



**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebungen

**Exigences relatives à de futures enquêtes de mobilité**

**Specifications for future mobility measurements**

**büro widmer ag**  
**Paul Widmer**  
**Philippe Aemisegger**

**Rapp Trans AG**  
**Martin Ruesch**  
**Gianni Moreni**

**IVT ETH**  
**Matthias Wagner**  
**Kay W. Axhausen**

**Forschungsprojekt SVI 2011/015 auf Antrag der Schweizerischen  
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 «Projektabschluss», welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 «Clôture du projet», qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion: Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 «conclusione del progetto», che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 «Project Conclusion» which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



# Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebungen

**Exigences relatives à de futures enquêtes de mobilité**

**Specifications for future mobility measurements**

**büro widmer ag**  
**Paul Widmer**  
**Philippe Aemisegger**

**Rapp Trans AG**  
**Martin Ruesch**  
**Gianni Moreni**

**IVT ETH**  
**Matthias Wagner**  
**Kay W. Axhausen**

**Forschungsprojekt SVI 2011/015 auf Antrag der Schweizerischen  
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

# Impressum

## **Forschungsstelle und Projektteam**

### **Projektleitung**

Paul Widmer

### **Mitglieder**

Martin Ruesch

Philippe Aemisegger

Matthias Wagner

Gianni Moreni

Kay W. Axhausen

## **Begleitkommission**

### **Präsident**

Kurt Infanger, dipl. Ing. ETH SVI

### **Mitglieder**

Michael Arendt, Arendt Consulting

Jonas Bubenhofer, Metron AG

Robert Dorbritz, Tiefbauamt der Stadt Zürich

Urs Eichenberger, Roland Müller Küsnacht AG

Roman Frick, Infrac

Ueli Haefeli, INTERFACE Politikstudien Forschung Beratung GmbH

Thomas Hettinger, SBB

Olga Janssens, Dienstabteilung Verkehr Stadt Zürich

Matthias Kowald, Bundesamt für Raumentwicklung

Tobias Meyer, Verband öffentlicher Verkehr

Mark Reinhard, Bundesamt für Statistik

Roland Ribi, dipl. Ing. ETH

## **Antragsteller**

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

## **Bezugsquelle**

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>9</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>11</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
1.1	Ausgangslage .....	15
1.2	Projektziele .....	16
1.3	Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes .....	16
1.4	Vorgehen und Aufbau des Berichtes .....	17
<b>2</b>	<b>Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten</b> .....	<b>19</b>
2.1	Einleitung .....	19
2.1.1	Anwendungsbereiche und -zwecke .....	19
2.1.2	Strukturierung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	20
2.1.3	Methode zur Beurteilung der Datenbedürfnisse aus der Sicht der Forschungsstelle .....	21
2.1.4	Expertengespräche .....	21
2.2	Ergebnisse der Bedürfnisanalyse .....	22
2.2.1	Beurteilung der Bedürfnisse aus der Sicht der Forschungsstelle .....	22
2.2.2	Ergebnisse der Expertengespräche: Verwendete Kennwerte .....	25
2.2.3	Ergebnisse der Expertengespräche: Eingesetzte (neue) Technologien .....	26
2.2.4	Ergebnisse der Expertengespräche: Bedürfnisse .....	28
2.2.5	Ergebnisse der Expertengespräche: Erfahrungen mit Erhebungstechnologien .....	30
2.2.6	Ergebnisse der Expertengespräche: Heute bewusst nicht eingesetzte Technologien .....	34
2.2.7	Folgerungen aus den Expertengesprächen .....	35
<b>3</b>	<b>Technologieübersicht</b> .....	<b>37</b>
3.1	Einleitung .....	37
3.2	Global Positioning System (GPS) .....	38
3.2.1	Kurzbeschreibung .....	38
3.2.2	Erhebungsmethoden .....	38
3.2.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	40
3.3	Mobilfunkortung .....	40
3.3.1	Kurzbeschreibung .....	40
3.3.2	Erhebungsmethoden .....	40
3.3.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	41
3.4	Big Data .....	41
3.4.1	Kurzbeschreibung .....	41
3.4.2	Datenquellen .....	41
3.4.3	Anwendungsbeispiele .....	41
3.5	Radio Frequency Identification .....	42
3.5.1	Kurzbeschreibung .....	42
3.5.2	Erhebungsmethoden .....	42
3.5.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	43
3.6	Smart Card .....	43
3.6.1	Kurzbeschreibung .....	43
3.6.2	Erhebungsmethoden .....	43
3.6.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	43
3.7	Near Field Communication .....	44
3.7.1	Kurzbeschreibung .....	44
3.7.2	Erhebungsmethoden .....	44
3.7.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	44
3.8	Barcode .....	44
3.8.1	Kurzbeschreibung .....	44
3.8.2	Erhebungsmethoden .....	45

3.8.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	45
3.9	Wi-Fi .....	45
3.9.1	Kurzbeschreibung .....	45
3.9.2	Erhebungsmethoden .....	45
3.9.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	45
3.10	Bluetooth .....	46
3.10.1	Kurzbeschreibung .....	46
3.10.2	Erhebungsmethoden .....	46
3.10.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	46
3.11	Digitales Video/Foto .....	46
3.11.1	Kurzbeschreibung .....	46
3.11.2	Erhebungsmethoden .....	47
3.11.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	48
3.12	Passives Infrarot .....	48
3.12.1	Kurzbeschreibung .....	48
3.12.2	Erhebungsmethoden .....	49
3.12.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	49
3.13	Laser .....	49
3.13.1	Kurzbeschreibung .....	49
3.13.2	Erhebungsmethoden .....	49
3.13.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	50
3.14	Ultraschall .....	50
3.14.1	Kurzbeschreibung .....	50
3.14.2	Erhebungsmethoden .....	50
3.14.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	50
3.15	Radiowellen .....	51
3.15.1	Kurzbeschreibung .....	51
3.15.2	Erhebungsmethoden .....	51
3.15.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	51
3.16	Magnetometer .....	51
3.16.1	Kurzbeschreibung .....	51
3.16.2	Erhebungsmethoden .....	51
3.16.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	52
3.17	Glasfaserkabel .....	52
3.17.1	Kurzbeschreibung .....	52
3.17.2	Erhebungsmethoden .....	52
3.17.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	52
3.18	Personenzählmatte .....	53
3.18.1	Kurzbeschreibung .....	53
3.18.2	Erhebungsmethoden .....	53
3.18.3	Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten .....	53
3.19	Synopsis .....	54
<b>4</b>	<b>Anwendungspotenzial neuer Technologien .....</b>	<b>57</b>
4.1	Einleitung .....	57
4.2	SWOT Analyse .....	57
4.2.1	GPS unterstützte Mobilitätshebungen .....	57
4.2.2	Fallbeispiel .....	58
4.2.3	Floating Car Data .....	61
4.2.4	Floating Phone Data .....	62
4.2.5	Big Data .....	63
4.2.6	Wi-Fi .....	65
4.3	Bluetooth .....	66
4.3.1	Radio Frequency Identification .....	68
4.3.2	Smart Card / Near Field Communication .....	69
4.3.3	Barcode .....	70
4.3.4	Digitales Foto / Video .....	71
4.3.5	Automatische Kontrollschilderfassung .....	72
4.3.6	Passives Infrarot .....	73
4.3.7	Laser .....	74

4.3.8	Ultraschall.....	75
4.3.9	Radiowellen.....	76
4.3.10	Magnetometer .....	77
4.3.11	Glasfaserkabel .....	78
4.3.12	Personenzählmatte .....	79
4.3.13	Synopsis.....	80
<b>5</b>	<b>Anforderungen aus planerischer Sicht.....</b>	<b>83</b>
5.1	Einleitung.....	83
5.1.1	Generelles Vorgehen bei der Planung einer Mobilitäts- und Verkehrserhebung .....	83
5.1.2	Formulierung von Anforderungen .....	84
5.1.3	Anforderungen aus den Experteninterviews .....	84
5.2	Spezifische Anforderungen an neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden.....	87
5.2.1	Strukturierung der Anforderungen .....	87
5.2.2	GPS-unterstützte Mobilitätshebungen .....	87
5.2.3	Floating Car Data .....	89
5.2.4	Floating Phone Data .....	91
5.2.5	Big Data.....	92
5.2.6	Erfassung und Vergleich von ID-Codes .....	93
5.2.7	Automatische Erkennung von optischen Merkmalen.....	95
5.2.8	Luftaufnahmen mit Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen .....	96
5.2.9	Automatische Erfassung mit Sensoren .....	97
5.3	Synthese der Anforderungen aus planerischer Sicht .....	98
<b>6</b>	<b>Evaluation der Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden .....</b>	<b>99</b>
6.1	Einleitung.....	99
6.2	Ziele und Bewertungsindikatoren.....	99
6.3	Bewertung der einzelnen Methoden .....	100
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....</b>	<b>103</b>
7.1	Schlussfolgerungen.....	103
7.2	Empfehlungen .....	104
	<b>Anhänge .....</b>	<b>105</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>153</b>
	<b>Projektabschluss .....</b>	<b>157</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen .....</b>	<b>161</b>
	<b>SVI-Publikationsliste.....</b>	<b>163</b>





## Zusammenfassung

Die Verkehrsplanung benötigt verlässliche Grundlagendaten zum Mobilitätsverhalten und zur Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr. Oft sind Erhebungen dieser Daten anspruchsvoll und aufwändig. In dieser Studie wird untersucht, wie neue Technologien und Erhebungsmethoden dazu beitragen können, Mobilitäts- und Verkehrsdaten einfacher und umfassender zu gewinnen. Verkaufssysteme des öffentlichen Verkehrs, welche Mobilitäts- und Verkehrsdaten generieren, werden nicht behandelt.

Im Personenverkehr beschreiben Mobilitätsdaten das individuelle Mobilitätsverhalten (z.B. Wahl von Ziel, Abfahrtszeit, Verkehrsmittel, Route). Verkehrsdaten umfassen Kennwerte zum Verkehrsgeschehen (z.B. Verkehrsbelastung, Verkehrsdichte, Verkehrszusammensetzung an einem Querschnitt). Im Güterverkehr beinhalten die Mobilitätsdaten das individuelle Transportverhalten (z.B. Laufzeit, Route, Frachtart) und das aggregierte Transportverhalten (z.B. Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung, Nachfrageströme), während die Verkehrsdaten die analogen Kennwerte wie im Personenverkehr umfassen.

In einem ersten Schritt werden in der Studie die Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten, u.a. auch mittels Interviews mit Fachleuten aus der Verkehrsplanung, ermittelt. Es zeigt sich, dass sich die Bedürfnisse nach Kennwerten je nach Aufgabenbereich (Grundlagen und Instrumente, Planung, Bau und Unterhalt, Betrieb/Management und Monitoring/Controlling) stark unterscheiden. Diverse neue Technologien und Erhebungsmethoden werden in der Schweiz bereits angewendet. Ein flächendeckender Einsatz wird aber erst erwartet, wenn die Qualität und die Effizienz der Erhebungen gesteigert oder wenn neue Kennwerte erhoben werden können.

In einem zweiten Schritt werden in der Studie die Technologien, welche bei neuen Erhebungsmethoden zum Einsatz gelangen, beschrieben. Die folgenden Technologien werden behandelt: GPS, Mobilfunkortung, Big Data, Radio Frequency Identification, Smart Card, Near Field Contact, Barcode, Wi-Fi, Bluetooth, Digitales Video/Foto, passives Infrarot, Laser, Ultraschall, Radiowellen, Magnetometer, Glasfaserkabel, Personenzählmatte. Diese Technologien werden bei verschiedenen Erhebungsmethoden, welche im Bericht beschrieben werden, eingesetzt, z.B. GPS-unterstützte Mobilitätshebungen, Floating Car Data, Floating Phone Data, Identifikation mit ID-Code, Luftaufnahmen, automatische Identifikation von optischen Merkmalen, Signature Matching und Platoon Matching. Die neuen Erhebungsmethoden eignen sich primär für Zählungen von Verkehrsobjekten und Messungen von deren Eigenschaften (Ort, Zeit, Geschwindigkeit usw.).

Im dritten Teil der Studie wird das Anwendungspotenzial der neuen Technologien resp. Erhebungsmethoden mittels SWOT-Analysen untersucht. Als Stärken zeigen sich wiederholt die schnelle Datenverfügbarkeit, die Vollständigkeit der erhobenen Daten und ein automatisierter, relativ kostengünstiger Betrieb der Erhebung. Schwächen sind oft ein hoher Aufwand für die Nachbearbeitung und Auswertung der Daten. Als Chance bei gewissen Technologien (z.B. Bluetooth) wird insbesondere die zunehmende Verbreitung gesehen. Je nach Technologie resp. Erhebungsmethode können Konflikte mit dem Datenschutz entstehen. Ein ausserhalb der Studie durchgeführtes Fallbeispiel zeigt, dass bei einer GPS-unterstützten Mobilitätshebung Daten erhoben werden, welche mit dem Schweizerischen Mikrozensus Mobilität und Verkehr verglichen werden können.

In einem vierten Schritt werden die Anforderungen an neue Technologien resp. Erhebungsmethoden aus planerischer Sicht untersucht. Experteninterviews und ein Expertenworkshop zeigten, dass für die Anwendung neuer Technologien resp. Erhebungsmethoden spezifische Anforderungen zu beachten sind, z.B. verbesserte Datenqualität, erhöhte Effizienz und Transparenz, Sicherstellung des Datenschutzes, ausreichende Dokumentation und Archivierung der Erhebungsergebnisse. Unterschiedliche Anforderungen gibt es hinsichtlich der angestrebten Datenqualität und der Erhebungseffizienz. Im Vergleich zu den herkömmlichen Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden ist aus planerischer Sicht zu beachten, dass es sich um komplexe Technologien handelt (Plau-

sibilisierung der Datenqualität, Transparenz, Erkennung von Falschmessung resp. Geräteausfällen) und dass potenziell sensible Daten hohe Anforderungen an den Datenschutz stellen. Die anfallenden grossen Datenmengen erfordern eine leistungsfähige Datenübertragung und -speicherung sowie leistungsfähige Routinen für die Datenbereinigung und Kennwertberechnung. Wegen der Schnellebigkeit der Technologien ist deren langfristige Verfügbarkeit ein wichtiger Aspekt bei der Methodenwahl.

Im letzten Schritt wird das Anwendungspotenzial den planerischen Anforderungen gegenüber gestellt. Es zeigt sich, dass keine der Methoden in jeder Beziehung besser ist als herkömmliche Methoden. GPS-unterstützte Erhebungen beispielsweise erfüllen generell die gewünschten Anforderungen relativ gut, sowohl bei der Vollständigkeit und Genauigkeit der Daten als auch bei der Bereitschaft zur Mitwirkung der Probanden. Hingegen ist insbesondere der Aufwand für die Aufbereitung und Auswertung der Daten relativ hoch. Die Verwendung von Big Data bereitet noch erhebliche Probleme, da besonders bei der Auswertung sowie bei der generellen Akzeptanz Defizite bestehen. Beim Entscheid, ob neue Technologien resp. Methoden zur Verkehrserhebung eingesetzt werden sollen, sind jeweils Gesamtkosten (Investitions-, Erhebungs-, Auswertekosten usw.) zu betrachten. Allgemeingültige Aussagen zu den kostenmässigen Vor- und Nachteilen der neuen Technologien sind nicht möglich.

Als Schlussfolgerung aus der Forschungsarbeit lässt sich sagen, dass mit den vorgestellten neuen Technologien und Erhebungsmethoden der Verkehrsplanung viele Möglichkeiten zur Erfassung von neuen, umfangreicheren und genaueren Daten eröffnen. Die Analyse der neuen Technologien und Methoden für die Mobilitäts- und Verkehrserhebung hat aber gezeigt, dass die meisten neuen Erhebungsmethoden für den Einsatz im Personenverkehr konzipiert und dafür angewendet werden und weniger für den Güterverkehr. Auch ohne dass sich dadurch die grundsätzliche Methodik der Verkehrsplanung ändert, können von dieser rascher verfügbare und besser fundierte Ergebnisse erwartet werden. Die Anforderungen an die Mobilitätshebungen bleiben unverändert; die erhobenen Daten müssen aktuell, vollständig, genau und zugänglich sein. Bei Erhebungsmethoden, welche die Sammlung personalisierter Daten (z.B. Bewegungsmuster) erlauben, ergeben sich hohe Anforderungen an den Datenschutz. Mit der zunehmenden Möglichkeit, Mobilitäts- und Verkehrsdaten in Echtzeit zu erfassen, eröffnen sich neue Chancen für "data-driven" Prozesse, z.B. in der Verkehrssteuerung. Hindernisse für den vermehrten Einsatz von neuen Technologien bei Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sind die z.T. noch mangelnde Repräsentativität der erhobenen Daten, die fehlende Transparenz und insbesondere der Datenschutz.

## Résumé

La planification des transports nécessite des données de base fiables en ce qui concerne le comportement et la demande en matière de mobilité aussi bien pour les déplacements de personnes que de marchandises. La récolte de ces données est souvent exigeante et coûteuse. La présente recherche examine comment les nouvelles technologies et méthodes d'enquêtes peuvent contribuer à acquérir plus simplement et complètement des données de mobilité et de transport. Les systèmes de vente des transports publics, générant des données de mobilité et de trafic ne font pas l'objet de cette étude.

Dans le transport des personnes, les données de mobilité décrivent le comportement individuel en matière de déplacement (p. ex. choix de la destination, heure de départ, moyen de transport, itinéraire). Les données de transport incluent les caractéristiques de la circulation (p. ex. charge, densité et composition du trafic dans une section). Dans le transport des marchandises, les données de mobilité comprennent le comportement en matière de déplacement tant individuel (p. ex. temps de parcours, itinéraire, genre de fret) qu'agrégé (p. ex. volume de trafic, prestations, flux de demande), alors que les données de transport sont les mêmes que pour le transport des personnes.

Dans une première phase d'étude, les besoins de données en matière de mobilité et de circulation sont identifiés, notamment au moyen d'entretiens avec des spécialistes de la planification des transports. Il en ressort que les besoins en caractéristiques divergent selon les domaines (bases et instruments, planification, construction et entretien, exploitation et gestion, suivi et contrôle). Diverses technologies et méthodes de récolte nouvelles sont déjà appliquées en Suisse. Une utilisation à large échelle n'est cependant attendue que lorsque la qualité et l'efficacité de telles enquêtes seront augmentées ou lorsque que de nouvelles caractéristiques pourront être récoltées.

Dans une deuxième phase d'étude, sont décrites les technologies auxquelles recourent les nouvelles méthodes de récolte. Les technologies suivantes ont été traitées: GPS, localisation par téléphone portable, Big Data, identification par fréquence radio, Smart Card, near field contact, code barre, Wi-Fi, Bluetooth, photos et vidéos numériques, infrarouge passif, laser, ultrasons, ondes radio, magnétomètre, câble à fibre optique, tapis de comptage de personnes. Ces technologies sont appliquées à différentes méthodes de récolte qui sont décrites dans le rapport, par exemple enquêtes de mobilité à l'aide de GPS, Floating Car Data, Floating Phone Data, identification par code ID, photos aériennes, identification automatique de particularités optiques, correspondance de signature et de groupe. Les nouvelles méthodes de récolte sont avant tout appropriées pour les comptages d'objets en circulation et les mesures de leurs propriétés (lieu, heure, vitesse etc.).

Dans une troisième phase d'étude, le potentiel d'application des nouvelles technologies ou méthodes de récolte sont examinées à l'aide d'analyses SWOT (Strengths / forces, Weaknesses / faiblesses, Opportunities / opportunités, Threats / risques). Les forces souvent relevées sont la disponibilité rapide des données, leur exhaustivité et l'exploitation automatique relativement peu coûteuse de la collecte. Les faiblesses sont la fréquente lourdeur du post-traitement et de l'exploitation des données. Les opportunités apparaissent dans la diffusion toujours plus large de certaines technologies (p. ex. Bluetooth). Les méthodes d'enquête peuvent engendrer des conflits avec la protection des données. Un cas de figure en dehors de la présente recherche a montré que des données récoltées par une enquête de mobilité à l'aide de GPS pouvaient être comparées avec le microrecensement suisse mobilité et transports.

Dans une quatrième phase d'étude, les exigences posées aux nouvelles technologies et méthodes de récolte sont examinées du point de vue de la planification. Des entretiens et ateliers avec des experts ont montré que des exigences spécifiques doivent être respectées lors de leur application comme par exemple une qualité améliorée des données, une efficacité et une transparence plus grande, une garantie de la protection des données, une documentation suffisante et un archivage des résultats. Les exigences sont différentes au niveau de la qualité visée pour les données et de l'efficacité de leur récolte. Comparativement aux méthodes traditionnelles d'enquêtes de mobilité et de circulation, il faut tenir compte du point de vue de la planification qu'il s'agit de technologies complexes (plausibilisation de la qualité des données, transparence, identification d'erreurs de mesure ou de pannes d'appareil) et que les données potentiellement sensibles posent de hautes exigences pour leur protection. Les grandes quantités de données résultantes exigent des transmissions et des sauvegardes performantes ainsi que des routines efficaces pour la mise au point des données et le calcul des caractéristiques. La disponibilité à long terme est un aspect important dans le choix des méthodes en raison de l'obsolescence rapide de certaines technologies.

La dernière partie confronte le potentiel d'application avec les exigences de la planification. Il en ressort qu'aucune des méthodes n'est en tout point meilleure que les méthodes traditionnelles. Par exemple, les enquêtes à l'aide de GPS remplissent en général relativement bien les exigences souhaitées, aussi bien du point de vue exhaustivité et précision des données que de la bonne volonté des personnes à participer. En revanche, la lourdeur du traitement et du dépouillement des données est relativement importante. L'utilisation du Big Data pose encore des problèmes considérables en raison des déficits existants au niveau du dépouillement ainsi que de l'acceptation générale. Lors de la décision de recourir ou non à de nouvelles technologies ou méthodes pour récolter des données de transport, il faut chaque fois considérer les coûts totaux (investissement, récolte, dépouillement etc.). Des affirmations de portée générale ne sont pas possibles en termes de coûts sur les avantages et inconvénients des nouvelles technologies.

La recherche permet de conclure que les nouvelles technologies et méthodes d'enquête présentées offrent de multiples possibilités de récolter des données nouvelles, plus nombreuses et plus exactes pour la planification des transports. L'analyse des nouvelles technologies et méthodes pour la récolte de données de mobilité et de circulation a cependant montré que la plupart de ces méthodes n'ont été ni conçues ni appliquées pour leur utilisation dans le transport des personnes et encore moins dans celui des marchandises. Sans pour autant que les méthodes fondamentales de la planification des transports en soient modifiées, on peut s'attendre à des résultats plus rapidement disponibles et plus approfondis. Les exigences posées aux enquêtes de mobilité demeurent inchangées: les données récoltées doivent être actuelles, complètes, exactes et accessibles. Les méthodes permettant de récolter des données personnalisées (p. ex. spécimen de déplacements) débouchent sur des exigences élevées de protection des données. Les possibilités toujours plus nombreuses de récolter des données de mobilité et de circulation en temps réel ouvrent de nouvelles opportunités à des procédures conduites par ces données, par exemple dans la régulation du trafic. Les obstacles au recours plus fréquent aux nouvelles technologies dans les méthodes d'enquêtes de mobilité et de circulation sont la représentativité encore insuffisante des données récoltées, le manque de transparence et plus particulièrement la protection des données.

## Summary

Transport planning needs reliable data on mobility and travel demand for passenger and freight traffic. Data collection is often demanding and complex. This study investigates the potential of new technologies and survey methods to obtain more comprehensive and accurate data.

Mobility data describes the individual mobility behavior (e.g. choice of destination, departure time, mode and route). Traffic data includes information on the traffic situation (e.g. traffic volume, traffic density, traffic mix at a cross section). In freight transportation mobility data describe the individual transport behavior (e.g. runtime, route and type of cargo) as well as the aggregated transport behavior (e.g. traffic volume, traffic capacity, demand flows). The traffic data describe similar information as in passenger transportation.

In a first step the study evaluates the needs for mobility and traffic data. The results of interviews with transport planning experts show that the requirements for information vary depending on the field of activity (e.g. research, planning, monitoring) of the interviewed person. The interviewees provide information on several new technologies and survey methods they use. They expect to use these new technologies more regularly once the quality and the efficiency of the data collection has increased or additional types of information can be obtained.

In the second part of the study the technologies which are used with new survey methods are introduced. The following technologies are described: GPS, Network Based Mobile Phone Tracking, Big Data, Radio Frequency Identification, Smart Card, Near Field Contact, Barcode, Wi-Fi, Bluetooth, digital Photo/Video, Passive Infrared, Laser, Ultrasound, Radio wave, Magnetometer, Optical Fiber, People Counting Mats. The study describes different survey methods which use these technologies, e.g. GPS-supported mobility surveys, Floating Car Data, Floating Phone Data, identification with ID-Code, Aerial Photography, Automatic Identification of Optical Features, Signature and Platoon Matching. The new survey methods are best suited for counting of traffic objects and measuring their characteristics (e.g. place, time, speed).

In the third step of the study the new technologies and survey methods are assessed using SWOT-analyses. The following strengths are identified repeatedly: fast availability of data, completeness of data as well as automatic and relatively inexpensive data collection. The increasing large scale use of certain technologies (e.g. Bluetooth) is seen as an opportunity. There exists, depending on the technology or survey method, a conflict potential with data protection laws. A case study conducted outside of this study shows that the data gained with a GPS-supported mobility survey is comparable to the results of the Swiss Microcensus on Mobility and Traffic.

The fourth part of the study focuses on the requirements to new technologies and survey methods from a transportation planner's point of view. Interviews and a workshop with experts show several aspects to be important, e.g. improved data quality, increased efficiency and transparency, compliance with data protection laws, comprehensive documentation and archiving of the survey results. There exist diverging requirements regarding the level of data quality and survey efficiency. Compared to contemporary mobility- and transportation survey methods the new survey methods are complex (validation of data quality, transparency, detection of measurement errors and technical failure respectively). Several technologies collect sensitive personal data which requires a very careful handling of the data protection law. Since large amounts of data are produced, efficient storage, transmission as well as mechanisms for data cleansing and processing are required. Due to the ephemerality of technologies their long-term availability is an important aspect for choosing a new method.

In the final part of the study the application potential is compared with the planner's requirements. The result shows that none of the new methods is better in all respects than contemporary methods. GPS-supported mobility surveys generally meet the require-

ments, especially concerning completeness and precision of the data as well as the willingness of people to participate in the survey. However, the effort for data cleansing and processing is relatively high. The use of Big Data generates momentarily considerable problems as there are deficits with data processing and the acceptance of the method. When considering the use of new technologies and survey methods respectively, all costs (e.g. investment, survey and data processing costs) have to be taken into account. A universal statement concerning the costs of using the new technologies for transport surveys is not possible.

In summary, the use of new technologies and survey methods bear many opportunities for collecting new, more comprehensive and more precise data. The new technologies and survey methods are predominantly designed for and used in passenger traffic. Even if the general methodology of transportation planning has not to be changed when using new technologies and methods, results can be available faster and on a sounder basis. The requirements for mobility surveys do not change; the data has to be up date, complete, precise and accessible. Survey methods that collect personal data (e.g. movement profile) require special attendance of data protection laws. The increasing possibilities to collect real-time mobility and traffic data open new opportunities for "data-driven" processes, e.g. in traffic control. Obstacles against an increasing use of new technologies in mobility and traffic survey methods are the partial lack of information on the representativeness of the collected data, the missing transparency and especially the potential problems due to data protection laws.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Verkehrsplanung benötigt verlässliche Grundlagendaten zum Mobilitätsverhalten und zur Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr. Oft sind Erhebungen des Mobilitätsverhaltens (z.B. Wahl von Abfahrtszeit, Ziel, Verkehrsmittel und Route) und des Verkehrsgeschehens (z.B. Strecken- und Knotenstrombelastungen, Geschwindigkeiten, Stauzeiten und -längen) anspruchsvoll und aufwändig.

Bei Befragungen zum Mobilitätsverhalten, bei denen durchgeführte Wege rapportiert werden müssen, stellt man fest, dass Wege nicht oder z.B. hinsichtlich Abfahrtszeit, gewähltem Verkehrsmittel, gewählter Route, Wegzeit und -distanz nur ungenau angegeben werden.

Neue Technologien, welche bereits heute eingesetzt werden, wie GPS, Bluetooth, GSM, RFID, Wi-Fi, Big Data usw.<sup>1</sup> bieten die Möglichkeit, die oben genannten Informationen zum Mobilitäts- und Verkehrsverhalten einfacher und umfassender zu gewinnen, wenn evtl. auch mit anderen Fehlern. Auch bei den so gewonnenen Erhebungsergebnissen handelt es sich um Stichproben (z.B. gibt es nicht in allen Fahrzeugen eine aktive Bluetooth-Quelle) und sie sind mit Unsicherheiten behaftet (z.B. mehrere Bluetooth-Quellen in einem Fahrzeug). Zudem stellt sich die Frage nach weiteren sinnvollen Einsatzgebieten neuer Technologien für die Gewinnung von Daten für die kurz- und längerfristige Planung des Personen- und Güterverkehrs.

Aus der Sicht des Personenverkehrs präsentiert sich die Ausgangslage wie folgt:

- Für zahlreiche Aufgaben in der Verkehrs- und Mobilitätsplanung (Verkehrsanalysen, Mobilitätsanalysen, Planung von Verkehrsanlagen, Netzplanungen, Umweltstudien etc.) werden Mobilitäts- und Verkehrsdaten benötigt. Teilweise werden diese permanent (z.B. Induktionsschlaufen) oder periodisch (z.B. Mikrozensus Mobilität und Verkehr<sup>2</sup>) erhoben.
- Für die Erreichung der gewünschten Qualität der erhobenen Mobilitäts- und Verkehrsdaten ist der Erhebungsaufwand mittels herkömmlicher Methoden und Instrumente in der Regel gross.
- Schwächen bei Erhebungen bestehen vor allem bei der kombinierten Mobilität (Umsteigeverhalten) sowie bei der Beobachtung des Langsamverkehrs, wo insbesondere verlässliche Daten zu Fussgängerströmen, Geh- und Aufenthaltsverhalten, Gruppengrössen, Fussgängerdichten, Wegezwecken usw. fehlen.

Aus der Sicht des Güterverkehrs präsentiert sich die Ausgangslage wie folgt:

- Die heutigen Güterverkehrserhebungen sind auf nationale statistische Bedürfnisse ausgerichtet (Rapp Trans AG/ProgTrans AG/LOG HSG 2013). Schwächen der heutigen Güterverkehrsstatistik liegen unter anderem bei der Erfassung des städtischen Lieferverkehrs, bei der Abdeckung von multimodalen Transportketten und bei der geringen feinräumlichen Differenzierung.
- Erhebungen zum Güterverkehr mit herkömmlichen Instrumenten (Papierfragebogen, Hand-Zählungen, Induktionsschlaufen etc.) sind in der Regel mit einem grossen Aufwand verbunden und die Belastung wird von den Logistik- und Transportunternehmen als hoch empfunden.
- Neue Technologien (GPS-Logger, Bluetooth, FCD, FPD, Luftbilder, etc.) können dazu beitragen, Erhebungen zu vereinfachen, bestehende Datenlücken zu schliessen und die Qualität der erhobenen Kennwerte zu verbessern sowie die Belastung der befragten Unternehmen/Personen zu reduzieren.

<sup>1</sup> Das Abkürzungsverzeichnis befindet sich im Glossar.

<sup>2</sup> MZMV

- Die Nutzung von firmeninternen Berichtssystemen wäre als Alternative zu Erhebungen von Güterverkehrsdaten zu klären (RFID, "tracking and tracing systems", Dispositionssysteme, etc.).
- Die technischen Entwicklungen bieten neue Möglichkeiten für die Mobilitäts- und Verkehrsdatenerfassung (z.B. Erfassen von Personenverkehrsströmen an Bahnhöfen und bei Veranstaltungen, von Staus, der Routen, der Verkehrsmittelwahl, des urbanen Wirtschaftsverkehrs). Auch die Auswertung von geocodierten Daten (erfasst z.B. mittels GPS-Loggern) bietet neue Analyse- und Auswertungsmöglichkeiten wie z.B. über die Nutzung von Fuss- und Radwegen.
- Für Mobilitäts- und Verkehrserhebungen mittels neuer Technologien ist es wichtig zu wissen, welche Kennwerte in welcher Qualität erfasst werden können und welcher Aufwand damit verbunden ist. Zudem stellen sich auch Fragen des Datenschutzes, des Datenzugangs und der Datensicherheit.

## 1.2 Projektziele

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Beantwortung der folgenden Fragen:

- Welche Datenbedürfnisse hat die Verkehrsplanung und -steuerung resp. -statistik heute (MIV, ÖV, Langsamverkehr und Güterverkehr) und welche Anforderungen ergeben sich an Mobilitäts- und Verkehrserhebungen?
- Welche Anwendungspotenziale haben neue Technologien für Mobilitäts- und Verkehrserhebungen?
- Welche Anforderungen werden an den Einsatz neuer Technologien für Mobilitäts- und Verkehrserhebungen gestellt?
- Welche allgemeinen Vor- und Nachteile sowie Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken weisen neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungstechnologien im Vergleich zu herkömmlichen auf?
- Welches sind die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen neuer Mobilitäts- und Verkehrserhebungstechnologien?
- Welche Einsatzgrenzen und Anforderungen ergeben sich aus den heutigen Datenschutzgesetzen?
- Könnte man die Verfahren der Verkehrstechnik und -planung anpassen oder ergänzen, um die neuen Datenquellen nutzbar zu machen?

## 1.3 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Untersuchungsgegenstand sind Methoden zur Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten im Personen und Güterverkehr, bei denen neue Technologien zum Einsatz gelangen. Als "neu" werden in diesem Zusammenhang Technologien bezeichnet, welche erst seit kurzer Zeit für die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten im Einsatz stehen und noch nicht allgemein bekannt sind. Insbesondere das Anwendungspotenzial dieser Methoden zur Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten ist noch nicht vollumfänglich bekannt.

Das Schwergewicht der Untersuchungen liegt bei den Messungen und Beobachtungen von individuellen und aggregierten Mobilitätsdaten sowie makroskopischen Verkehrsdaten. Mikroskopische Verkehrsdaten werden nur am Rande behandelt. Im Vordergrund stehen Positions- und Identifizierungssysteme. Verkaufssysteme des öffentlichen Verkehrs, welche Mobilitäts- und Verkehrsdaten generieren, werden nicht behandelt.

Es werden die Datenbedürfnisse im Personenverkehr (MIV, ÖV, Fuss- und Radverkehr) und im Güterverkehr (Strasse und Schiene) der öffentlichen Hand auf Bundes-, Kantons-, Agglomerations- und Gemeindeebene betrachtet. Die Datenbedürfnisse der Transport- und Logistikunternehmen bezogen auf unternehmenseigene Gütertransporte werden nicht untersucht.



## 1.4 Vorgehen und Aufbau des Berichtes

Das Vorgehen gliedert sich in die folgenden sechs Arbeitsschritte (Abbildung 1):

- Zusammenstellung der Bedürfnisse der öffentlichen Hand nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten
- Zusammenstellung und Kurzbeschreibung der neuen Technologien und deren Anwendung in Erhebungsmethoden
- Beschreibung der Anwendungspotenziale neuer Technologien
- Formulierung der Anforderungen an die Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden, bei denen neue Technologien zum Einsatz gelangen, aus planerischer Sicht
- Beurteilung der neuen Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden bezüglich Einsatzmöglichkeiten und -grenzen sowie Vor- und Nachteilen gegenüber herkömmlichen Methoden. Entwicklung von Empfehlungen für den Einsatz der neuen Erhebungsmethoden in der Praxis
- Schlussfolgerung und Empfehlung

Jedem dieser Arbeitsschritte ist in diesem Bericht ein Kapitel gewidmet.

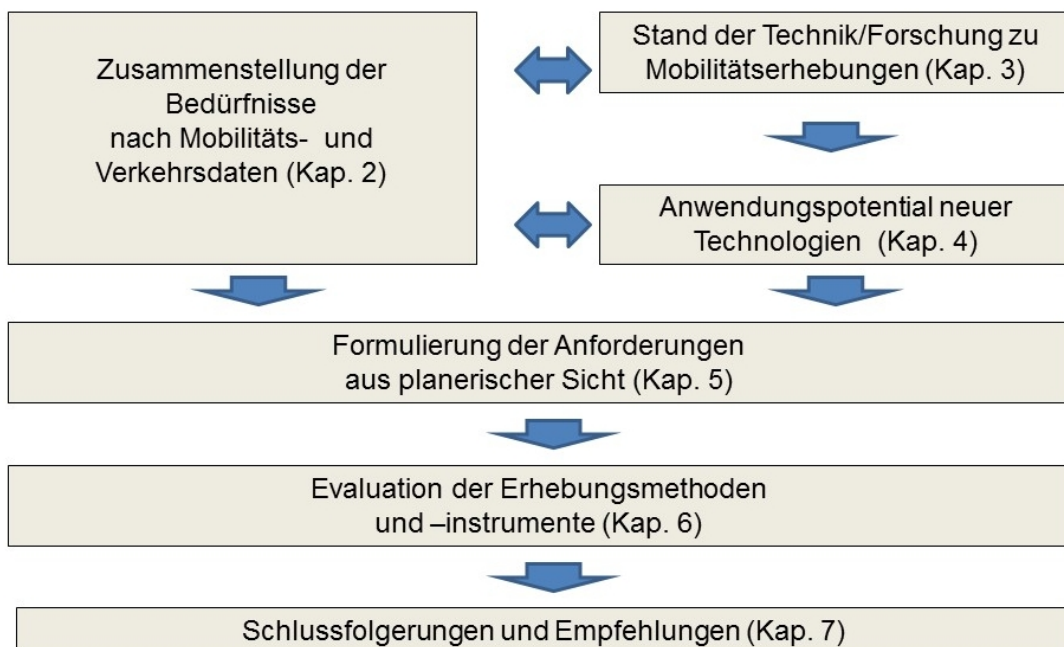


Abbildung 1: Arbeitsschritte der Forschungsarbeit



## 2 Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten

### 2.1 Einleitung

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der Analyse der Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten zusammen, welche sich auf Literaturrecherchen, Experteninterviews und Erfahrungen der Forschungsstelle abstützt<sup>3</sup>.

Im Personenverkehr werden unter Mobilitätsdaten Daten zum individuellen und aggregierte Mobilitätsverhalten (z.B. Wahl von Ziel, Abfahrtszeit, Verkehrsmittel, Route) verstanden. Verkehrsdaten umfassen Daten zum Verkehrsgeschehen (z.B. Verkehrsbelastung, Verkehrsdichte, Verkehrszusammensetzung an einem Querschnitt).

Im Güterverkehr beschreiben die Mobilitätsdaten das individuelle Transportverhalten (z.B. Laufzeit, Route, Frachtart) und das aggregierte Transportverhalten (z.B. Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung, Nachfrageströme), während die Verkehrsdaten die analogen Kennwerte wie im Personenverkehr umfassen.

#### 2.1.1 Anwendungsbereiche und -zwecke

Mobilitäts- und Verkehrsdaten werden für verschiedene Anwendungsbereiche und -zwecke benötigt. Je nach Anwendungszweck werden bestimmte Kenngrößen benötigt und spezifische Anforderungen an deren Genauigkeit, räumliche Auflösung etc. gestellt. Es können die folgenden Anwendungsbereiche unterschieden werden:

- Grundlagen und Instrumente
- Planung
- Bau und Unterhalt
- Betrieb
- Monitoring/Controlling

Eine mögliche Kategorisierung der Anwendungszwecke zeigt folgende Tabelle.

---

<sup>3</sup> Beschreibungen der "neuen" Technologien und Erhebungsmethoden finden sich in Kapitel 3.

Tabelle 1: Grobübersicht über Anwendungszwecke von Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Anwendungsbereich	Anwendungszwecke	Mobilitätsdaten	Verkehrsdaten
<b>Grundlagen und Instrumente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilitäts-/Verkehrsstatistik</li> <li>• Mobilitäts-/Verkehrsanalysen</li> <li>• Nachfrage- und Marktanalysen</li> <li>• Verkehrsmodellierung</li> <li>• Verkehrssimulation</li> <li>• Verkehrsprognosen</li> <li>• Verkehrsszenarien</li> <li>• Verkehrssicherheitsanalysen</li> </ul>	X	X
<b>Planung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung von Verkehrskonzepten/-strategien (Agglo-Programme)</li> <li>• Angebotsplanungen (ÖV)</li> <li>• Netz- und Massnahmenplanungen</li> <li>• Parkraumplanung</li> <li>• Betriebsplanung (ÖV)</li> <li>• Erschliessungsplanung</li> <li>• Raumplanung (Sach-, Richt- und Nutzungsplanung)</li> <li>• Standortplanung</li> <li>• Umweltstudien/UVP</li> <li>• Verbundplanung</li> <li>• Machbarkeits- und Zweckmässigkeitsbeurteilungen</li> <li>• Verkehrsberuhigung/Strassenraumgestaltung</li> <li>• Dimensionierung von Verkehrsanlagen</li> </ul>	X	X
<b>Bau und Unterhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionierung Infrastruktur</li> <li>• Zustandsschätzung und -überwachung</li> <li>• Erhaltungsplanung/-management</li> <li>• Baustellenplanung</li> </ul>		X
<b>Betrieb</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrszustandserfassung/-überwachung</li> <li>• Verkehrssteuerung oder Betriebssteuerung</li> <li>• Verkehrsmanagement (Lenken, Leiten, Steuern, Informieren)</li> <li>• Betriebslenkung im öffentlichen Verkehr</li> <li>• Einnahmenverteilung in Verkehrsverbänden</li> <li>• Störungs-/Ereignismanagement</li> </ul>		X
<b>Monitoring / Controlling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring Verkehrsentwicklung</li> <li>• Wirkungskontrollen</li> <li>• Evaluationen von Programmen/Konzepten/Massnahmen</li> </ul>	X	X

Mobilitätsdaten werden für den Bau und Unterhalt sowie den Betrieb nicht benötigt, da diese Daten keinen direkten Netzbezug aufweisen.

### 2.1.2 Strukturierung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Gestützt auf Widmer et al. (2015) wurde je für den Personen- und den Güterverkehr eine Liste von Kennwerten erstellt. Beim individuellen Mobilitätsverhalten erfolgte zusätzlich eine Strukturierung der Kennwerte nach dem Etappenkonzept des MZMV. Sinngemäss wurde dieses auch für den Güterverkehr angewendet. Beispiele für Kennwerte für die verschiedenen Kategorien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2: Beispiele von Kennwerten

	Individuelles Mobilitäts-/ Transportverhalten	Aggregiertes Mobilitäts-/ Transportverhalten	Mikroskopisches Verkehrsgeschehen	Makroskopisches Verkehrsgeschehen
<b>Personenverkehr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start- / Endpunkt</li> <li>• Start- / Ankunftszeit</li> <li>• Etappenlänge</li> <li>• Fahrzeit</li> <li>• Verkehrsmittel</li> <li>• Wegekette</li> <li>• Wegezweck</li> <li>• Route</li> <li>• Ausgänge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsaufkommen</li> <li>• Verkehrsleistung</li> <li>• Fahrleistung</li> <li>• Nachfrageströme</li> <li>• Modal Split</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitlücken</li> <li>• Beschleunigung</li> <li>• Verzögerung</li> <li>• Lokale Geschwindigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastung (Querschnitt/Strom)</li> <li>• Verkehrsdichte</li> <li>• Verkehrszusammensetzung</li> <li>• Geschwindigkeitsverteilung</li> </ul>
<b>Güterverkehr</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versender- / Empfängerort</li> <li>• Start- / Ankunftszeit</li> <li>• Etappenlänge</li> <li>• Route</li> <li>• Transportkette</li> <li>• Warengruppe</li> <li>• Frachtart</li> <li>• Werkverkehr / gewerbl. Verkehr</li> <li>• Menge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsaufkommen</li> <li>• Verkehrsleistung</li> <li>• Fahrleistung</li> <li>• Nachfrageströme</li> <li>• Modal Split</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitlücken</li> <li>• Beschleunigung</li> <li>• Verzögerung</li> <li>• Lokale Geschwindigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastung (Querschnitt/Strom)</li> <li>• Verkehrsdichte</li> <li>• Verkehrszusammensetzung</li> <li>• Geschwindigkeitsverteilung</li> </ul>

### 2.1.3 Methode zur Beurteilung der Datenbedürfnisse aus der Sicht der Forschungsstelle

Die Mitglieder des Forschungsteams haben die Wichtigkeit der identifizierten Kennwerte (56 für Personenverkehr, 57 für Güterverkehr) anhand einer 3-Stufigen Punkteskala (1 = wenig wichtig, 2 = wichtig, 3 = sehr wichtig) für die 35 Anwendungszwecke (vgl. Tabelle 1) beurteilt und klassiert. Eine detaillierte Übersicht über die Kennwerte findet sich im Anhang III.

Die durch die Teammitglieder vergebenen Punkte wurden gemittelt und für jeden Kennwert und Anwendungszweck aufsummiert. Je höher die Punktzahl pro Kennwert ist, desto breiter kann dieser für verschiedene Anwendungszwecke verwendet werden. Je höher die Punktzahl pro Anwendungszweck ist, desto mehr Kennwerte können für den jeweiligen Anwendungszweck verwendet werden.

Weiter wurde die Gesamtpunktzahl der Wichtigkeit durch die max. mögliche Gesamtpunktzahl (wenn alle mit 3 bewertet) dividiert. Dies entspricht einer Art Erfüllungs- oder Wichtigkeitsgrad in Prozent. Dies erfolgte pro Kennwert, pro Anwendungszweck und aggregiert pro Kennwertgruppe (individuelles Mobilitäts- bzw. individuelles Transportverhalten, aggregiertes Mobilitäts- bzw. aggregiertes Transportverhalten, mikroskopisches bzw. makroskopisches Verkehrsgeschehen) und pro Anwendungsbereich (Grundlagen und Instrumente, Planung, Bau- und Unterhalt, Betrieb/Management, Monitoring/Controlling).

Diese Auswertungen erlaubten eine grobe Einschätzung der Bedeutung der Kennwerte aus der Sicht der Forschungsstelle. Die Ergebnisse werden in Kapitel 2.2 vorgestellt.

### 2.1.4 Expertengespräche

Mit den Expertengesprächen wurden anhand eines Interviewleitfadens (siehe Anhang II), die vom Forschungsteam identifizierten Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten im Personen- und Güterverkehr verifiziert. Dabei stand die Perspektive der öffentlichen Hand im Vordergrund.

Ergänzend wurden die Experten zu ihrem Umgang mit Mobilitäts- resp. Verkehrsdaten resp. ihren Erfahrungen mit eingesetzten (neuen) Erhebungstechnologien sowie deren Stärken/Schwächen befragt.

Insgesamt wurden 14 Interviews mit Vertretern von Verwaltungen, Infrastrukturbetreibern und Transportunternehmen durchgeführt. Die Liste der befragten Experten findet sich im Anhang II.

## 2.2 Ergebnisse der Bedürfnisanalyse

### 2.2.1 Beurteilung der Bedürfnisse aus der Sicht der Forschungsstelle

Es wurden die Auswertungen gemäss Kapitel 2.1.3 vorgenommen. Es ist zu beachten, dass die Tendenz besteht, Kennwerte für die eigenen Tätigkeitsbereiche als wichtiger zu beurteilen als jene für andere Anwendungsbereiche. Das Haupttätigkeitsfeld der beteiligten Firmen/Institutionen liegt in den Anwendungsbereichen Grundlagen und Instrumente, Planung, Monitoring/Controlling und Betrieb/Management (Reihenfolge mit abnehmender Bedeutung). Der Bereich Bau und Unterhalt wird durch die Forschungsstelle nicht direkt abgedeckt.

Im Folgenden sind die Ergebnisse in aggregierter Form dargestellt; zuerst für den Personenverkehr und dann für den Güterverkehr.

#### a) Personenverkehr

Aus Tabelle 3 geht der Wichtigkeitsgrad der Kennwerte nach Anwendungsbereich und Kategorie hervor. Die Tabelle zeigt die aggregierte Darstellung für die Personenmobilität bzw. den Personenverkehr. Für den Vergleich ist die relative Beurteilung relevanter als die absolute Beurteilung.

Tabelle 3: Wichtigkeitsgrad von Kennwerten nach Aufgabenbereich und Datenkategorie

Anwendungsbereiche	Mobilitätsdaten		Verkehrsdaten	
	Individuelles Mobilitätsverhalten (Etappenkonzept) (N=33)	Aggregiertes Mobilitätsverhalten (N=10)	Mikroskopisches Verkehrsgeschehen (N=6)	Makroskopisches Verkehrsgeschehen (N=7)
Grundlagen und Instrumente				
Planung				
Bau und Unterhalt				
Betrieb / Management				
Monitoring / Controlling				

Legende:

Wichtigkeitsgrad

Der Wichtigkeitsgrad beschreibt die Wichtigkeit der Kennwerte (Verwendbarkeit und Bedeutung)

N=Anzahl Kennwerte

Methodik zur Bestimmung des Wichtigkeitsgrad siehe Kap. 2.1.3.

tief	<50%	
mittel	50-60%	
hoch	60-70%	
Sehr hoch	>70%	

Aus der Tabelle können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Für Grundlagen und Instrumente sind Kennwerte für das individuelle und für das aggregierte Mobilitätsverhalten wichtiger als das makroskopische und insbesondere das mikroskopische Verkehrsgeschehen. Beim mikroskopischen Verkehrsgeschehen sind die Kennwerte nur für wenige Aufgaben von Bedeutung (z.B. Verkehrssimulation, Verkehrssicherheitsanalysen).
- Für die Planung sind Kennwerte zum Mobilitätsverhalten und Verkehrsgeschehen ähnlich wichtig. Kennwerte des aggregierten Mobilitätsverhaltens sind wichtiger als Kennwerte für das individuelle Mobilitätsverhalten. Kennwerte des makroskopischen Verkehrsgeschehens haben einen höheren Wichtigkeitsgrad als Kennwerte des mikroskopischen Verkehrsgeschehens. Der Grund liegt auch hier darin, dass Kennwerte des mikroskopischen Verkehrsgeschehens nur für wenige Aufgaben verwendet werden.
- Für Bau und Unterhalt sowie Betrieb/Management haben Kennwerte des Verkehrsgeschehens einen deutlich höheren Wichtigkeitsgrad als Kennwerte zum Mobilitätsverhalten. Für die Dimensionierung und den Betrieb von Verkehrsanlagen sind verkehrsinfrastrukturbezogene Kennwerte (bezüglich Querschnitt, Strecken, Knoten) von zentraler Bedeutung. Das aggregierte und insbesondere das individuelle Mobilitätsverhalten sind für diesen Aufgabenbereich deutlich weniger relevant, da diese Kennwerte einen geringen Netzbezug haben.
- Für Monitoring/Controlling haben Kennwerte des Mobilitätsverhaltens einen ähnlich hohen Wichtigkeitsgrad wie Kennwerte zum Verkehrsgeschehen. Verkehrspolitische Zielsetzungen beziehen sich oft auf aggregierte Grössen (z.B. Modal Split, Verkehrsbelastung, Fahrleistungen, etc.) und weniger auf Kennwerte zum individuellen Mobilitätsverhalten (z.B. Routen, Beförderungsstrecken). Wirkungskontrollen von Massnahmen benötigen vor allem Kennwerte des makroskopischen Verkehrsgeschehens (z.B. Querschnittswerte, Geschwindigkeitsverteilungen), können aber auch Kennwerte für das aggregierte und individuelle Mobilitätsverhalten umfassen.

Tabelle 4: Beispiele von Kennwerten nach Wichtigkeitsgradklassen

	Individuelles Mobilitätsverhalten	Aggregiertes Mobilitätsverhalten	Mikroskopisches Verkehrsgeschehen	Makroskopisches Verkehrsgeschehen
<b>Hoher bis sehr hoher Wichtigkeitsgrad (&gt;60%)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendetes Verkehrsmittel</li> <li>• Quelle/Ziel</li> <li>• Wegehäufigkeit</li> <li>• Route</li> <li>• Wegekette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsaufkommen</li> <li>• Nachfrageströme</li> <li>• Modal Split</li> <li>• Anzahl Ausgänge</li> <li>• Etappen pro Ausgang</li> <li>• Wegzweck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastung (Strom/Querschnitt)</li> <li>• Verkehrszusammensetzung</li> </ul>
<b>Tiefer bis mittlerer Wichtigkeitsgrad (&lt;60%)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftliniendistanz</li> <li>• Umsteigehäufigkeit</li> <li>• Umsteigezeit</li> <li>• Umsteigevorgänge</li> <li>• Umsteigegehdistanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wegekettenteilung</li> <li>• Wahl Abfahrtszeit/Ziel/Verkehrsmittel/Route</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Geschwindigkeit</li> <li>• Beschleunigung</li> <li>• Verzögerung</li> <li>• Weglücken</li> <li>• Zeitlücken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Geschwindigkeitsverteilung</li> <li>• Streckenbezogene Geschwindigkeitsverteilung</li> </ul>

## b) Güterverkehr

Aus der folgenden Tabelle geht der Wichtigkeitsgrad der Kennwerte nach Anwendungsbereiche und Kategorie hervor. Die Tabelle zeigt die aggregierte Darstellung für den Gütertransport bzw. den Güterverkehr. Für den Vergleich ist die relative Beurteilung relevanter als die absolute Beurteilung.

Tabelle 5: Wichtigkeitsgrad von Kennwerten nach Aufgabenbereich und Datenkategorie

Anwendungsbereiche	Transportdaten		Verkehrsdaten	
	Individuelles Transportverhalten (Etappenkonzept) (N=34)	Aggregiertes Transportverhalten (N=10)	Mikroskopisches Verkehrsgeschehen (N=6)	Makroskopisches Verkehrsgeschehen (N=7)
Grundlagen und Instrumente				
Planung				
Bau und Unterhalt				
Betrieb / Management				
Monitoring / Controlling				

## Legende:

Wichtigkeitsgrad

Der Wichtigkeitsgrad beschreibt die Wichtigkeit der Kennwerte (Verwendbarkeit und Bedeutung)

N=Anzahl Kennwerte

Methodik zur Bestimmung des Wichtigkeitsgrad siehe Kap. 2.1.3.

tief	<50%	
mittel	50-60%	
hoch	60-70%	
Sehr hoch	>70%	

Aus der Tabelle können folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

- Grundsätzlich zeigt sich über die Anwendungsbereiche und Datenkategorien ein ähnliches Bild wie beim Personenverkehr. Aufgrund der Beurteilung durch teilweise andere Personen wurde insgesamt die Wichtigkeit etwas höher eingestuft als beim Personenverkehr.
- Für Grundlagen und Instrumente sind Kennwerte für das individuelle und das aggregierte Transportverhalten wichtiger als das makroskopische und insbesondere das mikroskopische Verkehrsgeschehen. Beim mikroskopischen Verkehrsgeschehen sind die Kennwerte nur für wenige Aufgaben von Bedeutung (z.B. Verkehrssimulation, Verkehrssicherheitsanalysen); es ergibt sich darum ein eher tiefer Wichtigkeitsgrad.
- Für die Planung sind Kennwerte des Transportverhaltens und Verkehrsgeschehens ähnlich wichtig. Kennwerte des aggregierten Transportverhaltens sind erwartungsgemäss wichtiger als Kennwerte für das individuelle Transportverhalten. Kennwerte des makroskopischen Verkehrsgeschehens haben einen höheren Wichtigkeitsgrad als Kennwerte des mikroskopischen Verkehrsgeschehens. Der Grund liegt auch hier darin, dass Kennwerte des mikroskopischen Verkehrsgeschehens nur für wenige Aufgaben verwendet werden.
- Für Bau und Unterhalt sowie Betrieb/Management haben Kennwerte des Verkehrsgeschehens einen deutlich höheren Wichtigkeitsgrad als Kennwerte zum Transportverhalten. Für die Dimensionierung und den Betrieb von Verkehrsanlagen sind verkehrsinfrastrukturbezogene Kennwerte (bezüglich Querschnitt, Strecken, Knoten) von zentraler Bedeutung. Dass das mikroskopische und makroskopische Verkehrsgeschehen in der gleichen Wichtigkeitsgradklasse liegt, ist eher überraschend. Es wäre zu erwarten gewesen dass die makroskopischen Verkehrskennwerte eher wichtiger sind. Das aggregierte und insbesondere das individuelle Transportverhalten sind für diesen Aufgabenbereich deutlich weniger relevant, da diese Kennwerte keinen Netzbezug haben.
- Für Monitoring/Controlling haben Kennwerte des Transportverhaltens einen etwas höheren Wichtigkeitsgrad als Kennwerte zum Verkehrsgeschehen. Verkehrspolitische Zielsetzungen beziehen sich oft auf aggregierte Grössen (z.B. Modal Split, Verkehrsbelastung, Fahrleistungen, etc.) und weniger auf Kennwerte zum individuellen Transportverhalten (z.B. Routen, Beförderungsdistanzen). Wirkungskontrollen von Massnahmen benötigen vor allem Kennwerte des makroskopischen Verkehrsgeschehens (z.B. Querschnittswerte, Lastwagenanteile, Geschwindigkeitsverteilungen).



Tabelle 6: Beispiele von Kennwerten nach Wichtigkeitsgradklassen

	Individuelles Transportverhalten (Etappenkonzept)	Aggregiertes Mobilitätsverhalten	Mikroskopisches Verkehrsgeschehen	Makroskopisches Verkehrsgeschehen
<b>Hoher bis sehr hoher Wichtigkeitsgrad (&gt;60%)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendetes Verkehrsmittel</li> <li>• Mengen</li> <li>• Transportketten</li> <li>• Transporthäufigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsaufkommen</li> <li>• Nachfrageströme</li> <li>• Modal Split</li> <li>• Anzahl Touren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastung (Querschnitt/Strom)</li> <li>• Verkehrszusammensetzung</li> </ul>
<b>Tiefer bis mittlerer Wichtigkeitsgrad (&lt;60%)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftliniendistanz</li> <li>• Umladehäufigkeit</li> <li>• Zu- und Abgangszeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportkettenverteilungen</li> <li>• Wahl Abfahrtszeit/Ziel/Verkehrsmittel/Route</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Geschwindigkeit</li> <li>• Beschleunigung</li> <li>• Verzögerung</li> <li>• Weglücken</li> <li>• Zeitlücken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Geschwindigkeitsverteilung</li> <li>• Streckenbezogene Geschwindigkeitsverteilung</li> </ul>

## 2.2.2 Ergebnisse der Expertengespräche: Verwendete Kennwerte

In den Expertengesprächen wurde auch nach den heute verwendeten Kennwerten gefragt. Die Antworten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### a) Verwendete Kennwerte im Personenverkehr

- Die Verwendung der Kennwerte zum individuellen Mobilitätsverhalten ist bei den interviewten Personen sehr unterschiedlich. Am meisten genutzt werden neben den Quell- und Zielkoordination zeitbezogene Kennwerte (z.B. Etappenzeit, Wegzeit) und distanzbezogene Kennwerte (z.B. Etappenlänge, Weglänge). Am wenigsten genutzt werden folgende Kennwerte: Mitnahme von Gepäck, Anzahl Mitreisende, Fahrer/Mitfahrer, Anzahl Ausgänge, Luftliniendistanz und Umsteigezeiten.
- Die Verwendung von Kennwerten zum aggregierten Mobilitätsverhalten ist etwas ausgeglichener. Am meisten werden Kennwerte zum Verkehrsaufkommen, zur Verkehrsleistung und zur Fahrleistung verwendet. Wichtig sind aber auch die Nachfrageströme, die Fahrzwecke oder der Modal Split. Am wenigsten genutzt werden die Anzahl Ausgänge, die Etappen pro Ausgang sowie die Wegeketten,
- Kennwerte zum mikroskopischen Verkehrsgeschehen werden nur von wenigen der Interviewten verwendet. Die lokale Geschwindigkeit findet eine breitere Verwendung als Zeitlücken, Beschleunigungen oder Verzögerungen.
- Kennwerte zum makroskopischen Verkehrsgeschehen werden demgegenüber deutlich mehr verwendet. Am meisten genutzt werden Kennwerte wie Verkehrsbelastungen im Querschnitt resp. in einem Strom oder die Verkehrszusammensetzung. Am wenigsten genutzt werden die streckenbezogene und die lokale Geschwindigkeitsverteilung sowie die Reisezeitverteilung.

### b) Verwendete Kennwerte im Güterverkehr

Bezüglich der heute verwendeten Kennwerte für den Güterverkehr bzw. den Gütertransport können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Kennwerte zum individuellen Transportverhalten werden nur von rund der Hälfte der interviewten Personen verwendet. Die am häufigsten verwendeten Kennwerte sind Versender/Empfänger, Warengruppe, Verkehrsmittel, Start- und Ankunftszeit sowie Gütermengen und Ladeeinheiten des kombinierten Verkehrs. Weniger häufig verwendet werden Fahrzeiten, Standzeiten, Transportketten oder Touren.
- Kennwerte zum aggregierten Transportverhalten werden von rund der Hälfte der interviewten Personen verwendet. Besonders häufig verwendet werden der Modal Split, Nachfrageströme und Warengruppen. Weniger häufig verwendet werden Stops pro Tour und Transportkettenverteilungen.
- Wie beim Personenverkehr verwenden die interviewten Personen auch beim Güterverkehr nur selten Kennwerte zum mikroskopischen Verkehrsgeschehen. Wenn solche Kennwerte genutzt werden ist der Nutzungsgrad hoch. Am häufigsten verwendet

wird die lokale Geschwindigkeit. Auch häufig verwendet werden Zeitlücken, Beschleunigungen und Verzögerungen.

- Kennwerte des makroskopischen Verkehrsgeschehens verwendet rund die Hälfte der interviewten Personen. Im Vordergrund stehen die Verkehrsbelastung im Querschnitt resp. Strom sowie die Verkehrszusammensetzung. Weniger häufig werden die Geschwindigkeits- und Laufzeitverteilung verwendet.

### 2.2.3 Ergebnisse der Expertengespräche: Eingesetzte (neue) Technologien

Im Rahmen der Expertengespräche wurde auch der Einsatz neuer Technologien für Mobilitäts- und Verkehrserhebungen diskutiert. Dabei wurde nach den eingesetzten Technologien sowie dem räumlichen Erhebungsgebiet (national, regional und lokal) differenziert. Von den interviewten Vertretern von 12 Institutionen/Unternehmen werden heute folgende Technologien eingesetzt bzw. der Einsatz folgender Technologien<sup>4</sup> ist geplant.

Tabelle 7: Heutiger/geplanter Einsatz von neuen Technologien

Interviewpartner	Nationale Erhebungen					Regionale Erhebungen			Lokale Erhebungen			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Technologie</b>												
GPS Logger		(E)	(E)				E/G	(G)	(E)	G	E	E
GPS Logger in Taxi								(G)			E	
LSVA-Geräte	E			E					(E)			
Navigationsgeräte	E		E				(E)	E	(E)			
Smartphone mit App		G	E				(E)	E	(G)	G	E/G	
Mobilfunktelefon		G	(E)						(G)	E/G	E	
Extended Floating Car Data								(G)			E/G	
Bluetooth		E	(E)			E		G	(G)	E	E	
Wi-Fi		(G)						G	(G)	E	E	
RFID		(G)							(G)			
NFC											E	
SmartCards		(E)										
Barcode		(E)							(E)			
Foto					G				(E)	E	E	
Foto mit Schrifterkennung									(E)			
Video		E				E	E			E	E/G	
Video mit Schrifterkennung								G	(E)	E	G	
Video mit Personenerkennung		E					(E)			(E)		
Luftaufnahmen mit Satellit										E		
Luftaufnahmen mit Flugzeugen								E	(E)	E	E/G	
Luftaufnahmen mit Drohnen											G	
Big Data		G			G			E		E	E	
Passives Infrarot		E					E			E		E
Laser		E								(E)	E	
Ultraschall												
Radar		E				E	E	G		E	E/G	
Radiowellen												
Magnetometer												
Lichtwellen										G		
Drucksensoren (z.B. Personenzählmatte, EcoCounter)						E		E	E	(G)	E	

Legende: E: heute im Einsatz, G: Einsatz geplant, E/G: heute im Einsatz/Ausweitung geplant; ( ): Test/Feldversuche

Der heutige resp. geplante Einsatz neuer Technologien für die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten kann aufgrund der Interviews wie folgt beurteilt werden:

- GPS-Logger werden von zahlreichen der interviewten Institutionen/Unternehmen genutzt oder deren Einsatz ist geplant (z.B. Parksucherkehr, Erstellung von Fahrprofilen), teilweise auch erst im Rahmen von Feldversuchen. GPS-Logger in Taxis sind noch nicht im Einsatz; der Einsatz auf regionaler Ebene ist jedoch geplant.

<sup>4</sup> Die Beschreibung der Technologien findet sich in Kapitel 3.

- Daten aus LSVA-Geräten werden für statistische Zwecke und für die Plausibilisierung von Verkehrsmodellen auf nationaler Ebene genutzt. Auf regionaler Ebene wird mit diesen Daten erst in einem Feldversuch gearbeitet.
- Daten aus Navigationsgeräten werden sowohl national als auch regional genutzt (z.B. für die Erfassung von Geschwindigkeiten und Routen).
- Etwa die Hälfte der interviewten Institutionen/Unternehmen nutzt Smartphones mit entsprechender App bzw. plant deren Einsatz (teilweise im Rahmen von Feldversuchen). Einsatzgebiete sind unter anderem der Langsamverkehr und der öffentliche Verkehr.
- Mobilfunkdaten werden auf lokaler und nationaler Ebene verwendet (z.B. für die Geschwindigkeitsmessung).
- Extended Floating Car Data fähige Fahrzeuge sind erst vereinzelt im Einsatz.
- Bluetooth gestützte Erhebungen werden auf allen Ebenen durchgeführt (z.B. für die Erhebung von Reisezeiten). Punktuelle, zeitlich beschränkte Erhebungen sind häufiger als permanente Erhebungen. Für die Reisezeitermittlung wird eine Erfassungsrate von 12 bis 18 % als ausreichend betrachtet. Für zahlreiche Kennwerte (z.B. Verkehrsmengen) ist jedoch eine Hochrechnung erforderlich, was bei tiefen Erfassungsraten bezüglich Qualität kritisch sein kann. Ein vermehrter Einsatz von Bluetooth ist geplant.
- Wi-Fi kommt bei lokalen, in der Regel temporären, Erhebungen mehrfach zum Einsatz. Für regionale und nationale Erhebungen ist der Einsatz geplant.
- RFID kommt bei den interviewten Institutionen/Unternehmen noch nicht zum Einsatz.
- NFC ist nur bei einer interviewten Institution im Einsatz.
- Smart Cards und Barcode sind im Rahmen von Feldversuchen im Einsatz (z.B. für Check-in/Check-out Systeme im öffentlichen Verkehr).
- Foto gestützte Erhebungen werden vor allem auf lokaler Ebene durchgeführt. Foto mit automatischer Schrifterkennung ist im Rahmen eines Feldversuchs im Einsatz.
- Video kommt auf allen drei Ebenen zum Einsatz, teilweise auch mit automatischer Schrift- oder Personenerkennung. Es handelt sich dabei um permanente (z.B. Verkehrsüberwachung, Velozählungen) oder um temporäre Erhebungen (z.B. Erhebung von Personenströmen mit Personenerkennung).
- Luftaufnahmen (Satellit, Flugzeuge) werden nur vereinzelt genutzt, insbesondere für lokale Erhebungen (z.B. Erfassung von Personendichten und -flüssen bei Grossanlässen). Der Einsatz von Drohnen ist geplant.
- Big Data<sup>5</sup> wird heute erst vereinzelt genutzt (z.B. Daten aus Parkleitsystemen, Routenplanern, Mobiltelefonen, Betriebsleitsystemen sowie von Verkaufssystemen). Eine vermehrte Nutzung von Big Data ist geplant.
- Sensor gestützte Erhebungen (Infrarot, Laser, Radar, Drucksensoren) finden eine breite Verwendung (z.B. Querschnittszählungen, Fahrgastzählungen im öffentlichen Verkehr, Gewichtsmessungen, temporäre Verkehrsregelungsanlagen, Geschwindigkeitsmessungen). Die interviewten Personen haben mehrfach die Kennzahlen mit manuellen Kontrollen überprüft und eine gute Übereinstimmung festgestellt. Probleme ergeben sich teilweise bei der Erfassung von Fahrzeugklassen oder auch bei automatischen Fahrgastzählungen bei Grossanlässen. Die Investitionskosten werden als eher tief angesehen. Ultraschall, Radiowellen und Magnetometer kommen bei den interviewten Institutionen/Unternehmen nicht zum Einsatz. Der Einsatz von Lichtwellen ist geplant.

Bei der Einführung neuer Technologien entsteht in der Regel ein hoher Aufwand (Konzept, Planung, Testeinsatz, Inbetriebnahme), der aber durch einen geringeren Aufwand im Betrieb kompensiert werden kann. Durch die Automatisierung ist der Aufwand oft auch für die Datenaufbereitung und -auswertung geringer. Je nach eingesetzter Technologie ist jedoch ein hoher Aufwand für die Datenplausibilisierung und -bereinigung notwendig. Auch der Ersatz bei Ausfall von Geräten kann teuer werden.

<sup>5</sup> Wie in Kapitel 3.4 beschrieben wird, handelt es sich bei "Big Data" nicht um eine Technologie im engeren Sinne.

Der Einsatz neuer Technologien sollte durch Erhebungsspezialisten erfolgen, welche sich mit den Technologien gut auskennen. Dieses Wissen ist bei den Auftraggebern häufig nicht vorhanden (asymmetrische Verteilung der Information resp. des Wissens). Wichtig ist auch eine Visualisierung und Plausibilisierung sowie die Nachvollziehbarkeit der erhobenen Daten (welche Daten wurden überhaupt erhoben? Wer konnte potenziell an der Erhebung teilnehmen?).

## 2.2.4 Ergebnisse der Expertengespräche: Bedürfnisse

### a) Personenverkehr

Die höchsten Nutzungsraten weisen Kennwerte zum aggregierten Mobilitätsverhalten auf. Hohe Nutzungsraten weisen auch Kennwerte zum makroskopischen Verkehrsgeschehen und individuellem Mobilitätsverhalten auf. Deutlich geringere Nutzungsraten weisen Kennwerte zum mikroskopischen Verkehrsgeschehen auf. Dieser Befund deckt sich mit der Analyse und Beurteilung aus der Sicht der Forschungsstelle.

Aus der folgenden Tabelle gehen die prioritär genutzten Kennwerte sowie die zusätzlich benötigten Kennwerte hervor. Bei den zusätzlich benötigten Kennwerten ist zu beachten, dass diese teilweise im MZMV erhoben werden, aber nicht im gewünschten Detaillierungsgrad.

Tabelle 8: Prioritäre Kennwerte und zusätzlich benötigte Kennwerte

Bereich	Hauptanwendungszwecke	Kennwerte von besonders hoher Priorität	Zusätzlich benötigte Kennwerte
<b>Individuelles Mobilitätsverhalten (Etappenkonzept)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen und Instrumente (inkl. Inputdaten für Modelle)</li> <li>Monitoring/Controlling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reisezeiten</li> <li>Wegdistanzen</li> <li>Routenwahl</li> <li>Mobilitätswerkzeuge</li> <li>Start- und Zielpunkte</li> <li>Wegehäufigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kombination von Verkehrsmitteln</li> <li>Routen</li> <li>Ausgänge</li> <li>Umsteigegehdistanz</li> <li>Umsteigevorgänge</li> <li>Umsteigezeiten</li> <li>Aktivitätenmuster</li> <li>Bahnzugangsmerkmale</li> <li>Anzahl Mitreisende</li> <li>Wegekettens</li> <li>Wegehäufigkeiten</li> <li>Mobilitätswerkzeuge</li> </ul>
<b>Aggregiertes Mobilitätsverhalten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planung</li> <li>Monitoring/Controlling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrsaufkommen</li> <li>Modal Split</li> <li>Verkehrsleistung</li> <li>Nutzungshäufigkeit von Verkehrsmitteln</li> <li>Nachfrageströme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrserzeugungsraten</li> <li>Wahl Abfahrtszeit, Route</li> </ul>
<b>Mikroskopisches Verkehrsgeschehen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen und Instrumente</li> <li>Betrieb/Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelfahrzeugdaten in Echtzeit (Quelle, Ziel, Standort, Fz-Typ)</li> <li>Geschwindigkeiten</li> <li>Gewicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personenverhalten (als Input für Simulationsmodelle)</li> </ul>
<b>Makroskopisches Verkehrsgeschehen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planung</li> <li>Betrieb/Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrsbelastung/-frequenzen</li> <li>Verkehrsdichten</li> <li>Verkehrszusammensetzung</li> <li>Geschwindigkeiten</li> <li>Reisezeitverluste</li> <li>Staulängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reisezeitverteilung</li> <li>Geschwindigkeitsverteilungen</li> <li>Reisezeitverluste</li> <li>Staulängen</li> <li>Stauzeiten</li> <li>Auslastungen/Belegungen</li> </ul>

## b) Güterverkehr

Die höchsten Nutzungsraten weisen Kennwerte zum aggregierten Transportverhalten auf. Hohe Nutzungsraten weisen auch Kennwerte zum makroskopischen Verkehrsgeschehen auf. Deutlich geringere Nutzungsraten weisen Kennwerte zum mikroskopischen Verkehrsgeschehen und zum individuellen Transportverhalten auf. Dieser Befund deckt sich mehrheitlich mit der Analyse und Beurteilung aus der Sicht der Forschungsstelle. Überraschend ist die tiefe Nutzungsrate für Kennwerte zum individuellen Transportverhalten.

Aus der folgenden Tabelle gehen die prioritären Kennwerte sowie die zusätzlich benötigten Kennwerte hervor.

*Tabelle 9: Prioritäre Kennwerte und zusätzlich benötigte Kennwerte*

Bereich	Hauptanwendungszwecke	Kennwerte von besonders hoher Priorität	Zusätzlich benötigte Kennwerte
<b>Individuelles Transportverhalten (Etappenkonzept)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen und Instrumente (inkl Inputdaten für Modelle)</li> <li>Monitoring/Controlling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standzeiten</li> <li>Touren</li> <li>Warengruppen</li> <li>Branchen</li> <li>Verkehrsmittel</li> <li>Transportketten</li> <li>Sendungsgrößen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrzeiten, Standzeiten, Umladezeiten</li> <li>Touren</li> <li>Stops pro Tour</li> <li>Logistikmarktsegment, Branche</li> <li>Standzeiten</li> <li>Transportketten</li> <li>Lieferhäufigkeiten am Lieferpunkt</li> <li>Akteurtyp</li> <li>Laufzeiten</li> </ul>
<b>Aggregiertes Transportverhalten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planung</li> <li>Monitoring/Controlling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrsaufkommen</li> <li>Güterströme</li> <li>Modal Split</li> <li>Verkehrsleistung</li> <li>Fahrleistung</li> <li>Direktfahrten/Touren</li> <li>Werkverkehr/Gewerbeverkehr</li> <li>Fahrzeugtypen</li> <li>Behältertypen</li> <li>Emissionsklassen</li> <li>Weitere aggregierte Werte des individuellen Transportverhaltens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aggregierte Werte des individuellen Transportverhaltens (vgl. oben)</li> <li>Wahl Abfahrtszeit, Ziel, Verkehrsmittel, Route (Verteilungen)</li> </ul>
<b>Mikroskopisches Verkehrsgeschehen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen und Instrumente</li> <li>Betrieb/Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einzelfahrzeugdaten in Echtzeit (Quelle, Ziel, Standort, Fz-Typ)</li> <li>Geschwindigkeiten</li> <li>Gefahrgut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lokale Geschwindigkeiten</li> </ul>
<b>Makroskopisches Verkehrsgeschehen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planung</li> <li>Monitoring/Controlling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tagesganglinien</li> <li>Anteil Schwerverkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lokale Geschwindigkeitsverteilungen</li> <li>Laufzeitenverteilungen</li> </ul>

### **2.2.5 Ergebnisse der Expertengespräche: Erfahrungen mit Erhebungstechnologien**

In den Interviews wurden die Experten auch nach deren Erfahrungen mit dem Einsatz von neuen Methoden und Technologien in der Verkehrserhebung gefragt. Die Ergebnisse sind nachfolgend nach Technologie und Anwendungszweck tabellarisch dargestellt. Es werden die Anwendungszwecke, die gemachten Erfahrungen und die von den Interviewten genannten Stärken und Schwächen aufgeführt. Im Kapitel 4 erfolgt eine vertiefte Analyse der Stärken und Schwächen sowie der Chancen und Risiken der verschiedenen Technologien.

Die folgende Tabelle zeigt die gemachten Erfahrungen mit GPS, FCD, FPD und Bluetooth.

Tabelle 10: Erfahrungen mit Erhebungen mit GPS, FCD, FPD und Bluetooth

	Anwendungszweck	Stärken	Schwächen
GPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrssteuerung im städtischen Bereich</li> <li>Erhebung des Schleichverkehrs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insgesamt positiv</li> <li>Verifizierung von Beobachtungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Differenzen zum effektiven Aufkommen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhebung des Parksuchverkehrs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Genauigkeit (auch bezüglich Routenerfassung)</li> <li>Geringer Batterieaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grosser Initialaufwand</li> <li>Schulungsbedarf</li> <li>Datenschutz</li> </ul>
FCD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung der Verkehrslage für Verkehrsmanagement (Test)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grobe Problem-/Stauerkennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beschränkte Genauigkeit bezüglich Staulängen und Reisezeiten</li> <li>Verzögerte Übermittlung der Information</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung von streckenbezogenen Reisezeiten und Geschwindigkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gute Qualität auf stärker belasteten Strassen (wo Ausrüstungsgrad stimmt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geringe Stichprobe für untergeordnetes Strassennetz</li> <li>Hohe Kosten</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung von Fahr- und Stauzeiten (für die Staukostenermittlung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noch keine Erfahrungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noch keine Erfahrungen</li> </ul>
FPD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifizierung von Quell-Ziel-Relationen und Routenwahl (Fallbeispiel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noch keine Erfahrungen</li> <li>Grosses Potenzial erwartet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noch sehr eingeschränkte Erfahrungen</li> <li>Teilweise noch ungenügende Qualität</li> <li>Erkennung von Verkehrsmitteln</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Messung von Reisegeschwindigkeiten und Reisezeitverlusten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kostengünstig</li> <li>Gute Qualität der Ergebnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Räumliche Abdeckung noch ungenügend</li> <li>Zuordnung zu Strassentyp und Verkehrsmittel</li> <li>Keine Gesamtmenge</li> <li>Keine Fahrzeug-Klassen</li> </ul>
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reisezeitermittlung MIV (jährlich im September)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insgesamt positiv</li> <li>Zuverlässigkeit</li> <li>Auch Messung der Fahrtrichtung (mit zwei Sensoren) und von Geschwindigkeiten möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoher Geräteaufwand (Netz)</li> <li>Herausfiltern von Personen, welche unterwegs Aktivitäten ausgeübt haben</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhebung von Personenflüssen an/um Bahnhöfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung von Gebieten/Strömen/Routen</li> <li>Hohe Effizienz</li> <li>Kostengünstig</li> <li>Umfassende Erhebung möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Repräsentativität ist methodisch anspruchsvoll</li> <li>Ungenügende Transparenz</li> <li>Interpretationsschärfe heikel</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhebung des Durchgangsverkehr von innerstädtischen Hauptverkehrsstrasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Räumlich und zeitliche Erfassung der Ströme</li> <li>Nachträgliche Auswertungsmöglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhebungsnetz notwendig</li> <li>Repräsentativität ist methodisch anspruchsvoll</li> <li>Datenschutz</li> <li>Hoher Aufwand wegen Störsignalen</li> <li>Relativ teuer</li> <li>Unterscheidung Verkehrsmittel</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Messung von Reisezeiten und Geschwindigkeiten auf dem Nationalstrassennetz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kostengünstig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kleine Grundgesamtheit</li> </ul>

Die folgende Tabelle zeigt die gemachten Erfahrungen mit Video gestützten Erhebungen.

*Tabelle 11: Erfahrungen mit Erhebungen mit Video*

Anwendungszweck	Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrslageermittlung / Ereignisdetektion auf dem Strassennetz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfahrungen positiv</li> <li>Hohe Akzeptanz durch Visualisierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probleme bei schlechter Witterung</li> <li>Ungenügende räumliche Abdeckung</li> <li>Ausfälle von Kameras</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Velozählstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einfach Erfassung</li> <li>Kostengünstige Erfassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeitaufwand für manuelle Auswertung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluation von verkehrlichen Massnahmen an einem komplexen innerstädtischen Knoten</li> <li>Unfallsschwerpunktsanierung (laufend)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visualisierung</li> <li>Identifizierung von Konfliktpunkten</li> <li>Analyse komplexer Zusammenhänge</li> <li>Effizient</li> <li>Erfassung aller Verkehrsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komplexe Organisation/Vorbereitung</li> <li>Bearbeitung grosser Datenmengen</li> <li>Einhaltung des Datenschutzes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Technologietest für Erhebung von Fussgängerfrequenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Zählgenauigkeit</li> <li>Automatisierte Auswertung</li> <li>Dateneinsicht in Echtzeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Installationsanforderungen</li> <li>Hohe Kosten/hoher Aufwand</li> <li>Stromzufuhr</li> <li>Einhaltung des Datenschutzes</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Video mit automatischer Erkennung der Knotenströme (MIV, FG, Velo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Genauigkeit</li> <li>Gute Visualisierung</li> <li>Automatisierte Auswertung</li> <li>Geringe Kosten</li> <li>Nachträgliche Analysen möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Installationsanforderungen</li> <li>Witterungsabhängigkeit</li> <li>Aufwendige Abklärungen für Einhaltung Datenschutz</li> </ul>

Die folgende Tabelle zeigt die gemachten Erfahrungen mit Erhebungen mittels Sensoren.

*Tabelle 12: Erfahrungen mit Erhebungen mit Sensoren*

	Anwendungszweck	Stärken	Schwächen
Infrarot	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhebung des Fussverkehrs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Witterungsunabhängig</li> <li>Mobil einsetzbar</li> <li>Tiefe Kosten</li> <li>Datenschutz</li> <li>Keine Stromzufuhr notwendig</li> <li>Tiefe Kosten</li> <li>Automatische Datenübertragung</li> <li>Einfach montierbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abfallende Genauigkeit bei hohen Frequenzen</li> <li>Keine Filterung nach Verkehrsmittel</li> <li>Anfällig auf Vandalismus</li> <li>Kurzzeitige Datenausfälle</li> <li>Braucht sorgfältige Standortwahl</li> <li>Ortsspezifische Kontrollen und Korrekturen notwendig</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrgastzählung im städtischen öffentlichen Verkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr hohe Qualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittelwerte über längere Perioden</li> <li>Abweichungen vom Regelbetrieb werden nicht erfasst (z.B. Events)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatische Fahrgastzählungen im öffentlichen Regionalverkehr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Qualität</li> <li>Zeitliche und räumliche Abdeckung</li> <li>Auswertungsmöglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software-Upgrade teilweise mit Fehlern behaftet</li> </ul>
Laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung Stop&amp;Go-Situationen mittels Lasersensoren, insbesondere bei Tunnelportalen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genauigkeit</li> <li>Einfache Wartung/Unterhalt</li> <li>Kontaktlose Zählung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einstellung Messwinkel schwierig</li> <li>Gefahr von Doppelzählungen</li> <li>Witterungsbedingungen</li> <li>Hohe Kosten</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Periodische Kurzzeitzählungen</li> <li>Geschwindigkeitsmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Montage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Genauigkeit</li> <li>Verkehrszusammensetzung</li> <li>Abgrenzungen MIV / Velo</li> <li>Standortsuche</li> </ul>



Die folgende Tabelle zeigt die mit Big Data gemachten Erfahrungen.

*Tabelle 13: Erfahrungen mit Erhebungen mit Big Data*

Anwendungszweck	Stärken	Schwächen
Evaluation des Verkehrskonzepts Euro 08	Kombination von Metadaten zum Mobilitätsverhalten mit anderen Kennwerten	Differenzen zum effektiven Aufkommen

Zum Vergleich werden hier auch Erfahrungen von Erhebungen mit Induktionsschlaufen aufgezeigt.

*Tabelle 14: Erfahrungen mit Erhebungen mit Induktionsschlaufen*

Anwendungszweck	Stärken	Schwächen
Permanente Velozählung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Genauigkeit</li> <li>• Witterungsunabhängig</li> <li>• Umfassende Datenmenge</li> <li>• Funktioniert im Mischverkehr</li> <li>• Keine externe Stromzufuhr notwendig</li> <li>• Automatische Datenübertragung</li> <li>• Keine Datenschutzprobleme</li> <li>• Tiefe Kosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht mobil einsetzbar</li> <li>• Hohe Installationsanforderungen</li> <li>• Keine Zählung von Karbonvelos</li> <li>• Reduziert auf einen Querschnitt</li> <li>• Manuelle Kontrollzählungen notwendig</li> </ul>
Permanente Verkehrszählung auf Nationalstrassennetz (Belastung, Fz-Typen, Geschwindigkeiten, Ganglinien)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Qualität</li> <li>• Erfassung Verkehrszusammensetzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausfallquoten</li> <li>• Aufwendiger Einbau</li> <li>• Aufwendiger Ersatz der Schlaufen</li> <li>• Gute Standortwahl sehr wichtig</li> </ul>

## 2.2.6 Ergebnisse der Expertengespräche: Heute bewusst nicht eingesetzte Technologien

In den durchgeführten Interviews wurde auch nach heute bewusst nicht eingesetzten Technologien gefragt. Die Antworten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Dabei ist zu beachten, dass es sich um einzelne Erfahrungen handelt und nur beschränkt allgemeingültige Schlüsse gezogen werden können.

*Tabelle 15: Bewusst nicht eingesetzte Technologien mit Begründung*

Technologie	Grund für die Nichteinsetzung	Bemerkungen
Daten aus Navigationsgeräten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungenügende Transparenz der Datengenerierung, -aufbereitung und -hochrechnung</li> <li>• Hoher Preis für die Daten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten aus Navigationsgeräten werden heute beim Bund und einzelnen Kantonen verwendet</li> </ul>
Floating Car Data, Bluetooth, Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noch nicht genügend repräsentativ für eine direkte Verwendung für die Verkehrssteuerung</li> </ul>	
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noch nicht genügend repräsentativ für eine direkte Verwendung für die Verkehrssteuerung</li> <li>• Ungenügende Repräsentativität</li> <li>• Zu teuer (für Quell-Ziel-Erhebungen)</li> </ul>	
Smartphone Apps (für Erhebungen Langsamverkehr, Güterverkehr)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Momentan nicht genügend Mittel für Durchführung einer Erhebung vorhanden</li> <li>• Unbefriedigende Testergebnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grund unabhängig von Datenqualität oder Aufwand</li> </ul>
Videokameras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Akzeptanz aufgrund Datenschutz</li> <li>• Genauigkeit ungenügend</li> <li>• Schlechte Akzeptanz für Kontrollschilderhebungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Videokameras kommen heute beim Bund, Kantonen und zahlreichen Städte zum Einsatz</li> </ul>
Videokameras mit automatischer Fahrzeugfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noch kein geeignetes Projekt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grund unabhängig von Datenqualität oder Aufwand</li> </ul>
Smart Cards (Check-In, Check-Out im öffentlichen Nahverkehr für Tram und Bus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behinderungen beim Ein-/Aussteigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solche Systeme sind heute in Amsterdam oder Lyon im Einsatz</li> </ul>
Magnetsensoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwand</li> <li>• Betrieb (Batterien)</li> </ul>	
Radar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifizierung der Verkehrsmittel ist schlecht</li> </ul>	
Drohnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise eingesetzt bei Grossveranstaltungen zur Überwachung von Personendichten und -strömen</li> </ul>

Hauptgründe für den Nichteinsatz von neuen Technologien sind die mangelnde Repräsentativität, die mangelnde Transparenz und die ungenügende Akzeptanz aufgrund des Datenschutzes.

### 2.2.7 Folgerungen aus den Expertengesprächen

Aus den durchgeführten Interviews können hinsichtlich der Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten folgende Folgerungen abgeleitet werden.

- Mobilitäts- und Verkehrsdaten werden für alle der aufgezeigten Aufgabenbereiche (Grundlagen und Instrumente, Planung, Bau und Unterhalt, Betrieb/Management und Monitoring/Controlling) benötigt. Die benötigten Kennwerte sind aber stark von den Anwendungszwecken abhängig.
- Kennwerte zum aggregierten Mobilitätsverhalten und zum makroskopischen Verkehrsgeschehen weisen einen breiteren Nutzerkreis auf als Kennwerte zum individuellen Mobilitätsverhalten resp. zum mikroskopischen Verkehrsgeschehen. Letztere sind vor allem wichtig als Input für Verkehrsmodelle und Simulationsinstrumente sowie für den Betrieb von Verkehrsanlagen. Für den Betrieb von Verkehrsanlagen werden vermehrt Echtzeitdaten gewünscht.
- Kennwerte zum Personenverkehr werden heute deutlich stärker genutzt als Kennwerte zum Güterverkehr.
- Für die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten kommen neue Technologien erst vereinzelt zum Einsatz. Ein breiterer Einsatz ist jedoch in der Zukunft zu erwarten.
- Der Einsatz von neuen Technologien ist dann interessant, wenn die Qualität der Erhebungen und/oder die Effizienz der Erhebungen gesteigert oder wenn neue Kennwerte erhoben werden können.
- Für den Einsatz von neuen Technologien bestehen gemischte Erfahrungen. Hindernisse für den Einsatz von neuen Technologien sind die mangelnde Repräsentativität, die fehlende Transparenz und der Datenschutz.
- Der Einsatz neuer Technologien verlangt nach Spezialisten, welche sich mit den Technologien und ihrem Einsatz gut auskennen.



## 3 Technologieübersicht

### 3.1 Einleitung

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der Literaturrecherche zum Thema des Einsatzes neuer Technologien für die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten zusammen. Als "neu" werden in diesem Zusammenhang Technologien bezeichnet, welche erst seit relativ kurzer Zeit für die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten eingesetzt werden. Die Technologien selbst sind dabei oft nicht neu. Sie wurden in der Regel für andere Zwecke entwickelt und sind für diese teilweise schon seit längerer Zeit im Einsatz.

Bei den Erhebungsmethoden wird zwischen Beobachtungen und Befragungen unterschieden (Widmer et al., 2015). Erhebungsmethoden ohne Interaktion mit dem Erhebungsobjekt gehören zur Kategorie der Beobachtungen, solche mit Interaktion zur Kategorie der Befragungen.

Neue Technologien und Methoden gelangen vor allem bei Beobachtungen zum Einsatz. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, wird bei diesen nach Messungen (z.B. Zeit, Geschwindigkeit, Gewicht usw.) und Zählungen (z.B. Anzahl Fahrzeuge, Personen) unterschieden.

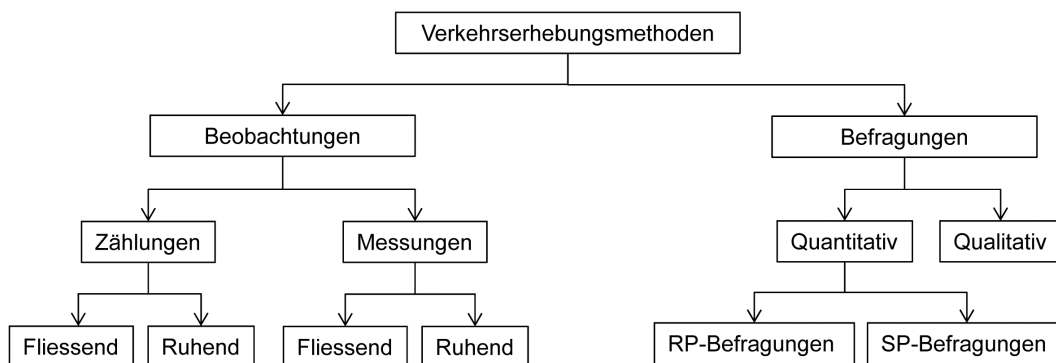


Abbildung 2: Gliederung der Methoden zur Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten (Quelle: Widmer et al., 2015)

Bei Befragungen können mit neuen Technologien durchgeführte Beobachtungen ergänzend beigezogen werden, um die Qualität der Befragungsergebnisse zu verbessern oder um den Befragungsaufwand zu reduzieren.

Im Folgenden werden die einzelnen Technologien und die Methoden, bei denen sie zum Einsatz gelangen, stichwortartig beschrieben. Beispielhaft wird auf Mobilitäts- und Verkehrsdaten hingewiesen, welche sich mit diesen erheben lassen. Bei der Beschreibung der Technologien beschränken wir uns auf die für die Anwendung bei Mobilitäts- und Verkehrserhebungen wichtigsten Aspekte, ohne auf die teilweise sehr komplexen technischen Details einzugehen.

Die Technologie beschreibt hierbei das benutzte technische Gerät (z.B. GPS Empfänger), welches für eine oder mehrere Erhebungsmethoden (z.B. Floating Car Data) benutzt werden kann. Mit den Methoden können verschiedene Mobilitäts- und Verkehrsdaten erhoben werden, z.B. werden mit den GPS-Empfängern in Navigationsgeräten bei der Floating Car Data Methode koordinatengenau die Start-, Zwischen- und Endpunkte einer Etappe erhoben. Daraus lassen sich beispielsweise die Reisezeiten auf den Etappenabschnitten bestimmen.

Die Technologien und Methoden lassen sich in verschiedenster Weise kombinieren. In der "Canadian Vehicle Use Study" beispielsweise wird ein Messgerät mit der Motorsteuer-

nung ("Engine Control Unit") verbunden. Das Messgerät verfügt zusätzlich über einen GPS-Empfänger und ein Touchscreen-Display. Vom Messgerät werden während der Fahrt fahrdynamische Parameter, geographische Position und zusätzlich eingegebene Informationen, z.B. Geschlecht des Fahrers, aufgezeichnet (Transport Canada, 2014 a-c; Transport Canada 2012 a-b). Diese Methode wird als Extended Floating Car Data bezeichnet (siehe Kap. 3.2.2).

## 3.2 Global Positioning System (GPS)

### 3.2.1 Kurzbeschreibung

Globale Navigationssatellitensysteme erlauben die Bestimmung der geographischen Position eines mit einem GPS-Empfänger ausgerüsteten Objektes. Bei uns wird in der Regel das amerikanische Global Positioning System (GPS) verwendet. Es existiert aber auch ein russisches System (GLONASS). Das Europäische System Galileo befindet sich noch im Aufbau.

Im GPS-Empfänger werden die Signallaufzeiten zwischen einem Satelliten und dem Empfänger gemessen. Wenn die Signale von mindestens vier Satelliten empfangen werden können, lässt sich die Position (Koordinaten, evtl. auch Meereshöhe) des Empfängers bestimmen. In einem GPS-Logger werden diese Positionen in einstellbaren Zeitintervallen registriert und gespeichert. Alternativ kann ein mit einem GPS-Empfänger und mit Mobilfunk ausgerüstetes Gerät (z.B. Smartphone mit entsprechendem App, Navigationsgerät usw.) diese Informationen an eine Empfangsstelle übermitteln (Malik 2009, Zogg 2011).

Eine Erweiterung von GPS ist das **Assisted Global Positioning System (AGPS)**, welches z.B. bei Smartphones zum Einsatz gelangt. Dabei wird mittels Mobilfunkortung (siehe Kapitel 3.3) oder Wi-Fi-Ortung (siehe Kapitel 3.5) die ungefähre Position des GPS-Empfängers ermittelt. Diese Information dient dazu, die Ortung der für den GPS-Empfänger sichtbaren Satelliten zu beschleunigen. (Malik, 2009; Wikipedia, 2014e; Zogg, 2011).

Die Genauigkeit der Positionsbestimmung des GPS-Empfängers beträgt 3 – 5 m (Stopher et al., 2008). Größere Ungenauigkeiten können bei Signalverlusten auftreten. Die Genauigkeit ist vom Gerätetyp abhängig. Aber auch identische Geräte mit gleichen Einstellungen können wegen "GPS-Noise" und Position des Gerätes beim Träger unterschiedliche Resultate liefern, wie Cottril et al. (2012) bei einer Anwendung mit Smartphones in Singapur festgestellt haben.

Bei der Inbetriebnahme des GPS-Empfängers muss dieser zuerst geortet werden. Dies kann einige Zeit in Anspruch nehmen. Smartphones orten sich tendenziell schneller als andere GPS-Empfänger (Griffith und Kunzmann 2013). Messungen während dieser Initialisierungsphase sind wie bei Signalverlusten ungenau resp. nicht möglich.

### 3.2.2 Erhebungsmethoden

Die GPS-Technologie gelangt z.B. bei den folgenden Erhebungsmethoden zum Einsatz:

#### a) GPS-unterstützte Mobilitätserhebungen

Die folgenden Aussagen stützen sich auf Cottril et al. (2012), de Spindler und Keller (2014), Griffith und Kunzmann (2013), Kohla und Meschik (2013), Mafreina (2014), Montini et al. (2014), Oliveira (2011), Stopher (2008), Studio Mobilita (2014), Travel Survey Method Committee (2014), Wikipedia (2014l) und Wolf et al. (2014).

Bei GPS-unterstützten Mobilitätserhebungen werden die Trajektorien (Koordinaten des Standortes mit Zeitstempel) von Einzelpersonen registriert. Wenn Erhebungen mit einer

Befragung kombiniert werden, spricht man von einem aktiven Design, sonst von einem passiven Design (Rindsfuser und Klügl, 2014).

Beim aktiven Design wird der Positionsverlauf einer Person mit einem Smartphone oder einem GPS-Logger aufgezeichnet. Je nach Technologie werden die Daten direkt an eine Zentrale gesendet (mit Smartphone Apps) oder nachträglich heruntergeladen (GPS-Logger). Die Daten werden verwendet, um die von den befragten Personen, z.B. in Mobilitätstagebüchern, gemachten Angaben zu den durchgeführten Wegen (Start- und Zielorte mit Start- und Ankunftszeit, gewählte Route usw.) zu präzisieren resp. zu ergänzen. Neben der Präzision der Orts- und Zeitangaben ist ein weiterer Vorteil dieser Methode, dass alle durchgeführten Wege erfasst werden können und keine Wege "vergessen" gehen, wie dies bei den herkömmlichen Befragungen oft der Fall ist. Es sind auch Anwendungen denkbar, bei denen auf die Führung von Mobilitätstagebüchern verzichtet wird und die an der Erhebung teilnehmenden, mit Smartphone und entsprechender App ausgerüsteten, Personen nur zu einzelnen der registrierten Wege befragt werden (Cottril et al., 2012). Je nach Mensch-Maschine-Schnittstelle ("User Interface"), z.B. Touchscreen-Display oder Spracherkennung, sind unterschiedliche Befragungen denkbar. Mit einem Smartphone App oder einem speziellen Logger kann beispielsweise mit einfachem Tastendruck oder per Spracheingabe jeder Verkehrsmittelwechsel ("Ende Tram, Start Bus") oder die Anzahl Personen im Auto unmittelbar erfasst werden, vergleiche Transport Canada (2012a).

Beim passiven Design, d.h. ohne Befragung, wird versucht, aus den Bewegungsmustern von Personen auf deren Mobilitätsverhalten zu schliessen. Für die Identifizierung von Zielen werden entweder das Verweilen an einem Ort oder die Identifizierung von Punktedichten über eine gewisse Zeit (Aktivitätencluster) verwendet (Wolf et al., 2014). Das Wechseln von Verkehrsmitteln wird meistens mittels Geschwindigkeit und Beschleunigung ermittelt. Für die Ermittlung des (wahrscheinlich) benutzten Verkehrsmittels werden Regelbasierte Logiken (Vergleich mit kartographischen Informationen zu Verkehrsinfrastrukturen) oder maschinelles Lernen (Verwendung von Trainingsdaten aus dem gleichen Gebiet) eingesetzt. Auch für die Ermittlung des (wahrscheinlichen) Reisezwecks werden Regelbasierte Logiken (mittels Position, Zeit und Flächennutzungsdaten) oder maschinelles Lernen (Entscheidungsbaum oder "Random Forest") verwendet (Montini et al., 2014; Wolf et al., 2014).

### **b) Floating Car Data (FCD)**

Die folgenden Ausführungen basieren auf B+S AG/Amstein+Walthert (2011), B+S AG (2011), B+S AG (2005), Breitenberger et al. (2004), Bundesanstalt für Straßenwesen (2009), Cohn und Bischoff (2012), Lorkowski (2003), Körner (2011), ORINOKO (2014), Rapp Trans AG (2013), Rapp Trans AG (2011), Rudolf Keller & Partner AG (2000), Tom-Tom (2013) Transport Canada (2014a-c), Transport Canada (2012a, b) und Zhao (2009).

Die Daten von mit GPS-Empfängern ausgerüsteten Fahrzeugen, welche normal im Verkehr mitfahren, werden auf Loggern gespeichert oder mittels Mobilfunk an eine Zentrale übermittelt. Damit lassen sich zu jedem Zeitpunkt die Positionen und die Geschwindigkeiten (Trajektorien) dieser Fahrzeuge ermitteln, woraus sich Hinweise zum Verkehrsfluss, zu den Verkehrsbelastungen, zu Wartezeiten, Staulängen usw. auf Netzabschnitten sowie zur Routenwahl ableiten lassen.

Werden neben den Fahrzeugpositionen auch Informationen von anderen Sensoren (ABS, elektronisches Stabilitätsprogramm, Regensensor, Lichtsensor, Motorenwerte etc.) des Fahrzeugs übermittelt, wie dies beispielsweise in Kanada (Transport Canada, 2012 und 2014) praktiziert wird, spricht man von Extended Floating Car Data.

Es können auch Daten von GPS-Empfängern, welche in Taxis installiert sind, verwendet werden (Taxi-FCD). Für Erhebungen im Güterverkehr wäre es technisch möglich, die Daten von LSVA-Geräten, welche in jedem Schwerverkehrsfahrzeug installiert sind, zu verwenden.

### 3.2.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit der GPS-Technologie werden die Positionen der Empfänger in einstellbaren Zeitintervallen registriert. Damit lassen sich beispielsweise die folgenden Daten ermitteln resp. ableiten:

- Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)
- Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen
- Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Routenwahl
- Verkehrsmittelwahl
- Verkehrszweck
- Rückstaulängen
- Wartezeiten
- Stauzeiten
- Streckenbezogene Geschwindigkeiten des Güterverkehrs
- Routenwahl des Güterverkehrs

## 3.3 Mobilfunkortung

### 3.3.1 Kurzbeschreibung

Mobilfunk ist ein Sammelbegriff für drahtlose Kommunikationssysteme (z.B. GSM<sup>6</sup>, UMTS<sup>7</sup>, LTE<sup>8</sup>), welche für Telefonie und für mobiles Internet verwendet werden. Mobilfunktelefone werden von Mobilfunkantennen innerhalb von deren Sendereichweite (Zelle) erfasst (Wikipedia, 2014f). Damit kann festgestellt werden, in welcher Mobilfunk-Zelle sich ein Mobiltelefon befindet. Je dichter das Netz der Mobilfunkantennen ist, desto feinkörniger sind die Zellen und desto genauer kann die Position eines Telefons bestimmt werden. Das Mobilfunktelefonerät hat eine sich täglich wechselnde, eindeutige ID, welche laufend übermittelt wird, wenn es eingeschaltet ist. Damit können Mobiltelefone verfolgt werden (Friedrich et al., 2010; Friedrich, 2010; Liu et al., 2008) und es lassen sich Hinweise zum Verkehrsfluss, zu den Verkehrsbelastungen, Reisezeiten auf Netzabschnitten sowie zur Routenwahl ableiten.

Für jede Mobiltelefon-Verbindung wird ein Call Details Record (= Verbindungsnachweise) erstellt. Dieser enthält alle Informationen, die für die Abrechnung im Mobilfunkwesen benötigt werden, d.h. u.a. ID, Position und Zeit einer Aktivität des Telefons (Anrufe, SMS, Datenübertragung) (Çolak, 2014). Mit entsprechenden Auswertungen lassen sich aus diesen Daten Erkenntnisse z.B. zu Bewegungsmustern gewinnen (siehe Kap. 3.4).

### 3.3.2 Erhebungsmethoden

Bei der Floating Phone Data Methode werden die Positionen von Mobilfunktelefonen ermittelt und an eine Zentrale gesendet. Die Position des Mobilfunktelefons kann entweder vom Mobilfunknetz (zellenscharf) oder vom Mobilfunktelefon selbst, evtl. mit der Unterstützung von AGPS/GPS, bestimmt werden. Aus den Daten wird eine Trajektorie pro Telefon erstellt. Die Trajektorien werden zu Trajektorienbündeln zusammengefasst, welche den Verkehrsstrom repräsentieren. Ein Spezialfall stellt hierbei die "Fingerprinting Methode" der Swisscom dar (Swisscom, o.J.). Hierbei werden die Mobilfunksignale entlang der Schweizer Autobahnen vermessen. Jeder Punkt auf der Autobahn erhält sein eigenes Mobilfunkprofil, welches georeferenziert ist. Damit lassen sich anhand der Daten von

<sup>6</sup> Global System for Mobile Communications; erster Standard für voll-digitale Mobilfunknetze; weltweit der am meisten verbreitete Standard

<sup>7</sup> Universal Mobile Telecommunications System; Mobilfunkstandard der dritten Generation

<sup>8</sup> Long Term Evolution; Mobilfunkstandard der vierten Generation



Fahrzeugen mit eingeschalteten Mobilfunktelefonen die Geschwindigkeiten berechnen (B+S AG/Amstein+Walthert, 2011; B+S AG, 2011; Swisscom Business Engineering, o.J.; Friedrich et al., 2010; Friedrich, 2010; Liu et al., 2008; Airsage, 2014).

### 3.3.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit der Mobilfunkortung werden die Positionen der Mobilfunktelefone in einstellbaren Zeitintervallen registriert. Die Genauigkeit der Positionsangaben der erhobenen Mobilitätsdaten ist von der Dichte der Mobilfunkzellen abhängig. Damit lassen sich beispielsweise die folgenden Daten ermitteln resp. ableiten:

- Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)
- Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen
- Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Routenwahl

## 3.4 Big Data

### 3.4.1 Kurzbeschreibung

Mit "Big Data" werden Datenmengen<sup>9</sup> bezeichnet, die bei Anwendungen anfallen, welche primär nicht die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten zum Ziel haben. Es sind in der Regel grosse Datenmengen mit einer oft komplexen Struktur, aus denen sich mit geeigneten statistischen Methoden (z.B. Methoden des Data Mining) Informationen zum Mobilitäts- und Verkehrsverhalten gewinnen lassen. Die (nebenher) gesammelten Daten können aus nahezu allen Quellen stammen und miteinander kombiniert werden (Wikipedia 2014k).

### 3.4.2 Datenquellen

Beispiele von Quellen für Big Data, aus denen sich Informationen zum Mobilitäts- und Verkehrsgeschehen gewinnen lassen, sind:

- Daten elektronischer Kommunikationen, z.B. soziale Netzwerke wie Facebook und Twitter
- Daten von Navigationsgeräten
- Daten von ÖV-Unternehmen (z.B. "Be-In, Be-Out" Daten von Ticketsystemen)
- Daten von Fluggesellschaften
- Daten von Infrastrukturbetreibern
- Daten von Logistik-Unternehmen
- Daten der öffentlichen Hand, z.B. Volkszählungsdaten

### 3.4.3 Anwendungsbeispiele

Auswertungen von Big Data werden beispielsweise bei den folgenden Anwendungen durchgeführt:

- Floating Car Data und Floating Phone Data werden mit Kunden- oder Volkszählungsdaten verknüpft. Mit Data Mining werden aus diesen Daten Muster des Mobilitätsverhaltens sozioökonomischer Schichten ermittelt (Airsage, 2014; Deshmair und Chapleau, 2013).

<sup>9</sup> Es handelt sich also nicht um eine Technologie im engeren Sinne.

- Mittels Daten von SmartCards können Bewegungen von ÖV-Benutzern verfolgt und individuelle Häufigkeitsmuster erkannt werden. Diese Muster geben Aufschluss über die Aktivitäten der Verkehrsteilnehmer an den einzelnen Orten (Home, Work, Freizeit). Damit lassen sich Aktivitätsmuster pro Verkehrsteilnehmer eruieren, welche beispielsweise in Agenten-basierten Modellen, z.B. MATSim, verwendet werden können (Bouman et al., o.J.).
- Die Daten aus dem Traffic Message Channel (= Verkehrsinformationen, welche via UKW an Navigationsgeräte gesendet werden), d.h. die Durchschnittsgeschwindigkeit für einzelne Strassenabschnitte, welche mittels Floating Car Data oder Floating Phone Data ermittelt wurden, können dazu genutzt werden, den Level of Service auf den Strassenabschnitten zu berechnen (Axe et al., 2012).
- Call Details Records (= Verbindungsnachweise) enthalten alle Informationen, die für die Abrechnung im Mobilfunkwesen benötigt werden. Dazu gehören u.a. ID, Position und Zeit einer Aktivität des Telefons (Anrufe, SMS, Datenübertragung). Mittels dieser Verbindungsnachweise können z.B. individuelle Aktivitätsmuster (Home, Work, Freizeit), durchgeführte Wege und deren zeitliche Verteilung usw. ermittelt werden. Die örtliche Konzentration von Aufenthalten verschiedener Personen kann auf "Points of Interest" (POI) hinweisen. Mittels zusätzlicher Bevölkerungsdaten kann die Stichprobe erweitert und schliesslich in OD Matrizen aggregiert werden. Zusätzlich können die Wahrscheinlichkeiten ermittelt werden, mit der eine Person an einen Ort zurückkehrt oder nicht (Çolak, 2014).
- Mittels georeferenzierten Einträgen von Social Networks (z.B. Twitter, Facebook) können Hinweise zur Mobilität von Personen gewonnen werden. Die Daten beinhalten neben dem Ort (Check-In an einem vorgemerkten POI) und der Zeit des Eintrages möglicherweise auch Informationen über die Sozialstruktur (soziales Netzwerk), den Zweck der Mobilität (besuchte POI) und den Gefühlszustand, die Motivation resp. Befindlichkeit (über "Status-Meldungen") des Nutzers (Cheng et al., 2011).
- Im Versandhandel konnte ein selbst lernendes Prognosetool entwickelt werden um die Lieferbereitschaft zu steigern. Damit können die Produktion und das Transportwesen optimiert und ein schonender Umgang mit Ressourcen erreicht werden (GS1/HSG, 2014).

## 3.5 Radio Frequency Identification

### 3.5.1 Kurzbeschreibung

Radio Frequency Identification (RFID) ist eine funkbasierte Technologie um Objekte automatisch und ohne Berührung zu identifizieren resp. zu lokalisieren. Kommt ein Objekt mit einem RFID-Transponder in die Reichweite eines Lesegeräts, übermittelt resp. empfängt dieser seine Information über Funk. Ein RFID-Transponder kann so klein wie ein Reiskorn sein. Für die Datenübermittlung ist kein Sichtkontakt notwendig. Es wird zwischen passiven (Transponder hat keine Batterie, Reichweite bis 10 m) und aktiven Systemen (Transponder hat eine Batterie, max. Reichweite bis 1000 m, typisch jedoch 50 m) unterschieden. RFID ist sehr verbreitet und wird beispielsweise in der Sendungsverfolgung oder bei fahrerlosen Transportsystemen eingesetzt (Barthel, o.J.; Malik, 2009; RFID ready, 2012; Rapp Trans, 2011; Vossiek und. Gulden, 2006). In Nanjing, China, werden mit RFID ausgestattete Nummernschilder an verschiedenen Querschnitten registriert um die Reisezeiten zu messen, wie Wang et al. (2014b) berichten.

### 3.5.2 Erhebungsmethoden

Mittels der Identifikation von eindeutigen ID-Codes an einem oder mehreren Standorten kann die Anwesenheit resp. die Bewegung von Objekten erfasst werden (Vossiek und Gulden, 2006; Barthel, o.J.; RFID ready, 2012).

### 3.5.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

RFID kommt vor allem im Güterverkehr, aber auch im Personenverkehr (z.B. Parkierungsanlagen) zum Einsatz. Es lassen sich beispielsweise die folgenden Mobilitäts- und Verkehrsdaten erheben resp. ableiten:

- Versender und Empfänger
- Start- und Ankunftszeit
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Ladungsverfolgung

## 3.6 Smart Card

### 3.6.1 Kurzbeschreibung

Eine Smart Card ist mit einem Chip versehen, auf dem Informationen gespeichert werden (z.B. Maestro- oder Kreditkarten). Die kontaktlose Smart Card übermittelt ihre Information, insbesondere eine eindeutige ID, an ein Lesegerät über Funk resp. wird von diesem mit Energie versorgt. Sobald eine Smart Card in Reichweite eines Lesegeräts ist (bis max. 10 cm), wird die Karte aktiviert und eine Funkverbindung aufgebaut. Damit basiert die Smart Card auf der RFID Technologie, erfüllt jedoch höhere Sicherheitsanforderungen (Verschlüsselung) und wird in sicherheitsrelevanten Bereichen eingesetzt, z.B. kontaktlose Bankkarten, Türschlösser oder ÖV-Karten (z.B. Oystercard, SwissPass) (Blythe, 1998; Eilmes, 2014; e-Ticket-Deutschland, 2014; Smartcardalliance, 2014; Rapp Trans, 2011; RhB, 2014; VÖV, 2013; Wikipedia, 2014g). Es können Hinweise zu den Reisezeiten und Geschwindigkeiten auf einem Abschnitt oder zur Routenwahl etc. abgeleitet werden.

### 3.6.2 Erhebungsmethoden

Mit der Identifikation von eindeutigen ID-Codes an einem oder mehreren Standorten kann die Anwesenheit resp. die Bewegung von Objekten erfasst werden (Vossiek und Gulden, 2006; Barthel, o.J.; RFID ready, 2012).

### 3.6.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Potenzielle Einsatzgebiete sind insbesondere Erhebungen von Personenfahrten im ÖV. Mit Smart Cards lassen sich beispielsweise die folgenden Mobilitäts- und Verkehrsdaten erheben resp. ableiten:

- Start- und Endpunkte von ÖV-Etappen (Koordinaten)
- Start- und Ankunftszeit von ÖV-Etappen
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Routenwahl

## 3.7 Near Field Communication

### 3.7.1 Kurzbeschreibung

Near Field Communication (NFC) ist ein internationaler funkbasierter Übertragungsstandard zum Austausch von Daten über eine Reichweite von bis zu 4 cm. Mittels der NFC-Technologie können entsprechend ausgerüstete Geräte (z.B. neue Smartphones) eine Smart Card imitieren (z.B. ÖV-Karte oder Kreditkarte), miteinander kommunizieren um Daten auszutauschen (z.B. Bilder von einer Kamera herunterladen), Daten von einem NFC-Transponder lesen (z.B. von einem Smartposter<sup>10</sup>) (NFC Forum, 2014, Wikipedia, 2014h). Es können Hinweise zu den Reisezeiten und Geschwindigkeiten auf einem Abschnitt oder zur Routenwahl etc. abgeleitet werden.

### 3.7.2 Erhebungsmethoden

Diese Technologie kann zur Erfassung und für den Vergleich von ID-Codes verwendet werden. Mittels der Identifikation von eindeutigen ID-Codes an mehreren Standorten kann die Bewegung von mit der NFC-Technologie ausgerüsteten Objekten erfasst werden (Vossiek und Gulden, 2006; Barthel, o.J.; RFID ready, 2012).

### 3.7.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Potenzielle Einsatzgebiete sind insbesondere Erhebungen von Personenfahrten im ÖV. Mit NFC lassen sich beispielsweise die folgenden Mobilitäts- und Verkehrsdaten erheben resp. ableiten:

- Start- und Endpunkte von ÖV-Etappen (Koordinaten)
- Start- und Ankunftszeit von ÖV-Etappen
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Routenwahl

## 3.8 Barcode

### 3.8.1 Kurzbeschreibung

Der Barcode ist eine optoelektrisch lesbare Schrift, welche aus verschiedenen breiten parallelen Strichen und Lücken besteht. Die Striche werden mit einem optischen Scanner maschinell gelesen. Es gibt verschieden Arten von Codes. Die häufigsten sind die ein- und zweidimensionalen Codes. Der Barcode enthält Informationen wie eine ID und die Zeit beim Erstellen des Codes. Die Technologie wird im Güterverkehr beispielsweise zur Produktkennung und Sendungsverfolgung verwendet. Im Personenverkehr werden Barcodes beispielsweise bei der Parkzeiterfassung oder an Flughäfen zur Erfassung und Kontrolle von Flugpassagieren eingesetzt (GS1 Switzerland, 2014; EtikettenWissen.de, 2014; Rapp Trans, 2011; Wikipedia, 2014f).

<sup>10</sup> Ein Smartposter ist ein Poster oder Plakat, in welchem ein NFC-Transponder integriert ist. Damit kann der Nutzer eines NFC-fähigen Gerätes zusätzliche Informationen zum Thema des Posters resp. Plakats erhalten. Dem NFC-fähigen Gerät wird in der Regel nur die ID des Transponders gesendet. Die Logik, welche Informationen dem Nutzer gesendet werden, ist in den Anwendungen auf dem NFC-fähigen Gerät gespeichert. Smartposter werden beispielsweise für die Dokumentation von Patientendaten eingesetzt (Wikipedia 2015).

### 3.8.2 Erhebungsmethoden

Der Barcode wird an einer Druckstation aufgebracht und an einer Lesestation eingelesen. Damit lassen sich die Zeit zwischen der Ausgabe und dem Einlesen des Barcodes oder die Anwesenheit der mit einem Barcode identifizierbaren Objekte feststellen (GS1 Switzerland, 2014; Rapp Trans AG, 2011).

### 3.8.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Neben dem Einsatz in Parkgaragen zur Feststellung der Parkzeit und zur Ausfahrtskontrolle werden Barcodes vornehmlich im Güterverkehr zur Verfolgung von Sendungen verwendet. Mit dem Barcode lassen sich beispielsweise folgende Mobilitäts- und Verkehrsdaten ableiten:

- Versender und Empfänger
- Start- und Ankunftszeit
- Anwesenheit
- Reisezeiten
- Ladungsverfolgung
- Parkdauer

## 3.9 Wi-Fi

### 3.9.1 Kurzbeschreibung

Wi-Fi ist der Brand-Name für den WLAN IEEE 802.11 Kommunikationsstandard. Es ist ein funkbasiertes Kommunikationssystem, welches in Smartphones, Computern, Tablets usw. verwendet wird. Die Reichweite der Funksignale ist abhängig von der Sendeleistung und der Bandbreite (im Freien sind bis zu 200 m möglich). Detektoren registrieren die eindeutigen Seriennummern (MAC-Adressen) von Wi-Fi-Sendern/Empfängern und den Erfassungszeitpunkt (Wikipedia, 2014h; Liu et al., 2005).

Die Wi-Fi Ortung basiert darauf, dass WLAN Signale in einer individuellen, standortabhängigen Kombination empfangen werden. Diese Signale stammen von kommerziellen Hotspots, Firmennetzwerken oder von privaten Heimnetzwerken. Mit dem Standort eines solchen Netzes (Router) ist auch der Standort eines erfassten Wi-Fi Gerätes bekannt. Der Standort der Netzwerke wird entweder manuell in eine Datenbank eingetragen oder mittels einer Smartphone-App erfasst, welche die mit dem GPS ermittelte Position weiterleitet. Je mehr Netzwerksignale empfangen werden, desto genauer gelingt eine Bestimmung des Standortes (Wikipedia, 2014i; OpenWLANMap, 2014).

### 3.9.2 Erhebungsmethoden

Mit der Identifikation der eindeutigen ID-Codes (MAC-Adressen) an einem Standort kann die Anwesenheit, bei mehreren Standorten auch die Bewegung eines Objektes (Person, Paket, Fahrzeug etc.) erfasst werden (Haghani et al., 2010; Wang et al., 2014a).

### 3.9.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Je nach Anordnung der Detektoren lassen sich mit Wi-Fi beispielsweise folgende Verkehrs- und Mobilitätsdaten erheben resp. ableiten:

- Identifikation an einem Standort
- Geschwindigkeiten
- Reise- und Aufenthaltszeiten
- Routenwahl
- Verkehrsarten (Binnen-, Ziel- und Quellverkehr)
- Verkehrsmittel (indirekt)

## 3.10 Bluetooth

### 3.10.1 Kurzbeschreibung

Bluetooth ist ein funkbasiertes Kommunikationssystem (IEEE 802.15.1), welches in Smartphones, Computern, Autoradios, Freisprechanlagen, Navigationsgeräten etc. verwendet wird. Die Reichweite hängt von der Sendeleistung ab (typischerweise bis ca. 100 m). Empfänger registrieren die eindeutigen ID-Codes (MAC-Adresse) von Bluetooth-Geräten in Reichweite sowie den Erfassungszeitpunkt (B+S AG, 2011; Liu et al., 2005; Schmietendorf, 2011).

### 3.10.2 Erhebungsmethoden

Entlang einer Strecke oder an einem Kordon werden Detektoren aufgestellt, welche die ID-Codes (MAC-Adresse) und den Zeitpunkt der passierenden Bluetooth-Geräte (welche sich z.B. in Fahrzeugen befinden) registrieren (Amt für Verkehr Kanton Zürich, 2012; B+S AG, 2011; Barcélo et al., 2010; Bullock, 2010; Carpenter et al., 2012; CC.com, o.J.; CC.com, 2014a; CC.com, 2014b; DataCollect, 2014; Haghani et al., 2010; Institut für Strassen- und Verkehrswesen, 2010; Kay und Jackson, 2012; Leitzke, 2012; Malionovskiy et al., 2012; Meier und Breitbarth, 2013; Quayle et al., 2010; Scharenberg-Nuding, 2014; Schmietendorf, 2011; Tiefbauamt Stadt Zürich, 2013; Young und Vallyon, 2013; Voigt, 2011; Wang et al., 2014a; Wetzl, 2014).

### 3.10.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Je nach Anordnung der Detektoren lassen sich mit Bluetooth beispielsweise folgende Verkehrs- und Mobilitätsdaten erheben resp. ableiten:

- Identifikation an einem Standort
- Geschwindigkeiten
- Reise- und Aufenthaltszeiten
- Routenwahl
- Verkehrsarten (Binnen-, Ziel- und Quellverkehr)
- Verkehrsmittel (indirekt)

## 3.11 Digitales Video/Foto

### 3.11.1 Kurzbeschreibung

Die digitale Video/Foto-Technologie ist ein optoelektrisches Messsystem, welches auch als Bildsensor bezeichnet wird. Die reflektierte elektromagnetische Strahlung von Objekten im sichtbaren Teil des Spektrums wird mittels eines Sensors gemessen und ausgewertet. Für Erhebungen im Verkehrsbereich sind Spezialkameras (wetterfest, mit Fernsteuerung usw.) verfügbar. Es können aber auch handelsübliche Kameras eingesetzt werden. Die Bilddaten können entweder "manuell" herausgelesen oder mittels Spezialsoftware (lokale Zählungen, Personenverfolgung, verkehrstechnische Daten, Kontrollschild) ausgewertet werden. Videoanlagen werden beispielsweise zur Steuerung von LSA oder zur Verkehrszustandsermittlung eingesetzt (B+S AG/Amstein+Walthert AG, 2006; B+S AG, 2011; Gassner, 2011; Miovision, 2014; Munro, 2013; Orinoko, 2014; Sauter, 2009; Xovis, 2014).

### 3.11.2 Erhebungsmethoden

Bei den folgenden Erhebungsmethoden gelangen digitale Video-/Foto-Kameras zum Einsatz:

#### a) Erfassung und Vergleich von ID-Codes

Mittels der Identifikation von eindeutigen ID-Codes, z.B. der Kontrollschilder, an einem oder mehreren Standorten kann die Bewegung von Verkehrselementen erfasst werden (ANPR Tutorial, 2014; B+S AG/Amstein+Walthert, 2006; Bundesanstalt für Strassenwesen, 2009; Miovision, 2014; Wang et al., 2014a).

#### b) Luftaufnahmen

Das Verkehrsgeschehen wird aus der Höhe aufgenommen. Grundsätzlich sind dafür Bilder von Satelliten, Flugzeugen und unbemannten Luftfahrzeugen (Drohnen) denkbar. Der Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen bis zu einem Gewicht von 30 kg ist in der Schweiz bewilligungsfrei, sofern der Pilot jederzeit Sichtkontakt zum Flugobjekt hat und dieses nicht über Menschenansammlungen betrieben wird. Ist das Luftfahrzeug schwerer als 30 kg, ist eine Betriebsbewilligung erforderlich. Der Betrieb über einer Menschenansammlung und ohne Sichtkontakt zum Flugobjekt ist nur mit einer Ausnahmbewilligung des Bundesamts für Zivilluftfahrt erlaubt (BAZL, 2014). Mittels Luftaufnahmen kann beispielsweise die Parkraumbelastung erfasst werden (FGSV, 2012).

#### c) Automatische Identifikation von optischen Merkmalen (Signature Matching<sup>11</sup>)

Mittels der Identifikation von eindeutigen optischen Merkmalen (mittels spezieller Algorithmen) an einem oder mehreren Standorten kann die Bewegung von Objekten, z.B. Personen, erfasst und verfolgt werden. (ASTRA, 2012; B+S AG/Amstein+Walthert AG, 2006; B+S AG., 2011; Gassner, 2011; ORINOKO, 2014; Rapp Trans AG, 2012a; Sauter 2009; Turner et al., 1998, Xovis, 2014)

#### d) Platoon Matching

Platoon Matching basiert auf dem Vergleich der Eigenschaften von Fahrzeugpulks, welche an aufeinanderfolgenden Querschnitten gemessen wurden. Im Gegensatz zu Signature Matching werden nicht einzelne Fahrzeuge, sondern die Verhältnisse innerhalb eines Fahrzeugpulks (z.B. Position und/oder Verteilung von Zeitlücken) erfasst und verglichen. Die Messdaten für Platoon Matching können mit unterschiedlichen Technologien erhoben werden (Turner et al., 1998).

#### e) Lokale Beobachtung

Bei der lokalen Beobachtung mittels Video werden die Verkehrselemente an einem Ort erfasst. Das Bild kann "manuell", z.B. Zählung der Verkehrsteilnehmer, oder mittels Spezialsoftware ausgewertet werden. Bei der automatischen Auswertung können beispielsweise Fahrzeugarten, z.B. PW oder LW ähnlich, oder verkehrstechnische Daten (z.B. Geschwindigkeit, Zeitlücke, Belegungsdauer bei einer LSA) abgeleitet werden. Ebenfalls können die Daten hinsichtlich der Ereigniserkennung, z.B. Stau, verwendet werden (ASTRA, 2012; B+S AG/Amstein+Walthert AG, 2006; Miovision, 2014; ORINOKO, 2014).

<sup>11</sup> Beim Signature Matching werden an aufeinanderfolgenden Strassenquerschnitten typische Merkmale der einzelnen Fahrzeuge gemessen und zu individuellen Profile aufbereitet. Anhand dieser Profile kann die Bewegung von Einzelfahrzeugen durch das Netz verfolgt werden. Die Messdaten für Signature Matching können mit unterschiedlichen Technologien erhoben werden.

### 3.11.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit digitalen Foto und Video lassen sich je nach Methode folgende Daten erheben resp. ableiten:

**a) Erfassung und Vergleich von ID-Codes (Manuelle oder automatische Kontrollschilderfassung)**

- Identifikation an einem Standort
- Verkehrsbelastung
- Knotenströme
- Geschwindigkeiten
- Routenwahl
- Reisezeiten

**b) Luftaufnahmen**

- Anwesenheit
- Parkraumbelegung

**c) Automatische Identifikation von optischen Merkmalen (Signature Matching)**

- Identifikation an einem Standort
- Verkehrsbelastung
- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten
- Verkehrsmittel
- Routenwahl
- Rückstaulänge

**d) Platoon Matching**

- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten

**e) Lokale Erhebung**

- Verkehrsbelastungen
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken
- Fahrzeugart
- Belegungsdauer

## 3.12 Passives Infrarot

### 3.12.1 Kurzbeschreibung

Ein passiver Infrarot-Detektor ist ein opto-elektrisches Messsystem. Der passive Infrarot Detektor wird zu den Strahlungsfelddetektoren gezählt. Die von Objekten emittierte Wärmestrahlung (elektromagnetische Strahlung im Infrarotbereich) wird registriert. Mittels Spezialsoftware kann das thermische Bild ausgewertet werden. Im Unterschied zur digitalen Video/Foto-Technologie kann eine Detektion auch in der Nacht erfolgen. Das passive Infrarot wird beispielsweise zur Fußgängerzählung, Steuerung von LSA und Parkfeldüberwachung in Parkierungsanlagen eingesetzt (B+S AG, 2011; Listl, 2003; Sauter, 2009).



### 3.12.2 Erhebungsmethoden

Die Technologie kann für die lokale Erhebung von Personen und Fahrzeugen eingesetzt werden. Der Einsatz von Signature Matching, d.h. die Berechnung der Reisezeit aufgrund der Erkennung von Fahrzeugen an zwei Erhebungspunkten anhand eindeutiger Eigenschaften ("Signature") ist ebenfalls möglich (B+S AG, 2011; Listl, 2003; Sauter, 2009; Turner et al., 1998).

### 3.12.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit passivem Infrarot lassen sich beispielsweise folgende Daten erheben resp. ableiten:

#### a) Lokale Erhebung

- Verkehrsbelastungen
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken
- Fahrzeugart
- Belegungsdauer

#### b) Signature Matching

- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten

## 3.13 Laser

### 3.13.1 Kurzbeschreibung

Ein Laser-Detektor ist ein Strahlungsfelddetektor oder präziser ein aktiver Infrarotdetektor. Ein Sender strahlt gepulste Infrarotwellen aus, wobei der Laserstrahl den Detektionsbereich abtastet. Der Laserstrahl wird von passierenden Objekten reflektiert. Diese reflektierten Strahlen werden vom Detektor gemessen und ausgewertet (Listl, 2003).

### 3.13.2 Erhebungsmethoden

Laser-Detektoren werden für lokale Erhebungen, wie beispielsweise Geschwindigkeitsmessung, oder Zählungen von Fahrrädern eingesetzt. Der Einsatz von Signature Matching ist ebenfalls möglich (Listl, 2003; Sauter; 2009; Turner et al. 1998).

### 3.13.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit der Lasertechnologie lassen sich beispielsweise folgende Daten erheben resp. ableiten:

#### a) Lokale Erhebung

- Verkehrsbelastungen
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken
- Fahrzeugart
- Belegungsdauer

#### b) Signature Matching

- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten

## 3.14 Ultraschall

### 3.14.1 Kurzbeschreibung

Der Ultraschall ist eine akustische Druckwelle. Das Messprinzip basiert auf der Reflexion von Schallwellen, welche von einem Sender ausgesandt werden. Die Erfassung von Fahrzeugen und deren Geschwindigkeit basiert auf einer zweifachen Anwendung des Doppler Effekts. Der Doppler-Effekt ist die zeitliche Stauchung bzw. Dehnung eines Signals bei Veränderungen des Abstands zwischen Sender und Empfänger während der Dauer des Signals. Ultraschall-Detektoren werden beispielsweise für die Steuerung von LSA eingesetzt (B+S AG, 2011; Listl, 2003).

### 3.14.2 Erhebungsmethoden

Die Technologie kann für lokale Erhebungen benutzt werden. Der Einsatz für Platoon Matching ebenfalls möglich (Listl, 2003; Turner et al., 1998).

### 3.14.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit Ultraschall lassen sich beispielsweise folgende Daten erheben resp. ableiten:

#### a) Lokale Erhebung

- Verkehrsbelastungen
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Fahrzeugart
- Belegungsdauer von Parkfeldern

#### b) Platoon Matching

- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten

## 3.15 Radiowellen

### 3.15.1 Kurzbeschreibung

Ein Radiowellen-Detektor ist ein Strahlungsfelddetektor. Ein Sender strahlt Radiowellen aus, welche von einem Detektor auf der gegenüber liegenden Seite des Messquerschnitts registriert werden. Verkehrsteilnehmer werden gezählt, wenn die Radiowellen unterbrochen werden. Die Systeme haben eine hohe Batterielebensdauer (bis 400 Tage). Sie werden unter anderem für Fussgänger- und Radfahrerzählungen, insbesondere in Parks und auf Wanderwegen, verwendet. Ihr Einsatz ist auch bei Parkplatz-Schranken möglich (Chambers Electronics, 2014a; Sauter 2009).

### 3.15.2 Erhebungsmethoden

Die Technologie kann für lokale Erhebungen, z.T. unter Verwendung von zwei Querschnitten, benutzt werden (Sauter; 2009).

### 3.15.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Die Technologie kann für lokale Erhebungen benutzt werden.

- Verkehrsbelastung
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken
- Belegungsdauer

## 3.16 Magnetometer

### 3.16.1 Kurzbeschreibung

Mit einem Magnetometer werden magnetische Flussdichten gemessen. Der Detektor erfasst Veränderungen im Erdmagnetfeld, welche durch einen eisenhaltigen Gegenstand (z.B. ein Fahrzeug) verursacht werden. Der Magnetometer kann auf der Strassenoberfläche installiert werden und ist als Alternative zur Induktionsschleife gedacht. (Chambers Electronics, 2014b; Ernst et al., 2011; Medina et al., 2011)

### 3.16.2 Erhebungsmethoden

Die Technologie kann für lokale Erhebungen, z.T. unter Verwendung von zwei Querschnitten, benutzt werden. Der Einsatz von Signature Matching ist ebenfalls möglich<sup>12</sup>. (Ernst et al. 2011; Medina et al. 2011; Turner et al., 1998)

---

<sup>12</sup> Der Einsatz von Platoon Matching wäre vermutlich ebenfalls denkbar, wird jedoch in den Quellen nicht belegt.

### 3.16.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Mit dem Magnetometer lassen sich beispielsweise folgende Daten erheben resp. ableiten:

#### a) Lokale Erhebung

- Verkehrsbelastung
- Anwesenheit
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken
- Belegungsdauer

#### b) Signature Matching

- Geschwindigkeiten
- Reisezeiten

## 3.17 Glasfaserkabel

### 3.17.1 Kurzbeschreibung

Das Glasfaserkabel ist ein Lichtwellen-Detektor, welcher auf Druck reagiert. Es wird über den zu messenden Querschnitt gelegt. Durch das Kabel werden Lichtimpulse geleitet und am anderen Ende gemessen. Bei der Überfahrt durch ein Fahrzeug wird das Kabel zusammengedrückt, was zu einer Veränderung der gemessenen Lichtfrequenzen führt. Der Lichtwellen-Sensor wird beispielsweise im Kanton St. Gallen für die Fahrradzählung eingesetzt (Fietsbraad 2009, Rechsteiner 2014, Schuhco 2013).

### 3.17.2 Erhebungsmethoden

Die Technologie kann für lokale Erhebungen, z.T. unter Verwendung von zwei Querschnitten, benutzt werden.

### 3.17.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten

Das Gasfaserkabel wird hauptsächlich für die lokale Erhebung von Velofahrern verwendet. Es lassen sich beispielsweise folgende Daten erheben resp. ableiten:

- Verkehrsbelastung
- Geschwindigkeiten
- Zeitlücken

## **3.18 Personenzählmatte**

### **3.18.1 Kurzbeschreibung**

Die Personenzählmatte ist ein Druckdetektor. Fußgänger werden beim Überqueren aufgrund des individuellen Druckprofils mittels Elektronik registriert und gezählt. Die Matte erkennt die Gehrichtung der Fußgänger. Die Matten sind leicht und einfach transportierbar und können nebeneinander verlegt werden. Sie können sowohl in Gebäuden als auch im Freien eingesetzt werden (EcoCounter, 2014a; Horauer, 2010).

### **3.18.2 Erhebungsmethoden**

Die Matten werden hauptsächlich für die lokale Erhebung von zu Fuß gehenden Personen eingesetzt.

### **3.18.3 Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten**

Mit den Matten lassen sich die Anwesenheit und die Anzahl von zu Fuß gehenden Personen erheben.

### 3.19 Synopsis

Tabelle 16: Synopsis der Technologien und Methoden

Technologie und verwendete Geräte	Methoden	Beispiele für erhobene resp. abgeleitete Mobilitäts- und Verkehrsdaten
GPS <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS-Logger</li> <li>• Smartphone</li> <li>• Navigationsgeräte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS-unterstützte Mobilitätserhebung</li> <li>• Floating Car Data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Verkehrsmittelwahl</li> <li>• Rückstaulängen</li> <li>• Wartezeiten</li> <li>• Streckenbezogene Geschwindigkeiten des Güterverkehrs</li> <li>• Routenwahl des Güterverkehrs</li> </ul>
Mobilfunk <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilfunktelefone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Floating Phone Data</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> </ul>
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten-Analyse Methoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobilitätsmuster</li> </ul>
Radio Frequency Identification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versender und Empfänger bei Etappen</li> <li>• Start- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Ladungsverfolgung</li> </ul>
Near Field Communication <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smartphone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start- und Endpunkte von ÖV-Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start- und Ankunftszeit von ÖV-Etappen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> </ul>
Smart Cards <ul style="list-style-type: none"> <li>• ÖV-Karten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start- und Endpunkte von ÖV-Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start- und Ankunftszeit von ÖV-Etappen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> </ul>
Barcode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versender und Empfänger</li> <li>• Start- und Ankunftszeit</li> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Ladungsverfolgung</li> <li>• Parkierdauer</li> </ul>
Wi-Fi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smartphone</li> <li>• Tablet</li> <li>• Laptop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Verkehrsarten</li> </ul>

Technologie und verwendete Geräte	Methoden	Beispiele für erhobene resp. abgeleitete Mobilitäts- und Verkehrsdaten
Bluetooth <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smartphone</li> <li>• Freisprechanlage</li> <li>• Navigationsgerät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Verkehrsarten</li> </ul>
Digitales Foto/Video	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung und Vergleich von ID-Codes (Automatische Kontrollschilderfassung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Verkehrsbelastung</li> <li>• Knotenströme</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Reisezeiten</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftaufnahmen mit Satellit, Flugzeug, Drohne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Parkraumbelegung</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatische Identifikation von optischen Merkmalen (Signature Matching)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Verkehrsbelastung</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Verkehrsmittel</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Rückstaulänge</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platoon Matching</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> </ul>
Passives Infrarot Laser Ultraschall Magnetometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Erhebung von Fahrzeugen und Personen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastungen</li> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Zeitlücken (ohne Ultraschall)</li> <li>• Fahrzeugart</li> <li>• Belegungsdauer (ohne Ultraschall)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signature und Platoon Matching (teilweise)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> </ul>
Radiowellen Glasfaserkabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Erhebung von Fahrzeugen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbelastung</li> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Zeitlücken (nur Radiowellen)</li> <li>• Belegungsdauer (nur Radiowellen)</li> </ul>
Personenzählmatte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Erhebung von Personen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Fussgängerfrequenzen</li> </ul>

Wie die Synopsis zeigt, eignen sich die neuen Erhebungsmethoden primär für Zählungen von Verkehrsobjekten und Messungen von deren Eigenschaften (Ort, Zeit, Geschwindigkeit usw.).





## 4 Anwendungspotenzial neuer Technologien

### 4.1 Einleitung

Basierend auf den Grundlagen der bisherigen Ergebnisse werden in diesem Kapitel die Anwendungspotenziale der neuen Technologien mittels SWOT-Analysen untersucht. Als Exkurs wird im Kapitel zur GPS-basierten Mobilitätshebung ein Fallbeispiel für die Anwendung dieser Methode präsentiert.

### 4.2 SWOT Analyse

Die Analyse hat zum Ziel, die Wettbewerbsvorteile neuer Technologien im Vergleich zu herkömmlichen Technologien herauszuarbeiten, die Aussichten für Implementation, Qualität und Effizienz zu analysieren sowie Herausforderungen bzw. Probleme der einzelnen Technologien zu identifizieren. Die Ergebnisse der SWOT-Analyse werden nachfolgend für jede Technologie resp. Erhebungsmethode stichwortartig zusammengestellt und anschliessend ausführlicher beschrieben.

#### 4.2.1 GPS unterstützte Mobilitätshebungen

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für viele Anwendungsbereiche geeignet</li> <li>• Verbesserung räumlicher/zeitlicher Genauigkeit</li> <li>• Relativ hohe Genauigkeit der Ortung</li> <li>• Identifikation von Etappen und Aktivitätsketten</li> <li>• Beschreibung und Erfassung von kurzen Etappen und unüblichen Orten</li> <li>• Präzise Informationen zu Zeiten</li> <li>• Hohe Wahrscheinlichkeit vollständiger Erfassung</li> <li>• Zeitnahe Datenübertragung</li> <li>• Lange Erhebungszeiträume möglich</li> <li>• Erkennung von Verkehrsmitteltyp möglich</li> <li>• Wenig Aufwand für Probanden</li> <li>• Erhebliche Reduktion des Stichprobenumfangs</li> <li>• Leichter Import in Verkehrsplanungsprogramme</li> <li>• Einsicht in Schwankung der Alltagsmobilität</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenverlust durch Dauer der Erst-Ortung</li> <li>• Lagegenauigkeit variiert stark</li> <li>• Erfassung ausschliesslich mit eingeschalteten Anwendungen/Geräten möglich</li> <li>• Anfällig für Messprobleme durch schlechte Kommunikation</li> <li>• Geräte können ausgeschaltet, vergessen, weitergegeben werden</li> <li>• Bedienungsfehler als Fehlerquelle</li> <li>• Bias durch schlechtes Sampling</li> <li>• Nachbearbeitung mit hohem Aufwand verbunden</li> <li>• Hoher Batteriekonsum der Geräte</li> <li>• Fehlende Kompensation und Rekonstruktion fehlender beziehungsweise ungenauer Daten</li> </ul>
Extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung des Galileo-Navigationssystems</li> <li>• Nutzung von Smartphone Apps steigt</li> <li>• Gerätekosten sinken</li> <li>• Forschung im Bereich GPS Implementation</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem des Datenschutzes (personalisiertes Bewegungsprofil)</li> </ul>

#### a) Stärken

GPS unterstützte Mobilitätshebungen sind seit längerem Gegenstand der Mobilitätsforschung. Dabei konnte die generelle Durchführbarkeit und der Nutzen der Methodik für die Erfassung von Aktivitäten nachgewiesen werden. Die Erfassung mittels GPS zeichnet sich durch ihre vielseitige Verwendbarkeit aus. Im Vergleich zu herkömmlichen Befragungen können genauere Ergebnisse erzielt werden. Diese Vorteile manifestieren sich vor allem in der Vollständigkeit der räumlichen und der zeitlichen Erfassung. Zusätzlich ermöglicht die Methode eine Datenerhebung mit vergleichsweise geringem zeitlichem Aufwand für die Probanden. Die Methode ermöglicht eine vollständige Identifikation von

Etappen und Aktivitätenketten sowie der benutzten Verkehrsmittel. Die Daten können mit vergleichsweise geringem Aufwand in Verkehrsnachfragemodelle importiert werden.

#### **b) Schwächen**

Den Stärken stehen vor allem Defizite in der lagegenauen Ortung infolge schlechten Signalempfangs. Vor allem im urbanen Umfeld sind GPS-Erfassungen stark anfällig für Messprobleme durch schlechte Kommunikation mit Positionierungssatelliten, beispielsweise durch Empfangsprobleme infolge Abschattungen in Häuserschluchten oder bei der Fahrt im Untergrund. Zudem ist die Ortungszeit zu Beginn bzw. nach Kommunikationsverlust bei GPS-Geräten länger als beispielsweise bei Mobilfunkapplikationen. Generell erfordern GPS-basierte Erhebungen einen hohen Aufwand bei der Nachbearbeitung. Dies gilt auch für die Ableitung der benutzten Verkehrsmittel. Die Praxis zeigt, dass die unsachgemässe Bedienung der Geräte eine potenzielle Fehlerquelle darstellt und zu unvollständigen oder unrichtigen Ergebnissen führen kann. Bei Mobilitätshebungen kann der Stichprobenfehler bei der Verwendung von Smartphones grösser sein als bei GPS-Loggern, da besonders ältere und ärmere Personen kein Smartphone besitzen (Griffith und Kunzmann, 2013). Stichprobenfehler können auch entstehen, wenn Daten von handelsüblichen Apps verwendet werden, weil die Repräsentativität der Stichprobe in diesem Fall nicht gewährleistet ist. Messfehler entstehen, wenn die GPS-Logger ausfallen, z.B. aufgrund von leeren Batterien. Smartphones sind diesbezüglich besonders anfällig.

#### **c) Chancen**

Fortschritte in der Satellitennavigation werden um die räumlichen Erhebungsfehler voraussichtlich reduzieren. Es bleibt abzuwarten, inwiefern das geplante europäische globale Satellitennavigationssystem Galileo hier die Fehler in der Kommunikation sowie die räumlichen Abweichungen in der Detektion verbessern kann. Allgemein werden Smartphone-Apps mit GPS-Lokalisierung die Durchführung der Erhebungen weiter vereinfachen. Dies reduziert gleichzeitig die Kosten der für die Erhebungen genutzten Geräte. Die weitere Forschung in diesem Bereich sollte darüber hinaus zu leichter anwendbaren Analyseverfahren führen, insbesondere im Hinblick auf die Erkennung des für eine Etappe benutzten Verkehrsmittels und die Fehlerbereinigung.

#### **d) Gefahren**

Wenn mit GPS-unterstützten Mobilitätshebungen Bewegungsprofile erstellt und mit anderen persönlichen Daten verknüpft werden, ist die Gewährleistung des Datenschutzes problematisch.

### **4.2.2 Fallbeispiel**

Bei dem im Folgenden beschriebenen Fallbeispiel handelt es sich um eine IVT Studie, welche im Rahmen des Europäischen Projektes Peacox durchgeführt wurde. Das Projekt hatte zum Ziel, die Erkenntnisse zur Eignung von Smartphones und GPS-Loggern zur Sammlung von Mobilitätsdaten zu vertiefen. Im Rahmen des Projektes wurden für jeweils eine Woche GPS Daten von Teilnehmenden in und um Zürich gesammelt und analysiert (Montini, Rieser-Schüssler und Axhausen 2013).

#### **a) Ablauf**

Die Untersuchung war als Online-Fragebogen, bestehend aus zwei Hauptelementen, konzipiert: Im ersten Befragungsteil erfolgte eine Abfrage allgemeiner persönlicher Einstellungen gegenüber Risiken, Umweltschutz und Veränderungen mittels psychometrischer Skalen. Der zweite Befragungsteil bestand aus einer einwöchigen GPS-unterstützten Mobilitätshebung mit einem aktiven Design. Mittels eines GPS-Loggers und eines Accelerometers (Beschleunigungsmessgerät) wurde ein Online-Verkehrstagebuch (inkl. Verkehrsmittel, Wegezweck) automatisch generiert. Das Online-Tagebuch beinhaltete die Möglichkeit, die aus dem GPS-Gerät automatisch generierten Wegeketten manuell zu korrigieren und Kommentare einzufügen.

## b) Repräsentativität

Insgesamt umfasste die Studie 156 Teilnehmer aus allen Gemeinden innerhalb eines Radius von 22 km um Zürich-Bellevue (inkl. Winterthur und Zug). Daraus resultierten Mobilitätstagebucheinträge für 1'039 Personentage. Insgesamt wurden so 5'284 Wege mit gesamthaft 7'233 Etappen registriert.

Zur Ermittlung der Repräsentativität wurde die Zusammensetzung der Teilnehmer mit dem Schweizerischen MZMV Mobilität abgeglichen. Die Anzahl der Freizeitwege ist demnach mit dem MZMV vergleichbar, während die Arbeitswege etwas übervertreten sind.

Die Verkehrsmittelanteile sind gut abgebildet, sowohl hinsichtlich der Anzahl der Etappen als auch der Fahrtzeiten. Dies liegt insbesondere daran, dass die manuelle Nachbearbeitung hier relativ zuverlässige Ergebnisse liefert. Die Anzahl der zu Fuss zurückgelegten Wege ist bei dieser GPS-basierten Untersuchung dagegen unterrepräsentiert, wofür das Kaltstartproblem der GPS-Logger verantwortlich sein könnte: während eine Person beispielsweise von Zuhause zu einer Haltestelle des öffentlichen Verkehrs geht, hat sie diese mitunter bereits erreicht bevor der GPS-Logger in der Lage ist, eine Positionierung zu liefern. Damit werden diese Wege oder Etappen nicht oder nicht in vollem Umfang aufgezeichnet.

Die GPS-Logger liefern eine grosse Anzahl von Wegen mit unbekanntem Zweck, wenn die Probanden keine Angaben zum Wegezweck angeben. Dies ist auch mit manueller Nachbearbeitung nur schwer zu verbessern, sofern es sich nicht offensichtlich um Arbeitswege handelt.

Hinsichtlich demographischer Effekte zeigen die Ergebnisse, dass GPS-Geräte entgegen der Erwartungen nicht unbedingt nur bei jüngeren Teilnehmern akzeptiert sind. In der Studie sind Teilnehmer mit einem Alter von über 55 Jahren gut vertreten; hingegen sind Personen unter 25 Jahren im Vergleich zum MZMV eher unterrepräsentiert.

## c) Räumliche Genauigkeit

Hinsichtlich der Samplingrate ist festzustellen, dass GPS-Logger generell über eine höhere Samplingrate (Setzen von GPS-Punkten pro Zeiteinheit) als Smartphones verfügen. Die verwendeten Geräte setzen einen Punkt je Sekunde. Zwischen den verschiedenen Smartphone-Typen existieren Unterschiede in der Samplingrate: einige Smartphones mit GPS-Logger verfügen über eine höhere Samplingrate als andere. Dies hat auch Implikationen für die Planung und Durchführung einer GPS-basierten Untersuchung.

Es ist zu erwarten, dass zukünftig vermehrt Datensätze mittels Smartphones gesammelt werden. Dabei wird eine der Hauptherausforderungen sein, eine gute Datenqualität sicherzustellen. Dies gilt insbesondere, wenn verschiedene Smartphones mit GPS-Sensoren benutzt werden.

## d) Zeitliche Genauigkeit

Neben der räumlichen Genauigkeit lassen sich aus dem Fallbeispiel im Rahmen des Projektes PEACOX auch Aussagen über die zeitliche Genauigkeit von GPS-basierten Anwendungen treffen.

Die folgende Abbildung zeigt, dass die Werte aus einer GPS-basierten Erhebung nach der Korrektur durch den Probanden teilweise sehr stark von den ursprünglichen Werten abweichen. Besonders auffällig ist diese Diskrepanz am Tag 32 oder am Tag 34. Dies ist beispielsweise mit dem geschilderten Kaltstart-Problem zu erklären. Darüber hinaus ist erkennbar, dass ein GPS-Gerät und ein Smartphone oftmals deutlich unterschiedliche Werte für die Dauer der täglichen Aktivitäten ermitteln. Am Beispiel des Tages 1 zeigt sich, dass der mit dem Smartphone ermittelte Wert weit über dem des GPS-Loggers liegt.

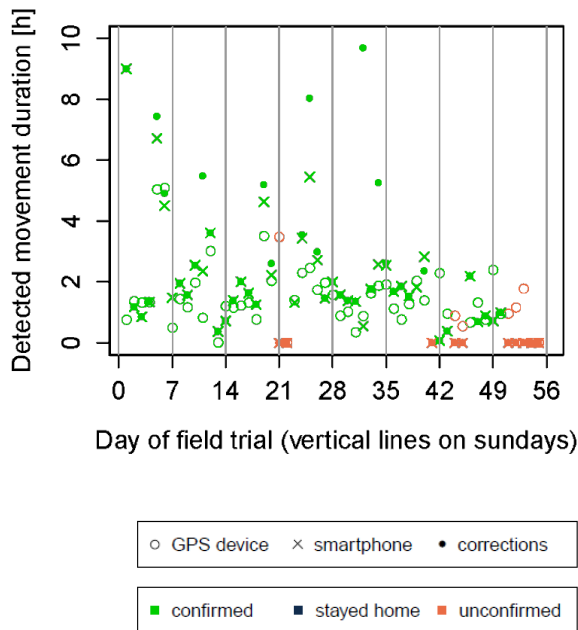


Abbildung 3: Korrekturen durch Probanden

#### e) Aufwand für Befragte

Die Studie ergab, dass der Aufwand für Befragte vom Display und dem Handling des online Tagebuchs abhängt. Es zeigte sich, dass viele Möglichkeiten der nachträglichen Bearbeitung (z.B. Anzeigen der Wegepunkte zur Korrektur von Startzeit oder Dauer der Aktivität) allgemein das Ergebnis und die Genauigkeit des Tagebuchs verbessern. Andererseits sind jedoch unerfahrene Nutzer damit oftmals überfordert. Zudem liefern die Verarbeitungsroutinen des Gerätes bei schlechtem Signal nicht immer zuverlässige Ergebnisse, was zur Folge hat, dass die Informationen im Tagebuch nicht mehr den Erinnerungen des Teilnehmers entsprechen.

#### f) Auswertungsaufwand

Im Rahmen der Peacock-Studie wurden alle Datensätze nochmals nachgeprüft. Dabei erforderten zahlreiche Samples zusätzliche manuelle Nacharbeiten. Eine solchermaßen notwendige Bearbeitung kann insbesondere bei grossen Befragungen schnell hohe Kosten verursachen.

Es ist möglich, ein unvollständiges Tagebuch mit einigen wenigen berichteten Tagen und vorhandenen ergänzenden Kommentaren mit recht grosser Gewissheit nachträglich zu rekonstruieren. Ohne ergänzende Kommentare erhöht sich der dafür notwendige Aufwand signifikant. Beispielsweise bleibt gerade bei Tagen, an denen keine Wege berichtet werden, völlig unklar, ob das Gerät zu Hause vergessen wurde oder ob der Teilnehmer tatsächlich zuhause geblieben ist.

#### g) Fazit

Die Studie zeigt, dass eine GPS-basierte Untersuchung bei repräsentativer Teilnehmerchaft Ergebnisse analog zum MZMV liefern kann.

Mittels des Beschleunigungsmessgerätes und nachträglichen Analyseroutinen lassen sich auch die Verkehrsmittel gut herauslesen. Allerdings ist wichtig, dass die Probanden die automatisch generierten Datensätze gewissenhaft nachbereiten. Ist dies nicht der Fall, können z.B. Wegezwecke unter Umständen nicht eindeutig zugeordnet werden. Die Detektion einzelner Verkehrsmittel ist relativ gut möglich. Eine Ausnahme bilden Fusswege, welche infolge des Kaltstartproblems der GPS-Logger unterberichtet werden.

Die Analyse zeigt, dass die effektiven (nachträglich von den Probanden berichteten) Wege- und Aktivitätendauern oft von den aufgezeichneten Wegen abweichen. Dies gilt für

GPS-Logger wie für Smartphones gleichermassen. Solche Unkorrektheiten von GPS-basierten Untersuchungen lassen sich durch eine sorgfältige Nachbearbeitung zum grössten Teil manuell korrigieren, so dass nur noch wenige Informationen unklar bleiben. Dieser Aufwand ist allerdings nur bei kleineren Untersuchungen überschaubar. Bei grossen Untersuchungen mit zahlreichen Teilnehmern über einen längeren Zeitraum kann dies zu hohen Kosten führen.

### 4.2.3 Floating Car Data

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abdeckung des gesamten Verkehrsnetzes möglich</li> <li>• Eindeutiger Zeitbezug möglich</li> <li>• Grosse Anzahl direkter und abgeleiteter Messgrössen</li> <li>• Grosse Datenbasis möglich</li> <li>• Gute Erkennung von Verkehrsstörungen durch zeitnahe Datenübertragung</li> <li>• Informationen über Reisezeiten und Geschwindigkeiten</li> <li>• Gut geeignet für Anwendungen der Verkehrssteuerung</li> <li>• Gute Eignung für offline Anwendungen</li> <li>• Gute Eignung für Ableitung von Indikatoren</li> <li>• Realistische Datenbasis für Verkehrsumlegungen</li> <li>• Sehr detaillierte Informationen zu Q/Z-Beziehungen und Routenwahl</li> <li>• Sammlung über sehr langen Zeitraum möglich</li> <li>• Anonyme Datenübertragung möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grosse Gebiete erfordern lange Erfassungszeiträume</li> <li>• Datendichte und -qualität nur für häufig frequentierte Strecken im Strassennetz ausreichend</li> <li>• Grosse Anzahl FCD-Fahrzeuge benötigt</li> <li>• Geringe Übereinstimmung der Datencharakteristik mit herkömmlichen Messdaten</li> <li>• Keine direkten Informationen zu Verkehrsfluss und -ichte</li> <li>• Geräte können ausgeschaltet werden</li> <li>• Berechnung Rückstauemengen nur gemittelt und aggregiert</li> <li>• Keine Informationen über vollständige Aktivitäten, Wege und Routen</li> <li>• Validierung mit Referenzquellen erforderlich</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anzahl entsprechend ausgestatteter Fahrzeuge wird zunehmen</li> <li>• Forschung im Bereich FCD weiterhin andauernd, Innovationen sind zu erwarten</li> <li>• Zunahme der Wichtigkeit der adaptiven Verkehrssteuerung zu erwarten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentieller Nutzerbias in den Endergebnissen</li> <li>• Unsicherheit, ob in Zukunft eine ausreichend grosse Anzahl FCD-Fahrzeuge zur Verfügung steht</li> <li>• Problem des Datenschutzes (personalisiertes Bewegungsprofil)</li> </ul>

#### a) Stärken

In den vergangenen Jahren wurde Floating Car Data (FCD) im Rahmen verschiedener Projekte erprobt und die technische Machbarkeit nachgewiesen. Die Stärken gegenüber herkömmlichen Methoden liegen insbesondere in der Abdeckung des Verkehrsnetzes sowie der Sammlung von Daten zu Verkehrszuständen und Reisezeiten über einen grossen Zeitraum. Ebenfalls von Bedeutung ist die grosse Anzahl direkt erfasster und abgeleiteter Messgrössen. Dies ermöglicht eine gute Erkennung von Verkehrsstörungen. Damit eignet sich FCD vor allem für Anwendungen der Verkehrssteuerung. Auch für die Verkehrsplanung ist die Methode aufgrund der detaillierten Informationen zu Quell-Ziel-Beziehungen interessant. Floating Car Data eignen sich insbesondere auch als Grundlage für Verkehrsumlegungen.

#### b) Schwächen

Verschiedene Anwendungen haben gezeigt, dass die Methodik einer grossen Anzahl von FCD-Fahrzeugen bedarf, um verlässliche Aussagen zu ermöglichen. Dies ist oftmals nur auf wenigen stark belasteten Netzabschnitten möglich. Zudem zeigt sich eine Abweichung der Daten von herkömmlich (z. B. über Induktionsschleifen) erhobenen Daten. Auch registrieren Floating Car Data lediglich Fahrzeugbewegungen; Informationen auf der Ebene von Bewegungen und Aktivitäten von Individuen sind durch FCD nicht verfügbar.

Bei FCD-Erhebungen ist mit Stichprobenfehlern zu rechnen. Die Stichprobe besteht aus den Daten von Fahrzeugen, welche mit einem für die FCD Untersuchung geeigneten

GPS-System ausgestattet sind. Mit Taxi-FCD konnte in Nürnberg die aktuelle Verkehrslage nur auf wenigen, häufig frequentierten Strecken festgestellt werden (ORINOKO 2014). Ausserdem sind FCD auch von den Problemen des Signalverlusts (z.B. Abschattungen in Häuserschluchten oder bei der Fahrt im Untergrund) oder der Verzögerung bis zur ersten Ortung betroffen. Ausserdem müssen Floating Car Daten häufig aufwändig mit Referenzdaten validiert werden.

**c) Chancen**

Eine Chance für Floating Car Daten liegt in der zunehmenden Wichtigkeit von Massnahmen der adaptiven Verkehrssteuerung. Ausserdem wird eine Zunahme entsprechend ausgestatteter Fahrzeuge erwartet.

**d) Gefahren**

Gefahr für den zünftigen Einsatz von FCD-Daten ist vor allem die Unsicherheit, ob die Anzahl der in den Datenverbund einzubeziehenden Fahrzeuge ausreichend sein wird, um für die Behandlung gewisser Fragestellungen eine ausreichende Datenbasis zu erhalten. Ausserdem können Probleme mit dem Datenschutz entstehen, wenn z.B. die Bewegungsprofile von Fahrzeugen mit Personendaten verknüpft werden.

**4.2.4 Floating Phone Data**

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ genaue Erfassung von Free-Flow-Geschwindigkeiten</li> <li>• Eignet sich für Ortsbewegungen grösser als Funkzelle</li> <li>• Liefert Matrizen für Netze mit Verkehrszellen von der Grösse von Funkzellen</li> <li>• Relativ gute Lagegenauigkeit</li> <li>• Übertragungsintervalle bis zu alle 0.5 Sekunden</li> <li>• Swisscom-Fingerprinting: 97.5% der Autobahnen abgedeckt; erfüllt Qualitätsanforderungen des ASTRA</li> <li>• Gut geeignet für Anwendungen der Verkehrssteuerung</li> <li>• Gute Eignung für offline Anwendungen</li> <li>• Gute Eignung für Ableitung von Indikatoren</li> <li>• Realistische Datenbasis für Verkehrsumlegungen</li> <li>• Kleinerer Stichprobenfehler als Floating Car Data, da Mobilfunktelefone weiter verbreitet als GPS in Fahrzeugen</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine durchgängige Datensammlung gewährleistet</li> <li>• Bei leichten und mittleren Stausituationen gibt es grössere Abweichungen gegenüber Induktionsschleifen</li> <li>• Aktualität der Messwerte wird bestimmt durch die Verzögerung zwischen der Erfassung und der Übermittlung der Datensätze</li> <li>• Erfassung nur von mit Mobiltelefon ausgerüsteten Verkehrsteilnehmern</li> <li>• Keine Informationen über Aktivitäten, Wege, Routen</li> <li>• Validierung mit Referenzquellen erforderlich</li> </ul>
	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• System der Swisscom im Aufbau</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem des Datenschutzes (personalisiertes Bewegungsprofil)</li> </ul>
Extern		

**a) Stärken**

Die Analyse von Floating Phone Data zeigt, dass die Technologie vor allem im Bereich der Lagegenauigkeit und der kurzen Übertragungsintervalle über komparative Vorteile verfügt. Die Methodik erlaubt eine Nachvollziehbarkeit der Verkehrssituation, wodurch sie für Offline-Anwendungen im Bereich der Verkehrssteuerung gut geeignet ist. Ebenso wie für Floating Car Data gilt, dass die Daten sehr gut für Quell-Ziel-Matrizen als Input für verkehrsplanerische Anwendungen oder als Grundlage für Verkehrsumlegungen geeignet sind. Dabei ist eine Abstimmung der Verkehrs- mit den Funkzellen vorteilhaft.

Die mit der "Fingerprinting"-Methode der Swisscom erfassten Geschwindigkeiten auf dem Autobahnnetz erfüllen die Qualitätsanforderungen des ASTRA, wonach in 75% der Fälle die Abweichung kleiner als 7 km/h sein sollte. Floating Phone Data weisen einen kleineren Stichprobenfehler auf als GPS-basierte Methoden, da Mobilfunktelefone vergleichsweise viel stärker verbreitet sind.

**b) Schwächen**

Bei Signalverlust ist keine durchgängige Datensammlung gewährleistet, selbst wenn sich Mobiltelefone bei Datenverlust schneller wieder orten als beispielsweise GPS-Empfänger. Analog zu Floating Car Daten entstehen auch Floating Phone Daten bei schwierigen Verkehrssituationen gegenüber herkömmlichen Datenerfassungsmethoden Abweichungen. Ebenfalls ist für Floating Car Daten nur die Erfassung von mit entsprechenden Erfassungs- und Übermittlungsgeräten ausgerüsteten Verkehrsteilnehmern möglich. Zudem entsteht ein hoher Aufwand für die Datenaufbereitung, wenn sich Funkzellen und Verkehrszellen räumlich unterscheiden. Der Messfehler bei der Positionsbestimmung hängt von der Körnigkeit der Mobilfunkzellen ab. Diese ist z.B. in städtischen Gebieten in der Regel feiner als ausserhalb der Siedlungsgebiete.

**c) Chancen**

Eine Chance für Floating Phone Data bietet das System "Fingerprinting" der Swisscom, welches sich im Aufbau befindet. Eine Anwendung auf breiter Basis würde einen wichtigen Schub in der Entwicklung bedeuten, sowohl im Hinblick auf die grossflächige Applikation wie auch die grosse Datenbasis.

**d) Gefahren**

Für Floating Phone Data ist der Datenschutz ein Problem, da über die Erfassung und Verknüpfung von Telefondaten prinzipiell ein persönliches Bewegungsprofil registriert wird.

**4.2.5 Big Data**

	Positiv	Negativ
Intern	<p>Stärken</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erheben über grossen geographischen Bereich</li> <li>• Information über grosse Zahl an Individuen möglich</li> <li>• Abdeckung der persönlichen Alltags- und Freizeitmobilität</li> <li>• Resultate schnell verfügbar</li> <li>• Erfassung aller Personen (Bewohner &amp; Besucher)</li> <li>• Daten für alle benutzten Endgeräte verfügbar und keine zusätzlichen Erhebungsgeräte nötig</li> <li>• Disaggregation einfach</li> <li>• Kombination mit Haushaltsbefragungen möglich</li> <li>• Niedrigere Erhebungskosten je Proband</li> <li>• Import in Verkehrsmodelle möglich</li> </ul>	<p>Schwächen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine eindeutige Information der benutzten Verkehrsmittel</li> <li>• Identifikation und Unterscheidung zwischen Aufenthalten und Umsteigevorgängen</li> <li>• Keine vertieften sozio-demographischen Informationen verfügbar</li> <li>• Datenaufbereitung zeit- und mitarbeiterintensiv</li> </ul>
Extern	<p>Chancen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forschung reduziert künftigen Auswertungsaufwand</li> </ul>	<p>Gefahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenschutz</li> </ul>

### **a) Stärken**

Die Stärke von Big Data liegt in der Möglichkeit, sehr grosse Stichproben über einen grossen geographischen Bereich und über lange Zeiträume zu erfassen. Solchermassen erhobene Daten ermöglichen die Vermeidung systematischer Fehler, da sie alle Personen, Wege, Routen und Aktivitäten über den Erhebungszeitraum beinhalten (z.B. bei der Analyse von Mobiltelefonaten). In Kombination mit Haushaltsbefragungen können auch qualitative Aspekte angefügt und vertieft bzw. verifiziert werden. Organisatorisch liegen die Vorteile im generell niedrigen Erhebungsaufwand und damit verbundenen niedrigen Kosten, mit denen Stichproben erhoben werden können. Die Datenerfassungen erlauben zudem eine verkehrsträgerübergreifende bzw. unabhängige Analyse. Die Integration der Ergebnisse ermöglicht bei vorliegender Geocodierung eine vergleichsweise unkomplizierte Integration der Daten in Verkehrsnachfragemodelle.

### **b) Schwächen**

Die eindeutige Identifikation des benutzten Verkehrsmittels ist kaum möglich, wenn die Analysen auf Mobilfunkdaten basieren. Gleiches gilt für die Identifikation von Aufenthalten und Umsteigevorgängen. Sozio-ökonomische bzw. demografische Informationen zur Ergebnisinterpretation und -einstufung sind ebenfalls nicht verfügbar, sondern müssen über weitere Daten erhoben oder geschätzt werden. Daher erfordern Big Data einen hohen Personal- und Zeitaufwand bei der Datenaufbereitung. Der Ankauf der Daten (z.B. aus Navigationsgeräten) ist vergleichsweise teuer. Die Mess- und Stichprobenfehler von Big Data-Anwendungen sind von den verwendeten Daten abhängig. Allgemein gilt, dass bei Daten, welche nur von bestimmten Bevölkerungsteilen stammen, z.B. registrierte Benutzer von Social Networks, bei Hochrechnungen auf die Gesamtbevölkerung die Stichprobenfehler zu berücksichtigen sind.

### **c) Chancen**

Die Durchdringungsrate der Bevölkerung mit Mobilgeräten, welche für Mobilitätserhebungen relevante Daten erfassen, wird sich weiter erhöhen, weshalb sich auch mehr Einsatzmöglichkeiten von Big Data bieten werden. Es besteht eine Chance, dass Forschungsprojekte zukünftig den Aufwand für Aufbereitung und Auswertung reduzieren. Weiterhin ist zu erwarten, dass sich die Kosten für Datenspeicher weiter reduzieren, weshalb Speicher für grosse Datenmengen kostengünstiger bereitgestellt werden können.

### **d) Gefahren**

Problematisch ist der Datenschutz. Da beispielsweise mit einer SIM-Karte bei Mobilgeräten auch eine Person verknüpft ist, ist die Erstellung von persönlichen Bewegungsprofilen möglich.



## 4.2.6 Wi-Fi

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung von Personen und Fahrzeugen</li> <li>Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit</li> <li>Zeitlich auf ca. 10 Sekunden genau</li> <li>Abnahme der Fehlerhäufigkeit mit zunehmender Distanz (zwischen den Erfassungspunkten) und gefahrener Durchschnittsgeschwindigkeit</li> <li>Geeignet für Reisezeitmessung</li> <li>Keine Verbindung zwischen Nutzer und Gerät (MAC-Nummer nicht nutzerspezifisch)</li> <li>Kosten relativ tief</li> <li>Geringer Personalaufwand für Untersuchung</li> <li>Geringer Erhebungsaufwand in Dauerbetrieb</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Im städtischen Umfeld starker Einfluss nicht relevanter Wi-Fi-Signale auf die Datenqualität</li> <li>Einfluss von Signalen anderer Kommunikationssysteme, Hindernissen (z.B. Gebäuden) und Wetter auf Reichweite des Detektors</li> <li>Dichtes Netz an Detektoren notwendig</li> <li>Erfassung nur von Geräten mit eingeschaltetem Wi-Fi</li> <li>Filterung von Mehrfachmessungen von Verkehrsteilnehmern/Fahrzeugen notwendig</li> <li>Keine exakte Lokalisierung der Verkehrsteilnehmer möglich</li> <li>Detektion abhängig von Sensorreichweite</li> <li>Abweichung Reisezeit zu GPS und ANPR</li> <li>Verbreitung der Technologie viel geringer als Bluetooth, daher nur wenige Kenntnisse über die Detektionsraten</li> <li>Hohe Störanfälligkeit</li> <li>Hohe Stichprobenfehleranfälligkeit</li> <li>Hoher Auswertungsaufwand</li> </ul>
Extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zunahme der Wi-Fi-fähigen Endgeräte infolge Durchdringung mit Smartphones</li> <li>Detektionsrate steigt mit steigendem Anteil an Verkehrsteilnehmern, die mit Wi-Fi-fähigen Endgeräten ausgerüstet sind.</li> <li>Reduktion des Auswerteaufwands</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchsetzen anderer Methoden mit vergleichbaren Eigenschaften</li> <li>Datenschutz</li> <li>Ortungsfunktion von Wi-Fi-Geräten kann zunehmend ausgeschaltet werden</li> </ul>

### a) Stärken

Datenerhebungen über Wi-Fi erlauben eine verkehrsträgerübergreifende Erfassung. Die Erfassung von Verkehrsteilnehmern innerhalb bestimmter Gebiete und die Ableitung von Routen sind damit ebenso möglich wie richtungstrennte (mit mehreren Detektoren) Erfassungen. Ähnlich wie mit Bluetooth sind die Daten zeitnah verfügbar und weisen ähnliche Genauigkeitswerte auf. Die Durchdringungsrate mit Wi-Fi-Geräten ist mittlerweile sehr hoch. Die Investitionskosten sind relativ niedrig.

### b) Schwächen

Ergebnisse der Erhebung mit Wi-Fi weichen teilweise signifikant von parallelen Messungen (z.B. ANPR<sup>13</sup>, GPS) ab. Messfehler treten einerseits bei Störsignalen anderer Kommunikationssysteme, Hindernissen (z.B. Gebäude) und bei bestimmten Wetterverhältnissen auf, welche Einfluss auf die Reichweite der Detektoren haben. Die Detektionszeit unterliegt immer einem kleinen Messfehler (ca. 5s), da eine gewisse Zeit gebraucht wird, bis ein Gerät erkannt ist.

Nicht zuletzt aus diesem Grund erfordern Messungen mittels Wi-Fi einen hohen nachträglichen Aufwand für die Aufbereitung und die Auswertung der Daten. Zusätzlich erfordert Wi-Fi ein dichtes Erhebungsnetz mit zahlreichen Standorten. Hinzu kommt, dass allgemeingültige Algorithmen bisher nicht hinreichend genau und parametrisierbar zur Verfügung stehen. Im Vergleich zu Bluetooth sind die Ergebnisse bei geringerer Durchdringungsrate ungenau.

Der Stichprobenfehler kann erheblich sein. Zu bedenken ist, dass nur Personen mit eingeschalteten Wi-Fi-Geräten erfasst werden. Auf der anderen Seite können sich in einem Fahrzeug mehrere Wi-Fi-Geräte befinden, was eine Filterung von Mehrfachmessungen notwendig macht. Ausserdem ist der Stichprobenfehler vom Radius der Sende- resp. Empfangsleistung des Detektors, der Durchschnittsgeschwindigkeit und dem Fehler in

<sup>13</sup> Automatic number plate recognition: Automatische Kontrollschilderfassung

der Detektionszeit. Je schneller ein Fahrzeug fährt und je kleiner der Sende- resp. Empfangsradius des Detektors ist, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wi-Fi-Gerät nicht erkannt wird. Mit Detektoren, welche sowohl Bluetooth als auch Wi-Fi erkennen, kann eine grössere Stichprobe (Geräte die mit Bluetooth, Wi-Fi oder beidem ausgestattet sind) erfasst werden als mit Detektoren, die nur Bluetooth oder nur Wi-Fi erkennen.

### c) Chancen

Allgemein kann angenommen werden, dass die Durchdringungsrate der Bevölkerung mit entsprechend ausgestatteten Geräten (Smartphones, Mobiltelefon, Tablets, Computer) weiterhin wachsen wird. Zudem ist infolge der zunehmenden Verbreitung von Wi-Fi im öffentlichen Raum eine grössere Abdeckung zu erwarten. Eine Chance für Wi-Fi als Erhebungsmethode bilden Fortschritte in der automatisierten Auswertung.

### d) Gefahren

Es ist zum heutigen Zeitpunkt unsicher, wie sich Wi-Fi Standards zukünftig entwickeln und verbreiten. Unabhängig davon besteht auch die Gefahr, dass die Ortungsfunktion bei Wi-Fi Geräten zunehmend ausgeschaltet werden kann. Für Wi-Fi ist ausserdem die Gewährleistung des Datenschutzes problematisch.

## 4.3 Bluetooth

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassen von Personen und Fahrzeugen</li> <li>Erfassen von Routen und Strömen</li> <li>Verkehrsmittel und Fahrtrichtung gut identifizierbar</li> <li>Daten stets aktuell und schnell verfügbar</li> <li>Datenqualität auf circa 10 Sekunden genau</li> <li>Hohe Durchdringungsrate</li> <li>Gut geeignet für Reisezeitmessungen</li> <li>Kosten relativ tief</li> <li>Geringer Personalaufwand für Untersuchung</li> <li>Geringer Erhebungsaufwand in Dauerbetrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Im städtischen Umfeld starker Einfluss nicht relevanter Bluetooth-Signale auf die Datenqualität</li> <li>Einfluss von Signalen anderer Kommunikationssysteme, Hindernissen (z.B. Gebäuden) und Wetter auf Reichweite des Detektors</li> <li>Dichtes Netz an Detektorenetz notwendig</li> <li>Erfassung nur von Geräten mit eingeschaltetem Bluetooth</li> <li>Filterung von Mehrfachmessungen von Verkehrsteilnehmern/Fahrzeugen notwendig</li> <li>Keine exakte Lokalisierung der Verkehrsteilnehmer möglich</li> <li>Detektion abhängig von Sensorreichweite</li> <li>Abweichung Reisezeit zu GPS und ANPR</li> <li>Hohe Störanfälligkeit</li> <li>Hohe Stichprobenfehleranfälligkeit</li> <li>Hoher Auswertungsaufwand</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunahme der Bluetooth fähigen Endgeräte infolge Durchdringung mit Smartphones</li> <li>Detektionsrate steigt mit steigendem Anteil an Verkehrsteilnehmern, die mit Bluetooth-fähigen Endgeräten ausgerüstet sind.</li> <li>Reduktion des Auswerteaufwands</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchsetzen anderer Methoden mit vergleichbaren Eigenschaften</li> <li>Datenschutz</li> </ul>

### a) Stärken

Bluetooth verfügt über ein ähnliches Applikationsspektrum wie Wi-Fi und findet zwischenzeitlich als Datenerhebungsmethode weite Verbreitung. Vorteile von Bluetooth liegen in der zuverlässigen Erfassung von Fahrzeug- oder Personenbewegungen innerhalb bestimmter Gebiete und der Möglichkeit zur Ableitung von Routen. Bluetooth zeichnet sich durch eine verkehrsträgerübergreifende und (mit mehreren Detektoren) richtungsgetrennte Erfassung aus. Die Daten sind bei relativ hoher Durchdringungsrate und tiefen

Kosten schnell verfügbar und aktuell. Dies erlaubt Erhebungen über einen längeren Zeitraum, wobei nur ein geringer Anteil der Kosten auf das Erhebungspersonal entfällt. Die Möglichkeit der automatisierten Analyse reduziert den Aufwand für die Auswertung.

#### **b) Schwächen**

Schwächen des Einsatzes von Bluetooth sind der hohe Geräteaufwand sowie der hohe nachträgliche Auswertungsaufwand. Eine exakte Lokalisierung von Verkehrsteilnehmern nach Ort und Fahrstreifen ist nicht gegeben. Die Expertengespräche haben gezeigt, dass die Bewertung der Repräsentativität der erfassten Daten in der Praxis sehr anspruchsvoll ist. Wie bei Wi-Fi ergeben sich bei den Ergebnissen der Bluetooth-Erhebungen teilweise signifikante Abweichungen von parallelen Messungen (z.B. mit ANPR, GPS).

Es gelten grundsätzlich die gleichen Angaben zu Mess- und Stichprobenfehler wie bei der Wi-Fi Methode. Wang et al. (2014a) haben in einem stark belasteten städtischen Netz von ca. 1.6 km Länge eine Abweichung zur Reisezeitmessung mittels ANPR von ca. 25 bis 40s gemessen.

Der Stichprobenfehler wird durch den Anteil der mit (eingeschalteten) Bluetooth-Geräten ausgerüsteten Fahrzeugen resp. Personen und dem Umfang der erfassten Stichprobe (welche z.B. von der Verkehrsbelastung abhängt) bestimmt. Bluetooth-Geräte sind bisher tendenziell eher in Fahrzeugen der Mittel- und Oberklasse eingebaut. Navigationsgeräte (welche oft mit Bluetooth versehen sind) werden eher bei langen Fahrten verwendet. Der Anteil der eingeschalteten Bluetooth-Geräte dürfte daher auf Autobahnen höher sein als auf anderen Strassen. In der Literatur wird von zwischen Durchdringungsraten 3% und 25% ausgegangen.

#### **c) Chancen**

Allgemein kann angenommen werden, dass der Anteil der Bevölkerung mit entsprechend ausgestatteten Geräten (Smartphones, Mobiltelefon, Tablets, Computer, Navigationsgeräte) weiterhin wachsen wird. Zudem ist die Technologie mittlerweile in dauerhaften Erhebungen etabliert. Laut der Experteninterviews ist eine Ausweitung von Datenerhebungen mittels Bluetooth zu erwarten. Fortschritte in der automatisierten Auswertung von Bluetooth-Daten würden zur Verbreitung der Methode beitragen.

#### **d) Gefahren**

Zum heutigen Zeitpunkt ist unsicher, wie sich Bluetooth-Standards zukünftig entwickeln und verbreiten. Für Bluetooth ist die Gewährleistung des Datenschutzes problematisch.

### 4.3.1 Radio Frequency Identification

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Sichtkontakt nötig</li> <li>Unempfindlich gegen Verschmutzung</li> <li>Eindeutiger Zeitbezug möglich</li> <li>Erlaubt lange Erhebungszeiträume</li> <li>Grosse Anzahl direkter Messgrössen</li> <li>Zeitnahe Übertragung und Verfügbarkeit</li> <li>Lange Lebensdauer der Sensoren</li> <li>Informationen über Reisezeiten und –geschwindigkeiten</li> <li>Genaue Identifikation des Verkehrsmittels</li> <li>Grosse Datenbasis möglich</li> <li>Ableitung von Bewegungsprofilen, Ganglinien und Routen</li> <li>Relativ günstig</li> <li>Anonyme Übertragung möglich</li> <li>Stichprobenfehler kann ignoriert werden (bei geschlossenen Systemen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lange Erfassungszeiträume erforderlich</li> <li>Grosse Datenmengen</li> <li>Einsatz in geschlossenen Systemen, d.h. Teilnehmer müssen RFID besitzen</li> <li>Keine exakte Lokalisierung der Verkehrsteilnehmer/Güter</li> <li>Anfällig auf Umgebungsstrahlung und Abschirmung</li> <li>Erfasst nur Teilnehmer mit RFID-Chip in Reichweite</li> <li>Validierung mit Referenzquellen erforderlich</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zunahme der Nutzung von RFID-Codes als kontaktlose Fahrkarten</li> <li>Umsetzung des Swiss-Pass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rückschluss auf Person bei registriertem Nutzer</li> <li>Datenschutz</li> </ul>

#### a) Stärken

Eine wichtige Stärke von RFID ist die Möglichkeit, Erhebungen über lange Zeiträume durchzuführen. In geschlossenen Systemen, in denen nur eine derartige Karte gilt, ist praktisch eine Vollerhebung über alle Nutzer möglich. Zudem kann eine grosse Zahl räumlicher und zeitlicher Grössen direkt erhoben werden (Zeiten, Verkehrsmittel, Start- und Zielkoordinaten von Fahrten). Dies stellt bei der Ableitung der Verkehrsmittelwahl gegenüber der Auswertung von Mobilfunk- und GPS-Daten eine wesentliche Erleichterung dar. Dank Georeferenzierung können zahlreiche Grössen wie Bewegungsprofile, Ganglinien und Routen abgeleitet und leicht z.B. in Verkehrsnachfragemodelle implementiert werden. Die robuste Technik und lange Lebensdauer reduziert den Personalaufwand und ermöglicht so günstige Untersuchungen. Ein weiterer wichtiger Vorteil derartiger Systeme ist die Erhebung sämtlicher von einer Person innerhalb des Systems zurückgelegten Wege, was die Unterrepräsentierung z.B. kurzer Wege, wie sie in herkömmlichen Haushaltsbefragungen vorkommt, vermeiden hilft. Bei geschlossenen Systemen, wo ein RFID-Transponder "Pflicht" ist, kann der Stichprobenfehler ignoriert werden.

#### b) Schwächen

Für valide Erhebungen mittels Radio Frequency Identification Systemen sind lange Erfassungszeiträume erforderlich. Des Weiteren ergeben sich aus RFID-Datensätzen keine Informationen über Wege und Verkehrsmittelwahl im Zu- und Abgang und auch nicht zu gesamten Routen oder Aktivitäten.

Messfehler entstehen, wenn der RFID-Transponder nicht erkannt wird, z.B. aufgrund von Abschirmung durch Metall, durch Umgebungsstrahlung oder Beschädigung. Es können nur mit RFID-Transponder ausgestattete Verkehrsobjekte erkannt werden.

#### c) Chancen

Der Trend zur Umsetzung von kontaktlosen Systemen im öffentlichen Personenverkehr bietet Radio Frequency Identification Systemen eine Chance, sich im Verkehrsbereich dauerhaft als wichtige Technologie zu etablieren.

#### d) Gefahren

Bei einer zwangsweisen Registrierung der Nutzer ermöglichen RFID-Systeme Rückschlüsse auf die mit der Karte verknüpfte Person (z.B. Erstellung von Bewegungsprofilen), was aus Sicht des Datenschutzes problematisch ist.

### 4.3.2 Smart Card / Near Field Communication

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kein Sichtkontakt nötig</li> <li>• Unempfindlich gegen Verschmutzung</li> <li>• Eindeutiger Zeitbezug möglich</li> <li>• Erlaubt lange Erhebungszeiträume</li> <li>• Grosse Anzahl direkter Messgrössen</li> <li>• Zeitnahe Übertragung und Verfügbarkeit</li> <li>• Lange Lebensdauer der Sensoren</li> <li>• Informationen über Reisezeiten und -geschwindigkeiten</li> <li>• Genaue Identifikation des Verkehrsmittels</li> <li>• Grosse Datenbasis möglich</li> <li>• Ableitung von Bewegungsprofilen, Ganglinien und Routen</li> <li>• Relativ günstig</li> <li>• Anonyme Übertragung möglich</li> <li>• Stichprobenfehler kann ignoriert werden (bei geschlossenen Systemen)</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange Erfassungszeiträume erforderlich</li> <li>• Grosse Datenmengen</li> <li>• Verarbeitung der Ergebnisse</li> <li>• Einsatz in geschlossenen Systemen, d.h. Teilnehmer müssen SmartCard besitzen</li> <li>• Keine exakte Lokalisierung der Verkehrsteilnehmer/Güter</li> <li>• Anfällig auf Umgebungsstrahlung und Abschirmung</li> <li>• Erfasst nur Teilnehmer mit SmartCard in Reichweite</li> <li>• Validierung mit Referenzquellen erforderlich</li> </ul>
Extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunahme der Nutzung von RFID-Codes als kontaktlose Fahrkarten</li> <li>• Umsetzung Swiss-Pass</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückschluss auf Person bei registriertem Nutzer</li> <li>• Datenschutz</li> </ul>

#### a) Stärken

Die Stärken dieser Systeme sind analog zu jenen der Erhebungsmethoden mittels RFID. So besteht hier ebenfalls die Möglichkeit, Erhebungen über lange Zeiträume durchzuführen. In geschlossenen Systemen, können theoretisch sämtliche Nutzer erhoben werden. Auch hier sind somit zahlreiche räumliche und zeitliche Grössen direkt erhebt bzw. ableitbar. Dank Georeferenzierung der Lesegeräte können zahlreiche Grössen wie Bewegungsprofile, Ganglinien und Routen abgeleitet und leicht z.B. in Verkehrsnachfragemodelle implementiert werden. Somit sind auch hier günstige Untersuchungen möglich. Ein wichtiger Vorteil derartiger Systeme ist die Erhebung sämtlicher von einer Person innerhalb des Systems zurückgelegter Wege, was Unterrepräsentierung z.B. kurzer Wege, wie sie in herkömmlichen Haushaltsbefragungen vorkommt, vermeiden hilft. Bei geschlossenen Systemen, wo die Smart Card oder ein NFC-Gerät erforderlich ist, kann der Stichprobenfehler ignoriert werden.

#### b) Schwächen

Ähnlich wie bei RFID-Systemen erfordern auch Erhebungen mittels Smart Card und Near Field Communication lange Erfassungszeiträume. Es ergeben sich grosse zu verarbeitende Datenmengen. Aus den Datensätzen können keine Informationen über Wege und Verkehrsmittelwahl im Zu- und Abgang und damit zu gesamten Routen oder Aktivitäten gewonnen werden.

Messfehler entstehen, wenn die Smart Card oder das NFC nicht erkannt wird, z.B. aufgrund von Beschädigung des Lesegeräts oder der Smart Card resp. des Sendegerätes

selbst. Es können nur mit Smart Card oder mit NFC-Geräten ausgestattete Verkehrsteilnehmer erkannt werden.

### c) Chancen

Smart Card und Near Field Communication funktionieren ähnlich wie RFID-Systeme und finden mittlerweile in immer mehr Systemen Anwendung, so beispielsweise im öffentlichen Verkehr, wo sie als Ersatz für herkömmliche Papierfahrkarten dienen.

### d) Gefahren

Bei einer zwangsweisen Registrierung der Nutzer ermöglichen SmartCard und NFC-Systeme Rückschlüsse auf die mit der Karte verknüpfte Person (z.B. Erstellung von Bewegungsprofilen), was aus Sicht des Datenschutzes problematisch ist.

## 4.3.3 Barcode

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eindeutiger Zeitbezug möglich</li> <li>• Zeitnahe Datenerfassung und Übertragung</li> <li>• Zeitliche Genauigkeit hoch</li> <li>• Günstig</li> <li>• Zuverlässig</li> <li>• Code kann bei Ausfall des Sensors alternativ eingegeben werden</li> <li>• Stichprobenfehler kann ignoriert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Lesbarkeit bei schlecht gedruckten, beschädigten oder verschmutzten Codes</li> <li>• Einsatz in geschlossenen Systemen, d.h. Teilnehmer müssen Code besitzen</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mögliche Erhebungsdesigns ohne Erfassung von persönlichen Daten (z.B. Personenströme am Bahnhof)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ablösung der Technologie durch RFID</li> </ul>

### a) Stärken

Die Stärken von Barcodes liegen in der Genauigkeit der erfassten Zeitangaben und der Aktualität der Daten. Mittels Barcodes durchgeführte Erhebungen sind vergleichsweise günstig. Beim Barcode handelt es sich um ein geschlossenes System, d.h. der Stichprobenfehler kann ignoriert werden.

### b) Schwächen

Die Methode ist nur in geschlossenen Systemen anwendbar. Messfehler entstehen, wenn der Barcode nicht gelesen werden kann, z.B. wenn die Codes schlecht gedruckt oder verschmutzt sind oder wenn das Lesegerät defekt ist. Es können nur mit einem Barcode ausgestattete Objekte erkannt werden.

### c) Chancen

Barcodes können beispielsweise verwendet werden, um Personenströme (Abgabe von Barcodes und Erfassung an verschiedenen Querschnitten) bei Bahnhöfen, usw. zu erfassen. Im Gegensatz zur Erfassung mittels Wi-Fi, Bluetooth oder Video werden keine persönlichen Daten erfasst.

### d) Gefahren

Barcodes werden vermutlich früher oder später durch RFID abgelöst werden.

### 4.3.4 Digitales Foto / Video

Die Möglichkeiten der Verkehrslageerfassung und -auswertung mittels digitaler Fotos oder Videos wurde bereits in zahlreichen Studien genutzt. Zahlreiche dieser Systeme wurden in den Alltagsbetrieb überführt.

	Positiv	Negativ
	Stärken	Schwächen
Intern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassung aller Verkehrsmittel</li> <li>Erfassung von Personenfluss und Verhalten</li> <li>Eindeutiger Zeitbezug</li> <li>Sofortige Datenübertragung und –verfügbarkeit</li> <li>Bei guten Sichtverhältnissen zuverlässig</li> <li>Gute Einsatzfähigkeit für operationales Verkehrsmanagement infolge direkter Vergleichbarkeit von gemessenen Werten mit Kamerabild</li> <li>Identifikation von Konfliktsituationen</li> <li>Niedrige Beschaffungskosten bei Einsatz von Industriekameras</li> <li>Günstiger als Kombination anderer Systeme</li> <li>Flexibilität bei der Installation</li> <li>Montage vergleichsweise preiswert und leicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Bildfrequenzen führen zu grossen Datenmengen</li> <li>Messgenauigkeit bei ungünstigen Sichtbedingungen eingeschränkt</li> <li>Automatisierte Fahrzeugklassifizierung problematisch</li> <li>Nur für Messung zur Verkehrsanalyse und für Steuerungszwecke</li> <li>Automatisierte Auswertung schwierig</li> <li>Hoher Auswertungsaufwand</li> <li>Bestehende Datenschutzbestimmungen</li> </ul>
	Chancen	Gefahren
Extern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduktion des Aufbereitungsaufwandes</li> <li>Schnellere Echtzeitverfügbarkeit aufgrund schnellerer Datenverbindungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verschärfung der Datenschutzbestimmungen</li> </ul>

#### a) Stärken

Die Stärken der Methoden, welche mit digitalen Fotos resp. Videos arbeiten, liegen in der universellen Erfassungsmöglichkeit aller Verkehrsmittel, darüber hinaus auch von Personenflüssen und deren Verhalten. Dies ist besonders in der adaptiven Verkehrssteuerung von Vorteil. Zudem verfügen sie über eine hohe Alltagstauglichkeit hinsichtlich Effizienz, Zuverlässigkeit und Messgüte. Zusätzlich bieten sie die Möglichkeit eines optischen Eindrucks der interessierenden Situation in Ergänzung zu den erhobenen Daten. Dies ermöglicht beispielsweise die Identifikation von Konfliktsituationen. Unter bestimmten Voraussetzungen bieten sie die Möglichkeit zur Kostenreduktion, beispielsweise infolge der möglichen Auswertung mehrerer Fahrstreifen zur gleichen Zeit (bis zu 6 Fahrspuren durch 1 Kamera), für die andernfalls mehrere Erhebungsgeräte installiert werden müssten.

#### b) Schwächen

Bei ungünstigen Sichtverhältnissen kann die Datenerhebung fehlerhaft sein. Bestimmte Bereiche im Untersuchungsraum, wie beispielsweise Unterführungen, sind nicht einsehbar. Ein digitales Foto stellt zudem eine Momentaufnahme dar. Zeitliche Verläufe, Entwicklungen und Dynamiken lassen sich dadurch nicht abbilden. Die automatisierte Auswertung ist noch fehlerbehaftet, weshalb die Auswertung häufig aufwändig manuell durchgeführt wird. Zusätzlich führt insbesondere die Videodetektion zu sehr grossen zu übertragenden und verarbeitenden Datenmengen.

Messfehler sind stark abhängig vom Standort, den vorherrschenden Lichtverhältnissen und Witterungsbedingungen sowie der verwendeten Kamera und deren Funktionsfähigkeit. In der Literatur finden sich Angaben zur Messgenauigkeit der Erkennung von Kontrollschildern, Fahrzeugen resp. Personen, welche zwischen 80% bis 98% liegen (Xovis

2009, Sauter 2009). In Nürnberg wird eine mittlere Übereinstimmung von 90% bei manuell oder mit Induktionsschleifen gezählten Fahrzeugen erreicht (ORINOKO 2014).

Grundsätzlich können an einem Kamerastandort alle Verkehrsteilnehmer erfasst werden. Ein Stichprobenfehler kann entstehen, wenn Kameras zur Reduktion der Datenmenge nicht dauernd, sondern nur in Zeitintervallen von z.B. 5 Sekunden Dauer ein Bild aufnehmen.

Eine weitere Schwäche einer foto- und videobasierten Erhebung ist der Datenschutz, da es sich vielfach um Personendaten handelt.

**c) Chancen**

Es ist davon auszugehen, dass die automatischen Bildauswertungen, z.B. Personenerkennung, in Zukunft noch effizienter und präziser werden. Obwohl heute die Datenübertragungsgeschwindigkeit deutlich höher ist als noch vor ein paar Jahren, ist ebenfalls davon auszugehen, dass künftig noch leistungsfähigere Leitungen zur Verfügung stehen. Damit kann noch schneller Bild- und Videomaterial in hoher Auflösungsqualität zur Verfügung gestellt werden.

**d) Gefahren**

Die Gefahr einer foto- und videobasierten Erhebung sind schärfere Datenschutzbestimmungen. Systeme mit Gesichtserkennungen können davon besonders betroffen sein, da mit einer Verbindung ins Internet zusätzliche Informationen über die erkannten Personen in Erfahrung gebracht werden können.

**4.3.5 Automatische Kontrollschilderfassung**

Als eine verbreitete Anwendung der Video-Technik wird im Folgenden die automatische Kontrollschilderfassung (ANPR) behandelt

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Erkennungsrate</li> <li>• Hohe Betriebszuverlässigkeit</li> <li>• Fahstreifenfeine Detektion möglich</li> <li>• Aufnahme in der Nacht möglich (mit Infrarot-Kamera)</li> <li>• Erfassung grosser Datenmengen</li> <li>• Schnelle Datenverfügbarkeit möglich</li> <li>• Niedriger Personalaufwand wenn automatische Auswertung möglich</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergebnisse nur für bestimmte Netzabschnitte</li> <li>• Viele negative Einflussfaktoren</li> <li>• Hohe Anzahl Geräte für flächendeckende Erhebung notwendig (je nach System 1 Gerät pro Fahrspur)</li> <li>• Hoher Personalaufwand für Installation</li> <li>• Hoher Personalaufwand wenn manuelle Auswertung notwendig</li> </ul>
Extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weitere Verdichtung der Standorte infolge Verkehrsüberwachung und -kontrolle</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhobene Daten können einer Person (Fahrzeughalter) zugewiesen werden.</li> </ul>



**a) Stärken**

Die automatische Kontrollschilderfassung dient der Erfassung von Fahrzeugen des motorisierten Individualverkehrs. Die Stärken der Methode liegen in der hohen Erkennungsrate und der Zuverlässigkeit. Zudem können grosse Datenmengen automatisiert über einen längeren Zeitraum erfasst werden. Über ein Netz von Erhebungspunkten ist auch eine Erhebung von Routen sowie von Verkehrsarten (Durchgangs-, Ziel-, und Quellverkehr) möglich.

**b) Schwächen**

Grössere Gebiete können nur mit relativ hohem Aufwand abgedeckt werden. Ausserdem führen Witterungseinflüsse häufig zu Problemen der Detektion, wenn z.B. die Kontrollschilder infolge Verschmutzung oder Schnee kaum erkennbar sind.

**c) Chancen**

Im Zusammenhang mit der Verdichtung von Standorten zur Verkehrsüberwachung und Kontrolle ist mit einer Ausweitung des Messstellennetzes zu rechnen.

**d) Risiken**

Die Erfassung des Kontrollschildes lässt es zu, die Bewegungen eines Fahrzeugs zu rekonstruieren, was aus Datenschutzgründen problematisch ist. Aus diesem Grund war die automatische Kontrollschilderfassung in Deutschland bereits Gegenstand von gerichtlichen Auseinandersetzungen<sup>14</sup>.

**4.3.6 Passives Infrarot**

	Positiv	Negativ
Intern	<b>Stärken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detektion bei Nacht möglich</li> <li>• Relativ robust gegenüber Beeinträchtigung durch Umgebungsstrahlung und Hindernisse</li> <li>• Hohe Messgenauigkeit</li> <li>• Fahrstreifenfeine Detektion</li> <li>• Hohe zeitliche Genauigkeit</li> <li>• Keine Erfassung persönlicher Daten</li> <li>• Erfassung aller Verkehrsteilnehmer am Querschnitt</li> <li>• Eher tiefe Kosten</li> </ul>	<b>Schwächen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für Erfassung von Veloverkehr wenig geeignet</li> <li>• Nachträgliche Bewertung von Sonderereignissen erforderlich</li> <li>• Grosser Einfluss des Gerätestandortes auf die Zuverlässigkeit</li> <li>• Keine qualitativen Informationen über Erfassung</li> </ul>
	Extern	<b>Chancen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombination mit anderen Erhebungstechnologien kann Zuverlässigkeit erhöhen</li> </ul>

**a) Stärken**

Passive Infrarotsysteme können auch bei ungünstigen Sichtverhältnissen (Nacht, Witterung) zur Erhebung von Verkehrsdaten eingesetzt werden. Darüber hinaus ist ihre Lagegenauigkeit hoch, was eine fahstreifen- und richtungsfeine Detektion ermöglicht.

Zudem erfordern die passiven Systeme keine Stromzufuhr und sind somit mobil und auch an abgelegenen Standorten einsetzbar.

<sup>14</sup> In den Bundesländern Hessen und Schleswig-Holstein wurden die landesrechtlichen Regelungen zur Kontrollschilderfassung vom deutschen Bundesverfassungsgericht für verfassungswidrig erklärt. Das Beispiel zeigt die Sensibilität des Themas.

**b) Schwächen**

Mit passiven Infrarotsystemen lassen sich nur wenige qualitative Daten (wie z.B. Routen, Quellen, Ziele, Fahrzeugkategorien) erheben. So ist eine Erfassung des Veloverkehrs mit anderen Methoden zuverlässiger. Eine hohe Verkehrsbelastung und parallel laufende Fussgänger reduzieren die Zuverlässigkeit passiver Infrarotsysteme. Die Wahl des Gerätstandorts kann die Genauigkeit der erhobenen Daten negativ beeinflussen. Auch ist periodisch ein Batteriewechsel erforderlich.

Der Messfehler wird durch die Witterungsbedingungen, den Standort des Detektors und dessen Funktionsfähigkeit beeinflusst. Sauter (2009) geht von einer Messgenauigkeit zwischen 90 und 95 % aus.

**c) Chancen**

Die geringe Zuverlässigkeit bei der Erfassung des Veloverkehrs kann durch die Kombination mit anderen Erhebungsmethoden (z.B. Induktionsschlaufen) verbessert werden.

**d) Gefahren**

Das passive Infrarot könnte durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind, ersetzt werden.

**4.3.7 Laser**

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrzeugklassifikation durch Vergleich mit charakteristischen Musterprofilen möglich</li> <li>Genaue Geschwindigkeitserfassung</li> <li>Hohe Detektionsgenauigkeit</li> <li>Fahrstreifenfeine Detektierung</li> <li>Datenschutz gewährleistet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Betrachtung über grösseren räumlichen Bereich möglich</li> <li>Keine Abbildung von Routen möglich</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatzpotenzial steigt, wenn die Gerätekosten im Vergleich zu anderen Technologien abnehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>

**a) Stärken**

Die Stärken der Laser-Technologie liegen vor allem in der hohen Detektionsgenauigkeit. Dies betrifft sowohl Geschwindigkeiten als auch fahrstreifenfeine Detektion. Der Datenschutz bietet keine Probleme.

**b) Schwächen**

Auf der anderen Seite lässt die fehlende eindeutige Identifikation der Fahrzeuge eine Betrachtung der Bewegung über einen grösseren räumlichen Bereich nicht zu. Eine Abbildung von Routen ist nicht möglich.

Der Messfehler wird durch Witterungseinflüsse und den Standort beeinflusst. Munro (2013) gibt die Messgenauigkeit für die Fahrradzählung mit 80 bis 90% an. Gemäss Dorbritz (2014) erreichen 3D-Laser bei Fussgängerzählungen Genauigkeiten von über 98%.

**c) Chancen**

Laser bleibt im Verhältnis zu anderen Technologien kostengünstig.

**d) Gefahren**

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

**4.3.8 Ultraschall**

		Positiv	Negativ
Intern	Stärken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genaue Geschwindigkeitserfassung</li> <li>• Fahrstreifenfeine Detektierung</li> <li>• Datenschutz gewährleistet</li> <li>• Relativ günstig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Betrachtung über grösseren räumlichen Bereich möglich</li> <li>• Keine Abbildung von Routen möglich</li> </ul>
	Chancen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzpotenzial steigt, wenn die Gerätekosten im Vergleich zu anderen Technologien abnehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>
Extern	Gefahren		

**a) Stärken**

Ähnlich wie Laser ermöglicht Ultraschall eine genaue Geschwindigkeitserfassung und eine fahrstreifenfeine Detektion. Ebenfalls ist durch die Erhebungsmethode der Datenschutz gewährleistet. Als vorteilhaft werden darüber hinaus in der Literatur die geringen Kosten für die Durchführung von Verkehrsdatenerhebungen angeführt.

**b) Schwächen**

Analog zur Laser-Technologie liegen die Schwächen der Ultraschall-Detektion in der fehlenden eindeutigen Identifikation der Fahrzeuge, welche eine Betrachtung von Bewegung über einen grösseren räumlichen Bereich nicht zulässt. Es ist somit beispielsweise keine Erhebung von Routen oder ähnlichem möglich.

Der Messfehler wird durch den Standort des Detektors und dessen Funktionsfähigkeit, bestimmt. Angaben zur Messgenauigkeit sind in der Literatur keine gefunden worden.

**c) Chancen**

Ultraschall bleibt im Verhältnis zu anderen Technologien kostengünstig.

**d) Gefahren**

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

### 4.3.9 Radiowellen

	Positiv	Negativ
Intern	<b>Stärken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allwettertauglich</li> <li>• Manipulationssichere Installation möglich</li> <li>• Hohe Zählgenauigkeit</li> <li>• Fahrstreifenfeine Detektierung</li> <li>• Datenschutz gewährleistet</li> <li>• Relativ günstig</li> </ul>	<b>Schwächen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detektion nur möglich, wenn sich das Messobjekt direkt zwischen Sender und Empfänger bewegt</li> </ul>
Extern	<b>Chancen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzpotenzial steigt, wenn die Gerätekosten im Vergleich zu anderen Technologien abnehmen</li> </ul>	<b>Gefahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>

#### a) Stärken

Radiowellen haben wie Ultraschall ihre Stärken in der genauen Zählung und Geschwindigkeitserfassung. Als Vorteil gegenüber z.B. Laser- oder Ultraschalltechnologie ist die hohe Zuverlässigkeit auch bei Abschattungen eine Stärke der Methodik, da die Wellen auch verschiedene Materialien durchdringen können und somit unerwünschte Effekte durch schlechte Witterungsverhältnisse oder Abschattungen reduziert werden. Ebenfalls ist durch die Erhebungsmethode der Datenschutz gewährleistet. In der Literatur werden als weiterer Vorteil die geringen Kosten für die Durchführung von Verkehrsdatenerhebungen angeführt.

#### b) Schwächen

Radiowellen benötigen immer einen Sender und einen Empfänger, welche bis maximal 20 m voneinander entfernt positioniert sein sollten, um eine verlässliche Detektion zu ermöglichen. In der Literatur finden sich keine Angaben zur Messgenauigkeit. Da an einem Messstandort während einer Erhebung grundsätzlich alle Verkehrsteilnehmer erfasst werden, treten während der Erhebungszeit keine Stichprobenfehler auf.

#### c) Chancen

Radiowellen bleiben im Verhältnis zu anderen Technologien kostengünstig.

#### d) Gefahren

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

### 4.3.10 Magnetometer

	Positiv	Negativ
Intern	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Detektionsrate</li> <li>• Datenschutz gewährleistet</li> <li>• Relativ günstig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falschdetektion bei schlechten Witterungsverhältnissen</li> <li>• Zählergebnisse können von Nachbarspuren beeinflusst werden</li> <li>• Anfällig auf Mehrfachdetektion eines Fahrzeugs</li> <li>• Geringe Wiedererkennungsrate bei Signature und Platoon Matching</li> </ul>
Extern	Chancen	Gefahren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzpotenzial steigt, wenn die Gerätekosten im Vergleich zu anderen Technologien abnehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>

#### a) Stärken

Magnetometer sind relativ genau in der Detektion und haben bei guter Witterung im Vergleich beispielsweise zu Induktionsschleifen nur geringe Anteile von Falschzählungen. Hinzu kommt, dass Erhebungen relativ günstig durchzuführen sind und der Datenschutz keine Probleme bietet.

#### b) Schwächen

Demgegenüber steht der Nachteil, dass die Zählgenauigkeit von den Witterungsverhältnissen beeinflusst wird. Ebenfalls sind mögliche Mehrfachdetektionen oder Falschdetektionen bei mehrstreifigen Messquerschnitten eine Schwäche der Technologie.

Gemäss Medina et al. (2011) beeinflusst der Verkehr auf Nachbarspuren das Messergebnis. In der Studie wurde festgestellt, dass auf einem Highway in den USA die Detektionsrate von Fahrzeugen bei 95% liegt, wobei weniger als 2% falsch gezählt wurden. Die Abweichung zur Induktionsschleife lag bei ca. 1%. Bei Versuchen an einem Knoten haben Medina et al. (2011) bei gutem Wetter eine Falschdetektion von 6% bis 8% festgestellt, während bei Schnee der Fehler bei 8% bis 15% lag.

Wang et al. (2014a) haben in einem stark belasteten städtischen Netz von ca. 1.6 km Länge eine Abweichung der Reisezeit mittels Platoon und Signature Matching mit Magnetometer zur Reisezeitmessung mittels Automatischer Kontrollschilderfassung von ca. 25 bis 40s gemessen. Ernst et al. (2011) haben bei einem Signature Matching Versuch eine Wiedererkennungsrate von 65% erreicht.

#### c) Chancen

Magnetometer bleibt im Verhältnis zu anderen Technologien kostengünstig.

#### d) Gefahren

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

### 4.3.11 Glasfaserkabel

	Positiv	Negativ
Intern	<b>Stärken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr zuverlässig (auch bei schlechtem Wetter)</li> <li>• Hohe Genauigkeit bei Fuss- und Velowegen</li> <li>• Gute Erkennung bei Strassen mit wenig PW/LW-Verkehr</li> <li>• Richtungsgetrennte Detektion</li> <li>• Unterscheidung von Fussgängern und Velofahrern</li> </ul>	<b>Schwächen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Fehleranfälligkeit auf Abschnitten mit hohem Aufkommen an motorisiertem Verkehr</li> </ul>
Extern	<b>Chancen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachsender Stellenwert des Langsamverkehrs benötigt zuverlässige Erhebungstechnologien für den Veloverkehr</li> </ul>	<b>Gefahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>

#### a) Stärken

Lichtwellen (durch ein Glasfaserkabel) haben ihre Stärken insbesondere bei der Zählung des Veloverkehrs, wo sie eine hohe Genauigkeit, insbesondere auch bei schlechter Witterung, aufweisen. Velofahrten werden richtungsgetrennt detektiert.

#### b) Schwächen

Hingegen kann die Methodik keine Routen nachvollziehen. Die Anzahl der detektierten Fahrzeugkategorien ist darüber hinaus gering. Problematisch ist die Anfälligkeit für Fehler bei Zählungen an Stellen mit hohem MIV-Anteil. Zusätzlich ist eine externe Stromzufuhr nötig. Infolge der Verlegung im Boden ist kein mobiler Einsatz möglich.

Der Messfehler wird durch die Funktionsfähigkeit des Detektors bestimmt. Bei Radwegen liegt die Messgenauigkeit gemäss Rechsteiner (2014) bei ca. 98%. Auch auf Strassen mit wenig PW und LW ist die Erkennung von Fahrrädern gut. Auf Strassen mit einer höheren PW- und LW-Belastung wird eine höhere Fehlerquote vermutet.

#### c) Chancen

Es ist anzunehmen, dass der wachsende Stellenwert des Langsamverkehrs eine erhöhte Nachfrage nach spezifischen Erhebungsmethoden für Veloverkehr auslöst und eine Chance für die Erhebung mittels Lichtwellentechnologie darstellt.

#### d) Gefahren

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

### 4.3.12 Personenzählmatte

	Positiv	Negativ
Intern	<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Eignung für Zählung von Fussgängern</li> <li>• Leicht und einfach transportierbar</li> <li>• Anpassung an örtliche Gegebenheiten</li> <li>• Drahtlose Übermittlung der Daten an Auswerteeinheit</li> <li>• Eignung sowohl für Innen- als auch für Aussenräume</li> <li>• Datenschutz gewährleistet</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur Erfassung von Querschnitten möglich</li> </ul>
Extern	<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachsender Stellenwert des Langsamverkehr benötigt zuverlässige Erhebungstechnologien für den Fussverkehr</li> </ul>	<p><b>Gefahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, günstiger und zuverlässiger sind</li> </ul>

#### a) Stärken

Personenzählmatte sind vor allem für die Zählung von Fussgängern geeignet. Die Erfassung von weiteren Kategorien ist nicht möglich. Ihre Stärken liegen in der einfachen Handhabung und der guten Anpassungsfähigkeit an örtliche Gegebenheiten.

#### b) Schwächen

Mit der Personenzählmatte ist nur die Erfassung an einem Querschnitt möglich. Es können keine Routen o.ä. erfasst werden.

Gemäss EcoCounter (2014a) liegt die Detektionsrate bei 95%. Grundsätzlich können an einem Messstandort während einer Erhebung alle Personen erfasst werden, welche den Standort passieren.

#### c) Chancen

Es ist anzunehmen, dass der wachsende Stellenwert des Langsamverkehrs eine erhöhte Nachfrage nach spezifischen Erhebungsmethoden für den Fussverkehr auslöst und eine Chance für Erhebungen mittels Personenzählmatte darstellt.

#### d) Gefahren

Eventuell Ablösung durch andere Technologien, welche flexibler einsetzbar, genauer und kostengünstiger sind.

### 4.3.13 Synopsis

Tabelle 17: Synopsis der in der SWOT-Analyse festgestellten Anwendungspotenziale

Methoden	Eignung für Anwendung in...				
	Grundlagen/ Instrumente	Planung	Bau- und Unterhalt	Betrieb	Monitoring / Controlling
GPS-unterstützte Mobilitätshebung	●●●	●●	●	●●	●●
Floating Car Data	●●	●●	●	●●	●●
Floating Phone Data	●●	●●	●	●●	●●
Big Data	●●●	●	●	●	●●
Wi-Fi	●●	●	●	●●	●●
Bluetooth	●●	●	●	●●	●●
Radio Frequency Identification (RFID)	●●	●	●	●●	●●
Smart Card / Near Field Communication	●●	●●	●	●●	●●
Barcode	●	●●	●	●	●
Digitales Foto/Video	●●	●	●●	●●	●●
Automatische Kontroll- schilderfassung	●●	●●	●	●●	●●
Passives Infrarot	●	●	●	●	●●
Laser	●	●	●	●	●
Ultraschall	●	●	●	●	●
Radiowellen	●	●	●	●	●
Magnetometer	●	●	●	●	●
Lichtwellen (Glasfaserkabel)	●	●●	●	●	●
Personenzählmatten	●	●●	●	●	●

Legende: ● geeignet    ●● gut geeignet    ●●● sehr gut geeignet



Die **SWOT-Analyse** hatte zum Ziel, die Anwendungspotenziale der Methoden zur Datenerhebung abzuschätzen, deren Wettbewerbsvorteile im Vergleich zu herkömmlichen Technologien darzustellen sowie Herausforderungen bzw. Probleme der einzelnen Technologien zu identifizieren. Die Informationen zu den Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren dienen dazu, das Profil der einzelnen Methoden im Hinblick auf ihr Anwendungspotenzial zu schärfen.

Als Ergebnis zeigt sich hinsichtlich des Anwendungspotenzials der analysierten Methoden ein heterogenes Bild. Wie zu erwarten, kann keine neue Datenerhebungsmethode alle oder eine Vielzahl herkömmlicher Anwendungen ersetzen. Vielmehr verfügt jede der neuen Methoden über spezifische Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren. Es zeigt sich aber, dass einige Anwendungen innovativer Technologien über einen Vorsprung gegenüber anderen verfügen. Als **Stärken** zeigen sich wiederholt die schnelle Datenverfügbarkeit und die Vollständigkeit der erhobenen Daten. Zusätzlich sind die Methoden oft im Betrieb kostengünstiger. Dies gilt insbesondere hinsichtlich ihrer universellen Einsetzbarkeit in den Bereichen der Verkehrssteuerung, Verkehrsstatistik und Verkehrsforschung. Insbesondere sind hier Bluetooth oder GPS-basierte Erhebungen sowie generell Big Data zu nennen. Über wiederum andere Methoden liegen teilweise noch zu wenige aussagekräftige Erfahrungen beim Einsatz vor.

Die Analyse zeigt, dass die untersuchten Methoden auch **Schwächen** haben. Zu erwähnen ist vor allem der oft hohe Aufwand für Auswertungen und Nachbearbeitungen. Welcher erforderlich ist, um die Daten nutzbar zu machen. Zudem leidet bei einigen Methoden z.B. infolge Abschattungen und Verdeckungen oder wegen ausgeschalteter Geräte die Qualität der erhobenen Daten.

Allgemein als **Chancen** für eine zukünftig verbreitete Anwendung ist die zu erwartende zunehmende Durchdringungsrate der für die Erhebungen erforderlichen Instrumente zu kennen. Dies betrifft insbesondere geeignete Endgeräte (z.B. Smartphones für Mobilitätspanels), aber auch die geplante Umsetzung verschiedener Anwendungen (Swiss Pass als Smart Card). Zahlreiche der untersuchten Methoden benötigen enormen Speicherplatz (Foto Video, Big Data), welcher in Zukunft, voraussichtlich noch kostengünstiger bereitgestellt werden kann.

Der **Datenschutz** erweist sich bei zahlreichen Methoden als grosse **Gefahr**, da viele der untersuchten Anwendungen Rückschlüsse auf räumliche Bewegungen von Individuen (anders als Fahrzeugbewegungen) erlauben. Dies betrifft insbesondere Big Data Anwendungen, die ansonsten ein sehr grosses Anwendungspotenzial besitzen, aber auch GPS-unterstützte Erhebungen, Kontrollschilderfassung und generell Videoaufnahmen. Zudem sind die erreichbaren Datenqualitäten einzelner Methoden (Ultraschall, Laser, Magnetometer) aktuell noch wenig dokumentiert.

Für den Einsatz in der **Verkehrssteuerung** wurden in der Vergangenheit zahlreiche Datenerfassungsmethoden erprobt, gleichzeitig aber nur ausgewählte in den Regeleinsatz überführt. Das grösste Potenzial versprechen Anwendungen, die Informationen mit hoher Aktualität und ohne Nachbearbeitung bereitzustellen vermögen. Vor allem Erhebungen mittels Floating Car Data, Floating Phone Data sowie Erhebung mittels Digitalen Fotos oder Videos werden seit mehreren Jahren erprobt bzw. im Regelbetrieb angewendet, um für adaptive Steuerungsverfahren historische Ganglinien nachzuzeichnen. Für die adaptive Verkehrssteuerung besitzen vor allem Digitale Fotos und Videos ein hohes Anwendungspotenzial. Dies einerseits infolge der direkten Übertragung der Verkehrssituation sowie zusätzlicher Möglichkeiten, wie der Zählung von Fahrzeugen und der Ableitung von Rückstaulängen an Knoten.

Für die **Verkehrsstatistik** stehen auf den ersten Blick zahlreiche neue Erhebungsmethoden zusätzlich zu den etablierten Methoden (Dopplerradar, Induktionsschleifen) zur Verfügung. Sie eröffnen Möglichkeiten zur effizienten Erfassung nicht nur von Querschnittsdaten, sondern auch für die Abbildung von Routen und die Ermittlung von Reisezeiten auf bestimmten Abschnitten. Diesbezüglich verfügen insbesondere die automatische Kontrollschilderfassung, Digitales Foto/Video und Bluetooth ein hohes Anwendungspotenzial. Auch die Bluetooth-Technologie ist hier hervorzuheben, wie einige Anwendungen

in der Schweiz belegen. Für den Langsamverkehr sind Erhebungen mittels Glasfaserkabel und Personenzählmatten möglich, deren Einsatz mit der zunehmenden verkehrspolitischen Bedeutung des Langsamverkehrs in Zukunft noch relevanter werden wird.

Für die **Verkehrsforschung** liefern vor allem Big Data Anwendungen sowie GPS-unterstützte Erhebungen qualitativ wie quantitativ eine Vielzahl zusätzlicher Informationen. Beide besitzen für diese Zwecke das wohl grösste Anwendungspotenzial. Smart-Cards und RFID-Identifizierung erlauben ebenfalls umfangreiche Analysen für die Verkehrsforschung, da sie auch die Routenwahl zu berücksichtigen vermögen. Beide sind allerdings auf einem geographisch begrenzten Raum und meistens noch auf ein spezifisches Verkehrssystem (z.B. öffentlicher Verkehr) limitiert. Ihr Vorteil ist allerdings, dass infolge des geschlossenen Systems die Stichprobengrösse im Verhältnis zur Grundgesamtheit bekannt ist sowie möglicherweise zusätzliche demographische und sozio-ökonomische Merkmale der Individuen bekannt sind. Gleichzeitig lassen sich die damit gewonnenen Daten mit relativ geringem Aufwand in Verkehrsmodelle implementieren. Sowohl Big Data als auch GPS-unterstützte Erhebungen ermöglichen eine bessere Qualität der Bewegungsprofile gegenüber herkömmlichen Panels. Big Data erlaubt die Erfassung sehr grosser Stichproben über grosse geographische Bereiche und über lange Zeiträume. Es liefert damit zusätzlich durch den erheblichen Umfang der Datensätze spezifisch ableitbare Informationen über Routenwahl und Aktionsradien. Weiterhin ermöglicht die Aufzeichnung von individuellen Bewegungen eine verkehrsmittelunabhängige Erfassung. Falls nötig können zusätzliche Befragungen qualitative Aspekte über die Fälle anfügen, vertiefen oder verifizieren. Zusätzlich ist von Vorteil, dass Speicherplatz zukünftig zu noch geringeren Kosten bereitgestellt werden kann. Für die flächendeckende Anwendung der beiden Methoden für die Verkehrsforschung wird entscheidend sein, in wie weit die Auswertung zuverlässiger und einfacher gestaltet werden kann. Dies betrifft im Wesentlichen die Thematik der Zuschreibung von Bewegungen zu spezifischen Personen, vor allem aber zu Verkehrsmitteln sowie Aktivitäten. Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass hierfür in naher Zukunft weitere signifikante Fortschritte zu erwarten sind.

## 5 Anforderungen aus planerischer Sicht

### 5.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an künftige Mobilitäts- und Verkehrserhebungen aus planerischer Sicht erarbeitet. Dazu wird zuerst der generelle Ablauf einer Mobilitäts- oder Verkehrserhebung dargestellt. Anschliessend werden die Themenbereiche festgelegt, für welche Anforderungen definiert werden sollen. Gestützt auf die identifizierten Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten (Kapitel 2) und die Anwendungspotenziale neuer Technologien (Kapitel 4) werden konkrete Anforderungen an zukünftige Mobilitäts- und Verkehrserhebungen formuliert. Die von der Forschungsstelle identifizierten Anforderungen wurden in einem Expertenworkshop diskutiert, verifiziert und ergänzt.

#### 5.1.1 Generelles Vorgehen bei der Planung einer Mobilitäts- und Verkehrserhebung

Das generelle Vorgehen bei einer Mobilitäts- und Verkehrserhebung ist in der folgenden Abbildung dargestellt (nach VSS, 1988, ergänzt).

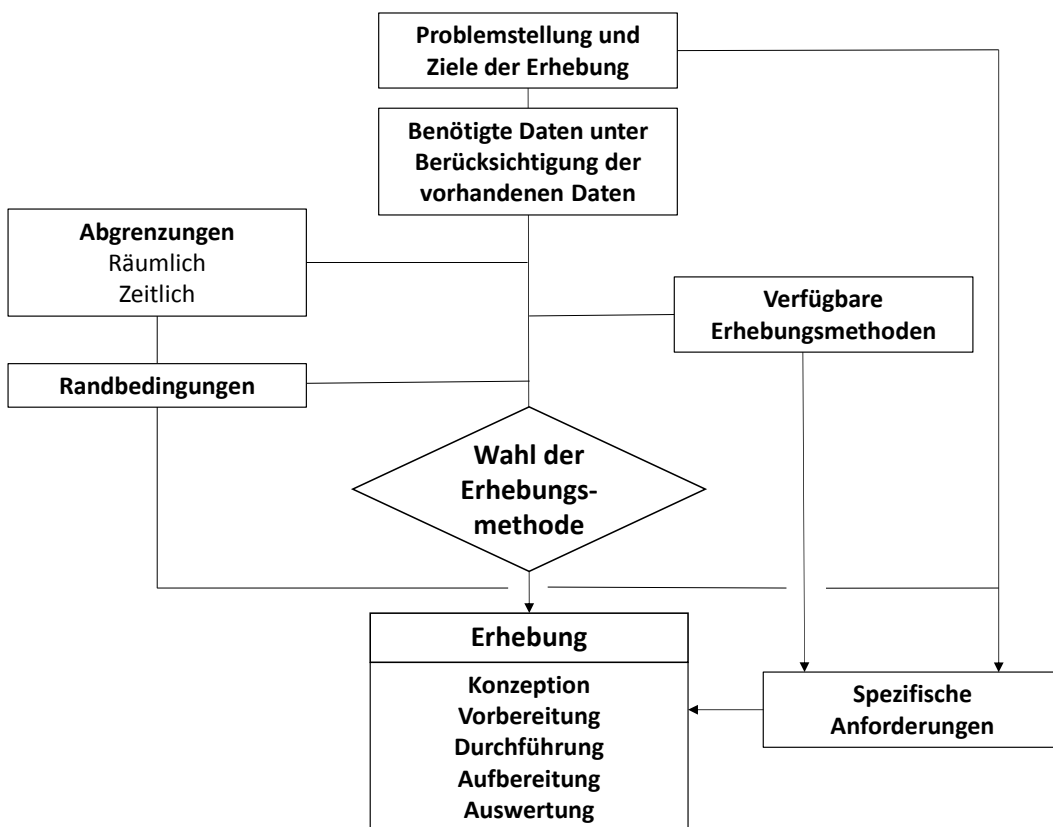


Abbildung 4: Generelles Vorgehen bei einer Mobilitäts- und Verkehrserhebung

Gestützt auf die Problemstellung und die Ziele der Erhebung werden unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Daten die zusätzlich benötigten Daten identifiziert. Unter Beachtung der Systemabgrenzungen und der Randbedingungen wird aus den verfügbaren Methoden die geeignete oder eine Kombination geeigneter Methoden ausgewählt.

Wichtige Kriterien für die Wahl der Erhebungsmethode sind neben den zu erhebenden Kennwerten die zu erreichende Qualität und der benötigte Aufwand (Zeit, Personal, Kosten).

Für die Konzeption, Vorbereitung und Durchführung der Erhebung sowie für die Aufbereitung und Auswertung der erhobenen Daten sind die spezifischen Anforderungen zu beachten, welche sich aus den Zielen der Erhebung ergeben.

Das skizzierte generelle Vorgehen gilt sowohl für herkömmliche als auch für neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden.

### 5.1.2 Formulierung von Anforderungen

Bei der Konzeption und Durchführung von Zählungen, Messungen und Befragungen für eine bestimmte Planungsaufgabe gilt es zahlreiche Anforderungen zu berücksichtigen. Diese Anforderungen an herkömmliche und neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden decken verschiedene Bereiche ab (bast, 2010; FGSV, 2012; Widmer et al., 2015):

- Anforderungen an die Datenqualität
- Anforderungen an die Zugänglichkeit und Klarheit der Daten
- Anforderungen an den Datenschutz
- Anforderungen bezüglich Erhebungs-, Aufbereitungs- und Publikationsaufwand
- Anforderungen an die Ausgestaltung der Erhebung
- Anforderungen an die Vorbereitung und Durchführung der Erhebung
- Anforderungen an die Datenaufbereitung und -hochrechnung
- Anforderungen an die Dokumentation und Archivierung der Daten
- Anforderungen an den Geräteeinsatz
- Anforderungen an den Personaleinsatz.

Die Anforderungen an Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sind von der Problemstellung und den Zielen der Erhebung abhängig. Sehr wichtig ist eine dem Erhebungsziel angemessene Qualität der erhobenen Daten. Diese sollte möglichst effizient, das heisst mit möglichst geringen Kosten, erreicht werden. Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wird aufgezeigt, welche spezifischen Anforderungen an neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden zu stellen sind.

### 5.1.3 Anforderungen aus den Experteninterviews

Im Rahmen der Experteninterviews und des Workshops (vgl. Kapitel 2) wurden die Experten auch nach den Anforderungen, welche sie an neue Mobilitäts- bzw. Transporterhebungen, stellen, befragt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 18: In den Experteninterviews genannte Anforderungen (mit Ergänzungen aus dem Workshop)

	Nationale Erhebungen	Regionale Erhebungen	Lokale Erhebungen
Relevanz <sup>15</sup> /Vollständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontinuität mit bisherigen Erhebungen / Vergleichbarkeit</li> <li>• Kompatibilität mit methodischen Konzepten / nationalen Statistiken</li> <li>• Schweizweite Einsetzbarkeit</li> <li>• Hohe räumliche Abdeckung</li> <li>• Verknüpfbarkeit mit anderen Daten</li> <li>• Repräsentativität</li> <li>• Disaggregierbarkeit</li> <li>• Zusätzliche Kennwerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breiter Einsatz (Generierung von Daten für zusätzliche Indikatoren)</li> <li>• Bessere Erhebung von effektiven Verhaltensänderungen</li> <li>• Kontinuierliche Mobilitätshebungen</li> <li>• Flächendeckende Anwendung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Flexibilität bezüglich Einsatzzweck (möglichst viele verschiedene Kennwerte, für verschiedene Verkehrsmittel)</li> <li>• Möglichkeit von Sekundäranalysen (ex post)</li> <li>• Generierung von zusätzlichen Daten (insb. Verhaltensdaten)</li> </ul>
Genauigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Qualität / Messgenauigkeit</li> <li>• Verlustfreie Datenübertragung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Zuverlässigkeit (hohe Erfassungsrate, techn. Verfügbarkeit)</li> <li>• Einhaltung Genauigkeitsanforderungen</li> <li>• Repräsentative Ergebnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valide Zählergebnisse / Zuverlässige Kennwerte</li> <li>• Verbesserung Datenqualität</li> <li>• Hohe Betriebszuverlässigkeit</li> <li>• Interpretationssicherheit</li> <li>• Robustheit / Vandalenresistenz der Geräte</li> </ul>
Effizienz/ Aufwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Eigendiagnostik (bez. Fehlererkennung)</li> <li>• Fernwartungsmöglichkeit</li> <li>• Integrierte Aufbereitung</li> <li>• Geringer Nachbearbeitungsaufwand</li> <li>• Behinderungsfreie Einrichtung / Wartung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertretbare Investitionskosten</li> <li>• Vertretbare Betriebskosten</li> <li>• Selbstdiagnosefähigkeit (bez. Fehlererkennung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Gutes Kosten / Nutzen-Verhältnis</li> <li>• Automatisierte Aufbereitung / Auswertung</li> </ul>
Zugänglichkeit/Klarheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation der Stärken und Schwächen einer Technologie</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saubere Dokumentation und Archivierung</li> <li>• Techn. Anforderungen gemeinsam formulieren</li> </ul>
Aktualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rasche zeitliche Verfügbarkeit der Ergebnisse</li> </ul>		
Datenschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewährleistung Datenschutz (insbes. auch bei geokodierten Daten und Verwendung von Rohdaten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung Datenschutzbestimmungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung Datenschutz</li> <li>• Open Government Data-fähig</li> </ul>
Weitere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Abhängigkeit von Lieferanten</li> <li>• Nutzung von Unternehmensdaten wäre zweckmässig</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partnerschaftliche Finanzierung</li> <li>• Referenzbeispiele (erfolgreiche Erhebungen)</li> </ul>

<sup>15</sup> Gemäss bast (2010) werden unter Relevanz u.a. die Nutzerzufriedenheit bzw. die Rate der Verfügbarkeit von Daten verstanden. Je mehr für die Beantwortung der anstehenden Fragestellungen benötigte und von den späteren Nutzern geforderte Daten vorliegen, desto höher ist die Relevanz.

Die in den Experteninterviews genannten Anforderungen für Erhebungen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene sind vergleichbar. Die Unterschiede sind gering.

**Relevanz/Vollständigkeit:** Neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sollen möglichst viele und vor allem auch zusätzlich Daten und Kennwerte liefern. Sie sollen eine bessere und kontinuierliche Erfassung von Veränderungen im Mobilitätsverhalten ermöglichen (höhere Erfassungsrate). Aus nationaler Sicht – im Vordergrund stehen hier Statistiken und periodische grosse Erhebungen (wie der MZMV oder Erhebungen des alpenquerenden Güterverkehrs) – sind vor allem die Vergleichbarkeit mit bisherigen Erhebungen, die schweizweite Einsetzbarkeit und die Kompatibilität mit den bestehenden methodischen Konzepten wichtig. Wichtig sind auch die Repräsentativität (sowohl für die gesamte Schweizer Wohnbevölkerung als auch für Teilgebiete wie etwa Kantone). Die Daten sollten zudem disaggregierbar sein.

**Genauigkeit:** Im Vordergrund stehen die Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen (möglichst hohe Richtigkeit und Präzision) der erhobenen Kennwerte und die Aussagekraft der Ergebnisse. Neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sollen die Genauigkeit gegenüber den etablierten Methoden verbessern. Dazu beitragen sollen auch eine hohe technische Verfügbarkeit, Vandalen-Resistenz der eingesetzten Technologien und eine verlustfreie Datenübertragung.

**Effizienz/Aufwand:** Neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sollen wirtschaftlich sein, vertretbare Investitions- und Betriebskosten haben und ein gutes Kosten-Nutzenverhältnis aufweisen. Zu einer hohen Effizienz sollen auch eine Eigendiagnostik der eingesetzten Systeme (bez. Fehlererkennung), eine automatisierte Aufbereitung/Auswertung der Daten sowie eine Fernwartungsmöglichkeit beitragen. Zusätzlich ist eine verkehrsbehinderungsfreie Einrichtung und Wartung (z.B. für Querschnittszählungen) erwünscht.

**Zugänglichkeit und Klarheit:** Aufgrund der umfangreichen Datenmengen, welche mit neuen Erhebungsmethoden gewonnen werden können, wird eine saubere Dokumentation und Archivierung gefordert. Mess- und Hochrechnungsverfahren sollten verständlich und nachvollziehbar erläutert sein (keine "Black Boxes").

**Aktualität:** Grössere nationale Mobilitäts- und Verkehrserhebungen (MZMV, Güterverkehrserhebungen) erfordern einen erheblichen Aufbereitungs-, Auswertungs- und Hochrechnungsaufwand. Vom Erhebungsende bis zur Publikation der Ergebnisse können 1 bis 2 Jahre verstreichen. Neue Erhebungsmethoden sollen dazu beitragen, dass die Ergebnisse rascher verfügbar sind.

**Datenschutz:** Die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen ist auf allen drei Ebenen ein zentrales Anliegen. Die Anliegen des Datenschutzes können besonders im Falle geokodierter Daten herausfordernd sein.

**Weitere:** Als weitere Anforderungen wurden u.a. eine geringe Abhängigkeit von Geräte-Lieferanten und eine partnerschaftliche Finanzierung genannt.

## 5.2 Spezifische Anforderungen an neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden

### 5.2.1 Strukturierung der Anforderungen

Die Erfüllung der Anforderungen soll dazu beitragen, dass bei der Erhebung eine angemessene Datenqualität möglichst effizient erreicht wird. Zudem sollen sie den Datenschutz und die Transparenz sicherstellen. Dies trägt auch dazu bei, dass die Schwächen und Gefahren der Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden (vgl. Kapitel 4) reduziert werden. Für die Strukturierung der Anforderungen wurden fünf Themenbereiche gewählt:

- Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität
- Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz
- Anforderungen zur Verbesserung der Transparenz
- Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes
- Anforderungen an die Dokumentation und Archivierung

Die Anforderungen wurden zudem auch den Phasen einer Erhebung – von der Konzeption bis zur Auswertung – zugewiesen.

Im Expertenworkshop wurden die von der Forschungsstelle formulierten Anforderungen diskutiert, verifiziert und ergänzt.

Im Folgenden werden die Anforderungen an neue Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden dargestellt. Teilweise sind diese für eine oder mehrere Erhebungsmethoden identisch.

### 5.2.2 GPS-unterstützte Mobilitätserhebungen

Bei GPS-unterstützten Mobilitätserhebungen kommen GPS-Logger und Smartphones zum Einsatz (vgl. Kapitel 3). Es handelt sich häufig um personenbezogene und nicht um fahrzeugbezogene Erhebungen. Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Ort, Zeit, Routen, Reisezeiten, Geschwindigkeiten.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 sowie unter Einbezug weiterer Quellen (bast, 2010; FGSV, 2012; bmvit, 2011) wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

Tabelle 19: Spezifische Anforderungen bei GPS-unterstützten Mobilitätserhebungen

Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
Sicherstellung sachgemäße Bedienung der Geräte		X	X		
Berücksichtigung und Vermeidung von Empfangsproblemen durch Abschattung	X	X	X		
Sicherstellung repräsentatives Sample (unter Einrechnung von Datenlücken, Ausfällen)	X				
Sicherstellung ausreichende Energieversorgung (insbesondere bei Smartphones)	X	X	X		
Testanwendungen mit Prüfung der korrekten Zuweisung der Datenpunkte auf Verkehrsnetze und -mittel	X	X			
Berücksichtigung Stichprobenfehler (insb. bei Smartphones und Navigationsgeräten, Verzerrung der Stichprobe)	X	X			X
Durchführen von Funktionstests	X	X			
Korrekte Positionsbestimmung (Zeitintervall, Exaktheit Positionsbestimmung)	X	X			
Stärkung des Vertrauens der Probanden (um das Abschalten der Geräte im Falle problematischer Wegziele zu verhindern)		X			
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X		X	X
Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsnetzen/Verkehrsmitteln	X	X		X	X
Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung	X	X		X	X
Erkennung und Umgang mit Ausfällen von Geräten vorsehen	X	X			
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Erfassungsraten und Anzahl Messungen (inkl. Zeitdauer, Zeitpunkt)	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zur Erhebungstechnologie (wer kann erhoben werden, wie, Abdeckungsgrad)	X				
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu vorgenommenen Plausibilitätsprüfungen	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Datenbereinigungen und -korrekturen	X			X	
Bereitstellung von Angaben zur Genauigkeit der erfassten Daten	X				X
Bereitstellung von Informationen zum Datenschutz	X	X			X
Offenlegung von Fehlerquellen (Stichprobe, Erfassung, etc.)	X			X	X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung	X			X	
Ausschliessliche Verwendung der Daten für festgelegten Erhebungszweck	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Verarbeitung und anonymisierte Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist	X			X	
Zweckmässige Kommunikation über Erhebung (je nach Akteurgruppe)	X	X			
Teilweise Sicherstellung höherer Anforderungen als Datenschutzgesetz (Akzeptanz)	X	X	X	X	
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung (insbesondere Datenqualität, Transparenz)	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorgehens zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von Rohdaten und von korrigierten Daten (inkl. Sicherungskopien)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten Datenbank- und Softwaresystemen	X				
Dokumentation welche Daten wie verfügbar sind	X				X

## Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität spielen insbesondere ein korrekter Geräteeinsatz und ein zuverlässiger Gerätebetrieb eine wesentliche Rolle. In Fällen, bei denen die Geräte nicht an ein repräsentatives Sample verteilt werden und Hochrechnungen auf die Gesamtbevölkerung erfolgen, ist die Verzerrung der Stichprobe zu beachten. Testanwendungen können einen Beitrag leisten, Probleme der Erhebung, Aufbereitung und Hochrechnung frühzeitig zu erkennen und Gegenmassnahmen vorzusehen. Anspruchsvoll ist die Zuweisung von Datenpunkten zu Verkehrsnetzen und -mitteln. GPS-unterstützte Erhebungen können auch genutzt werden, um die Erhebungsergebnisse von Befragungen zu plausibilisieren.
- Für eine hohe Effizienz spielen leistungsfähige Prüf- und Zuordnungsroutinen (Verkehrsnetze, -mittel) eine wichtige Rolle. Geräteausfälle sollten unmittelbar erkannt und frühzeitig Imputationsstrategien für fehlende Daten entwickelt werden. Für eine hohe Effizienz ist eine ausreichende Leistung der Hardware wichtig.
- Für eine hohe Transparenz sind umfassende Informationen zu Erhebungstechnologie, Messungen und Erfassungsraten bereitzustellen. Benötigt werden auch Informationen zu Verfahren für Hochrechnungen, Datenbereinigungen und Plausibilitätsprüfungen sowie Angaben zur Genauigkeit der erfassten bzw. hochgerechneten Daten (inkl. mögliche Fehlerquellen).
- Für die Einhaltung des Datenschutzes bestehen bei GPS-unterstützten Erhebungen erhöhte Anforderungen, da z.T. Personendaten georeferenziert erfasst werden. Dies gilt insbesondere bei der Kombination mit einer Befragung (aktives Design, sensible



- Standorte). Die Anforderungen umfassen insbesondere die Anonymisierung der erhobenen Daten und der vertrauliche Umgang mit den erhobenen Daten, welcher den Zugriff nicht autorisierter Personen ausschliesst. Die Anforderungen an den Datenschutz sollten mit dem Datenschutzgesetz und dem für den Auftrag zuständigen Datenschutzbeauftragten (z.B. kantonaler Datenschutzbeauftragter) abgestimmt werden.
- Für eine gute Dokumentation und Archivierung braucht es eine umfassende Dokumentation über alle Erhebungsphasen und über die verfügbaren Daten. Weiter sind die Datensicherheit und je nach Erhebungszweck auch der langjährige Datenzugang sicherzustellen.

### 5.2.3 Floating Car Data

Beim Floating Car Data (FCD) werden die Fahrzeugposition und die Zeit mit GPS-Loggern oder Navigationsgeräten erfasst und mittels Mobilfunk an eine Zentrale übermittelt oder manuell ausgelesen (vgl. Kapitel 3). Erhobene resp. ableitbare Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Ort, Zeit, Routen, Reisezeiten, Geschwindigkeiten, Rückstaulängen, Wartezeiten. Je nach den im Fahrzeug eingebauten Systemen können auch Fahrzeugdaten (Fz-Typ, Treibstoffverbrauch, etc.) und Umfelddaten (Regen, Sichtweiten, etc.) erfasst werden. Weiter können auch Nutzungsdauern und Geschwindigkeitsprofile erfasst werden.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 sowie unter Einbezug weiterer Quellen (bast, 2010; FGSV, 2012; bmvit, 2011) wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

Tabelle 20: Spezifische Anforderungen bei Floating Car Data

Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
Sicherstellung ausreichender Erfassungsgrad	X	X	X		
Berücksichtigung und Vermeidung von Kommunikationsproblemen durch Abschattung	X	X	X		
Geeignete Algorithmen zur Erkennung und Korrektur von Signalverlusten, Abschattung, Stillständen	X	X			
Sicherstellung korrekte Bedienung Geräte (wenn separate Logger eingesetzt werden)			X		
Berücksichtigung Stichprobenfehler ( Verzerrung der Stichprobe)	X			X	X
Korrekte Zuordnung zu Fahrzeugkategorien	X				X
Erstellung eines Konzeptes für den Einbau der Geräte (wenn nicht fix installiert)	X	X			
Feinere Segmentierung als Streckenabschnitte zwischen Knoten	X			X	X
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X			X
Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung	X			X	X
Leistungsfähige Algorithmen zur Störungserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung)	X	X		X	X
Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen)	X	X	X		
Rasche Erkennung Geräteausfall			X		
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben, Erfassungsraten und Anzahl Messungen	X			X	X
Bereitstellung von Informationen zur Erhebungstechnologie (wer kann erhoben werden, wie, Abdeckungsgrad)	X				
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren	X	X			
Bereitstellung von Informationen zu vorgenommenen Plausibilitätsprüfungen	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Datenbereinigungen und -korrekturen	X			X	
Bereitstellung von Angaben zur Genauigkeit der erfassten Daten	X				X
Offenlegung von Fehlerquellen (Stichprobe, Erfassung, etc.)	X				X
Informationen zum Datenschutz	X				X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung	X			X	
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Verarbeitung und Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist	X			X	
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von Rohdaten und von korrigierten Daten (inkl. entspr. Sicherungskopien)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten Datenbank- und Softwaresystemen	X				
Dokumentation welche Daten wie verfügbar sind	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität sind ein korrekter Geräteeinsatz und ein zuverlässiger Gerätebetrieb Voraussetzung. Zudem ist ein ausreichender Erfassungsgrad (ausreichende Anzahl FCD-Fahrzeuge) erforderlich. Für Erhebungen zum individuellen Mobilitätsverhalten ist auch die Stichprobenverzerrung zu beachten. Für eine zuverlässige Stauerkennung braucht es eine relativ feine Segmentierung des Verkehrsnetzes.
- Für eine hohe Effizienz spielen leistungsfähige Prüfroutinen und eine rasche Störungserkennung eine wichtige Rolle. Für die Übermittlung grosser Datenmengen braucht es eine leistungsfähige Datenübertragung.
- Für eine hohe Transparenz, die Einhaltung des Datenschutzes sowie die Dokumentation und Archivierung gelten die gleichen Anforderungen wie bei GPS gestützten Mobilitätshebungen.

## 5.2.4 Floating Phone Data

Bei der Floating Phone Data (FPD) Methode werden die Positionen von Mobilfunktelefonen ermittelt und an eine Zentrale gesendet (vgl. Kap. 3). Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Ort, Zeit, Routen, Reisezeiten, Geschwindigkeiten und Routenwahl.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 sowie unter Einbezug weiterer Quellen (bast, 2010; FGSV, 2012; bmvit, 2011) wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

Tabelle 21: Spezifische Anforderungen bei Floating Phone Data

	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität</b>					
Sicherstellung ausreichender Genauigkeit der Positionsangaben	X	X	X		
Geeignete Algorithmen zur Erkennung und Korrektur von Signalverlusten, Abschattung, Stillständen	X	X			
Massnahmen zur Vermeidung von Funklöchern	X	X			
Validierung mit Referenzquellen erforderlich (für das System, im Ausnahmefall auch für die Erhebung)		X			
Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen zu Verkehrsmitteln	X	X		X	X
Stärkung des Vertrauens der Probanden (um Ausschalten zu verhindern)	X	X			
Berücksichtigung Stichprobenfehler ( Verzerrung der Stichprobe)	X	X			
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X		X	X
Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung	X			X	X
Erarbeitung von Zuordnungsroutinen zu Verkehrsmitteln und Verkehrsnetzen	X	X			
Leistungsfähige Algorithmen zur Störungserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung)	X	X		X	X
Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen)	X	X	X		
Rasche Erkennung Geräteausfall		X	X		
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben, Erfassungsraten und Anzahl Messungen	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zur Erhebungstechnologie (wer kann erhoben werden, wie, Abdeckungsgrad)	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu vorgenommenen Plausibilitätsprüfungen	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Datenbereinigungen und -korrekturen	X			X	X
Bereitstellung von Angaben zur Genauigkeit der erfassten Daten	X				X
Offenlegung von Fehlerquellen (Stichprobe, Erfassung, etc.)					X
Offenlegung Umgang mit der Veränderung der Mobiltelefon-ID	X			X	X
Informationen zum Datenschutz	X	X			X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung	X			X	
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Verarbeitung und Speicherung der der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist	X			X	
Löschung der App nach erfolgter Erhebung	X				X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von Rohdaten und von korrigierten Daten (inkl. Sicherungskopien)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten Datenbank- und Softwaresystemen	X				
Dokumentation welche Daten wie verfügbar sind	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität spielen insbesondere auch die Sicherstellung einer ausreichenden Genauigkeit der Positionsangaben und Massnahmen für die Vermeidung von Funklöchern eine wichtige Rolle. Eine Validierung mit Referenzquellen ist im Rahmen eines Testbetriebs vorzusehen.
- Für eine hohe Effizienz gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei Floating Car Data. Zusätzlich ist bei mehrtägigen Erhebungen anzugeben, wie mit Veränderungen der Mobiltelefon-ID umgegangen wird und wie das Ergebnis dadurch beeinflusst wird.

- Für eine hohe Transparenz, die Einhaltung des Datenschutzes sowie die Dokumentation und Archivierung gelten die gleichen Anforderungen wie bei GPS oder FCD gestützten Mobilitätshebungen.

## 5.2.5 Big Data

Mit "Big Data" werden Datenmengen bezeichnet, die bei Anwendungen anfallen, welche nicht primär die Erhebung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten zum Ziel haben (vgl. Kapitel 3). Es sind in der Regel grosse Datenmengen mit einer oft komplexen Struktur aus elektronischer Kommunikation (Mobilfunk, Facebook, Twitter etc.), aus Betriebsleitsystemen, aus Verkaufssystemen usw., aus denen sich mit geeigneten Daten-Analyse-Tools Informationen zum Mobilitäts- und Verkehrsverhalten gewinnen lassen.

Aufgrund der Vielfalt verschiedener Quellen und Anwendungen von Big Data ist es schwierig, allgemeingültige Anforderungen zu formulieren. Die folgende Tabelle enthält diesbezüglich generelle Hinweise.

Tabelle 22: Spezifische Anforderungen bei Big Data

Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
Stichprobenverzerrung berücksichtigen (je nach Kennwert)	X		X	X	
Genauigkeit von Zeitangaben verifizieren	X		X	X	
Genauigkeit von Ortsangaben verifizieren	X		X	X	
Plausibilisierung der Datenqualität (Vergleich mit externen Quellen)	X	X	X		
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X		X	X
Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln und Verkehrsnetzen	X	X		X	X
Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung	X	X		X	X
Effizientes und skalierbares Speichersystem für das Datenmanagement	X	X		X	X
Verwertungsmöglichkeit von polystrukturierten Daten	X			X	X
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben, Erfassungsraten und Anzahl Messungen	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zur Erhebungstechnologie (wer kann erhoben werden, wie, Abdeckungsgrad)	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu vorgenommenen Plausibilitätsprüfungen	X				X
Bereitstellung von Informationen zu Datenbereinigungen und -korrekturen	X			X	X
Bereitstellung von Angaben zur Genauigkeit der erfassten Daten	X				X
Offenlegung von Fehlerquellen (Stichprobe, Erfassung, etc.)					X
Informationen zum Erhebungszeitraum (Erhebungen oft kontinuierlich, Verwendung nur eines Ausschnitts)					X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung	X			X	
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Verarbeitung und Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist	X			X	
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation wie die Daten erhoben werden			X	X	X
Beschreibung der Vorgehens zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von Rohdaten und von korrigierten Daten (inkl. Sicherungskopien)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten Datenbank- und Softwaresystemen	X				
Dokumentation welche Daten wie verfügbar sind	X				X
Dokumentation der Hierarchie der Datenbanken und Zuordnungsschlüssel für das Zusammenführen von Daten	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine ausreichende Datenqualität sind die Genauigkeit von Orts- und Zeitangaben wichtig. Eine Stichprobenverzerrung ist je nach Datenquelle zu berücksichtigen. Eine Plausibilisierung der Datenqualität sollte mit externen Datenquellen erfolgen.
- Für eine hohe Effizienz spielen neben Prüfroutinen und Zuordnungsroutinen ein leistungsfähiges Speichersystem und die Verwertungsmöglichkeit von polystrukturierten Daten eine wichtige Rolle.
- Für eine hohe Transparenz gelten grundsätzlich dieselben Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden. Besonders wichtig bei Big Data ist die Angabe des

- Analysezeitraums und die Beschreibung der effektiv verwendeten Daten sowie der Ergebnisse der Plausibilisierung der Datenqualität.
- Für die Einhaltung des Datenschutzes gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.
  - Für die Dokumentation und Archivierung gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden. Zusätzlich braucht es auch einen Beschrieb der verwendeten Datenbanken und der Zuordnungsschlüssel.

## 5.2.6 Erfassung und Vergleich von ID-Codes

Bei dieser Methode werden ID-Codes von Geräten (auf Personen, in Fahrzeugen oder auf Gütern) geortet und zusammen mit dem Erfassungszeitpunkt registriert (vgl. Kapitel 3). Technologien dazu sind RFID, Barcode, NFC, Smart Cards, Wi-Fi und Bluetooth. Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Ort, Zeit, Routen, Reisezeiten und Geschwindigkeiten. Es kann auch die Häufigkeit der Nutzung einer Strecke oder eines Parkplatzes durch dasselbe Fahrzeug erfasst werden.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

*Tabelle 23: Spezifische Anforderungen bei der Erfassung und dem Vergleich von ID-Codes*

	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität</b>					
Lage der Detektoren prüfen und Funktionalität sicherstellen (Wi-Fi, Bluetooth)	X	X	(X)		
Detektierung und Ausfilterung von Permanentsignalen sicherstellen (Wi-Fi, Bluetooth)		(X)	X	X	
Filterung von Mehrfachmessungen sicherstellen (Wi-Fi, Bluetooth)		(X)	X	X	
Eichzählungen durchführen (Wi-Fi, Bluetooth, RFID)	X	X	X	X	X
Routinen zur Verkehrsmittelzuteilung	X	X	X	X	
Sicherstellung Energieversorgung (analog Foto/Video)	X	X			
Vorkehrungen gegen Vandalismus/Manipulation (analog Foto/Video)	X	X			
Sicherstellung Abdeckung des Untersuchungsgebietes	X	X			
Hohe Robustheit der Methode (mittel- und längerfristige Verfügbarkeit)	X	X			
Hohe Durchdringungsrate (Verbreitungsgrad)	X	X			
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X		(X)	(X)
Entwicklung allgemeingültige Algorithmen zur Datenauswertung (Wi-Fi, Bluetooth)	X			(X)	X
Detektoren-Netz für möglichst viele Erhebungen/Fragenstellungen konzipieren (Bluetooth)	X				
Einsatz mit zeitgemässer Technologie (IT-Infrastruktur)	X			X	X
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben, Erfassungsraten und Anzahl Messungen	X	(X)	X	X	X
Bereitstellung von Informationen zur Erhebungstechnologie (wer kann erhoben werden, wie, Abdeckungsgrad)	X			X	X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren (zeitlich, Strichprobe)	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu vorgenommenen Plausibilitätsprüfungen	X		(X)		X
Bereitstellung von Informationen zu Datenbereinigungen und -korrekturen	X			X	X
Bereitstellung von Angaben zur Richtigkeit der erfassten Daten	X				X
Offenlegung von Fehlerquellen (Stichprobe, Erfassung, Abdeckung des Untersuchungsgebietes etc.)					X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung	X			X	
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Verarbeitung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist	X			X	
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von aggregierten Daten und von korrigierten Daten (Inkl. Datensicherung)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten und performanten Datenbank- und Softwaresystemen	X			X	X
Dokumentation welche Daten in welcher Form verfügbar sind	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität spielt die Lage und Ausrichtung der Detektoren eine wesentliche Rolle (insbesondere für Bluetooth, Wi-Fi). Es ist eine Ausfilterung von Permanent- und Mehrfachsignalen (infolge mehrerer Geräte pro Person oder Fahrzeug) erforderlich. Es empfiehlt sich Eichzählungen durchzuführen, insbesondere wenn Hochrechnungen auf Querschnittswerte vorgenommen werden. Je nach Erhebungsziel werden auch Routinen für die Verkehrsmittelzuteilung benötigt. Für die Detektoren ist eine ausreichende Energieversorgung sicherzustellen und es sind Vorkehrungen gegen Vandalismus zu treffen.
- Für eine hohe Effizienz werden leistungsfähige Prüfroutinen für die Ausscheidung von fehlerhaften Daten und leistungsfähige Algorithmen für die Datenauswertung benötigt. Mit dem Detektorenetz sollten die Synergien für die Erfassung möglichst vieler benötigter Kennwerte genutzt werden. Für die Erfassung und Verarbeitung grosser Datenmengen wird eine zeitgemässe IT-Infrastruktur benötigt.
- Für eine hohe Transparenz, die Einhaltung des Datenschutzes sowie die Dokumentation und Archivierung gelten die gleichen Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.

## 5.2.7 Automatische Erkennung von optischen Merkmalen

Bei diesen Methoden werden mittels Foto/Video optische Merkmale erkannt und allenfalls registriert (vgl. Kapitel 3). Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Identifikation an einem Standort (z.B. Kontrollschild), Zeit, Verkehrsbelastung, Reisezeiten, Geschwindigkeiten, Verkehrsmittel, Routenwahl und Rückstaulänge.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

*Tabelle 24: Spezifische Anforderungen an die automatische Identifizierung von optischen Merkmalen*

	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität</b>					
Lage der Kameras prüfen und Funktionalität sicherstellen	X	X	X		
Sicherstellung ausreichende Energieversorgung	(X)	X	X		
Schutz vor Witterung / Vandalismen sicherstellen		X			
Vermeidung der Beeinflussung des Verhaltens durch Erkennbarkeit einer Aufnahmeeinrichtung	X	X	X		
Erstellung von Testroutinen zur Erkennung der Merkmale (Nummernschilder, Fahrzeugtypen)	X	X			
Minimale Auflösung für die Erkennung sicherstellen	X				X
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung (analog ID-Code)	X			X	X
Ausreichende Leistung der Datenübertragung	X	X	X		
Programme/Algorithmen zur automatisierten Auswertung und Aufbereitung	X		X		X
Automatische Erkennung Geräteausfall	X	X	X		
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben und Anzahl Messungen	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren (zeitlich, Stichprobe)	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu "Datenbereinigungen und -korrekturen"	X			X	X
Offenlegung von Fehlerquellen (Wetter, etc.)					X
Informationen zur geografischen Abdeckung des Untersuchungsgebietes	X	X			
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X		X	X	X
Videoaufnahmen sind innerhalb einer bestimmten Zeit zu löschen	X				X
Anonymisierung sensibler Daten (z.B. Nummernschilder)	X	X		X	
Maximale Auflösung (wegen Erkennung Personen, etc.)	X				
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von aggregierten Daten und von korrigierten Daten (inkl. Datensicherung)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten und performanten Datenbank- und Softwaresystemen	X			X	X
Dokumentation welche Daten in welcher Form verfügbar sind	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität spielen die Lage und Ausrichtung der Kameras eine wichtige Rolle. Weiter sind eine ausreichende Energieversorgung und der Vandalenschutz sicherzustellen. Bei der Platzierung der Kameras muss darauf geachtet werden, dass die Erhebungsobjekte möglichst nicht in ihrem Verhalten beeinflusst werden. Für die Erkennung von Personen, Fahrzeugen, etc. ist eine minimale Auflösung sicherzustellen.
- Für eine hohe Effizienz spielen analog zu den ID-Codes der Einsatz von leistungsfähigen Rechnern sowie eine leistungsfähige Datenübertragung eine wichtige Rolle.
- Für eine hohe Transparenz gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.

- Für die Einhaltung des Datenschutzes gelten grundsätzlich vergleichbare Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden. Videoaufnahmen müssen nach einer bestimmten Zeitdauer gelöscht werden. Zur Vermeidung der Erkennung von einzelnen Personen muss die maximale Auflösung begrenzt werden.
- Für eine gute Dokumentation und Archivierung gelten die gleichen Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.

## 5.2.8 Luftaufnahmen mit Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen

Bei dieser Methode werden mittels Satelliten, Flugzeugen oder Drohnen Personen oder Fahrzeuge identifiziert (vgl. Kapitel 3). Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind Verkehrsdichten, Personendichten und Rückstaulängen, parkierte Fahrzeuge usw. Sie werden auch zur Verkehrslagebeobachtung z.B. bei Grossanlässen eingesetzt. Die Daten können online oder offline verfügbar sein.

Mit dem Einbezug luft- und raumgestützter Systeme lassen sich auch neuartige Informationen über das Ausbreitungsverhalten von Störungen im Verkehrsgeschehen ermitteln (www.dlr.de). Die möglichst echtzeitnahe automatische Auswertung von flächendeckenden Bildinformationen stellt dabei die grösste Herausforderung dar.

Es wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

Tabelle 25: Spezifische Anforderungen bei Luftaufnahmen

	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität</b>					
Sorgfältige Planung der Überflüge (Sichtbehinderungen, Veränderung der Perspektive)	X	X	X		
Sicherstellung Schutz vor Witterung, Vandalismus, Manipulation			X		
Vermeidung der Beeinflussung durch Störungen	X	X	X		X
Einhaltung geltende Luftfahrtsrecht (Drohnen)	X	X	X		
Sicherstellung minimale Auflösung für die Erkennung	X				
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Sicherstellung leistungsfähige Datenübertragung/Speicherung	X	X	X	(X)	
Sicherstellung maximale Auflösung	X				
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Anzahl Messungen	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu "Datenbereinigungen und -korrekturen"	X			X	X
Zeitpunkt und Ort der Aufnahme			X		
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung	X				X
Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter	X	X			
Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten	X	X	X	X	X
Videoaufnahmen sind innerhalb einer bestimmten Zeit zu löschen	X				X
Sicherstellung maximale Auflösung für die Erkennung sensibler Informationen	X	X			
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von aggregierten Daten und von korrigierten Daten (Inkl. Datensicherung)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten und performanten Datenbank- und Softwaresystemen	X			X	X
Dokumentation welche Daten in welcher Form verfügbar sind	X				X



Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität spielt die sorgfältige Planung der Überflüge eine wichtige Rolle. Zudem ist der Einfluss von Sichtbehinderungen, schlechten Witterungsverhältnissen und anderen möglichen Störungen zu berücksichtigen. Für die Erkennung der Erhebungsobjekte ist eine minimale Auflösung erforderlich.
- Für eine hohe Effizienz sind eine leistungsfähige Datenübertragung und -speicherung wichtig.
- Für eine hohe Transparenz sind insbesondere auch der Zeitpunkt und der genaue Ort der Aufnahme auszuweisen.
- Für die Einhaltung des Datenschutzes gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei der automatischen Identifizierung von optischen Merkmalen.
- Für die Dokumentation und Archivierung gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie bei der automatischen Identifizierung von optischen Merkmalen.

### 5.2.9 Automatische Erfassung mit Sensoren

Bei dieser Methode werden mittels Sensoren Personen oder Fahrzeuge erfasst (vgl. Kapitel 3). Zum Einsatz kommende Technologien sind Infrarot, Laser, Ultraschall, Radar, Radiowellen, Magnetometer oder Lichtwellen. Erhobene Mobilitäts- und Verkehrsdaten sind zum Beispiel Verkehrsbelastungen, Anwesenheit, Geschwindigkeiten, Zeitlücken und Belegungsdauer.

Gestützt auf die Grundlagen und Ergebnisse aus den Kapiteln 3 und 4 wurden folgende Anforderungen für die verschiedenen Erhebungsphasen identifiziert:

*Tabelle 26: Spezifische Anforderungen bei der automatischen Identifizierung mittels Sensoren*

	Konzeption	Vorbereitung	Durchführung	Aufbereitung	Auswertung
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Datenqualität</b>					
Lage der Detektoren prüfen und Funktionalität sicherstellen	X	X	X	X	
Detektierung und Ausfilterung von Permanentensignalen sicherstellen		(X)	X	X	
Filterung von Mehrfachmessungen sicherstellen		(X)	X	X	
Eichzählungen durchführen	X	X	X	X	X
Routinen zur Verkehrsmittelzuteilung	X	X	X	X	
Sicherstellung Energieversorgung	X	X			
Vorkehrungen gegen Vandalismus/Manipulation	X	X			
<b>Anforderungen zur Verbesserung der Effizienz</b>					
Leistungsfähige Datenübertragung/Speicherung	X	X	X	X	(X)
Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten	X	X		(X)	(X)
Leistungsfähige Routinen für Kennwertberechnung (Reports)	X	X			X
<b>Anforderungen zur Erhöhung der Transparenz</b>					
Bereitstellung von Angaben zu Stichproben und Anzahl Messungen	X		X	X	X
Bereitstellung von Informationen zu Hochrechnungsverfahren (zeitlich, Stichprobe)	X	X			X
Bereitstellung von Informationen zu "Datenbereinigungen und -korrekturen"	X			X	X
Offenlegung von Fehlerquellen (Wetter, etc.)					X
Open Government fähig (gängige Datenformate)	X			X	X
<b>Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes</b>					
Es bestehen keine spezifischen Anforderungen					
<b>Anforderungen zur Sicherstellung Dokumentation und Archivierung</b>					
Umfassende Dokumentation der verschiedenen Phasen der Erhebung	X	X	X	X	X
Beschreibung der Vorkehrungen zur Einhaltung des Datenschutzes	X				
Aufbewahrung von aggregierten Daten und von korrigierten Daten (Inkl. Datensicherung)	X			X	X
Verwendung von Datenformaten welche ein langjährige Verfügbarkeit der Daten zulassen	X	X	X	X	X
Verwendung von einfachen und robusten und performanten Datenbank- und Softwaresystemen	X			X	X
Dokumentation welche Daten in welcher Form verfügbar sind	X				X

Erläuterungen zu den Anforderungen:

- Für eine hohe Datenqualität gelten ähnliche Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.
- Für eine hohe Effizienz ist neben der leistungsfähigen Datenübertragung und der Erkennung von fehlerhaften Daten eine automatische Berechnung der gewünschten Kennwerte wichtig (automatische Erstellung von Reports).
- Für eine hohe Transparenz gelten grundsätzlich ähnliche Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden. Die Daten sollten "Open Government"-fähig, das heisst öffentlich zugänglich sein und durch Dritte genutzt werden können.
- Für die Einhaltung des Datenschutzes bestehen keine speziellen Anforderungen, da keine Daten erfasst werden, welche Rückschlüsse auf einzelne Personen oder Unternehmen zulassen.
- Für die Dokumentation und Archivierung gelten vergleichbare Anforderungen wie bei den vorher beschriebenen Methoden.

### 5.3 Synthese der Anforderungen aus planerischer Sicht

Für die Anwendung neuer Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden sind spezifische Anforderungen zu beachten, welche die Datenqualität verbessern, die Effizienz und Transparenz erhöhen, den Datenschutz sicherstellen sowie eine ausreichende Dokumentation und Archivierung sicherstellen. Diese sind jeweils für eine oder mehrere Phasen einer Erhebung zu berücksichtigen. Bezüglich der Anforderungen an Transparenz, Datenschutz und Dokumentation/Archivierung bestehen zwischen den Erhebungsmethoden keine grossen Unterschiede. Solche bestehen aber hinsichtlich der Anforderungen zur Erreichung der angestrebten Datenqualität und Erhebungseffizienz.

Im Vergleich zu den herkömmlichen Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden ist aus planerischer Sicht den folgenden Anforderungen besondere Beachtung zu schenken:

- Der Einsatz komplexerer Technologien erfordert:
  - Durchführung von Testmessungen und Plausibilisierung der Datenqualität
  - Transparenz der Erhebung und Datenaufbereitung
  - Frühzeitige Erkennung von Geräteausfällen und Falschmessungen
- Die Erhebung potenziell sensiblerer Daten stellt höhere Anforderungen an den Datenschutz
- Die Erhebung grösserer Datenmengen erfordert:
  - Eine leistungsfähige Datenübertragung und -speicherung
  - Leistungsfähige Routinen für die Datenbereinigung und Ausfilterung von Fehlmessungen
  - Leistungsfähige Routinen für die Berechnung der gewünschten Kennwerte
- Die Schnelllebigkeit von Technologien stellt Anforderungen an die der eingesetzten Technologien in der Verwendung und Verbreitung (mittel- und längerfristige Nutzung ist sicherzustellen)

## 6 Evaluation der Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden

### 6.1 Einleitung

Allgemein lässt sich sagen, dass die neuen Erhebungstechnologien und -methoden Potenziale bezüglich der Datenerhebung besitzen. Es lassen sich z. T. umfangreichere, detailliertere und genauere Dateninformationen sammeln. Ausserdem können Daten erhoben werden, die sonst eine (i.d.R. aufwendigere) Befragung voraussetzen würden. Andererseits bergen die neuen Technologien und Methoden auch Risiken. Diese betreffen den Datenschutz, die Transparenz der erhobenen Daten, den Umgang mit grösseren Datenmengen usw.

Die Evaluation der neuen Erhebungsmethoden wird aufgrund der vorhandenen Grundlagen und Informationen vorgenommen. Es werden die neuen Technologien und Methoden mit den herkömmlichen Erhebungsmethoden<sup>16</sup> verglichen und die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der neuen Mobilitäts- und Verkehrserhebungsmethoden aufgezeigt und beurteilt.

### 6.2 Ziele und Bewertungsindikatoren

Es werden folgende Aspekte, evaluiert:

- Neue Erhebungsmethoden können u. U. neue, vollständigere, genauere und aktuellere Daten liefern als herkömmliche Methoden. Diese Aspekte werden unter dem Stichwort Datenqualität berücksichtigt.
- Unter dem Stichwort Effizienz ist zu beurteilen, ob die neuen Methoden unter Berücksichtigung aller Aspekte effizienter zum Ziel (den gewünschten Daten) führen als die bisherigen Methoden. Zu berücksichtigen sind sowohl der Aufwand für die Erhebung wie auch der Aufwand für die Aufbereitung (inkl. Plausibilisierung, Fehlerkorrektur usw.) und Auswertung der Daten. Eine hohe Verfügbarkeit der technischen Hilfsmittel ist notwendig um mit vertretbarem Aufwand und/oder in der zur Verfügung stehenden Zeit eine Erhebung durchführen zu können.
- Die Frage der Akzeptanz ist bezüglich der direkt betroffenen Personen sowie der breiten Öffentlichkeit auf Grund der vorhandenen Erfahrungen und Einschätzungen zu beurteilen. Auch der Datenschutz wird hier berücksichtigt; dieser muss auf jeden Fall gewährleistet sein. Die dafür erforderlichen Vorkehrungen können je nach Methode variieren.

Die folgende Tabelle zeigt die für die Ziele vorgeschlagenen Teilziele und die Indikatoren für deren Bewertung. Die Ziele und Indikatoren berücksichtigen die Ergebnisse der SWOT-Analyse (Kapitel 4.2) sowie die im Kapitel 5 formulierten Anforderungen.

<sup>16</sup> Dies sind alle Erhebungsmethoden, bei denen die beschriebenen Technologien nicht eingesetzt werden.

Tabelle 27: Ziele, Teilziele, Indikatoren

Ziel	Teilziel	Indikator
Hohe Datenqualität	Vollständigkeit der Daten	Kennzahlen, die vollständig erhoben werden können
	Relevanz	Anzahl und Bedeutung von bisherigen Daten, die erhoben werden können
		Datenlücken, die geschlossen werden können
	Aktualität der Daten	Dauer zwischen Erhebungsende und Verfügbarkeit der Ergebnisse
	Genauigkeit der Daten	Systematische Fehler der erhobenen Daten (Richtigkeit)
Zufällige Fehler der erhobenen Daten (Präzision)		
Hohe Effizienz	Aufwand für die Konzeption und Vorbereitung	Arbeitsschritte bzw. Arbeitsvorgänge zur Konzeption und Vorbereitung
		Benötigte technische Hilfsmittel
		Benötigtes Know-How
	Erhebungsaufwand	Investitionen für Infrastruktur und Geräte
		Aufwand für den Betrieb der Erhebung
	Aufbereitung- und Auswertungsaufwand	Arbeitsschritte bzw. Arbeitsvorgänge zur Datenaufbereitung, inkl. Anonymisierung und Plausibilisierung
Benötigte technische Hilfsmittel		
Benötigtes Know-How		
Hohe Akzeptanz und Datenschutz	Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit generell	Erfahrungen mit der Akzeptanz der Öffentlichkeit
	Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit hinsichtlich Glaubwürdigkeit der Methode	Erfahrungen mit der Akzeptanz der Öffentlichkeit und Verbreitung der Methode
	Bereitschaft für die Mitwirkung (Betroffene)	Erfahrungen bzgl. Bereitschaft zur Mitwirkung an Erhebungen
	Einhaltung Datenschutz	Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes

### 6.3 Bewertung der einzelnen Methoden

Die Bewertung der einzelnen Methoden bezüglich der Teilziele und Indikatoren erfolgt gestützt auf Beurteilungsblätter (vgl. Anhang IV), wobei je Teilziel ein Beurteilungsblatt erstellt wurde. Die Bewertung erfolgt auf einer Skala von „-“, bis „++“, d.h. von sehr ungünstig bis sehr günstig (vgl. Tabelle 28).

Zusammenfassend lassen sich hinsichtlich der Teilziele folgende Aussagen machen: Generell gilt, dass hinsichtlich der Vollständigkeit der Daten die Vorteile eindeutig bei GPS-unterstützten Mobilitätserhebungen, Floating Car Data und Floating Phone Data liegen. Mit Abstrichen gilt dies auch für die Erfassung und den Vergleich von ID-Codes sowie auch für die automatische Identifikation von optischen Merkmalen, liegen. Dagegen ist hinsichtlich der Teilziele Relevanz sowie Aktualität der Daten keine eindeutige Präferenz einer Methodik festzustellen. Zur Erreichung dieses Teilziels sind mehrere Methoden gleichermaßen geeignet.

Hinsichtlich der Genauigkeit der Daten lässt sich jedoch ein Vorteil von GPS-unterstützten Methoden feststellen; ebenfalls als relativ genau einzuschätzen sind die automatische Identifikation optischer Merkmale, Luftaufnahmen sowie Identifikationen mittels Sensoren.

Ein Schwachpunkt der analysierten Methoden ist sicherlich der zu betreibende Aufwand für Konzeption und Vorbereitung der Erhebung. Dies liegt unter anderem daran, dass für

einige Methoden noch keine standardisierten Vorgehensweisen vorhanden sind. Dies trifft besonders für die Methode Big Data zu. Bei der Erhebung selbst ist der Aufwand für Big Data am kleinsten, da es sich um eine Sekundäranalyse bestehender Daten handelt.

Ein grosser Nachteil sämtlicher analysierten Methoden ist der zu betreibende Aufwand für Aufbereitung und Auswertung, welcher bei beinahe allen Methoden generell als sehr hoch einzustufen ist. Auch hier ist ausschlaggebend, dass die erhobenen Daten wegen fehlender allgemeingültiger Routinen (z.B. die Verkehrsmittelerkennung bei GPS-basierten Erhebungen) aufwändig für die Auswertung vorzubereiten sind.

Ein weiterer Nachteil der analysierten Methoden ist die als gering einzuschätzende generelle Akzeptanz der Methoden zu erwähnen. Lediglich Floating Car Data sowie die Erfassung und der Vergleich von ID-Codes scheinen allgemein akzeptiert. GPS, Floating Car Data und Luftaufnahmen sind hier ebenfalls noch zu nennen. Dennoch, und obwohl nicht für alle Methoden bewertbar, lässt sich festhalten, dass die Bereitschaft für die Mitwirkung von Probanden an Erhebungen generell als hoch einzustufen sind, obwohl die Frage des Datenschutzes weiterhin als grosse Herausforderung der neuen Erhebungsmethoden bezeichnet werden kann.

Betrachtet man die Erfüllung der einzelnen Teilziele für bestimmte Erhebungsmethoden zeigt sich, dass keine der Methoden bei jedem Teilziel besser ist als herkömmliche Methoden. Es sind aber bestimmte Tendenzen ablesbar. GPS-unterstützte Erhebungen erfüllen generell die gewünschten Teilziele relativ gut, sowohl bei der Vollständigkeit und Genauigkeit der Daten als auch bei der Bereitschaft der Mitwirkung der Probanden. Hingegen ist die generelle Akzeptanz niedrig und der zu betreibende Aufwand für die Aufbereitung und Auswertung relativ hoch. Ebenfalls relativ gut geeignet scheinen die Methoden zur Erfassung und den Vergleich von ID-Codes. Hingegen bereitet vor allem Big Data noch erhebliche Probleme. Einige Teilziele sind zwar nicht direkt bewertbar, jedoch bestehen besonders beim Aufwand für die Vorbereitung sowie bei der Auswertung erhebliche Defizite. Gleiches gilt für die generelle Akzeptanz der Methode.

Bei der Abwägung, ob neue Technologien resp. Methoden zur Verkehrserhebung eingesetzt werden sollen oder nicht, sind jeweils die Gesamtkosten (Investitions-, Erhebungs-, Auswertekosten usw.) zu betrachten. Allgemeingültige Aussagen zu den kostenmässigen Vor- und Nachteilen der neuen Technologien sind nicht möglich.

Schliesslich lässt sich sagen, dass der Entscheid für den Einsatz einer bestimmten Methode immer individuell und abhängig vom gewünschten Einsatzbereich, den vorhandenen Ressourcen sowie der erforderlichen Aussagekraft der Ergebnisse abhängig ist.

Tabelle 28: Beurteilung der neuen Erhebungsmethoden gegenüber den herkömmlichen Methoden

Teilziele	Methoden							
	GPS-unterstützte Mobilfäiserhebung	Floating Car Data	Floating Phone Data	Big Data	Erfassung und Vergleich von ID-Codes	Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	Luftaufnahmen	Automatische Identifikation mit Sensoren
Vollständigkeit der Daten	++	++	++	Nicht bewertbar	+	+	0	0
Relevanz	+	+	+	Nicht bewertbar	+	+	0	+
Aktualität der Daten	+	+	+	Nicht bewertbar	+	+	Nicht bewertbar	+
Genauigkeit der Daten	++	0	0	Nicht bewertbar	Nicht bewertbar	+	+	+
Aufwand für Konzeption und Vorbereitung	-	-	-	--	0	0	0	0
Erhebungsaufwand	0	0	0	++	0	0	0	0
Aufbereitungs- und Auswertungsaufwand	-	-	-	--	0	0	0	0
Akzeptanz – Generell	-	0	-	--	0	--	--	0
Akzeptanz – Glaubwürdigkeit der Methode	+	+	+	0	++	-	+	-
Akzeptanz – Bereitschaft für die Mitwirkung	++	++	++	++	++	Nicht bewertbar	Nicht bewertbar	Nicht bewertbar
Aufwand zur Einhaltung des Datenschutzes	-	0	-	--	0	--	-	--

Legende:

--	signifikant schlechter als herkömmliche Methoden
-	schlechter als herkömmliche Methoden
0	ähnliche wie herkömmliche Methoden
+	besser als herkömmliche Methoden
++	signifikant besser als herkömmliche Methoden

## 7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

### 7.1 Schlussfolgerungen

Mit den vorgestellten neuen Technologien und Methoden eröffnen sich der Verkehrsplanung Möglichkeiten zur Erfassung von neuen, umfangreicheren und genaueren Daten. Bisher werden sie mehrheitlich im Personen- und weniger im Güterverkehr eingesetzt. Die grundsätzlichen Anforderungen an die Datenqualität bleiben dabei unverändert; die erhobenen Daten müssen aktuell, vollständig, genau und zugänglich sein. Mit den neuen Technologien ermöglichen, Daten in Echtzeit und in hoher Auflösung (grosse Datenmengen) durchzuführen. Für betriebliche Prozesse (z.B. Verkehrssteuerungen) eröffnet sich damit die Möglichkeit, vermehrt "data driven" Methoden einzusetzen.

Probleme beim Einsatz neuer Technologien und Methoden können sich hinsichtlich des Datenschutzes, der Datentransparenz und -qualität und des Aufwandes für die Auswertung ergeben. Wenn das Ziel die Erhebung von Zeitreihen ist, muss die langfristige Verfügbarkeit der eingesetzten Technologien geprüft werden. Der Datenschutz stellt eine hohe Hürde hinsichtlich der Anwendbarkeit vieler der in diesem Bericht vorgestellten Erhebungsmethoden dar. Die bei der Planung einer Erhebung zu beachtenden Grundsätze des Datenschutzes sind in Widmer et al. (2015) ausführlich beschrieben.

Beim Entscheid, ob neue Technologien resp. Methoden zur Verkehrserhebung eingesetzt werden sollen, sind die Gesamtkosten (Investitions-, Erhebungs-, Auswertekosten usw.) zu betrachten. Allgemeingültige Aussagen zu den kostenmässigen Vor- und Nachteilen der neuen Technologien sind nicht möglich.

Die neuen Erhebungsmethoden eignen sich primär für Zählungen von Verkehrsobjekten und für Messungen von deren Eigenschaften (Ort, Zeit, Geschwindigkeit usw.). Die Methoden können wie die bisherigen in solche mit (Wi-Fi, Bluetooth, FCD, FPD, Barcode, RFID, SmartCard, NFC, Big Data) und solche ohne (Foto, Video, Sensoren) Interaktion mit den Erhebungsobjekten unterteilt werden. Bei ersteren ist das Anwendungspotential immer von der Verbreitung resp. Akzeptanz der notwendigen Empfangstechnologie (z.B. Navigationsgerät, Smartphone App) abhängig. Bei der zweiten Gruppe ist dies nicht der Fall und es kann jedes Objekt erhoben werden.

#### a) Technologien mit Interaktion

Die Technologien mit Interaktionen erlauben es, Objekte zu identifizieren, zu verfolgen und teilweise (Smartphone mit App, GPS Logger mit Zusatzfunktion) zu "befragen". Dieser Vorteil kann aber auch ein Nachteil sein, da es je nach Technologie möglich ist, Personen zu identifizieren und die erhobenen Daten mit anderen persönlichen Daten zu verknüpfen. Dies kann zu Problemen mit der Datenschutzgesetzgebung führen.

Der künftige Einsatz der neuen Erhebungsmethoden hängt besonders davon ab, wie stark sich die einzelnen Technologien entwickeln resp. wie hoch deren Akzeptanz in der Bevölkerung ist. Die Anzahl Bluetooth-fähiger Geräte kann sich erhöhen, da z.B. fast die ganze Bevölkerung ein Smartphone besitzt. Falls die Skepsis der Bevölkerung gegenüber der omnipräsenten Datensammlung zunimmt, kann dies dazu führen, dass die Bluetooth-Funktion vermehrt ausgeschaltet wird. Problematisch ist auch, dass vielfach die Daten als "Abfall-Produkt" von anderen Nutzungen entstehen und vom Technologiebesitzer (z.B. TomTom) verkauft werden, d.h. es ist für den Datenempfänger unklar, wie die Daten genau erhoben werden und wie gut deren Qualität ist.

#### b) Technologien ohne Interaktion

Die Technologien ohne Interaktion haben den Vorteil, dass sie kein Empfangsgerät benötigen. Je nach Technologie ist eine Identifikation und Verfolgung der Objekte möglich (Foto/Video mit Objekt- und Gesichtserkennung, automatische Kontrollschilderfassung). Deshalb sind sie aufgrund des Datenschutzes nicht beliebig einsetzbar. Die Sensor-

Technologien haben dieses Problem nicht und sind ohne viel Aufwand einsetzbar. Sie erlauben es aber nur bedingt, die erhobenen Objekte zu verfolgen. Problematisch bei einzelnen dieser Technologien (z.B. Personenzählmatte, Glasfaserkabel) ist, dass sie sich nur für die Erhebung bestimmter Objekte (z.B. nur Fussgänger oder nur Velofahrer) eignen und verhältnismässig wenig Informationen zur Datenqualität vorliegen.

## 7.2 Empfehlungen

Es bestehen grosse Unterschiede bei den verfügbaren Angaben zur Genauigkeit der einzelnen Technologien. Daher sind weitere, praktische Studien, welche die entsprechenden Technologien im Schweizer Kontext prüfen, notwendig. Ausserdem sollten diese Erfahrungen aus der Praxis systematisch dokumentiert und zentral gesammelt werden, damit sie für andere zugänglich werden. Eine entsprechende Plattform könnte beispielsweise die "Mobilityplatform" des VSS (<http://www.mobilityplatform.ch>) sein. Alternativ wäre auch eine zentrale Datenbank denkbar, auf welcher die wichtigsten Informationen zu neuen Technologien für Verkehrs- und Mobilitätshebungen abrufbar wären. Dies würde insbesondere auch darum Sinn machen, weil der in dieser Arbeit vorgestellte Stand der Technologien den heute aktuellen Wissenstand darstellt. Die Technologien entwickeln sich rasant und es empfiehlt sich daher, sich vor dem Einsatz neuer Erhebungsmethoden den aktuellen Stand der Technologien zu prüfen.



# Anhänge

<b>I</b>	<b>Interviewleitfaden</b> .....	<b>107</b>
<b>II</b>	<b>Liste der interviewten Experten</b> .....	<b>119</b>
<b>III</b>	<b>Übersicht über heute verwendete / künftig benötigte Kennwerte</b> .....	<b>121</b>
III.1	Personenmobilität/-verkehr (Antworten aus Experten-Interviews) .....	123
III.2	Gütertransport/-verkehr (Antworten auf Experten-Interviews) .....	125
<b>IV</b>	<b>Beurteilungsblätter</b> .....	<b>127</b>
IV.1	Ziel: Hohe Datenqualität .....	129
IV.1.1	Teilziel: Vollständigkeit der Daten .....	129
IV.1.2	Teilziel: Relevanz .....	131
IV.1.3	Teilziel: Relevanz .....	134
IV.2	Ziel: Hohe Effizienz .....	135
IV.2.1	Teilziel: Aufwand für die Konzeption und Vorbereitung .....	135
IV.2.2	Teilziel: Erhebungsaufwand .....	138
IV.2.3	Teilziel: Aufbereitungs- und Auswertungsaufwand .....	141
IV.3	Ziel: Hohe Akzeptanz und Datenschutz .....	145
IV.3.1	Teilziel: Akzeptanz bei der Öffentlichkeit generell .....	145
IV.3.2	Teilziel: Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit hinsichtlich Glaubwürdigkeit der Methode .....	147
IV.3.3	Teilziel: Bereitschaft für die Mitwirkung (Betroffene) .....	148
IV.3.4	Teilziel: Einhaltung Datenschutz .....	149



# I Interviewleitfaden





## SVI Projekt 2011/005 Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebungen

### Interviewleitfaden für die Bedürfnisanalyse

---

#### Vorbemerkungen

- Hauptzweck der Expertengespräche ist es die vom Forschungsteam identifizierten Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten im Personen- und Güterverkehr zu verifizieren. Dabei geht es um Daten zur Beschreibung der Nachfrage bzw. des Mobilitäts- und Verkehrsverhaltens. Die Perspektive ist diejenige der öffentlichen Hand.
- Ergänzend wird der Umgang mit Mobilitäts- und Verkehrsdaten und Erfahrungen mit eingesetzten Erhebungstechnologien sowie deren Stärken/Schwächen erfragt.
- Bei den Anwendungszwecken werden 5 Bereiche Grundlagen/Instrumente, Planung, Bau und Unterhalt, Betrieb/Management und Monitoring/Controlling unterschieden.
- Je nachdem in welchen Bereichen der interviewte Experte tätig ist oder war konzentriert sich das Interview auf diese Bereiche.
- Es bestehen folgende Fragenbereiche:
  - **Teil I: Angaben zu Interviewten Person:**
    - Informationen zum Interviewpartner
    - Abgedeckte Erfahrungsbereiche
  - **Teil II: Heutiger Umgang mit Verkehrs- und Mobilitätsdaten**
    - Nutzung von Mobilitäts- und Verkehrsdaten
    - Eingesetzte Technologien für die Erhebung
    - Aufwand und Qualität der erhobenen Kenngrössen
  - **Teil III: Bedürfnisse Personenmobilität/-verkehr**
    - Benötigte Mobilitäts- und Verkehrsdaten und Anwendungszwecke
    - Lücken bei den Mobilitäts- und Verkehrsdaten
    - Prioritäten für Kenngrössen
  - **Teil IV: Bedürfnisse Gütertransport und -verkehr**
    - Benötigte Transport- und Verkehrsdaten und Anwendungszwecke
    - Lücken bei den Mobilitäts- und Verkehrsdaten
    - Prioritäten für Kenngrössen
  - **Teil V: Erfahrungen mit Erhebungstechnologien**
    - Eingesetzte oder bekannte Erhebungstechnologien
    - Stärken/Schwächen dieser Erhebungstechnologien
    - Bewusst nicht eingesetzte Technologien und Begründung
  - **Teil VI: Weitere Fragen**
    - Generelle Anforderungen an zukünftige Mobilitätserhebungen
    - Weitere Hinweise auf Einsatz von neuen Mobilitäts- und Verkehrserfassungsinstrumente (Literatur, Testanwendungen, etc.)
- Der Interviewleitfaden wird ca. 5 bis 7 Tage vor dem Interview verschickt zur Vorbereitung und Minimierung der Interviewdauer.

### Teil I: Angaben zur interviewten Person

Name:	.....
Institution/Firma:	.....
Aufgaben/Tätigkeiten:	..... ..... ..... ..... ..... .....
Erfahrungsbereiche bezogen auf Verkehrsart	<input type="checkbox"/> Personenmobilität/-verkehr <input type="checkbox"/> Gütertransport/-verkehr
Erfahrungsbereiche bezogen auf Anwendungszwecke	<input type="checkbox"/> Grundlagen/Instrumente (z.B. Statistik, Nachfrageanalysen, Modellierung, Prognosen) <input type="checkbox"/> Planung (z.B. Konzepte, Netzplanung, Raumplanung) <input type="checkbox"/> Bau und Unterhalt (z.B. Zustandsüberwachung, Erhaltungsmanagement, Baustellenplanung) <input type="checkbox"/> Betrieb/Management (z.B. Verkehrsmanagement, Betriebslenkung) <input type="checkbox"/> Monitoring/Controlling (z.B. Erfolgskontrollen, Wirkungskontrollen) <input type="checkbox"/> Andere: ..... <input type="checkbox"/> Andere: .....

### Teil II: Umgang mit Verkehrs- und Mobilitätsdaten

Grundlagen:

- Tabellen mit Kennwerten (vgl. Beilage 1a Personen und 1b Güter)
- Tabelle mit Technologie (Beilage 2)

Nr	Frage	Antwort
		<i>Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig</i>
1	Welche Kennwerte erheben Sie oder lassen sie erheben (vgl. Liste Beilage 1a und 1b, zutreffendes ankreuzen)?	..... ..... ..... .....

- 
- .....
- 2 Mit welchen Technologien .....  
erheben sie resp. lassen sie .....  
diese Kennwerte erheben? .....  
(vgl. Liste Beilage 2, .....  
zutreffendes ankreuzen) .....  
.....
- 3 In welcher Häufigkeit setzen .....  
sie diese Technologien ein? .....  
Gibt es Unterschiede .....  
zwischen den Technologien? .....  
.....
- 4 Wie beurteilen Sie die .....  
Qualität dieser Mobilitäts- .....  
und Verkehrsdaten? .....  
.....  
.....
- 5 Wie beurteilen Sie die den .....  
Aufwand diese Mobilitäts- .....  
und Verkehrsdaten zu .....  
erheben? .....  
.....
- 6 Wie beurteilen Sie die den .....  
Aufwand für die .....  
Datenauswertung und .....  
Hochrechnung? .....  
.....

### Teil III: Bedürfnisse nach Daten: Personenmobilität/-verkehr

Grundlage: Tabelle mit Kennwerten (Beilage 1a)

Nr	Frage	Antwort
		<i>Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig</i>
1	Sind in der Tabelle 1a die aus ihrer Sicht wichtigsten Mobilitäts- und Verkehrskennwerte enthalten?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein  <i>Wenn nein:</i> <i>Welche Mobilitäts- und Verkehrskennwerte fehlen? (bitte in Beilage 1a ankreuzen bzw. ergänzen)</i> ..... ..... ..... ..... ..... .....
2	Für welche Aufgaben/Anwendungszwecke verwenden sie diese oder würden sie diese verwenden ?	..... ..... ..... ..... .....
3	Welche Prioritäten haben sie bezüglich Mobilitäts- und Verkehrskennwerte? (wichtigste Kennwerte bzw. wichtigste Aufgaben)	..... .....



.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Teil IV: Bedürfnisse nach Daten: Gütertransport/-verkehr

Grundlage: Tabelle mit Kennwerten (Beilage 1b)

Nr	Frage	Antwort
----	-------	---------

*Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig*

1 Sind in der Tabelle die wichtigsten Transport- und Verkehrskennwerte enthalten?

- Ja
- Nein

*Wenn nein:*

*Welche Transport- und Verkehrskennwerte fehlen?*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2 Für welche Aufgaben/Anwendungszwecke verwenden sie diese oder würden sie diese verwenden ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3 Welche Prioritäten haben sie bezüglich Transport- und Verkehrskennwerte? (wichtigste Kennwerte bzw. wichtigste Aufgaben)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....

## Teil V: Erfahrungen mit Erhebungstechnologien

Grundlage: Liste der Technologien (Beilage 2, wichtigste Technologien aus Teil II)

### Technologie 1: .....

Nr	Frage	Antwort
----	-------	---------

*Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig*

1    Wo und wann wurden diese eingesetzt? .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2    Welche Erfahrungen haben sie gemacht? Welche Stärken bzw. Schwächen weisen diese auf? .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Technologie 2: .....

Nr	Frage	Antwort
----	-------	---------

*Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig*

1    Wo und wann wurden diese eingesetzt? .....

.....

.....

.....

.....  
.....  
.....  
.....

2 Welche Erfahrungen haben sie gemacht? Welche Stärken bzw. Schwächen weisen diese auf? .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Technologie 3: .....**

Nr	Frage	Antwort
		<i>Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig</i>
1	Wo und wann wurden diese eingesetzt?	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
2	Welche Erfahrungen haben sie gemacht? Welche Stärken bzw. Schwächen weisen diese auf?	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....

**Technologie 4: .....**

Nr	Frage	
		<i>Antwort</i> <i>Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig</i>
1	Wo und wann wurden diese eingesetzt?	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
2	Welche Erfahrungen haben sie gemacht? Welche Stärken bzw. Schwächen weisen diese auf?	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....

**Technologie 5: .....**

Nr	Frage	
		<i>Antwort</i> <i>Neben Antwort sind Begründungen/Erklärungen wichtig</i>
1	Wo und wann wurden diese eingesetzt?	..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
2	Welche Erfahrungen haben sie gemacht? Welche	..... .....



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3 Haben sie weitere Hinweise  
zum Einsatz von (neuen)  
Erhebungstechnologien?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4 Haben sie weitere  
Bemerkungen zum Thema?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## II Liste der interviewten Experten

Folgende Experten wurden im Laufe der Arbeiten interviewt.

Experte	Institution	Schwerpunkt Bereich	Personen- verkehr	Güter- verkehr
W.-D. Deuschle J. Lietha Matthias Wagner	Bundesamt für Verkehr / Sektion Planung, Sektion Güterverkehr	Planung, Monitoring und Controlling	X	X
W. Dietrich	Stadt Zürich / Mobilität und Verkehr	Grundlagen / Instrumente und Planung	X	X
J. Grotrian	SBB Cargo	Grundlagen / Instrumente		X
H. Honermann	ARE / Grundlagen / Modellierung	Grundlagen / Instrumente	X	X
J. Häberli N. Latuske S. Pirkelbauer	Bundesamt für Strassen / Abteilung Netzplanung	Grundlagen / Instrumente, Planung, Betrieb / Manage- ment, Monitoring / Controlling	X	(X)
S. Kettner	Mobilität Kt. BS	Grundlagen / Instrumente und Planung, Monitoring und Controlling	X	(X)
C. Ordon	Amt für Verkehr Kt. ZH / Verkehrs- grundlagen	Grundlagen / Instrumente, Planung, Monitoring und Controlling	X	(X)
P. Schirato	ASTRA / Verkehrs- managementzentrale	Betrieb / Management	X	(X)
W. Scherr	SBB / Personenverkehr	Grundlagen / Instrumente, Planung, Monitoring / Controlling	X	
O. Janssens	Stadt Zürich / Dienstabteilung Ver- kehr	Grundlagen / Instrumente, Planung, Monitoring / Controlling	X	(X)
R. Dorbritz	Stadt Zürich / Mobilität und Verkehr	Grundlagen / Instrumente, Monitoring / Controlling	X	(X)
R. Frommenwiler	Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich	Planung	X	
D. Cataldi	Canton de Genève, Direction générale de la mobilité	Grundlagen / Instrumente, Planung, Monitoring und Controlling	X	X
C. Liaudat	Etat de Vaud, Direction générale de la mobilité et des routes	Grundlagen / Instrumente, Planung, Monitoring und Controlling	X	X





### III Übersicht über heute verwendete / künftig benötigte Kennwerte



### III.1

## Personenmobilität/-verkehr (Antworten aus Experten-Interviews)

Interviewpartner (Interviewpartner gleicher Institutionen zusammengefasst)	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
<b>Individuelles Mobilitätsverhalten</b>																								
<b>Etappe</b>																								
Start- und Endpunkt (Koordinaten)																								
Start- und Ankunftszeit (inkl. Datum)																								
Zugangsdistanz																								
Abgangsdistanz																								
Fahrtlänge																								
Umsteigegehdistanz																								
Etappenlänge																								
Zugangszeit																								
Abgangszeit																								
Fahrzeit																								
Wartezeit																								
Umsteigezeit																								
Etappenzeit																								
Verwendetes Verkehrsmittel																								
Mobilitätswerkzeuge (Auto, GA, Velo etc.)																								
Fahrer oder Mitfahrer (MIV)																								
Gepäck																								
Anzahl Mitreisende																								
<b>Kenntnisse</b>																								
<b>Wege</b>																								
Wegkette																								
Kombination von Verkehrsmitteln																								
Wegzweck																								
Wegehäufigkeit																								
Route																								
Wegzeit																								
Unterwegszeit																								
Wegdistanz																								
Beförderungsdistanz																								
Luftliniendistanz																								
Reisegeschwindigkeit																								
Umsteigehäufigkeit																								
<b>Ausgänge</b>																								
Ausgänge (Anzahl)																								
Umsteigevorgänge																								
Umsteigezeiten																								

Interviewpartner (Interviewpartner gleicher Institutionen zusammengefasst)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Aggregiertes Mobilitätsverhalten</b>													
<b>Mobilitätsdaten</b>	Kennwerte	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
	Erzeugungs-raten, Einsteiger, Aussteiger, etc.)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Verkehrsleistung	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Fahrleistung	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Nachfrageströme	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Fahrzwecke (Verteilung)	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Modal Split	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Wahl Abfahrtszeit, Ziel, Verkehrsmittel, Route (Verteilungen)		X		X	X	X			X	X	X	X
	Anzahl Ausgänge	X	X								X	X	X
	Etappen pro Ausgang		X							X	X	X	X
Wegekettten (Verteilungen)		X							X	X	X	X	
<b>Mikroskopisches Verkehrsgeschehen</b>													
<b>Verkehrsdaten</b>	Kennwerte	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
	Zeitlücken	X	X										
	Weglücke	X	X										
	Beschleunigung	X	X										
	Verzögerung	X	X										
	Lokale Geschwindigkeit	X	X							X	X		
<b>Makroskopisches Verkehrsgeschehen</b>													
<b>Verkehrsdaten</b>	Kennwerte	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
	Verkehrsmenge im Querschnitt	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Verkehrsmenge in einem Strom	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Verkehrsdichte	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Verkehrszusammensetzung (Typen von Verkehrsmitteln)	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X
	Lokale Geschwindigkeitsverteilung		X			X	X		X	X	X	X	X
	Streckenbezogene Geschwindigkeitsverteilung		X			X	X		X	X	X	X	X
Reisezeitverteilung		X		X	X	X		X	X	X	X	X	

### III.2

## Gütertransport-/verkehr (Antworten auf Experten-Interviews)

Interviewpartner (Interviewpartner gleicher Institutionen zusammengefasst)	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
<b>Individuelles Transportverhalten</b>																								
<b>Transportdaten</b>																								
<b>Transportarten</b>																								
<b>Etappe</b>																								
Versender und Empfänger (Koordinaten)	X		X		X													X						
Start- und Ankunftszeit (inkl. Datum)	X		X		X													X						
Etappenlänge			X															X						
Zugangszeit																		X						
Abgangszeit																		X						
Fahrzeit																		X						
Standzeit/Wartezeit																		X						
Umladezeit																		X						
Etappenzeit			X															X						
Logistiksegment (gem. Logistikmarktstudie)																		X						
Verwendetes Verkehrsmittel																		X						
Warengruppe			X															X						
Frachtart			X															X						
Ladeeinheit des kombinierten Verkehrs			X															X						
Branche (bez. Transportgut)																		X						
Werkverkehr oder gewerblicher Verkehr			X															X						
Direktverkehr oder Sammel- und Verteilverkehr			X															X						
Pendel- und Systemverkehr			X															X						
Menge, Volumen, Fläche des Gutes			X															X						
Gefahrgut / Nicht Gefahrgut			X															X						
<b>Transporte</b>																								
Transportkette																		X						
Kombination von Verkehrsmitteln			X															X						
Transporthäufigkeit			X															X						
Route																		X						
Laufzeit			X															X						
Unterwegszeit																		X						
Laufdistanz			X															X						
Luftlinienanzahl																		X						
Laufgeschwindigkeit (LaV=LaD/LaZ)																		X						
Umladehäufigkeit																		X						
<b>Touren</b>																								
Touren																		X						
Umladevorgänge			X															X						
Umladezeiten			X															X						

Interviewpartner (Interviewpartner gleicher Institutionen zusammengefasst)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<b>Aggregiertes Transportverhalten</b>														
<b>Transportdaten</b>	Kennwerte	Heute benötigt	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	
	Verkehrsaufkommen (inkl. Erzeugungsraten, etc.)	X	X	X		X		X		X		X		
	Verkehrsleistung	X	X	X		X		X		X		X		
	Fahrleistung	X	X	X		X		X		X		X		
	Nachfrageströme	X	X	X		X		X		X		X		
	Warengruppe (Verteilung)	X	X	X		X		X		X		X		
	Modal Split	X	X	X		X		X		X		X		
	Wahl Abfahrtszeit, Ziel, Verkehrsmittel, Route (Verteilungen)		X			X				X				
	Anzahl Touren		X			X				X				
	Stops pro Tour		X			X				X				
	Transportketten (Verteilungen)		X			X				X				
	<b>Mikroskopisches Verkehrsgeschehen</b>													
<b>Verkehrsdaten</b>	Kennwerte	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	
	Zeitlücken	X		X		X		X		X		X		
	Weglücke	X		X		X		X		X		X		
	Beschleunigung	X		X		X		X		X		X		
	Verzögerung	X		X		X		X		X		X		
	Lokale Geschwindigkeit	X		X		X		X		X		X		
	Ind. Transportgeschwindigkeit	X		X		X		X		X		X		
	<b>Makroskopisches Verkehrsgeschehen</b>													
	<b>Verkehrsrdaten</b>	Kennwerte	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt	Heute verwendet	Zusätzlich benötigt
		Verkehrsmenge im Querschnitt	X		X		X		X		X		X	
		Verkehrsmenge in einem Strom	X		X		X		X		X		X	
		Verkehrszusammensetzung (Typen von Verkehrsmitteln)	X		X		X		X		X		X	
Lokale Geschwindigkeitsverteilung		X		X		X		X		X		X		
Streckenbezogene Geschwindigkeitsverteilung		X		X		X		X		X		X		

## IV Beurteilungsblätter





## IV.1 Ziel: Hohe Datenqualität

### IV.1.1 Teilziel: Vollständigkeit der Daten

*Indikator: Kennzahlen, die vollständig erhoben werden können*

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitäts'erhebung	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Verkehrsmittelwahl</li> <li>• Rückstaulängen</li> <li>• Wartezeiten</li> <li>• Streckenbezogene Geschwindigkeiten des Güterverkehrs</li> <li>• Routenwahl des Güterverkehrs</li> </ul>	<p>Alle aufgelisteten Merkmale können vollständiger als mit etablierten Methoden (Befragungen, Zählungen) erhoben werden, bis auf die Verkehrsmittelwahl. Die Methode erlaubt die vollständige Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Wegdistanzen, Routenwahl, Start- und Zielpunkte sowie Wegehäufigkeit).</p> <p>Die Methode bringt einen deutlichen Sprung in der Qualität und Vollständigkeit der Daten.</p>	++
Floating Car Data	<p>Vgl. GPS-unterstützte Mobilitäts'erhebung</p> <p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> </ul>	<p>Vgl. GPS-unterstützte Mobilitäts'erhebung</p> <p>Alle aufgelisteten Merkmale können vollständiger als mit etablierten Methoden (Befragungen, Zählungen) erhoben werden. Die Methode erlaubt die vollständige Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Wegdistanzen, Routenwahl sowie Start- und Zielpunkte).</p> <p>Die Methode bringt einen deutlichen Sprung in der Qualität und Vollständigkeit der Daten.</p>	++
Floating Phone Data	<p>Abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muster des Mobilitätsverhaltens sozioökonomischer Schichten</li> <li>• Aktivitätsmuster pro Verkehrsteilnehmer</li> <li>• Berechnung des Level of Service auf Strassenabschnitten</li> <li>• Ermittlung von individuellen Aktivitätsmuster, von durchgeführten Wege und deren zeitliche Verteilung</li> </ul>	<p>Big Data verknüpft Daten aus unterschiedlichen Erhebungen, ist aber selber keine Erhebungsmethode. Deswegen ist eine allgemeine Beurteilung nicht möglich.</p>	Nicht bewertbar

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den meisten Technologien: Reisezeiten, Geschwindigkeiten und Routenwahl</li> <li>• Bei einzelne Technologie: Start- und Ankunftszeit, Identifikation an einem Standort, Verkehrsarten usw.</li> </ul>	<p>Alle aufgelisteten Merkmale können vollständiger als mit etablierten Methoden (Befragungen, Zählungen) erhoben werden. Die Methode erlaubt die vollständigere Erhebung einiger Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Routenwahl und Geschwindigkeiten).</p> <p>Die Methode bringt eine höhere Qualität und Vollständigkeit der Daten.</p>	+
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Verkehrsbelastung</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Verkehrsmittel</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Rückstaulänge</li> </ul>	<p>Alle aufgelisteten Merkmale können vollständiger als mit etablierten Methoden (Befragungen, Zählungen) erhoben werden. Die Methode erlaubt die vollständigere Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Verkehrsbelastung, Geschwindigkeiten, Reisezeiten, Verkehrsmittel, Routenwahl und Rückstaulänge).</p> <p>Die Methode bringt einen Sprung in der Qualität und Vollständigkeit der Daten.</p>	+
Luftaufnahmen	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Parkraumbelugung</li> </ul>	<p>Die Frequenz der Luftaufnahmen hat einen entscheidenden Einfluss darauf, ob die aufgelisteten Merkmale vollständiger als mit etablierten Methoden (Zählungen) erhoben werden können. Die aufgelisteten Kennzahlen haben keine sehr hohe Priorität.</p> <p>Die Methode kann eine höhere Qualität und Vollständigkeit der Daten bringen, solange die Aufnahmen häufig genug durchgeführt werden. Es handelt sich jedoch von Daten ohne hohe Priorität.</p>	0
Automatische Identifikation mit Sensoren	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den meisten Technologien: Verkehrsbelastungen, Anwesenheit, Geschwindigkeiten, Zeitlücken, Belegungsdauer</li> <li>• Bei einzelnen Technologie: Fahrzeugart</li> </ul>	<p>Einige aufgelisteten Merkmale können vollständiger als mit etablierten Methoden (Zählungen) erhoben werden (Zeitlücken, Belegungsdauer). Die aufgelisteten Kennzahlen haben keine sehr hohe Priorität.</p> <p>Die Methode bringt eine höhere Qualität und Vollständigkeit einiger Kennzahlen. Es handelt sich jedoch von Daten ohne sehr hohe Priorität.</p>	0

## IV.1.2 Teilziel: Relevanz

### Indikatoren:

1. Anzahl und Bedeutung von Daten, die erhoben werden können
2. Datenlücken, die geschlossen werden können

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätshebung	<p>Erhobene/abgeleitete Daten :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Verkehrsmittelwahl</li> <li>• Rückstauängen</li> <li>• Wartezeiten</li> <li>• Streckenbezogene Geschwindigkeiten des Güterverkehrs</li> <li>• Routenwahl des Güterverkehrs</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Weglängen, Routenwahl, Start- und Zielpunkte sowie Wegehäufigkeit).</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Trajektorien der Fahrzeuge bzw. der Personen.</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von wichtigen bisherigen Daten, schliesst jedoch keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	+
Floating Car Data	Vgl. GPS-unterstützte Mobilitätshebung	Vgl. GPS-unterstützte Mobilitätshebung	+
Floating Phone Data	<p>Erhobene/abgeleitete Daten :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Start-, Zwischen- und Endpunkte von Etappen (Koordinaten)</li> <li>• Start-, Zwischen- und Ankunftszeit von Etappen</li> <li>• Trajektorien der Fahrzeuge resp. Personen</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Routenwahl</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Weglängen, Routenwahl sowie Start- und Zielpunkte).</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Trajektorien der Fahrzeuge bzw. der Personen.</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von wichtigen bisherigen Daten, schliesst jedoch keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	+

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Big Data	<p>Abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muster des Mobilitätsverhaltens soziökonomischer Schichten</li> <li>• Aktivitätsmuster pro Verkehrsteilnehmer</li> <li>• Berechnung des Level of Service auf Strassenabschnitten</li> <li>• Ermittlung von individuellen Aktivitätsmuster, von durchgeführten Wege und deren zeitliche Verteilung</li> </ul>	<p>Big Data verknüpft Daten aus unterschiedlichen Erhebungen, ist aber selber keine Erhebungsmethode. Deswegen ist eine allgemeine Beurteilung nicht möglich.</p>	Nicht bewertbar
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den meisten Technologien: Reisezeiten, Geschwindigkeiten und Routenwahl</li> <li>• Bei einzelne Technologie: Start- und Ankunftszeit, Identifikation an einem Standort, Verkehrsarten usw.</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung einiger Kennzahlen mit hoher Priorität (Reisezeiten, Routenwahl und Geschwindigkeiten).</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Identifikation an einem Standort.</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von wichtigen bisherigen Daten, schliesst jedoch keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	+
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation an einem Standort</li> <li>• Verkehrsbelastung</li> <li>• Geschwindigkeiten</li> <li>• Reisezeiten</li> <li>• Verkehrsmittel</li> <li>• Routenwahl</li> <li>• Rückstaulänge</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung vieler Kennzahlen mit hoher Priorität (Verkehrsbelastung, Geschwindigkeiten, Reisezeiten, Verkehrsmittel, Routenwahl und Rückstaulänge).</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Identifikation an einem Standort.</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von wichtigen bisherigen Daten, schliesst jedoch keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	+
Luftaufnahmen	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwesenheit</li> <li>• Parkraumbelegung</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung von Kennzahlen ohne hohe Priorität.</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Anwesenheit an einem Standort</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von Daten ohne hohe Priorität und schliesst keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	0

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
<p>Automatische Identifikation mit Sensoren</p>	<p>Erhobene/abgeleitete Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den meisten Technologien: Verkehrsbelastungen, Anwesenheit, Geschwindigkeiten, Zeitlücken, Belegungsdauer</li> <li>• Bei einzelnen Technologie: Fahrzeugart</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erlaubt die Erhebung einiger Kennzahlen mit hoher Priorität (Verkehrsbelastungen, Geschwindigkeiten) sowie von weiteren Kennzahlen ohne hohe Priorität.</p> <p>Indikator 2: Die Methode schliesst keine Datenlücken in der bisherigen Statistik, bis auf die Anwesenheit an einem Standort</p> <p>Die Methode erlaubt die Erhebung von Daten ohne hohe Priorität und schliesst keine speziellen Datenlücken in der bisherigen Statistik.</p>	<p style="text-align: center;">+</p>

### IV.1.3 Teilziel: Relevanz

Indikator: Dauer zwischen Erhebungsende und Verfügbarkeit der Ergebnisse

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätserhebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitlicher Datenverlust durch Dauer der Erst-Ortung</li> <li>• Nachbearbeitung mit hohem Aufwand verbunden</li> <li>• Leichter Import in Verkehrsplanungsprogramme</li> </ul>	Die Methode stellt zwar relativ schnell Daten zur Verfügung, die aber aufwändig nachbearbeitet werden müssen, um verlässliche Ergebnisse zu erreichen.	+
Floating Car Data	Zeitnahe Datenübertragung gute Erkennung von Verkehrsstörungen	Geringe Übereinstimmung der Datencharakteristik mit herkömmlichen Messdaten. Die Daten stehen bei guter Übertragungsgeschwindigkeit sehr schnell zur Verfügung und können visualisiert oder gespeichert werden.	+
Floating Phone Data	Im Allgemeinen schnelle Übertragungsintervalle, die Aktualität der Messwerte wird allerdings durch die Verzögerung zwischen der Erfassung und der Übermittlung der Datensätze bestimmt.	Die Daten stehen bei guter Übertragungsgeschwindigkeit sehr schnell zur Verfügung und können visualisiert oder gespeichert werden.	+
Big Data	Daten werden über längeren Zeitraum gesammelt, können aber mittels standardisierter Routinen schnell ausgewertet werden.	Daten sind nicht sofort verfügbar, ist aber nicht das Ziel der Verwendung. Stärke der Daten liegt in ihrem Umfang aggregierter Daten für standardisierte Auswerterroutinen. Deswegen ist eine allgemeine Beurteilung nicht möglich.	0
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	Bluetooth/Wi-Fi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten stets aktuell und schnell verfügbar</li> <li>• Zeitnahe Datenübertragung und Verfügbarkeit</li> </ul> RFID/SmartCards/NFC/Barcodes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitnahe Datenerfassung, Übertragung und Verfügbarkeit</li> </ul>	Daten werden zeitnah übertragen und stehen kurz nach Erhebung für Auswertungen zur Verfügung	+
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	Digitales Foto/Video: Sofortige Datenübertragung und -Verfügbarkeit	Daten werden zeitnah übertragen und stehen kurz nach Erhebung für Auswertungen zur Verfügung. Bei digitalem Video je nach Datenumfang und Auflösung teils längere Übertragungszeiten.	+
Luftaufnahmen	Die Aktualität und die zeitliche Verfügbarkeit der Daten hängt von der Erhebungsart (Flugzeug, Drohne, Satellit) ab. Luftaufnahmen für amtliche Orthofotos werden in regelmäßigen Abständen erstellt (z.B.: Jahresrhythmus).	Eine allgemeine Beurteilung nicht möglich.	Nicht bewertbar
Automatische Identifikation mit Sensoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrarot/Laser/Ultraschall/Glasfaserkabel/Radiowellen: keine Informationen in der Literatur verfügbar</li> <li>• Magnetometer: keine Informationen in der Literatur verfügbar</li> </ul>	Daten werden zeitnah übertragen und stehen kurz nach Erhebung für Auswertungen zur Verfügung	+

## IV.2 Ziel: Hohe Effizienz

### IV.2.1 Teilziel: Aufwand für die Konzeption und Vorbereitung

Indikatoren:

1. Arbeitsschritte bzw. Arbeitsvorgänge zur Konzeption und Vorbereitung
2. Benötigtes Know-How

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätshebung	Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Erkennung und Umgang mit Ausfällen von Geräten vorsehen, Integrierbarkeit mit Befragungen (und Strukturdaten)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind diverse zusätzliche Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen (z.B. Erarbeitung von Prüf- und Zuordnungsroutinen), was zu einem erhöhten Aufwand führt.</p> <p>Indikator 2: Es ist Know-How über die Funktionsweise und Grenzen der Technologie von GPS erforderlich.</p> <p>Die Methode erfordert einen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase. Dieser hängt auch von der Art der Erhebung ab (z. B. mit/ohne Befragung). Das zusätzlich benötigte Know-How kann als nicht allzu komplex eingestuft werden.</p>	-
Floating Car Data	Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Leistungsfähige Algorithmen zur Störungserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung), Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind diverse zusätzlichen Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen (z.B. Erarbeitung von Prüfroutinen, Algorithmen zur Störungserkennung), was zu einem erhöhten Aufwand führt.</p> <p>Indikator 2: Es ist Know-How über die Funktionsweise und Grenzen der Technologie des FCD erforderlich.</p> <p>Die Methode erfordert einen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase. Das zusätzlich benötigte Know-How kann als nicht allzu komplex eingestuft werden.</p>	-

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Floating Phone Data	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Leistungsfähige Algorithmen zur Störungserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung), Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind diverse zusätzlichen Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen (z.B. Erarbeitung von Prüfroutinen, Algorithmen zur Störungserkennung), was zu einem erhöhten Aufwand führt.</p> <p>Indikator 2: Es ist Know-How über die Funktionsweise und Grenzen der Technologie FPD erforderlich.</p> <p>Die Methode erfordert einen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase. Das zusätzlich benötigte Know-How kann als nicht allzu komplex eingestuft werden.</p>	-
Big Data	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Effizientes und skalierbares Speichersystem für das Datenmanagement, Verwertungsmöglichkeit von polystrukturierten Daten</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind diverse zusätzliche Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen (z.B. Erarbeitung von Prüf- und Zuordnungsroutinen), was zu einem erhöhten Aufwand führt.</p> <p>Indikator 2: Es ist Know-How in den statistischen Methoden bzw. Data Mining erforderlich.</p> <p>Die Methode erfordert einen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase. Das zusätzlich benötigte Know-How kann als komplex eingestuft werden.</p>	--
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Entwicklung allgemeingültige Algorithmen zur Datenauswertung (Wi-Fi, Bluetooth), Detektoren-Netz für möglichst viele Erhebungen/Fragenstellungen konzipieren (Bluetooth) Synergien nutzen, Einsatz von Computern mit minimaler Rechenleistung/Voraus (RFID, Smart Card, NFC)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind je nach eingesetzten Technologie zusätzlichen Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen, was zu einem erhöhten Aufwand führen kann. Das ist am grössten bei Wi-Fi/Bluetooth, wo ein Netz von Detektoren zu planen ist, am kleinsten bei Methoden wie Barcode, wo praktisch kaum Mehraufwand entsteht.</p> <p>Indikator 2: Es ist Know-How zu den eingesetzten Technologien (Funktionsweise, Grenzen) erforderlich.</p> <p>Die Methode kann je nach Technologie einen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase verursachen. Das zusätzlich benötigte Know-How kann als nicht allzu komplex eingestuft werden.</p>	0



Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung (analog ID-Code), Ausreichende Leistung der Datenübertragung, Programm-/Algorithmen zur automatisierten Auswertung, Automatische Erkennung Geräteausfall</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind zusätzlichen Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen (Programme/Algorithmen zur automatisierten Auswertung, Automatische Erkennung Geräteausfall), was zu einem erhöhten Aufwand führt.</p> <p>Indikator 2: Es ist kein spezifisches zusätzliches Know-How erforderlich.</p> <p>Die Methode erfordert einen kleinen Mehraufwand in der Konzeption- und Vorbereitungsphase, benötigt aber kein zusätzliches Know-How.</p>	0
Luftaufnahmen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Datenübertragung/Speicherung, Maximale Auflösung</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind keine zusätzlichen Arbeitsschritte in der Konzeption-/Vorbereitungsphase vorzusehen.</p> <p>Indikator 2: Es ist kein spezifisches zusätzliches Know-How erforderlich.</p> <p>Die Methode ist bezüglich des Aufwandes in der Konzeption- und Vorbereitungsphase mit den etablierten Methoden vergleichbar</p>	0
Automatische Identifikation mit Sensoren	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Konzeption- und Vorbereitungsphase: Datenübertragung/Speicherung, Routine für Kennwertberechnung (Reports)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Im Verhältnis zu den etablierten Methoden sind Routinen für Kennwertberechnung vorzusehen.</p> <p>Indikator 2: Es ist kein spezifisches zusätzliches Know-How erforderlich.</p> <p>Die Methode ist bezüglich des Aufwandes in der Konzeption- und Vorbereitungsphase mit den etablierten Methoden vergleichbar</p>	0

## IV.2.2 Teilziel: Erhebungsaufwand

### Indikatoren:

1. Investitionen für Infrastruktur und Geräte für die Erhebung
2. Aufwand für den Betrieb der Erhebung

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätserhebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stärken: Erhebliche Reduktion der Stichprobengrösse</li> <li>• Chancen: Mit Apps keine Gerätekosten (ev. Programmierkosten)</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Integrierbarkeit mit Befragungen (und Strukturdaten)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Je nach eingesetzter Technologie können Geräte- und/oder Programmierkosten entstehen</p> <p>Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen. Es können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p> <p>Die Methode erlaubt eine deutliche Reduktion der Stichprobengrösse und reduziert somit den Erhebungsaufwand. Je nach eingesetzter Technologie können jedoch Gerätekosten entstehen. Die Daten müssen unter Umständen eingekauft werden.</p>	0
Floating Car Data	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen), Rasche Erkennung Geräteausfall</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erfordert keine Investition in Infrastruktur/Geräte</p> <p>Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen. Es können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p> <p>FCD erfordert keinen zusätzlichen Erhebungsaufwand im Vergleich zu den etablierten Methoden. Die Daten müssen unter Umständen eingekauft werden.</p>	0
Floating Phone Data	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Ausreichende Leistung der Datenübertragung (Sende- und Empfangseinrichtungen)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erfordert keine Investition in Infrastruktur/Geräte</p> <p>Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen. Es können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p> <p>FCD erfordert keinen zusätzlichen Erhebungsaufwand im Vergleich zu den etablierten Methoden. Die Daten müssen unter Umständen eingekauft werden.</p>	0

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Big Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisatorisch liegen die Vorteile im generelle niedrigen Erhebungsaufwand und damit verbundenen niedrigen Kosten, mit denen Stichproben erhoben werden können</li> <li>• Keine Erhebungsgeräte nötig</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine spezifische Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungphase (Big Data ist keine echte Erhebungsmethode)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode erfordert keine Investition in Infrastruktur/Geräte</p> <p>Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen. Es können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p> <p>Big Data erfordert keine Investitionen in Infrastruktur und Geräte und reduziert den Erhebungsaufwand. Die Daten müssen unter Umständen eingekauft werden.</p>	++
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wi-Fi/Bluetooth: relativ tiefe Investitionskosten</li> <li>• Eine Schwäche des Einsatzes von Bluetooth ist der hohe Geräteaufwand, da die einzelnen Detektoren zu vernetzen sind; zudem ist der Erhebungsaufwand zu Beginn sehr hoch; im Dauerbetrieb jedoch gering</li> <li>• RFID: Die robuste Technik und lange Lebensdauer reduziert den Personalaufwand und ermöglicht so sehr günstige Untersuchungen.</li> <li>• Smart Card / NFC: relativ günstig</li> <li>• Barcode: sehr günstig</li> <li>• Video: Unter bestimmten Voraussetzungen bieten sie die Möglichkeit zur Kostenreduktion, beispielsweise infolge der möglichen Auswertung mehrerer Fahrstreifen zur gleichen Zeit (bis zu 6 Fahrspuren durch 1 Kamera), für die andernfalls mehrere Erhebungsgeräte installiert werden müssten</li> <li>• Automatische Kontrollschilderfassung: sehr hoher Personalaufwand für die Installation, insb. bei temporären Erhebungen</li> </ul> <p>Anforderungen (zusätzlich zu den etablierten Methoden, Kap. 5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine spezifische Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungphase</li> </ul>	<p>Indikator 1: Je nach eingesetzter Technologie können Gerätekosten entstehen (Bluetooth, Wi-Fi, Video)</p> <p>Indikator 2: Es können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p> <p>Je nach eingesetzter Technologie kann der Erhebungsaufwand gegenüber den etablierten Methoden höher oder tiefer liegen resp. können Kosten für den Datenkauf entstehen.</p>	0

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
<p>Automatische Identifikation von optischen Merkmalen</p>	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Ausreichende Leistung der Datenübertragung, Programme/Algorithmen zur automatisierten Auswertung, Automatische Erkennung Geräteausfall</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode kann Investitionen in den Geräten (Video) erfordern, soweit sie nicht gemietet werden Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen  Die Methode ist bezüglich des Aufwandes in der Erhebungsphase mit den etablierten Methoden vergleichbar, obwohl Investitionen in den Geräten erforderlich sind.</p>	<p>0</p>
<p>Luftaufnahmen</p>	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Bereitstellung von Angaben zu Anzahl Messungen</li> </ul>	<p>Indikator 1: Es können Gerätekosten (z.B. für Drohne) entstehen. Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen. Es können Kosten für den Datenkauf entstehen  Die Methode ist bezüglich des Aufwandes in der Erhebungsphase mit den etablierten Methoden vergleichbar.</p>	<p>0</p>
<p>Automatische Identifikation mit Sensoren</p>	<p>SWOT-Analyse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passives Infrarot/Ultraschall/Radiowellen/Magnetometer/Personenzählmatte: eher tiefe Kosten</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Durchführungsphase: Datenübertragung/Speicherung</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Methode kann Investitionen in den Geräten (Detektoren) erfordern, soweit sie nicht gemietet werden Indikator 2: Es ist mit keinem zusätzlichen Aufwand für den Betrieb der Erhebung zu rechnen  Die Methode ist bezüglich des Aufwandes in der Erhebungsphase mit den etablierten Methoden vergleichbar.</p>	<p>0</p>

## IV.2.3 Teilziel: Aufbereitungs- und Auswertungsaufwand

Indikatoren:

1. Arbeitsschritte bzw. Arbeitsvorgänge zur Datenaufbereitung inkl. Anonymisierung und Plausibilisierung
2. Benötigte technische Hilfsmittel
3. Benötigtes Know-How

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilfätsrhebung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generell erfordern GPS-basierte Erhebungen einen sehr hohen Aufwand bei der Nachbearbeitung</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Integrierbarkeit mit Befragungen (und Strukturdaten)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Rohdaten erfordern hohen Aufwand an manueller Nachbearbeitung und Plausibilisierung. Unter anderen sind Prüfroutinen zur Ausschcheidung fehlerhafter Daten sowie leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln nötig.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig</p> <p>Indikator 3: Es ist spezifisches Know-How bzw. Algorithmen für Plausibilisierung, manuelle Nachbearbeitung und Zuordnung von Verkehrsmitteln und Aktivitäten zu Etappen und Wegen erforderlich. Es ist Know-How nötig, um die benötigten Routinen zu programmieren.</p> <p>Der Aufbereitungs- und Auswertungsaufwand ist höher als mit den etablierten Methoden, da u. a. zusätzliche Routinen nötig sind</p>	-
Floating Car Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es zeigt sich eine Abweichung der Daten mit herkömmlich (z. B. über Induktionsschlaufen) erhobenen Daten, weshalb die Daten aufwändig mit Referenzdaten validiert werden müssen</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Leistungsfähige Algorithmen zur Störungserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Zur Validierung ist eine aufwändige Validierung mit Referenzdatenerforderlich. Unter anderen sind Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten nötig.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig</p> <p>Indikator 3: Es ist spezifisches Know-How bzw. Algorithmen für Plausibilisierung, manuelle Nachbearbeitung und Zuordnung von Verkehrsmitteln und Aktivitäten zu Etappen und Wegen erforderlich. Es ist Know-How nötig, um die benötigten Routinen zu programmieren.</p> <p>Der Auswertungsaufwand ist höher als mit den etablierten Methoden, da u. a. zusätzliche Routinen nötig sind.</p>	-

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
<p>Floating Phone Data</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Aufwand für die Datenaufbereitung, wenn sich Funkzellen und Verkehrszellen nicht räumlich ähneln</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Leistungsfähige Algorithmen zur Störserkennung (bei ungenügender Georeferenzierung)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Abgleich zwischen Funkzellen und Verkehrszellen erfordert relativ grossen Aufwand. Unter anderen sind Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten nötig.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig</p> <p>Indikator 3: Es ist spezifisches Know-How bzw. Algorithmen für Plausibilisierung, manuelle Nachbearbeitung und Zuordnung von Verkehrsmitteln und Aktivitäten zu Etappen und Wegen erforderlich. Es ist Know-How nötig, um die benötigten Routinen zu programmieren.</p> <p>Die Methode kann einen hohen Aufwand in der Aufbereitungsphase erfordern, wenn Funk- und Verkehrszellen schlecht übereinstimmen Der Auswertungsaufwand ist höher als mit den etablierten Methoden, da u. a. zusätzliche Routinen nötig sind.</p>	-
<p>Big Data</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Big Data erfordern einen sehr hohen Personal- und Zeitaufwand bei der Datenaufbereitung</li> </ul> <p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten, Erarbeitung von leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln, Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Effizientes und skalierbares Speichersystem für das Datenmanagement, Verwertungsmöglichkeit von polystrukturierten Daten.</li> </ul>	<p>Indikator 1: Abgleich zwischen Aggregationsniveau der Daten und Zielaggregaten (z.B. Verkehrszellen) erfordert relativ grossen Aufwand. Unter anderen sind Prüfroutinen zur Ausscheidung von fehlerhaften Daten sowie leistungsfähigen Zuordnungsroutinen für die Zuordnung zu Verkehrsmitteln nötig.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig, sowie ein skalierbares Speichersystem für das Datenmanagement und Verwertungsmöglichkeit von polystrukturierten Daten.</p> <p>Indikator 3: Es braucht Know-How in den statistischen Methoden bzw. Data Mining sowie entwickelte Algorithmen zur Datenauswertung.</p> <p>Die Methode erfordert einen sehr hohen Aufwand in der Aufbereitungsphase (Validierung der Daten). Der Auswertungsaufwand ist deutlich höher als mit den etablierten Methoden, da u. a. zusätzliche Routinen, technische Mittel und Know-How nötig sind</p>	--

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<ul style="list-style-type: none"> <li>RFID/Smart Card/NFC: Validierung mit genaueren und besseren Referenzquellen erforderlich</li> <li>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>3 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Erarbeitung von leistungsfähigen Prüfroutinen zur Ausschcheidung von fehlerhaften Daten, Entwicklung allgemeingültige Algorithmen zur Datenauswertung (Wi-Fi, Bluetooth), Einsatz von Computern mit minimaler Rechenleistung (RFID, Smart Card, NFC),</li> <li>Messungen mittels Wi-Fi/Bluetooth erfordern hohen nachträglichen Auswertungsaufwand, falls keine automatische Analysemöglichkeit zur Verfügung steht.</li> <li>Video: Aufwändige manuelle Auswertung in der Regel erforderlich</li> <li>Automatische Kontrollschilderfassung: sehr hoher Personalaufwand für die Auswertung</li> </ul> </li> </ul>	<p>Indikator 1: Abgleich zwischen Aggregationsniveau der Daten und Zielaggregaten (z.B. Verkehrszellen) erfordert relativ grossen Aufwand.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig (RFID, Smart Card, NFC)</p> <p>Indikator 3: Es braucht Know-How in den statistischen Methoden bzw. Data Mining sowie entwickelte Algorithmen zur Datenauswertung.</p> <p>Die Methode kann je nach eingesetzter Technologie einen hohen Aufwand in der Aufbereitung- und Auswertungsphase erfordern (Validierung der Daten) Je nach eingesetzter Technologie ist mit einem hohen Auswertungsaufwand zu rechnen.</p>	0
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Einsatz von Computern mit ausreichender Rechenleistung, Programme/Algorithmen zur automatisierten Auswertung</li> <li>Video: Aufwändige manuelle Auswertung in der Regel erforderlich</li> </ul>	<p>Indikator 1: Identifikation erfolgt mittels Software. Anwender kann vermutlich, ausser der üblichen Prüfung der Daten auf Sinnhaftigkeit, keine weiteren Überprüfungen vornehmen.</p> <p>Indikator 2: Es sind Computer mit ausreichender Rechenleistung nötig</p> <p>Indikator 3: Es ist kein spezifisches Know-How nötig</p> <p>Der Aufbereitungsaufwand ist mit den etablierten Methoden vergleichbar.</p>	0
Luftaufnahmen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Anforderung zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungsphase: Datenübertragung/Speicherung</li> <li>Video: Aufwändige manuelle Auswertung in der Regel erforderlich</li> </ul>	<p>Indikator 1: Keine spezifische Anforderungen</p> <p>Indikator 2: Keine spezifische Anforderungen</p> <p>Indikator 3: Es ist kein spezifisches Know-How nötig</p> <p>Der Aufbereitungsaufwand ist mit den etablierten Methoden vergleichbar.</p>	0

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
<p>Automatische Identifikation mit Sensoren</p>	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Anforderungen zur Erhöhung der Effizienz in der Aufbereitungs- und Auswertungsphase: Datenübertragung/Speicherung, Routine für Kennwertberechnung (Reports)</li> </ul>	<p>Indikator 1: Die Daten sind statistisch auszuwerten und auf die Konsistenz zu prüfen. Bei Bedarf müssen Referenzdaten als Vergleich zur Hilfe genommen werden.</p> <p>Indikator 2: Keine spezifischen Anforderungen</p> <p>Indikator 3: Es ist kein spezifisches Know-How nötig</p> <p>Der Aufbereitungsaufwand ist mit den etablierten Methoden vergleichbar.</p>	<p>0</p>



## IV.3 Ziel: Hohe Akzeptanz und Datenschutz

### IV.3.1 Teilziel: Akzeptanz bei der Öffentlichkeit generell

Indikatoren: *Erfahrungen mit der Akzeptanz der Öffentlichkeit (Datenschutz)*

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätsaufnahme	Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>8 Anforderungen zum Datenschutz: Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung, Ausschliessliche Verwendung der Daten für festgelegte Erhebungszweck, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Verarbeitung und anonymisierte Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie, von sensiblen Daten nicht möglich ist (Prüfung mit Datenschutzgesetz), Vernichtung der Daten beim Auftragnehmer (soweit vom Auftraggeber gewünscht), Zweckmässige Kommunikation über Erhebung (je nach Akteurguppe), Teilweise höhere Anforderungen als Datenschutzgesetz (Akzeptanz)</li> </ul>	Die Methode erlaubt die Sammlung von persönlichen Daten, so wie auch bei den etablierten Methoden der Fall sein kann (z. B bei Befragungen). Die Anzahl Daten und die Genauigkeit/Vollständigkeit sind jedoch höher als bei herkömmlichen Methoden, was zu einer tieferen Akzeptanz führen kann.	-
Floating Car Data	Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>5 Anforderungen zum Datenschutz: Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung, Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Verarbeitung und Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist (Prüfung mit Datenschutzgesetz)</li> </ul>	Die Methode erlaubt keine Sammlung von persönlichen Daten, sondern von Fahrzeugdaten. Eine anonyme Übertragung der Daten ist möglich, so dass die Akzeptanz ähnlich wie bei den etablierten Methoden sein dürfte.	0
Floating Phone Data	Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden: <ul style="list-style-type: none"> <li>5 Anforderungen zum Datenschutz: Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung, Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Verarbeitung und Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist (Prüfung mit Datenschutzgesetz)</li> </ul>	Die Methode erlaubt die Sammlung von persönlichen Daten, so wie auch bei den etablierten Methoden der Fall sein kann (z. B bei Befragungen). Die Anzahl Daten und die Genauigkeit/Vollständigkeit sind jedoch höher als bei herkömmlichen Methoden, was zu einer tieferen Akzeptanz führen kann.	-

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
Big Data	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Anforderungen zum Datenschutz: Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung, Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Verarbeitung und Speicherung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie, von sensiblen Daten nicht möglich ist (Prüfung mit Datenschutzgesetz)</li> </ul>	<p>Big Data bezweckt die Verbindung von unterschiedlichen Datenquellen, um "neuen" Daten herzustellen. Die Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit dürfte ziemlich tief sein, da der Erhebungszweck der Daten dem Verwendungszweck nicht entspricht.</p>	--
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Anforderungen zum Datenschutz: Anonymisierung der erhobenen Daten nach der Datenüberprüfung, Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Verarbeitung der Daten muss so erfolgen, dass eine Zuordnung zu einer Kategorie von sensiblen Daten nicht möglich ist (Prüfung mit Datenschutzgesetz)</li> </ul>	<p>Je nach eingesetzter Technologie ist die Sammlung von persönlichen Daten möglich. Die Akzeptanz variiert je nach eingesetzter Technologie</p>	-
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zum Datenschutz: Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Videoaufnahmen sind innerhalb einer bestimmten Zeit zu löschen</li> </ul>	<p>Die Videoaufnahme kann zur Identifikation von Personen führen. Die Akzeptanz dürfte tief sein.</p>	--
Luftaufnahmen	<p>Anforderungen zusätzlich zu den etablierten Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Anforderungen zum Datenschutz: Ausschliessliche Verwendung der Daten für die jeweilige Untersuchung, Unterzeichnung Vertraulichkeitserklärung durch involvierte Mitarbeiter, Schutz vor nicht autorisiertem Zugriff oder Verwendung, Zerstörung und Veränderung von Daten, Videoaufnahmen sind innerhalb einer bestimmten Zeit zu löschen</li> </ul>	<p>Die Videoaufnahme kann zur Identifikation von Personen führen. Die Akzeptanz dürfte tief sein.</p>	--
Automatische Identifikation mit Sensoren	<p>Keine zusätzlichen Anforderungen zur Sicherstellung des Datenschutzes (Kap. 5)</p>	<p>Diese Methode erlaubt keine Erfassung von persönlichen Daten und ist somit unbedenklich bezüglich der Akzeptanz</p>	0

## IV.3.2 Teilziel: Akzeptanz seitens der Öffentlichkeit hinsichtlich Glaubwürdigkeit der Methode

Indikatoren: Erfahrungen mit der Akzeptanz der Öffentlichkeit bzgl. Verbreitung der Methode

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätsaufnahme		GPS ist generell in der Öffentlichkeit mit grossem Vertrauen behaftet. Die Methode ist Probanden und Allgemeinheit nachvollziehbar.	+
Floating Car Data		Methode ist der breiten Öffentlichkeit nur wenig bekannt, jedoch für Probanden und Allgemeinheit nachvollziehbar.	+
Floating Phone Data		Methode ist der breiten Öffentlichkeit nur wenig bekannt, jedoch für Probanden und Allgemeinheit nachvollziehbar.	+
Big Data		Methode wird in der Öffentlichkeit diskutiert, ist aber negativ konnotiert. Methodik ist für Probanden und Allgemeinheit eher schwer nachvollziehbar.	0
Erfassung und Vergleich von ID-Codes		Methode ist der breiten Öffentlichkeit nur wenig bekannt. Die Methoden sind jedoch einfach verständlich.	++
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen		Methodik ist der breiten Öffentlichkeit bekannt, für Probanden und Allgemeinheit eher schwer nachvollziehbar.	-
Luftaufnahmen		Methodik ist der breiten Öffentlichkeit bekannt, für Probanden und Allgemeinheit einfach nachvollziehbar.	+
Automatische Identifikation mit Sensoren		Methode ist der breiten Öffentlichkeit nur wenig bekannt, für Probanden und Allgemeinheit eher schwer nachvollziehbar.	-

### IV.3.3 Teilziel: Bereitschaft für die Mitwirkung (Betroffene)

Indikatoren: *Erfahrungen Bereitschaft zur Mitwirkung von Erhebung*

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätserhebung	SWOT-Analyse (Kap. 4): • Die Datenerhebung erfolgt mit vergleichsweise geringem Aufwand für die Probanden	Der Aufwand ist deutliche kleiner als für herkömmliche Mobilitätserfassungen mit Verkehrstagebüchern. Die Akzeptanz unter diesem Blickwinkel dürfte deswegen gross sein (Probleme beim Datenschutz sind bei einem anderen Indikator erfasst).	++
Floating Car Data		Floating Car Data benötigt in der Regel keine direkte Mitwirkung der Betroffenen, welche somit keinen Aufwand haben. Die Akzeptanz unter diesem Blickwinkel dürfte deswegen gross sein (Probleme beim Datenschutz sind bei einem anderen Indikator erfasst).	++
Floating Phone Data		Floating Car Data benötigt in der Regel keine direkte Mitwirkung der Betroffenen, welche somit keinen Aufwand haben. Die Akzeptanz unter diesem Blickwinkel dürfte deswegen gross sein (Probleme beim Datenschutz sind bei einem anderen Indikator erfasst).	++
Big Data		Big Data erfordert in der Regel keine direkte Mitwirkung der Betroffenen, welche somit keinen Aufwand haben. Die Akzeptanz unter diesem Blickwinkel dürfte deswegen gross sein (Probleme beim Datenschutz sind bei einem anderen Indikator erfasst)	++
Erfassung und Vergleich von ID-Codes		Diese Methoden benötigen in der Regel keine direkte Mitwirkung der Betroffenen, welche somit keinen Aufwand haben. Die Akzeptanz unter diesem Blickwinkel dürfte deswegen gross sein (Probleme beim Datenschutz sind bei einem anderen Indikator erfasst)	++
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen		Personen können nicht entscheiden, ob sie erhoben werden können oder nicht. Deshalb ist keine Bewertung dieses Indikators möglich.	Nicht bewertbar
Luftaufnahmen		Personen können nicht entscheiden, ob sie erhoben werden können oder nicht. Deshalb ist keine Bewertung dieses Indikators möglich.	Nicht bewertbar
Automatische Identifikation mit Sensoren		Personen können nicht entscheiden, ob sie erhoben werden können oder nicht. Deshalb ist keine Bewertung dieses Indikators möglich.	Nicht bewertbar

### IV.3.4 Teilziel: Einhaltung Datenschutz

Indikatoren: Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes

Methoden	Mengengerüst, Vorhandene Informationen	Beurteilung inkl. Begründung	Note
GPS-unterstützte Mobilitätsaufnahme	Daten werden im Rahmen spezifischer Untersuchungen gesammelt, bei denen Vertraulichkeitserklärungen Schutz sicherstellen. GPS-Logger sind nicht eindeutig einer Person zugeordnet und werden nach Abschluss der Untersuchung wieder retourniert. Problem der Zuordnung von Bewegungsprofilen zu Personen bei Smartphone-basierten GPS-Loggern.	Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes kann relativ hoch sein.	-
Floating Car Data	GPS-Logger sind einem registrierten Fahrzeug zugeordnet und ermöglichen theoretisch Rückschlüsse auf Bewegungen des Halters.	Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes relativ hoch.	0
Floating Phone Data	Mittels der Zuordnung des Telefons zu Personen bei Smartphone-basierten Anwendungen entsteht Problem des Datenschutzes (personalisiertes Bewegungsprofil).	Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes relativ hoch.	-
Big Data	Mittels der Zuordnung des Telefons zu Personen bei Smartphone-basierten Anwendungen entsteht Problem des Datenschutzes (personalisiertes Bewegungsprofil). Daten werden aber von Besitzern meist bereits verschlüsselt ausgegeben.	Der Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes je nach Daten recht hoch sein.	-
Erfassung und Vergleich von ID-Codes	Die Anzahl und der Detaillierungsgrad der gesammelten Daten sind von der jeweiligen Erhebungstechnologie abhängig. Es besteht jedoch meist ein Bestreben der Hersteller von Erhebungsgeräten resp. der Datenbesitzer keine persönliche Daten zu liefern.	Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes kann zwar relativ hoch sein, die Hersteller von Erhebungsgeräten resp. Datenbesitzer geben nur anonymisierte Daten weiter. Daher entsteht wenig Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes seitens Datenauswerter.	0
Automatische Identifikation von optischen Merkmalen		Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes ist hoch.	-
Luftaufnahmen		Aufwand für die Sicherstellung des Datenschutzes relativ hoch.	-
Automatische Identifikation mit Sensoren	Keine Probleme mit Datenschutz, da Informationen nur aggregiert gesammelt werden. Herausforderung bei automatischer Kennzeichenerfassung, dass erhobene Daten können einer Person (Fahrzeughalter) zugewiesen werden. Kennzeichen werden allerdings unmittelbar bei Erhebung kodifiziert.	Allgemein keine grossen Datenschutzprobleme, da keine eindeutig zuzuordbaren Informationen gesammelt werden. Grosser Aufwand für Kommunikation des Datenschutzes bei automatischer Kennzeichenerfassung (siehe Gerichtsurteile in Deutschland).	-



## Glossar

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
AGPS	Assisted Global Positioning System
ANPR	Automatic number plate recognition
App	Application Software
BiBo	Be-in/Be-out
FCD	Floating Car Data
FG	Fussgänger
FPD	Floating Phone Data
Fz	Fahrzeug
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications ist der weltweit am meisten verbreitete Standard für volldigitale Mobilfunknetze
ID-Code	Identification Code
IVT	Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
LTE	Long Term Evolution
LW	Lastwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MZMV	Mikrozensus Mobilität und Verkehr
NFC	Near Field Contact
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PW	Personenwagen
RFID	Radio Frequency Identification
RP-Befragung	Revealed Preference Befragung
SIM-Karte	"Subscriber Identity Module"-Karte
SP-Befragung	Stated Preference Befragung
SVI	Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten
SWOT-Analyse	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats; Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
Verkehr	Bewegung von Personen und Gütern in einem definierten System
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
Wi-Fi	Brand-Name für den funkbasierten WLAN IEEE 802.11-Kommunikationsstandard





## Literaturverzeichnis

- 
- Airsage (2014) Innovations in Data Collection. ASCE T&DI Advanced Technology Committee Webinar vom 8.10.2014. [www.airsage.com](http://www.airsage.com) Zugriff: 15.10.2014
- 
- ANPR Tutorial (2014) The automatic number plate recognition tutorial. [www.anpr-tutorial.com](http://www.anpr-tutorial.com) Zugriff: 26.08.2014
- 
- ASTRA (2012) Richtiline 13 005 Videoanlagen
- 
- Axer, S., J. Rohde und B. Friedrich (2012) Level of service estimation at traffic signals based on innovative traffic data services and collection techniques. 15<sup>th</sup> meeting of the EURO Working Group on Transportation
- 
- Barceló, J., L. Montero, L. Marqués, C. Carmona (2010) Travel Time Forecasting and Dynamic Origin-Destination Estimation for Freeways Based on Bluetooth Monitoring. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2175, S. 19-27
- 
- Barthel, R (o.J.) RFID in der Praxis. [www.gvb-ev.de/fileadmin/pdfs/04rfid\\_vortrag.pdf](http://www.gvb-ev.de/fileadmin/pdfs/04rfid_vortrag.pdf), Zugriff: 26.08.2014
- 
- bast (2010) Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 200. Bergisch Gladbach, Dezember 2010
- 
- BAZL (2014) Drohnen und Flugmodelle. [www.bazl.admin.ch](http://www.bazl.admin.ch) Zugriff: 20.10.2014
- 
- Blythe P. (1998) Integrated Ticketing, Smart Cards in Transport. The Institute of Electrical Engineers, London
- 
- bmvit (2011) Handbuch für Mobilitätserhebungen. KOMOD – Konzeptstudie Mobilitätsdaten Österreich, 14. November 2011
- 
- Bouman, P. et al (o.J.) Recognizing Demand Patterns from Smart Card Data for Agent-Based Micro simulation of Public Transport. Erasmus University, Rotterdam
- 
- Breitenberger, S., B. Grüber, M. Neuherz (2004) Extended Floating Car Data – Potenziale für die Verkehrsinformation und notwendige Durchdringungsraten. In: Strassenverkehrstechnik Nr. 10, 2004.
- 
- Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) (2009): Voraussetzungen für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen. Bericht zum Forschungsprojekt 03.392/2005/IGB: Voraussetzungen und Möglichkeiten zur Anzeige von Reisezeitinformationen in neuen Anzeigesystemen dWiSta auf Bundesautobahnen.
- 
- B+S AG (2011) Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement. Forschungsauftrag VSS 2006/905
- 
- B+S AG/Amstein+Walthert AG (2006) Systeme für die automatische Verkehrsüberwachung (Monitoring) mit digitaler Bildverarbeitung. Forschungsauftrag VSS 1999/265
- 
- B+S AG (2005) Floating Car Data - Stand der Technik. Bundesamt für Strassen
- 
- CC.com (2014a) Präsentation Blids. Präsentation im Rahmen Roadshow, Oktober 2014
- 
- CC.com (2014b) Blids network. Systembeschreibung Datenschutz und Sicherheitskonzept.
- 
- CC.com (o.J.) Abschätzung der minimal notwendigen Verkehrsstärke für den Einsatz von BLIDS-Netzwerken
- 
- CC.com (o.J.) Untersuchung Stichprobengrösse. Austrian Institute of Technologie
- 
- Chambers-Electronics (2014a) RadioBeam Car Counter. [www.chambers-electronics.com](http://www.chambers-electronics.com) Zugriff: 23.09.2014
- 
- Chambers-Electronics (2014b) AutoMag Car Counter. [www.chambers-electronics.com](http://www.chambers-electronics.com) Zugriff: 23.09.2014
- 
- Cheng, Z et al. (2011): Exploring Millions of Footprints in Location Sharing Services. Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media
- 
- Cohn, N. und H. Bischoff (2012) Floating car data for transportation planning. Vortrag, NATMEC, Dallas.
- 
- Çolak, S. et al (2014) Analyzing Cell Phone Location Data For Urban Travel: Current Methods, Limitations and Opportunities. TRB 2015 Annual Meeting
- 
- Cottril, C et al. (2012) The Future Mobility Survey: Experiences in developing a smartphone-based travel survey in Singapore.
- 
- DataCollect (2014) eScan. [www.datacollect.de](http://www.datacollect.de) Zugriff:23.05.2014
- 
- de Spindler, A. und T. Keller (2014) Projekt "Mobilitätsstrategie". Schlussbericht. Institut für Wirtschaftsinformatik, ZHAW
- 
- Desharnais, M. und R. Chapleau (2013) Scrutinizing weekly travel behaviour pattern in paratransit: results of a big data experiment. Vortrag im 92<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board.
-

- 
- Eco Counter (2014a) Instant Counting. [www.instantcounting.com](http://www.instantcounting.com) Zugriff: 22.09.2014
- 
- Eilmes, B.; Zietz, A.; von Szombathely, M. et al. (2014) CICO-, CIBO und BIBO-basierte ÖPNV-Vertriebssysteme in Ballungsräumen weltweit. Markterkundung. Berlin.
- 
- eTicket-Deutschland (2014) eTicket-Deutschland. [www.eticket-deutschland.de](http://www.eticket-deutschland.de) Zugriff: 8.9.2014
- 
- Ernst, J., J. Krogmeier und D. Bullock (2011) Acceleration Estimation and Signature Matching Travel Time Estimation Enhancement for Standard Electromagnetic Vehicle Detectors. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2243, S. 27-37
- 
- EtikettenWissen.de (2014) Barcode-Etikett. [www.etikettenwissen.de/wiki/Barcode-Etikett](http://www.etikettenwissen.de/wiki/Barcode-Etikett) Zugriff: 27.8.2014
- 
- Fietsbraad (2009) Alternatives for pneumatic tube counters are still rare. [www.fietsberaad.nl](http://www.fietsberaad.nl) Zugriff: 16.10.2014
- 
- FGSV (2012) Empfehlungen für Verkehrserhebungen, Köln.
- 
- Friedrich, M. (2010) Nutzung von Mobilfunkdaten für die Analyse der Routenwahl und für die Verkehrsumlegung. Institut für Strassen- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart.
- 
- Friedrich, M. et al. (2010) Generating Origin-Destination Matrices from Mobile Phone Trajectories. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2196, S. 93-101
- 
- Gassner, J. (2011) Bildverarbeitung. Machbarkeitsstudie Bildauswertungssoftware im Auftrag Viasuisse AG, Präsentation Frankfurt 14.11.2011
- 
- GS1 Switzerland (2014) GS1-System. <http://www.gs1.ch/gs1-system/das-gs1-system> Zugriff: 11.11.2014
- 
- GS1/HSG (2014) Big Data-Anwendungen in Schweizer Supply Chains. Medienmitteilung vom 18.6.2014
- 
- Griffith, S. und M. Kunzmann (2013) Comparison of GPS Data Loggers and the Smartphone Application Route Scout for Use in GPS Data Collection for Travel Surveys. Joint Statistical Meeting
- 
- Horauer, M. et al. (2010) FlexiCount: Eine flexible Personenzählmatte für den mobilen Indoor und Outdoor Einsatz. Real Corp 2010 Proceedings/Tagungsband. [www.corp.at](http://www.corp.at) Zugriff: 22.9.2014
- 
- Kay, A. und P. Jackson (2012) An Appraisal of Emerging Bluetooth Traffic Survey Technology. SIAS Ltd/Sky High Traffic Survey
- 
- Kohla, B. und M. Meschik (2013) Comparing Trip Diaries with GPS Tracking: Results of a Comprehensive Austrian Study. In: Zmud, J. et al. (2013) Transport Survey Methods. Emerald
- 
- Körner, M. (2011) Nutzungsmöglichkeiten von Floating Car Data zur Verkehrsflussoptimierung. in: Strobl, J., T. Blaschke, und G. Griesebner (Hrsg.) Angewandte Geoinformatik.
- 
- Liu, H., A. Dancyk, R. Brewer und R. Starr (2008) Evaluation of Cell Phone Traffic Data in Minnesota. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2086, S. 1-7
- 
- Liu, Y, F. Dion und S. Biswas (2005) Dedicated Short-Range Wireless Communications for Intelligent Transportation System Application. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 1910, S. 29-37
- 
- Listl, G (2003) Anwendung neuer Technologien zur Erfassung des Verkehrsablaufs. Dissertation, Universität Kassel
- 
- Lorkowski, S. et al. (2003) Erste Mobilitätsdienste auf der Basis von Floating Car Data. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrsforschung, Berlin.
- 
- Malik, A (2009) RTLS for Dummies. Wiley Publishing Inc., Hoboken
- 
- Mafreina (2014) Mafreina. [www.mafreina.ch](http://www.mafreina.ch) Zugriff: 22.9.2014
- 
- Medina J., A. Hajbabaie und R. Benekohal (2011) Detection Performance of Wireless Magnetometers at Signalized Intersection and Railroad Grade Crossing under Various Weather Conditions. Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2259, S. 233-241
- 
- Meier, S. und L. Breitbarth (2013) Ergänzung der Verkehrslage im Freistaat Thüringen durch eine Bluetooth-Reisezeitermittlung. In Strassenverkehrstechnik, Jg. 57, Nr. 6, S.359-365
- 
- Miovision (2014) Miovision Plattform. Herstellerunterlagen, [www.miovision.com](http://www.miovision.com) Zugriff: 12.11.2014
- 
- Montini, L., N. Rieser-Schüssler, A. Horni und K.W. Axhausen (2014) Trip-Purpose Identification from GPS Tracks. TRB 2014 Annual Meeting
- 
- Montini, L., N. Rieser-Schüssler und K.W. Axhausen (2013) Field Report: One-Week GPS-based Travel Survey in the Greater Zurich Area. 13<sup>th</sup> Swiss Transport Research Conference
- 
- Munro R. (2013) Evaluation of Automatic Cyclist Counters. ARRB/TMR
- 
- NFC Forum (2014) What is NFC? <http://nfc-forum.org> Zugriff: 16.10.2014
- 
- Oliveira, M. et al. (2011) Global Positioning System-Assisted Prompted Recall Household Travel Survey to Support Development of Advanced Travel Model in Jerusalem, Journal of the Transportation Research Board, Nr. 2246, S.16-23
- 
- OpenWlanMap (2014) OpenWlanMap [openwlanmap.org](http://openwlanmap.org) Zugriff: 11.11.2014
-

- 
- ORINOKO (2014) Ausführlicher Ergebnisbericht mit Konzept zum Weiterbetrieb.  
<http://www.c-na.de/orinoko/deutsch/index.php?nav0=153&page=111>. Zugriff: 02.10.2014
- 
- Rapp Trans AG/ProgTrans AG/LOG HSG (2013) Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten. Forschungspaket UVEK/ASTRA zum Güterverkehr, Teilprojekt A, Forschungsauftrag SVI 2009/002
- 
- Rapp Trans AG (2013) Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen. Forschungspaket UVEK/ASTRA zum Güterverkehr, Teilprojekt B3
- 
- Rapp Trans AG (2012a) Angaben zum Transport gefährlicher Güter auf Durchgangsstrassen – Revision Störfallverordnung 2015 – Konzept im Auftrag des BAFU
- 
- Rapp Trans AG (2012b) Aktualisierung Mengengerüst Güterverkehr Kanton Zürich 1993-2010, Amt für Verkehr Kanton Zürich
- 
- Rapp Trans AG (2011) Future technologies and Innovations relating to freight transport which are relevant for carbon footprint calculation, COFRET, [www.cofret-project.eu](http://www.cofret-project.eu)
- 
- Rechsteiner, U. (2014) Mündliche Auskunft Oktober 2014. Tiefbaunt Kanton St. Gallen
- 
- Rindsfuser, G. und F. Klügl (2014) Kombiniertes Verkehrsmittel- und Routenwahlmodell. Forschungsprojekt SVI 2004/029
- 
- Rudolf Keller & Partner Verkehrsingenieure AG (2000) Verwendungsmöglichkeiten von Floating Car Data in der Verkehrsplanung. Forschungsauftrag SVI 47/98, Basel
- 
- rfd ready (2012) Automatische Fahrzeugerkennung mit RFID. [www.rfid-ready.de](http://www.rfid-ready.de), Zugriff: 26.08.2014
- 
- Rhb (2014) Trans Reno Chip Card Billet System.  
<https://www.rhb.ch/de/ticket-abonnemente/abonnemente/verbund-abos> Zugriff: 8.9.2014
- 
- Sauter, D. (2009) Automatische Zählsysteme zur Erfassung des Fussverkehrs – Übersicht und Bewertung.
- 
- Schlegel, V. (2014) Mündliche Auskunft September 2014. Swisscom
- 
- Schmietendorf, G. (2011) Verkehrsdatenerfassung mit Bluetooth-Detektion: Möglichkeiten und Grenzen, Institut für Verkehrstelematik, Technische Universität Dresden
- 
- Schneider, S. und D. Hirzel (2015) Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 2: Methoden der Verkehrsbeobachtung. Forschungsprojekt VSS 2009/102
- 
- Schuhco (2013) Bike-Counter. [www.schuhco.de](http://www.schuhco.de) Zugriff: 15.10.2014
- 
- Smartcardalliance (2014) Smart Card FAQ. [www.smartcardalliance.org](http://www.smartcardalliance.org) Zugriff: 16.10.2014
- 
- Stopher, P., C. FitzGerald und J. Zhang (2008) Advances in GPS Technology for measuring travel. The University of Sidney
- 
- Studio Mobilita (2014) Studio Mobilita. [www.studio-mobilita.ch](http://www.studio-mobilita.ch) Zugriff: 19.09.2014
- 
- SWISSCOM Business Engineering (o.J.) Fingerprinting Methode
- 
- TomTom (2013) Real time & historical traffic. [www.tomtom.com/licensing](http://www.tomtom.com/licensing) Zugriff: 12.11.2014
- 
- Transport Canada (2014a) Canadian Vehicle Study. [www.tc.gc.ca](http://www.tc.gc.ca) Zugriff: 19.09.2014
- 
- Transport Canada (2014b): E-Mail vom Aaron Ludmer, Transport Canada 19.09.2014
- 
- Transport Canada (2014c) Canadian Vehicle Study – Heavy Truck Component. Präsentation Transport Canada vom Juni 2014
- 
- Transport Canada (2012a) Canadian Vehicle Study. Präsentation Transport Canada vom 15.3.2012
- 
- Transport Canada (2012b) Canadian Vehicle Study. Methodology. Entwurf.
- 
- Travel Survey Method Committe (2014) The on-line travel survey manual. A dynamic document for transportation professionals. [www.travelsurveymanual.org](http://www.travelsurveymanual.org), Zugriff 14.08.2014
- 
- Turner, S., W. Eisele, R. Benz und D. Holdener (1998) Travel Time Data Collection Handbook. Texas Transportation Institute
- 
- Voight A. (2011) Collecting External Data Using Bluetooth Technology. 90<sup>th</sup> TRB Annual Meeting, Session 175
- 
- Vossiek, M und P. Gulden (2006) Radiofrequente Ortung für Verkehr und Logistik  
<http://www.braunschweig.ihk.de/index.php?id=6157>, Zugriff: 26.8.2014
- 
- VÖV (2013) Die öV-Karte heisst SwissPass und wird zusätzlichen Kundennutzen bieten. [www.voev.ch](http://www.voev.ch), Zugriff: 26.08.2014
- 
- VSS (1988) SN 640 002 Verkehrserhebungen
- 
- Wang, Y, B. Araghi, Y. Malinovskiy, J. Corey und T. Cheng (2014a) Error Assessment for Emerging Traffic Data Collection Devices. Pacific Northwest Consortium (PacTrans), University of Washington
-

---

Wang, J., Y. Wang, M. Yun und X. Yang (2014b) Development of Urban Road Network Traffic State Dynamic Estimation Road. Mathematical Problems in Engineering, Article ID 714149

---

Widmer, P., P. Aemisegger und M. Schoch (2015) Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 1: Systematik und Glossar, Forschungsprojekt VSS 2009/101

---

Wikipedia (2015) Near Field Communication. [http://de.wikipedia.org/wiki/Globales\\_Navigationssatellitensystem](http://de.wikipedia.org/wiki/Globales_Navigationssatellitensystem)  
Zugriff: 5.1.2015

---

# Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 18.9.2015

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2011/015  
 Projekttitel: Anforderungen an zukünftige Mobilitätshebungen  
 Enddatum: Oktober 2015

#### Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die Forschungsarbeit stellt in einem ersten Schritt die Bedürfnisse der Verkehrsplanung nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten zusammen. Es zeigt sich, dass sich die Bedürfnisse nach Kennwerten je nach Aufgabenbereich (Grundlagen und Instrumente, Planung, Bau und Unterhalt, Betrieb/Management und Monitoring/Controlling) stark unterscheiden. Als Technologien, welche bei neuen Erhebungsmethoden zum Einsatz gelangen, werden GPS, Mobilfunkortung, BigData, Radio Frequency Identification, Smart Card, Near Field Contact, Barcode, Wi-Fi, Bluetooth, Digitales Video/Foto, passives Infrarot, Laser, Ultraschall, Radiowellen, Magnetometer, Glasfaserkabel und Personenzählmatte vorgestellt. Die neuen Erhebungsmethoden, welche diese Technologien (z.B. GPS-unterstützte Mobilitätshebungen, Floating Car Data, Floating Phone Data, Identifikation mit ID-Code, Luftaufnahmen, automatische Identifikation von optischen Merkmalen, Signature- und Platoon-Matching) einsetzen, werden beschrieben. Eine SWOT Analyse zeigt, dass zwar keine der neuen Methoden in jeder Beziehung besser ist als die herkömmlichen, dass aber der Einsatz neuer Technologien viele Möglichkeiten zur Erfassung von zusätzlichen, umfangreicheren und genaueren Daten eröffnet. Auch ohne dass sich dadurch die grundsätzliche Methodik der Verkehrsplanung ändert, können von dieser rascher verfügbare und besser fundierte Ergebnisse erwartet werden. Die Anforderungen an die Mobilitätshebungen bleiben unverändert; die erhobenen Daten müssen aktuell, vollständig, genau und zugänglich sein. Bei Erhebungsmethoden, welche die Sammlung personalisierter Daten (z.B. Bewegungsmuster) erlauben, ergeben sich hohe Anforderungen an den Datenschutz. Mit der zunehmenden Möglichkeit, Mobilitäts- und Verkehrsdaten in Echtzeit zu erfassen, eröffnen sich neue Chancen für "data-driven" Prozesse, z.B. in der Verkehrssteuerung. Hindernisse für den vermehrten Einsatz von neuen Technologien bei Mobilitäts- und Erhebungsmethoden sind die z.T. noch mangelnde Repräsentativität der erhobenen Daten, die fehlende Transparenz und insbesondere der Datenschutz.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Ziel der Forschungsarbeit, die Anwendungspotenziale neuer Technologien und Methoden für die Mobilitäts- und Verkehrserhebung auszuloten und diese unter Berücksichtigung der Anforderungen an künftige Mobilitätshebungen zu bewerten, wurde erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Mit den vorgestellten neuen Technologien und Erhebungsmethoden eröffnen sich der Verkehrsplanung viele Möglichkeiten zur Erfassung von neuen, umfangreicheren und genaueren Daten. Auf den gewohnten Prozess der Verkehrsplanung hat dies aber kaum Auswirkungen. Mit den neuen Technologien können jedoch vermehrt Daten in Echtzeit und in hoher Auflösung (grosse Datenmengen) erhoben werden. Für nachfrageorientierte, betriebliche Prozesse (z.B. Verkehrssteuerung) eröffnet sich die Möglichkeit, vermehrt "data driven" Methoden einzusetzen.

Es bestehen grosse Unterschiede bei den verfügbaren Angaben zur Genauigkeit der einzelnen Technologien. Daher sind weitere, praktische Studien, welche die entsprechenden Technologien im Schweizer Kontext prüfen, notwendig. Ausserdem sollten die praktischen Erfahrungen mit neuen Erhebungsmethoden systematisch dokumentiert und zentral gesammelt werden, damit sie für andere zugänglich sind. Dies würde insbesondere auch darum Sinn machen, weil der in dieser Arbeit vorgestellte Stand der Technik aufgrund der rasanten technologischen Entwicklung bald überholt sein dürfte und eine zentrale Datenbank jeweils den aktuellen Stand der Technik dokumentieren könnte.

Publikationen:

Widmer, P., M. Ruesch, P. Aemisegger, M. Wagner, G. Moreni und K.W. Axhausen (2015) Anforderungen an zukünftige Mobilitätshebungen, Bericht SVI 2011/015, Schriftenreihe, im Druck, UVEK, Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Paul

Vorname: Widmer

Amt, Firma, Institut: büro widmer ag, Frauenfeld

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

#### Beurteilung der Begleitkommission:

##### Beurteilung:

Das fachkompetente Forschungsteam hat effizient und zielorientiert gearbeitet, die Anregungen und Inputs der fachlich breit abgestützten Begleitkommission und der beigezogenen Experten aufgenommen und in den Bericht eingearbeitet, den Zeitplan und das Kostendach eingehalten und die Auflagen des ASTRA voll erfüllt. Das Zeit- und Projektmanagement der Projektleitung war sehr gut.

Es wurde ein sehr grosser Aufwand geleistet, die Bedürfnisse nach Mobilitäts- und Verkehrsdaten herauszuarbeiten und die über 17 neuen Technologien und Erhebungsmethoden im Detail zu beschreiben. Der Bericht enthält eine seriöse Auseinandersetzung mit den Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren der neuen Technologien und Erhebungsmethoden. Die Anforderungen an Mobilitäts- und Verkehrserhebungen wurden aus verkehrsplanerischer Sicht umfassend erarbeitet und erläutert.

Der bereits in der Offerte gemachte Vorschlag, zusätzlich zur Begleitkommission mit Experteninterviews und Workshops zu arbeiten, erwies sich als sehr zweckmässig.

Die gesteckten Ziele wurden vollständig erreicht.

##### Umsetzung:

Die vorliegenden Analysen und Empfehlungen sind eine wichtige Grundlage für zukünftige Mobilitätserhebungen beim Bund, bei den Kantonen und Städten. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, verlässlichere Grundlagedaten zum Mobilitäts- und Verkehrsverhalten einfacher und umfassender zu gewinnen.

Zur direkten Umsetzung braucht es aufgrund der Komplexität der Materie und der offenen Fragen, u.a. zur Genauigkeit der Daten, zu den Kosten und zum Datenschutz noch weitergehende Abklärungen und Vertiefungen.

##### weitergehender Forschungsbedarf:

Bei GPS-unterstützten Mobilitätserhebungen (grosses Anwendungspotenzial) besteht weiterer Forschungsbedarf, um benutzte Verkehrsmittel vereinfacht und eindeutig zu identifizieren. Vertiefte Analysen der Probleme mit dem Datenschutz bei personalisierten Bewegungsprofilen sind erforderlich und umsetzbare Lösungsmöglichkeiten sind aufzuzeigen. Die Genauigkeit der einzelnen Technologien sind an Schweizer Best-Practice Beispielen zu untersuchen. Der Stand des Wissens ist laufend weiterzuerfolgen, da dieser Bericht den aktuellen State-of-the-Art darstellt. Es ist auszuloten, in welche Technologien die öffentliche Hand sinnvollerweise investiert, um eine zu starke Abhängigkeit von privaten Anbietern zu vermeiden. Für die systematische Sammlung von Best-Practice Beispielen könnte eine zentrale Datenbank geschaffen werden, sofern sie laufend unterhalten und nachgeführt wird.

##### Einfluss auf Normenwerk:

Die Forschungsarbeit vermittelt einen aktuellen Wissensstand über neue Technologien und Erhebungsmethoden für Mobilitäts- und Verkehrserhebungen, deren Entwicklung rasant weitergeht. Die im Moment in der Überarbeitung befindenden VSS-Normen zur Verkehrserhebung behandelt auch Aspekte der neuen Technologien und Erhebungsmethoden.

#### Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Infanger

Vorname: Kurt

Amt, Firma, Institut:

#### Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:





## Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen kann heruntergeladen werden unter: [www.astra.admin.ch](http://www.astra.admin.ch) -> Dienstleistungen -> Forschung im Strassenwesen -> Downloads -> Formulare



## SVI-Publikationsliste

Das Publikationsverzeichnis der SVI-Forschungsarbeiten kann heruntergeladen werden unter: [www.svi.ch](http://www.svi.ch) -> Publikationen -> Forschungsberichte