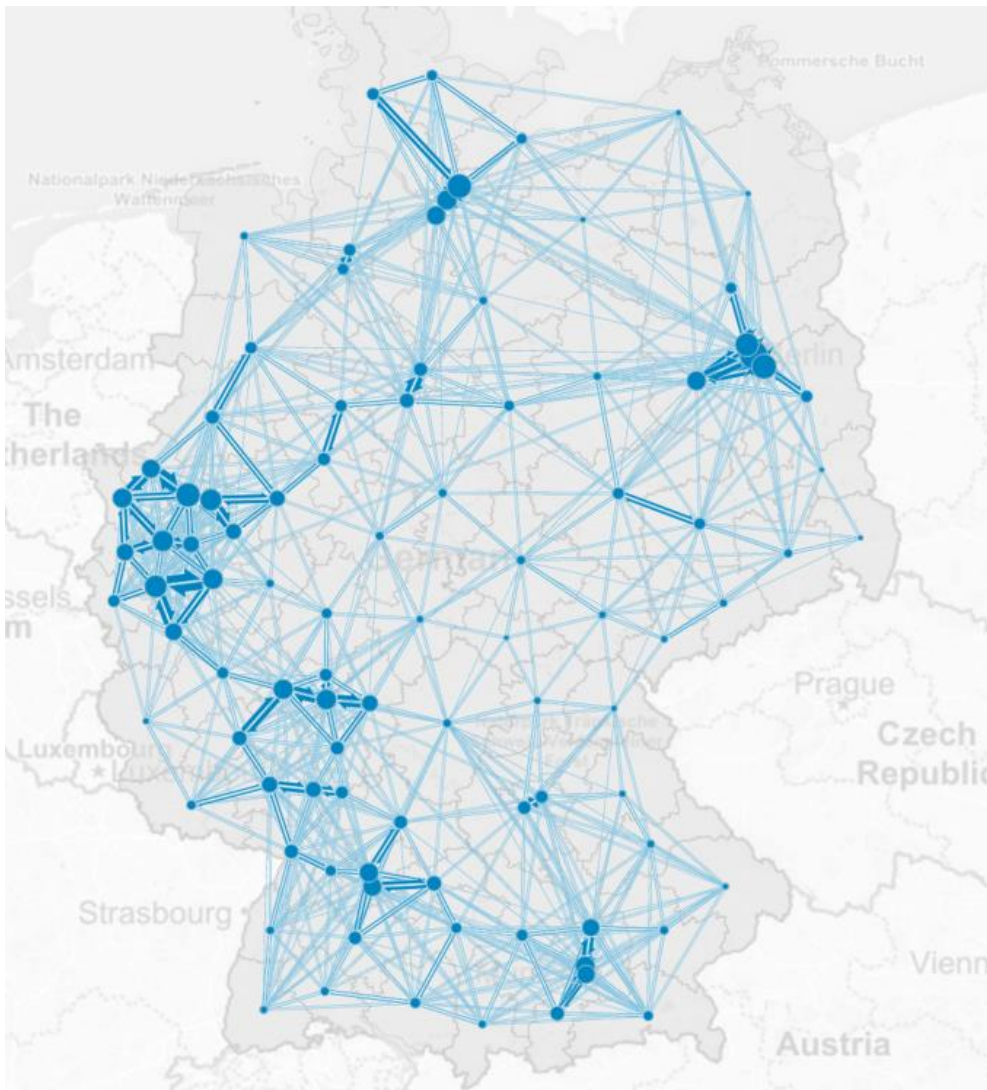


Abbildung 5: Verflechtungsmatrix innerdeutscher Reisen an einem beispielhaften Montag

Verkehrsverflechtungen in Stuttgart: Vergleich morgens und abends

8 Erste Analysebeispiele

Begründet durch den Megatrend >>Urbanisierung<< liegen viele der verkehrsplanerischen Problemstellungen in Ballungszentren. Eine der Regionen, die auch aufgrund der Feinstaubproblematik häufig genannt wird, ist Stuttgart als eines der größten Wirtschaftszentren Deutschlands. Abbildung 6 zeigt die Verkehrsströme in den Morgen- und Abendstunden. Auf den ersten Blick scheinen die Muster relativ diffus zu sein.

Stuttgart ist eine der wirtschafts- und verkehrsstärksten Regionen Deutschlands

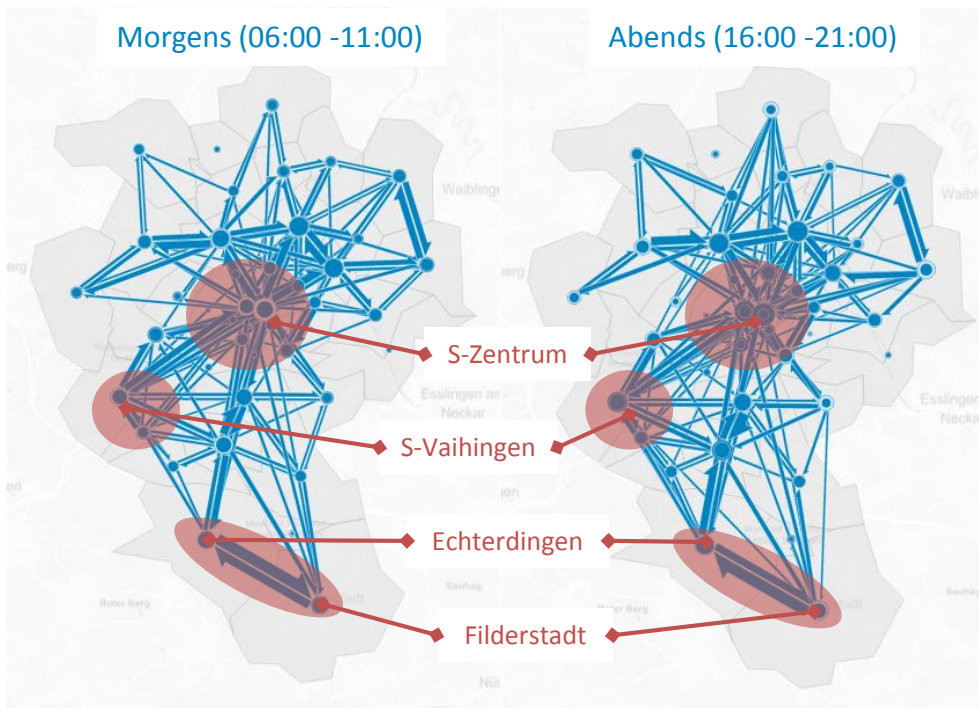


Abbildung 6: Verflechtungsmatrix von Pendlerverkehren in Stuttgart

Es lässt sich dennoch die starke Zentrierung des Verkehrs durch das Stuttgarter Zentrum erkennen, die vor allem durch die Kessellage der Innenstadt bedingt ist. Die im Süden der Landeshauptstadt markierte Verbindung zwischen Filderstadt und Echterdingen zeigt einerseits das hohe Verkehrsaufkommen zwischen den beiden Städten. Andererseits kann man hier die vorwiegenden Richtungen der Verkehre sehr gut erkennen: die Bewegungen von Filderstadt nach Echterdingen sind morgens um etwa ein Drittel höher als Bewegungen in die andere Richtung. Abends kehrt sich dieser Effekt dann zum Großteil um.

Geographische Gegebenheiten leiten viel Verkehr durch das Zentrum

Ohne weiter ins Detail gehen zu können, lässt sich anhand der Abbildung auch die gute Infrastruktur des öffentlichen Nahverkehrs und dessen Einfluss auf das Verkehrsverhalten der Pendler sehen. So zeichnen sich erhebliche Ströme zwischen Echterdingen und Vaihingen zum Stuttgarter Zentrum ab, die entlang einer Hauptader der Stuttgarter S-Bahnen liegen.

Sehr gute ÖPNV-Infrastruktur beeinflusst das Verkehrsverhalten: Wegstrecken sind erkennbar

Es wird deutlich, dass eine Aufteilung der Verkehrsströme nach Verkehrsträger bzw. Modus einen erheblichen Mehrwert für Verkehrsplaner bieten kann. Entsprechende Algorithmen werden beim Analysepartner bereits entwickelt und erprobt.

Das Canstatter Frühlingsfest: erheblicher Anstieg des Verkehrsaufkommens in das Gebiet des Volksfestes

8 Erste Analysebeispiele

Ein erheblicher Vorteil von Echtzeitdaten liegt auch darin, zeitlich begrenzte Events untersuchen zu können. Ein wiederkehrendes und aufgrund der Anziehungskraft planerisch relevantes Event ist das Frühlingsfest in Bad-Cannstatt auf dem Cannstatter Wasen. Abbildung 7 zeigt je nach Wochentag eine Erhöhung des Quelle-Ziel-Verkehrs um 10 bis 40 % im Vergleich zu einer Referenzwoche außerhalb der Volksfestzeit.

MND zeigen Erhöhung der Wege in das Volksfestgebiet um bis zu 40%

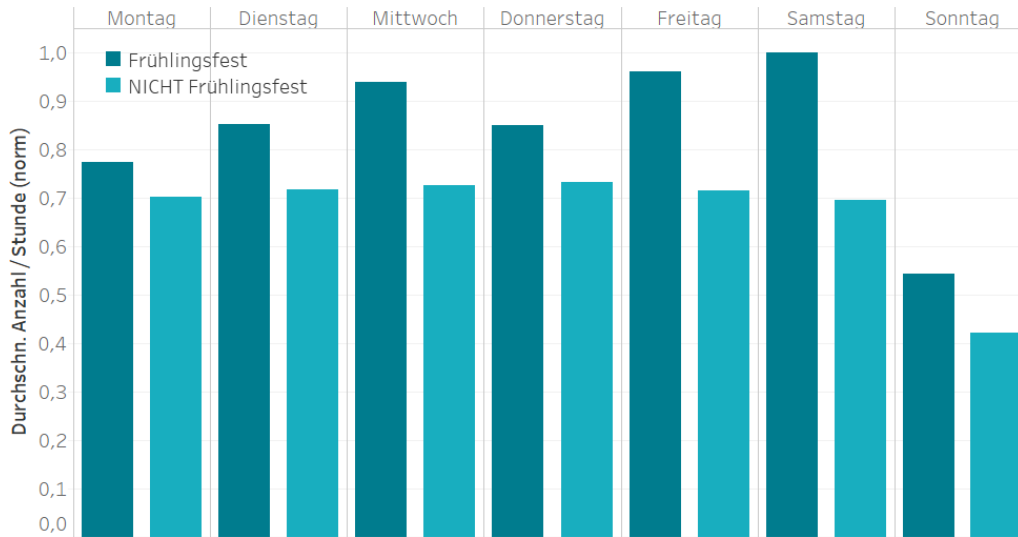


Abbildung 7: Verkehrsaufkommen von und nach S-Bad Cannstatt während und außerhalb des Volksfestes (täglich)

Die hohe zeitliche Auflösung der Daten erlaubt auch untertägige Analysen. In Abbildung 8 wurden die Daten in stündlicher Auflösung zwischen der Referenzwoche und dem Frühlingsfest verglichen. Die rot markierten Bereiche zeigen, dass sich die zusätzlichen Wege vor allem auf die (späten) Nachmittage der Wochentage und am Freitag und Samstag bis in die Morgenstunden der Folgetage fokussieren.

Zusätzliche An- und Abreisen vor allem am späten Nachmittag

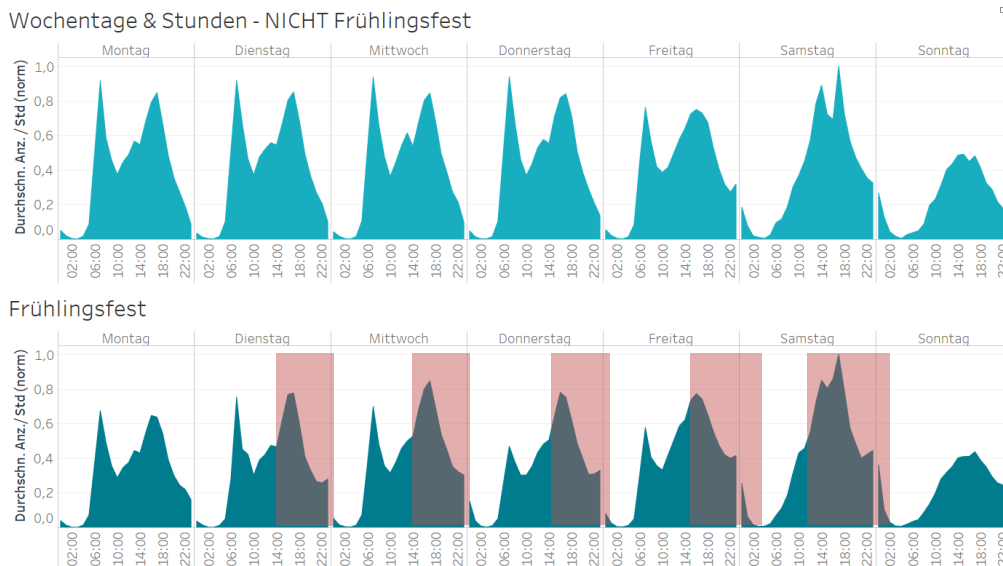


Abbildung 8: Verkehrsaufkommen von und nach S-Bad Cannstatt während und außerhalb des Volksfestes (stündlich)

Das Canstatter Frühlingsfest: weitere Einflussfaktoren (Wetter und Feuerwerk)

8 Erste Analysebeispiele

Für den Veranstalter und die Planer ist das Verständnis weiterer Einflussfaktoren auf die Höhe des Besucherstroms von zentraler Bedeutung. An dieser Stelle werden exemplarisch das Feuerwerk am 08. Mai 2016 als geplanter Einflussfaktor und das Wetter als externer und nicht beeinflussbarer Faktor untersucht.

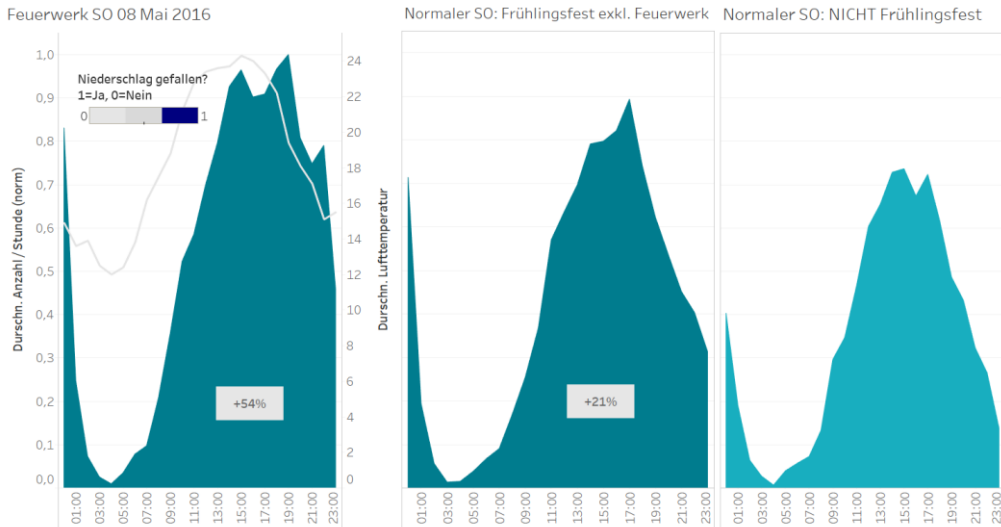


Abbildung 9: Zusätzliche Besucher durch Feuerwerk und Frühlingsfest

Abbildung 9 zeigt, dass im Vergleich zu einem normalen Sonntag, das Feuerwerk des Cannstatter Volksfestes über 50 % mehr Reisende in das Postleitzahlgebiet lockt. Abbildung 10 zeigt jedoch auch, dass es sich hier keinesfalls um einen der stärker besuchten Tage handelt. Die umsatzstärksten Tage waren bedingt durch die steigenden Temperaturen und die freien Tage der 04. und 06. Mai. Die verregneten Sonntage vor dem Feuerwerk hingegen lockten vergleichsweise wenige Württemberger nach Bad Cannstatt.

Einflüsse externer Faktoren lassen sich in den Daten sehr gut erkennen

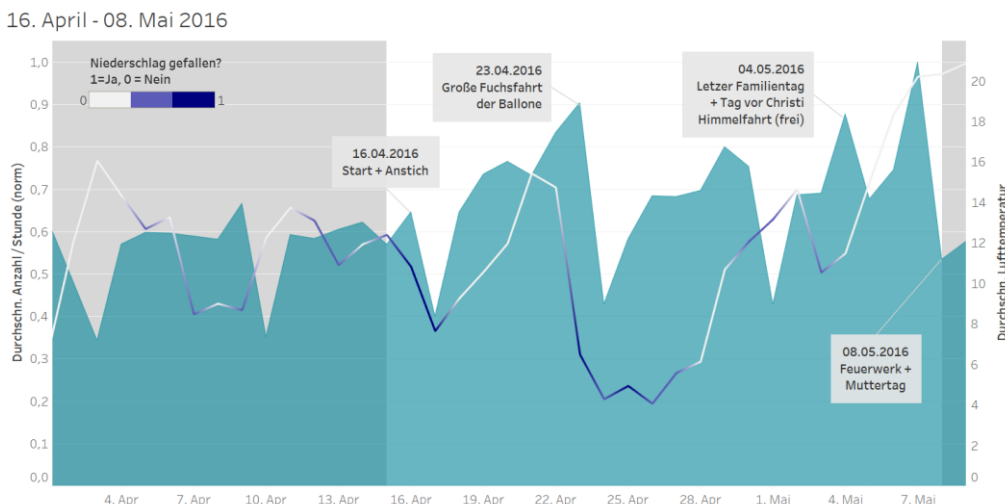


Abbildung 10: Einfluss des Wetters auf die Besucherzahl des Frühlingsfestes

Einzugsgebiet des Canstatter Frühlingsfestes: Kundengruppen deutlich erkennbar

8 Erste Analysebeispiele

Die mobilfunkzellenbasierte Zuordnung der Reisenden auf PLZ-Gebiete erlaubt es weiterhin die Herkunft der Besucher des Volksfestes zu analysieren. Abbildung 11 zeigt, dass die Besucher zum Großteil aus den angrenzenden Gebieten stammen. Ein sichtbarer Fokus liegt auf dem Nordosten Stuttgarts, welcher traditionell von Arbeitern der großen produzierenden Unternehmen Stuttgarts bewohnt wird. Im Süden sticht vor allem das durch viele Studentenwohnheime geprägte Gebiet um Büsnau und (Nord-) Vaihingen aus den ansonsten Einfamilienhäusern geprägten Gebieten wie Sillenbuch, Degerloch und Möhringen hervor.

Das Frühlingsfest zieht verstärkt Personen aus Studenten- und Arbeitervierteln an

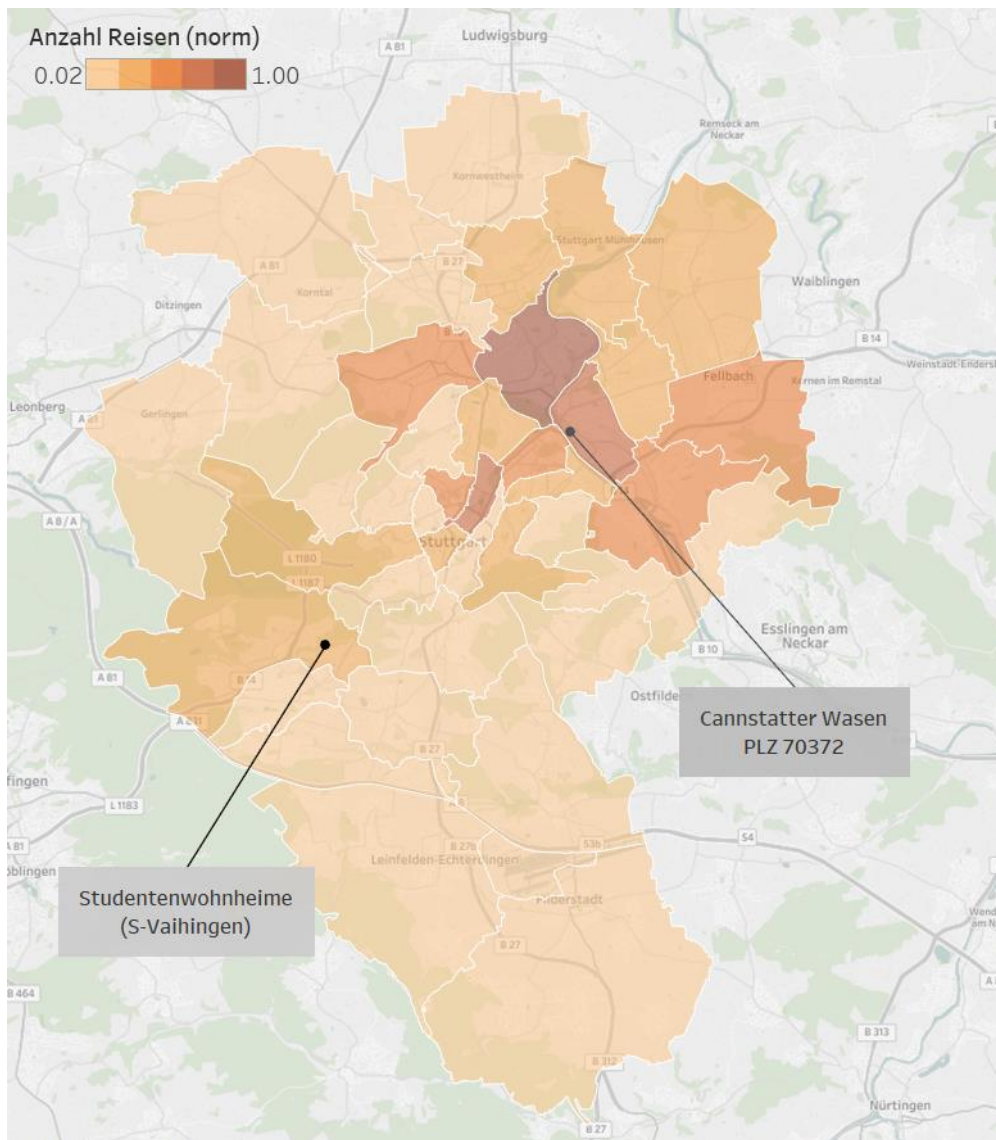


Abbildung 11: Einzugsgebiet des Frühlingsfestes

Im nächsten Schritt wird mit dem Stuttgarter Weinfest der Einfluss eines kleineren aber ähnlichen Events auf die Verkehrsflüsse Stuttgarts untersucht.

Das Stuttgarter Weindorf: wenig zusätzlicher Verkehr aber zeitliche Verschiebung

8 Erste Analysebeispiele

Im Gegensatz zum etwas außerhalb des Zentrums von Stuttgart liegenden Cannstatter Wasen findet das Weindorf in direkter Nähe zur Königsstraße im Bereich der Fußgängerzone im Zentrum des Stuttgarter Kessels statt.

Durch die Nutzung der Mobilfunkdaten auf Postleitzahlebene werden stärker als beim Cannstatter Frühlingsfest auch Reisen erfasst, die nicht direkt dem Weinfest zuzuordnen sind. Der Einfluss ist also in Bezug auf das gesamte Postleitzahlgebiet Stuttgart-Mitte (70173) zu sehen.

Stuttgarter bleiben durch das Weinfest länger in der Stadt

Abbildung 12 zeigt, dass das Weindorf insgesamt nicht signifikant mehr Reisen in dieses Gebiet generiert. Die rot hinterlegten Bereiche zeigen jedoch eine zeitliche Verschiebung zu späteren An- und Abreisezeiten in das Gebiet.

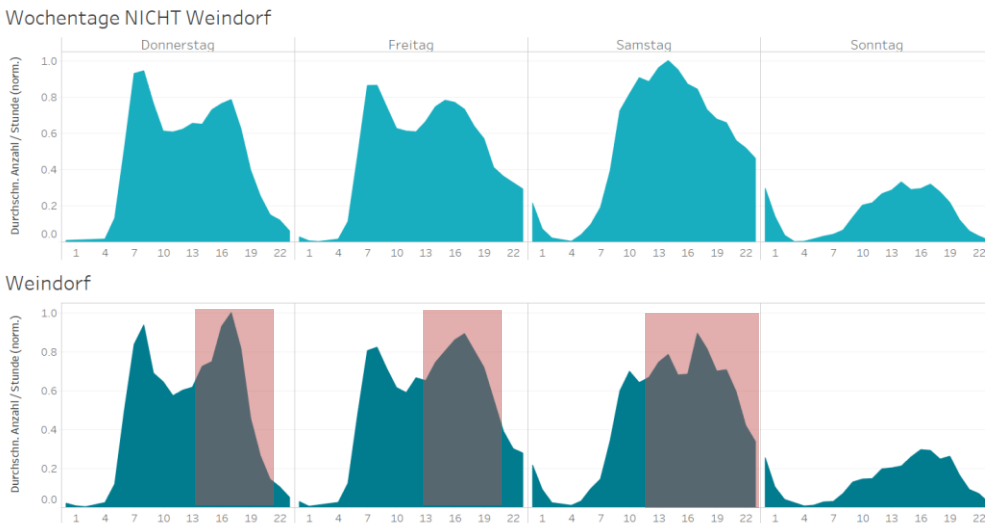


Abbildung 12: Verkehrsaufkommen in der Stuttgarter Innenstadt durch das Weinfest

Diese Verschiebung indiziert, dass vor allem Bewohner und Pendler des Innenstadtbezirkes ihren Feierabend und Samstag im Weindorf verbringen.

Da es sich bei den Arbeitsplätzen in Innenstädten zu einem großen Anteil um Bürojobs handelt, sollten sich die vorrangigen Einzugsgebiete des Weindorfes erheblich von den durch Arbeiter und Studenten geprägten Cannstatter Frühlingsfest unterscheiden.

Das Stuttgarter Weindorf: Verteilung unterscheidet sich zum Frühlingsfest

8 Erste Analysebeispiele

Diese Annahme kann zum Teil in Abbildung 13 bestätigt werden. Im Gegensatz zum Frühlingsfest kommt ein signifikanter Anteil der Reisenden aus den südlich des Zentrums gelegenen Stadtteilen Degerloch, Möhringen und Sillenbuch. Auffällig ist aber auch der Anteil der Besucher aus Stuttgart Feuerbach. Das Gebiet ist durch das Stammwerk der Robert Bosch GmbH mit rund 12.000 Mitarbeitern und einem großen angeschlossenen Wohngebiet geprägt. Auch wenn ein genauer Vergleich der Kunden der beiden Stuttgarter Feste außerhalb des Umfangs der Studie liegt, indizieren die Analysen doch eine unterschiedliche Verteilung der Herkunft der Besucher.

Mehr Besucher aus den Wohngebieten im Süden und aus S-Feuerbach

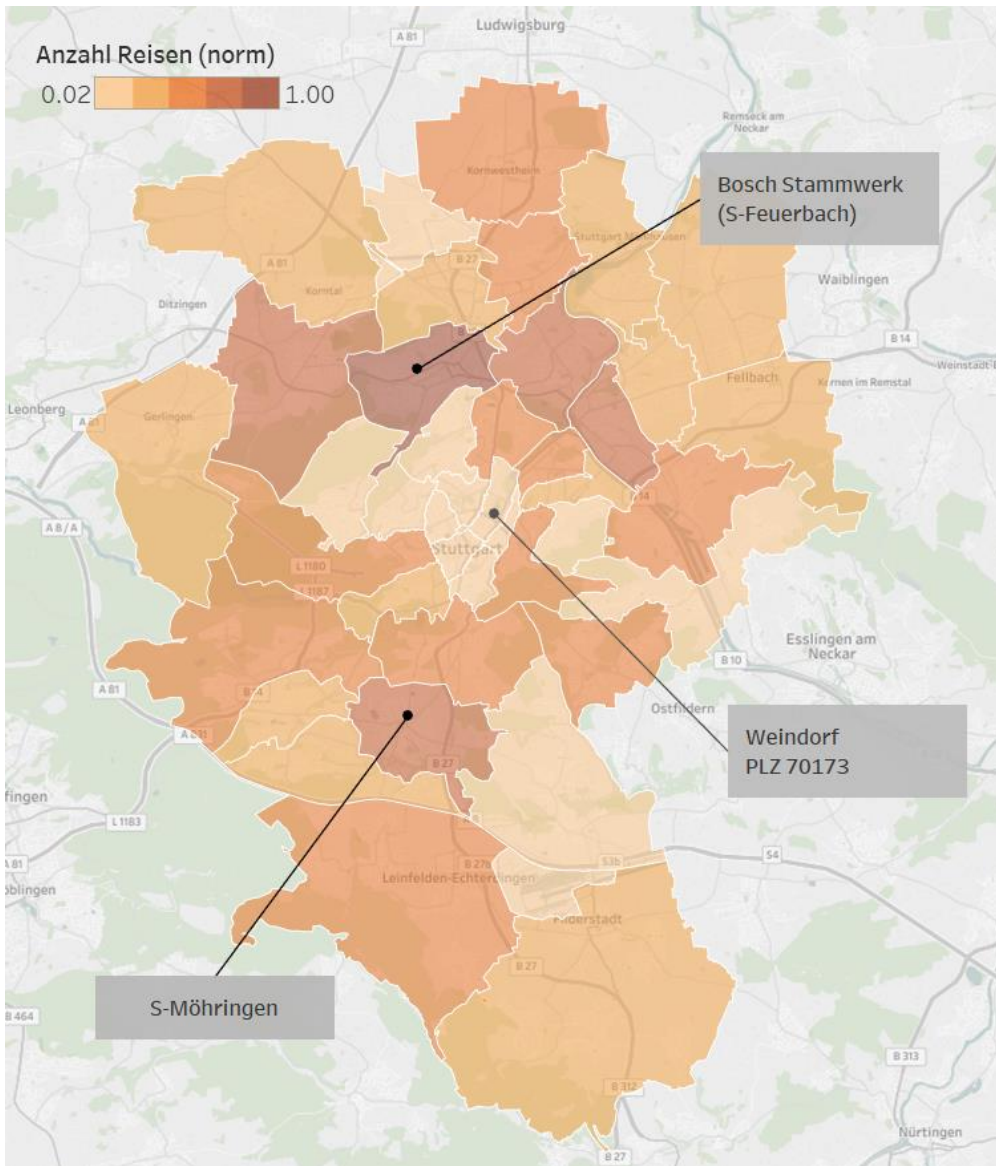


Abbildung 13: Einzugsgebiet des Stuttgarter Weindorfes

Eine genauere Untersuchung systematischer Fehler von MND ist möglich und sinnvoll

9 Limitationen und Erweiterungen

Wie bereits Kapitel 7 gezeigt hat, können durch Mobilfunkdaten nicht alle potenziellen Fragen der Verkehrsplanung beantwortet werden. Es treten für die Datenquelle spezifische und systematische Fehler sowie Messungenauigkeiten auf, die zu Fehlinterpretationen der Ergebnisse führen können. Die explizite Herausstellung von Entwicklungspotenzialen an dieser Stelle kombiniert die praktischen Erfahrungen aus den Beispielanalysen mit den Einschätzungen der Experten.

„Zu den größten Schwächen bei der Erhebung von Mobilfunkdaten gehört u. a. die Repräsentativität und Selektivität der Stichprobe.“

Dr. Wittowsky (ILS Forschung)

Die erste Schwäche betrifft die teilweise schwer zu quantifizierbaren Charakteristika der Stichprobe von MND. Während beispielsweise bei Befragungen alle notwendigen sozio-demografischen Daten für weiterführende Analysen direkt erhoben werden, muss bei passiv erhobenen Mobilfunkdaten eine nachgelagerte Zuordnung durchgeführt werden. Für den allgemeinen Datenschutz ist diese Notwendigkeit als klarer Vorteil zu werten. Die personenspezifischen Daten liegen Mobilfunkanbietern zum Teil durch ihre Vertragskunden vor und können auch unter Einhaltung des geltenden Datenschutzes den entsprechenden Netzwerkevents zugeordnet werden. Durch verschiedene Angebotspakete wie z. B. Familientarife und die damit einhergehende Entkopplung von Vertragspartner und tatsächlichem Nutzer entsteht eine systematische Schiefe, die durch das Fehlen von Informationen zu Prepaid-Kunden noch verstärkt wird.

**Potenzielle
Forschung:
Untersuchung der
Schiefe bei MND
Generierung**

„Mobilfunkdaten stellen eine potenziell große und zufällig verteilte Stichprobe dar, deren Zusammensetzung jedoch nicht bekannt ist. Dadurch dass sie unabhängig vom verwendeten Verkehrsmittel und Fahrtzweck erfasst werden, können sie v.a. für großräumige Areale eine geeignete Datenbasis darstellen.“

Prof. Friedrich (Universität Stuttgart)

Ebenso kann eine Person nicht in jedem Fall mit einem Signal eines Endgerätes gleichgesetzt werden, denn einige Nutzer besitzen kein Handy, andere wiederum mehrere. Auch gilt es zu bedenken, dass die Geräte nicht immer mitgeführt werden bzw. nicht in Betrieb sind.

Systematische Fehler treten bei der Nutzung jeder Datenquelle auf. Vor allem bei sozialwissenschaftlichen Befragungen stehen durch langjährige Forschungen eine Vielzahl an Werkzeugen zur Behandlung und damit Abschwächung derartiger Probleme zur Verfügung. Die Prüfung der Übertragbarkeit entsprechender Methoden auf die Spezifika der MND wird empfohlen.

**Werkzeuge zur
Behandlung
systematischer
Fehler können
von anderen
Datenquellen
übertragen
werden**

Weiterführende Forschungen gemeinsam mit potenziellen Anwendern sind sinnvoll

9 Limitationen und Erweiterungen

MND entstehen separat bei jedem Mobilfunkanbieter in dessen jeweiligen IT-Backend. In Deutschland gibt es seit dem Zusammenschluss von O2/Telefónica und e-plus noch zwei Anbieter in ähnlicher Größe, von denen jeder nur Zugriff auf seine eigenen Kundendaten hat. Durch unterschiedliche Tarife und Angebote unterscheiden sich die Kundengruppen der jeweiligen Anbieter.

Für viele Anwendungsfelder der Verkehrsplanung sollen Aussagen zur Gesamtbevölkerung eines Planungsraumes abgeleitet werden. Bei allen aktiv erhobenen oder Trajektorien-basierten Datenquellen ist hier eine Extrapolation notwendig. Dabei ist die Qualität des Ergebnisses neben den Stichprobencharakteristika vor allem von der Stichprobengröße abhängig. Den geringsten Fehler besitzen hierbei die MND mit einer Größenordnung des Faktors von zehn. Bei Befragungsdaten ist eher ein Verhältnis von Grundgesamtheit zu Stichprobengröße von 1.000 bis 10.000 üblich. Je nach Anbieter liegen die Faktoren von FCD und MGD etwa in einer Größenordnung von 100 bis 1.000 und damit zwischen MND und Befragungsdaten und haben damit auch eine entsprechende Schiefe durch die Stichprobenauswahl.

Ein Schiefe durch „Löcher“ im Mobilfunknetz wird als wenig problematisch angesehen, da diese fast ausschließlich in sehr dünn bewohnten Gebieten auftreten. Durch den Wiedereintritt in das Netz wird ein zusätzliches Event generiert, welches die Genauigkeit der Wegenachverfolgung in vielen Fällen erhöht.

Für die Experten ist neben den Eigenschaften der Stichprobe die Zuordnung der Reisenden zu den verschiedenen Verkehrsträgern wie z. B. Bus, motorisierter Individualverkehr, Fahrrad oder zu Fuß von herausragender Bedeutung. Da keine aktive Erhebung dieser Information erfolgt, muss eine indirekte Zuordnung über die Eigenschaften der Bewegung und Sekundärdaten wie z. B. Schienennetze erfolgen. In Gebieten mit wenigen, sich durch Eigenschaften wie Geschwindigkeit und Personendichte stark unterscheidenden Verkehrsträgern, lassen sich Unterscheidungen noch mit großer Zuverlässigkeit treffen.

Besonders bei geringen Geschwindigkeiten im städtischen Verkehr wird es zunehmend schwieriger, innerhalb einer Mobilfunkzelle zu erkennen, ob eine Person Fahrrad fährt, sich langsam in einem Stau bewegt oder bereits zu Fuß unterwegs ist. Durch die genauere dreidimensionale Ortung über GPS und weiteren Zusatzinformationen wie z. B. Zusatzdaten aus der in den Smartphones integrierten Sensorik ist die Datengrundlage von MGD hier als potenziell überlegen einzuordnen.

Drei Anbieter von MND teilen den potentiellen Markt in ähnlich Große Teile

MND besitzen den geringsten Extrapolationsfaktor Trajektorien-basierter Datenquellen

„Funklöcher“ für die Qualität von MND in Deutschland unproblematisch

Unterscheidung von Verkehrsmitteln als große Chance und Herausforderung

Kurzfristig sinnvoll sind vor allem Kombinationen von MND mit anderen Datentypen

9 Limitationen und Erweiterungen

Als weitere entscheidende und wünschenswerte Zusatzinformation wird von den Experten die Kategorisierung von Reisen in verschiedene Wegezwecke wie Pendeln, Einkaufen und Freizeitaktivitäten genannt.

Der eigentliche Wegezweck kann nicht direkt erfasst werden, aber durch die Überlagerung mit Standortdaten und Aufenthaltszeiten in Kombination mit der großen Stichprobe ist es möglich Rückschlüsse zu ziehen. Die folgenden Stichpunkte sollen potenzielle Schritte für diese Zuordnung beispielhaft aufzeigen:

- Ist eine Person montags bis freitags jeweils ca. acht Stunden am gleichen Ort, so handelt es sich vermutlich um den Arbeitsort.
- Ist eine Person an einem Wochenende in einem Freizeitpark, so wird es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um den Wegezweck Freizeit handeln.
- Verliert sich das Signal einer Person am Flughafen und erscheint dort zwei Wochen später wieder, so wird die Person vermutlich im Urlaub gewesen sein.
- Durch die Verknüpfung der Daten mit der jeweiligen Altersklasse lassen sich weitere Aussagen ableiten.

Die vorigen Analysen von Mobilfunkdaten und die bereits erwähnten Grenzen ihrer Aussagekraft verdeutlichen, dass mit ihnen nicht alle Fragestellungen direkt mit absoluter Schärfe beantwortet werden können. Durch die Veredelung, Spezifizierung und Verschneidung mit weiteren Datensätzen werden jedoch in absehbarer Zeit genauere Informationen bezüglich genutzter Verkehrsträger und weiterer für die Planung relevanter Zusatzinformationen abschätzbar. Dies kann maßgeblich gelingen durch die Ermittlung von Verhaltensmustern, Geschwindigkeiten bzw. deren Änderung und durch Verschneidung mit Geodaten:

Bei Flügen, schienengebundenem Verkehr und dem Schiffsverkehr handelt es sich um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, bei deren Nutzung ein Ausstieg nur an definierten Punkten – z.B. an einem Bahnhof – möglich ist. Da es sich dabei um lineare Verbindungen handelt und der Fahr- bzw. Flugplan bekannt ist, lassen sich hierdurch sowohl für den Ein- und Ausstieg als auch für die Fahrt bzw. Flug die genaue Position der Personen identifizieren, so lange keine größeren Abweichungen zum regulären Fahrplan entstehen.

MND erlauben potenziell Aussagen zu Wegezwecken

Eine Kombination von MND mit Geoinformationen birgt besonderes Potenzial

Datenschutz als Potenzial und Zusatzleistungen als Notwendigkeit

10 Nächste Schritte

Alle Experten sehen Potenzial für die Nutzung von MND in ihren Planungsbereichen. Die Bereitschaft zur Nutzung hängt aber meist mit Bedingungen und Anforderungen zusammen, welche erfüllt sein sollten.

Datenschutz

Zentral ist das Thema des Datenschutzes. Differenziert diskutiert wurde im Rahmen der Experteninterviews vor allem die Nutzerakzeptanz bzw. wie sich der Mehrwert von Mobilfunkdaten vermitteln ließe.

In diesem Zusammenhang wurde auch oft die Anforderung einer größtmöglichen Transparenz angesprochen. So seien die Hintergrundprozesse oft nicht klar und man wisse nicht genau, was mit den Daten passiert. Um eine Akzeptanz der einzelnen Nutzer zu gewährleisten, sollte deshalb insgesamt auch Wert darauf gelegt werden, dem einzelnen Mobiltelefon-Nutzer zu vermitteln, weshalb und für welche Zwecke seine Daten gesammelt werden bzw. welchen Mehrwert dieser wiederum davon hat.

Datenschutz als Chance der Datenquelle sich von anderen Angeboten abzuheben

„Die Daten fallen quasi als Abfallprodukt an. Es wäre deshalb sträflich diese nicht auch für verkehrspolitische Zwecke zu nutzen.“

Dr. Schubert (Intraplan Consulting)

Zusatzleistungen & Metadaten

Aus Sicht der Datennutzer werde vor allem die Herausforderung bestehen, die Daten bzw. die Auswertemöglichkeit in geeigneter Form und mit ausreichend Metadaten zur Verfügung zu stellen. So müsse auch erst die Kompetenz bzw. das Wissen vorhanden sein, wie die vorliegenden Daten und Tools zu verwenden seien. Es sei durchaus möglich, falsche Schlüsse oder fehlerhafte Interpretationen aus den Daten zu ziehen, wenn man den Umgang mit diesen nicht kennt bzw. nicht weiß, mit welchen Sekundärdaten diese zu verschneiden oder zu veredeln sind.

Deshalb muss bekannt sein, wie die Daten erfasst, welche Aufbereitungsschritte durchgeführt und wie die Daten gegebenenfalls skaliert wurden. Ebenso sollten Informationen zur Auflösung und der zugrunde liegenden Stichprobe vorhanden sein. Interessant und vorteilhaft wäre es auch, nicht nur Informationen über die aktuell verwendeten Mobilfunkdaten zu erhalten, sondern auch über eventuell aufgetretene Änderungen der Erfassung, der Stichprobe, der Qualität oder generelle Feststellungen bezüglich der inhaltlichen Auswertung mit der Zeit.

Bezüglich einer adäquaten Softwarelösung fand der Ansatz der Stand-Alone Software am wenigsten Zuspruch. Gewünscht werden Plugins für vorhandene Softwarepakete oder Cloud-Lösungen. Letztere wurden als vorteilhaft erachtet, da vorhandene Rechnerkapazitäten eventuell nicht ausreichen könnten.

Die Bereitstellung von MND ist nicht ausreichend – ein entsprechendes Serviceangebot muss angeboten werden

Standardangebote für Planer müssen entwickelt und kommuniziert werden

10 Nächste Schritte

Für Plugins sprechen vor allem das schnellere Verständnis des Datennutzers bezüglich des Umgangs mit den Daten durch die bereits bekannte Arbeitsumgebung sowie die erhoffte schnellere und einfachere Integration in vorhandene Projekte und Arbeiten. Ebenso sind die Prozesse auf dem eigenen Rechner bekannt und man verfügt idealerweise über die Daten- und Prozesshoheit.

Aus Sicht des jeweiligen Mobilfunkunternehmens sollte darauf geachtet werden, die Daten vorab entsprechend zu veredeln bzw. für die verschiedenen Endanwender die Daten in unterschiedlichen Komplexitätsgraden zur Verfügung zu stellen, um auch die gewünschten Aussagen erzielen zu können.

„Wünschenswert wäre die regelmäßige Verfügbarkeit von Mobilfunkdaten, historischen Verkehrslagedaten sowie Zeit-Weg-Trajektorien von Einzelfahrzeugen. Doch auch das reine Vorhandensein von Daten erleichtert per se nicht den Auswertungsprozess, da entweder deren Beschaffung lange dauert oder durch deren Inkonsistenz eine Aufbereitung der Daten unerlässlich ist.“

Prof. Friedrich (Universität Stuttgart)

Preismodell

Auf die Frage nach einem geeigneten Preismodell war die einvernehmliche Meinung, dass dies abhängig von der Fragestellungen sein müsse. Für Projekte kämen einmalige Kaufpreise in Betracht und für langfristige Anliegen wie im Bereich der Verkehrssteuerung wären Abonnements geeignet. Es sei darauf zu achten, dass aufbereitete und keine Rohdaten zur Verfügung gestellt werden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Entscheidend für den Endanwender werde vorrangig auch die Kostenfrage sein. So muss das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei der Nutzung von Mobilfunkdaten in einem angemessenen Rahmen liegen. Sollten etwa eigene, zusätzliche Kontrollerhebungen nötig sein, so würde sich der Kostenvorteil der Mobilfunkdaten bereits reduzieren. Aufgrund der langen Planungsprozesse im ÖPNV könne ohnehin damit gerechnet werden, dass es relativ lange dauert, bis es zu einem flächendeckenden Einsatz von Mobilfunkdaten kommen könne.

„Echtzeitdaten aus verschiedenen Quellen werden langfristig nicht effektiv genutzt werden, da der Aufwand zu hoch ist und das Nebeneinander von unterschiedlichen Daten (statisch/(quasi-)dynamisch) weiter akzeptanzhemmend ist.“

Dr. Wittowsky (ILS Forschung)

In vielen Fällen werden nicht unbedingt Rohdaten benötigt, vorausgesetzt die Metadaten liegen vor und alle Prozesse sind transparent. Trotzdem wäre es aus Sicht der Planer wünschenswert, entsprechende Rohdaten auf Anfrage erhalten zu können.

Am Markt orientierte Standardangebote müssen entwickelt werden

Mobilfunkdaten erlauben eine ganzheitliche Betrachtung des Verkehrs mit enormer Stichprobe

10 Nächste Schritte

Angestrebter Mehrwert & Vision

In Mobilfunkdaten wird auch die Chance gesehen, generell neue Erkenntnisse zu generieren, denn bisher werden durch Erhebungen stets dieselben Wirkzusammenhänge aufgezeigt, die dann auch die Planungsgrundlage bestimmen. Durch Mobilfunkdaten können zahlreiche weitere Erkenntnisse entstehen. Auf diese Weise können langfristig Denkanstöße für Änderungen der Planungsstruktur angestoßen werden. So konnte ein Arzt im 17. Jahrhundert durch die Kartierung von Brunnen belegen, dass sich Typhus über die städtische Wasserversorgung ausbreitet. Dieser Zusammenhang war zuvor nicht bekannt und konnte erst durch neue Informationsgrundlagen überhaupt ermöglicht werden.

Neue Erkenntnisse durch MND und Wissenslücken schließen

„Durch Mobilfunkdaten ergibt sich die Chance endlich die in der Regel größte Wissenslücke bei der Verkehrsforschung zu schließen: die korrekte Erfassung der Verkehrsverteilung, da man nun statt simulierter Verkehre, die tatsächlichen Verkehre identifizieren könnte.“

Dr. Schubert (Intraplan Consulting)

Die große Stärke von MND ist insgesamt die flächendeckende Erfassung verkehrsmittelübergreifender Strecken und Wege. Keine andere Datenquelle weißt dieses Alleinstellungsmerkmal derzeit auf. Hinzu kommt, dass die Daten ohnehin erhoben werden und somit ein Kostenvorteil beim Einsatz von MND hinsichtlich der Erhebung von Verkehrsinformationen zu erwarten ist.

Verkehrsmittel-übergreifende Analysen und Kostenvorteile als Vorteile

„Vorstellbar wäre ein geringerer Aufwand bei Erhebungen und das Verkehrsgeschehen wird nicht beeinflusst. Wir würden uns freuen, solche Ansätze bei unserer nächsten Erhebung nutzen zu können.“

Hecht (Stadt Heilbronn)

„Eisenbahnlinien existieren seit 150 Jahren, Straßen seit 60 bis 70 Jahren und gehen zum Teil auf 2000 Jahre alte Verkehrswege zurück. Interessant wäre, einfach mal alles was es bisher gab auf die Seite zu schieben und alles unser Wissen und unsere Daten zu nutzen um von Grund auf neu zu planen: Wie soll der Verkehr der Zukunft stattfinden?“

Heine (IHK Heilbronn-Franken)

Fraunhofer

IAO

Das Fraunhofer IAO ist Auftragnehmer und Autor der Studie. Im allgemeinen Geschäftsbetrieb unterstützt es Unternehmen und Institutionen auf dem Weg zu neuen Geschäftsmodellen, effizienten Prozessen und wirtschaftlichem Erfolg. Mit einem tiefgreifenden Verständnis für Organisationsformen und Technologien schaffen wir den Transfer von angewandter Forschung in die Praxis. Eingebunden in internationale Netzwerke erforschen und gestalten wir die relevanten Zukunftsthemen für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Unser Ziel ist es, das Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik systematisch zu optimieren.

Telefonica

Deutschland

Telefónica Germany NEXT GmbH ist Auftraggeber der Studie, Bereitsteller der anonymisierten Daten und stellte viele Informationen zur Entstehung der Mobile Network Data (MNDs) zur Verfügung. In der neu gegründeten Telefónica NEXT bündelt der Telekommunikationsanbieter Telefónica Deutschland die digitalen Wachstumsfelder „Advanced Data Analytics“ und „Internet of Things“. Die neue Gesellschaft agiert eigenständig und unternehmerisch am Markt und entwickelt digitale Produkte und Services. Mit „Advanced Data Analytics“ richtet Telefónica NEXT den Blick auf den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen, der sich aus der Analyse großer Datenmengen ziehen lässt, wie beispielsweise Erkenntnisse für die Verkehrsplanung.

TERALYTICS

Teralytics ist ein Spezialist in der Analyse von großen Datenmengen, sogenannte Big Data, für die Telekommunikationsbranche. Die proprietäre Technologie analysiert große Mengen von Telekommunikations-Daten und hat im Rahmen der Studie die Voranalysen durchgeführt. Teralytics gewinnt daraus wertstiftende Informationen über Bewegungsströme, Demographien und Interessen der Bevölkerung. Teralytics unterstützt damit Unternehmen im Finanz-, Einzelhandels- und Transport-Bereich, damit diese bessere Produkte und Dienstleistungen entwickeln können. Teralytics stimmt sich gemeinsam mit seinen Telekommunikations-Partnern eng mit den jeweiligen regulatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab..



Autoren:



M.Sc. Alexander Schmidt

Leiter Forschungsfeld "Data Mining"
Fraunhofer IAO
Mobilitäts- und Stadtssystemgestaltung
alexander.schmidt@iao.fraunhofer.de



M.Sc. Tobias Männel

Stellv. Leiter Forschungsfeld "Data Mining"
Fraunhofer IAO
Mobilitäts- und Stadtssystemgestaltung/ LOGWERT
tobias.maennel@iao.fraunhofer.de

Grafik & Gestaltung:

Vanessa Harwart & Melanie Arz

12 Anlagen

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1: Wegeketten im Mobilfunknetz	07
Abbildung 2: Datenquellen und Wegeketten	14
Abbildung 3: Expertenbewertung von MND (N=18)	25
Abbildung 4: Bewertungsskala Datenvergleich	29
Abbildung 5: Verflechtungsmatrix innerdeutscher Reisen an einem beispielhaften Montag	39
Abbildung 6: Verflechtungsmatrix von Pendlerverkehren in Stuttgart	40
Abbildung 7: Verkehrsaufkommen von und nach S-Bad Cannstatt während und außerhalb des Volksfestes (täglich)	41
Abbildung 8: Verkehrsaufkommen von und nach S-Bad Cannstatt während und außerhalb des Volksfestes (stündlich)	41
Abbildung 9: Zusätzliche Besucher durch das Feuerwerk und das Frühlingsfest	42
Abbildung 10: Einfluss des Wetters auf die Besucherzahl des Frühlingsfestes	42
Abbildung 11: Einzugsgebiet des Frühlingsfestes	43
Abbildung 12: Verkehrsaufkommen in der Stuttgarter Innenstadt durch das Weinfest	44
Abbildung 13: Einzugsgebiet des Stuttgarter Weindorfes	45

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Beispiel Rohdatensatz Location Based Service Feed (LBS)	06
Tabelle 2: Übersicht und Kurzbeschreibung der identifizierten Datenquellen	13
Tabelle 3: Datenvergleich, Abdeckung und Stichprobe	30
Tabelle 4: Datenvergleich, Qualitative Aussagen und Zusammenhänge	32
Tabelle 5: Datenvergleich, Verkehrszustand	34
Tabelle 6: Datenvergleich, Datenverwendbarkeit	35
Tabelle 7: Datenvergleich, Gesamtbewertung	37

12 Anlagen

Liste der durchgeführten Experteninterviews

Name	Position und Firma	Relevante Arbeitsschwerpunkte
Prof. Dr. Tobias Bernecker	Studiendekan Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik an der Hochschule Heilbronn und Leiter des Kompetenzzentrums LOGWERT	Zukunfts- und nachhaltigkeitsorientierte verkehrslogistische Fragestellungen und Verkehrsinfrastrukturfinanzierung
Dipl.-Ing. Steffen Braun	Leiter Geschäftsfeld Mobilitäts- und Stadtsystemgestaltung des Fraunhofer IAQ, Koordinator Morgenstadt-Netzwerk, Stuttgart	Stadtsystem-Gestaltung, Co-Creation, Design-Thinking, Mobility Innovation, Smart Cities
Bernd-Michael Cerfontaine	Planungsgrundlagen Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart GmbH (VVS), Stuttgart	Durchführung von Verkehrserhebungen und Auswertung der Daten
Kai Dahme	Verkehrsplaner im Verkehrsverbund Berlin-Brandenburg	Strategische Planungsthemen wie längerfristige Verkehrsentwicklungsplanung und die Weiterentwicklung des Verkehrs der Region
Günter Finzel	Inhaber der Stabsstelle Strukturentwicklung der Stadt Bayreuth und Geschäftsführer des Forums für Verkehr und Wirtschaft der Metropolregion Nürnberg	Verbesserung der Standortbedingungen für die Wirtschaft und die verkehrliche Erreichbarkeit
Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich	Leitung des Lehrstuhls für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik am Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Stuttgart	Kommunale Konzepte, Regionalpläne und Bundesverkehrswegepläne, Lehre und Verkehrsplanung.
Gerhard Gross	Geschäftsführer Heilbronner, Hohenloher, Haller Nahverkehr GmbH (HNV), Heilbronn	Tarifsysteme und Einnahmenverteilung, Marketing und Fahrgastinformationen, Fahrpläne
Hartmut Gündra	Cluster Manager im Netzwerk Geoinformation der Metropolregion Rhein-Neckar	Digitale Modellregionen, Mobilität, Organisation des Netzwerkes MRN

12 Anlagen

Liste der durchgeführten Experteninterviews

Name	Position und Firma	Relevante Arbeitsschwerpunkte
Marie-Luise Hecht	Amt für Straßenwesen Stadt Heilbronn, Heilbronn	Mobilitätskonzepte, Verkehrserhebungen
Stefan Heine	Referent Verkehr & Infrastruktur Industrie- und Handelskammer Heilbronn-Franken	Interessenvertretung der Wirtschaft, Verkehrswege, Lobbyarbeit, Beurteilung von Verkehrswegen
Thomas Knöllner	Leiter Abteilung Planung Verkehrs- und Tarifverbund Stuttgart GmbH (VVS), Stuttgart	Durchführung von Verkehrserhebungen und Auswertung der Daten
Dr. Klaus Lönhard	Referent Verkehrsplanung Verband Region Stuttgart, Stuttgart	Fortschreibung des Regionalverkehrsplan, Vertretung des Verbands in Interessensverbänden, Stellungnahmen zu Flächennutzungsplänen
Torsten Schlag	Leiter Tarif & Vertrieb, National Express Holding GmbH, Düsseldorf	Verkehrserhebung und Einnahmenverteilung im SPNV
Dr.-Ing. Markus Schubert	Geschäftsführer der Intraplan Consulting GmbH, München	Verkehrsanalysen und -prognosen, Luftverkehr, Bahnverkehr, Straßenverkehr, Forschung und Entwicklung
Matthias Teske	Geschäftsführer maBinso Software GmbH, Hamburg	Statistiksoftware für den öffentlichen Verkehr, statistische Analysen von Fahrgastzählenden und Fahrscheinverkäufen, Pünktlichkeitsanalysen
Dirk Vallée	Lehrstuhlinhaber und Institutsdirektor am Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen	Stadt- und Raumentwicklung, Klimawandel und Demografie
Marian Volmer	Tarif und Einnahmeverteilung ETC Transport Consultants GmbH, Berlin	Erlösaufteilung, Erlöskalkulation und Erlösprognose
Dr.-Ing. Dirk Wittowsky	Forschungsgruppenleiter "Alltagsmobilität und Verkehrssysteme am Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS), Dortmund	Nachhaltige Verkehrsentwicklung und Verkehrsplanung, empirische Verhaltensforschung und Evaluierung, verkehrstelematische Anwendungen, Mobilität sozialer Gruppen und statistische Datenanalyse und -modelle

12 Anlagen

Quellenverzeichnis

Literaturquellen

- Arndt, F., & Hartwig, N. (Oktober 2014):** Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013. Bergisch Gladbach.
- Badrow, A. (2000):** Verkehrsentwicklung deutscher Städte im Spiegel des Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen unter besonderer Berücksichtigung des Freizeitverkehrs. Dresden.
- Bast (2010):** Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Verkehrstechnik Heft V 200. Bergisch Gladbach
- Bleeschmidt, A., Schönduwe, R., & Lanzendorf, M. (2015):** Nutzungsmöglichkeiten von Mobilitätsdaten in der Region Frankfurt Rhein-Main. Regionale Mobilitätserhebungen.
- Brög, W. (2000):** *Der nichtmotorisierte Verkehr und seine Einbindung in ganzheitliche Mobilitätskonzepte, Dokumentation „Mobilitätsforschung im 21. Jahrhundert – Verkehrsprobleme und Lösungsansätze“.* Köln.
- Bundesministerium für Verkehr, B. u. (2012):** Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen. Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, I. u. (2010):** Konzeption eines mobilfunkgestützten Erhebungssystems für Mobilitätsbefragungen. Graz.
- Cohn, N., & Bischoff, H. (2012):** Floating car data for transportation planning. Dallas.
- FGSV (2012):** Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. (2012). Empfehlungen für Verkehrserhebungen: EVE.
- Diaz-Bone, R., & Weischer, C. (2015):** *Methoden-Lexikon für die Sozialwissenschaften.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Köhler, U. (2013):** Einführung in die Verkehrsplanung. Grundlagen, Modellbildung, Verkehrsprognose, Verkehrsnetze. Stuttgart.
- Kühnel, C. (November 2012):** Verkehrsdatenerfassung mittels Floating Car Observer auf zweistreifigen Landstraßen. Kassel.
- Pozybill, M. (20. Januar 2009):** Verkehrsmonitoring Baden-Württemberg. Methodische Grundlagen. Karlsruhe.
- Pozybill, M. (23. September 2014):** Verkehrssicherheits-Konzept BW. Maßnahme 8. Verkehrssicherheits-Screening. Dresden.
- Schnieder, E. (2007):** *Automatisierung des Straßen- und Schienenverkehrs.* Braunschweig: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

12 Anlagen

Quellenverzeichnis

Literaturquellen

Treiber, M., & Kesting, A. (2010): *Verkehrsdynamik und -simulation*. Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.verkehrsdynamik.de/res/Probekapitel_Trajektorien.pdf

Van den Haak, W., & Emde, M. (kein Datum): Validation of Google floating car data for applications in traffic management.

Internetquellen

datenschutz-notizen.de (24. März 2015): Abgerufen am 25. Oktober 2016 von <https://www.datenschutz-notizen.de/big-data-schwarmintelligenz-im-oeffentlichen-nahverkehr-4110855/>

d-labs.com (9. Dezember 2011): Abgerufen am 22. Juli 2016 von https://www.d-labs.com/journal/fehlerquellen_im_user_research_-_teil_4.html

gispoint.de (Juli 2012): Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/537520030.pdf

inrix.com (2015): Abgerufen am 8. September 2016 von <http://inrix.com/floating-car-daten-verbessern-genauigkeit-der-verkehrsinformationen-in%E2%80%A8bayern/>

inrix.com (kein Datum): Abgerufen am 7. November 2016 von <http://inrix.com/case-studies/iowa-dot/>

inrix.com (2. Juli 2015): Abgerufen am 10. November 2016 von <http://inrix.com/press-releases/inrix-vejdirektoratet/>

ist-austriawest.at (02.12.2016): Abgerufen am 25. Oktober 2016 von <https://www.its-austriawest.at/salzburg/verkehrslage/#/traffic/current>

isv.uni-stuttgart.de (2005): Universität Stuttgart - Institut für Straßen- und Verkehrswesen. Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/publication/downloads_fachkolloquium/Schlaich.pdf

itmagazine.ch (14. September 2016): Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.itmagazine.ch/Artikel/62989/Swisscom_bietet_System_zur_Verkehrszaehlung_auf_Basis_von_Mobilfunkdaten.html

itwissen.info (kein Datum): Abgerufen am 25. Oktober 2016 von <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/floating-car-data-FCD.html>

12 Anlagen

Quellenverzeichnis

- qucosa.de (13. August 2012):** Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/9354/AGIT_2011_06_K%C3%B6rner.pdf
- SDI-Research.at (kein Datum):** Abgerufen am 12. Oktober 2016 <http://www.sdi-research.at/forschung/marktforschung/umfragen.html>
- smarroadsense.it (o. J.):** Abgerufen am 01. Dezember 2016 von <http://smarroadsense.it/blog/en/how-does-smarroadsense-work-video/>
- stadt-koeln.de (24. Juli 2014):** Abgerufen am 12. Oktober 2016 <http://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/presse/autos-und-radfahrer-auf-der-venloer-strasse-werden-gezaehlt> abgerufen
- stuttgarter-zeitung.de (24. Juli 2016):** Von <http://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.stau-management-auf-den-fildern-ist-die-verkehrszentrale-noch-blind.ca58b8c8-c903-47d9-b1fb-cb75e53b435c.html> abgerufen
- swisscleantech.ch (24. Mai 2016):** Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.swisscleantech.ch/fr/article/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=7173&chash=06495073e0249c166ef362b3ab5b529a
- trendexplorer.com (2. Mai 2013):** Abgerufen am 25. Oktober 2016 von https://www.trendexplorer.com/go/de/busrouten_mittels_mobilfunkdaten_optimiert
- toscano.ch (11. Oktober 2016):** Abgerufen am 25. Oktober 2016 von http://www.toscano.ch/contortionist/0/contortionistUniverses/425/rsc/Post_downloadLink/GHGW_d.pdf