



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundla- gedaten: Teilprojekt 2: Metho- den der Verkehrsbeobachtung

**Paquet de projets de recherche conjoints Recensements
dans les transports: Projet partiel 2: Méthodes
d'observation du trafic**

**Research Package Survey of basic traffic planning data:
Sub-project 2: Traffic observation methods**

Planungsbüro Jud AG, Zürich
Stefan Schneider
Daniel Hirzel

**Forschungsprojekt VSS 2009/102 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

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)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundla- gedaten: Teilprojekt 2: Metho- den der Verkehrsbeobachtung

**Paquet de projets de recherche conjoints Recensements
dans les transports: Projet partiel 2: Méthodes
d'observation du trafic**

**Research Package Survey of basic traffic planning data:
Sub-project 2: Traffic observation methods**

Planungsbüro Jud AG, Zürich
Stefan Schneider
Daniel Hirzel

**Forschungsprojekt VSS 2009/102 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

St. Schneider

Mitglieder

D. Hirzel

Federführende Fachkommission

Fachkommission 1: Verkehrsplanung

Begleitkommission

Präsident

Roland Ribi

Mitglieder

Wilfried Anreiter

Kay Axhausen

Yves Gasser

Christian Hasler

Nicolas Latuske

Erich Willi

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	11
Summary	15
1. Einführung	19
1.1 Ausgangslage.....	19
1.1.1 Bedarf an Grundlagedaten.....	19
1.1.2 Existierende Normen im Bereich Verkehrserhebungen.....	19
1.2 Forschungsauftrag	19
1.2.1 Normierungskonzept und Forschungsbündel	20
1.2.2 Gegenstand/Abgrenzung	20
1.2.3 Zielsetzung	21
1.3 Grundlagen.....	21
1.3.1 Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) (FGSV, 2012)	21
1.3.2 Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen (BASt, 2010)	21
1.4 Inhalt und Aufbau des Forschungsberichts.....	22
2 Systematik der Verkehrsbeobachtungsmethoden	23
2.1 Strukturierung der Methoden	23
2.1.1 Grundlegende Struktur	23
2.1.2 Weitere Strukturierung der Methoden im Bericht.....	26
3 Grundsätze zur Planung von Verkehrsbeobachtungen	29
3.1 Anforderungen an die Datenqualität	29
3.1.1 Zum Begriff Qualität bei Verkehrsbeobachtungen	29
3.1.2 Anforderungen an die einzelnen Qualitätsaspekte	30
3.2 Planerische Hinweise zur Erreichung einer hohen Datenqualität.....	31
3.3 Personal- und Materialeinsatzplanung.....	35
3.4 Räumliche Planung	36
3.5 Weiteres	36
3.6 Datenschutz	37
3.6.1 Allgemein.....	37
3.6.2 Tracking.....	37
3.6.3 Bildmaterial.....	38
4 Methoden der Verkehrsbeobachtung	39
4.1 Übersicht	39
4.2 Zählungen – fließender MIV	40
4.2.1 Empfohlene Zählzeiten	40
4.2.2 Hinweise zu Metadaten.....	41
4.2.3 Kenngrösse Verkehrsbelastung am Querschnitt	41
4.2.4 Kenngrösse Knotenströme (Fahrbeziehungen)	51
4.2.5 Kenngrösse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr)	58
4.2.6 Kenngrösse Fahrzeugbesetzungsgrad	67
4.2.7 Kenngrösse Abschnittsgeschwindigkeit.....	69
4.3 Zählungen – ruhender MIV	70
4.3.1 Empfohlene Zählzeiten	70
4.3.2 Hinweise zu Metadaten.....	70
4.3.3 Kenngrösse Parkfeldbelegung	71
4.3.4 Kenngrösse Verkehrsaufkommensrate.....	79
4.3.5 Kenngrösse Parkierdauer	82
4.4 Zählungen – fließender öffentlicher Verkehr	84
4.4.1 Empfohlene Zählzeiten	84

4.4.2	Hinweise zu Metadaten.....	85
4.4.3	Besonderheiten öV	85
4.4.4	Kenngrossen Fahrgastmenge und Fahrzeugbesetzungsgrad	85
4.4.5	Kenngrosse Fahrgastwechsel an Haltestellen.....	90
4.5	Zählungen – fliessender Veloverkehr	91
4.5.1	Empfohlene Zählzeiten	91
4.5.2	Hinweise zu Metadaten.....	92
4.5.3	Besonderheiten Veloverkehr	92
4.5.4	Kenngrosse Verkehrsbelastung am Querschnitt	93
4.5.5	Kenngrosse Knotenströme (Fahrbeziehungen).....	95
4.5.6	Kenngrosse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr).....	96
4.6	Zählungen – ruhender Veloverkehr	97
4.6.1	Empfohlene Zählzeiten	97
4.6.2	Hinweise zu Metadaten.....	97
4.6.3	Besonderheiten Veloverkehr an Abstellanlagen.....	98
4.6.4	Kenngrosse Velo-Abstellplatzbelegung	98
4.6.5	Kenngrosse Verkehrsaufkommensrate	100
4.7	Zählungen – Fussverkehr	102
4.7.1	Empfohlene Zählzeiten	102
4.7.2	Besonderheiten Fussverkehr	103
4.7.3	Kenngrosse Verkehrsbelastung am Querschnitt	103
4.7.4	Kenngrosse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr).....	105
4.7.5	Kenngrosse Aufenthalt von Personen	108
4.8	Messungen – fliessender MIV	109
4.8.1	Empfohlene Messzeiten.....	109
4.8.2	Kenngrosse lokale Geschwindigkeit	109
4.9	Messungen – ruhender MIV	114
4.9.1	Empfohlene Messzeiten und Hinweise zu Metadaten.....	114
4.9.2	Kenngrosse Parkierdauer	115
5	Hochrechnung.....	117
5.1	Hochrechnung anhand von Referenzzählstellen	117
5.2	Hochrechnung MIV	117
5.2.1	Hochrechnung anhand von Ganglinien	117
5.2.2	Nachbarschaftsverfahren.....	118
5.2.3	Faktorbasiertes Hochrechnungsverfahren nach Arnold et al. (2008)	119
5.2.4	Basiskurvenverfahren	123
5.2.5	Vergleich der Hochrechnungsverfahren für den MIV	124
5.3	Hochrechnung öV	125
5.4	Hochrechnung Veloverkehr	125
5.5	Hochrechnung Fussverkehr.....	128
5.5.1	Hochrechnung auf Stundenwerte	128
5.5.2	Hochrechnung auf Tageswerte (07:00-19:00 Uhr)	128
	Anhänge.....	131
	Glossar.....	159
	Literaturverzeichnis.....	167
	Projektabschluss	169
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....	173

Zusammenfassung

Das Forschungsbündel „Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten“, das aus drei Teilberichten besteht, befasst sich mit Erhebungen von Daten zum Mobilitätsverhalten und zur Nachfrage im Personenverkehr, die direkt für die Verkehrsplanung benötigt werden. Der Teilbericht 2 „Methoden der Verkehrsbeobachtung“ behandelt dabei die Verkehrserhebungsmethoden für die Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr, Veloverkehr und Fussverkehr, die ohne Interaktion zwischen dem Erhebungspersonal und den untersuchten Einheiten (Personen, Fahrzeuge) stattfinden. Verkehrsbeobachtungen lassen sich in Zählungen und Messungen unterteilen und kommen entweder im fließenden oder im ruhenden Verkehr zum Einsatz. Mit einer Zählung wird eine Anzahl und mit einer Messung ein quantitatives Merkmal (z.B. lokale Geschwindigkeit) von Objekten oder Ereignissen erfasst.

Verkehrsbeobachtungen können einen Beitrag zur Beantwortung von verkehrlichen Fragestellungen leisten. Von der Fragestellung bis zu deren Beantwortung werden i.d.R. folgende Schritte durchlaufen.

1. Das Ziel einer Beobachtung ist es, eine Kenngrösse zu erheben. Die zu erhebende **Kenngrösse** sowie die interessierende **Grundgesamtheit** werden aufgrund der zu beantwortenden Fragestellung festgelegt. Die möglichen Kenngrössen sind in der folgenden Tabelle dargestellt

Übersicht über die ausgewählten zu erfassenden Kenngrössen

	Zählungen	Messungen
Fließender Verkehr	• Verkehrsbelastung am Querschnitt • Knotenströme/ Fahrbeziehungen • Verkehrsarten (Binnen-/ Ziel-/ Quell-/ Durchgangsverkehr) • Verkehrsaufkommensrate • Fahrzeugbesetzungsgrade/ Fahrgastmenge • Fahrgastwechsel an Haltestellen • Abschnittsgeschwindigkeit	• Lokale Geschwindigkeit
Ruhender Verkehr	• Parkfeld-/ Velo-Abstellplatzbelegung • Parkierdauer • Aufenthalt von Personen	• Parkierdauer

Die Grundgesamtheit kann beispielsweise alle motorisierten Fahrzeuge, Velos, zu Fuss Gehende oder Personen im öffentlichen Verkehr im beobachteten Raum bzw. an den beobachteten Querschnitten enthalten.

2. Zur Beantwortung der Fragestellung ist eine zu definierende **Datenqualität** nötig. Daraus ergeben sich festzulegenden Mindestanforderungen bezüglich:
 - Aktualität der Daten bei der Veröffentlichung
 - Stichprobenfehler
 - Vergleichbarkeit mit anderen Erhebungen

Es wird davon ausgegangen, dass die weiteren Qualitätsaspekte wie das Erfassen aller relevanten Daten, die Pünktlichkeit der Publikation, die Zugänglichkeit und Klarheit der Daten für die Nutzer und die Minimierung des Nichtstichprobenfehlers vollumfänglich erfüllt werden.

3. Für jede Erhebung bestehen gewisse **Randbedingungen**, die eruiert werden müssen. Diese Randbedingungen sind i.d.R.:
 - Zur Verfügung stehende finanzielle Mittel
 - Zeitpunkt, wann Fragestellung beantwortet sein muss
 - Zeitliche und zahlenmässige Verfügbarkeit von Personal
 - Zwingende Erhebungszeiten aufgrund der Fragestellung
 - Restriktionen abhängig von den Erhebungsorten (z.B. fehlende Möglichkeiten für einen Stromanschluss)
 - Zulässigkeit von Eingriffen in den Verkehr
 - DatenschutzFür jede Verkehrsbeobachtung ist zu prüfen, ob weitere relevante Randbedingungen existieren.
4. Abhängig von den vorangehenden Schritten wird das **Erhebungskonzept** erstellt. Dazu gehört die **Methodenwahl** und die Festlegung der Erhebungszeiten, der genauen Erhebungsorte, des eingesetzten Materials, des Personalbedarfs (Anzahl und Anforderungsprofil), der Dateneingabe, -auswertung und -aufbereitung sowie der zu erhebenden Metadaten (z.B. Wetter während der Erhebung, unvorhergesehene Ereignisse).

Die Methodenwahl erfolgt aufgrund der vorangehenden Schritte und der übrigen im Erhebungskonzept festzulegenden Elemente. Einen wesentlichen Einfluss auf die wählbaren Methoden hat die zu erhebende Kenngrösse, weshalb in der folgenden Tabelle angegeben ist, welche Kenngrösse sich mit welchen Methoden erheben lässt.

mögliche Methoden zur Erfassung von Kenngrössen

		detailliert beschriebene Beobachtungsmethoden														
		Zählungen												Messungen		
		Manuelle Zählung von Fahrzeugen oder zu Fuss Gehenden am Querschnitt bzw. je Knotenstrom	Automatische Zählung von Fahrzeugen oder zu Fuss Gehenden am Querschnitt bzw. je Knotenstrom	Automatische Zählung/ Identifizierung von mitgeführten Geräten mittels Bluetooth/WLAN	Manuelle Zählung von Fahrzeuginsassen von aussen	Automatische Kontrollschilderfassung (Video) an Kordon-Querschnitten	Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten	Manuelle Zählung von Fahrzeugen an Kordon-Querschnitten	Automatische Zählung von Fahrzeugen an Kordon-Querschnitten	Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld/ Velo-Abstellplatz	Automatische Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld	Manuelle Zählung und Identifizierung von Fahrzeugen am Parkfeld/ Velo-Abstellplatz	Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden	Manuelle Zählung von Fahrgästen im Fahrzeug	Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden (Halb-)automatische Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen	Automatische Messung der Parkdauer am Parkfeld
Kenngrössen	motorisierter Individualverkehr	Verkehrsbelastung am Querschnitt	•	•												
		Knotenströme	•	•	•											
		Verkehrsarten			•	•	•									
		Fahrzeugbesetzungsgrad				•										
		Abschnittsgeschwindigkeit			•	•	•									
		Lokale Geschwindigkeit													•	
		Parkfeldbelegung						•	•	•	•					
		Verkehrsaufkommensrate						•	•		•	•				
		Parkierdauer					•					•				•
	ÖV	Fahrgastmenge/ Fahrzeugbesetzungsgrad											•	•	•	
		Fahrgastwechsel an Haltestellen											•	•		
	Veloverkehr	Verkehrsbelastung am Querschnitt	•	•												
		Knotenströme	•	•												
		Verkehrsarten			•											
		Velo-Abstellplatzbelegung						•	•	•						
	Fussverkehr	Verkehrsaufkommensrate						•	•			•				
		Verkehrsbelastung am Querschnitt	•	•												
		Verkehrsarten			•											

- Ist das Erhebungskonzept erstellt, so sind die nötigen Bewilligungen einzuholen, die relevanten Stellen zu informieren, genügend Personal zu rekrutieren sowie ein Zeitplan und ein Ablaufplan zu erstellen. Damit sind die **letzten Vorbereitungen** abgeschlossen.
- Es ist zu prüfen, ob vor der Haupterhebung noch eine **Testerhebung** nötig ist, aufgrund derer das Erhebungskonzept nochmals angepasst werden kann. Während der **Haupterhebung** sind stichprobenartige Kontrollen vorzusehen.
- Im Anschluss an die Erhebung sind die gewonnenen Daten bei manuellen Erhebungen i.d.R. zu digitalisieren. Für alle Erhebungen ist eine **Prüfung der Vollständigkeit und Plausibilität** der Daten vorzunehmen.

8. Anschliessend werden die Daten gemäss Erhebungskonzept **ausgewertet und aufbereitet**. Dies kann unter Umständen eine **Hochrechnung** beinhalten, wobei verschiedene Verfahren zur Verfügung stehen. Bei allen Verfahren sind die Vorgaben der Verfahren einzuhalten, wobei bei der Interpretation von hochgerechneten Daten Vorsicht geboten ist.
9. In einem letzten Schritt ist die **Dokumentation** der aufbereiteten Erhebungsdaten vorzunehmen. Neben den gängigen Metadaten sind bei hochgerechneten Daten auch statistische Kennwerte wie z.B. Schwankungsintervalle und Variationskoeffizienten anzugeben.

Der Bericht liefert Hilfestellungen zu den einzelnen Schritten, wobei er auf die Methodenwahl fokussiert. So liefert er detaillierte Beschreibungen der in obiger Tabelle genannten, häufig eingesetzten Methoden der Verkehrsbeobachtung. Auf heute selten eingesetzte Methoden wird gegebenenfalls mit einem Kurzbeschrieb hingewiesen. Es gilt zu beachten, dass gerade bei den automatischen Erhebungen mit Positionsdaten laufend neue Methoden entwickelt und Daten gesammelt werden. Ausserdem nehmen die Auswertungsmöglichkeiten zu. Deshalb ist anzunehmen, dass diese heute noch selten eingesetzten Methoden in Zukunft an Bedeutung zunehmen werden.

Résumé

Le paquet de projets de recherche conjoints „Recensements dans les transports“ composé de trois projets partiels, porte sur les méthodes de collecte de données relatives aux comportements en matière de mobilité et à la demande dans les transports de personnes, directement utiles pour la planification des transports. Le rapport relatif au projet partiel „Méthodes d'observation du trafic“ traite des méthodes d'observation des transports individuels motorisés, des transports publics, des vélos et des piétons, dans lesquelles il n'y a pas d'interaction entre le personnel procédant à la collecte des données et les objets faisant l'objet de l'observation (personnes, véhicules). Les observations du trafic se subdivisent en comptages et mesures et s'appliquent au trafic qu'il soit en mouvement ou à l'arrêt. Au moyen d'un comptage on collecte un nombre, avec une mesure une caractéristique quantitative (par exemple une vitesse locale) d'objets ou d'évènements.

Les observations du trafic peuvent contribuer à donner une réponse à des questions qui se posent en matière de transports. De la question posée à la réponse qui lui est apportée le cheminement comporte en règle générale les étapes suivantes :

1. L'objectif d'une observation est de collecter une grandeur caractéristique. **La grandeur caractéristique** recherchée, de même que la **population** (statistique) y relative sont déterminées sur la base de la question à laquelle une réponse est recherchée. Les grandeurs caractéristiques concernées sont présentées dans le tableau ci-après.

Vue d'ensemble des grandeurs caractéristiques sélectionnées à saisir

	Comptages	Mesures
Trafic en mouvement	• Charge de trafic en section • Flux directionnels/ relations • Type de trafic (interne/ à destination/ d'origine/ en transit) • Génération de trafic • Taux d'occupation de véhicules/ nombre de voyageurs • Echange de voyageurs aux arrêts • Vitesse sur un tronçon	• Vitesse locale
Trafic à l'arrêt	• Occupation de cases de stationnement ou d'emplacements de stationnement pour vélos • Durée de stationnement • Durée d'arrêt de personnes	• Durée de stationnement

La population peut par exemple comprendre tous les véhicules motorisés ou les vélos ou les piétons ou encore les personnes dans le transport public sur le périmètre faisant l'objet de l'observation.

2. La réponse à la question posée exige une certaine **qualité de données** qui est à définir. Il en résulte des exigences minimales à fixer quant aux aspects suivants :
 - Actualité des données lors de leur publication.
 - Erreur d'échantillonnage.
 - Comparabilité avec d'autres recensements.

On admet que les autres aspects qualitatifs tels que l'intégralité des données indispensables, l'adéquation de la date de publication des résultats, l'accessibilité et la clarté des données pour les utilisateurs et la minimalisation des erreurs non dues à l'échantillonnage sont pleinement satisfaisants.

3. Pour chaque recensement, un certain nombre de **contraintes**, à déterminer, sont à prendre en compte. Ces contraintes sont en règle générale les suivantes :
- Moyens financiers à disposition.
 - Echéance à laquelle la question doit obtenir une réponse.
 - Disponibilité, en temps et nombre, de personnel.
 - Heures impératives du recensement en fonction de la question posée.
 - Restrictions dépendantes des lieux d'observation (p. ex. absence de possibilité de raccordement électrique).
 - Acceptabilité d'interventions sur la circulation.
 - Protection des données.

Pour chaque observation du trafic il s'agit de vérifier si d'autres contraintes déterminantes sont à prendre en compte.

4. En fonction des étapes de travail précédentes on élabore le **concept de recensement**. En font partie le **choix de la méthode** et la détermination des périodes de recensement, de l'emplacement précis, du matériel nécessaire, des besoins de personnel (nombre et profil exigé), de la saisie des données, de leur exploitation et de leur mise en forme, ainsi que les métadonnées à collecter (p.ex. météo pendant le recensement, événements imprévus).

Le choix de la méthode adéquate intrevient sur la base des étapes précédentes et d'autres éléments à déterminer lors de l'élaboration du concept de recensement. La valeur caractéristique à établir a une influence déterminante sur le choix de la méthode adéquate. Le tableau ci-après indique quelles méthodes permettent de collecter les données afin d'établir une valeur caractéristique particulière.

Méthodes envisageables pour l'établissement de valeurs caractéristiques

			Méthodes d'observation décrites de façon détaillée													
			Comptages											Mesures		
			Comptage manuel de véhicules ou de piétons en section, respectivement selon chaque flux directionnel	Comptage automatique de véhicules ou de piétons en section, respectivement selon chaque flux directionnel	Comptage automatique/ identification d'appareils embarqués ou portés au moyen de Bluetooth/WLAN	Comptage manuel des occupants de véhicules depuis l'extérieur	Saisie automatique (video) des numéros de plaques minéralogiques en section de cordon	Saisie manuelle des numéros de plaques minéralogiques en section de cordon	Comptage manuel de véhicules en section de cordon	Comptage automatique de véhicules en section de cordon	Comptage manuel de véhicules sur une case de stationnement ou sur un emplacement de stationnement pour vélos	Comptage automatique de véhicules sur une case de stationnement	Comptage et identification de véhicules sur une case de stationnement ou sur un emplacement de stationnement pour vélos	Comptage manuel des montées et descentes	Comptage manuel des voyageurs dans le véhicule	Comptage automatique des montées et descentes
Grandeurs caractéristiques	Trafic individuel/motorisé	Charge de trafic en section	•	•												
		Flux directionnels (carrefours)	•	•	•											
		Types de trafic			•	•	•									
		Taux d'occupation du véhicule				•										
		Vitesse sur un tronçon			•	•	•									
		Vitesse locale														•
		Occupation d'une case de stationnement							•	•	•	•				
		Génération de trafic							•	•		•	•			
		Durée de stationnement						•					•			•
	Transports publics	Nombre de voyageurs / Taux d'occupation d'un véhicule												•	•	•
		Echanges de voyageurs aux arrêts												•	•	
	Vélos	Charge de trafic en section	•	•												
		Flux directionnels (carrefours)	•	•												
		Types de trafic			•											
		Occupation d'un emplacement de stationnement pour vélos							•	•	•					
		Génération de trafic							•	•			•			
	Piétons	Charge de trafic en section	•	•												
		Types de trafic			•											

- Lorsque le concept de recensement est établi, il s'agit d'obtenir les autorisations nécessaires, d'informer les services concernés, de recruter du personnel en nombre suffisant et d'établir un horaire et un plan de déroulement. Ainsi les **derniers préparatifs** sont achevés.
- Il est à vérifier si avant le recensement proprement dit il y a lieu de prévoir un **test**, sur la base duquel le concept de recensement pourrait encore être adapté. En cours de **recensement** il y a lieu de prévoir des contrôles par sondage.
- A l'issue du recensement, les données collectées manuellement sont en règle générale à digitaliser. Pour tous les recensements un **contrôle d'intégralité et de plausibilité** des données collectées est à réaliser.

8. Ensuite les données sont **analysées et mises en forme** conformément au concept de recensement. Cela peut comporter, selon les cas, des **redressements** pour lesquels plusieurs méthodes sont envisageables. Pour toutes les méthodes il y a lieu de tenir compte de leurs caractéristiques propres et d'interpréter avec prudence les données redressées.
9. Dans une dernière étape il s'agit de **documenter** les données de recensement mises en forme. En plus des métadonnées courantes il y a lieu, dans le cas de données redressées, d'indiquer les caractéristiques statistiques tels que par exemple les intervalles de fluctuation et coefficients de variation.

Summary

The purpose of the „Survey of basic traffic planning data” research package, which consists of three sub-reports, is to collect the data on mobility behaviour and the demand for passenger transport that is directly required for traffic planning purposes. The sub-report „Traffic observation methods” deals with the methods used for surveying motorised private transport, public transport, bicycle traffic and pedestrian traffic, which do not involve any interaction between the people conducting the survey and the subjects (people, vehicles) being surveyed. Traffic observation can be subdivided into counts and measurements, which are carried out in either moving or stationary traffic. Counts are used to record the number of certain objects or events, while measurements are used to gauge their quantitative characteristics (e.g. local speed).

Traffic observation can be a useful resource for answering traffic-related questions. The process from raising a question to its eventual resolution normally follows the steps described below.

1. The aim of traffic observation is to record parameters. The **parameter** to be recorded and the relevant **population** are determined on the basis of the question to be answered. Possible parameters are shown in the table below.

Overview of the selected parameters to be recorded

	Counts	Measurements
Moving traffic	• Traffic congestion at the cross-section point • Flow of traffic at intersections/ traffic routes • Types of traffic (internal/ terminating/ originating/ through traffic) • Volume of traffic • Vehicle occupancy levels/ number of passengers • Passenger exchange at transport stops • Section speed	• Local speed
Stationary traffic	• Parking bay/ space occupancy • Parking time • Presence of people	• Parking time

The population may include, for example, all motorised vehicles, bicycles, pedestrians or people using public transport inside the observed space.

2. To answer the question, the **data quality** needs to be defined. This provides the basis for determining minimum requirements with regard to the following:
 - How up-to-date the data is at the time of publication
 - Sampling errors
 - Comparability with other surveys

It is assumed that other quality requirements, e.g. regarding the collection of all relevant data, the timeliness of the publication, the accessibility and clarity of the data from the user's perspective, and the minimisation of non-sampling errors, are fully met.

3. For each survey, there are certain **boundary conditions** which have to be determined. These are usually as follows:
- The funds available
 - The point in time by which the question has to be answered
 - The availability of personnel in terms of time and numbers
 - The periods during which the survey must be conducted, based on the question
 - Restrictions depending on the locations of the survey (e.g. connection to a power supply)
 - The extent to which the surveyors are allowed to interfere with traffic
 - Data protection

In each case, it is essential to check whether any other relevant boundary conditions apply.

4. Based on the previous steps, the **survey concept** is drawn up. This includes the **choice of method** and specifies the survey times, the precise survey locations, the materials used, the personnel required (number of personnel and profile of requirements), how the data is to be inputted, evaluated and prepared and what metadata is to be recorded (e.g. weather during the survey, unforeseen events).

The method is chosen based on the previous steps and the other elements defined in the survey concept. A key factor in determining which methods are available is the parameter to be recorded. The table below therefore indicates which methods can be used to record which parameters.

Possible methods for recording parameters

			observation methods described in detail																
			Counts														Measurements		
			Manual count of vehicles or pedestrians at the cross-section point or at individual intersections	Automatic count of vehicles or pedestrians at the cross-section point or at individual intersections	Automatic count/identification of on-board devices via Bluetooth/WLAN	Manual count of vehicle occupants from outside the vehicles	Automatic recording of number plates (video) at specific cordon points	Manual recording of number plates at specific cordon points	Manual count of vehicles at specific cordon points	Automatic count of vehicles at specific cordon points	Manual count of vehicles in parking bays/spaces	Automatic count of vehicles in parking bays	Manual count and identification of vehicles in parking bays/spaces	Manual count of embarking and disembarking passengers	Manual count of passengers in vehicles	Automatic count of embarking and disembarking passengers	(Semi-)automatic measurement of vehicle speeds	Automatic measurement of parking time in parking bays	
Parameters	Motorised private transport			Traffic congestion at the cross-section point	•	•													
				Flow of traffic at intersections	•	•	•												
				Types of traffic			•		•	•									
				Vehicle occupancy level				•											
				Section speed			•		•	•									
				Local speed														•	
				Parking bay occupancy							•	•	•						
				Volume of traffic							•	•	•	•					
	Public transport			Parking time						•			•					•	
				Number of passengers/vehicle occupancy level										•	•	•			
				Passenger exchange at transport stops										•		•			
				Traffic congestion at the cross-section point	•	•													
	Bicycle traffic			Flow of traffic at intersections	•	•													
				Types of traffic			•												
				Parking space occupancy							•	•	•						
				Volume of traffic							•	•		•					
Traffic congestion at the cross-section point				•	•														
Pedestrian traffic			Types of traffic		•														

- Once the survey concept has been drawn up, the necessary authorisations need to be obtained, the relevant authorities informed, a sufficient number of personnel recruited and a schedule and workflow produced. The **final preparations** will then be complete.
- It is important to check whether a **pilot survey** needs to be carried out before conducting the main survey. The survey concept can then be adapted again to take this into account. Random spot checks should be carried out during the **main survey**.
- Once the survey has been carried out, the data obtained manually usually needs to be digitised. For all surveys, the **completeness and plausibility** of the data collected must be checked.
- The data is then **evaluated and prepared** in accordance with the survey concept. In some cases, this may involve a process of **extrapolation**, for which there are various procedures available. All procedures must comply with the procedural guidelines, which advise that extrapolated data should be interpreted with caution.

9. The final step is the **documentation** of the prepared survey data. In addition to the relevant metadata, statistical values such as fluctuation intervals and coefficients of variation need to be documented in the case of extrapolated data.

The report offers guidance on the individual steps, focusing on the choice of method. For example, it provides detailed descriptions of the commonly used traffic observation methods shown in the table above. For methods that are rarely used nowadays, a brief description is given where necessary. It is important to bear in mind that new methods are constantly being developed and new data collected, particularly in the case of automated surveys with location data. The range of evaluation options available is also expanding. It is therefore fair to assume that methods which are still only used occasionally at present will become increasingly significant in future.

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Bedarf an Grundlagedaten

Der Bedarf an erhobenen Daten zur Beschreibung des Verkehrsgeschehens und des Mobilitätsverhaltens ist vielfältig. So werden unter anderem in folgenden Anwendungsgebieten erhobene Daten benötigt (FGSV, 2012):

- Verkehrsstatistik
- Betriebsanpassungen
- Verkehrsplanung
- Verkehrsmodellierung
- Wirkungskontrollen

Eine ausführlichere Beschreibung, wozu die Daten in den jeweiligen Anwendungsgebieten benötigt werden, erfolgt im Forschungsbericht des Teilprojekts 1 (Widmer, Aemisegger und Schoch, 2015).

Um die benötigten Daten zu erhalten, werden Verkehrserhebungen durchgeführt.

1.1.2 Existierende Normen im Bereich Verkehrserhebungen

Heute existieren im Bereich der Verkehrserhebungen fünf Normen:

- Verkehrserhebungen, Grundlagen (VSS SN 640 000, 1988)
- Begriffsvereinheitlichung für Verkehrserhebungen, Terminologie (VSS SN 640 001, 1983)
- Verkehrserhebungen, Verkehrszählungen (VSS SN 640 002, 1988)
- Verkehrserhebungen, Verkehrsbefragungen (VSS SN 640 003, 1988)
- Verkehrserhebungen, Erhebungen beim Parkieren (VSS SN 640 004, 1988)

Diese Normen dienen dazu, die Wahl der Erhebungsart zu erleichtern, eine Vergleichbarkeit von Erhebungen zu erreichen und Empfehlungen zur Vorbereitung, Durchführung, Aufbereitung und Auswertung der Erhebungen bereitzustellen.

Die Norm „Verkehrserhebungen, Grundlagen“ liefert dabei generelle Angaben zu Verkehrserhebungen. Die Norm „Begriffsvereinheitlichung für Verkehrserhebungen, Terminologie“ gilt für alle Normen der Verkehrserhebungen und dient einer einheitlichen Anwendung der Begriffe. Die Norm „Verkehrserhebungen, Zählungen“ behandelt Zählungen und die Norm „Verkehrserhebungen, Verkehrsbefragungen“ Befragungen im Strassenverkehr. Die Norm „Verkehrserhebungen, Erhebungen beim Parkieren“ gibt lediglich Hinweise, was es bei Erhebungen zum Parkieren speziell zu beachten gilt. Sie dient als Ergänzung zu den Normen der Verkehrszählungen und Verkehrsbefragungen.

1.2 Forschungsauftrag

Seit Inkrafttreten der noch geltenden Normen zum Thema "Verkehrserhebungen" 1983 resp. 1988 haben sich sowohl der Stand-der-Kunst im Bereich der Verkehrserhebungen als auch die Datenbedürfnisse sehr stark entwickelt. Neue Methoden und Technologien stehen zur Verfügung. So werden neben Befragungen zum tatsächlichen Verkehrsverhalten (revealed preference) neu auch solche zu möglichen Verhaltensänderungen (stated preference) durchgeführt und bei den Verkehrsbeobachtungen gelangen neben den für viele Aufgaben immer noch aktuellen manuellen Zähltechniken auch automatische Zählsysteme und neue Technologien wie Bluetooth, Global Positioning System (GPS), Global System for Mobile Communications (GSM), Video, automatische Bildauswertung usw. zum Einsatz.

Angesichts dieser Entwicklungen sind die bestehenden VSS-Normen derart veraltet, dass eine bloße Überarbeitung nicht zum Ziel führen würde. Dringend nötig ist ihr vollständiger Ersatz durch Neufassungen. Auf Antrag der FK 1 der VSS und finanziert durch das ASTRA werden die notwendigen Grundlagen in entsprechenden Forschungsprojekten erarbeitet.

1.2.1 Normierungskonzept und Forschungsbündel

Die VSS FK 1 hat für den Themenbereich "Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten" das in der folgende Abbildung ersichtliche neue Normierungskonzept entwickelt:

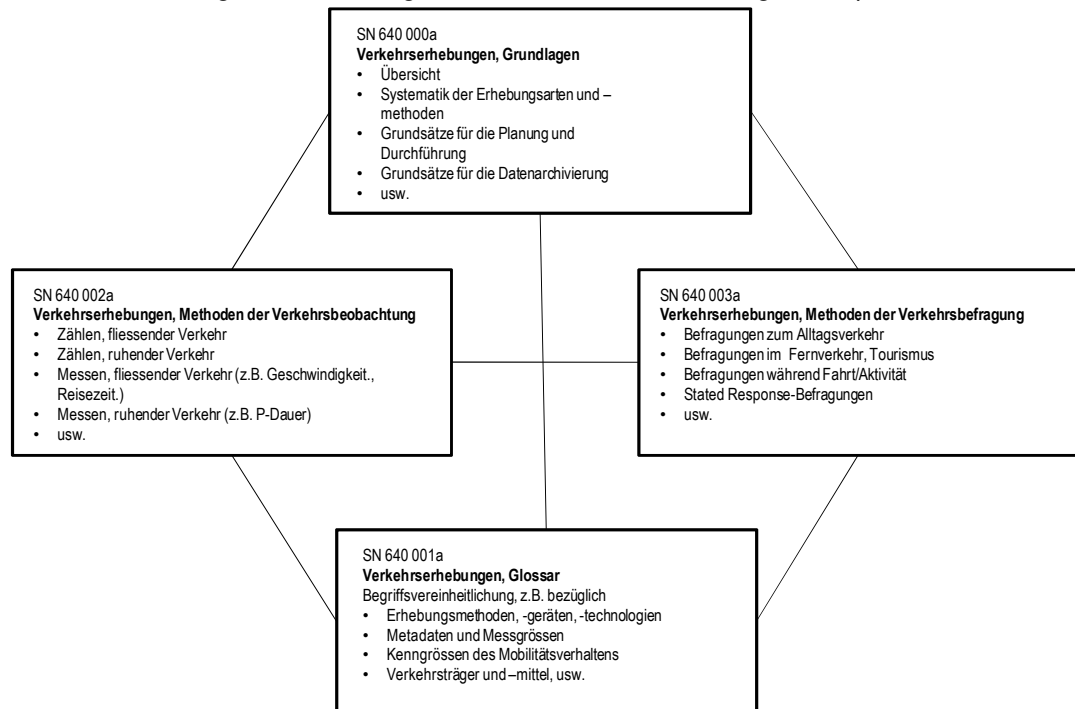


Abb. 1.1 Normierungskonzept „Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten“

Die Erarbeitung der zur Erstellung der neuen Normen notwendigen Grundlagen erfolgt im Rahmen des Forschungsbündels „Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten“, welches aus den folgenden drei Teilprojekten besteht:

- Teilprojekt 1: Systematik und Glossar (liefert die Grundlagen für die neuen VSS-Normen SN 640 000a und SN 640 001a)
- Teilprojekt 2: Methoden der Verkehrsbeobachtung (liefert die Grundlagen für die neue VSS-Norm SN 640 002a)
- Teilprojekt 3: Methoden der Verkehrsbefragung (liefert die Grundlagen für die neue VSS-Norm SN 640 003a)

Der vorliegende Forschungsbericht befasst sich mit dem Teilprojekt 2 und somit mit den Methoden der Verkehrsbeobachtung.

1.2.2 Gegenstand/Abgrenzung

Gegenstand des Forschungsbündels sind die Methoden zur Erhebung der Daten zum Mobilitätsverhalten und zur Nachfrage im Personenverkehr, die direkt für die Verkehrsplanung benötigt werden. Erhebungen des Güterverkehrs sowie Erhebungen von Daten, welche nicht unmittelbar für die Verkehrsplanung benötigt werden, wie z.B. zum Verkehrsablauf (Verkehrsdichte, usw.) oder zum Fahrverhalten (Zeitlücken, Spurwechselverhalten, usw.) werden nicht behandelt.

Wie im Normierungskonzept ersichtlich, können die Methoden der Verkehrserhebungen in die zwei Bereiche Verkehrsbeobachtungen und Verkehrsbefragungen unterteilt werden. Der vorliegende Forschungsbericht (Teilprojekt 2) befasst sich mit den Methoden

aus dem Bereich der Verkehrsbeobachtungen. Bei diesen Methoden findet, im Gegensatz zu denen der Verkehrsbefragungen (Teilprojekt 3), keine Interaktion zwischen den Erhebenden und den untersuchten Einheiten (Personen, Fahrzeuge) statt. Nicht Gegenstand des Berichts sind Methoden zum Erfassen von allgemeinem Verhalten im Verkehr (Gurttragen, Nutzung von Tagesfahrlicht, usw.). Auch weitere Aspekte der Verkehrsplanung wie z.B. Raumstruktur, Soziodemographie, Wirtschaft, Umwelt und Verkehrsangebot sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts.

Die Forschungsarbeit befasst sich ausschliesslich mit Methoden zur Erfassung der Erhebungsgegenstände zu Fuss Gehende, Velofahrende, Personen im öffentlichen Verkehr und im motorisierten Individualverkehr, der Fahrzeuge selber sowie Kombinationen davon (z.B. Fahrzeugbesetzungsgrad). Nicht Gegenstand der Arbeit sind für die Planungstätigkeit unbedeutende Verkehrsmittel wie Flugzeug, Schiff, Taxi und „Fahrzeugähnliche“ Geräte (Inline-Skates, Kickboards, usw.).

1.2.3 Zielsetzung

Verkehrsbeobachtungen sind in der Regel zeitaufwändig und entsprechend teuer. Die im Rahmen des Teilprojekts 2 des Forschungsbündels zu erarbeitenden Hinweise und Empfehlungen sollen deshalb primär zu folgenden im Teilprojekt 1 formulierten Zielen beitragen:

- Die Effizienz bei der Durchführung von Verkehrsbeobachtungen zu steigern, indem sichergestellt wird, dass die zur Behandlung der anstehenden Fragestellung benötigten Daten in hoher Qualität und mit möglichst geringem Aufwand erhoben werden können.
- Die Vergleichbarkeit und die einheitliche Dokumentation der erhobenen Daten zu gewährleisten, damit sie auch anderen Anwendungen und für Sekundäranalysen zur Verfügung gestellt werden können.

Im Teilprojekt 1 sind weitere Ziele des Forschungsauftrags formuliert:

- Die Methodenkenntnis zu verbessern.
- Misserfolge bei Verkehrsbeobachtungen und „Datenfriedhöfe“ zu vermeiden.
- Vereinheitlichung der bei Verkehrsbeobachtungen verwendeten Begriffe als weiteres Element zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit von Verkehrsbeobachtungs-Ergebnissen.

1.3 Grundlagen

Um den Forschungsauftrag erfüllen zu können, wurde diverse Literatur in die Betrachtung miteinbezogen. Die wichtigsten Dokumente sind im Folgenden kurz erläutert.

1.3.1 Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) (FGSV, 2012)

In Deutschland sind anfangs 2012 die Empfehlungen für Verkehrserhebungen, EVE, Ausgabe 2012, erschienen. Diese ersetzen die EVE, Ausgabe 1991. Sie bilden für die Arbeiten an den drei Teilprojekten eine wertvolle Grundlage und Referenz. So liefern die EVE neben allgemeingültigen Grundlagen auch Definitionen und spezifische Hinweise zu verschiedenen Verkehrserhebungen.

1.3.2 Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen (BASt, 2010)

Der Ende 2010 herausgegebene Bericht der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen liefert primär Hinweise, wie eine bestmögliche Datenqualität für verschiedene Erhebungsmethoden erreicht werden kann (siehe Kapitel 3). Ausserdem können dem Bericht wertvolle Angaben zu Definitionen von Begriffen entnommen werden.

1.4 Inhalt und Aufbau des Forschungsberichts

Das Teilprojekt 2 fasst die beiden bisherigen Normen „Verkehrszählungen“ (VSS SN 640 002, 1988) und „Erhebungen beim Parkieren“ (VSS SN 640 004, 1988) unter methodischen Aspekten in einer einzigen Norm „Methoden der Verkehrsbeobachtung“ (VSS SN 640 002a) zusammen. Neu stehen dadurch sowohl für den fließenden als auch für den ruhenden Verkehr die Methoden gleichwertig und einheitlich aufgearbeitet in einem Dokument zur Verfügung. Der vorliegende Forschungsbericht dient als Grundlage für diese als Planungshilfe ausgelegte Norm. Sowohl der Forschungsbericht als auch die Norm vermitteln den Anwendern Grundlagen zur Anwendung der auf Beobachtungen gestützten Methoden zur Beschreibung von aktuellen Verkehrssituationen. Durch die Anwendung dieser Grundlagen soll die Qualität, die Effizienz und die Vergleichbarkeit von Beobachtungen verbessert werden.

Der Bericht gliedert sich wie folgt:

- Im Kapitel 1 erfolgt die wesentliche Abgrenzung des im Bericht betrachteten Gegenstands. Ausserdem werden Zielsetzungen formuliert und grundlegend der Bedarf an Daten aufgezeigt.
- Im Kapitel 2 wird die Systematik der Verkehrsbeobachtungen im vorliegenden Bericht erläutert. Dabei wird auf die grundlegende Struktur von Verkehrserhebungen und auf die Gliederung der Beobachtungsmethoden in diesem Bericht eingegangen.
- Im Kapitel 3 wird auf die Grundlagen von Verkehrsbeobachtungen eingegangen, die für den Grossteil der Methoden von Bedeutung sind. Dazu gehören die Grundsätze der Einsatzplanung sowie die Datendokumentation.
- Eine Übersicht über alle beschriebenen Beobachtungsmethoden und die detaillierten Beschriebe selbst sind in Kapitel 4 ersichtlich.
- Hinweise zu Hochrechnungsverfahren werden in Kapitel 5 beschrieben.

2 Systematik der Verkehrsbeobachtungsmethoden

2.1 Strukturierung der Methoden

2.1.1 Grundlegende Struktur

In den EVE (FGSV, 2012) und in BAST (2010) wird „Verkehrserhebungen“, wie üblicherweise in der einschlägigen Literatur, als Oberbegriff für Erhebungen des Verkehrs verwendet. Die EVE teilen die Verkehrserhebungen dabei in sechs Bereiche auf:

- Zählungen
- Messungen
- Beobachtungen
- Befragungen
- Erfassung von Verhaltensreaktionen in hypothetischen Situationen
- Qualitative Erhebungsverfahren

Die Bereiche „Zählungen“, „Messungen“ und „Beobachtungen“ der EVE können dem im vorliegenden Bericht verwendeten Bereich „Verkehrsbeobachtungen“ zugeordnet werden. Die übrigen drei Bereiche lassen sich den „Verkehrsbefragungen“ (Teilprojekt 3 des Forschungsbündels) zuordnen, da bei den Erhebungsmethoden dieser Bereiche eine Interaktion zwischen Erhebenden und untersuchten Einheiten stattfindet. Deshalb werden die drei Bereiche „Befragungen“, „Erfassung von Verhaltensreaktionen in hypothetischen Situationen“ und „Qualitative Erhebungsverfahren“ in dieser Arbeit nicht weiter untersucht.

In BAST (2010) werden die Verkehrserhebungen in die zwei Erhebungsformen „Beobachtungen“ und „Befragungen“ unterteilt. Bei der für diese Arbeit relevanten Form der „Beobachtungen“ erfolgt eine weitere Unterteilung in folgende drei Bereiche:

- Zählungen
- Messungen
- Verhaltensbeobachtungen

Die Bereiche „Zählungen“ und „Messungen“ werden also sowohl in den EVE als auch in BAST (2010) verwendet. Der Bereich „Beobachtungen“ aus den EVE und der Bereich „Verhaltensbeobachtungen“ aus BAST (2010) sind sich ebenfalls in weiten Teilen ähnlich, weshalb sie bei der nachfolgenden Analyse in einem Bereich „Verhaltensbeobachtungen“ behandelt werden. Es scheint deshalb nach dieser ersten Beurteilung plausibel, die Verkehrsbeobachtungen für die vorliegende Arbeit in die drei Teilbereiche „Zählungen“, „Messungen“ und „Verhaltensbeobachtungen“ zu unterteilen. Aufgrund dieser ersten Beurteilung ergibt sich die in Abb. 2.2 ersichtliche grundlegende Struktur.

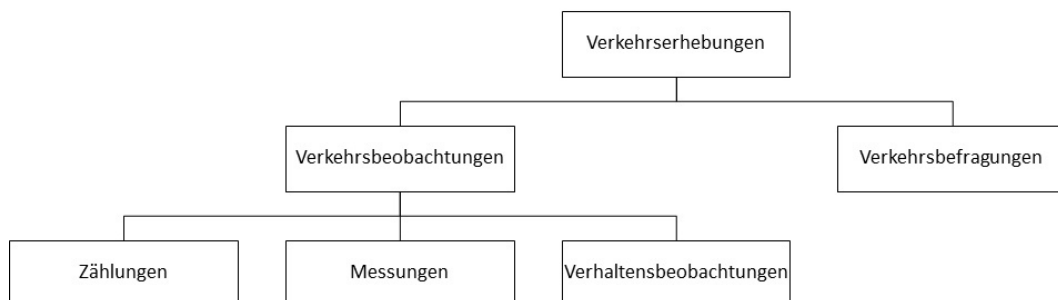


Abb. 2.2 Erste grundlegende Strukturbeurteilung der Verkehrserhebungsmethoden (in Anlehnung an FGSV (2012) und BAST, 2010)

Die einzelnen Bereiche „Zählungen“, „Messungen“ und „Verhaltensbeobachtungen“ werden im Folgenden genauer betrachtet und definiert. Sowohl die EVE als auch BAST (2010) liefern Hinweise dazu.

Zählungen

In der EVE werden Zählungen folgendermassen definiert:

„Mit Zählungen werden quantitativ erfassbare Ortsveränderungen von Personen und/oder Fahrzeugen auf den Verkehrswegen eines Planungsraumes erfasst. Zählungen geben Aufschluss über die räumliche und zeitliche Verteilung von Verkehrsstärken und Verkehrsströmen an Knotenpunkten und Querschnitten. Quelle-Ziel-Beziehungen, Wegzwecke sowie die Struktur der am Verkehr Teilnehmenden können durch Zählungen nicht ermittelt werden.“ (FGSV, 2012 S. 25)

Ausserdem wird in der EVE darauf hingewiesen, dass Zählungen nur diskrete, mit ganzen Zahlen darstellbare Merkmale erfassen.

In den EVE werden vier Arten von Zählungen unterschieden, wodurch der Begriff „Zählungen“ fassbarer wird:

- **„Objektzählungen:**
Unter Objektzählungen ist die Erhebung von Personen und/oder Fahrzeugen zu verstehen, die sich während eines definierten Zeitabschnittes in einem klar abgrenzbaren Raum aufhalten. Hiermit sind z.B. Zählungen von Personen auf einem Fusswegabschnitt oder Zählungen von parkenden Fahrzeugen gemeint.
- **Querschnittszählungen:**
Mit Hilfe von Querschnittszählungen werden Personen und/oder Fahrzeuge erfasst, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Zählquerschnitt passieren.
- **Knotenpunkterhebungen:**
Sind die Verkehrsabläufe an einem Knotenpunkt überschaubar, kann eine nach der Geh- oder Fahrtrichtung getrennte Querschnittszählung Aufschluss über die Verteilung der Verkehrsströme liefern.
- **Zählung von Fahrzeugen im Netz:**
Sollen bspw. Durchgangsverkehre für einen grösseren Planungsraum erfasst werden, bietet sich eine Kontrollschilderfassung an. Eine bewährte Art der Durchführung ist die Kordonerhebung. Dabei werden alle ein- und ausströmenden Verkehre an allen relevanten Zu- und Ausfahrtstrassen eines Planungsraums erfasst. Unter anderem lassen sich so Ziel-, Quell- und Durchgangsverkehrsanteile bestimmen.“ (FGSV, 2012)

Dies ist eine abschliessende Aufzählung der Zählarten. Dabei gilt es zu beachten, dass es sich, wie bereits bei der Beschreibung der Knotenpunkterhebung in EVE erwähnt, bei Knotenpunkterhebungen um eine spezialisierte Form von Querschnittszählungen handelt. Auch bei der Zählung von Fahrzeugen im Netz handelt es sich bei den einzelnen Zählstellen um spezialisierte Querschnittszählungen mit Identifikation der einzelnen Fahrzeuge bzw. Personen

Im Gegensatz zur EVE unterscheidet BAST (2010) nur zwei grundlegende Arten von Zählungen:

- *„Erfassung von Ereignissen (z.B. Zahl der Vorbeifahrten von Fahrzeugen an einem Zählpunkt während eines Zählzeitraums),*
- *Erfassung von Objekten (z.B. Zahl der abgestellten Fahrzeuge auf einem Parkplatz zu einem bestimmten Zeitpunkt)“ (BAST, 2010 S.20)*

Im Grundsatz verstehen die EVE und BAST (2010) dasselbe unter Zählungen. BAST (2010) fasst den Begriff Zählungen jedoch allgemeiner. Bei den drei Arten „Querschnittszählung“, „Knotenpunkterhebungen“ und „Zählung von Fahrzeugen im Netz“ aus den EVE handelt es sich nach BAST (2010) um „Erfassungen von Ereignissen“. Die „Erfassung von Objekten“ aus BAST (2010) entspricht Teilen der „Objektzählungen“ aus den EVE. BAST (2010) definiert den Begriff „Zählungen“ mit dem Einbezug von Ereignissen und Objekten jedoch umfassender als die EVE, welche in der eigentlichen Definition lediglich die Ortsveränderungen von Personen und Fahrzeugen erwähnen. Deshalb wird

der Begriff „Zählungen“ für die vorliegende Arbeit folgendermassen definiert:

„Mit einer Zählung wird entweder die Anzahl von Ereignissen oder die Anzahl von Objekten erfasst, wobei die Werte einer Zählung nur diskrete, ganze Zahlen sein können.“

Sowohl aus den EVE als auch aus BASt (2010) lässt sich ableiten, dass bei Verkehrsbeobachtungen Zählungen immer an einem Querschnitt oder in einem klar definierten Raum und während eines bestimmten Zeitraums oder zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt werden.

Die Ereignisse oder Objekte werden bei ein und derselben Zählung oft noch nach bestimmten Merkmalen kategorisiert. Bei Zählungen von Vorbeifahrten von Fahrzeugen an einem Querschnitt werden die Fahrzeuge in den meisten Fällen einer Kategorie zugeordnet (z.B. Motorrad, Personenwagen, Lastwagen, etc.). Das Resultat der klassifizierten Zählung widerspiegelt dann die Anzahl Vorbeifahrten pro Fahrzeugkategorie.

Messungen

Die EVE umschreiben Messungen folgendermassen:

„Mit Messungen werden Merkmale erfasst, die stetige Werte (z.B. Geschwindigkeiten) annehmen können. Im Gegensatz dazu erfassen Beobachtungen und Zählungen diskrete, das heisst nur verbal zu beschreibende bzw. mit ganzen Zahlen darstellbare Merkmale.“ (FGSV, 2012 S. 49)

Der bei dieser Umschreibung verwendete Begriff „Beobachtungen“ kann dabei dem im vorliegenden Bericht verwendeten Begriff „Verhaltensbeobachtungen“ gleichgesetzt werden.

BASt (2010) definiert den Begriff Messung wie folgt:

- *„Erfassung quantitativer Merkmale von Ereignissen (z.B. lokale Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge),*
- *Erfassung quantitativer Merkmale von Objekten (z.B. Verweildauer geparkter Fahrzeuge).“ (BASt, 2010 S. 20)*

Die EVE liefern mit obenstehender Definition zum Begriff Messungen eine grobe Beschreibung. Für die vorliegende Arbeit ist eine präzisere Definition gewünscht, weshalb für den grundlegenden Wortlaut der Definition für die vorliegende Arbeit an BASt (2010) angelehnt wird.

„Mit einer Messung werden entweder quantitative Merkmale von Ereignissen oder quantitative Merkmale von Objekten erfasst, wobei die Werte der Merkmale, die gemessen werden, stetig sein können.“

Bei Verkehrsbeobachtungen werden Messungen dabei immer an einem bestimmten Ort oder im Raum (z.B. Verfolgungsfahrten auf Streckenabschnitt) und während einem bestimmten Zeitraum durchgeführt.

Wie bei den Zählungen ist auch bei den Messungen eine Kategorisierung der Messresultate möglich. So kann beispielsweise die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit an einem Messpunkt pro Fahrzeugkategorie ausgegeben werden.

Verhaltensbeobachtungen

In den EVE wird der Bereich „Beobachtungen“ wie folgt charakterisiert:

„Beobachtungen dienen der planmässigen Erfassung äusserer Merkmale und sichtbarer Verhaltensweisen im Strassenraum.“ (FGSV, 2012 S. 56)

Dabei liegen die Anwendungsgebiete von Beobachtungen gemäss den EVE in den Bereichen:

- Verkehrssicherheit: situationsbezogene Einhaltung von Verkehrsregeln, Analyse von Konflikten, Abstands-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhalten,
- Analyse komplexer Verkehrssituationen und -abläufe: Beteiligung mehrerer Verkehrsteilnehmer, Analyse von Abläufen über ein Wegstrecke oder ein Zeitintervall,
- Verkehrsverhalten: insbesondere in Verbindung mit Aktivitäten und/oder äusseren Merkmalen oder Verkehrsteilnehmer. (FGSV, 2012)

Die Definition von Verhaltensbeobachtungen in BASt (2010) lautet wie folgt:

- „Erfassung qualitativer Merkmale von Ereignissen (z.B. Helmtragen von Zweiradfahrern),
- Erfassung qualitativer Merkmale von Objekten (z.B. Regelkonformität der Abstellung geparkter Fahrzeuge).“ (BASt, 2010 S. 20)

Betrachtet man die obigen Definitionen, Anwendungsgebiete und Beispiele zu (Verhaltens-) Beobachtungen in den Grundlagedokumenten genauer, so lässt sich erkennen, dass sowohl die „Beobachtungen“ in den EVE als auch die „Verhaltensbeobachtungen“ in BASt (2010) vollumfänglich Zählungen oder Messungen zu ganz spezifischen Fragestellungen entsprechen. So entspricht beispielsweise die Erhebung des Anteils an Zweiradfahrern, die einen Helm tragen, einer klassifizierenden Zählung, wobei die Zweiradfahrer in mindestens zwei Kategorien gezählt werden („trägt Helm“, „trägt keinen Helm“). Auch bei der Analyse von Verkehrssituationen handelt es sich in der Regel um Zählungen, wobei hier die Kategorisierung komplexer ist. Es wird aber meist nach ganz spezifischen Verkehrssituationen während einem Zeitraum gesucht und analysiert, wie oft welche Situationen vorkommen, was einer Zählung von Ereignissen gleichkommt.

Bei Beobachtungen zur Verkehrssicherheit gemäss EVE handelt es sich oftmals um Messungen. So werden beispielsweise Abstände bzw. Raumlücken oder Zeitlücken zwischen Fahrzeugen gemessen. Im Gegensatz dazu wird in BASt (2010) die Erhebung von Raumlücken und Zeitlücken bereits dem Bereich „Messungen“ zugeordnet.

Da gemäss den vorangegangenen Erläuterungen alle Erhebungen des Bereichs „Verhaltensbeobachtungen“ den Bereichen „Zählungen“ oder „Messungen“ zugeordnet werden können, entfällt in den weiteren Betrachtungen des Berichts der Bereich „Verhaltensbeobachtungen“. Dementsprechend wird die ursprünglich vorgeschlagene Struktur, wie in Abb. 2.3 dargestellt, angepasst.

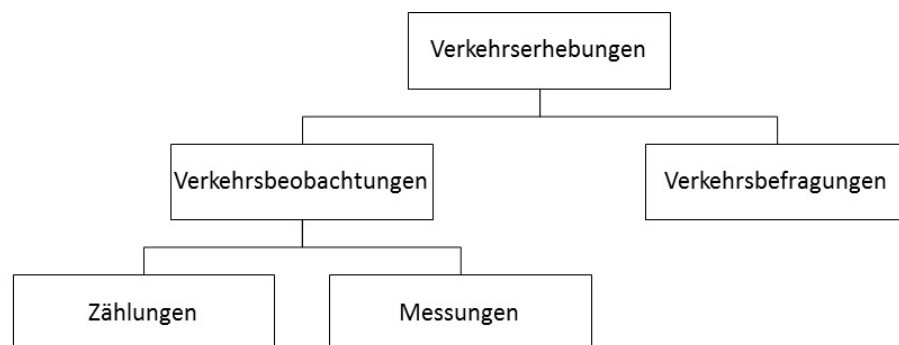


Abb. 2.3 Struktur der Verkehrserhebungsmethoden für den vorliegenden Bericht

2.1.2 Weitere Strukturierung der Methoden im Bericht

Für die beiden Bereiche werden im Kapitel 4 die Beobachtungsmethoden zur detaillierten Beschreibung jeweils weiter nach den Verkehrsmitteln motorisierter Individualverkehr (MIV), öffentlicher Verkehr (öV), Veloverkehr, und Fussverkehr gegliedert. Die Methoden

werden pro Verkehrsbereich nochmals in ruhenden und fliessenden Verkehr unterteilt. Für jede Kategorie (z.B. MIV - fliessender Verkehr) werden die Kenngrössen ausfindig gemacht, deren Erfassung zur Beantwortung von verkehrsplanerischen Fragestellungen relevant ist (z.B. Verkehrsbelastung). Für jede zu erhebende Kenngrösse werden dann die einzelnen Methoden beschrieben. Dabei werden manuelle und automatische Methoden sowohl im Raum als auch am Querschnitt bzw. am Velo-Abstellplatz betrachtet.

3 Grundsätze zur Planung von Verkehrsbeobachtungen

In diesem Kapitel wird auf allgemein gültige Aussagen zur Planung von Verkehrsbeobachtungen eingegangen. Methodenspezifische Angaben zu den einzelnen Themen folgen im Kapitel 4, in dem die einzelnen Methoden detailliert beschrieben werden.

Die Planung einer Verkehrsbeobachtung ist primär von der Fragestellung und von der zu erfassenden Kenngrösse abhängig. Dabei gilt es statistische, material- und personaltechnische, räumliche und zeitliche Elemente zu berücksichtigen. Allenfalls kann bei der Planung auch auf die Erfahrung aus früheren Erhebungen zurückgegriffen werden.

3.1 Anforderungen an die Datenqualität

Das wichtigste Element einer Erhebung ist eine dem Erhebungsziel angemessene Datenqualität. Diese geforderte Datenqualität sollte möglichst effizient, das heisst mit möglichst geringen Kosten, erreicht werden.

3.1.1 Zum Begriff Qualität bei Verkehrsbeobachtungen

Nach BAST (2010) gibt die Qualität an, in welchem Masse eine „Einheit“, im Falle von Verkehrserhebungen die erfassten Daten und deren Resultate, den bestehenden Anforderungen entspricht. Die Anforderungen an eine Erhebung werden i.d.R. von den späteren Nutzern der Resultate definiert. Die Qualität kann mit „inhärenten Merkmalen“ gemessen werden. Bei diesen Merkmalen handelt es sich um objektiv messbare qualitative oder quantitative Eigenschaften der erwähnten Einheiten. Solche Merkmale können dabei in verschiedene Qualitätsaspekte eingeteilt werden. In Anlehnung an (FGSV, 2012) und vor allem BAST (2010) können die Qualitätsaspekte wie folgt beschrieben werden.

Definition der Qualitätsaspekte von einzelnen Erhebungen

- *Relevanz und Vollständigkeit:* Sind die Daten für die Beantwortung der anstehenden Fragestellungen nötig bzw. werden sie von den späteren Nutzern gefordert, so sind die Daten relevant. Die Vollständigkeit gibt an, in welchem Mass alle relevanten Daten erhoben wurden. Umso vollständiger die relevanten Daten vorliegen, desto höher ist die Qualität (BAST, 2010).
- *Aktualität und Pünktlichkeit:* Bei der Aktualität handelt es sich um die Zeitspanne zwischen der Veröffentlichung und dem Zeitpunkt bzw. Zeitraum, auf den sich die Daten beziehen. Je kleiner die Zeitspanne, desto besser ist die Qualität bezüglich dieses Aspekts. Die Pünktlichkeit bezeichnet den Zeitabstand zwischen dem angekündigten und dem tatsächlichen Veröffentlichungstermin der Daten. Dabei sinkt die Qualität je grösser die Verzögerung bei der Veröffentlichung ist.
- *Zugänglichkeit und Klarheit:* Hierbei geht es primär um die Verfügbarkeit der Daten und um zusätzliche Informationen zu den Daten (Metadaten). Je einfacher der Zugang zu den Daten möglich ist und je ausführlicher und präziser die Zusatzinformationen zur Verfügung stehen, desto höher wird die Datenqualität. Steht zusätzlich noch Support für die Datennutzer zur Verfügung, kann die Qualität weiter gesteigert werden. (BAST, 2010)
- *Genauigkeit:* Die Genauigkeit ist der Grad der Abweichung eines auf Stichprobendaten beruhenden Schätzwertes von der zu schätzenden Kenngrösse der Grundgesamtheit. Die Genauigkeit von Daten wird durch die verschiedenen Fehler bestimmt, die bei Erhebungen vorkommen. Je kleiner dabei die Fehler sind, desto besser ist die Qualität der Daten. Bei den Fehlern können zwei Arten unterschieden werden:
 - *Stichprobenfehler (Präzision):* Der Stichprobenfehler entsteht dadurch, dass nur eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit erhoben wird, was bei Verkehrsbeobachtungen i.d.R. der Fall ist. Es handelt sich dabei bei richtiger Ziehung um zufällige Fehler. Je grösser die Stichprobe ausfällt, desto mehr werden Zufallsschwankungen ausgeglichen, womit der Stichprobenfehler kleiner wird.

- *Nichtstichprobenfehler (Richtigkeit)*: Der Nichtstichprobenfehler kann systematisch oder unsystematisch sein. Er beschreibt die Abweichung zwischen dem Erwartungswert der Erhebung und dem wahren Wert der zu schätzenden Kenngrösse. Der Erwartungswert der Erhebung entspricht dabei dem Wert, der bei einer Vollerhebung resultieren würde und demnach keinen Stichprobenfehler mehr aufweist. Die Nichtstichprobenfehler können bei Beobachtungsmethoden einerseits durch Mängel in der Erhebungstechnik, in der Abgrenzung der Erhebungsgesamtheit, in der Begriffsbildung, in der Fragestellung sowie in der Datenaufbereitung entstehen. Dadurch können Zähl- und Messfehler (ungenauere Mess- bzw. Zählgeräte, Fehlnotierungen des Zählpersonals) auftreten.

3.1.2 Anforderungen an die einzelnen Qualitätsaspekte

Relevanz und Vollständigkeit

Alle Daten, die zur Beantwortung der Fragestellung nötig und von den späteren Nutzern gefordert werden, sind bei einer Verkehrserhebung zwingend vollständig zu erfassen.

Aktualität und Pünktlichkeit

Bezüglich der Aktualität ist eine möglichst rasche Veröffentlichung der Daten im Anschluss an die Erhebung erwünscht. Die Zeitdauer bis zur Veröffentlichung sollte dabei in einem angemessenen Verhältnis zum Umfang und zur Komplexität der Erhebung stehen. Die Pünktlichkeit sollte bei Verkehrserhebungen, wie auch bei anderen Projekten, grundsätzlich eingehalten werden (BASt, 2010).

Durch den Wunsch einer möglichst raschen und pünktlichen Veröffentlichung kann allenfalls Zeitdruck hervorgerufen werden. Ein solcher Zeitdruck darf die sorgfältig durchzuführende Datenaufbereitung in keinem Fall negativ beeinflussen.

Zugänglichkeit und Klarheit

Die Daten der Erhebung sollten den Nutzern möglichst einfach, verständlich und transparent zur Verfügung stehen. Damit die Nachvollziehbarkeit der Erhebung gewährleistet bleibt, gilt es verschiedene Metadaten zu erheben. Diese sind in einem gewissen Mass von der Fragestellung und der Erhebungsmethode abhängig (BASt, 2010 und FGSV, 2012).

Genauigkeit (Stichprobenfehler und Nichtstichprobenfehler)

Je nach Fragestellung braucht es eine andere Genauigkeit der Daten, um die nötigen Antworten zu finden. Sowohl die Stichprobengrösse als auch die Erhebungsmethode müssen so gewählt werden, dass die geforderten Genauigkeiten erreicht werden können. Der Stichprobenumfang wird gemäss den BASt aufgrund der folgenden Elemente festgelegt (BASt, 2010):

- Fehlergrenze
- Praktiziertes Auswahlverfahren
- Art der zu schätzenden Kennzahl
- Verwendetes Hochrechnungsverfahren

Entscheidend für die Festlegung der Fehlergrenze ist die zu beantwortende Fragestellung. Dabei besteht die Tendenz, die Genauigkeitsanforderungen zu hoch anzusetzen. Oftmals genügen beispielsweise auch Zahlen mit relativen Standardfehlern von 10% (BASt, 2010). Die Fehlergrenze soll deshalb so festgelegt werden, dass die geforderte Qualität zwar gewährleistet werden kann, aber nicht unnötig hoch ist. Vor allem wenn zur Erreichung einer unnötig hohen Qualität höhere Kosten hervorgerufen werden, muss die Qualität auf das nötige Mass reduziert werden.

Bei allen Methoden treten kleinere oder grössere Nichtstichprobenfehler auf. Dabei gilt es die Nichtstichprobenfehler, unabhängig von der Wahl der Methode, so weit wie möglich zu vermeiden. Gewisse Zähl- und Messfehler können jedoch nie ganz ausgeschlossen werden.

Das ASTRA hat für seine permanenten Verkehrszählgeräte nach dem Schema „Swiss 10“, bei dem zehn Fahrzeug-Kategorien bzw. -Klassen unterschieden werden, die in der Abbildung Abb. 3.4 ersichtlichen Genauigkeiten festgelegt, wobei zwischen Trefferquote und Richtigkeit unterschieden wird.

$$\text{Trefferquote} = \frac{\text{Anzahl der richtig klassifizierten Fahrzeuge einer Klasse}}{\text{Summe der visuell ermittelten Fahrzeuge dieser Klasse}}$$

$$\text{Richtigkeit}^1 = \frac{\text{Anzahl der pro Klasse total erfassten Fahrzeuge}^2}{\text{Summe der visuell ermittelten Fahrzeuge dieser Klasse}}$$

Klasse	Trefferquote		Richtigkeit	
	Zielwert ASTRA	Minimaler Wert	Zielwert ASTRA	Minimaler Wert
1: Bus, Car	> 90%	> 75%	> 90%	> 75%
2: Motorrad	> 90%	> 90%	> 90%	> 50%
3: Personenwagen	> 97%	> 95%	> 97%	> 95%
4: Personenwagen mit Anhänger	> 90%	> 75%	> 90%	> 75%
5: Lieferwagen	> 90%	> 80%	> 90%	> 70%
6: Lieferwagen mit Anhänger	> 90%	> 80%	> 90%	
7: Lieferwagen mit Auflieger	> 90%	> 80%	> 90%	
8: Lastkraftwagen	> 95%	> 90%	> 95%	> 90%
9: Lastenzug	> 95%	> 95%	> 95%	> 90%
10: Sattelzug	> 95%	> 95%	> 95%	> 90%
Totale Anzahl Fahrzeuge	> 99%	> 99%	> 99%	> 99%
Schwere Sachtransportfahrzeuge (Klassen 8 + 9 + 10)	> 95%	> 95%	> 95%	> 95%

Abb. 3.4 Geforderte Genauigkeiten der Fahrzeugklassifizierung bei Zählungen des ASTRA nach Schema „Swiss 10“ (Quelle: Joseph, Baumgartner, Jegge, Rubin, Schaufelberger und Schnetz, 2009 S. 10)

Weiterführende Hinweise zu den Fehlern und deren Fortpflanzung sind in Widmer et al. (2015) zu finden.

3.2 Planerische Hinweise zur Erreichung einer hohen Datenqualität

Im Folgenden soll kurz auf entscheidende Elemente eingegangen werden, wie eine hohe Datenqualität gewährleistet werden kann:

Relevanz und Vollständigkeit

Um alle von den Nutzern geforderten Daten erheben zu können, ist es erforderlich, die Fragestellung und das Untersuchungsziel genau zu kennen und zu analysieren. Aufgrund dieser Analysen muss dann ein entsprechendes Erhebungskonzept erarbeitet werden.

Aktualität und Pünktlichkeit

Um eine möglichst gute Aktualität gewährleisten zu können ist eine rasche Abwicklung der Erhebung inklusive der anschliessenden Datenaufbereitung vorzusehen. Um die Pünktlichkeit gewährleisten zu können, müssen bei der Festlegung des geplanten Publikationstermins auch äussere, nicht beeinflussbare Umstände (z.B. Wetter) bei der Planung berücksichtigt und genügend Reservezeit eingeplant werden. So kann die Wahrscheinlichkeit einer Verzögerung auf ein Minimum reduziert und die Qualität der Erhebung gesteigert werden. Eine nicht unwesentliche Rolle kommt dabei auch einer frühzeitigen Auftragsvergabe durch den Besteller einer Verkehrsbeobachtung zu.

¹ Falls Werte > 100% entstehen muss der Reziprokwert gebildet werden

² Inklusive falsch klassifizierte Fahrzeuge und „Phantom“-Fahrzeuge

Zugänglichkeit und Klarheit

Die Datenverfügbarkeit für die Nutzer muss einfach, verständlich und transparent sein. Ausserdem sind i.d.R. für Erhebungen folgende Metadaten bei der Dokumentation vorzusehen.

Tabelle 3.1 Übersicht über die anzugebenden Metadaten einer Erhebung (Widmer et al., 2015)

Metadatenbereich	Inhalte
Name der Erhebung	Bezeichnung
Datum	Tag, Monat, Jahr; Wochentag (Montag-Sonntag, Feiertag)
Dauer	Uhrzeit von... bis ... Anzahl Intervalle, Dauer der Intervalle
Wetter	Sonnig, trocken, Regen, Schnee Temperatur
Auftraggeber	Institution Name der verantwortlichen Person
Auftragnehmer	Institution Name der verantwortlichen Person
Geographische Abgrenzung	Parkhaus, Strasse, Gemeinde, Kanton, etc.
Erhebungsstandorte	Lage der Erhebungsstandorte für Personen oder für Fahrzeuge
Inhalt der Erhebung	Personen Fahrzeuge
Kategorien der Inhalte der Erhebung	Personenkategorien, Wegezwecke, berücksichtigte Verkehrsmittel etc. Klassifikation der Fahrzeuge
Grundgesamtheit der Erhebung	z.B. Einwohner ab 18 Jahren in Gemeinde X am 1.1.2014
Gewünschter Genauigkeitsgrad	Stichprobenfehler Statistische Sicherheit Notwendiger Stichprobenumfang
Verfahren zur Erfassen der Kenngrössen	Erhebungsverfahren eingesetzte Erhebungsinstrumente evtl. Anzahl des Erhebungspersonals evtl. Art des Teilnahme-Anreizes evtl. Qualifizierung des Erhebungspersonals
Auswahlgesamtheit und -rahmen	Verzeichnis der Auswahlseinheiten
Auswahlverfahren	Stufengliederung Schichtung Ziehungsmodell
Pretest (Testerhebung)	Planung und Durchführung Ergebnisse und Konsequenzen
Organisation und Ablauf der Erhebung (Feldphase)	Feldbericht (z.B. Wetter, verantwortliche Personen, spezielle Vorkommnisse) Darstellung des Antwortverhaltens Gegebenenfalls Nonresponse-Studie
Datenaufbereitung und Datenanalyse	Erfassung, Prüfung, Bereinigung und Korrektur der Daten Gewichtungs- und Hochrechnungsfaktoren Hochrechnung/Tabellenprogramm
Qualität der Daten	Systematischer Fehler Zufälliger Fehler Nonresponse-Fehler
Ergänzende Materialien	Beispiel von Erhebungsmaterialien
Datenarchivierung	Institution, bei welcher Sekundärdaten angefordert werden können

Je nach Erhebung können in der Dokumentation weitere Metadaten wichtig sein.

Genauigkeit (Stichprobenfehler und Nichtstichprobenfehler)

Bei gegebener Erhebungsmethode bestimmt die geforderte Genauigkeit den minimalen Stichprobenumfang. Je grösser die Stichprobe ausfällt, desto genauer wird die Erhebung

i.d.R. liegt in der Nähe des Zählortes eine Dauerzählstelle, die denselben Verkehrsverlauf aufweist wie die temporäre Zählstelle, so kann die Stichprobe allenfalls ohne Genauigkeitsverlust verkleinert werden, da zufällig auftretende Effekte dank der Dauerzählstelle erkannt und bei der Auswertung berücksichtigt werden können.

Meist wird die Grösse einer Stichprobe durch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel limitiert. Der Stichprobenumfang muss jedoch mindestens so gross sein, dass damit die geforderte Genauigkeit eingehalten werden kann. Ein effizienter Einsatz der finanziellen Mittel ist also entscheidend. Dies ist mit ein Grund, weshalb der Nichtstichprobenfehler, welcher die Genauigkeit der Erhebung ebenfalls limitiert, so weit wie möglich reduziert werden sollte. Im Folgenden wird auf einige Grundsätze zur Vermeidung von Nichtstichprobenfehlern eingegangen.

- Bei manuellen Erhebungen:

Die Instruktionen zur Erhebung sollen i.d.R. mündlich und mit der Möglichkeit für Rückfragen erfolgen. Je nach Komplexität der Erhebung ist im Vorfeld der eigentlichen Erhebung eine Testerhebung durchzuführen, damit auftretende Probleme erkannt und bis zur eigentlichen Erhebung eliminiert werden können. Die Gestaltung der Zählformulare muss übersichtlich und leicht verständlich sein. Während der Erhebung soll eine Ansprechperson erreichbar sein, die selbst nicht mit der Erhebung beschäftigt ist. Es ist wichtig, dass genügend Zählpersonal eingeplant wird. Richtwerte, was einer Person zugemutet werden kann, sind im Kapitel 4 bei den Methodenbeschreibungen erwähnt. Bei der Wahl des Personals sollte beachtet werden, dass die Eignung und die Erfahrung des Personals mit Erhebungen einen grossen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse hat (BAST, 2010). Die Standortwahl für die Erhebung sollte neben der guten Einsehbarkeit des Verkehrs auch die Sicherheit für das Personal berücksichtigen. Eine Ortsbesichtigung ist deshalb in den meisten Fällen unerlässlich. Während der Erhebung sind Stichprobenkontrollen des Personals vorzusehen.

Da die Daten im Anschluss an die Erhebung i.d.R. digitalisiert werden müssen, ist es wichtig, dass die Zählformulare auf die Eingabemasken abgestimmt sind, so dass bei der Übertragung möglichst wenige Fehler auftreten. Wird mit Tablet-Computern bzw. Smartphones gearbeitet, können Übertragungsfehler weitgehend ausgeschlossen werden.

- Bei automatischen Erhebungen:

Neben der Wahl der Geräte ist deren Installation und Kalibrierung entscheidend für den Erfolg der Erhebung sowie zur Reduzierung des Nichtstichprobenfehlers. Bei allen Geräten ist der Standortwahl der einzelnen Zähl- bzw. Messstellen Beachtung zu schenken. Neben gerätespezifischen Anforderungen ist eine möglichst hohe Sicherheit vor Vandalismus erwünscht. Diese Sicherheit muss nicht nur bei der Standortwahl sondern auch bei der Wahl des Gerätetyps berücksichtigt werden. Beim fliessenden Verkehr kommen neben den genannten Punkten weitere Restriktionen bezüglich der Standortwahl hinzu. So sollten beispielsweise beim MIV die Sensoren nicht zwischen Ein- und Ausfahrten positioniert (z.B. von Tankstellen) werden, da sonst eine Umfahrmöglichkeit der Zählstelle existiert.

Um den Aspekten der Standortwahl gerecht zu werden, reicht eine Planung alleine anhand von Planunterlagen i.d.R. nicht aus. Es ist deshalb unbedingt eine Ortsbesichtigung zur Festlegung der genauen Standorte erforderlich (FGSV, 2010).

Auch wenn Geräte einwandfrei installiert und kalibriert worden sind, können sie noch technische Mängel aufweisen oder Defekte und Störungen erleiden. Dies kann entweder die Erfassung oder die Übermittlung der Daten betreffen. Deshalb ist auch eine regelmässige Kontrolle der Geräte unabdingbar.

Unabhängig davon, ob eine manuelle oder automatische Erhebung durchgeführt wird, ist die zeitliche Planung eine entscheidende Komponente zur Reduzierung von Nichtstichprobenfehlern. Die zeitliche Planung ist in erster Linie von der Fragestellung abhängig und muss deshalb individuell festgelegt werden. Einige Hinweise zu typischen Erhebungszeiten können jedoch trotzdem gemacht werden. Sie beruhen auf folgenden zwei häufig anzutreffenden Fakten von Verkehrserhebungen:

- Resultate aus Erhebungen im Feld werden zur Ermittlung von Werten wie durchschnittlicher Tagesverkehr (DTV), durchschnittlicher Werktagsverkehr (DWV), etc. im Anschluss an die Erhebung oftmals hochgerechnet (siehe Kapitel 5)
- Bei grossräumigen Erhebungen mit vielen einzelnen Erhebungsorten ist es oft nicht möglich, bei allen Standorten zum genau gleichen Zeitpunkt zu erheben.

Diese zwei Fakten führen dazu, dass die Erhebungen zu Zeiten stattfinden sollen, die einen möglichst stabilen und repräsentativen Zusammenhang zwischen dem Verkehr während der Zählzeiten und den zu ermittelnden Zielgrössen aufweisen. Dieser Zusammenhang unterliegt saisonalen sowie kalendertäglichen Schwankungen und ist ausserdem von den einzelnen Zählstellen abhängig. Untersuchungen haben ergeben, dass diese Schwankungen für gewisse Zeitbereiche schwächer ausgeprägt sind als für andere (Arnold, Hedeler, Wöppel und Dahme, 2008). Dementsprechend werden in verschiedenen Quellen Empfehlungen zur zeitlichen Durchführung einer Verkehrserhebung gemacht. Als wichtigste Referenz für den MIV wird dabei Arnold et al. (2008) angesehen, da darin explizit verschiedene Hochrechnungsverfahren und die daraus resultierenden Daten untersucht wurden. Es wurden jedoch auch weitere Quellen hinzugezogen und berücksichtigt. Die für eine Erhebung gewählten Erhebungszeiten sind bei der Hochrechnung (siehe Kapitel 5) zu berücksichtigen.

Verkehrsmittelunabhängige Zeitempfehlungen

- Zählmonate: April bis Oktober
- Zähltag: Normalwerktage (Dienstag und Donnerstag) in Normalwochen

Gemäss Arnold et al. (2008) gilt auch der Mittwoch in Normalwochen als Normalwerktag. In der Schweiz tritt jedoch der Sonderfall auf, dass vielerorts an Mittwochnachmittagen schulfrei ist und der Mittwoch deshalb nicht als Normalwerktag angesehen werden kann. Als Normalwochen gelten Wochen ausserhalb der Schulferien. Auch dürfen die Wochen keine Feiertage enthalten. Je nach Erhebung und Erhebungsort sind auch die Ferien und Feiertage des benachbarten Auslands zu berücksichtigen. Es gilt jedoch zu beachten, dass zur Ermittlung bestimmter Kenngrössen (z.B. Verkehrsbelastung auf Transitachsen wie beispielsweise dem Gotthard) gegebenenfalls auch an Ferienwerktagen (Di, Mi), Freitagen und Sonntagen erhoben werden muss.

Es ist zu beachten, dass diese allgemeinen Zeitempfehlungen nicht für Untersuchungen des Freizeitverkehrs gelten, insbesondere nicht für Verkehrserhebungen auf Verkehrswegen, wo der Freizeitverkehr dominiert. Beim Freizeitverkehr sind die Anforderungen an die Zählzeiten sehr unterschiedlich, weshalb in diesem Bericht nicht im Detail darauf eingegangen wird. I.d.R. gilt jedoch, dass Erhebungen des Freizeitverkehrs an Wochenenden, an Feiertagen, während den Ferien oder an Werktagen nach Feierabend durchgeführt werden sollten.

Für die zeitliche Planung ist sicherzustellen, dass die Erhebung möglichst unbeeinflusst ist von voraussehbaren und unerwünschten Verzerrungen (z.B. Baustellen, Sportveranstaltungen, etc.). Dabei sind auch Räume im Umfeld der Erhebung zu beachten.

Die zeitliche Planung ist nur dann wirkungsvoll, wenn die Erhebung auch zeitlich synchronisiert stattfindet. Das heisst, dass bei manuellen Erhebungen die Uhren des Zählpersonals bzw. der eingesetzten Geräte aufeinander abgestimmt werden müssen und dass bei automatischen Erhebungen die Systemzeit mit der realen Zeit abzugleichen ist.

Die verkehrsmittelabhängigen Zeitempfehlungen werden im Kapitel 4 bei den jeweiligen Unterkapiteln wiedergegeben.

Erhebungsintervalle

Auch die Festlegung der Erhebungsintervalle ist in erster Linie auf die Fragestellung anzupassen. Die Intervalle müssen dabei so gewählt werden, dass mindestens die für die Fragestellung nötige Qualität erreicht werden kann. Entsteht kein zusätzlicher Kostenaufwand (z.B. mehr Personal, zusätzlicher Datenspeicher), so können die Intervalle für einen höheren Informationsgehalt der Erhebung auch kürzer als zur Beantwortung der

Fragestellung nötig angesetzt werden. Bei manuellen Erhebungen wird häufig mit 15-Minuten-Intervallen gearbeitet. Weitere übliche Intervalle sind 5, 10, 30 und 60 Minuten. Wird automatisch erhoben, so sind die Möglichkeiten des gewählten Systems unter den gegebenen Voraussetzungen (Speicherplatz für Daten, Budget, etc.) voll auszuschöpfen, damit ein möglichst hoher Informationsgehalt aus der Erhebung erreicht werden kann. Im besten Fall bedeutet dies, dass jedes Fz mit Zeitstempel erfasst wird. Aggregationen können im Rahmen der Datenaufbereitung vorgenommen werden.

3.3 Personal- und Materialeinsatzplanung

Die Planung des Personal- und Material-Einsatzes ist von der Beobachtungsmethode, den Qualitätsanforderungen und von den erwarteten Verhältnissen während der Beobachtung abhängig.

Wahl der Beobachtungsmethode

Bei der Wahl der Beobachtungsmethode ist vor allem entscheidend, ob eine manuelle oder automatische Methode gewählt werden soll. Folgende Faktoren sind dabei zu berücksichtigen:

- Anforderungen an die Beobachtung: Je nach Anforderung scheiden gewisse Beobachtungsmethoden aus. So können gewisse Beobachtungen nur manuell durchgeführt werden, weil die technischen Möglichkeiten noch nicht so weit entwickelt sind (z.B. Belegungsgrad). Ist nicht aufgrund der Technik vorgegeben, ob eine Erhebung manuell oder automatisch durchgeführt werden muss, so sind i.d.R. die Kosten entscheidend, welche Beobachtungsmethode zur Erfüllung der Anforderungen gewählt werden soll.
- Periodizität und Dauer von Erhebungen: Bezüglich der Periodizität können gemäss FGSV (2010) vier Kategorien unterschieden werden:
 1. Einmalige Erhebungen
 2. Vorher-Nachher-Erhebungen
 3. Periodisch oder aperiodisch wiederkehrende Erhebungen
 4. Langzeit- bzw. Dauererhebungen

Bei den ersten drei Kategorien spielt die Erhebungsdauer die entscheidende Rolle, da sie einen direkten Einfluss auf die Kosten bei manuellen Erhebungen hat. Wird an zwei bis vier aufeinanderfolgenden Tagen erhoben, ist i.d.R. eine automatische Erhebungsmethode vorzusehen. Die tägliche Erhebungszeit (z.B. 4, 8 16 oder 24 Stunden) ist für den Entscheid jedoch ebenfalls zu berücksichtigen. So wird i.d.R. mit manuellen Erhebungen eine Erhebungsdauer von 48 Stunden nicht überschritten (FGSV, 2008).

Bei der zweiten und dritten Kategorie ist auch bei kürzeren Erhebungen zu überprüfen, ob sich eine automatische Erhebung lohnt, da die Kosten für das Evaluieren der Geräte und Standorte nur für die erste Erhebung anfallen und bei den späteren Erhebungen dank den gewonnenen Erfahrungen auch die Kosten für die Durchführung (z.B. Installation/Deinstallation der Geräte) sinken.

Für die vierte Kategorie kommen nur automatische Erhebungsmethoden in Frage, da manuelle Methoden nicht finanzierbar sind. Als Langzeiterhebungen gelten gemäss Widmer et al. (2015) Erhebungen von der Dauer von mindestens einer Woche.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Wahl, ob eine Beobachtung manuell oder automatisch durchgeführt werden soll, hauptsächlich von den Kosten abhängig ist. Diese wiederum werden von den Anforderungen, der Periodizität und der Dauer der Erhebung mitbestimmt. Je nachdem, wie die Erhebung durchgeführt wird, ergeben sich unterschiedliche Personal- und Materialanforderungen.

Personaleinsatz

Personal benötigt es sowohl bei manuellen als auch bei automatischen Beobachtungen. Bei manuellen Beobachtungen wird das Personal für die eigentliche Erhebung benötigt. Dabei gilt es zu beachten, dass ein Einsatz i.d.R. nicht mehr als drei, besser nur zwei Stunden dauern sollte. Anschliessend an einen Einsatz ist eine Pause von 30 bis 60 Minuten angebracht. I.d.R. können so von einer Person zwei bis drei solcher Einsätze an

einem Tag geleistet werden. Bei automatischen Beobachtungen braucht es das Personal für die Installation, die Kalibrierung, die Kontrolle und ev. den Abbau der Geräte. Zudem erfordern automatische Verkehrsbeobachtungen häufig eine manuelle Nachbearbeitung im Büro.

Es gilt zu beachten, dass der Schulungsaufwand bei computerunterstützten Methoden oftmals höher ist als bei traditionellen Erhebungsmethoden, da dem Personal die Funktionsweise der Geräte erläutert werden muss.

Bei gewissen Erhebungen bietet sich die Kombination einer Beobachtung mit einer Befragung an. Dies soll insbesondere bei Beobachtungen des ruhenden Verkehrs sowie des fließenden öV, Velo- und Fussverkehrs geprüft werden.

Die Sicherheit des Personals ist zu gewährleisten. Bei manuellen Erhebungen ist deshalb i.d.R. der Einsatz von Leuchtwesten vorzusehen. Ausserdem sind die Standorte der Erhebung so zu wählen, dass Unfälle weitgehend ausgeschlossen werden können. Bei automatischen Erhebungen sind je nach Installationsort der Geräte auch Sperrungen von Strassen zu prüfen.

Materialeinsatz

Die methodenspezifisch einsetzbaren Hilfsmittel und Geräte sind im Kapitel 4 in den Methodenbeschrieben aufgezählt. Folgende allgemeingültigen Hinweise gilt es beim Einsatz der entsprechenden Geräte zu beachten:

- Bei der Verwendung von elektronischen Handzählgeräten, Tablet-Computern/ Smartphones, Fotokameras und akkubetriebenen Videokameras ist darauf zu achten, dass der Akku geladen ist und für die ganze eingeplante Erhebungszeit ausreicht. Diesbezüglich gilt es zu beachten, dass die Leistung von Akkus mit der Zeit aufgrund des Memory-Effekts abnimmt. Bei neueren Akkus tritt der Effekt nur noch in sehr geringem Masse auf. Auch tiefe Temperaturen vermindern die Leistung von Akkus. Dabei ist die Akkutemperatur und nicht die Umgebungstemperatur entscheidend. Bei Temperaturen von 0 °C und tiefer ist i.d.R. eine Netzstromversorgung angebracht.
- Wird mit Fotokameras oder Videoaufnahmen gearbeitet, ist darauf zu achten, dass genügend Speicherplatz für die ganze Aufnahmezeit zur Verfügung steht.
- Verschiedene automatische Zähl- und Messtechnologien können heute dank Solarzellen unabhängig vom Stromnetz betrieben werden. Insbesondere bei Standorten, an denen eine Netzstromversorgung der Geräte nur schwierig realisiert werden kann, ist zu prüfen, ob eine solarbetriebene Technologie die Erhebungsanforderungen erfüllen kann.

3.4 Räumliche Planung

Bei der Planung der räumlichen Lage von Erhebungen sollten, abgesehen von den Anforderungen aufgrund der geforderten Datenqualität, vorhandene Dauer- oder Langzeiterhebungsstellen mitberücksichtigt werden. Diese können je nach Lage für die Zählung geplante Erhebungsstellen ersetzen. Es gilt zu beachten, dass die Vergleichbarkeit zwischen den Zählungen der geplanten Erhebung und den Dauer- bzw. Langzeiterhebungsstellen gewährleistet sein muss.

3.5 Weiteres

Um unnötige Zwischenfälle zu verhindern sollen bei Verkehrszählungen und -messungen die lokalen Behörden, Transportunternehmungen und die zuständige Polizeistelle informiert werden. Ausserdem benötigte es für die Installation der Geräte von automatischen Zählungen in jedem Fall eine Bewilligung, wenn dazu Eingriffe in den Verkehrsablauf nötig sind. Je nach verwendeter Technologie sind auch datenschutzrechtliche Aspekte zu berücksichtigen. Auch bei manuellen Erhebungen kann eine Bewilligung nötig sein. Es ist deshalb vor jeder Erhebung abzuklären, ob vorgängig eine Bewilligung eingeholt werden muss.

3.6 Datenschutz

3.6.1 Allgemein

Grundsätzlich ist bei jeder Verkehrsbeobachtung zu prüfen, ob datenschutzrechtliche Aspekte tangiert werden. Ist dies der Fall, so kann die Erhebung nur durchgeführt werden, wenn die betroffenen Personen der Erfassung ihrer Daten zustimmen oder ein privates oder öffentliches Interesse besteht. Eine Informationspflicht über die Erhebung und deren Inhalt (z.B. Kontrollschilderhebung) ist bei datenschutzrechtlich relevanten Erhebungen auf jeden Fall vorzunehmen. Die erforderliche Form der Information (z.B. Informationstafel, Pressemitteilung) ist vor der Erhebung zu eruieren. Neben den genannten Aspekten ist beim Umgang mit datenschutzrelevanten Daten (Speicherung, Verwendung, Veröffentlichung, etc.) besondere Sorgfalt geboten. Ergänzende Hinweise zum Datenschutz sind im Teilprojekt 1 des Forschungsbündels (Widmer et al., 2015) zu finden.

Im Folgenden wird der Datenschutz bei den heute gebräuchlichen Anwendungen des Trackings im Zusammenhang mit Verkehrsbeobachtungen und bei der Erstellung von Bildmaterial erläutert.

3.6.2 Tracking

Die folgenden Erläuterungen zum Datenschutz stützen sich weitgehend auf den Artikel zum Personentracking des eidgenössischen Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragten (EDÖB, 2015).

Datenschutzrechtliche Aspekte sind zu berücksichtigen, wenn Fahrzeuge oder Personen über ein Merkmal identifiziert werden, über das ein Personenbezug hergestellt werden kann. Bei Verkehrserhebungen kann dies auftreten, wenn die Wiedererkennbarkeit von Fahrzeugen oder Personen erforderlich ist, was einem Tracking von Fahrzeugen oder Personen entspricht. Folgende Technologien können für ein Tracking verwendet werden (siehe Kapitel 4):

- Kontrollschilderfassung (automatische per Video oder manuell)
- Detektion von Signalen von Geräten im Fz oder von Personen (Bluetooth, WLAN, etc.)
- Radio-Frequency Identification (RFID)
- Detektion durch biometrische Merkmale (Gesichtserkennung)
- mehrdimensionale Farbhistogrammanalyse

Während die letztgenannte Technologie aus heutiger Sicht datenschutztechnisch unbedenklich ist, sind bei allen anderen Methoden die nachstehenden Aspekte zu berücksichtigen.

Wie bereits im allgemeinen Teil vermerkt ist die Erfassung und Bearbeitung von personenbezogenen Daten nur erlaubt, wenn die betroffenen Personen einwilligen oder ein privates oder öffentliches Interesse besteht. Eine Einwilligung ist bei Verkehrsbeobachtungen i.d.R. nur bei der Verwendung der ortsungebundenen Positionsbestimmung durch Geräte (i.d.R. GPS) möglich. Für die übrigen Technologien muss abgeklärt werden, ob das private oder öffentliche Interesse genügt.

Des Weiteren muss folgendes beachtet werden:

- Es sollen nur jene personenbezogenen Daten erfasst werden, welche für die Verkehrsbeobachtung nötig sind. Bei einer automatischen Kontrollschilderfassung per Video sollten beispielsweise keine Fz-Insassen erkennbar sein.
- Personenbezogene Daten (Kontrollschildnummern, IDs von Geräten wie Smartphones (z.B. MAC-Adresse), biometrische Daten, etc.) sind zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt zu löschen oder zu anonymisieren. Es sollten keine Profile über einen längeren Zeitraum erstellt werden.
- Die Auswertung muss in Kategorien erfolgen, die keine Identifizierung einzelner Menschen ermöglichen. Die Daten müssen so aggregiert werden, dass ein Personenbezug unmöglich ist.

- Die erfassten Daten sollten nicht mit weiteren Daten verknüpft werden, da mit jeder Verknüpfung die Identifizierbarkeit steigt.
- Die betroffenen Personen müssen vor dem Betreten überwachter Örtlichkeiten über den Betrieb des Trackingsystems informiert werden, was am besten mit Hilfe gut sichtbarer Hinweisschilder erfolgt.
- Es ist Informationsmaterial zu erstellen, das über alle wesentlichen Punkte der mit dem System verbundenen Personendatenbearbeitung Aufschluss gibt.
- Prozesse zur Gewährung des Auskunftsrechts und eines allfälligen Löschrechts sind zu definieren. Die betroffenen Personen müssen rasch, unbürokratisch und kostenlos von ihren Rechten Gebrauch machen können.

Bei der Verwendung von biometrischen Daten (z.B. Gesichtserkennung) ist beim Umgang mit den Daten besondere Vorsicht geboten, da die biometrischen Daten dauerhaft mit einer Person verbunden sind und nicht einfach geändert oder gewechselt werden können. Bei der Verwendung von biometrischen Daten für das Personentracking gilt es, zusätzlich zu den oben aufgeführten Punkten, folgendes zu beachten:

- Es dürfen keine biometrischen Rohdaten verwendet werden. Der Einsatz von Referenzmustern (Templates) ist für das Personentracking ausreichend. Selbst diese verwendeten Templates sind so schnell wie möglich in einen Hashwert umzuwandeln, so dass Rückschlüsse auf Eigenschaften von Personen zusätzlich erschwert bzw. verunmöglicht werden.
- Es ist eine maximale Speicherfrist der biometrischen Daten zu definieren, nach deren Ablauf die Daten unwiderruflich zu löschen sind.
- Werden biometrische Daten zentral gespeichert, darf kein Bezug zu weiteren Daten der betroffenen Personen hergestellt werden können.
- Das Resultat der Datenbearbeitung darf keinerlei biometrische Angaben enthalten

3.6.3 Bildmaterial

Wird Foto- oder Videomaterial langfristig gespeichert, so ist darauf zu achten, dass darauf keine personenbezogenen Daten enthalten sind. Auf langfristig gespeicherten Daten sollten also keine Personen und Kontrollschildnummern erkennbar sein.

4 Methoden der Verkehrsbeobachtung

4.1 Übersicht

Für die Wahl der richtigen Beobachtungsmethode sind folgende Faktoren entscheidend:

- Ziel und Zweck der Beobachtung
- Zu erfassende Kenngrösse
- Qualitätsanforderungen
- Zur Verfügung stehende finanzielle Mittel

Im Rahmen dieses Forschungsberichts werden Beobachtungsmethoden des fließenden und ruhenden MIV, öV, Velo- und Fussverkehrs beschrieben, die zur Ermittlung der in der folgenden Tabelle dargestellten Kenngrössen dienen.

Tabelle 4.2 Übersicht über die ausgewählten zu erfassenden Kenngrössen

	Zählungen	Messungen
Fließender Verkehr	• Verkehrsbelastung am Querschnitt • Knotenströme/Fahrbeziehungen • Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr) • Verkehrsaufkommensrate • Fahrzeugbesetzungsgrade/ Fahrgastmenge • Fahrgastwechsel an Haltestellen • Abschnittsgeschwindigkeit	• Lokale Geschwindigkeit
Ruhender Verkehr	• Parkfeld-/ Velo-Abstellplatzbelegung • Parkierdauer • Aufenthalt von Personen	• Parkierdauer

Jede Kenngrösse kann i.d.R. mit unterschiedlichen Methoden erfasst werden. Für jede Kenngrösse werden Aussagen, die für alle zu deren Ermittlung möglichen Methoden gelten, in einem allgemeinen Teil erläutert. Die häufig eingesetzten und meist verwendeten Methoden werden detailliert anhand des folgenden standardisierten Rasters beschrieben:

Methodenbeschreibung

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Mögliches bzw. benötigtes Material sowie dessen Beschreibung.

Personal

Benötigtes Personal, dessen Aufgaben und dessen Leistungsfähigkeit.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Zu beachtende Punkte bei der Planung und Durchführung einer Erhebung mit Schwerpunkt bei der Standortwahl.

Kosten

Allgemeine Aussagen zu den Kosten für die eigentliche Erhebung. Kosten für die Planung und Auswertung der Erhebung sind nicht berücksichtigt.

Stärken und Schwächen der Methode und der Techniken bzw. Technologien

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Allgemeine Aussagen zu möglichen Fehlern.

Hochrechnung

Hinweise, ob und unter welchen Voraussetzungen Hochrechnungen möglich sind.

Datenschutz

Angabe ob datenschutzrechtliche Aspekte abzuklären beziehungsweise zu berücksichtigen sind.

Auf selten eingesetzte Methoden wird gegebenenfalls in einem Abschnitt „weitere Methoden“ hingewiesen.

4.2 Zählungen – fliegender MIV

4.2.1 Empfohlene Zählzeiten

4.2.1.1 Tageszeiten

Grundsätzlich sind die Zählzeiten von der Fragestellung abhängig und müssen für jede Erhebung individuell festgelegt werden. Einige allgemeine Empfehlungen können jedoch trotzdem gemacht werden. Diese Empfehlungen dienen der Vergleichbarkeit von Erhebungen. Ausserdem haben Untersuchungen gezeigt, dass die faktorbasierte Hochrechnungsmethode, die Zählungen mit den in der folgenden Tabelle dargestellten Zählzeiten als Grundlage hat, die besten Resultate liefert (siehe Kapitel 5).

Tabelle 4.3 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des fliegender MIV (Arnold et al., 2008 und FGSV, 2012)

Ort	Zählstunden	Bemerkungen
allgemein	06:00-22:00 Uhr (davon min. 8 Std./Tag)	
innerorts	07:00-11:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 07:00-10:00 Uhr, 12:00-14:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr	morgendliche Spitzenstunde nach 07:00 Uhr
	06:00-10:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 06:00-09:00 Uhr, 12:00-14:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr	morgendliche Spitzenstunde vor 07:00 Uhr
	15:00-19:00 Uhr	hochbelastete Hauptverkehrsstrasse
ausserorts	07:00-09:00 und 15:00-18:00	für Normalwerktage
	15:00-18:00	für Freitage und Ferienwerktage (Di, Mi)
	16:00-19:00	für Sonntage

Die für eine Erhebung notwendige Anzahl an Zähltagen und Zählstunden muss dabei so gewählt werden, dass der angestrebte Zielwert (DTV, DWV, etc.) in der nötigen Genauigkeit erreicht werden kann.

Mit automatischen Zählgeräten ist die Einhaltung der empfohlenen Zählzeiten kein Problem. Werden Zählungen jedoch manuell durchgeführt, müssen die Zählzeiten oftmals reduziert werden, sofern die Genauigkeitsanforderungen dies erlauben. Dabei muss i.d.R. eine Hauptverkehrszeit (HVZ) in der Zählung enthalten sein. Diese HVZ darf nicht in den Randzeiten der Zählung liegen. So kann beispielsweise an einem Zähltag in städtischen Bereichen von 15:00 bis 18:00 Uhr oder von 16:00 bis 19:00 Uhr gezählt werden.

4.2.1.2 Wochentage

Es gelten die allgemeinen Zeitempfehlungen (siehe Seite 34).

4.2.2 Hinweise zu Metadaten

Zusätzlich zu den allgemeinen Metadaten (siehe Kapitel 3.2), soll bei einer Erhebung des fließenden MIV die Erfassung der folgenden Metadaten geprüft werden:

- Strassentyp
- Anzahl Fahrspuren
- Knotentyp
- Knotengeometrie

4.2.3 Kenngrösse Verkehrsbelastung am Querschnitt

4.2.3.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden Fahrzeuge, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Strassenquerschnitt passieren (Verkehrsmenge). Dabei kann die Zählung je nach gefordertem Detaillierungsgrad für jede Fahrtrichtung und Fahrspur separat oder entsprechend zusammengefasst erfolgen. Aus der gezählten Verkehrsmenge lässt sich die Verkehrsbelastung herleiten.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung der Verkehrsbelastung wird primär für konkrete Fragestellung in der Planung und Bemessung von Strassen verwendet, kann aber beispielsweise auch folgende Ziele verfolgen (FGSV, 2012):

- Analyse der Entwicklung der Verkehrsbelastung mit der Zeit (Netzveränderungen, Siedlungsentwicklung)
- Betriebs- und volkswirtschaftliche Untersuchungen (z.B. Variantenvergleiche, Kosten-Nutzen-Untersuchungen, Wirksamkeitskontrollen)
- Aufstellung von Prioritäten zur Umsetzung von Projekten
- Ermittlung von Umweltbelastungen
- Planung von Schutzmassnahmen (z.B. Lärmschutz)

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien des Querschnitts
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.4 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsbelastung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt

Automatische Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt mittels Detektoren

Weitere Methoden

Keine

4.2.3.2 Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt

Methodenbeschreibung

An einem definierten Strassenquerschnitt werden vorbeifahrende Fahrzeuge durch Zählpersonal gezählt. Je nach Aufgabenstellung können dabei verschiedene Fahrzeugkategorien separat gezählt werden. Bei manuellen Zählungen können i.d.R. maximal sieben Kategorien separat erfasst werden.

Tabelle 4.5 Manuell unterscheidbare Fz-Kategorien

Kategorie	Enthaltene Verkehrsmittel (Begriffe nach Widmer et al. 2015)
Personenwagen (PW) und Lieferwagen (LI)	Leichte Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Personen- oder Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen
PW und LI mit Anhänger	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Personen- oder Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen mit Anhänger
Busse, Gesellschaftswagen (B)	Schwerer Motorwagen zum Personentransport mit mehr als 9 Sitzplätzen und einem Gesamtgewicht von mehr als 3.5 t, z.B. Reiseocar, Werkbus, Schulbus Car, Linien-Normalbus, Linien-Gelenkbus, Linienbus mit Anhänger, Trolleybus (aller Arten)
Lastwagen (LW)	Schwerer Motorwagen zum Sachentransport (Gesamtgewicht > 3.5 t)
Lastenzüge (LZ) und Sattelzüge	LW mit Anhänger, Sattelzug, Ausnahmetransport/-fahrzeug
Motorräder (MR)	Kleinmotorrad (KMR), MR (mehr als 500 Watt Leistung), Motorrad mit Seitenwagen, andere: Kabinenroller / Invalidenfahrzeug / Dreirad
Motorfahrräder (Mofa)	konventionelle Motorfahrräder und E-Bikes mit Kontrollschild

In der Kategorie B ist je nach Fragestellung eine Unterscheidung zwischen öV und Individualverkehr sinnvoll. Als zusätzliche Kategorie können Velos erfasst werden. Dazu gehören auch die E-Bikes, welche kein Kontrollschild benötigen (Tretunterstützung bis 25 km/h und maximal 500 Watt Leistung). Die Zählung von Velos wird in Kapitel 4.5 separat behandelt.

Alternativ zur Zählung vor Ort kann auch eine Videokamera das Verkehrsgeschehen während dem zu untersuchenden Zeitraum aufzeichnen. Anschliessend werden diese Aufnahmen im Büro ausgewertet.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Die manuelle Zählung erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- **Feldblatt:** Das Feldblatt ist ein auf die Erhebung abgestimmtes Erhebungsformular, das alle Zählenden erhalten. I.d.R. wird bei der Zählung für jedes vorbeifahrende zu zählende Fz ein Strich gemacht. Pro Fahrtrichtung und separat zu zählender Fz-Kategorie braucht es dabei ein Feld, in welche die Striche eingetragen werden können. Für jedes Zählintervall wird ausserdem ein neuer Abschnitt oder ein neues Blatt benötigt. Ein Beispiel für ein Feldblatt ist im Anhang zu finden. Die erhobenen Daten werden i.d.R. von Hand in den Computer eingegeben.
- **Mechanisches Handzählgerät** (z.B. Zähluhr) mit Feldblatt: Mit Hilfe von Zählgeräten kann die Zählleistung gesteigert werden. Dabei werden während einem Zählintervall alle Vorbeifahrten der zu zählenden Fz mit Zählgeräten registriert. Pro Fahrtrichtung und Fz-Kategorie ist ein separates Zählgerät nötig. Am Ende jedes Zählintervalls werden die Zählstände der Zählgeräte in das Feldblatt übertragen. Während des Übertragens ist die Zählung unterbrochen. Um den Unterbruch möglichst kurz zu halten, sollen die Zähluhren nach einem Zählintervall nicht auf „Null“ zurückgestellt werden. Die Anzahl Durchfahrten während eines Zählintervalls kann im Anschluss an die Zählung berechnet werden. Die erhobenen Daten werden von Hand in den Computer eingegeben.
- **Elektronisches Handzählgerät³:** Für jede zu zählende Fahrtrichtung/Spur und Fz-Kategorie wird eine Taste definiert. Wird eine Taste betätigt, so wird die Vorbeifahrt des Fz mit Zeitstempel im Gerät gespeichert. Im Vergleich zu mechanischen Zählgeräten entfällt das Übertragen der Zählwerte auf das Feldblatt und somit auch der dazu

³ z.B. hc8® System der Schuh & Co. GmbH

nötige Unterbruch der Zählung. Nach der Erhebung werden die Daten auf den Computer übertragen und stehen zur Auswertung zur Verfügung.

- Tablet-Computer bzw. Smartphones: Durch das Tippen auf den Touch-Screen werden die Vorbeifahrten registriert. Für jede zu zählende Fahrtrichtung/Spur und Fz-Kategorie muss ein Feld vorhanden sein, über das die Vorbeifahrt eines zu zählenden Fz registriert werden kann. Durch ein festgelegtes automatisiertes Speicherintervall, können sich die Zählenden komplett auf das Zählen der Fz konzentrieren, da keine zwischenzeitlichen Notationen von Resultaten mehr nötig sind. Auch die Erfassung der Daten mit Zeitstempel ist denkbar. Nach der Erhebung werden die Daten auf den Computer übertragen und stehen zur Auswertung zur Verfügung. I.d.R. muss für Erhebungen mit Tablet-Computern bzw. Smartphones eine entsprechende Anwendung entwickelt werden.

Soll die Zählung mittels Auswerten von Videoaufnahmen durchgeführt werden, so ist pro Querschnitt eine Videokamera nötig. Die Videoaufnahmen werden im Büro manuell mit einem der oben genannten Ausrüstungsgegenstände ausgewertet. Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Erhebungstechnologien sind unter Stärken und Schwächen der Technologien aufgeführt. Die automatische Video-Auswertung wird in Kapitel 4.2.3.3 behandelt.

Personal

Leistungsfähigkeit

Bei einer Zählung vor Ort ist die Anzahl der erfassbaren Spuren primär von der Verkehrsbelastung aber auch von der Anzahl zu unterscheidender Kategorien und der Anzahl unterschiedlicher Fahrtrichtungen abhängig. Folgende Kennwerte können als Massstab für die Einsatzplanung des Personals verwendet werden:

Tabelle 4.6 Erreichbare Erfassungsleistung mit zwei zu erfassenden Kategorien (z.B. leichte Motorwagen und schwere Motorwagen) (FGSV, 2012; sowie eigene Ergänzungen)

Hilfsmittel	Anzahl Fahrtrichtungen	Erreichbare Leistung pro Stunde	maximale Minutenleistung
Feldblatt	1	bis zu 900 Fz/h	45 Fz
	2	bis zu 450 Fz/h	30 Fz
Handzählgerät (mechanisch oder elektronisch) oder Tablet/Smartphones	1	bis zu 1'800 Fz/h	60 Fz
	2	bis zu 900 Fz/h	45 Fz

Die angegebenen maximalen Minutenleistungen können nur kurzfristig erreicht werden, da mit der Zeit die Konzentrationsfähigkeit nachlässt. Bei einem Handzählgerät bzw. Tablet-Computer/Smartphone ist die manuelle Handhabung limitierend für die maximale Minutenleistung.

Wird die Zählung mit der Auswertung von Videoaufnahmen durchgeführt, so bestehen keine Einschränkungen bezüglich der Leistungsfähigkeit der Zähler. Auf eine hohe Frequenz an Fz kann entweder durch ein verlangsamtes Abspielen oder eine mehrfache Sichtung der Aufnahmen reagiert werden.

Anforderungen

Beim Einsatz von Tablet-Computern/Smartphones oder der Videotechnik sind grundlegende Erfahrungen in der Bedienung eines Computers nötig.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Im Vorfeld der Erhebung müssen die Standorte für das Zählpersonal bzw. Videokameras rekognosziert werden. Bei beiden Techniken sind gute Sichtverhältnisse auf alle Fahrspuren des Verkehrs nötig (keine Verdeckung durch Trams, Lastwagen, etc.). In der folgenden Tabelle sind ausserdem technikabhängige Standorteigenschaften ersichtlich, die möglichst umfassend erfüllt werden sollen.

Tabelle 4.7 Eigenschaften des Standorts

Zählpersonal (Zählung vor Ort)	Videokamera (Auswertung im Büro)
• Sicherheit für Zählpersonal • Gute Sichtverhältnisse auf alle Fahrspuren des Verkehrs (keine Verdeckung durch Trams, Lastwagen, etc.) • Witterungsschutz • Strassenbeleuchtung (bei Zählungen Nachts)	• Keine direkte Sonneneinstrahlung • Erhöhte Position um Abschattungen zu vermeiden • Stromanschluss bei Kameras ohne Akku • Strassenbeleuchtung oder Infrarotkamera (v.a. bei Zählungen Nachts) • Schutz vor Vandalismus

Auch sollte der Standort nicht so gewählt werden, dass eine Umfahrungsmöglichkeit der Zählstelle existiert (z.B. zwischen Ein- und Ausfahrten von Tankstellen).

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Kosten

Personalkosten

Es entstehen vor allem Kosten für das Zählpersonal während der eigentlichen Zählung. Der Aufwand für die Eingabe der erfassten Daten in den Computer muss ebenfalls berücksichtigt werden. Wird bei der Erhebung mit Tablet-Computern bzw. Smartphones gearbeitet, so entfallen die Kosten für die Dateneingabe.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Tabelle 4.8 Kosten für Geräte

Gerät	Kosten
Handzählgerät mechanisch (z.B. Zähluhr)	tief (<100 CHF pro Gerät)
Handzählgerät elektronisch	mittel (100-1000 CHF pro Gerät) hoch (ab 10'000 CHF für gesamtes System inkl. Ladestation, Software, mehrerer Geräte, etc.)
Tablet-Computer bzw. Smartphones	mittel (100-1000 CHF pro Gerät)
Videokamera	mittel (100-1000 CHF pro Gerät)

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + bewährt
- + relativ kurze Planungszeit
- + keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal
- + kostengünstige Lösung für Kurzzeitzählungen

Schwächen

- Aussagekraft der Daten ist auf die Anzahl Vorbeifahrten beschränkt
- teuer für oftmals wiederholte oder lang andauernde Zählungen

Stärken und Schwächen der Techniken

Wiederum kann zwischen der Zählung vor Ort und der manuellen Videoauswertung im Büro unterschieden werden. Dabei haben die nachfolgend beschriebenen Aspekte einen Einfluss auf die Wahl des Erhebungsverfahrens

Standortflexibilität

Bei einer Zählung vor Ort kann das Personal flexibel auf unvorhergesehene Situationen (z.B. stehender Lastwagen zwecks Anlieferung versperrt Sicht auf Verkehr) reagieren, indem Sie ihren Standort etwas verändern und somit die Sicht auf den Verkehr wieder frei ist. Treten solche Situationen beim Einsatz von Videokameras auf, bemerkt man diese erst bei der Sichtung der Aufnahmen, was u.U. eine Wiederholung der Erhebung erfordert.

Witterung

Vor allem bei starkem Nebel und bei ungünstigen Lichtverhältnissen kann es bei der Auswertung von Videobildern zu Fehlern kommen, da das Verkehrsgeschehen nicht mehr ausreichend sichtbar ist.

Verkehrsbelastung am Querschnitt

Wird an einem zu zählenden Querschnitt eine tiefe Verkehrsbelastung erwartet, so ist der Einsatz von Zählpersonal vor Ort verhältnismässig teuer. Der Einsatz einer Videokamera ist in einem solchen Fall vorzuziehen. Im Büro können die Aufnahmen im Schnelllauf ausgewertet werden. Ist die Verkehrsbelastung so hoch, dass Videoaufnahmen im Büro nicht mehr im Schnelllauf angeschaut werden können, so ergibt sich keine Zeit- bzw. Kostenersparnis durch den Einsatz von Videoaufnahmen. Wenn aufgrund von sehr hohen Belastungen viel Zählpersonal benötigt würde (z.B. mehrspurige Autobahn), ist der Einsatz von Videokameras ebenfalls zu prüfen, da viel gutes Zählpersonal nicht ohne weiteres zu finden ist. Durch mehrfaches Abspielen der Videoaufnahmen kann eine Zählperson die ganze Zählung im Büro durchführen.

Ist die zu erwartende Verkehrsbelastung unbekannt, so ist eine vorgängige Testerhebung durchzuführen, welche als Entscheidungsgrundlage für die Wahl der einzusetzenden Erhebungstechnik dient. Je nach Anforderung sollten auch automatische Erhebungsmethoden in Betracht gezogen werden (siehe Kapitel 4.2.3.3).

Zähldauer

Der Einsatz von Videokameras ist erst ab einer Zähldauer von rund 3 Stunden sinnvoll. Bei kürzeren Zähldauern kann aufgrund der für die An- und Abreise sowie den Auf- und Abbau der Kameras benötigten Zeit i.d.R. keine Zeit- und somit Kostenersparnis erreicht werden.

Verfügbarkeit der Originaldaten für weitere Analysen

Sollen später weitere Analysen des Verkehrsgeschehens vorgenommen werden (Zeit mit Stausituationen, spezielle Vorkommnisse, etc.), so ist der Einsatz von Videokameras vorzuziehen.

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgsfaktoren

Bei der Verwendung von elektronischen Handzählgeräten, Tablet-Computern/Smartphones und akkubetriebenen Videokameras sind die allgemeinen Hinweise zu beachten (siehe Seite 36).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

- Erhebungsfehler können nicht ganz vermieden werden. Mit geeigneten Hilfsmitteln (z.B. Zähluhr), mit einer möglichst einfachen und anwenderfreundlichen Gestaltung des Feldblatts und mit dem Einsatz von erfahrenem Personal können Erhebungsfehler jedoch auf ein Minimum reduziert werden.
- Beim Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones besteht eine erhöhte Gefahr von unbeabsichtigten Fehleingaben. Eine Korrektur der Daten ist i.d.R. nicht möglich. Die Eingabemaske ist deshalb so zu gestalten, dass Fehleingaben möglichst vermieden werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

Um Durchschnittswerte zu erhalten (DTV, DWV, etc.), können die Stichprobenzählungen mit dem entsprechenden Verfahren hochgerechnet werden.

Datenschutz

Beim Einsatz von Videokameras sind die in Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen. Ansonsten müssen aus datenschutzrechtlicher Sicht keine Vorkehrungen getroffen werden.

4.2.3.3 Automatische Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

An einem definierten Strassenquerschnitt werden vorbeifahrende Fz durch Detektoren gezählt. Je nach Aufgabenstellung und verwendetem Gerät können dabei verschiedene Fz-Kategorien separat gezählt werden.

Die Detektoren werden dabei je nach Technologie entweder auf bzw. unter der Fahrbahn oder neben bzw. über der Fahrbahn installiert.

Automatische Zählungen werden hauptsächlich für langfristige (Tage, Wochen) oder permanente Zählungen eingesetzt. Sie eignen sich deshalb zur Beurteilung von langfristigen Verkehrsentwicklungen, Ableitung von Hochrechnungsfaktoren (z.B. für parallel durchgeführte manuelle Zählungen) sowie der Ermittlung von aktuellen Verkehrsdaten.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Zum automatischen Zählen der Fahrzeuge an einem Querschnitt eignen sich folgende Technologien:

Installation auf bzw. unter der Fahrbahn

- Induktionsschleifen: In der Regel werden die Induktionsschleifen in der Fahrbahn pro Fahrspur verlegt. Damit die Überfahrten der Fz ermittelt werden können, wird mit der Induktionsschleife ein elektromagnetischer Schwingkreis erzeugt. Bei der Überfahrt eines Fz wird dieser Schwingkreis durch die Metallteile der Fz verstimmt, wodurch die Fz gezählt werden können. Dabei können bei Verlegung von zwei Schleifen hintereinander neben den Fz-Mengen auch Fz-Arten, Geschwindigkeiten und Fz-Abstände erfasst werden. Für kurzzeitige Einsätze (max. einige Wochen) können die Schleifen auch auf die Fahrbahn geklebt werden (FGSV, 2010).

Bei schmalen Strassen und in Kurven, die von Fz-Lenkern geschnitten werden können, sollte eine Schleife über die gesamte Fahrbahn und nicht eine Schleife pro Fahrspur verlegt werden. Dadurch können Mehrfacherfassung aufgrund von fahrbahnmittigem Fahren vermieden werden (FGSV, 2010).

- Magnetfeldsensoren auf dem oder im Strassenbelag: Die lokale Änderung des Erdmagnetfeldes, die bei der Überfahrt eines Fz verursacht wird, wird vom Sensor registriert. Da das System die Länge der Fz erkennt, kann eine Klassifizierung aufgrund der Fz-Längen durchgeführt werden. Diese Systeme sind i.d.R. für kurzzeitige Einsätze (Tage, Wochen) geeignet. Die maximale Einsatzdauer ist durch die Kapazität des internen Akkus bzw. des Datenspeichers begrenzt. Magnetfelddetektoren, die auf der Fahrbahn installiert werden, sollten nur auf Strassen mit niedrigem Geschwindigkeitsniveau eingesetzt, da bei höheren Geschwindigkeiten eine Unfallgefahr für MR bestehen kann (leichte Erhöhung durch installierten Detektor, andere Griffigkeit als Strassenbelag).

Es gibt auch stationäre, in die Fahrbahn eingelassene Sensoren. Solche Sensoren können auch auf Strassen mit höheren Geschwindigkeiten eingesetzt werden. Die Sensoren verfügen entweder über einen externen Stromanschluss oder können über einen Akku bis zu 10 Monate lang betrieben werden. Systeme mit Sensoren mit Stromanschluss kommen beispielsweise bei der Ermittlung der Parkfeldebelegung zum Einsatz (siehe Kapitel 4.9.2).

- Drucksensoren (Schlauch-, Piezo- oder Faseroptik-Sensoren): Quer zur Fahrtrichtung installierte Sensoren registrieren bei der Überfahrt eines Fz jede Achse. Durch entsprechende Installation von mehreren Sensoren, kann die Zählung auch richtungsgetrennt erfolgen sowie die Geschwindigkeit und Fz-Art eruiert werden.

Installation neben bzw. über der Fahrbahn

- Radar: Durch Abstrahlung eines elektromagnetischen Signals, das durch Reflektion am Fz zum Empfänger (i.d.R. im selben Gehäuse wie Sender) gelangt, können Fz erfasst werden. Dank des Dopplereffekts kann von den einzelnen Fz auch die Geschwindigkeit ermittelt werden. Bei einer Anbringung seitlich der Fahrbahn (ideale Anbringungshöhe von ca. 1.0-1.5 m) kann es bei der gleichzeitigen Zählung von mehreren Fahrstreifen zu Abschattungen kommen, womit die Zählung verfälscht wird. Auch

können zwei dicht hintereinanderfahrende Fz als nur ein einzelnes Fz detektiert werden. Des Weiteren kann es durch Knickstrahlreflexion zur Verfälschung der ermittelten Anzahl Fz und durch Doppelreflexion zur Verdopplung der eigentlich gefahrenen Geschwindigkeit kommen. Bei Anbringung von einem Gerät pro Fahrstreifen über Kopf (z.B. an Brücken) entfällt diese Problematik. Dabei kann es bei mehreren zu überwachenden Fahrspuren jedoch zu Überschneidungen der Erfassungsbereiche der Radargeräte kommen. Deshalb muss systemtechnisch gewährleistet werden, dass jedes Fz nur von dem Gerät erfasst wird, das über dem betreffenden Fahrstreifen installiert ist. Da Radargeräte nur Fz ab einer Geschwindigkeit von 10-20 km/h zuverlässig erfassen können sind sie für den Einsatz in der Nähe von Knotenpunkten und in verkehrsberuhigten Zonen ungeeignet. (FGSV, 2010)

- **Lichtschranken:** Mittels Unterbrechung der Lichtschranke kann ermittelt werden, wenn ein Fahrzeug die Zählstelle passiert. Dabei sollten die Fz die Lichtschranke mit dem Kühlergrillbereich unterbrechen. Es gibt drei verschiedene Systeme von Lichtschranken. Zwei davon arbeiten mit aktiven Lichtsendern. Beim einen System steht der Lichtempfänger auf der gegenüberliegenden Strassenseite und beim anderen steht dort lediglich ein Reflektor, der das Licht wieder auf die Strassenseite des Lichtsenders reflektiert. So kann der Lichtsender und -empfänger in einem Gehäuse untergebracht werden. Das dritte System arbeitet passiv, indem es das vom Fz diffus gestreute Umgebungslicht oder das vom Fz selbst ausgesendete Licht detektiert.

Da bei allen Systemen mit Lichtschranken Abschattungen möglich sind, sind sie lediglich bei geringen Verkehrsbelastungen sinnvoll einsetzbar (FGSV, 2010). Mittels doppelter Lichtschranken kann die Fahrtrichtung und die Geschwindigkeit ermittelt werden.

- **Ultraschallsensor:** Über vom Sender ausgesendete Schallimpulse, die durch Reflektion an Fz zum Sensor gelangen, können Fz erfasst werden. Mittels der Laufzeit der Schallimpulse lässt sich die Entfernung der Fz berechnen. Dank des Dopplereffekts kann bei einer Anbringung seitlich der Fahrbahn auch die Geschwindigkeit der Fz ermittelt werden. Bei einer Anbringung über der Fahrbahn kann die Höhe der Fz eruiert und somit eine grobe Fz-Klassifizierung erreicht werden. Aufgrund der geringeren Genauigkeit im Vergleich zu anderen Systemen, kommen Ultraschallsensoren bei der Erfassung der Verkehrsbelastung selten alleine zum Einsatz. Sie werden jedoch zur Erfassung der Parkfeldbelegung (siehe Kapitel 4.9.2) eingesetzt (FGSV, 2010).
- **Laser:** Durch aktives Abtasten erfassen Laserscanner Veränderungen der Umgebungskonturen. Vorbeifahrende Fz werden so erkannt und können anhand der Konturmerkmale kategorisiert werden. Über die Laufzeit der vom Gerät ausgesandten Impulse zum Fz und zurück zum Empfänger kann die Entfernung des Fz bestimmt werden. Anhand der Positionsveränderung der Fz über die Zeit kann somit die Geschwindigkeit berechnet werden. Das System funktioniert im Gegensatz zu den meisten anderen Systemen auch im Stau gut. Mit diesem System können die Objekte im Blickfeld des Laserscanners (bis zu 180° und einem Radius von etwa 40 m) auch verfolgt und Interaktionen zwischen den Verkehrsteilnehmenden beobachtet werden (METAS, 2010).

Die klimatischen Einflüsse auf die Lasersensoren sind momentan noch nicht genau erforscht. Es kann jedoch festgehalten werden, dass das Klima einen Einfluss hat, da Messungen im Sommer andere Werte als im Winter liefern. Die festgestellten Unterschiede können nicht durch jahreszeitliche Verkehrsveränderungen erklärt werden. Auch kann es durch Schneeflocken zu Fehlzählungen kommen.

Das System braucht eine Installationsvorrichtung wie beispielsweise ein Portal. Pro Fahrspur ist ein Sensor nötig. Das richtige Justieren der Sensoren ist kompliziert.

- **Kombinationsdetektoren:** Die erwähnten Technologien können auch kombiniert oder durch weitere Technologien ergänzt werden. Dadurch können u.U. Zusatzinformationen gewonnen oder die Qualität der Zählung verbessert werden.

Weitere

Grundsätzlich können auch Videokameras mit automatischer Auswertung eingesetzt werden. Diese Technologie kommt jedoch vermehrt bei der Zählung von Knotenströmen (Kapitel 4.2.4) oder Verkehrsarten (Kapitel 4.2.5) zum Einsatz, weshalb die Technologie dort genauer beschrieben wird.

Personal

Personal wird bei dieser Methode i.d.R. lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Bei den Standorten der Detektoren müssen je nach System unterschiedliche technologisch bedingte Anforderungen berücksichtigt werden. Die folgenden, verkehrsbedingten Aspekte gelten weitgehend unabhängig vom gewählten System (FGSV, 2010):

- Nicht an Orten wo eine Umfahrungsmöglichkeit der Zählstelle existiert (z.B. zwischen Ein- und Ausfahrten von Tankstellen)
- Ausserhalb von Rückstaubereichen
- Einfluss von parkenden Fahrzeugen beachten (Abdrängen des fliessenden Verkehrs auf die Gegenfahrbahn)
- Bereiche mit tageszeitlichen Änderungen des Parkierungsregimes stellen erhöhte Anforderungen an die Systeme.
- Mögliche äussere Einflüsse auf Geräte (z.B. Witterung, Vandalismus, Verschmutzung)
- Orte mit häufigem Fahrstreifenwechsel (z.B. Verflechtungsbereiche) eignen sich tendenziell weniger für den Einsatz von Detektoren.
- Die Erfassungsgeräte sollten an einer schwingungsfreien Befestigungsmöglichkeit angebracht werden, da sonst die Genauigkeit der Klassifikation der Fz beeinträchtigt wird.
- Bei Mischverkehr mit Trams können nicht alle Sensorsysteme verwendet werden.
- Für Systeme die seitlich der Fahrbahn angebracht werden ist freie Sicht auf die Fahrbahn erforderlich. Bei Radargeräten dürfen sich im gesamten Bereich des Radarstrahls (von Antenne bis zum überwachten Fahrstreifen) keine Hindernisse befinden (FGSV, 2010).
- Weitere technologieabhängige Standortrestriktionen sind in der Tabelle 4.10 ersichtlich

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Weiteres

Werden mehrere Detektoren gleichzeitig eingesetzt, so ist eine Abstimmung der Zeiten auf den Geräten vor und je nach Erhebungsdauer auch während der Erhebung in regelmässigen Abständen nötig.

Kosten

Personalkosten

Für die eigentliche Zählung fallen keine relevanten Personalkosten an. Der Zeitaufwand für die Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte muss aber bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Die Kosten sind stark von der verwendeten Technologie abhängig. Mit welchen Anschaffungs- und Installationskosten für die jeweilige Technologie in etwa zu rechnen ist, zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 4.9 Übersicht über die Kosten der Detektoren (Datengrundlage FGSV 2010)

Technologie	Detektorkosten [CHF]	Installationskosten pro Detektor [CHF]
Induktionsschleife doppelt	2'500-5'000	2'500-5'000 (gefräst) < 1'000 (geklebt)
Magnetfeldsensoren	2'500-5'000	< 1'000
Drucksensoren	2'500-5'000	< 1'000
Radar	5'000-10'000	k.A.
Ultraschall	2'500-5'000	k.A.
Lichtschranke	> 10'000	k.A.
Laser	> 10'000	k.A.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Geringer Personalaufwand
- + Hohe zeitliche Auflösung der Zählung
- + kostengünstige Lösung für langfristige und permanente Zählungen
- + je nach verwendeter Technologie weitere Merkmale erfassbar (z.B. Geschwindigkeit, etc.)

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- z.T. hohe Einsatzanforderungen (z.B. Strom, Masten/Baken für Installation, etc.)
- i.d.R. teuer für kurzzeitige Erhebungen
- relativ lange Planungszeit für Erhebung

Stärken und Schwächen der Technologien

In der folgenden Tabelle sind die Stärken und Schwächen der verschiedenen Technologien abgebildet.

Tabelle 4.10 Übersicht über Stärken und Schwächen der Technologien

		Technologien							
		Induktionsschleife einfach	Induktionsschleife doppelt	Magnetfeldsensoren	Drucksensor doppelt	Radar	Lichtschranken	Ultraschall	Laser
Eigenschaften	Kosten	mittel	mittel	tief	tief	mittel	hoch	tief	hoch
	Anforderungen ans Personal bei Installation	mittel	mittel	tief	tief	hoch	hoch	hoch	hoch
	Langlebigkeit	hoch	hoch	tief	tief	mittel	mittel	mittel	hoch
	Installation unter Verkehr möglich					●	●	●	●
	Witterungsunabhängig	●	●	●	●				
	erhöhte Unfallgefahr für Zweiräder			(●)	(●)				
	einsetzbar in Staubereichen	(●)	(●)	●					●
	einsetzbar in Bereichen mit Kurven	●	●	●	●				●
Erfassungsmöglichkeiten	Verkehrsbelastung	●	●	●	●	●	●	(●)	●
	verschiedene Fahrzeugkategorien ⁴	10	10	2-5	2-5	5-8	2-5	2-5	10
	lokale Geschwindigkeit		●	●	●	●	●	●	●
	Fahrtrichtung		●	●	●	●	●		●
	Zeitlücken	●	●	●	●	●	●	●	●

- trifft zu
- (●) trifft unter gewissen Umständen zu

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Allgemein

- Datenausfälle (Ausfall des Systems): Der Ausfall eines Systems kann nie ausgeschlossen werden. Regelmässige Kontrollen sind deshalb unumgänglich. Werden die Daten vor Ort gespeichert, ohne dass ein online-Zugriff möglich ist, so ist eine Kontrolle vor Ort nötig. Falls jedoch die Möglichkeit eines online-Zugriffs besteht kann die Kontrolle auch von einem beliebigen Arbeitsplatz aus erfolgen.
- Manipulation der Geräte: Je nach eingesetzter Technologie besteht die Gefahr von Vandalismus und Manipulation. Davor müssen die Geräte möglichst geschützt werden. Dieser Schutz kann durch eine erschwerte Zugänglichkeit zu den Geräten oder eine robuste, vandalensichere Ausführung der Geräte erhöht werden.

⁴ Die Fahrzeugkategorien werden nach Swiss 10 (Induktionsschleifen, Laser), Längsklassen (Magnetfeldsensoren, Radar, Lichtschranken, Ultraschall) oder Achskonfigurationen (Druckschlauchsensoren) ermittelt.

Gerätespezifisch

- Induktionsschleifen: Durch Stahlarmierungen, andere Eisenteile sowie elektromagnetische Felder kann der Betrieb der Schleifen negativ beeinträchtigt werden (z.B. auf Brücken oder in Tunnels).
- Magnetfeldsensoren: Durch externe Magnetfelder (z.B. von Erdkabeln mit Hochspannung, Induktionsschleifen, Starkstromleitungen, Elektronik in Tunnels, etc.) können die Sensoren beeinträchtigt werden.

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Neben den gerätespezifischen Erfassungsquoten, die den Anbietern in den meisten Fällen bekannt sind oder durch einen Testbetrieb eruiert werden können, kann es auch zu Fehlern in der Zuordnung der Kategorien kommen. Durch eine möglichst präzise Kalibrierung der Geräte kann diese Kategorienzuordnung meist optimiert werden. Gegebenenfalls ist vor einer Erhebung zu prüfen, ob allenfalls Kategorien zusammengefasst werden müssen, bei denen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit einer falschen Zuordnung besteht.

Es ist ausserdem zu beachten, dass der strassengebundene öV mitgezählt wird. Über Fahrpläne des öV kann gut abgeschätzt werden, wann wie viele Fz des strassengebundenen öV gezählt wurden. Die Daten können dementsprechend bei Bedarf im Nachhinein korrigiert werden.

Beim Einsatz von mehreren Detektoren kann es durch Zeitverschiebungen zwischen den verschiedenen Detektoren zu Fehlern bei späteren Vergleichen kommen. Deshalb müssen die Zeiten der Geräte regelmässig abgeglichen werden

Datenergänzung, Hochrechnung

Auch bei kurzzeitigen Einsätzen ist eine Hochrechnung der Daten zur Ermittlung von Durchschnittswerten (DTV, DWV, etc.) i.d.R. möglich (siehe Kapitel 5).

Datenschutz

Beim Einsatz von Videokameras sind die in Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen. Ansonsten müssen aus datenschutzrechtlicher Sicht keine Vorkehrungen getroffen werden.

4.2.3.4 Weitere Methoden

Automatische Zählung von in Fahrzeugen mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion am Querschnitt

Kurzbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der in Kapitel 4.2.4.4 beschriebenen Methode zur Erfassung von Knotenströmen. Für reine Querschnittszählungen ist die Methode nicht zu empfehlen, da nicht sauber zwischen MIV, zu Fuss Gehenden (FG) und Velos unterschieden werden kann. Deshalb ist der Einsatz von solchen Detektoren am ehesten an Querschnitten vorzusehen, wo nur MIV zu erwarten ist (z.B. auf Autobahnen).

4.2.4 Kenngrösse Knotenströme (Fahrbeziehungen)

4.2.4.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden Fahrzeuge, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Knoten befahren. Dabei werden die Fahrzeuge pro Strom separat gezählt, womit die Verkehrsbelastung jeder Fahrbeziehung eines Knotens ermittelt wird.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung der einzelnen Verkehrsströme bei Knoten dient der Planung und Bemessung der Knotengeometrie, kann aber beispielsweise auch sicherheitstechnischen Untersuchungen oder der Untersuchung von Verkehrsabläufen mit unterschiedlichen Lichtsignalsteuerungen dienen (FGSV, 2012).

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der einzelnen Ströme
- Knotenstrombelastungsplan
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.11 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Knotenströme/Fahrbeziehungen

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Fahrzeugen je Knotenstrom

Automatische Zählung von Fahrzeugen je Knotenstrom mittels Detektoren

Automatische Zählung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Knotenarmen

Weitere Methoden

Keine

4.2.4.2 Manuelle Zählung von Fahrzeugen je Strom

Methodenbeschreibung

Durch Zählpersonal werden an einem Knoten i.d.R. alle Ströme (Fahrbeziehungen) separat gezählt. Je nach Aufgabenstellung können dabei auch verschiedene Fahrzeugkategorien unterschieden werden. Die Methode entspricht weitgehend der vorangehenden Methode „Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt“ (Kapitel 4.2.3.2). Deshalb wird bei dieser Methodenbeschreibung lediglich auf Unterschiede zur genannten Methode eingegangen.

Personal

Leistungsfähigkeit

In der Regel wird jeder Knotenarm mit einer Zählperson besetzt, welche die Ströme je Fahrbeziehung einzeln erfasst. Je nach lokalen Gegebenheiten können dabei die ein- oder ausfahrenden Ströme gezählt werden. Werden die ausfahrenden Ströme gezählt, so ist i.d.R. auch bei grösseren Knoten nur ein Strom gleichzeitig zu zählen, weshalb nach Möglichkeit die ausfahrenden Ströme gezählt werden sollten. Bei stark belasteten Knoten muss allenfalls mehr Personal hinzugezogen werden. Ist ein Knoten sehr schwach befahren, kann eine erfahrene Zählperson allenfalls auch alle Fahrbeziehungen erfassen (FGSV, 2012). Die nachstehenden Kennwerte können als Massstab für die Einsatzplanung des Personals verwendet werden. Je mehr Ströme erfasst werden müssen, desto erfahrener sollte das Erhebungspersonal sein.

Tabelle 4.12 Erreichbare Erfassungsleistung (FGSV, 2012)

Anzahl zu erfassende Ströme	Feldblatt	Handzählgerät
1	bis zu 900 Fz/h	bis zu 1'800 Fz/h
2	bis zu 700 Fz/h	bis zu 1'400 Fz/h
3	bis zu 500 Fz/h	bis zu 1'000 Fz/h
4	bis zu 400 Fz/h	bis zu 800 Fz/h
5	bis zu 300 Fz/h	bis zu 600 Fz/h
6	bis zu 200 Fz/h	bis zu 400 Fz/h

Anforderungen

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Die Standortwahl für die Positionierung der Zählpersonen ist sehr eingeschränkt, da der zu untersuchende Knoten als Zählort festgelegt ist. Die Zählperson muss einen guten Überblick auf die zu zählenden Spuren haben. Ausserdem sollten die Fz wenn möglich erst auf dem eigentlichen Knoten gezählt werden und nicht bereits auf den zulaufenden Spuren, da ein Fahrzeug den Strom bis zum Knoten immer noch wechseln kann.

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

- Das Feldblatt muss so gestaltet sein, dass die Anordnung der Spuren mit der Realität übereinstimmt. Dazu gehört auch die Berücksichtigung der Blickrichtung vom Zählstandort aus.
- Siehe ausserdem Kapitel 4.2.3.2

4.2.4.3 Automatische Zählung von Fahrzeugen je Strom mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

Es werden alle den Knoten passierenden Fahrzeuge durch Detektoren je Strom gezählt. Je nach Aufgabenstellung und verwendeter Technologie können dabei verschiedene Fahrzeugkategorien separat gezählt werden.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Zum automatischen Zählen der Fahrzeuge von verschiedenen Strömen an einem Knoten eignen sich folgende Technologien:

- Induktionsschleifen (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.2.3.3)
- Magnetfeldsensoren auf dem oder im Strassenbelag (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.2.3.3)
- Video: Mit Videoaufnahmen und einer geeigneten Software für die Auswertung werden die Fz für jeden Strom eines Knotens erfasst. Entweder werden dazu virtuelle Linien auf dem Videobild definiert (Tripwire-Verfahren), bei deren Überfahrt ein Fz gezählt wird oder die einzelnen Fz werden im Videobild erkannt und dann verfolgt (Tracking), wodurch sie einem Strom zugeordnet werden können. Eine Kategorisierung der Fz ist ebenfalls möglich. Die Videoaufnahmen können entweder auf einen Datenträger aufgezeichnet und später automatisch ausgewertet werden (Offline-Auswertung) oder direkt an einen Auswerterechner übertragen werden (Online-Auswertung). Bei einer Offline-Auswertung ist auch eine manuelle Analyse des Bildmaterials möglich.

Die Möglichkeiten der Videoanalysen werden laufend erweitert und die erzielbare Daten-Qualität nimmt stetig zu.

Personal

Personal wird bei dieser Methode i.d.R. lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen. Müssen Videos manuell ausgewertet werden, fällt zusätzlicher Auswerteaufwand an.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Ist an einem Knoten für jeden zu zählenden Strom eine separate (Abbiege-)Spur vorhanden, so können alle Technologien eingesetzt werden. Die Installation der Detektoren muss jeweils in Fahrtrichtung direkt hinter der Haltelinie erfolgen, da in diesem Bereich i.d.R. keine Spurwechsel mehr erfolgen. Ausserdem reduziert sich der Erfassungsfehler, da die Fz nicht über dem Detektor halten. Sind keine separaten (Abbiege-)Spuren für jeden zu zählenden Strom vorhanden, so ist von den zur Verfügung stehenden Technologien lediglich die Video-Technologie fähig, die Ströme jeder Fahrbeziehung einzeln zu erheben.

Bei der Video-Technologie gibt es verschiedene Aspekte, die es bei der Standortwahl zu berücksichtigen gilt:

- Kein zu flacher Aufnahmewinkel, da sonst die Gefahr von Abschattungen besteht
- Erschütterungsfreie Installationsmöglichkeit
- Mögliche Beeinträchtigung der Auswertung durch sich im Tagesverlauf ändernde Lichtverhältnisse (Reflexionen, Schatten, Helligkeitsänderungen)

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Weiteres

Soll eine Videoaufnahme (teilweise) bei Dunkelheit/Nacht erfolgen, so müssen Infrarotkameras eingesetzt werden.

Kosten

Die Videotechnologie kostet mit der erforderlichen Software für die Bilderkennung mehr als 10'000 CHF. Die Kosten der übrigen Technologien sind in Kapitel 4.2.3.3 ersichtlich.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Geringer Personalaufwand
- + Hohe zeitliche Auflösung der Zählung
- + kostengünstige Lösung für langfristige und permanente Zählungen
- + je nach verwendeter Technologie weitere Merkmale erfassbar (z.B. Geschwindigkeit, etc.)

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- Nur einsetzbar, wenn jeder Strom auf der Knotenzufahrt seine eigene Spur hat (gilt i.d.R. nicht für Video-Systeme)
- i.d.R. teuer für kurzzeitige Erhebungen
- relativ lange Planungszeit der Erhebung

Stärken und Schwächen der Technologien

In der folgenden Tabelle sind die Stärken und Schwächen der verschiedenen Technologien abgebildet.

Tabelle 4.13 Übersicht über Stärken und Schwächen der Technologien

		Technologien			
		Induktionsschleife einfach	Induktionsschleife doppelt	Magnetfeldsensoren	Video
Eigenschaften	Kosten	mittel	mittel	tief	hoch
	Anforderungen ans Personal	mittel	mittel	tief	mittel
	Langlebigkeit	hoch	hoch	tief	hoch
	Installation unter Verkehr	nein	nein	nein	ja
	witterungsunabhängig	●	●	●	
	erhöhte Unfallgefahr für Zweiräder			(●)	
	einsetzbar in Staubereichen	(●)	(●)	●	●
	einsetzbar in Bereichen mit Kurven	●	●	●	●
Erfassungsmöglichkeiten	Verkehrsbelastung	●	●	●	●
	verschiedene Fahrzeugkategorien	10	10	2-5	2-5
	lokale Geschwindigkeit		●	●	(●)
	Zeitlücken	●	●	●	●

- trifft zu
- (●) trifft unter gewissen Umständen zu

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Siehe Kapitel 4.2.3.3

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Neben den Fehlern die in Kapitel 4.2.3.3 beschrieben sind, kann es auch vorkommen, dass Fahrzeuge durch einen späten „Stromwechsel“ einem falschen Strom zugeordnet oder in zwei Strömen erfasst werden. Um diesen Fehler zu minimieren ist es wichtig, dass die Geräte mittig des zu erfassenden Stroms und in genügendem Abstand nach der Haltelinie installiert werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

Auch bei kurzzeitigen Einsätzen ist eine Hochrechnung der Daten zur Ermittlung von Durchschnittswerten (DTV, DWV, etc.) i.d.R. möglich (siehe Kapitel 5).

Datenschutz

Wenn Videoaufnahmen zur Erfassung der Verkehrsbelastung eingesetzt werden, sind die im Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen. Ansonsten müssen aus datenschutzrechtlicher Sicht keine Vorkehrungen getroffen werden.

4.2.4.4 Automatische Zählung von in Fahrzeugen mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Knotenarmen

Methodenbeschreibung

Mithilfe von Detektionsgeräten werden von Fz mitgeführte Geräte mit aktiven Bluetooth-Schnittstellen (Handy, Freisprechanlage, Autoradio, etc.) und/oder aktivem WLAN erkannt. An jedem Knotenarm wird ein Querschnitt definiert, an dem ein Detektionsgerät installiert wird. So wird jedes detektierbare Gerät, das in einem den Knoten passierenden Fz mitgeführt wird, von zwei Detektionsgeräten erkannt (auf der Zufahrt und Wegfahrt vom Knoten). Damit kann das Gerät und somit auch das Fz eindeutig einem Knotenstrom zugewiesen werden. Der Anteil an Fz, die detektierbare Geräte mitführen, beträgt bis zu 50% (IST International, 2013) und dürfte in Zukunft steigen. Um aussagekräftige Daten zur Anzahl aller Fz erhalten, muss der Anteil von Fz ohne Signal abgeschätzt werden. Dazu ist eine temporäre Eichzählung mit einer anderen Zählmethode nötig (z.B. manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt). Da der Anteil an Fz mit detektierbaren Geräten an einem Zählstandort i.d.R. konstant bleibt (Schmietendorf, 2011), reicht eine temporäre Eichzählung aus. I.d.R. ist für jedes Detektionsgerät eine Eichzählung nötig. Bei relativ eng zusammenliegenden Zählstellen können u.U. die Eichzählungen auf ausgesuchte Zählstellen beschränkt werden.

Die detektierten Signale weisen eine eindeutige ID auf und können dementsprechend wiedererkannt werden. Beim Einsatz von mindestens zwei Detektionsgeräten in einem gewissen Abstand können somit auch Geschwindigkeiten berechnet und Routen erkannt werden. Die Geschwindigkeit ist vor allem auf Autobahnen interessant, da dort über die Geschwindigkeit auch eine grobe Klassifizierung der Fahrzeuge in leichte (>100 km/h) und schwere Motorwagen (<100 km/h) vorgenommen werden kann. Dabei muss die erlaubte Höchstgeschwindigkeit mindestens 120 km/h betragen.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Jede Zählstelle wird mit mindestens einem Detektionsgerät ausgerüstet. Dieses sucht dabei in einem kreisförmigen Erfassungsbereich nach aktiven Bluetooth oder WLAN Signalen. Die maximale Zeit, bis ein Bluetooth-Signal erkannt wird, beträgt ca. zehn Sekunden (Leitzke, 2012). Die Reichweite der Detektionsgeräte ist von 5 bis 500 Metern einstellbar und muss den gefahrenen Geschwindigkeiten so angepasst werden, dass sich die Fz möglichst während der maximalen Detektionszeit im Erfassungsbereich befinden. In innerstädtischen Bereichen ergeben sich somit erforderliche Reichweiten der Detektionsgeräte von ca. 150 m.

Zum Zeitpunkt der Detektion eines Geräts kann auch ein ungefährender Abstand des detektierten Geräts zum Detektionsgerät eruiert werden. Der exakte Standort des detektierten Geräts zum Zeitpunkt der Detektion ist jedoch zurzeit nicht ermittelbar.

Personal

Personal wird bei dieser Methode i.d.R. lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Bei der Standortwahl der Detektionsgeräte ist folgendes zu beachten:

- Jeder Knotenarm wird mit einem Gerät besetzt
- Die ganze Strassenbreite des Knotenarms muss über eine genügend lange Distanz im Erfassungsbereich eines Geräts liegen.
- Die Geräte müssen mindestens so weit vom Knoten entfernt sein, dass der eigentliche Knoten ausserhalb des Erfassungsbereichs der Geräte liegt.
- Im Erfassungsbereich eines Geräts darf lediglich ein Knotenarm liegen.
- Die Geräte sollten unter Beachtung der vorangehenden Punkte so weit wie möglich vom eigentlichen Knoten entfernt installiert werden, damit fälschlicherweise miterfasst

te FG und Velofahrende möglichst effektiv eruiert werden können (siehe „Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur“)

Erhebungsintervall

Die Daten sollten mit Zeitstempel abgespeichert werden, damit die spätere Fehlerbehebung möglichst effektiv durchgeführt werden kann.

Kosten

Personalkosten

Für die eigentliche Zählung fallen keine relevanten Personalkosten an. Der Zeitaufwand für die Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte muss aber bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Die Technologie ist gegenüber den anderen automatischen Technologien vergleichsweise günstig, da i.d.R. weniger Detektoren nötig sind und diese mit etwa 600 Franken relativ günstig sind (Schmietendorf, 2011). Die Installation der Geräte ist sehr einfach, wodurch die Installationskosten ebenfalls tief ausfallen.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + kostengünstige automatische Methode
- + für Geräte-Installation ist kein Eingriff in den Verkehr nötig
- + Die Technologie kann auch zur Ermittlung von Abschnittsgeschwindigkeiten eingesetzt werden

Schwächen

- Keine Daten bei Systemausfall
- Wenig Erfahrungen mit Methode
- Eine Unterscheidung der Fz-Kategorien ist zurzeit kaum möglich.
- Es werden nur Fz erfasst, die entsprechende Geräte mitführen.
- Kalibrierung durch temporäre Zählung mit anderer Methode nötig.
- nach Fahrtrichtung getrennte Erfassung nur mit zwei Geräten möglich
- keine fahrstreifenfeine Detektion möglich
- allfällige Mehrfachzählung von Fz, die mehrere Geräte mitführen
- Filterung von FG, Velos und anderen nicht zu zählenden Fz nur sehr eingeschränkt oder nicht möglich (siehe „Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur“)
- datenschutzrechtliche Aspekte tangiert

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgsfaktoren

Bei geringen Verkehrsbelastungen können keine verlässlichen Aussagen gemacht werden, da der Stichprobenumfang zu klein ist. Eine Untersuchung mit Bluetooth-Erfassung (ohne WLAN) wertete pro Zufahrt die Fahrbeziehungsanteile eines vierarmigen Knotens einer zweistündigen Zählung aus. Für die am schwächsten belastete Zufahrt konnten insgesamt 62 IDs erkannt werden. Die maximale Abweichung bei der Ermittlung der Fahrbeziehungsanteile dieser Zufahrt betrug 6,6%. Für die übrigen Zufahrten lag die maximale Abweichung bei 4,1%. (Kathmann, Roggendorf und Ziegler, 2012).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

- Keine Detektion: Es kann vorkommen, dass gewisse Geräte vom Detektionsgerät nicht erkannt werden (z.B. zu kurz im Erfassungsbereich, Abschirmung). Dies führt dazu, dass die gezählte Anzahl Geräte tiefer ausfällt als die real vorhandene Anzahl.
- Ungewollte Erfassung von FG und Velos: Da auch FG und Velofahrende Geräte mitführen können, die von den Detektionsgeräten wahrnehmbar sind, kann es zu Fehlerfassungen kommen. In einem gewissen Masse können die Fehlerfassungen auch eruiert werden. Dank der eindeutigen ID eines Geräts, kann anhand der Zeitdifferenz der

Erfassung und der Distanz zwischen den Detektionsgeräten die Geschwindigkeit, mit der das Gerät fortbewegt wurde, berechnet werden. Alle unter einem festzulegenden Grenzwert liegenden Geschwindigkeiten können den FG zugeordnet und für die Datenaufbereitung ausgeschlossen werden. Liegen die Erfassungsbereiche weit genug auseinander und sind die gefahrenen Geschwindigkeiten der motorisierten Fz genügend hoch, können auch die Velos eruiert und ausgeschlossen werden.

- Mehrfacherfassungen von Fz: Einerseits kann ein Gerät in einem Erfassungsbereich mehrfach detektiert werden, sofern sich das Gerät während längerer Zeit im Erfassungsbereich aufhält und andererseits kann ein Fz mehrere Geräte mitführen, die detektiert werden können. Der erste Fall lässt sich korrigieren, indem in jedem Erfassungsbereich während einer definierten Zeitspanne (z.B. 120 Sekunden) ein Gerät nur einmal registriert wird. Ist lediglich die Fz-Menge von Interesse, lässt sich der zweite Fall anhand der Eichzählung korrigieren, mit welcher das Verhältnis von erkannten Geräten zu Vorbeifahrten von Fz für jede Zählstelle quantifiziert werden kann. Ist jedoch auch die Geschwindigkeit von Interesse (z.B. zur Klassifizierung auf Autobahnen), so führen mehrere Geräte in einem Fz zu einer Überbewertung des betroffenen Fz. Mit Hilfe eines Algorithmus können ID-Gruppen ausfindig gemacht werden, die bei den Detektionsgeräten jeweils zeitgleich erfasst wurden. Unter der Annahme, dass diese ID-Gruppen zum selben Fz gehören, kann der Fehler reduziert werden, indem die ID-Gruppe zu einer ID zusammengefasst wird. Ganz behoben kann der Fehler jedoch nicht werden. Ausserdem kann es sein, dass fälschlicherweise zwei hintereinander fahrende Fz mit detektierbaren Geräten zu einem Fz zusammengefasst werden. Die Datenqualität wird jedoch insgesamt gesteigert (Spangler, Busch, Carstensen, Leonhardt und Zeh, 2010).

Es ist ausserdem zu beachten, dass Geräte, die sich in Fz des öV im Erfassungsbereich befinden, mitgezählt werden. Gerade in diesen Fz ist eine Häufung von Geräten, die von den Zählstellen erfasst werden, zu erwarten. Auch hier kann der Fehler i.d.R. nicht komplett behoben werden. Deshalb sollten auch zur Reduktion dieses Fehlers nach Möglichkeit Knoten gewählt werden, die nicht von Fz des öV passiert werden.

- Erfassung von Geräten, die den Knoten nicht passieren: Dieser Fehler tritt meist in innerstädtischen Bereichen auf. Entweder liegen dabei nicht zu erfassende Strassen/Gehwege im Erfassungsbereich der Detektionsgeräte oder es werden auch Geräte im Innern von Gebäuden detektiert. Diese Fälle können eliminiert werden, indem Geräte, die nur von einem Detektionsgerät erfasst wurden, bei der Datenanalyse nicht berücksichtigt werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

Aussagen zu den Fz-Mengen je Strom können nicht für beliebige Zeitabschnitte erfolgen. Die Zeitabschnitte dürfen nicht zu kurz sein, da die Stichprobengrösse für eine verlässliche Aussage sonst zu klein wird. Die zulässige Länge eines Zeitabschnitts ist dabei vom mit der Eichzählung eruierten Verhältnis der Anzahl detektierbaren Geräte zur Anzahl tatsächlich passierender Fahrzeuge und der festgelegten Anforderung an die Datenqualität abhängig.

Datenschutz

Da Daten erfasst werden, die allenfalls Personen zugeordnet werden können, sind die Hinweise in Kapitel 3.6 zu berücksichtigen. Es ist sicher notwendig, die ausgelesenen Ids vor dem Speichern zu codieren oder die Ids nicht in voller Länge zu speichern. Wichtig ist, dass ein und dieselbe ID immer gleich abgespeichert wird, damit die Wiedererkennung gewährleistet bleibt. Die entsprechenden Verfahren sind i.d.R. in den angebotenen Systemen integriert

4.2.5 Kenngrösse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr)

4.2.5.1 Allgemeines

Definition

Gezählt und identifiziert werden Fahrzeuge an allen Ein- und Ausfahrquerschnitten (Kordon-Querschnitte) eines durch eine imaginäre Grenzlinie (Kordon) definierten Raumes, wodurch sich der Ziel-, Quell- und Durchgangsverkehr des Raumes ermitteln lässt. Wer-

den zusätzlich Erfassungsstellen innerhalb des definierten Raumes installiert, so können auch Aussagen zum Binnenverkehr und allenfalls zur Routenwahl gemacht werden. Interessiert lediglich der Durchgangsverkehr einer Strecke, so reicht eine Zählung und Identifikation aller Fahrzeuge an den Querschnitten an den beiden Enden der Strecke.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Bei der Umsetzung von Massnahmen (z.B. Einführung von Tempo 30 –Zonen) kann mit der Erfassung der Verkehrsarten die Wirksamkeit der Massnahmen überprüft werden. Oftmals interessiert aber auch nur der Anteil des Durchgangsverkehrs. Die Menge an Durchgangsverkehr kann beispielsweise als Entscheidungsgrundlage für den Bau einer Umfahrungsstrasse dienen. Beim Durchgangsverkehr werden folgende zwei Arten unterschieden:

- **Echter Durchgangsverkehr:** Fz, die innerhalb einer vorgegebenen Zeit an zwei unterschiedlichen Kordon-Querschnitten erfasst werden. Die Differenz der Erfassungszeiten entspricht dabei der erwarteten Zeit, die benötigt wird, um die Strecke zwischen den beiden Kordon-Querschnitten zu absolvieren.
- **Gebrochener Durchgangsverkehr:** Fz, die länger als die beim Durchgangsverkehr vorgegebene Zeit benötigen, um die Strecke zwischen den beiden Kordon-Querschnitten zu absolvieren.

Durch die genaue zeitliche Erfassung können in eingeschränktem Mass auch Rückschlüsse zu den Nutzergruppen (Erledigungen, Arbeiten, etc.) gezogen werden:

- **Erledigungen:** Fz, die am selben Kordon-Querschnitt innerhalb einer bestimmten Zeit zwei Mal erfasst werden (ca. 2-4 Stunden)
- **Arbeiten:** Fz, die am selben Kordon-Querschnitt innerhalb einer bestimmten Zeit zwei Mal erfasst werden (ca. 9-10 Stunden)

Dies kann beispielsweise zur Analyse des Verkehrs bei Inbetriebnahme eines neuen Einkaufszentrums beitragen. So können Veränderung der Nutzergruppen-Anteile oder die Routenwahl der verschiedenen Nutzergruppen grob ermittelt werden.

Zählzeiten

Um die Verkehrsarten über den ganzen Zeitbereich, zu dem eine Analyse der Verkehrsarten erfolgen soll, bestimmen zu können, muss zusätzlich zu diesem Zeitbereich auch vor- und nachher gezählt werden. Diese Vor- und Nachlaufzeit entspricht der erwarteten Durchfahrtszeit des echten Durchgangsverkehrs. Nur so kann der am Anfang und Ende des zu analysierenden Zeitbereichs auftretende echte Durchgangsverkehr zuverlässig eruiert werden. Gebrochener Durchgangsverkehr der vor Zählbeginn in den Erhebungsraum fährt oder nach Zählende den Raum verlässt kann nicht eruiert werden und wird bei der Analyse dem Quell-/ Zielverkehr zugeordnet.

Datenaufbereitung

- tabellarische Übersichten
- grafische Übersichten (ev. mit Plangrundlage)

Methodenübersicht

Tabelle 4.14 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsarten

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten

Automatische Kontrollschilderfassung per Video an Kordon-Querschnitten

Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Kordon-Querschnitten

Weitere Methoden

Automatische Fahrzeugidentifikation bzw. –verfolgung anhand von im Fahrzeug installierten Technologien oder von mitgeführten Geräten

Automatische Fahrzeugdetektion und –identifizierung mittels mehrdimensionaler Farbhistogrammanalyse

4.2.5.2 Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

Die Erfassung der Kontrollschilder der Fahrzeuge an allen Ein- und Ausfahrquerschnitten eines definierten Raumes (Kordon) bzw. an zusätzlichen Querschnitten innerhalb des Kordons erfolgt manuell durch Erhebungspersonal. Für jede Fahrtrichtung ist dabei an jedem Querschnitt ein Zählstandort zu definieren. Je nach Fragestellung kann auch nach gewissen Fz-Kategorien unterschieden werden. Neben dem Kontrollschild des Fz wird die Uhrzeit der Durchfahrt des Fz am Querschnitt möglichst genau festgehalten werden.

I.d.R. wird das gesamte Kontrollschild aller Fz erfasst. Bei hohen Belastungen kann die Erfassung auch auf die letzten 3 Ziffern des Kontrollschields oder auf eine Stichprobe aller Fz (z.B. alle mit schwarzer Karosseriefarbe, alle mit gerader Endziffer des Kontrollschields) beschränkt werden.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Die manuelle Erfassung der Kontrollschilder erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- Papierlisten: Auf einer Liste werden alle Kontrollschildnummern der durchfahrenden Fz mit Zeitangabe notiert.
- Spracherfassungsgerät (z.B. Tonband, Diktiergerät): Die Kontrollschildnummern werden auf ein Spracherfassungsgerät diktiert. Damit die Fehlerquote möglichst tief ist, sollten alle Buchstaben und Ziffern einzeln diktiert werden.
- Fotoapparate: Von jedem Kontrollschild wird ein Foto gemacht. Um den idealen Auslösezeitpunkt der Kamera zu eruieren, ist ein kurzer Testlauf nötig. Nach dem Testlauf kann ein Punkt im Feld bestimmt werden. Wenn ein Fz diesen Punkt passiert, wird der Auslöser betätigt.
- Video: siehe Kapitel 4.2.3.2

Bei einer Erfassung mit Fotoapparaten oder Video werden die im Feld aufgenommenen Bilder im Büro ausgewertet. Beim Einsatz von Videokameras wird während der Aufnahme im Feld kein Personal benötigt.

Personal

Leistungsfähigkeit

Tabelle 4.15 Erreichbare Erfassungsleistung (FGSV, 2012 und VSS SN 640 002, 1988)

Anzahl Personen pro Fahrstreifen	Liste	Spracherfassungsgerät	Fotoapparat
1	bis ca. 200 Fz/h	bis ca. 500 Fz/h	bis ca. 1000 Fz/h
2	bis ca. 500 Fz/h (eine Person beobachtet und diktiert, eine schreibt)	-	-

Bei geringen Belastungen kann geprüft werden ob eine Person mehrere Fahrstreifen der gleichen Fahrtrichtung gleichzeitig überwachen kann.

Anforderungen

Tabelle 4.16 Anforderungen ans Zählpersonal

Anforderung	Liste	Spracherfassungsgerät	Fotoapparat / Video
schnelle Auffassungsgabe	●	●	
normale bis gute Sehfähigkeit	●	●	
klare Aussprache		●	
leserliche Schrift	●		
grundlegende Technikenkenntnisse		●	●

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Damit die Kontrollschilder gelesen werden können, sind folgende Aspekte bei der Standortwahl zu berücksichtigen:

- Gefahrene Geschwindigkeit nicht über 50 km/h (mit Fotoapparat oder Videoaufnahmen auch mehr möglich)
- Die Kontrollschilder müssen vom Standort aus gut einsehbar und lesbar sein. Bei mehreren Fahrstreifen ist beispielsweise ein Standort auf einer Brücke zu prüfen.
- An jedem Kordon-Querschnitt ist pro Fahrtrichtung ein Standort zu wählen.
- Wird die Beobachtung nicht bei gutem Tageslicht durchgeführt, ist eine hervorragende Strassenbeleuchtung am Standort oder der Einsatz von Infrarotkameras notwendig.
- Die Kontrollschilder sollten nicht direkt von der Sonne angestrahlt werden (Reflektionen erschweren die Erfassung)
- Beim Einsatz von Fotoapparaten oder Videokameras sollte die Linse der Kamera nicht direkt von der Sonne angestrahlt werden (vor allem bei tiefem Sonnenstand problematisch)

Weiter gelten die in der Methode „Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt“ (Kapitel 4.2.3.2) erwähnten Punkte zur Standortwahl.

Erhebungsintervalle

Ist eine Unterscheidung zwischen echtem und gebrochenem Durchgangsverkehr zur Beantwortung der Fragestellung nötig, so sollte das Erhebungsintervall i.d.R. maximal eine Minute betragen. Wird mit Papierlisten gearbeitet, erfordert dies eine hohe Konzentration des Erhebungspersonals. Erfolgt die Erhebung mit einem Spracherfassungsgerät, so ist die zeitliche Zuordnung i.d.R. im Nachhinein möglich. Dazu ist es nötig zumindest ein Zeitpunkt der Erhebung auf das laufende Band aufzusprechen. Erfolgt die Bandaufzeichnung nur bei vorbeifahrenden Fz (sprachgesteuerte Aufnahme), ist zu jedem Fz eine Zeitaussage aufzusprechen. Wird die Erfassung mit Fotoapparaten oder Videokameras durchgeführt, ist die zeitliche Zuordnung kein Problem, da zusammen mit den Bildern auch die Aufnahmezeit gespeichert wird. Es ist darauf zu achten, dass die Systemzeiten der einzelnen Geräte vor der Erhebung mit der tatsächlichen Zeit synchronisiert werden.

Weiteres

Die Erfassung der Kontrollschilder muss an allen Erfassungsquerschnitten des Kordons auf der gleichen Seite des Fz erfolgen, da bei Fz mit Anhängern bzw. Aufliegern das Zugfahrzeug ein anderes Kontrollschild hat als der Anhänger bzw. Auflieger. Generell sollte aufgrund der nachfolgenden Gründe von hinten erhoben werden:

- Keine Blendwirkung durch Vorderlichter
- MR besitzen nur hinten ein Kontrollschild
- Hinteres Kontrollschild ist beleuchtet

Kosten

Personalkosten

Neben dem für die eigentliche Zählung benötigten Personal ist auch für die nachträgliche Dateneingabe ein relativ grosser Personalaufwand nötig. Für die Eingabe einer Kontrollschildnummer kann mit einem Zeitaufwand von ca. 10 Sekunden gerechnet werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Wird mit Spracherfassungsgerät gearbeitet, so ist mit Kosten von 100-200 Franken pro Gerät zu rechnen.

Fotoapparat / Video

Beim Einsatz von Fotoapparaten oder Videokameras ist mit Kosten von ca. 500-1000 Franken pro Gerät zu rechnen.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + Neben der Verkehrsart können auch Aussagen zu Streckengeschwindigkeiten gemacht werden (sehr genaue zeitliche Erfassung der Kontrollschilder erforderlich).
- + kostengünstig für kurzzeitige Erhebungen

Schwächen

- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Wird ein Spracherfassungsgerät, ein Fotoapparat oder eine Videokamera eingesetzt, so ist dessen Stromversorgung für die ganze Dauer der Erhebung zu gewährleisten. Außerdem ist bei Spracherfassungsgeräten darauf zu achten, dass Hintergrundgeräusche die Aufnahme nicht so stark beeinträchtigen, dass die spätere Auswertung nicht mehr möglich ist.

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Fehler bei der Erfassung der Kontrollschilder haben zur Folge, dass ein Fz entweder nicht erfasst wird oder der falschen Verkehrsart zugeordnet wird.

- Keine Notation: Fehlende Notationen führen dazu, dass die betroffenen Fz des Quell-/Zielverkehrs gar nicht erfasst werden und die betroffenen Fz des Durchgangsverkehrs fälschlicherweise dem Quell- bzw. Zielverkehr zugewiesen werden. Da eine zuverlässige Korrektur dieses Fehlers nicht möglich ist, muss an jedem Kordon-Querschnitt genügend Zählpersonal zur Verfügung gestellt werden, damit alle zu erhebenden Fz erfasst werden können.
- Fehlnotationen: Fehlnotationen bei Fz des Durchgangsverkehrs führen zu einer Zuordnung dieser Fz zum Quell- bzw. Zielverkehr. Neben sorgfältigem Arbeiten ist es beim Einsatz von zwei Personen an einem Querschnitt wichtig, dass beide im Alltag die gleiche Sprache sprechen. Ansonsten ist die Wahrscheinlichkeit von Fehlnotationen, im speziellen von Zahlenverdrehern, stark erhöht.

Übertragungsfehler

- Eingabefehler führen wie Fehlnotationen zur Zuordnung von Fz zur falschen Verkehrsart. Wird mit Spracherfassungsgerät gearbeitet, so sollte die Person, welche die erhobenen Daten im EDV-System eingibt, im Alltag dieselbe Sprache sprechen wie das Erhebungspersonal.

Datenergänzung, Hochrechnung

Aussagen zu den Anteilen Quell-, Ziel-, Durchgangs- und allenfalls Binnenverkehr lassen sich auf die zu den Erhebungszeiten homogenen Zeiträume übertragen.

Datenschutz

Da fahrzeugspezifische Merkmale erfasst werden, sind die im Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen.

4.2.5.3 Automatische Kontrollschilderfassung per Video an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

An jedem Kordon-Querschnitt wird für jede Fahrtrichtung mindestens eine Kamera installiert, die alle Fz erfasst. Die Videobilder werden mit Hilfe einer spezialisierten Texterkennungssoftware auf Kontrollschilder durchsucht. Die erkannten Kontrollschilder werden anschliessend in Klartext umgewandelt. Dieser Klartext wird mit einem Zeitstempel versehen und steht so für weitere Analysen zur Verfügung. Aus Datenschutzgründen kann der Klartext auch noch anonymisiert werden, so dass kein Rückschluss auf den Halter des Fz mehr möglich ist.

Die Auswertung der Videobilder kann entweder offline oder online erfolgen:

1. Offline-Auswertung: Das Bildmaterial wird von jeder Kamera lokal gespeichert und später wird dieses Material an einem Computer ausgewertet.
2. Online-Auswertung: Die Kameras sind zusätzlich mit einer Auswerteeinheit ausgerüstet, wodurch die Kontrollschilder direkt vor Ort ausgelesen werden können und dann automatisch über eine Mobilfunk- oder LAN-Verbindung an einen zentralen Rechner geschickt werden können. I.d.R. werden die Bilder bei der Online-Auswertung nicht gespeichert.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Tabelle 4.17 Benötigte Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel in Abhängigkeit der Auswertungsart

Offline Auswertung		Online-Auswertung	
An jedem Standort	Zentral	An jedem Standort	Zentral
• Digitale Videokamera (ev. mit Infrarotunterstützung) • Speichermedium	• Computer mit Auswertesoftware (Texterkennung, Analyse der Daten)	• Digitale Videokamera (ev. mit Infrarotunterstützung) • Auswerteeinheit (Texterkennung) • Mobilfunk- oder LAN-Verbindung	• Auswerterechner (Analyse der Daten)

I.d.R. ist für jeden einzelnen Fahrstreifen eine Videokamera nötig. Neuere Systeme können mit einer Kamera bis zu zwei Spuren gleichzeitig überwachen⁵.

Personal

Personal wird bei dieser Methode i.d.R. lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Der Standort sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- Verkehrsführung so, dass Fz-Kontrollschilder i.d.R. in einem möglichst genau definierten Bereich und einheitlich im Videobild auftauchen.
- Möglichst helles diffuses Licht (ausser bei Kameras mit Infrarotunterstützung)
- Kontrollschilder sollten von der Sonne nicht direkt angestrahlt werden (Reflektion erschwert Texterkennung)
- Die Linse der Kamera sollte von der Sonne nicht direkt angestrahlt werden (vor allem bei tiefem Sonnenstand problematisch)
- Schutz gegen ungünstige Witterungsverhältnisse und Vandalismus
- Vgl. auch Angaben bei manueller Erhebung (Kapitel 4.2.5.2)
- Blendeffekte nachts mit einer geeigneten Standortwahl vermeiden

Erhebungsintervalle

Der Kontrollschildnummer wird der Zeitstempel der Durchfahrt des entsprechenden Fz zugeordnet.

Weiteres

Die Kontrollschilder sollten i.d.R. auf der Rückseite des Fz erfasst werden (siehe Kapitel 4.2.5.2), weshalb pro Fahrtrichtung mindestens eine Kamera zu installieren ist.

⁵ z.B. Kamerasystem Sicore von Siemens

Kosten

Personalkosten

Für die eigentliche Zählung fallen keine relevanten Personalkosten an. Der Zeitaufwand für die Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte muss aber bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Pro überwachtem Fahrstreifen kostet die Technologie derzeit 10'000-20'000 CHF.

Stärken und Schwächen

Stärken

- + geringer Personalaufwand
- + Hohe zeitliche Auflösung der Zählung
- + kostengünstige Lösung für langfristige und permanente Zählungen
- + u.U. weitere Merkmale erfassbar wie:
 - Geschwindigkeit am Kordonquerschnitt
 - Streckengeschwindigkeit
 - Fahrzeugkategorie

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- i.d.R. teuer für kurzzeitige Erhebungen
- Anfälligkeit auf Witterung (Starkregen, Nebel, Schneefall)

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgsfaktoren

Datenausfälle (Ausfall des Systems) und Manipulation der Geräte (siehe Methode „Automatische Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt mittels Detektoren“; Kapitel 4.2.3.3)

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Bei dieser Methode kann es vorkommen, dass gewisse Kontrollschilder nicht oder falsch erkannt werden. Die Auswirkungen davon sind in der Methode „Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten“ (Kapitel 4.2.5.2) beschrieben. Die Fehler können durch möglichst gute Kamerastandorte minimiert werden. Eine Korrektur von Fehlern ist durch eine nachträgliche Überprüfung des Bildmaterials denkbar. Dies ist jedoch nur bei Offline-Auswertungen möglich, da das Bildmaterial bei einer Online-Auswertung i.d.R. nicht gespeichert wird.

Datenergänzung, Hochrechnung

Aussagen zu den Anteilen Quell-, Ziel-, Durchgangs- und allenfalls Binnenverkehr lassen sich auf die zu den Erhebungszeiten homogenen Zeiträume übertragen.

Datenschutz

Da fahrzeugspezifische Merkmale erfasst werden und abhängig von der Auswertemethode (Offline oder Online) auch Bildmaterial gespeichert wird, sind die im Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen.

4.2.5.4 Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht in weiten Teilen der Methode an Knoten in Kapitel 4.2.4.4, weshalb hier nur auf Abweichungen und Ergänzungen zur genannten Methode eingegangen wird.

An allen Ein- und Ausfahrstrassen des Kordons werden jeweils zwei Querschnitte definiert, an denen die Detektionsgeräte installiert werden. Durch die Definition von zwei Querschnitten an jeder Ein- und Ausfahrstrasse lässt sich später anhand der Zeit der Erfassung der Geräte die Fahrtrichtung der Fz bestimmen, welche die Strasse befahren. Diese Information ist nötig, um zwischen Quell- und Zielverkehr unterscheiden zu können. Interessiert lediglich der Durchgangsverkehr, so reicht auch ein Querschnitt an jeder Ein- und Ausfahrstrasse. Ist der Binnenverkehr von Interesse, so müssen weitere Detektionsgeräte innerhalb des Kordons installiert werden.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Bei der Standortwahl der Detektions-Geräte ist folgendes zu beachten:

- Jeder definierte Querschnitt wird mit mindestens einem Gerät besetzt
- Die ganze Strassenbreite beim Querschnitt muss über eine genügend lange Distanz im Erfassungsbereich eines Geräts liegen.
- Die Erfassungsbereiche der einzelnen Geräte dürfen sich nicht überschneiden.
- Werden zur Ermittlung der Fahrtrichtung zwei Geräte an allen Ein- und Ausfahrstrassen des Kordons installiert, so darf kein Knoten zwischen den beiden Geräten liegen.
- Die Erfassungsbereiche der zwei Querschnitte einer Ein- und Ausfahrstrasse sollten unter Beachtung der vorangehenden Punkte so weit wie möglich voneinander entfernt liegen.
- Die Detektionsgeräte sollen in Abschnitten installiert werden, in denen ein möglichst geringes Fussgänger- und Veloaufkommen herrscht.

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Die meisten möglichen Fehler entsprechen den in Kapitel 4.2.4.4 beschriebenen Fehlern. Wird jedoch ein Gerät von einem Detektionsgerät nicht erkannt, hat dies andere Auswirkungen. Die Auswirkungen unterscheiden sich auch, je nachdem, ob ein oder zwei Detektionsgeräte an den Strassenabschnitten installiert sind:

- Ein Gerät: Fehlende Detektionen führen dazu, dass die betroffenen Fz des Quell-/Zielverkehrs gar nicht erfasst werden und die betroffenen Fz des Durchgangsverkehrs fälschlicherweise dem Quell-/Zielverkehr zugewiesen werden.
- Zwei Geräte: Fehlende Detektionen führen dazu, dass die Fahrtrichtung nicht mehr bestimmt werden kann. Dies hat zur Folge, dass bei betroffenen Fz des Quell-/Zielverkehrs nicht mehr zwischen Quell- und Zielverkehr unterschieden werden kann. Der Durchgangsverkehr kann weiterhin bestimmt werden.

4.2.5.5 Weitere Methoden

Automatische Fahrzeugidentifikation bzw. -verfolgung anhand von im Fahrzeug installierten Technologien oder von mitgeführten Geräten

Allgemein

Neben den Bluetooth- und WLAN-Signalen, die zur Detektion verwendet werden können (siehe Kapitel 4.2.5.4), können auch Signale von anderen Technologien detektiert und identifiziert werden. Diese Technologien sind jedoch bisher nicht für Verkehrszählungen zum Einsatz gekommen. Detektierbare Technologien sind entweder direkt im Fz (Flottenmanagementsystem, On-Board-Unit, Navigationsgerät, etc.) oder in im Fz mitgeführten Geräten (Navigationsgeräte, Mobiltelefone, etc.) verbaut. Gestützt auf die Identifikation kann die Verkehrsart bestimmt werden. Es kann zwischen drei Arten unterschieden werden.

Kurzbeschreibung „ortsgebundene Detektion über Kordon-Zählstellen“

Neben der in Kapitel 4.2.5.4 beschriebenen Methode ist für eine ortsgebundene Detektion momentan vor allem die Technologie RFID relevant, wobei die RFID-Transponder am Fz angebracht sind. Es ist eine Zählstelle mit einem Detektionsgerät nötig, um die Fz identifizieren zu können. Die Distanz, in der die Erfassung möglich ist, hängt davon ab,

ob der RFID-Transponder aktiv oder semi-passiv/-aktiv ist (siehe Tabelle 4.18). Die Detektoren werden i.d.R. überkopf angebracht.

<i>Tabelle 4.18 Übersicht über den Einsatz der RFID-Technologie im Strassenverkehr</i>		
Transpondertyp	Erfassungsbereich	Installationsort
Aktiv	~ 100 m	- irgendwo am Fz
semi-passiv/-aktiv	wenige Meter	- „sichtbar“ für Detektor (z.B. Windschutzscheibe)

Die RFID-Technologie wird bisher hauptsächlich zur Erhebung von Mautgebühren eingesetzt (z.B. LSVA in der Schweiz oder in Grossbritannien). Ein Einsatz für die Erhebung der Verkehrsarten ist aber durchaus denkbar.

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- + erprobt für Mauterhebung
- i.d.R. aufwändige Installation der Detektoren
- Anonymisierung der Daten nötig (Datenschutz)
- Momentan sind nur LSVA-pflichtige Fz ausgerüstet

Kurzbeschreibung „ortsungebundene Positionsbestimmung von aussen“

Eine Detektion von Fz, unabhängig von deren Ort, von aussen geschieht heute i.d.R. über das Mobilfunknetz (GSM, UMTS, GPRS). Als Identifikation dient die SIM-Karte. Es lassen sich beinahe alle Fz mit dieser Methode orten, da die detektierbare Technologie in beinahe allen Fz vorhanden ist (entweder direkt im Fz verbaut oder in mitgeführten Geräten). Die Genauigkeit der Ortung mittels Detektion von aussen ist abhängig von der Dichte der Mobilfunkantennen und reicht in einem vereinfachten Verfahren von 100 m in Ballungsräumen bis mehrere Kilometer auf dem Land. Die Genauigkeit der Ortung kann mit verfeinerten Verfahren gesteigert werden. So kann z.B. die Laufzeit des Funksignals mitberücksichtigt werden. Auch befinden sich oft mehrere Sendemasten in Funkreichweite eines Endgerätes. Durch Triangulation lässt sich die Position somit genauer bestimmen (Hilty, Oertel, Wölk und Pärli, 2010).

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- + keine zusätzlichen Installationen (Infrastruktur und Software) nötig
- + Erprobt für Verkehrszustandserfassung
- + Hoher Anteil an Fz ist entweder direkt oder über mitgeführte Geräte detektierbar
- Datenzugang erschwert (Netzbetreiber)
- Anonymisierung der Daten nötig (Datenschutz)

Kurzbeschreibung „ortsungebundene Positionsbestimmung durch Geräte und Speicherung oder Übermittlung der Positionsdaten“

In einem ersten Schritt erfolgt die Positionsbestimmung durch die Geräte (z.B. Navigationsgerät, Mobiltelefon). Sind die Geräte direkt im Fahrzeug verbaut, spricht man auch von „Floating Car Data“ (FCD). Die Positionsbestimmung erfolgt i.d.R. satellitengestützt. Einige Geräte können ihre Positionsbestimmung jedoch auch anhand des Mobilfunknetzes bestimmen. Für die satellitengestützte Positionsbestimmung wird Sichtkontakt zu mindestens drei Satelliten benötigt, was dazu führt, dass diese Technologie beispielsweise in Tunnels nicht funktioniert. Heute wird für die ortsungebundene Positionsbestimmung das amerikanische GPS verwendet. In absehbarer Zukunft wird mit dem europäischen System Galileo die Genauigkeit der Positionsbestimmung noch erhöht. Die bestimmte Position wird dann zusammen mit einem Zeitstempel entweder gespeichert oder i.d.R. mit GSM an einen zentralen Rechner übermittelt. Da die Positionsbestimmung und die Datenspeicherung bzw. -übermittlung in regelmässigen Abständen erfolgt, kann die

Bewegung der Fz festgestellt werden. Um die Positionsbestimmung und Datenübermittlung automatisiert auszuführen sind eine auf den Geräten installierte, entsprechende Software und die Zustimmung der Nutzer nötig. Eine einzelne, spezifische Erhebung mit dieser Methode durchzuführen ist i.d.R. sehr aufwändig. Es gibt jedoch verschiedene Unternehmen, die auf diese Art erhobene Daten zum Verkauf anbieten (z.B. TomTom). Es soll deshalb geprüft werden, ob die gesuchten Daten bei solchen Unternehmen bezogen werden können. Auch Fahrzeugflotten bei denen die nötigen Geräte zwecks Flottenmanagement direkt in den Fz verbaut sind (z.B. Taxiunternehmen, Kurierdienste), können allenfalls gesuchte Daten liefern.

Aus den Daten lassen sich neben der Position auch Abschnittszeiten, Geschwindigkeiten, Verkehrsbeziehungen und Routenwahl ableiten.

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- + Erprobt für Verkehrszustandserfassung
- Teilweise Installation von zusätzlicher Software auf Geräten nötig
- Anonymisierung der Daten nötig (Datenschutz)

Automatische Fahrzeugdetektion und -identifizierung mittels mehrdimensionaler Farbhistogrammanalyse

Kurzbeschreibung

„Die Farbe der Lackierung von Fahrzeugen ist ein Merkmal, das mit Überwachungskameras gemessen werden kann. Durch im Videobild platzierte Detektorbereiche kann zunächst die Anwesenheit eines Fahrzeugs automatisch erkannt werden. Das im Moment der Detektion aus dem Bild bestimmte Farbhistogramm des Fahrzeugs steht dann für die Wiedererkennung in anderen Bildbereichen zur Verfügung.“ (Knauer, Meffert und Reulke 2005)

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- + Unterscheidung Velo, LMW, SMW möglich
- + Datenschutztechnisch unproblematisch
- wenig erprobt
- Farbe kein ganz eindeutiges Merkmal

4.2.6 Kenngrösse Fahrzeugbesetzungsgrad

4.2.6.1 Allgemeines

Definition

Gezählt wird die Anzahl Fz sowie deren Insassen an einem Querschnitt. Das Resultat der Erhebung ist i.d.R. ein durchschnittlicher Fahrzeugbesetzungsgrad der Stichprobe des MIV am entsprechenden Querschnitt.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erhebung dieser Kenngrösse dient primär der Ermittlung von Besetzungsgraden, Personenkilometern (Vergleich mit öV) und Modal-Split-Analysen. Der durchschnittliche Fahrzeugbesetzungsgrad des MIV, i.d.R. erfolgt eine Einschränkung auf den PW-Verkehr, kann zur Überprüfung der Wirksamkeit von eingeführten Massnahmen (z.B. Förderung Carpooling) dienen. Ausserdem ist die Entwicklung des durchschnittlichen Besetzungsgrades interessant, da er einen wesentlichen Einfluss auf die Verkehrsbelastung hat. In eingeschränktem Mass können auch Aussagen zu Besetzungsgraden von verschiedenen Fahrzwecken gemacht werden, indem die Zählzeiten oder die Lage der Zählstelle (z.B. bei der Parkplatzeinfahrt eines Einkaufszentrums) berücksichtigt werden. Um diesbezüglich jedoch zuverlässige Resultate zu erhalten, ist i.d.R. eine Befragung nötig.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der Anzahl Personen, der Anzahl Fz oder des Fahrzeugbesetzungsgrades am Querschnitt
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.19 Übersicht über die beschriebene Methode zur Erfassung des Fahrzeugbesetzungsgrades

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung der Anzahl Fahrzeug-Insassen an einem Querschnitt

Weitere

Keine

4.2.6.2 Manuelle Zählung der Anzahl Fahrzeug-Insassen an einem Querschnitt

Methodenbeschreibung

An einem definierten Strassenquerschnitt werden die Fz sowie deren Insassen durch Zählpersonal gezählt. Je nach Aufgabenstellung können dabei die Insassen verschiedener Fz-Kategorien separat erfasst werden. I.d.R. werden die Insassen aller PW erfasst. Bei hohen Belastungen kann die Erfassung auf eine Stichprobe der Fz (z.B. alle mit weisser Karosseriefarbe) beschränkt werden.

Die Methode entspricht weitgehend der Methode „Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt“ (Kapitel 4.2.3.2). Deshalb wird bei dieser Methodenbeschreibung lediglich auf Unterschiede zur genannten Methode eingegangen.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Die manuelle Zählung erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- Feldblatt
- Tablet-Computer/Smartphone
- Handzählgerät

Personal

Leistungsfähigkeit

Es kann i.d.R. nur eine Fahrspur gleichzeitig gezählt werden, da eine Zählung der Fz und Fz-Insassen in zwei sich kreuzenden oder nebeneinander, ausser bei ganz geringen Verkehrsbelastungen, fahrenden Fz nicht möglich ist. Es ist dementsprechend i.d.R. mehr Personal nötig als bei der manuellen Zählung von Fz an einem Querschnitt. Es muss mit einer etwa halbierten Erfassungsleistung gerechnet werden als bei der Erhebung der Verkehrsbelastung einer Fahrtrichtung (siehe Kapitel 4.2.3.2).

Anforderungen

- schnelle Auffassungsgabe
- normale bis gute Sehfähigkeit
- grundlegende Erfahrung in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Zusätzlich zu den in der Methode „Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt“ (Kapitel 4.2.3.2) aufgeführten Standortbedingungen sollten folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Fahrgeschwindigkeit nicht über 50 km/h; idealerweise an Knoten
- Distanz zum Verkehr nicht zu gross
- Wird die Beobachtung nicht bei gutem Tageslicht durchgeführt, ist eine hervorragende Strassenbeleuchtung am Standort notwendig.

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + relativ kurze Planungszeit

Schwächen

- teuer für oftmals wiederholte und langfristige Erhebungen
- gute Lichtverhältnisse als Voraussetzung

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Bei der Verwendung von Tablet-Computern bzw. Smartphones sind die allgemeinen Hinweise zu beachten (siehe Seite 36).

Datenergänzung, Hochrechnung

Aus einer Zählung können Durchschnittswerte für verschiedene Zeitbereiche generiert sowie Grundlagen für die Ermittlung von Personenkilometern gewonnen werden.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine Vorkehrungen zu treffen.

4.2.7 Kenngrösse Abschnittsgeschwindigkeit

4.2.7.1 Allgemeines

Definition

Die Abschnittsgeschwindigkeit ist die durchschnittliche Geschwindigkeit auf einer Strecke. Sie wird über die Identifikation von Fz an zwei definierten Querschnitten ermittelt. Dabei muss die Fz-Durchfahrt an den Querschnitten mit Zeitstempel versehen werden, damit anschliessend aufgrund der Fahrzeit die durchschnittliche Geschwindigkeit eines Fz auf der Strecke zwischen den Querschnitten berechnet werden kann.

Ziel und Zweck der Erhebung

Durch die Erhebung der Abschnittsgeschwindigkeit können beispielsweise Abschnitte ermittelt werden, auf denen häufig Stausituationen auftreten. Ausserdem kann die Wirksamkeit von Massnahmen, die zur Verbesserung des Verkehrsflusses beitragen sollen, geprüft werden.

Datenaufbereitung

- Entwicklung der Abschnittsgeschwindigkeiten im Tagesverlauf
- Durchschnittliche Abschnittsgeschwindigkeit

Methodenübersicht

Tabelle 4.20 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Abschnittsgeschwindigkeit

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Kontrollschilderfassung an Abschnitts-Querschnitten

Automatische Kontrollschilderfassung per Video an Abschnitts-Querschnitten

Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Abschnitts-Querschnitten

Weitere Methoden

Automatische Fahrzeugidentifikation bzw. -verfolgung anhand von im Fahrzeug installierten Technologien oder von mitgeführten Geräten

Automatische Fahrzeugdetektion und -identifizierung mittels mehrdimensionaler Farbhistogrammanalyse

4.2.7.2 Manuelle Kontrollschilderfassung an Abschnitts-Querschnitten

Siehe Kapitel 4.2.5.2

4.2.7.3 Automatische Kontrollschilderfassung per Video an Abschnitts-Querschnitten

Siehe Kapitel 4.2.5.3

4.2.7.4 Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Abschnitts-Querschnitten

Siehe Kapitel 4.2.5.4

4.2.7.5 Weitere Methoden

Siehe Kapitel 4.2.5.5

4.3 Zählungen – ruhender MIV

4.3.1 Empfohlene Zählzeiten

4.3.1.1 Tageszeiten

Die Auswahl der zielführenden Zählzeiten im ruhenden Verkehr sind in hohem Masse von der Aufgabenstellung und den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Allgemeine Empfehlungen können aber wie in der folgenden Tabelle ersichtlich trotzdem gemacht werden:

Tabelle 4.21 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des ruhenden MIV (FGSV, 2012)

Ort	Zählstunden	Bemerkung
Allgemein	06:00-22:00 Uhr	u.a. abhängig von der städtebaulichen Struktur, strassenbegleitenden Nutzungen, Öffnungszeiten und z.B. zeitlich gestaffelten Park- und Gebührenregelungen (FGSV 2012, S. 40f)
Wohngebiete	In den Nachtstunden	
Innenstadtlagen bzw. im Umfeld von Kultur- und Vergnügungstätten	In den Abendstunden	

4.3.1.2 Wochentage

Im ruhenden MIV sind vielfach Fragen nach der Auslastung eines bestehenden Parkierungsangebotes oder nach der Dimensionierung einer zu erstellenden Anlage von Bedeutung.

Neben den Situationen an Werktagen soll daher bei der Planung der Erhebungen immer auch die Durchführung einer Erhebung an Samstagen (Einkaufsverkehr) und an Sonntagen (Freizeitverkehr) geprüft werden.

4.3.2 Hinweise zu Metadaten

Zusätzlich zu den allgemeinen Metadaten (vgl. Kapitel 3.2), soll bei einer Erhebung des ruhenden MIV die Erfassung der folgenden Metadaten zu den erhobenen Parkieranlagen geprüft werden (aus VSS SN 640 004, 1988 und FGSV, 2012):

- Lage
- Anzahl Parkfelder, die beobachtet werden (evtl. auch illegale Abstellmöglichkeiten einbeziehen)
- Eigentum (Privat oder öffentlich)
- Zugänglichkeit (öffentlich oder beschränkt)
- Parkierungsregime untersuchte P (maximal erlaubte Parkierdauer, Gebühren)

- Parkierungsregimes von benachbarten Parkierungsanlagen
- zugeordnete Nutzungen (z.B. Wohnen, Verkauf, Freizeit. Ggf. müssen auch Nutzungen im Umfeld der Parkierungsanlage einbezogen werden)
- zugeordnete Nutzer- und Berechtigtengruppen (z.B. Beschäftigte, Bewohner, Besucher/Kunden)
- Technische Ausstattung (mit/ohne Zugangskontrolle)
- Vorhandene Signalisierung mit Ge- und Verboten
- Angaben zu Parkleitsystemen, Parkfeldanordnung, Überdachung, etc.

4.3.3 Kenngrosse Parkfeldbelegung

4.3.3.1 Allgemeines

Definition

Mit der Kenngrosse der Parkfeldbelegung wird dokumentiert, ob auf einem Parkfeld ein Fahrzeug abgestellt ist. Die Belegung eines Parkfeldes kann sowohl zu einem bestimmten Zeitpunkt als auch als mittlerer Belegungsgrad über einen definierten Zeitraum beschrieben werden.

Mittels Zählung der freien und belegten Parkfelder in einem definierten Raum oder auf einer Parkierungsanlage kann auch eine raumbezogene Aussage gemacht werden – auch hier i.d.R. als mittlerer Belegungsgrad über den untersuchten Raum oder als Belegungsgang über einen definierten Zeitraum.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrosse

Das Zählen der Parkfeldbelegung dient dazu, Aufschluss zu erhalten zu

- räumlicher und zeitlicher Verteilung der Parkplatzbelegung im Untersuchungsraum
- Belegungsgrad von Parkfeldern oder Parkierungsanlagen
- Nachfrage in Abhängigkeit von Nutzergruppen

Ausserdem können durch das Ermitteln der Parkfeldbelegung Grundlagen bereitgestellt werden für

- Wirkungsanalysen aufgrund eines geänderten Parkierungsangebots
- Entscheidungen zur Begrenzung oder Bewirtschaftung eines Parkierungsangebots
- Standortentscheidungen und Dimensionierungsgrundlagen für neue Parkierungsanlagen

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Belegungsganglinien
- tabellarische Übersichten
- Ganglinien der Ein- und Ausfahrten (bei Parkierungsanlagen)

Methodenübersicht

Tabelle 4.22 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Parkfeldbelegung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung parkierter Fahrzeuge

Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Automatische Zählung mittels Detektoren am

Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Weitere Methoden

Zählung parkierter Fahrzeuge anhand von Luftbildern

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

4.3.3.2 Manuelle Zählung parkierter Fahrzeuge am Parkfeld

Methodenbeschreibung

Die Zählung der auf Parkfeldern parkierten Fahrzeuge bzw. der freien Parkfelder erfolgt während des Abschreitens der untersuchten Parkfelder durch Zählpersonal. Für das Abschreiten wird dem Zählpersonal eine definierte Laufstrecke vorgegeben. Diese wird bei der Untersuchung längerer Zeiträume innerhalb von vorgegebenen Zählintervallen mehrfach abgeschritten.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Die manuelle Zählung erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- Feldblatt
- Mechanisches Handzählgerät (z.B. Zähluhr) mit Feldblatt
- Elektronisches Handzählgerät
- Tablet-Computer/Smartphone

Personal

Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit des Zählpersonals ergibt sich einerseits aufgrund der zu Fuss zurückzulegenden Laufstrecke und andererseits durch die Anzahl und Anordnung der Parkfelder entlang dieser Laufstrecke. In der Regel ist die Fussweggeschwindigkeit massgebend. Nur bei sehr dichter Parkfeldanordnung (Senkrechtparkierung zur Laufroute) muss bei der Abschätzung von einer Verringerung der üblichen Fussweggeschwindigkeit ausgegangen werden.

Liegt das Zählintervall bei 15 Minuten, so braucht es für einen Strassenabschnitt von etwa 800m bzw. 80 bis 100 Parkfelder eine Zählperson.

Anforderungen

- grundlegende Kenntnisse im Kartenlesen
- grundlegende Erfahrungen in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Routen/Erhebungsraum

- Die Erhebungsrouten der Zähler werden idealerweise so angelegt, dass sich die Zähler nach Ablauf einer Intervallzeit wieder am Start ihrer Route befinden. So können unproduktive Rückwege vermieden werden.
- Bei grösseren Planungsräumen kann zur Kosteneinsparung für strukturell weitgehend homogene Bereiche die Situation des ruhenden Verkehrs auch nur in Teilräumen erhoben werden (FGSV, 2012).
- Parkfeldgruppen mit gleichem Parkierungsregime sind jeweils separat zu erfassen.

Erhebungsintervall

Das zu wählende Erhebungsintervall ist von der erlaubten Parkierdauer, der zugeordneten Nutzung und der geforderten Aussageschärfe abhängig. I.d.R. reicht in den Kerngebieten gemäss den EVE ein Erhebungsintervall von 30 Minuten. Sind jedoch Parkfelder mit sehr kurzer Parkierdauer (15-30 Minuten) zu erwarten, so sind Intervalle von fünf oder zehn Minuten bzw. eine permanente Erhebung angebracht.

Weiteres

- Die Effizienz der Zählung ist am grössten, wenn bei stark belegtem Parkraum nur die freien Parkfelder und bei geringfügig belegtem Parkraum nur die belegten Parkfelder gezählt werden. Eine Zählung der freien Parkfelder ist jedoch nur dann möglich, wenn die Parkfelder einzeln markiert sind. Der Belegungsgrad wird durch Verrechnung mit dem ermittelten Gesamtangebot der Parkfelder eruiert.

- Bei Zählungen auf Privatgrund muss der Eigentümer der Durchführung einer Zählung zustimmen.

Kosten

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + Keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal
- + kostengünstig für kurzzeitige Erhebungen
- + relativ kurze Planungszeit

Schwächen

- Kurzzeitige Belegungen von Parkfeldern zwischen zwei Durchgängen des Erhebungspersonals werden nicht erfasst. Dieser Effekt kann durch kurze Zählintervalle minimiert werden.
- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen
- Aussagekraft der Daten auf P-Belegung beschränkt, keine Aussage zu Parkierdauer möglich

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

- Für die Fragestellung geeignete Zählzeiten und Erhebungsdauer sind entscheidend (siehe Kapitel 4.3.1). Sie sind in Abhängigkeit der Fragestellung sowie der Merkmale und des Umfelds der untersuchten Parkfelder zu definieren.
- Während der Erhebung sollte die polizeiliche Kontrolle des ruhenden Verkehrs im Planungsraum oder in benachbarten Gebieten nicht schwächer oder stärker sein, als an anderen, vergleichbaren Wochentagen (FGSV, 2012).
- Bei der Verwendung von elektronischen Handzählgeräten und Tablet-Computern/Smartphones sind die allgemeinen Hinweise zu beachten (siehe Seite 36).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsgesamtheit/Begriffsbildung

- Die Zählung ist so anzulegen, dass unterschiedliche Parkierungsregimes jeweils auch separat ausgewertet werden können.
- Wird die P-Belegung von Parkfeldern mit unterschiedlichen Parkierungsregimes erhoben so besteht die Gefahr einer falschen Zuordnung durch das Zählpersonal. Eine klare Definition der zu erhebenden Parkierungsregimes und der jeweils zugeordneten Anzahl Parkfelder ist deshalb eine Voraussetzung für ein aussagekräftiges Resultat.

Erhebungsfehler

- Um Zählfehler zu vermeiden wird empfohlen, die Laufroute jeweils gleichzeitig nur an einem Parkstreifen entlang zu führen und z.B. die Erhebung von beidseitig einer Strasse angeordneten Parkfelder auf zwei Routenelemente zu verteilen.
- Siehe ausserdem unter Methode „Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt“; Kapitel 4.2.3.2

Datenergänzung, Hochrechnung

Wird die Zählung nur in Teilräumen eines Untersuchungsgebietes durchgeführt, so können die gewonnenen Daten auf den jeweils homogenen Bereich übertragen werden.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.3.3.3 Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

Die Zählung von Fz an allen Ein- und Ausfahrten (Kordon-Querschnitten) eines untersuchten Parkraums erfolgt manuell durch Zählpersonal. Die Belegung des Parkraumbelagtes lässt sich jederzeit aus der Differenz der Ein- und Ausfahrten ermitteln. Dazu ist i.d.R. der Ausgangszustand der Belegung bei Beginn der Erhebung vorgängig festzustellen.

Diese Methode kommt i.d.R. bei grösseren Parkieranlagen mit wenigen Ein- und Ausfahrten zur Anwendung.

Ausrüstung, Geräte, Hilfsmittel

Die manuelle Zählung erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- Feldblatt
- Mechanisches Handzählgerät (z.B. Zähluhr) mit Feldblatt
- Elektronisches Handzählgerät
- Tablet-Computer/Smartphone

Personal

Leistungsfähigkeit

Der Personaleinsatz ist je nach zu erwartendem Verkehrsaufkommen an den Zählstellen zu planen. Besteht ein guter Überblick, so können bis zu 2 Fahrspuren (z.B. Ein- und Ausfahrt oder zwei Ein- oder Ausfahrtsspurcn) durch eine Person erhoben werden.

Anforderungen

grundlegende Erfahrungen in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Planung

Bei Zählungen auf Privatgrund muss die Zustimmung des Eigentümers zur Durchführung der Zählungen vorgängig eingeholt werden.

Durchführung

Beim Start der Zählung muss bekannt sein, wie viele Parkfelder belegt sind. Eine spätere Kalibrierung ist i.d.R. nicht notwendig.

Kosten

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Belegungsgrad kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt abgelesen werden
- + auch kurzfristige Belegungen von Parkfeldern werden in jedem Fall erfasst
- + Anzahl der Zu- und Wegfahrten und somit das Verkehrsaufkommen können dokumentiert werden
- + keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal
- + kostengünstig für kurzzeitige Erhebungen
- + Unter gewissen Bedingungen kann mit dieser Methode auch die durchschnittliche Parkierdauer ermittelt werden. Dazu muss die P-Belegung des Parkraums jedoch zu Beginn und am Ende der Zählung gleich Null sein (z.B. Parkieranlagen, bei denen das Parkieren über Nacht untersagt ist).

Schwächen

- Diese Methode kann nur dann angewandt werden, wenn innerhalb des Kordons nur parkiert werden kann (z.B. keine Tankstelle, Werkstatt, etc.)
- Die P-Belegung kann nicht nach den unterschiedlichen Nutzergruppen differenziert werden.
- teuer für oftmals wiederholte und langfristige Erhebungen
- keine parkfeldgenaue Erfassung

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Siehe Kapitel 4.3.3.2

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erfassungsfehler

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Datenergänzung, Hochrechnung

Mit einer Befragung können allenfalls zusätzliche Informationen wie Zweck des Parkierens, vorangehende und folgende Fahrten, Quelle und Ziel, Struktur der Verkehrsteilnehmer gewonnen werden.

Datenschutz

Da bei der reinen Zählung keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.3.3.4 Automatische Zählung mittels Detektoren am Parkfeld

Methodenbeschreibung

Durch Detektoren am Parkfeld wird registriert, ob ein Fz anwesend ist oder nicht. I.d.R. sind dabei die Detektoren permanent vom Betreiber einer Parkieranlage installiert.

Ausrüstung, Geräte, Hilfsmittel

Als Detektoren am Parkfeld eignen sich aktuell

- Ultraschallsensoren: Mittig über dem Parkfeld wird ein Ultraschallsensor installiert, der die Distanz zum nächsten Objekt misst. Dies ist bei freiem Parkfeld der Boden und bei besetztem Parkfeld das Fz. Sobald die gemessene Distanz also kleiner als die Distanz zum Boden ist, wird das Parkfeld als belegt betrachtet. Da der Sensor über dem Fz angebracht werden muss, eignen sich Ultraschallsensoren hauptsächlich für die Anwendung in Parkhäusern, wo sie problemlos an der Decke installiert werden können.
- Magnetfeldsensoren im oder auf dem Strassenbelag: Da auf dem Parkfeld anwesende Fz das Erdmagnetfeld verändern, kann der im Strassenbelag des Parkfeldes installierte Magnetfeldsensor eruieren, ob ein Fz auf dem Parkfeld abgestellt ist oder nicht. Dieser Sensortyp eignet sich insbesondere für offene Parkieranlagen. In mehrgeschossigen Parkhäusern kann der Sensor auch an der Decke des Geschosses, das unterhalb des zu erfassenden Parkfeldes liegt, montiert werden. Neuere Systeme können kabellos betrieben werden und die Elektrizitätsversorgung wird über einen Akku gewährleistet.
- Infrarotsensoren auf dem Strassenbelag: Infrarotsensoren registrieren die Anwesenheit eines Fz. Zwischen Sensor und Fz muss eine direkte Sichtverbindung bestehen.

Weitere

Neben den erwähnten Sensortypen zeichnet sich für die Zukunft auch der Einsatz folgender Technologien ab, mit denen mit einem Gerät mehrere Abstellplätze überwacht werden können:

- Video mit entsprechender Auswertesoftware
- Laserscanner

Diese Technologien könnten in Zukunft insbesondere auch zur Erhebung bei Parkfeldern entlang von Strassen zum Einsatz kommen und allenfalls auch die Belegung von Parkstreifen mit nicht einzeln markierten Parkfeldern erheben. Da sich diese Technologien für den Einsatz zur Parkfeldüberwachung noch in der Entwicklung befinden, beschränkt sich die weitere Methodenbeschreibung auf die übrigen drei Technologien.

Personal

I.d.R. werden obig detailliert beschriebene Technologien vom Betreiber der Parkierungsanlage fest installiert, womit kein Personal für die eigentliche Erhebung benötigt wird.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Für den auszuwertenden Zeitraum ist zu eruieren, ob gewisse Parkfelder abgesperrt oder durch Material belegt sind und wie diese somit nicht zugänglichen Parkfelder in der Datenbank erfasst werden (z.B. nicht enthalten, belegt, nicht belegt). Werden permanente Zählungen periodisch ausgewertet, so ist eine wiederholte Überprüfung der Zugänglichkeit der Parkfelder sicherzustellen. Für die Ermittlung des Belegungsgrades werden die nicht zugänglichen Parkfelder i.d.R. nicht berücksichtigt.

Kosten

Die Kosten für ein Parkfeld belaufen sich auf etwa 400 CHF (inklusive Installation).

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + wetterunabhängig
- + gute Detektionsrate
- + kostengünstig und gut geeignet für permanente Zählungen
- + geringer Stromverbrauch
- + Belegungsgrad kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt abgelesen werden
- + geeignet für reine PW-Zählung
- + Unterscheidung nach unterschiedlichen Parkfeldtypen möglich (z.B. Frauen-P, Elektro-P)
- + Zusätzlich zum Belegungsgrad können folgende Kenngrössen ermittelt werden:
 - o Verkehrsaufkommensrate
 - o Parkierdauer

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

keine

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erfassungsfehler

Werden PWs nicht korrekt auf einem Parkfeld abgestellt, so kann es zu Fehlern bei der Erfassung kommen. Entweder wird dabei ein PW auf zwei oder keinem Parkfeld erfasst. Dabei ist die Anordnung und Kalibrierung der Detektoren ausschlaggebend. Die Detektoren sollten bei jedem Parkfeld an der gleichen Position angebracht werden. Werden andere Fz (z.B. MR) auf einem PW-Parkfeld abgestellt, kann es ebenfalls zu Erfassungsfehlern kommen. Eine Fehlerkorrektur ist ohne zusätzliche Hilfsmittel in beiden Fällen nicht möglich.

Magnetfeldsensoren sind anfällig auf elektromagnetische Störungen im Umfeld, was zu Fehlern führen kann. Bei Infrarotsensoren können Verschmutzungen des Sensors und ungünstige Lichtverhältnisse zu Fehlfunktionen führen.

Datenergänzung, Hochrechnung

I.d.R. ist keine Hochrechnung nötig, da die Daten permanent erhoben werden. Allenfalls ist eine Hochrechnung von Daten bei einem Ausfall des Systems angebracht.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.3.3.5 Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

Die Zählung von Fahrzeugen an den Ein- und Ausfahrten des untersuchten Parkraums erfolgt automatisch mittels Detektoren. Die Belegung des Parkraumangebotes lässt sich jederzeit aus der Differenz der Ein- und Ausfahrten ermitteln.

Diese Methode kommt i.d.R. bei grösseren Parkierungsanlagen mit wenigen Ein- und Ausfahrten zur Anwendung.

Ausrüstung, Geräte, Hilfsmittel

Zum automatischen Zählen der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge eignen sich primär folgende an den Ein- und Ausfahrten anzubringende Technologien:

- Induktionsschleifen (aufgeklebt oder im Boden)
- Magnetfeldsensoren auf dem Strassenbelag
- Druckschlauch (nur für temporäre Einsätze)
- Radar
- Lichtschranken
- Video
- Barrieren von Bewirtschaftungssystemen

Es ist jeweils zu prüfen, ob eine dieser Technologien (v.a. Video) bereits bei den Ein- und Ausfahrten der Anlage installiert ist und allenfalls für die Erhebung genutzt werden kann.

Für jede Technologie gibt es unterschiedliche Systeme und Anbieter. Die Technologie und das anzuwendende System sind gestützt auf die Aufgabenstellung und insbesondere die Einsatzdauer festzulegen. Ausserdem ist die Gefahr des Auftretens von Fehlern je nach Technologie und System unterschiedlich (vgl. dazu Kapitel 4.2.3.3).

Personal

Personal wird bei dieser Methode lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Planung

Bei der Planung ist insbesondere der Entscheid zwischen Permanentzählung oder sporadischer Zählung relevant.

Durchführung

Beim Start der Zählung muss bekannt sein, wie viele Parkfelder belegt sind. Je nach Umfang von Fehlzählungen und anderen Einflussfaktoren (vgl. Abschnitt „mögliche Fehler“) ist periodisch und mehr oder weniger häufig eine Kalibrierung des Belegungsgrades notwendig.

Kosten

Personalkosten

Für die eigentliche Zählung fallen keine relevanten Personalkosten an. Der Zeitaufwand für die Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte muss aber bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Siehe Kapitel 4.2.3.3

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Belegungsgrad kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt abgelesen werden
- + Zusätzlich zum Belegungsgrad können die Anzahl und Zeitpunkte der Zu- und Wegfahrten und somit das Verkehrsaufkommen der untersuchten Parkierungsanlage dokumentiert werden
- + Ergänzung mit System zur Zufahrtskontrolle möglich.
- + kostengünstig für oftmals wiederholte und langfristige oder permanente Zählungen
- + Ergänzung mit System zur Gewinnung von Zusatzinformationen möglich:
 - o aktuelle Anzahl freier Plätze zur Übermittlung an ein Parkleitsystem
 - o Prüfen der Einfahrtsberechtigung
 - o Abrechnung der Parkgebühren
- + Unter gewissen Bedingungen kann mit dieser Methode auch die durchschnittliche Parkierdauer ermittelt werden. Dazu muss die P-Belegung des Parkraums jedoch zu Beginn und am Ende der Zählung gleich Null sein (z.B. Parkierungsanlagen, bei denen das Parkieren über Nacht untersagt ist).

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- relativ hohe Kosten im Falle einer temporären Installation
- Diese Methode kann nur dann angewandt werden, wenn innerhalb des Kordons nur parkiert werden kann (z.B. keine Tankstelle, Werkstatt, etc.)
- Die P-Belegung kann nicht nach den unterschiedlichen Nutzergruppen differenziert werden.

Stärken und Schwächen der Technologien

Siehe Kapitel 4.2.3.3

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

keine

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erfassungsfehler

Je nach gewählter Erhebungstechnologie werden die Sensoren neben der Auslösung einer Zählung durch gewünschte Ereignisse (i.d.R. PW-Ein- oder Ausfahrt) auch durch FG, Velo- und Motorradfahrende, Betriebsfahrzeuge wie Reinigungsmaschinen etc. ausgelöst. Dieser Effekt kann durch bauliche Massnahmen und betriebliche Weisungen minimiert werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

keine

Datenschutz

Beim Einsatz von Videokameras sind die in Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen. Ansonsten müssen aus datenschutzrechtlicher Sicht keine Vorkehrungen getroffen werden.

4.3.3.6 Weitere Methode

Zählung parkierte Fahrzeuge anhand von Luftbildern

Kurzbeschreibung:

Anhand von Luftbildern wird automatisch oder manuell die Belegung eruiert. Dazu müssen die Bilder in guter Auflösung vorhanden und senkrecht über dem zu zählenden Raum aufgenommen worden sein. Entweder werden verfügbare Luftbilder verwendet oder es werden mit dem Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen (Drohnen) aktuelle Luftbilder erstellt. Für den Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen ist zu prüfen, ob eine Bewilligung nötig ist.

Stärken/Schwächen:

- + wenig Personal nötig
- + für Belegungsauswertung eines spezifischen Anlasses geeignet, sofern extra Luftbild der angefertigt werden
- Abschattungen durch Bäume und andere Objekte

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

Kurzbeschreibung

Bei Parkieranlagen mit Zugangskontrolle können teilweise die Daten dieser Kontrollsysteme zur Ermittlung der P-Belegung genutzt werden. Eine vorgängige Kalibrierung und eine Kontrollzählung zur Überprüfung der Zählgenauigkeit sollte dabei in jedem Fall vorgenommen werden.

Stärken/Schwächen

- + einfache Methode um zu Daten zur P-Belegung zu gelangen
- + tiefe Kosten
- Keine Daten bei Systemausfall

4.3.4 Kenngrösse Verkehrsaufkommensrate

4.3.4.1 Allgemeines

Definition

Um die Verkehrsaufkommensrate einer P-Anlage oder eines definierten Raumes zu ermitteln, wird jeder Fz-Wechsel auf einem Parkfeld eruiert. Dies kann entweder bei jedem Parkfeld oder an den Ein- und Ausfahrten des definierten Raumes bzw. der P-Anlage geschehen.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erhebung der Verkehrsaufkommensrate dient in erster Linie dazu, Aufschluss zu erhalten über

- die Verkehrsaufkommensrate einer Parkieranlage
- die Belastung des umliegenden Strassennetzes durch das Verkehrsaufkommen der im definierten Raum bzw. in der P-Anlage
- die Umschlagshäufigkeit der P

Ausserdem können auch die in Kapitel 4.3.3.1 aufgezählten Ziele erreicht werden.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der Verkehrsaufkommensrate
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.23 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsaufkommensrate

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung und Identifikation der Fahrzeuge am Parkfeld über Kontrollschilderfassung
Manuelle Zählung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten
Automatische Zählung mittels Detektor am Parkfeld
Automatische Zählung an Kordonquerschnitten mittels Detektoren

Weitere Methoden

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

4.3.4.2 Manuelle Zählung und Identifikation der Fahrzeuge am Parkfeld über Kontrollschilderfassung

Methodenbeschreibung

Die Erfassung der Kontrollschilder der parkierten Fz im definierten Raum bzw. in der P-Anlage erfolgt manuell durch Erhebungspersonal in bestimmten Zeitabständen. Dank der Kontrollschilderfassung kann festgestellt werden, ob ein Fz bewegt wurde. Dadurch lässt sich die Verkehrsaufkommensrate ermitteln. Bei jeder Zählrunde muss dieselbe Route abgeschritten werden. Je nach Fragestellung kann auch nach gewissen Fz-Kategorien unterschieden werden. Um die Effizienz zu steigern wird i.d.R. nur ein Teil des Kontrollschildes erfasst (z.B. die ersten drei Ziffern).

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Die manuelle Erfassung der Kontrollschilder erfordert die Ausrüstung des Zählpersonals mit mindestens einem der nachstehend aufgeführten Ausrüstungsgegenstände:

- Papier-Listen: Für jedes Parkfeld besteht eine Zeile mit Spalten für jeden Rundgang (siehe Anhang).
- Tablet-Computer/Smartphone

Personal

Leistungsfähigkeit

Tabelle 4.24 Erreichbare Erfassungsleistung bei einem 15-Minuten-Intervall (FGSV, 2012)

	Weglänge [m]	Anzahl Fz
Längsparkierung	350-600	50-60
Schrägparkierung	250-350	50-80
Querparkierung	200-300	70-100

Für die erste Runde benötigt das Zählpersonal i.d.R. am längsten, da bei den folgenden Runden die Kontrollschilder der nicht bewegten Fz, nicht neu notiert sondern lediglich als „noch anwesend“ (z.B. mit „=“ bei Papier-Listen) gekennzeichnet werden müssen.

Anforderungen

- grundlegende Kenntnisse im Kartenlesen
- grundlegende Erfahrungen in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Routen/Erhebungsraum

Siehe Kapitel 4.3.3.2

Erhebungsintervalle

Siehe Kapitel 4.3.3.2

Kosten

Personalkosten

Neben dem für die eigentliche Zählung benötigten Personal, ist auch für die nachträgliche Dateneingabe ein relativ grosser Personalaufwand nötig, da alle Kontrollschildnummern erfasst werden müssen.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Wird mit Tablet-Computern/Smartphones gearbeitet, so ist mit Kosten von 100-1000 Franken pro Gerät zu rechnen.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + kostengünstig für kurzzeitige Zählungen
- + Durch die ungefähre Erfassung der P-Dauer können in beschränktem Mass auch Aussagen über die Nutzergruppen gemacht werden (Kunden, Pendler, etc.)

Schwächen

- Erhebungen am Abstellort erfolgen stichprobenartig, so dass kurzzeitige Belegungen von Parkfeldern zwischen zwei Durchgängen des Erhebungspersonals nicht miterfasst werden können. Dieser Effekt kann durch kurze Zählintervalle minimiert werden.
- Da die Erhebung i.d.R. nicht permanent durchgeführt wird, beschränkt sich die Analyseaussagekraft auf das untersuchte Zeitintervall.
- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Siehe Kapitel 4.3.3.2

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Ist die Gestaltung der Papier-Listen bzw. Tablet/Smartphone-Oberfläche gut ausgeführt, so können Erhebungsfehler beinahe ausgeschlossen werden

Datenergänzung, Hochrechnung

- Wird die Zählung nur in Teilräumen eines Untersuchungsgebietes durchgeführt, so können die gewonnenen Daten auf den jeweils homogenen Bereich übertragen werden. Durch diese Hochrechnung der Stichprobe ergibt sich ein Stichprobenfehler, der für die jeweilige Erhebung zu eruieren ist. Die Anwendung von Hochrechnungen bei der Kenngrösse „Verkehrsaufkommensrate“ darf nur mit grosser Vorsicht erfolgen.
- Mit einer gleichzeitig zur Erhebung der Verkehrsaufkommensrate durchgeführten Befragung können die Daten mit weiteren Informationen (z.B. Nutzergruppe) ergänzt werden.

Datenschutz

I.d.R. werden nur Teile der Kontrollschilder erfasst. Ist dies der Fall sind Rückschlüsse auf Fz oder Halter nicht möglich, womit die Anforderungen des Datenschutzes erfüllt sind. Wird jedoch das ganze Kontrollschild erfasst, sind die in Kapitel 3.6 aufgeführten Hinweise zu beachten.

4.3.4.3 Manuelle Zählung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten

Siehe Kapitel 4.3.3.3

4.3.4.4 Automatische Zählung mittels Detektor am Parkfeld

Siehe Kapitel 4.3.3.4

4.3.4.5 Automatische Zählung an Kordonquerschnitten mittels Detektoren

Siehe Kapitel 4.3.3.5

4.3.4.6 Weitere Methode

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

Kurzbeschreibung

Bei Parkieranlagen mit Zugangskontrolle können die Daten dieser Kontrollsysteme zur Ermittlung der Verkehrsaufkommensrate genutzt werden. Eine vorgängige Kontrollzählung zur Überprüfung der Zählgenauigkeit sollte dabei in jedem Fall vorgenommen werden.

Stärken/Schwächen

- + einfache Methode um an Daten zum Verkehrsaufkommen zu gelangen
- + tiefe Kosten
- Keine Daten bei Systemausfall

4.3.5 Kenngrösse Parkierdauer

4.3.5.1 Allgemeines

Definition

Mit der Kenngrösse der P-Dauer wird für jedes Fz dokumentiert, wie lange dieses Fz am Stück auf einem Parkfeld abgestellt ist. Dies kann entweder näherungsweise mit Hilfe von Zählungen oder genau durch Messungen eruiert werden (für Messungen siehe Kapitel 4.9.2).

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Neben den in Kapitel 4.3.4.1 aufgezählten Nutzen, dient die Erhebung der Parkierdauer dazu, Aufschluss zu erhalten über

- das Parkierungsverhalten und in eingeschränktem Mass über die Nutzer
- die Missachtung bestehender Maximalparkdauern

Datenaufbereitung

- Verteilungskurven der P-Dauer
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.25 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der P-Dauer

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung und Identifikation der Fahrzeuge am Parkfeld über Kontrollschilderfassung
Manuelle Kontrollschilderfassung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten
Automatische Kontrollschilderfassung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten

Weitere Methode

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

4.3.5.2 Manuelle Zählung und Identifikation der Fahrzeuge am Parkfeld über Kontrollschilderfassung

Methodenbeschreibung

Grundsätzlich gilt für diese Methode dasselbe wie bei der entsprechenden Methode zur Erfassung der Verkehrsaufkommensrate (Siehe Kapitel 0). Die Beschreibung beschränkt sich deshalb auf von der genannten Methode abweichende Eigenschaften.

Erhebungsintervall

Die Erhebung der P-Dauer erfordert i.d.R. ein kürzeres Erhebungsintervall. Wird eine sehr genaue Erhebung gefordert, so ist eine permanente Überwachung der Parkfelder nötig, was mehr Personal erfordert.

Datenergänzung, Hochrechnung

Auch bei kurzzeitigen Einsätzen können durchschnittliche P-Dauern, Anteile von z.B. Kurzzeit- und Langzeitparkierern ausgewiesen werden.

4.3.5.3 Manuelle Kontrollschilderfassung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der Methode, die in Kapitel 4.2.5.2 beschrieben wird. Da die Fz über das Kontrollschild eindeutig identifiziert werden, kann die P-Dauer

über die Zeitdifferenz zwischen Ein- und Ausfahrt berechnet werden. Bei Parkieranlagen mit Zugangskontrolle sollte der Zählstandort wenn möglich an diesem Kontrollort gewählt werden, da dort die Fz i.d.R. anhalten müssen und somit genügend Zeit bleibt, die Kontrollschildnummer zu notieren. Bei geringer Verkehrsbelastung kann eine Person an einem solchen Kontrollort allenfalls auch mehrere Fahrstreifen erfassen (z.B. Ein- und Ausfahrt). Bei Parkieranlagen stellt sich i.d.R. auch das Problem nicht, dass vorne und hinten unterschiedliche Kontrollschilder montiert sind (z.B. Fz mit Anhänger), womit man bei der Standortwahl flexibler ist. Ist eine Erfassung von hinten möglich, so ist diese einer Erfassung von vorne vorzuziehen.

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

- Keine Notation/Fehlnotation: Die korrekte P-Dauer kann i.d.R. nicht mehr ermittelt werden, da die Zuordnung der Zu- und Wegfahrt zu ein und demselben Fz nicht mehr möglich ist. Fehlnotationen verfälschen die P-Dauer nur, sofern das Fz während der Erhebungszeit zu- und wieder wegfährt. Wird eine Durchfahrt hingegen gar nicht notiert, so hat dies in jedem Fall einen Einfluss. Kann aufgrund von Rahmenbedingungen (z.B. Nachtparkverbot, kurze erlaubte Maximalparkierdauer zusammen mit einer langen Erhebungszeit am Stück) davon ausgegangen werden, dass alle Fz während der Erhebungszeit (evtl. auch beschränkt auf einen Zeitabschnitt der Erhebungszeit) zu- und wieder weggefahren sein müssen, so lassen sich die Fehler teilweise kompensieren, indem Fz, denen nur eine Zu- oder Wegfahrt zugeordnet werden kann, bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

Es sind nur Aussagen zu den untersuchten Zeiträumen möglich.

4.3.5.4 Automatische Kontrollschilderfassung ein- und ausfahrender Fahrzeuge an Kordonquerschnitten

Methodenbeschreibung

Grundsätzlich gilt für diese Methode dasselbe wie bei der entsprechenden Methode zur Erfassung der Verkehrsarten (Siehe Kapitel 4.2.5.3). Die Beschreibung beschränkt sich deshalb auf von der genannten Methode abweichende Eigenschaften.

Allenfalls muss nicht für jede Fahrtrichtung eine Kamera eingesetzt werden. Liegen eine Aus- und Einfahrt nahe beieinander, so können beide Fahrstreifen miteinander erfasst werden, sofern die eingesetzten Kameras dies erlauben. Bei Parkieranlagen stellt sich i.d.R. auch das Problem nicht, dass vorne und hinten unterschiedliche Kontrollschilder montiert sind (z.B. Fz mit Anhänger), womit man bei der Standortwahl flexibler ist. Ist eine Erfassung von hinten möglich, so ist diese einer Erfassung von vorne vorzuziehen.

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

In Kapitel 4.3.5.3 sind die Fehler und deren Auswirkung beschrieben. Eine Korrektur von Fehlern ist durch eine nachträgliche Überprüfung des Bildmaterials denkbar (nur bei Offline-Auswertungen).

Datenergänzung, Hochrechnung

Auch bei kurzzeitigen Einsätzen können durchschnittliche P-Dauern, Anteile von z.B. Kurzzeit- und Langzeitparkierern ausgewiesen werden.

4.3.5.5 Weitere Methode

Auswertung von Daten der Zugangskontrolle

Kurzbeschreibung

Bei Parkieranlagen mit Zugangskontrolle können die Daten dieser Kontrollsysteme zur Ermittlung der P-Dauer genutzt werden. Dabei erfolgt die Identifikation der Fz über das Parkticket bzw. einen Zugangsbatch.

Stärken/Schwächen

- + sehr einfache Methode um an Daten zur P-Dauer zu gelangen
- + tiefe Kosten
- Keine Daten bei Systemausfall

4.4 Zählungen – fließender öffentlicher Verkehr

4.4.1 Empfohlene Zählzeiten

4.4.1.1 Tageszeiten

In der folgenden Tabelle werden allgemeine Empfehlungen zu den Zählzeiten gemacht. Ausschlaggebend für die Wahl der richtigen Zählzeiten ist aber in jedem Fall die Aufgabenstellung.

Tabelle 4.26 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des fließenden öV (FGSV, 2012)

Erhebungsziel	Zählstunden
allgemein	gesamte Betriebszeit
Verkehrsspitzen	06:00-10:00, 12:00-14:00 und 15:00-19:00 Uhr

Eine Erhebung aller Fahrten einer Linie und aller Linien eines Erhebungsraumes während den Erhebungszeiten ist i.d.R. sehr aufwändig und teuer. Teilerhebungen sollten i.d.R. jedoch nur bei Taktfahrplänen mit Taktfolgen von 30 Minuten oder weniger in Betracht gezogen werden (FGSV, 2012). Gemäss FGSV 2012 ist für viele Fragestellungen im städtischen Verkehr ein Stichprobenanteil aller Fahrten je Linie, Richtung und Zeitabschnitt von 25-50% ausreichend. Zur Auswahl der Stichprobe kommen ein- oder mehrstufige Verfahren in Frage. Wird ein geschichtetes Auswahlverfahren (einstufig) angewendet, so haben sich folgende Schichtungsmerkmale bewährt (FGSV, 2012):

- Jahreszeit
- Wochentagstyp
- Tageszeit
- Linie und Fahrtrichtung
- Haltestelle

Bei den Wochentagstypen hat sich gemäss FGSV 2012 folgende Schichtung bewährt:

- Montag-Freitag (allenfalls weitere Aufteilung auf Montag/Freitag und Dienstag/Mittwoch/Donnerstag)
- Samstag
- Sonntag

Mit mehrstufigen Verfahren kann der Erhebungsaufwand weiter gesenkt werden, wobei die statistisch geforderte Stichprobengrösse eingehalten werden muss.

4.4.1.2 Wochentage

In vielen Fällen sollten Zählungen an allen Wochentagen durchgeführt werden. Ist jedoch lediglich der werktägliche Verkehr von Interesse, sind die auf S. 34 in Kapitel 3.2 vorgeschlagenen Zeitempfehlungen zu berücksichtigen.

4.4.1.3 Monate

Für die durchschnittlichen Belastungen kann auf die üblichen Zeitempfehlungen (siehe S. 34 in Kapitel 3.2) zurückgegriffen werden. Die Spitzenbelastung des öV tritt im Gegensatz zu den anderen Verkehrsmitteln jedoch im Winterhalbjahr auf. So benutzen im Winter aufgrund der Witterung auch Personen die öV, welche im Normalfall mit anderen Verkehrsmitteln unterwegs sind (v.a. Velofahrende). Dementsprechend muss zur Ermittlung

von Spitzenbelastungen in den Monaten November bis Januar gezählt werden. Spezielle Beachtung sollte der Vorweihnachtszeit geschenkt werden.

4.4.2 Hinweise zu Metadaten

Zusätzlich zu den allgemeinen Metadaten (vgl. Kapitel 3.2), soll bei einer Erhebung des fließenden Veloverkehrs die Erfassung der folgenden Metadaten geprüft werden:

- Linien die gezählt werden
- Fz-Typ
- Fassungsvermögen der Fz

4.4.3 Besonderheiten öV

Werden Fahrgäste im öffentlichen Verkehr gezählt, so muss das nähere Umfeld analysiert werden. Das Umfeld kann schon erste Hinweise zu möglichen Spitzen liefern. So ergeben sich in Bahnhofsnähe häufig Spitzen im öffentlichen Nahverkehr bei der Ankunft von einem oder mehreren Zügen. Dasselbe Phänomen tritt bei Schulen bei Beginn und Ende des Unterrichts auf. Werden Stichproben gebildet, gilt es zu überprüfen, ob auch zu Zeiten mit solchen erwarteten Spitzen gezählt wird.

In der Regel wird heute automatisch gezählt und manuelle Zählungen kommen nur noch vereinzelt zum Einsatz. Es gilt jedoch zu beachten, dass Zählwerte aus automatischen Zählungen im Allgemeinen tiefer liegen als bei manuellen Kontrollzählungen. Der Grund dafür ist hauptsächlich bei der Technologie der automatischen Systeme zu finden, die insbesondere bei starker Auslastung der Fz nicht alle Personen erfasst (z.B. Verdeckung).

4.4.4 Kenngrößen Fahrgastmenge und Fahrzeugbesetzungsgrad

4.4.4.1 Allgemeines

Definition

Eruiert werden Fahrgäste des öV, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Querschnitt passieren. Dabei kann die Zählung je nach gefordertem Detaillierungsgrad nach Fahrtrichtung, öV-Linie oder Fz getrennt oder zusammengefasst erfolgen. Vor der eigentlichen Erhebung sind die Fassungsvermögen der Fz (Sitz- und Stehplätze) zu eruieren.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung der Fahrgastmenge und des Fahrzeugbesetzungsgrades dient planerischen Zwecken sowie der Bemessung des Leistungsangebotes. So können aus Fahrgastzählungen Haltestellen-, Querschnitts-, Linien- und Streckenbelastungen sowie die Anzahl beförderter Personen bzw. die geleisteten Personenkilometer eines Transportunternehmens ermittelt werden.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.27 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsbelastung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden

Manuelle Zählung der Fahrgäste im Fahrzeug

Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden durch Detektoren

Weitere Methoden

Manuelle Zählung der Fahrgäste von ausserhalb der vorbeifahrenden Fahrzeuge

4.4.4.2 Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden

Methodenbeschreibung

Ein- und Aussteigende werden an aufeinanderfolgenden öV-Haltestellen einer öV-Linie gezählt. Wird nur auf einem Teil der Linie gezählt, so ist es zur Ermittlung der Fahrgastmenge zusätzlich nötig, die Fahrgäste vor der ersten und nach der letzten „Zähl-Haltestelle“ im Fz zu zählen (siehe Kapitel 4.4.4.3).

I.d.R. erfolgt die Zählung durch Personal, das im Fz mitfährt, kann aber je nach Situation auch von stationärem Personal an den Haltestellen erfolgen. Bei kleinen Fahrzeugen mit wenigen Ein- und Aussteigenden pro Haltestelle kann eine Zählung durch den Chauffeur geprüft werden.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Siehe Kapitel 4.2.3.2, wobei Zählungen anhand von Videoaufnahmen i.d.R. nicht zum Einsatz kommen.

Personal

Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit ist von drei Faktoren abhängig:

- Anzahl zu überwachender Fz-Türen
- Anzahl Gehrichtungen (Ein-/Aussteigende)
- erfasste Merkmale (z.B. Alterskategorien, Geschlecht)
- Einsatz von Anhängern (z.B. Bus)

I.d.R. kann eine Zählperson die Personenströme an einer Fz-Türe erfassen. In Schwachlastzeiten oder schwach belasteten Streckenteilen ist zu prüfen, ob eine Person auch mehrere Türen oder das ganze Fz (v.a. bei Bussen) erfassen kann. Bei Trams und Zügen ist aufgrund der Länge und der somit fehlenden Übersicht eine Zählung der Ein- und Aussteigen der ganzen Fz i.d.R. nicht oder nur von stationärem Zählpersonal an der Haltestelle möglich.

Anforderungen

grundlegende Erfahrung in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computer bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Bei Zählungen mit Personal, das in den Fz mitfährt besteht die Möglichkeit, das Zählpersonal auf stark belasteten Abschnitten zu verstärken, indem an gewissen Haltestellen zusätzliches Personal zusteigt. Dies erfordert eine sehr sorgfältige Einsatzplanung.

Die Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen kann bei Zählungen im Fz beispielsweise für allfällige Befragungen oder für das Aufzeichnen von Störungen genutzt werden.

Werden Zählungen nicht im Fz, sondern an den Haltestellen durchgeführt, so ist i.d.R. für jede Zählung die Liniennummer und die Uhrzeit aufzuschreiben, damit bei der Datenaufbereitung die Zuordnung der Zählzeiten zur entsprechenden Fz-Fahrt möglich ist.

Der personelle Aufwand kann reduziert werden, indem der Stichprobenumfang reduziert wird. Dies ist i.d.R. nur möglich, wenn die Taktzeiten kleiner oder gleich 30 Minuten sind. In einem solchen Fall kann davon ausgegangen werden, dass bei zeitlich dicht aufeinander folgenden Fahrten eine ähnliche Nachfragestruktur vorhanden ist. Wird während den Erhebungszeiten nur eine Teilerhebung durchgeführt, so ist eine Schichtung vorzunehmen.

Aus jeder Schicht wird eine einfache Zufallsstichprobe gezogen (zu erhebende Fahrten). I.d.R. reicht für die Beantwortung von vielen Fragestellungen ein Stichprobenanteil von 25-50% aller relevanten fahrplanmässigen Fahrten (FGSV, 2012).

Kosten

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + günstig für kurzzeitige Zählungen
- + gute Kombinationsmöglichkeit mit Befragung
- + keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal (sofern ohne Befragung)
- + gut geeignet für Linien mit kurzen Fahrzeiten zwischen den Haltestellen

Schwächen

- personalintensiv, wenn mehrere Personen pro Fz nötig
- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Vor der Erhebung ist zu klären, wie mit Personen umgegangen werden soll, die an der Endstation sitzen bleiben.

Bei der Verwendung von elektronischen Handzählgeräten und Tablet-Computern/ Smartphones sind die allgemeinen Hinweise zu beachten (siehe Seite 36).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Datenergänzung, Hochrechnung

ÖV-Zählungen im Fz können mit einer Befragung der Fahrgäste kombiniert werden

Hochrechnungen auf Monats-, Quartals- oder Jahreswerte sind unter bestimmten Voraussetzungen möglich, jedoch i.d.R. mit mehr Unsicherheiten behaftet als wenn automatisch gezählt wird, da die Stichprobe kleiner ist.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.4.4.3 Manuelle Zählung der Fahrgäste im Fahrzeug

Methodenbeschreibung

Auf der Strecke zwischen zwei Haltestellen werden die Fahrgäste im Fz durch Zählpersonal, das durch das Fz geht, gezählt. Dabei können die Fahrgäste falls gefordert nach gewissen Merkmalen kategorisiert erfasst werden.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Siehe Kapitel 4.2.3.2, wobei Zählungen anhand von Videoaufnahmen nicht zum Einsatz kommen.

Personal

Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit ist von drei Faktoren abhängig:

- zur Verfügung stehende Zählzeit (Fahrzeit zwischen Haltestellen)
- Grösse des Erfassungsbereichs (z.B. ganzes Fz, Wagen, Teilbereiche)
- erfasste Merkmale (z.B. Alterskategorien, Geschlecht)

Die benötigte Anzahl an Zählpersonal ist allenfalls durch eine Testzählung zu eruieren. Sobald diese Anzahl grösser ist als die Anzahl Fz-Türen, ist i.d.R. die Methode mit Zählung der Ein- und Aussteigenden anzuwenden (siehe Kapitel 4.4.4.2). Es ist allenfalls auch eine Kombination der beiden Methoden zu prüfen. So kann beispielsweise eine

Zählperson auf schwach bis Mittel ausgelasteten Streckenteilen die Personen im Fz zwischen den Haltestellen zählen und auf stark belasteten Abschnitten werden die Ein- und Aussteigenden an allen Türen gezählt.

Anforderungen

grundlegende Erfahrung in Computer-Bedienung (bei Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Es ist genügend Personal vorzusehen, damit die Zählungen während der Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen abgeschlossen werden können. Es besteht die Möglichkeit das Zählpersonal auf stark belasteten Abschnitten zu verstärken, indem an gewissen Haltestellen zusätzliches Personal zusteigt. Dies erfordert eine sehr präzise Planung.

Ist die Auslastung der Fz so hoch, dass nicht mehr durch das Fz gegangen werden kann, so kann die Anzahl Fahrgäste im Fz geschätzt werden, wobei die geschätzte Anzahl vom Fassungsvermögen des Fz abhängig ist.

Wie bei manueller Zählung von Ein- und Aussteigenden (siehe Kapitel 4.4.4.2), kann auch bei der manuellen Zählung im Fz nur eine Stichprobe der fahrplanmässigen Fahrten gezählt werden. Eine weitere Möglichkeit den Erhebungsaufwand zu reduzieren besteht darin, dass Platzgruppen als zusätzliches Schichtungsmerkmal definiert werden, wodurch bei jeder Zählung nur gewisse Teile eines Fz gezählt werden müssen. Diese Massnahme ist sinnvoll, wenn für die Erfassung des ganzen Fz zusätzliches Personal notwendig wird. Dies kann aufgrund der Grösse des Fz, der kurzen Haltestellenabstände oder der fehlenden Durchgangsmöglichkeit zwischen einzelnen Fz-Teilen der Fall sein.

Vorgängig bereitgestellte Angaben zum Fassungsvermögen der Fahrzeuge (Sitz- und Stehplätze) können die Erfassung vereinfachen und bei hoher Auslastung aussagekräftigere Schätzungen ermöglichen.

Kosten

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal
- + gut geeignet für Fz mit tiefer bis mässiger Auslastung
- + gut geeignet für Linien mit längeren Fahrzeiten zwischen den Haltestellen
- + Personen, die das Fz nur verlassen, um den Weg für aussteigende Personen freizugeben können, anders als bei automatischen Zählungen, erkannt werden.

Schwächen

- Personalintensiv, bei kurzen Fahrzeiten und starker Auslastung
- Problem der Beweglichkeit des Zählpersonals bei starker Auslastung
- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Siehe Kapitel 4.4.4.2

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Siehe Kapitel 4.2.3.2

Datenergänzung, Hochrechnung

Hochrechnungen auf Monats-, Quartals- oder Jahreswerte sind unter bestimmten Voraussetzungen möglich, jedoch i.d.R. mit mehr Unsicherheiten behaftet als wenn automatisch gezählt wird, da die Stichprobe kleiner ist.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.4.4.4 Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden durch Detektoren

Methodenbeschreibung

Ein- und Aussteigende werden an allen öV-Haltestellen einer öV-Linie mit technischen Hilfsmitteln an den Fz-Türen automatisch gezählt. Diese Methode eignet sich für permanente Zählungen in Fz. Dank der stetigen Aufzeichnung der Daten lassen sich Entwicklungen der Fahrgastzahlen über kurze und lange Zeiträume erkennen.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Als mögliche technische Hilfsmittel kommen Lichtschranken, Trittmatten und Infrarot-Sensoren in Frage, wobei sich in der Praxis die Infrarotsensoren durchgesetzt haben. Diese werden über jeder Türe angebracht. Abhängig vom Sensortyp und von der Türbreite sind ein oder zwei Sensoren nötig, um eine Türe zu überwachen. Anhand der Laufzeiten der von den Sensoren ausgesandten Impulse kann die Höhe der passierenden Objekte berechnet werden. Es kann also neben der Laufrichtung auch eine grobe Klassifizierung nach der Höhe vorgenommen werden (Kinder, Erwachsene, etc.).

Personal

Personal wird lediglich zur Installation und Wartung benötigt. I.d.R. handelt es sich bei automatischen Fahrgastzählsystemen um permanent installierte Systeme, weshalb eine Deinstallation meist entfällt.

Hinweise zur Planung und Durchführung

I.d.R. werden die gesammelten Daten zur Ermittlung von Kenngrößen wie beispielsweise Fahrgastzahlen pro Jahr, benötigt. Da jedoch meist nicht alle Fz mit Zählsystemen ausgerüstet sind, müssen die Daten hochgerechnet werden. Für eine qualitativ gute Hochrechnung müssen die ausgerüsteten Fz so eingesetzt werden, dass die aus der Zählung gewonnene Stichprobe die Anforderungen der Hochrechnung erfüllt.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + wenig Personalaufwand
- + kostengünstig für lang andauernde und permanente Zählungen
- + Zählzeiten während ganzer Einsatzdauer eines Fz

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- teuer für kurzzeitige Zählungen
- Personen, die aus- und wieder einsteigen, werden doppelt gezählt
- Zählung von Objekten, die nicht zur Erhebungsgesamtheit gehören, möglich (z.B. Hunde)

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

keine

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

- Keine Zählung: Es kann vorkommen, dass das System gewisse Ein- und Aussteigende nicht richtig erkennt. Wenn die Hersteller der Systeme die Nichterkennungsraten nicht kennen, kann diese durch manuelle Kontrollzählungen eruiert werden.
- Zählung von Personen, die aus- und wieder einsteigen: Vor allem auf Strecken mit hoher Auslastung kommt es vor, dass Fahrgäste das Fz nur während dem Aussteigeprozess kurz verlassen, um den „wahren“ Aussteigenden das Aussteigen zu ermöglichen. Dieses Verhalten hat zur Folge, dass an solchen Haltestellen mehr Ein- und

Aussteiger gezählt werden, als eigentlich vorhanden sind. Auf die Fahrgastmenge hat diese Fehlzählung jedoch keinen Einfluss.

- Zählung von Objekten, die nicht zur Grundgesamtheit gehören: Es kann vorkommen, dass Tiere (z.B. Hunde) bei der Erhebung mitgezählt werden. Kleine Tiere kann man i.d.R. über die Höheninformation eruieren und bei der Auswertung nicht berücksichtigen. Grössere Tiere werden, falls mitgezählt, als Kinder ausgewiesen.

Datenergänzung, Hochrechnung

Daten erfassten Stichprobendaten können i.d.R. hochgerechnet werden, wodurch Monats-, Quartals- oder Jahreswerte ausgewiesen werden können. Neben den Fahrgastmengen können allenfalls auch weitere Kenngrössen (z.B. Personen-km) berechnet werden.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.4.4.5 Weitere Methode

Manuelle Zählung der Fahrgäste von ausserhalb des vorbeifahrenden Fahrzeugs

Kurzbeschreibung

Bei kleinen Fz oder geringer Besetzung kann an geeigneten Stellen (Haltestelle, Lichtsignal, Stopp, etc.) eine Querschnitts-Zählung von ausserhalb des Fz durchgeführt werden. Dies geht jedoch nur, wenn die Sicht auf die Fz ausgezeichnet ist und die Sicht ins Innere des Fz nicht durch auf die Scheiben aufgeklebte Werbung oder ähnliches gestört wird. Vor allem wenn nur wenige Querschnitte gezählt werden und diese von vielen Fz des öV passiert werden, ist diese Methode bezüglich des Personaleinsatzes effizient. Es gilt zu beachten, dass der Zählfehler von solchen Zählungen i.d.R. höher ist als bei Zählungen im Fz.

Stärken/Schwächen

- + Einfache Methode zum Zählen der Fahrgäste
- + Geeignet, wenn nur wenige Querschnitte gezählt werden
- + Geeignet, wenn viele Linien den Querschnitt passieren
- Personalintensiv bei vielen zu zählenden Querschnitten, die von wenigen Fz des öV passiert werden
- Keine Aussagen möglich, die über den Querschnitt hinausgehen
- Fehlerpotential relativ hoch

4.4.5 Kenngrösse Fahrgastwechsel an Haltestellen

4.4.5.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden ein- und aussteigende Fahrgäste des öV während eines definierten Zeitabschnitts. Dabei kann die Zählung je nach gefordertem Detaillierungsgrad für jede Fahrtrichtung und öV-Linie separat oder entsprechend zusammengefasst erfolgen.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung des Fahrgastwechsels liefert Hinweise zur Dimensionierung von Haltestellen oder für Angebotsanpassungen (z.B. Einführung neuer Linien) bzw. der Überprüfung der Wirksamkeit von Angebotsanpassungen.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der Ein- und Aussteigenden
- Tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.28 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung des Fahrgastwechsels an Haltestellen

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden

Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden durch Detektoren

Weitere Methoden

keine

4.4.5.2 Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden

Diese Methode entspricht grundsätzlich der in Kapitel 4.4.4.2 beschriebenen Methode.

Wird im Fz gezählt, besteht jedoch die Möglichkeit während dem Halt nur die Ein- oder Aussteigenden und anschliessend während der Fahrt die Fahrgäste im Fz zu zählen. Dies ist allenfalls sinnvoll, wenn eine Zählperson mehrere Türen überwachen muss. Dabei muss sichergestellt werden, dass alle Fahrzeugbereiche eindeutig einem Zählenden zugewiesen sind.

Wird an der Haltestelle gezählt, so können neben den Ein- und Aussteigevorgängen auch Umsteigevorgänge beobachtet werden. Es gilt zu beachten, dass für die Beobachtung von Umsteigevorgängen der Personalbedarf i.d.R. stark steigt.

4.4.5.3 Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden durch Detektoren

Diese Methode entspricht der in Kapitel 4.4.4.4 beschriebenen Methode zur Erfassung Fahrgastmenge bzw. des Fahrzeugbesetzungsgrades.

4.5 Zählungen – fließender Veloverkehr

4.5.1 Empfohlene Zählzeiten

4.5.1.1 Tageszeiten

Die Zeiten, während denen gezählt werden soll, sind im Wesentlichen von der Fragestellung abhängig. Trotzdem können einige Zeitempfehlungen gemacht werden, die für die in der folgenden Tabelle angegebenen Erhebungsziele i.d.R. Gültigkeit haben. Daneben gilt es, die verkehrsmittelunabhängigen Zeitempfehlungen in Kapitel 3.2 auf Seite 34 zu beachten.

Tabelle 4.29 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des fließenden Veloverkehrs (FGSV, 2012 und Schiller, Bohle und Zimmermann, 2011)

Erhebungsziel	Zählstunden
allgemein, Tagesverkehr, DTV	• 06:00-20:00 Uhr • 06:00-10:00 oder 07:00-11:00 und 14:00-18:00 oder 15:00-19:00 Uhr • 14:00-18:00 (alternativ 13:00-17:00 oder 15:00-19:00 Uhr) • 15:00-17:00 oder 16:00-18:00 Uhr
Verkehrsspitze	Morgen- und Abendspitze und zusätzlich 12:00-14:00 Uhr

Die Dauer der Zählung wird in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Ressourcen gewählt, wobei die zur Beantwortung der Fragestellung geforderte Datenqualität, insbesondere bei Hochrechnungen, gewährleistet bleiben muss.

Im Gegensatz zum MIV sollte beim Veloverkehr zur Ermittlung der Spitzenstunden auch über Mittag gezählt werden, da beim Veloverkehr über Mittag meist eine deutliche Spitze vorhanden ist.

4.5.1.2 Wochentage

Die empfohlenen Wochentage zur Zählung des fließenden Veloverkehrs entsprechen den allgemeinen Zeitempfehlungen auf Seite 34 in Kapitel 3.2.

4.5.2 Hinweise zu Metadaten

Zusätzlich zu den allgemeinen Metadaten (siehe Kapitel 3.2), soll bei einer Erhebung des fließenden Veloverkehrs die Erfassung der folgenden Metadaten geprüft werden:

- Strassentyp
- Knotentyp (bei Knotenströmen)
- Knotengeometrie
- Umliegende Nutzungen, die einen grossen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen von Velos haben (z.B. Bahnhöfe, Schulen und Einkaufseinrichtungen)

4.5.3 Besonderheiten Veloverkehr

Fahrzeuge des Veloverkehrs

Je nach Fragestellung können unterschiedliche Fz-Kategorien relevant sein. In Frage kommen dabei Velos und Mofas. Die Definition dieser Kategorien sowie die Abgrenzung zu den MR sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 4.30 mögliche Fz-Kategorien (Velo und Mofa) und Abgrenzung zu MR

Kategorie	Enthaltene Verkehrsmittel (Begriffe nach Widmer et al. 2015)
Velos	konventionelle Fahrräder und E-Bikes, welche kein Kontrollschild benötigen (Tretunterstützung bis 25 km/h und maximal 500 Watt Leistung)
Motorfahrräder (Mofa)	konventionelle Motorfahrräder und E-Bikes mit Kontrollschild
Motorräder (MR)	Kleinmotorräder und einspurige Motorfahrzeuge mit zwei Rädern, mit oder ohne Seitenwagen, mit einer Nennleistung von mehr als 500 Watt sowie allenfalls andere (z.B. Kabinenroller/ Invalidenfahrzeug/ Dreirad)

Kategorisierung von Velofahrenden

Velofahrende können in drei Gruppen unterteilt werden, die unterschiedliche Bedürfnisse an den Strassenraum stellen (Zweibrücken, Beaujean, Sauter, Schweizer und Stäheli, 2005):

- Alltagsvelofahrende
- Sportvelofahrende
- Velowanderer, Spazierfahrende

Je nach Fragestellung ist die Zählung den Bedürfnissen der betroffenen Gruppen anzupassen.

Freiheitsgrade von Velofahrenden

Velofahrende bewegen sich im Strassenverkehr freier als Autofahrer. So befolgen Sie nicht in jedem Fall die vorgeschriebenen Wege und Verhaltensweisen (Zweibrücken et al., 2005). Gerade bei automatischen Zählungen ist es deshalb oft schwierig, die Detektoren so zu installieren, dass sie auch alle Velos erfassen. Dies ist häufig nur an Engpässen oder auf Velowegen zuverlässig möglich.

Grosse Witterungsabhängigkeit

Der Veloverkehr ist sehr stark witterungsabhängig, wodurch je nach Witterung unterschiedliche Zählwerte resultieren. So fallen Zählungen bei Regen i.d.R. deutlich tiefer aus als bei trockener Witterung. Bei der Erhebungsplanung sind daher i.d.R. Ausweichdaten vorzusehen auf die bei schlechtem Wetter verschoben werden kann.

Reaktion auf Störungen und Gefahren

Bei der Planung von Zählstellen ist zu berücksichtigen, dass nach Zweibrücken et al. (2005) Velofahrende sensibel auf Störungen und Gefahren reagieren. Dazu gehören z.B.

- Schläge verheissende Schachtabdeckungen, Abschlüsse oder Wassersteine;
- Nicht vorhandene Seitenfreiheiten;
- Ungünstige oder vortrittsbelastete Querungen;
- Häufige Störungen auf einer ihnen zugewiesenen Verkehrsfläche durch andere Verkehrsmittel oder Hindernisse;
- Anhalten zwischen fahrenden Verkehrsströmen (Linksabbiegen, Ein-/Ausfädeln)
- Ungünstige Vortrittsregelungen (Stopp, kein Vortritt) und Lichtsignalanlagen

Mischverkehr

In vielen Fällen verkehrt der Veloverkehr auf Flächen gemeinsam mit dem Fussverkehr. Soll nur der Veloverkehr gezählt werden, müssen automatische Zählmethoden zuverlässig eine Unterscheidung zwischen FG und Velofahrenden vornehmen können.

4.5.4 Kenngrösse Verkehrsbelastung am Querschnitt

4.5.4.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden Velos, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Zählquerschnitt passieren. Dabei kann die Zählung je nach gefordertem Detaillierungsgrad für jede Fahrtrichtung separat oder entsprechend zusammengefasst erfolgen. Auch eine Kategorisierung der Velofahrenden nach Alter, Geschlecht, Helmtrageverhalten, etc. kann vorgenommen werden.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung der Verkehrsbelastung der Velos kann z.B. folgende Ziele verfolgen:

- Analyse der langfristigen Entwicklung der Verkehrsbelastung mit der Zeit (z.B. durch Netzveränderungen, Siedlungsentwicklung)
- Für die Planung, Dimensionierung und Ausstattung von Veloanlagen
- Zur Beurteilung der Wirkungen von Massnahmen bei der Velonetzentwicklung
- Aufstellung von Prioritäten zur Umsetzung von Projekten
- Potentialberechnungen

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien des Querschnitts
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.31 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsbelastung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Velos am Querschnitt

Automatische Zählung von Velos am Querschnitt mittels Detektoren

Weitere Methoden

keine

4.5.4.2 Manuelle Zählung von Velos am Querschnitt

Methodenbeschreibung

Die Eigenschaften der Methode entsprechen denen der manuellen Methode zur Erhebung der Verkehrsbelastung des fliessenden MIV (siehe Kapitel 4.2.3.2).

4.5.4.3 Automatische Zählung von Velos am Querschnitt mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der automatischen Methode zur Erfassung der Verkehrsbelastung des fließenden MIV (siehe Kapitel 4.2.3.3). Deshalb wird hier lediglich auf Abweichungen zur Methode des MIV eingegangen.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Zum automatischen Zählen der Velos an einem Querschnitt eignen sich folgende Technologien:

Installation auf bzw. unter der Fahrbahn

- Induktionsschleifen: Für Velos sind im Vergleich zu Fz des MIV Schleifen zu verwenden, die auch feinere Verstimmungen wahrnehmen können. (Technologiebeschreibung in Kapitel 4.2.3.3)
- Drucksensoren (Technologiebeschreibung in Kapitel 4.2.3.3)

Installation neben bzw. über der Fahrbahn

- Radar: Die Anbringung erfolgt seitlich der Fahrbahn in Kniehöhe oder überkopf. (Technologiebeschreibung in Kapitel 4.2.3.3)
- (Pyroelektrische) Infrarotsensoren: Dieses System erfasst die Wärmeabstrahlung im Infrarotbereich, die von Menschen ausgeht. Es wird seitlich angebracht und kann sowohl schmale wie breite Querschnitte abdecken, im Sensorbereich dürfen sich allerdings keine reflektierenden oder beweglichen Objekte befinden. Die Fahrtrichtung der Velos kann unterschieden werden. Zählfehler entstehen hauptsächlich dann, wenn mehrere Velos gleichzeitig im Pulk den Sensor passieren (gegenseitige Abdeckung). Viele Gerätetypen sind einfach (de-)montierbar und deshalb auch für kurzzeitige Zählungen geeignet. Zu Fuss Gehende werden ebenfalls mitgezählt, weshalb Querschnitte gewählt werden sollten, die lediglich von Velos passiert werden. Alternativ kann eine Zusatzerhebung durchgeführt werden, anhand derer die FG herausgerechnet werden können.
- Infrarotkamera: Ebenso wie bei pyroelektrischen Sensoren wird hier die von Menschen ausgehende Wärmeabstrahlung erfasst. Die Kamera wird oberhalb des Querschnitts angebracht, so dass die Abdeckungsproblematik entfällt. Die Fahrtrichtung der Velos kann unterschieden werden. Dieses System eignet sich primär für schmale, hochfrequentierte Querschnitte.
- Lichtschranken: Wie bei den Infrarotsystemen tritt hier die Problematik auf, dass auch FG oder Fz des MIV die Lichtschranke unterbrechen können. Deshalb sollten Lichtschranken nur an Querschnitten eingesetzt werden, die lediglich von Velos passiert werden. Wird die Geschwindigkeit mitermittelt, kann darüber eine Differenzierung vom Fussverkehr vorgenommen werden. Eine Unterscheidung zwischen MIV und Veloverkehr ist jedoch nur beschränkt möglich. Lichtschranken sollten lediglich eingesetzt werden, wenn eine sehr geringe Verkehrsbelastung herrscht oder wenn die Velos die Zählstelle in einer Einerkolonne passieren müssen (Zweibrücken et al., 2005). (Technologiebeschreibung in Kapitel 4.2.3.3).
- Laser: Laserscanner eignen sich primär für breite, hochfrequentierte Querschnitte (Technologiebeschreibung in Kapitel 4.2.3.3).

Weitere

Grundsätzlich können auch Videokameras mit automatischer Auswertung eingesetzt werden. Diese Technologie kommt jedoch vermehrt bei der Zählung von Knotenströmen oder Verkehrsarten zum Einsatz. Die Technologie ist in Kapitel 4.2.4.3 genauer beschrieben.

Stärken und Schwächen der Technologien

In der folgenden Tabelle sind die Stärken und Schwächen der verschiedenen Technologien abgebildet.

Tabelle 4.32 Übersicht über Stärken und Schwächen der Technologien

		Technologien							
		Induktionsschleife doppelt	Druckschlauch doppelt	Radar	Infrarotsensor	Infrarotkamera	Lichtschranken	Laser	Video
Eigenschaften	Kosten	mittel	tief	mittel	tief	mittel	hoch	hoch	hoch
	Anforderungen ans Personal	mittel	tief	hoch	tief	tief	hoch	mittel	mittel
	Langlebigkeit	hoch	tief	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch
	Installation unter Verkehr			●	●	●	●	●	●
	witterungsunabhängig	●	●		●	●			
	erhöhte Unfallgefahr		(●)						
Erfassungsmöglichkeiten	Verkehrsbelastung	●	●	●	●	●	●	●	●
	lokale Fahrgeschwindigkeit	●	●	●		(●)	●	●	
	Erfassung ohne FG (unabhängig vom Standort)	●	●			(●)		●	●
	Unterscheidung Velo / FG							●	●
	Fahrtrichtung	●	●	●	●	●	●	●	●

- trifft zu
- (●) trifft unter gewissen Umständen zu

4.5.5 Kenngrösse Knotenströme (Fahrbeziehungen)

4.5.5.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden Velos, die während eines definierten Zeitabschnittes einen Knoten befahren. Dabei werden die Velos pro Strom separat gezählt, womit die Verkehrsbelastungen jeder Fahrbeziehung eines Knotens ermittelt werden. Wie bei der Kenngrösse Verkehrsbelastung am Querschnitt können die Velofahrenden nach bestimmten Kriterien kategorisiert werden.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung der einzelnen Verkehrsströme bei Knoten dient der Planung und Bemessung der Knotengeometrie, kann aber beispielsweise auch sicherheitstechnischen Untersuchungen dienen.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der einzelnen Ströme
- Knotenstrombelastungsplan
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.33 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Knotenströme/Fahrbeziehungen

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von Velos je Knotenstrom

Automatische Zählung von Velos je Knotenstrom mittels Video

Weitere Methoden

keine

4.5.5.2 Manuelle Zählung von Velos je Knotenstrom

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht der manuellen Methode zur Zählung der Fz je Knotenstrom des fließenden MIV (siehe Kapitel 4.2.4.2).

4.5.5.3 Automatische Zählung von Velos je Knotenstrom mittels Video

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der automatischen Methode zur Zählung der Fz je Knotenstrom des fließenden MIV mit Detektoren (siehe Kapitel 4.2.4.3), wobei im Speziellen die Abschnitte zur Video-Technologie zu betrachten sind. Dank der Möglichkeit der Kategorisierung der verschiedenen Verkehrsteilnehmer lassen sich die Velos separat erheben.

4.5.6 Kenngrösse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr)

4.5.6.1 Allgemeines

Definition

Gezählt und identifiziert werden Velos an allen Ein- und Ausfahrquerschnitten (Kordon-Querschnitte) eines definierten Raumes (Kordon), wie z.B. Bahnhofs- oder Zentrumsbereiche. Durch die Zählung und Identifizierung lässt sich der Ziel-, Quell- und Durchgangsverkehr des Raumes ermitteln. Werden zusätzlich Erfassungsstellen innerhalb des Kordons installiert, so können auch Aussagen zum Binnenverkehr gemacht werden. Interessiert lediglich der Durchgangsverkehr einer Strecke, so reicht eine Zählung und Identifikation aller Fahrzeuge an den Querschnitten an den beiden Enden der Strecke.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung dieser Kenngrösse dient oftmals als Analyse des Verkehrsgeschehens in einem grösseren Raum (Kordon), wobei die Kordongrösse üblicherweise deutlich kleiner ist als bei entsprechenden Erhebungen des MIV. Mit der Installation von Erfassungsgeräten innerhalb des Kordons können zudem Informationen über die Routenwahl von Verkehrsteilnehmern gewonnen.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien des Querschnitts
- tabellarische Übersichten
- grafische Übersichten (ev. mit Plangrundlage)

Methodenübersicht

Tabelle 4.34 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsarten

Detailliert beschriebene Methoden

Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Kordon-Querschnitten

Weitere Methoden

keine

4.5.6.2 Automatische Identifizierung von in Fz mitgeführten Geräten mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht weitestgehend der in Kapitel 4.2.5.4 beschriebenen Methode. Die grösste Problematik der Methode besteht in der Unterscheidung zwischen MIV und Veloverkehr. Sind die Abstände zwischen den Erfassungsbereichen der einzelnen Detektionsgeräten und die gefahrenen Geschwindigkeiten des MIV genügen hoch, so können Fz des MIV und Velos unterschieden werden. Optimal sind Zählstandorte, bei denen der MIV vom Veloverkehr getrennt ist (z.B. Tunnelumfahrungen für Velofahrende, separate Velowege, etc.).

4.6 Zählungen – ruhender Veloverkehr

4.6.1 Empfohlene Zählzeiten

4.6.1.1 Tageszeiten

Die Auswahl der zielführenden Zählzeiten im ruhenden Verkehr sind in hohem Masse von der Aufgabenstellung und den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Allgemeine Empfehlungen können aber wie in der folgenden Tabelle ersichtlich trotzdem gemacht werden:

Tabelle 4.35 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des ruhenden MIV (FGSV, 2012)

Ort	Zählstunden	Bemerkung
Allgemein	06:00-20:00 Uhr	u.a. abhängig von der städtebaulichen Struktur, strassenbegleitenden Nutzungen und den Öffnungszeiten
B+R-Anlagen an öV-Haltestellen, Schulen und Universitätsstandorte, Arbeitsstätten	vormittags nach Schul- bzw. Arbeitsbeginn, evtl. zusätzlich auch mittags	
Einkaufsbereiche	nachmittags	
Wohngebiete	nachts	

4.6.1.2 Wochentage

Im ruhenden Veloverkehr sind meist Fragen nach der Auslastung eines bestehenden Parkierungsangebotes oder nach der Dimensionierung einer zu erstellenden Anlage von Bedeutung.

Neben den Situationen an Werktagen soll daher bei der Planung der Erhebungen immer auch die Durchführung einer Erhebung an Samstagen (Einkaufsverkehr) und an Sonntagen (Freizeitverkehr) geprüft werden.

4.6.2 Hinweise zu Metadaten

Zusätzlich zu den allgemeinen Metadaten (vgl. Kapitel 3.2), soll bei einer Erhebung des ruhenden Veloverkehrs die Erfassung der folgenden Metadaten zu den erhobenen Parkierungsanlagen geprüft werden:

- Lage
- Anzahl Abstellmöglichkeiten, die beobachtet werden (evtl. auch illegale/„wilde“ Abstellmöglichkeiten einbeziehen)
- Eigentum (privat oder öffentlich)
- Zugänglichkeit (öffentlich oder eingeschränkt)
- Öffnungszeiten der Anlage
- Technische Ausstattung (Zugangskontrolle, Überdachung, Sicherungsmöglichkeit für Velo)

- zugeordnete Nutzungen (z.B. Wohnen, Verkauf, Freizeit. Ggf. müssen auch benachbarte Nutzungen einbezogen werden)
- Vorhandene Signalisierung mit Ge- und Verboten

4.6.3 Besonderheiten Veloverkehr an Abstellanlagen

Allenfalls ist es sinnvoll die Anzahl nicht mehr benutzter Velos im Erhebungsgebiet (v.a. an Bahnhöfen ein Problem) vor der eigentlichen Zählung zu erfassen und allenfalls entfernen zu lassen. Die Erfassung dieser Velos kann i.d.R. durch eine Überprüfung nach Augenschein (Platte Reifen, rostige Kette, fehlende Teile) erfolgen. Eine aufwendigere Überprüfung der unbenutzten Fahrzeuge kann über das Anbringen von Markierungen (Bandarolen, Spraypunkte bzw. Kreidestriche auf der Lauffläche der Räder, etc.). Der Bestand an nicht bewegten Velos kann dann vor dem Start der Belegungs-zählung überprüft werden.

4.6.4 Kenngrösse Velo-Abstellplatzbelegung

4.6.4.1 Allgemeines

Definition

Mit der Kenngrösse der Velo-Abstellplatzbelegung wird dokumentiert, ob auf einem Velo-Abstellplatz ein Velo abgestellt ist. Die Belegung eines Velo-Abstellplatzes kann sowohl zu einem bestimmten Zeitpunkt als auch als mittlerer Belegungsgrad über einen definierten Zeitraum beschrieben werden.

Mittels Zählung der belegten Abstellplätze in einem definierten Raum oder auf einer Abstellanlage kann auch eine raumbezogene Aussage gemacht werden – auch hier i.d.R. als mittlerer Belegungsgrad über den untersuchten Raum oder als Belegungsganglinie über einen definierten Zeitraum.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Das Zählen der Velo-Abstellplatzbelegung dient dazu, Aufschluss zu erhalten über

- Bedarf an Abstellplätzen
- räumliche und zeitliche Verteilung der Velo-Abstellplatzbelegung im Untersuchungsraum
- Belegungs-/Auslastungsgrad von Abstellplätzen oder Parkieranlagen

Ausserdem können durch das Ermitteln der Velo-Abstellplatzbelegung Grundlagen bereitgestellt werden für

- Wirkungsanalysen aufgrund eines geänderten Velo-Abstellplatzangebots
- Standortentscheidungen und Dimensionierungsgrundlagen für neue Parkieranlagen

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Belegungsganglinien
- tabellarische Übersichten
- Ganglinien der Ein- und Ausfahrten (bei Parkieranlagen)

Methodenübersicht

Tabelle 4.36 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Velo-Abstellplatzbelegung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung parkierter Velos am Velo-Abstellplatz

Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Weitere Methoden

keine

4.6.4.2 Manuelle Zählung parkierter Velos am Velo-Abstellplatz

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht in vielen Teilen der in Kapitel 4.3.3.2 beschriebenen Methode des MIV, weshalb hier nur zusätzliche velospezifische Eigenschaften beschrieben werden, dies es zu beachten gilt. Die in Kapitel 4.3.3.2 enthaltenen MIV-spezifischen Eigenschaften (z.B. Unterteilung nach Parkierungsregimes) sind für die hier beschriebene Methode irrelevant.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Neben den in Kapitel 4.3.3.2 beschriebenen Hilfsmitteln, können im Feld auch Foto- oder Videokameras zum Einsatz kommen. Dabei werden die zu erhebenden Abstellplätze in regelmässigen Zeitabständen fotografiert bzw. gefilmt. Die Aufnahmen können dann später im Büro ausgewertet werden.

Personal

Leistungsfähigkeit

Velos werden deutlich dichter abgestellt als Fz des MIV. Das führt dazu, dass i.d.R. die Anzahl der zu zählenden Velos und nicht die Fussweggeschwindigkeit des Zählpersonals für die Leistungsfähigkeit ausschlaggebend ist (ausser bei Erhebungen mit Foto- oder Videokamera). Sind die Velos sehr dicht abgestellt, so kann als Durchschnittsleistung pro Minute mit etwas tieferen Erfassungsleistungen wie den Maxima bei manuellen Zählungen an Querschnitten (45 mit Feldblatt, 60 mit Handzählgerät) gerechnet werden. Sind einer Zählperson mehrere Abstellanlagen zugeordnet, so ist auch der Zeitbedarf für die zurückzulegende Distanz zwischen den Anlagen zu berücksichtigen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Erhebungsintervalle

Wird lediglich der Bedarf an Abstellplätzen gesucht, so reichen i.d.R. einige Zählungen um 10 Uhr. Um sowohl das Tages-, als auch das Wochenmaxima ermitteln zu können sind beispielsweise Zählungen an einem Dienstag bzw. Donnerstag, Mittwoch und Sonntag denkbar. Im Alltagsverkehr genügen für die Erhebung der Jahresmaxima i.d.R. einige Zählungen an den nachfragestärksten Tagen nach den Sommerferien. Natürlich können der Standort bzw. die anzunehmenden Nutzer (z.B. hoher Anteil Studierende) eine Verschiebung dieser Zeiten erfordern (Zweibrücken et al., 2005). Bei Ausflugszielen des Freizeitverkehrs, sind die Erhebungen i.d.R. in den Ferien oder an Wochenenden im Sommer durchzuführen.

Zweibrücken et al. (2005) macht für den Standort „Bahnhof“ den in Tabelle 4.37 ersichtlichen Vorschlag.

Tabelle 4.37 Vorschlag für Erhebungsintervalle zur Erfassung abgestellter Velos an Bahnhöfen (Zweibrücken et al., 2005)

Werktag		Samstag		Sonntag und Feiertage	
<i>Zählzeit</i>	<i>Zählintervall</i>	<i>Zählzeit</i>	<i>Zählintervall</i>	<i>Zählzeit</i>	<i>Zählintervall</i>
1. Zug – 09:00 Uhr	30 Minuten	1. Zug – 07:00 Uhr	60 Minuten	1. Zug – 08:00 Uhr	120 Minuten
09:00 – 11:00 Uhr	60 Minuten	07:00 – 10:00 Uhr	30 Minuten	08:00 – 18:00 Uhr	60 Minuten
11:00 – 14:00 Uhr	30 Minuten	10:00 – 16:00 Uhr	60 Minuten	18:00 – letzter Zug	120 Minuten
14:00 – 16:00 Uhr	60 Minuten	16:00 – 18:00 Uhr	30 Minuten		
16:00 – 20:00 Uhr	30 Minuten	18:00 – letzter Zug	60 Minuten		
20:00 – letzter Zug	60 Minuten				

Weiteres

Für Bedarfsabschätzungen müssen auch die wild abgestellten Velos mitgezählt werden. Diese sollten in der Zählung separat ausgewiesen werden.

4.6.4.3 Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht der in Kapitel 4.3.3.3 beschriebenen Methode des MIV. Sie sollte nur bei grösseren Parkieranlagen zum Einsatz kommen, da sonst der Personaleinsatz i.d.R. unverhältnismässig hoch ist.

4.6.4.4 Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht der in Kapitel 4.3.3.5 beschriebenen Methode des MIV. Sie kann nur bei Veloabstellanlagen zur Anwendung kommen, die klar definiert Zu- und Wegfahrten haben. Als mögliche Zählgeräte kommen die in Kapitel 4.5.4.3 beschriebenen Technologien in Frage.

4.6.5 Kenngrösse Verkehrsaufkommensrate

4.6.5.1 Allgemeines

Definition

Um die Verkehrsaufkommensrate einer Abstellanlage oder eines definierten Raumes zu ermitteln, wird jeder Velowechsel auf einem Velo-Abstellplatz eruiert. Dies kann entweder bei jedem Velo-Abstellplatz oder an den Ein- und Ausfahrten des definierten Raumes bzw. der Abstellanlage geschehen. Bei Zählungen in Bahnhofsbereichen sind bei der zeitlichen Planung der erste und letzte Zug zu berücksichtigen.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Neben den in Kapitel 4.6.4.1 aufgezählten Nutzen, dient die Erhebung des Verkehrsaufkommens dazu, Aufschluss zu erhalten über

- das Verkehrsaufkommen einer Abstellanlage
- die Verkehrsaufkommensrate der einzelnen Abstellplätze
- die Umschlagshäufigkeit der Abstellanlage

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der Verkehrsaufkommensrate
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.38 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsaufkommensrate

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung und Markierung parkierter Velos am Velo-Abstellplatz

Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Weitere Methoden

keine

4.6.5.2 Manuelle Zählung und Markierung parkierter Velos am Velo-Abstellplatz

Methodenbeschreibung

Zählpersonal zählt alle abgestellten Velos in von der Fragestellung abhängigen Zeitintervallen. Um bei den Folgezählungen die neu dazugekommenen Velos ermitteln zu können, werden alle abgestellten Velos nicht nur gezählt sondern auch markiert. Die markierten und nicht markierten Velos werden bei jeder Zählung separat erfasst. So kann im Nachhinein ermittelt werden, wie gross der Umschlag an Velos während jedes Erhebungsintervalls ist.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Für die eigentliche Zählung wird eines der in Kapitel 4.2.3.2 beschriebenen Hilfsmittel benötigt. Für die Markierungen bestehen mehrere Möglichkeiten, die je nachdem auch eine Aussage zur Parkierdauer liefern (Zweibrücken et al., 2005):

- **Farbige Papierstreifen:** Die Papierstreifen werden am Hinterrad festgemacht. Um die Parkierdauer ermitteln zu können wird entweder bei jedem Rundgang eine andere Farbe verwendet oder auf dem Papierstreifen wird die Uhrzeit und allenfalls das Datum notiert. Bei jedem Rundgang muss das Zählpersonal die Farben/Uhrzeiten separat erfassen.
- **Kreidemarkierung:** Bei jedem Rundgang wird die Lauffläche der Reifen mit Kreide markiert. Wird bei jedem Rundgang eine andere Farbe verwendet, kann wiederum eine Aussage zur Parkierdauer gemacht werden.
- **Klebeetiketten:** Zur Markierung können auch Klebeetiketten verwendet werden, die bei jedem Kontrollgang gekennzeichnet werden. Es ist darauf zu achten, dass die Klebeetiketten von den Velofahrenden leicht entfernt werden können.

Personal

Leistungsfähigkeit

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Abstellanlage pro Minute etwa fünf Velos erfasst werden können. Werden einer Zählperson mehrere Abstellanlagen zugewiesen, so ist der Zeitbedarf für die zwischen den Anlagen zurückzulegende Strecke bei der Planung zu berücksichtigen.

Anforderungen

- grundlegende Kenntnisse im Kartenlesen
- grundlegende Erfahrungen in Computer-Bedienung (beim Einsatz von Tablet-Computern bzw. Smartphones)

Hinweise zur Planung und Durchführung

Erhebungsintervall

Das Erhebungsintervall ist abhängig von der Fragestellung und dem Ort der Erhebungsanlage. In Zeiten, in denen viele Zu- und Wegfahrten erwartet werden, soll das Erhebungsintervall kürzer gewählt werden als zu den übrigen Zeiten, damit auch kurzfristige Belegungen erkannt werden.

Kosten

siehe Kapitel 4.2.3.2

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + Einfachheit
- + Keine besonderen Anforderungen ans Zählpersonal
- + Kostengünstig für kurzzeitige Erhebungen
- + relativ kurze Planungszeit
- + Da auch die Abstelldauer der Velos ermittelt werden können, können auch grobe Aussagen zu Nutzergruppen (z.B. Pendler) abgeleitet werden.

Schwächen

- kurzzeitige Belegungen von Abstellplätzen zwischen zwei Durchgängen des Zählpersonals werden nicht erfasst. Dieser Effekt kann durch kurze Zählintervalle minimiert werden.
- teuer für oftmals wiederholte oder lange andauernde Zählungen

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

- Geeignete Zählzeiten und Erhebungsdauer sind entscheidend. Sie sind in Abhängigkeit der Fragestellung sowie der Merkmale und des Umfelds der untersuchten Abstellanlage zu definieren
- Bei der Verwendung von elektronischen Handzählgeräten oder Tablet-Computern/Smartphones sind die allgemeinen Hinweise zu beachten (siehe Seite 36).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

siehe Kapitel 4.2.3.2

Datenergänzung, Hochrechnung

Wird zusätzlich zur Zählung eine Befragung durchgeführt, so können detailliertere Informationen zu Nutzergruppen (Pendler, Einkauf, etc.) gewonnen werden.

Datenschutz

Da keine personen- oder fahrzeugspezifischen Merkmale erfasst werden, sind bezüglich des Datenschutzes keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

4.6.5.3 Manuelle Zählung an Kordon-Querschnitten

Diese Methode entspricht der in Kapitel 4.3.3.3 beschriebenen Methode zur Ermittlung der Parkfeldbelegung beim MIV. Sie sollte nur bei grösseren Parkieranlagen zum Einsatz kommen, da sonst der Personaleinsatz i.d.R. unverhältnismässig hoch ist.

4.6.5.4 Automatische Zählung an Kordon-Querschnitten mittels Detektoren

Diese Methode entspricht der in Kapitel 4.3.3.5 beschriebenen Methode zur Ermittlung der Parkfeldbelegung beim MIV. Sie kann nur bei Veloabstellanlagen zur Anwendung kommen, die klar definiert Zu- und Wegfahrten haben. Als mögliche Zählgeräte kommen die in Kapitel 4.5.4.3 beschriebenen Technologien in Frage.

4.7 Zählungen – Fussverkehr

4.7.1 Empfohlene Zählzeiten

Neben den auf Seite 34 in Kapitel 3.2 unter „Verkehrsmittelunabhängige Zeitempfehlungen“ erwähnten Empfehlungen werden für Fussverkehrszählungen die in der folgenden Tabelle ersichtlichen Zählzeiten für temporäre Zählungen empfohlen. Es gilt jedoch wie immer zu beachten, dass die Zählzeiten der Fragestellung anzupassen sind.

Tabelle 4.39 Übersicht über die empfohlenen Zählzeiten für die Zählungen des Fussverkehrs (FGSV, 2012 und Zweibrücken et al., 2005)

Ort	gesuchte Grösse	Zählstunden
allgemein	Tagesganglinie	06:00-20:00 Uhr
Innenstadtlage	Spitzenbelastung	12:00-14:00 Uhr und 16:00-18:00 Uhr
Innenstadtlage	Einkaufsverkehre	10:00-20:00 Uhr an normalen Samstagen
Innenstadtlage	Einkaufsverkehre	Öffnungszeiten plus jeweils eine Stunde vor und nach Öffnung an verkaufsoffenen Sonntagen
homogen strukturierte Gebiete (z.B. Verwaltungszentren)	Spitzenbelastung	07:00-09:00 Uhr und 12:00-14:00 Uhr
in der Nähe von Ausbildungsstätten und Einkaufseinrichtungen	-	Morgen-,Abendspitzen und 12:00-14:00 Uhr

Ab einer Verkehrsbelastung von 100 Personen pro Stunde liefern auch mehrere 30-Minuten-Zählungen in den Zeitfenstern von 10-11 Uhr und 16-18 Uhr bereits gute Grundlagen für Hochrechnungen, sofern total über eine Dauer von zwei Stunden gezählt wird. Ab 400 Personen pro Stunde reichen auch mehrere 15-Minuten-Zählungen (Zweibrücken et al., 2005).

4.7.2 Besonderheiten Fussverkehr

Zu Fuss gegangen wird üblicherweise auf Kurzstrecken und häufig in Kombination mit der Verwendung anderer Verkehrsmittel. Deshalb können aus Querschnittszählungen des Fussverkehrs – ausser bei ausschliesslich für FG zugänglichen Arealen – kaum über den Querschnitt hinausgehende räumliche Aussagen gezogen werden: Beispielsweise können Verkehrsteilnehmende zu einem Kordon gehörende Querschnitte per ÖV oder MIV passieren und innerhalb des Kordons zu FG werden, oder umgekehrt.

Das zu Fuss Gehen umfasst häufig neben dem eigentlichen Überwinden einer Distanz auch weitere Funktionen wie Flanieren, Verweilen, Kommunizieren, Spielen, Erholen, usw. Eine klare Abtrennung zwischen Bewegung und Aufenthalt ist beim Fussverkehr nicht auszumachen, da die Übergänge fliegend sind (Zweibrücken et al., 2005). Deshalb wird der Fussverkehr hier in der Folge als Einheit betrachtet und nicht wie die anderen Verkehrsmittel in fliegend und ruhend unterteilt.

Der Fussverkehr ist zwar witterungsabhängig, jedoch nicht so stark wie der Veloverkehr. Die Wetterabhängigkeit ist auch vom Mobilitätszweck abhängig. So ist der Pendlerverkehr weniger abhängig vom Wetter als der Freizeitverkehr (u.a. Aufenthaltsnutzung). Für den Durchführungsentscheid einer Erhebung sollte das Wetter je nach Fragestellung und untersuchtem Mobilitätszweck miteinbezogen werden.

Es gibt Nutzungen, die einen grossen Einfluss auf die gezählten FG an einem Standort haben. Dazu gehören beispielsweise Bahnhöfe, Schulen und Einkaufseinrichtungen. Es ist deshalb wie beim Veloverkehr auch beim Fussverkehr besonders wichtig, dass solche Nutzungen im Umfeld von Zählstandorten bekannt sind und bei der Einsatz- und Standort-Planung berücksichtigt werden.

4.7.3 Kenngrösse Verkehrsbelastung am Querschnitt

4.7.3.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden zu Fuss Gehende (FG), die während eines definierten Zeitabschnittes einen Querschnitt passieren. Dabei kann die Zählung je nach geforderten Detaillierungsgrad für jede Gehrichtung und jedes Trottoir separat oder entsprechend zusammengefasst erfolgen.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Erfassung des Fussverkehrsaufkommens wird häufig für konkrete Fragestellung in der Planung und Bemessung von Flächen für den Fussverkehr bzw. der Planung und Ausstattung von Fussgängerquerungen über Fahrbahnen verwendet. Bei langfristigen oder wiederholten Zählungen sind auch Aussagen zu Auswirkungen von den Fussverkehr betreffenden Massnahmen (Netzveränderungen) oder zu raumstrukturellen Veränderungen (Siedlungsentwicklung) möglich.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien des Querschnitts
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.40 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung der Verkehrsbelastung

Detailliert beschriebene Methoden

Manuelle Zählung von zu Fuss Gehenden am Querschnitt

Automatische Zählung von zu Fuss Gehenden am Querschnitt mittels Detektoren

Weitere Methode

Automatische Zählung der von zu Fuss Gehenden mitgeführten Geräte mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion am Querschnitt

4.7.3.2 Manuelle Zählung von zu Fuss Gehenden am Querschnitt

Methodenbeschreibung

Die Eigenschaften dieser Methode entsprechen denen der in Kapitel 4.2.3.2 beschriebenen Methode zur Zählung von Fz des MIV.

4.7.3.3 Automatische Zählung von zu Fuss Gehenden am Querschnitt mittels Detektoren

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der Methode zur automatischen Zählung von Fz des MIV an Querschnitten mittels Detektoren (siehe Kapitel 4.2.3.3). Deshalb wird hier nur auf wesentliche Unterschiede eingegangen.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Zum automatischen Zählen der Fussgänger/innen an einem Querschnitt eignen sich folgende Technologien:

- Drucksensoren (Akustische Plattensensoren): Unter dem Bodenbelag verlegte Plattensensoren erfassen kleine Druckwellen, die von den darübergehenden FG ausgelöst werden. Das System eignet sich gut für breite Fusswege. Sowohl mehrere nebeneinander herlaufende FG wie auch (bei zweireihiger Verlegung) die Laufrichtung können erfasst werden. Die Montage der Geräte und deren Unterhalt sind aufwendig.
- (Pyroelektrische) Infrarotsensoren (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.5.4.3)
- Infrarotkamera (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.5.4.3)
- Lichtschranken (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.2.3.3 und 4.5.4.3)
- Laserscanner: Oberhalb eines Fusswegs angebracht, erfasst dieses System Veränderungen der Umgebungskonturen. Unter dem Scanner durchgehende FG werden von diesem erkannt. Laserscanner erfassen die Laufrichtung und eignen sich primär für breite, hochfrequentierte Fusswege.
- Videokameras mit automatischer Auswertung (Technologiebeschrieb in Kapitel 4.2.4.3)

Personal

Personal wird bei diesen Methoden i.d.R. zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Bei den Standorten der Detektoren müssen je nach System unterschiedliche technologisch bedingte Anforderungen berücksichtigt werden. Die folgenden, verkehrsbedingten Aspekte für die Standortauswahl gelten weitgehend unabhängig vom verwendeten System:

- Zur vollständigen Erfassung des Fussverkehrsaufkommens am Querschnitt ist pro Trottoir ein Gerät nötig.
- Die Geräte sollen nicht an Orten installiert werden, wo eine Umgehungsmöglichkeit der Zählstelle besteht.
- Die Geräte sollen möglichst gut vor Witterung, Vandalismus und Verschmutzung geschützt sein.
- Der Zählbereich der Detektoren sollte kein Ort sein, wo FG oft stehenbleiben.
- Zählbereich sollte für die meisten Systeme für den Fussverkehr reserviert sein, da die Zählsysteme mehrheitlich auch Personen miterfassen, die anders als zu Fuss unterwegs sind (z.B. Velofahrende).

Kosten

Die Kosten sind stark von der verwendeten Technologie abhängig. Einige Hinweise zu den Kosten sind in Kapitel 4.2.3.3 zu finden. Die Infrarotsensoren sind im Vergleich zu den meisten übrigen Technologien relativ günstig.

Stärken und Schwächen der Technologien

Tabelle 4.41 Übersicht über Stärken und Schwächen der Technologien

		Technologien					
		Druckplatten	Infrarotsensor	Infrarotkamera	Lichtschranken	Laser	Video
Eigenschaften	Kosten	mittel	tief	mittel	hoch	hoch	hoch
	Anforderungen ans Personal	mittel	tief	tief	hoch	mittel	mittel
	Langlebigkeit	hoch	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch
	Installation unter Verkehr		●	●	●	●	●
	witterungsunabhängig	●	●	●			
Erfassungsmöglichkeiten	Verkehrsbelastung	●	●	●	●	●	●
	Unterscheidung Velo / FG					●	●
	Gehrichtung	(●)	●	●	●	●	●

- trifft zu
- (●) trifft unter gewissen Umständen zu

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Im Gegensatz zu automatischer Zählung von Fz ist die Zählung von FG anfälliger auf äussere Störeinflüsse wie z.B. temporäre Verstellung des Zählbereichs durch parkierte Fahrzeuge oder andere Objekte, Vandalismus/Manipulation an den Geräten.

4.7.3.4 Weitere

Automatische Zählung der von zu Fuss Gehenden mitgeführten Geräte mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion am Querschnitt

Kurzbeschreibung

Die Methode entspricht weitgehend der Methode zur Zählung Erfassung der Knotenströme des MIV (siehe Kapitel 4.2.4.4). Um die Erfassung von Velos und Fz des MIV ausschliessen zu können, sollten die Geräte nur in reinen Fussgängerzonen installiert werden. Dabei darf der Erfassungsradius der Geräte nicht über die Fussgängerzone hinausgehen.

Stärken/Schwächen
siehe Kapitel 4.2.4.4

4.7.4 Kenngrösse Verkehrsarten (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr)

4.7.4.1 Allgemeines

Definition

Gezählt und identifiziert werden FG an allen Kordon-Querschnitten. Soll auch die Wahl zwischen verschiedenen Routen und/oder der Binnenverkehr ermittelt werden, sind Zählstellen innerhalb des Kordons notwendig. Meistens stehen bei Fussverkehrszählungen kleinere Kordons im Vordergrund.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Mit Hilfe der verschiedenen Erhebungspunkt lassen sich neben der Verkehrsart (Binnen-/Ziel-/Quell-/Durchgangsverkehr) auch die von Personen gewählten Routen innerhalb eines Kordons eruieren. Dies kann beispielsweise bei der Planung von Baustellen oder der Dimensionierung von Fussgängerinfrastrukturen (z.B. Bahnofsunterführungen, Fussgängerbrücken, etc.) hilfreich sein.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien des Querschnitts
- tabellarische Übersichten
- grafische Übersichten (ev. mit Plangrundlage)

Methodenübersicht

Tabelle 4.42 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung Verkehrsarten beim Fussverkehr

Detailliert beschriebene Methoden

Automatische Identifizierung der von zu Fuss Gehenden mitgeführten Geräte mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an den Erfassungsquerschnitten

Weitere Methoden

Manuelle Bezeichnung von zu Fuss Gehenden an Kordon-Querschnitten

Automatische Erfassung mittels Gesichtserkennung an den Erfassungsquerschnitten

4.7.4.2 Automatische Identifizierung der von zu Fuss Gehenden mitgeführten Geräte mittels Bluetooth- und/oder WLAN-Detektion an den Erfassungsquerschnitten

Methodenbeschreibung

Die Methode entspricht in weiten Teilen der Methode zur Zählung von Fz an Knoten in Kapitel 4.2.4.4, weshalb hier nur auf Abweichungen und Ergänzungen zur genannten Methode eingegangen wird.

An allen Zugängen des Kordons werden jeweils zwei Querschnitte definiert, an denen die Detektionsgeräte installiert werden. Durch die Definition von zwei Querschnitten an jedem Zugang lässt sich später anhand der Zeit der Erfassung der Geräte die Gehrichtung der FG bestimmen, welche den Gehweg benutzen. Diese Information ist nötig, um zwischen Quell- und Zielverkehr unterscheiden zu können. Interessiert lediglich der Durchgangsverkehr, so reicht auch ein Querschnitt an jedem Zugang. Ist der Binnenverkehr von Interesse, so müssen weitere Detektionsgeräte innerhalb des Kordons installiert werden.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Bei der Standortwahl der Detektions-Geräte ist folgendes zu beachten:

- Jeder definierte Querschnitt wird mit mindestens einem Gerät besetzt
- Die ganze Strassenbreite beim Querschnitt muss über eine genügend lange Distanz im Erfassungsbereich eines Geräts liegen.
- Die Erfassungsbereiche der einzelnen Geräte dürfen sich nicht überschneiden.
- Zwischen den beiden Querschnitten (Installationsort der Detektionsgeräte) eines Zugangs zum Kordon darf kein Knoten liegen.
- Die Erfassungsbereiche der Querschnitte einer Ein- und Ausfahrstrasse sollten unter Beachtung der vorangehenden Punkte so weit wie möglich voneinander entfernt liegen.
- Die Detektions-Geräte sollen an Querschnitten/Knoten installiert werden, die nicht von MIV und möglichst wenig von Velos passiert werden (z.B. Bahnhofszugänge, Treppen).

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Die meisten Fehler entsprechen den in Kapitel 4.2.4.4 beschriebenen Fehlern. Wird jedoch ein Gerät von einem Detektionsgerät nicht erkannt, hat dies andere Auswirkungen. Die Auswirkungen unterscheiden sich auch, je nachdem, ob ein oder zwei Detektionsgeräte an den Abschnitten installiert sind:

- Ein Gerät: Fehlende Detektionen führen dazu, dass die betroffenen FG des Quell-/Zielverkehrs gar nicht erfasst werden und ein betroffener FG des Durchgangsverkehrs fälschlicherweise dem Quell- und Zielverkehr zugewiesen werden.
- Zwei Geräte: Fehlende Detektionen führen dazu, dass die Gehrichtung nicht mehr bestimmt werden kann. Dies hat zur Folge, dass bei betroffenen FG des Quell-/Zielverkehrs nicht mehr zwischen Quell- und Zielverkehr unterschieden werden kann. Der Durchgangsverkehr kann weiterhin bestimmt werden.

Ausserdem kann vor allem die ungewollte Erfassung von Velos und MIV zu Fehlern führen. Deshalb sind vor allem Abschnitte ohne bzw. mit wenig Veloverkehr (z.B. Bahnhofszugänge, Treppen) zu wählen.

4.7.4.3 Weitere Methoden

Manuelle Bezettelung von zu Fuss Gehenden an Kordon-Querschnitten

Kurzbeschreibung

Zu Fuss Gehende werden durch Personal an den Kordon- Querschnitten mit Markierungs-/Zählkarten bezettelt, wobei das Personal den FG die Zählung kurz erläutert. Die Karten sind entweder mit Farben markiert und/oder mit Nummern versehen. Bei jedem Kordon- Querschnitt werden die Karten beim Verlassen des Kordons wieder abgegeben. So lassen sich die Quell-Ziel-Beziehungen zwischen den Kordon-Querschnitten ermitteln. Zum Binnenverkehr lässt sich mit dieser Methode keine Aussage machen. Auch eine Ermittlung des Quell- und Zielverkehrs ist i.d.R. nicht möglich, da nicht alle FG bezettelt werden können (Verweigerer).

Stärken/Schwächen

- + Einfachheit
- + kostengünstig für kurzzeitige Zählungen
- + Da eine Ansprache der Leute erfolgt, ist die Ergänzung der Daten durch eine Befragung besonders einfach.
- Anforderungen ans Bezettelungspersonal relativ hoch (Ansprache von Personen)
- Bei grossen Verkehrsbelastungen ist viel Personal nötig
- teuer für oftmals wiederholte oder lang andauernde Zählungen

Automatische Erfassung mittels Gesichtserkennung an den Erfassungsquerschnitten

Kurzbeschreibung

Mit Kameras und spezieller Auswertesoftware können Gesichter eindeutig erkannt werden. Dabei muss für eine zuverlässige Gesichtserkennung die Sicht auf die Gesichter sehr gut sein. Wird an allen Erfassungs- Querschnitten die entsprechende Technologie installiert, können Routen und Verkehrsarten der Personen ermittelt werden.

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- pro Querschnitt mehrere Kameras nötig (mindestens eine für jede Gehrichtung)
- wenig erprobt
- problematisch bezüglich Datenschutz

4.7.5 Kenngrösse Aufenthalt von Personen

4.7.5.1 Allgemeines

Definition

Gezählt werden Personen, die sich in einem definierten Raum aufhalten. Dies kann ein Platz, Strassenzug, Veranstaltungsgelände oder ähnliches sein. Für jede Untersuchung gilt es festzulegen welche Personen mitgezählt werden (Sitzende, Stehende, Schlenkernde, Spazierende zu Fuss, Velofahrende (Spazierfahrt), etc.). Ebenfalls ist aufgrund der Fragestellung zu definieren, ob Personen in gewissen Gebäuden oder in an Gebäude angelehnte Nutzungen (z.B. Restaurant im Park) mitgezählt werden sollen.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Die Zählung dieser Kenngrösse kann als Indikator für die Aufenthaltsqualität im untersuchten Raum dienen. Häufig wird die Kenngrösse für Monitoringzwecke hinzugezogen um die Entwicklung der Zahlen im Rahmen eines Projekts verfolgen zu können. Die Kenngrösse kann auch für planerische Zwecke hinzugezogen werden. Auch bei der Durchführung von grösseren Veranstaltungen kann zur Untersuchung und Verbesserung von Verkehrskonzepten die Ermittlung der Anzahl von sich in einem Raum aufhaltenden Personen zielführend sein.

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der sich aufhaltenden Personen im untersuchten Raum
- tabellarische Übersichten
- grafische Übersichten (ev. mit Plangrundlage)

Methodenübersicht

Tabelle 4.43 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung des Aufenthalts von Personen

Detailliert beschriebene Methoden

Keine

Weitere Methoden

Blitzlicht-/Scanner-/Buranomethode

Zählung von Besuchern von Veranstaltungen anhand von Luftbildern

Ermittlung von Besuchern bei Veranstaltungen über die Ortung von Mobiltelefonen

4.7.5.2 Weitere Methoden

Blitzlicht-/Scanner-/Buranomethode

Kurzbeschreibung

Die zu zählenden Personen werden zu definierten Zeiten möglichst schnell gezählt. Dazu wird allen Zählern ein definierter Raum zugeteilt. Sind sehr viele Personen zu zählen, kann die Effizienz weiter gesteigert werden, indem jeweils zwei Zählende zusammenarbeiten. Die eine Person zählt und teilt die Zählresultate der anderen Person mündlich mit. Die zweite Person notiert die mitgeteilten Zählresultate fortlaufend.

Die Zählung kann auch kategorisiert erfolgen. So kann beispielsweise nach Altersgruppen oder nach der Tätigkeit der sich aufhaltenden Personen unterschieden werden. Das Wetter hat einen grossen Einfluss auf die Attraktivität sich in einem Raum aufzuhalten.

Stärken/Schwächen

- + Einfache Methode
- + Kategorisierung möglich
- Bei grossen Zählmengen fehleranfällig

Zählung von Besuchern von Veranstaltungen anhand von Luftbildern

Kurzbeschreibung

Während einer Veranstaltung werden Luftbilder angefertigt, die im Nachhinein automatisch oder manuell ausgewertet werden.

Stärken/Schwächen

- + wenig Personal nötig
- + Zählung in Ruhe durchführbar
- Keine Kategorisierung möglich
- Abschattung von relevanten Bereichen durch Bäume, etc. möglich
- Direkt über Menschenmengen dürfen keine unbemannten Fluggeräte eingesetzt werden

Ermittlung von Besuchern bei Veranstaltungen über die Ortung von Mobiltelefonen (Floating Phone Data, FPD)

Kurzbeschreibung

Die Smartphones von Besuchern werden lokalisiert. Dazu ist eine Software nötig, welche die Besucher auf ihren Smartphones installiert haben. Zudem müssen Besucher dem Zugriff auf die Standortdaten zustimmen. Haben genügend Besucher die Software installiert und erlauben ihre Lokalisierung, dann können Aussagen zur Dichteverteilung auf dem Veranstaltungsgelände gemacht werden. Ist zudem bekannt, wie viele Besucher sich insgesamt an der Veranstaltung befinden, kann auch die absolute Zahl der Besucher in Teilbereichen des Veranstaltungsgeländes abgeschätzt werden.

Damit der Anteil der Besucher, welche die Software installieren genügend gross ist, muss die Software auch einen Nutzen für die Veranstaltungsbesucher bieten. So kann die Software beispielsweise Informationen zum Programm, einen Wettbewerb und weiteres beinhalten. Um auch die Nutzung der Lokalisierungsfunktion zu erhöhen, kann die Software so ausgestaltet werden, dass sie auf Sehenswertes in der Nähe aufmerksam oder die standortabhängige Suche von Points of Interest möglich macht.

Stärken/Schwächen

- + Kein Personal für Erhebung nötig
- + Kostengünstige Erhebung
- Kategorisierung nur eingeschränkt möglich (je nach Ausgestaltung der App)
- Abhängigkeit von der Bereitschaft der Besucher, die Software zu installieren

4.8 Messungen – fließender MIV

4.8.1 Empfohlene Messzeiten

Bei Messungen des MIV im Zusammenhang mit verkehrsplanerischen Aspekten handelt es sich i.d.R. um Geschwindigkeitsmessungen. Die Messzeiten sind stark abhängig von der Fragestellung. Soll beispielsweise die gefahrene Geschwindigkeit bei freier Strecke gemessen werden, so ist eine Messung in der Neben- oder Schwachverkehrszeit vorzusehen. Ist jedoch die Entwicklung der Geschwindigkeit im Zusammenhang mit der Verkehrsbelastung von Interesse, so muss auch die HVZ berücksichtigt werden.

4.8.2 Kenngrösse lokale Geschwindigkeit

4.8.2.1 Allgemeines

Definition

Gemessen wird die Geschwindigkeit von Fz an einem Querschnitt. Um exakte Messungen zu erhalten ist der Einsatz von Messgeräten nötig. Mit dem Einsatz von vollautomatischen Geräten können bei Bedarf die Geschwindigkeiten aller Fz gemessen werden.

I.d.R. ist dies jedoch für die Beantwortung von Fragestellungen nicht nötig, weshalb auch halbautomatische Messgeräte zum Einsatz kommen können, mit denen bei hohen Frequenzen i.d.R. nicht alle Fz erfasst werden können. Bei halbautomatischen Messungen wird die eigentliche Messung von einem Gerät durchgeführt. Es benötigt jedoch Personal, welches das Gerät während der Messung bedient.

Ziel und Zweck der Erhebung dieser Kenngrösse

Das Ziel der Erhebung der lokalen Geschwindigkeit kann sein:

- Eruiieren von risikoreichen Stellen aufgrund der gefahrenen Geschwindigkeiten
- Überprüfung der Wirksamkeit von Massnahmen zur Reduktion der Geschwindigkeit an risikoreichen Stellen
- Entwicklung der lokalen Geschwindigkeit im Tagesverlauf

Datenaufbereitung

- Diagramme mit Ganglinien der durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeiten
- tabellarische Übersichten

Methodenübersicht

Tabelle 4.44 Übersicht über die beschriebenen Methoden zur Erfassung des Aufenthalts von Personen

Detailliert beschriebene Methoden

(Halb-)Automatische Messung der lokalen Geschwindigkeit von Fahrzeugen

Weitere Methoden

Manuelle Messung der lokalen Geschwindigkeit

4.8.2.2 (Halb-)Automatische Messung der lokalen Geschwindigkeit von Fahrzeugen

Methodenbeschreibung

An einem definierten Strassenquerschnitt wird die Geschwindigkeit von vorbeifahrenden Fz durch Detektoren gemessen. Je nach Aufgabenstellung und verwendetem Gerät kann die Geschwindigkeit auch für verschiedene Fz-Kategorien ausgewiesen werden.

Die Detektoren werden dabei je nach Technologie entweder auf bzw. unter der Fahrbahn oder neben bzw. über der Fahrbahn installiert.

Ausrüstung, Geräte und Hilfsmittel

Zum automatischen Messen der lokalen Geschwindigkeit von Fahrzeuge an einem Querschnitt eignen sich verschiedene Technologien. Bei den meisten Technologien wird die Geschwindigkeit anhand der folgenden Formel „Geschwindigkeit = Weg / Zeit“ berechnet. Entweder werden dazu zwei Geräte räumlich hintereinander installiert oder die Detektion erfolgt von einem Gerät aus an zwei hintereinanderliegenden Stellen. Zur Verifizierung der Messresultate werden oft drei Geräte hintereinander installiert bzw. wird an mehreren hintereinanderliegenden Stellen detektiert. Dank der Zeitdifferenz der Detektionen und des bekannten Abstands zwischen den Detektionsorten kann die Geschwindigkeit berechnet werden.

Eine Ausnahme von dieser Methode stellt die Radartechnologie dar. Diese berechnet anhand der Frequenzunterschiede von ausgesandten und empfangenen Wellen die gefahrene Geschwindigkeit (Dopplereffekt).

Die zur Verfügung stehenden Technologien sind im Folgenden aufgezählt. Die Beschreibung der Technologien ist in Kapitel 4.2.3.3 ersichtlich.

Installation auf bzw. unter der Fahrbahn

- Zwei oder mehr hintereinanderliegende Induktionsschleifen
- Zwei oder mehr hintereinanderliegende Magnetfeldsensoren auf dem oder im Straßenbelag
- Zwei oder mehr hintereinanderliegende Drucksensoren (Schlauch-, Piezo- oder Faseroptik-Sensoren)

Installation neben bzw. über der Fahrbahn

- Radar
- Lichtschranken
- Laser: Die Lasermessung kann entweder vollautomatisch mit einem Laserscanner (auch mehrere Fahrspuren) oder halbautomatisch mit einer Laserpistole ab Hand oder ab Stativ erfolgen. Bei der halbautomatischen Variante zielt eine Person i.d.R. auf das Kontrollschild des zu messenden Fz. Die Laserpistolen haben eine Reichweite bis 1'000 m, womit die Gefahr reduziert wird, dass Verkehrsteilnehmer die Messung frühzeitig erkennen und deshalb die Geschwindigkeit reduzieren. Wichtig ist ausserdem, dass die Messung möglichst entgegen der Fahrtrichtung erfolgt.

Weitere

Auch Videokameras mit automatischer Auswertung können zur Geschwindigkeitsmessung eingesetzt werden. Dabei wird die Zeitdauer gemessen, die ein Fz benötigt, um eine definierte Strecke im Videobild zurückzulegen. Daraus lässt sich dann die lokale Geschwindigkeit ermitteln.

Personal

Personal wird bei dieser Methode ausser bei der halbautomatischen Messung mit Laserpistole lediglich zur Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte benötigt und muss demzufolge die entsprechenden technischen Anforderungen erfüllen.

Hinweise zur Planung und Durchführung

Standortwahl

Der Ort für eine Geschwindigkeitsmessung ist meist durch die Fragestellung definiert. Es gibt jedoch gewisse Restriktionen für einzelne Messtechnologien. Radargeräte sollten nicht in Kurven eingesetzt werden. Sowohl Induktionsschleifen als auch Magnetfeldsensoren sollten nicht in Bereichen installiert werden, wo externe Magnetfelder auftreten oder Stahlarmierungen im direkten Umfeld vorhanden sind.

Erhebungsintervalle

Es gelten die allgemeinen Empfehlungen (siehe Seite 34).

Kosten

Personalkosten

Für die eigentliche Zählung fallen mit Ausnahme der halbautomatischen Lasermessung keine relevanten Personalkosten an. Der Zeitaufwand für die Installation, Kontrolle und ggf. Demontage der Geräte muss aber bei der Kostenrechnung berücksichtigt werden.

Ausrüstungs- und Gerätekosten

Die Kosten sind stark von der verwendeten Technologie abhängig. Mit welchen Anschaffungs- und Installationskosten für die jeweilige Technologie zu rechnen ist, zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 4.45 Übersicht über die Kosten der Detektoren (Datengrundlage FGSV, 2010)

Technologie	Detektorkosten [CHF]	Installationskosten [CHF]
Induktionsschleife doppelt	2'500-5'000	2'500-5'000 (gefräst) < 1'000 (geklebt)
Magnetfeldsensoren	2'500-5'000	< 1'000
Drucksensoren	2'500-5'000	< 1'000
Radar	5'000-10'000	k.A.
Lichtschanke	> 10'000	k.A.
Laserscanner	> 10'000	k.A.
Laserpistole	2'500-5'000	-
Video	> 10'000	k.A.

Stärken und Schwächen der Methode

Stärken

- + geringer Personalaufwand
- + Hohe zeitliche Auflösung der Zählung
- + kostengünstige Lösung für langfristige und permanente Zählungen
- + je nach verwendeter Technologie weitere Merkmale erfassbar (z.B. Geschwindigkeit, etc.)

Schwächen

- keine Daten bei Systemausfall
- z.T. hohe Einsatzanforderungen (z.B. Strom, Masten/Baken für Installation, etc.)
- i.d.R. teuer für kurzzeitige Erhebungen

Stärken und Schwächen der Technologien

In der folgenden Tabelle sind die Stärken und Schwächen der verschiedenen Technologien abgebildet.

Tabelle 4.46 Übersicht über Stärken und Schwächen der Technologien

		Technologien						
		Induktionsschleife doppelt	Magnetfeldsensoren doppelt	Drucksensor doppelt	Radar	Lichtschranken	Laser	Video
Eigenschaften	Kosten	mittel	tief	tief	mittel	hoch	hoch	hoch
	Anforderungen ans Personal	mittel	tief	tief	hoch	hoch	mittel	mittel
	Langlebigkeit	hoch	tief	tief	mittel	mittel	hoch	hoch
	Installation unter Verkehr möglich				●	●	●	●
	witterungsunabhängig	●	●	●				
	erhöhte Unfallgefahr für Zweiräder		(●)	(●)				
	einsetzbar in Staubereichen	(●)	●				●	●
	einsetzbar in Bereichen mit Kurven	●	●	●			●	●
Erfassungsmöglichkeiten	Verkehrsbelastung	●	●	●	●	●	●	●
	verschiedene Fahrzeugkategorien ⁶	10	2-5	2-5	8	2-5	10	2-5
	lokale Geschwindigkeit	●	●	●	●	●	●	●
	Fahrtrichtung	●	●	●	●	●	●	●
	Zeitlücken	●	●	●		●	●	●

Kritische Elemente, Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Allgemein

- Sind Erhebungsgeräte deutlich sichtbar, so reduzieren die Verkehrsteilnehmenden u.U. ihre gefahrenen Geschwindigkeiten. Dies ist i.d.R. entweder auf eine befürchtete Geschwindigkeitskontrolle oder auf Unsicherheiten wegen Gegenständen auf der Fahrbahn zurückzuführen. Es muss deshalb gewährleistet sein, dass die Geräte zur Messung der Geschwindigkeit keinen Einfluss auf die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit haben. Daher sind insbesondere Messungen mit sogenannten Info-Radars, welche die gefahrene Geschwindigkeit den Fahrenden anzeigen, als nicht aussagekräftig zu beurteilen.
- siehe ausserdem Kapitel 4.2.3.3

Gerätespezifisch

- Siehe Kapitel 4.2.3.3

Mögliche Fehler, deren Vermeidung und Fehlerkorrektur

Erhebungsfehler

Beim Radar kann es aufgrund von Doppel- oder Knickstrahlreflexion zu falschen Messresultaten kommen. Eine Doppelreflexion lässt sich vor allem bei hohen Geschwindigkeiten oder im dichten Verkehr relativ leicht erkennen, da die gemessene Geschwindigkeit doppelt so hoch ist wie die tatsächlich gefahrene. In Bereichen, wo in einem kurzen Zeitraum sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten gefahren werden können, kann eine Doppelre-

⁶ Die Fahrzeugkategorien werden nach Swiss 10 (Induktionsschleifen, Laser), Längsklassen (Magnetfeldsensoren, Radar, Lichtschranken, Ultraschall) oder Achskonfigurationen (Druckschlauchsensoren) ermittelt.

flexion nicht mit Sicherheit erkannt werden. Die Knickstrahlreflexion liefert als Resultat eine Messung eines Fz, das sich nicht im eigentlichen Erfassungsbereich des Radargeräts befindet. Wird die Messung mit Fotos der Fz dokumentiert, so können Knickstrahlreflexionen erkannt werden, wenn in der Fotoreihe vermehrt Bilder enthalten sind, auf denen kein Fz abgebildet ist.

Durch eine gute Kalibrierung und Standortwahl lassen sich Erhebungsfehler minimieren. Ungünstige Standorte (Doppel- und Knickstrahlreflexion) können durch eine vorgängige Testmessung erkannt werden.

Datenergänzung, Hochrechnung

-

Datenschutz

Wenn Videoaufnahmen zur Erfassung der lokalen Geschwindigkeit eingesetzt werden, sind die im Kapitel 3.6 aufgeführten Aspekte zu berücksichtigen. Ansonsten müssen aus datenschutzrechtlicher Sicht keine Vorkehrungen getroffen werden.

4.8.2.3 Weitere Methoden

Manuelle Messung der lokalen Geschwindigkeit von Fahrzeugen

Kurzbeschreibung

Vom Zählpersonal wird mithilfe einer Stoppuhr die Zeit gemessen, welche ein Fz benötigt, um die Strecke zwischen zwei definierten Querschnitten innerhalb eines überblickbaren Raumes zurückzulegen. Die zwei Querschnitte müssen vom Beobachtungsstandort des Zählpersonals und gut einsehbar sind. Die Querschnitte sollten so definiert werden, dass der Zeitpunkt der Überfahrt klar erkennbar ist. So können vorhandene Markierungen im Strassenbelag als Hilfestellung dienen (Änderung des Strassenbelags, Schachtdeckel, etc.). Für möglichst präzise Resultate ist die Strecke zwischen den Querschnitten möglichst lang zu wählen. Die Fahrgeschwindigkeit der Fz zwischen den Querschnitten sollte gleichbleibend sein.

Die Abweichung der Zeitmessung von der realen Durchfahrtszeit bei einem Querschnitt wird bei einer guten Standortwahl auf maximal 0.2 Sekunden geschätzt. Bei einer tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit von 50 km/h und einer Messstrecke von 50 Metern entspricht der maximal resultierende Fehler einer Geschwindigkeitsabweichung von rund 3 km/h. Je höher die gefahrene Geschwindigkeit ist, desto grösser wird der Fehler der Geschwindigkeitsmessung. Bei gefahrenen 80 km/h beläuft sich der Fehler bereits auf bis zu 8 km/h.

Eine Erfassung aller Fz ist i.d.R. nur mit viel Personal möglich. Ist eine durchschnittliche lokale Geschwindigkeit während einem Zeitraum gesucht, reicht i.d.R. schon eine relativ kleine Stichprobe aus.

Stärken/Schwächen

- + einfache Methode
- + keine komplexen technischen Geräte nötig
- + geeignet für Abschätzungen von Durchschnittsgeschwindigkeiten
- bei hohen Geschwindigkeiten nicht einsetzbar

4.9 Messungen – ruhender MIV

4.9.1 Empfohlene Messzeiten und Hinweise zu Metadaten

Die empfohlenen Messzeiten sind alleine von der Fragestellung abhängig. Die Hinweise zu den Metadaten sind in Kapitel 4.3.2 beschrieben.

4.9.2 Kenngrösse Parkierdauer

4.9.2.1 Allgemeines

Siehe Kapitel 4.3.5.1

Methodenübersicht

Tabelle 4.47 Übersicht über die beschriebene Methode zur Messung der Parkierdauer

Detailliert beschriebene Methoden

Automatische Messung der Parkierdauer von Fahrzeugen mittels Detektoren am

Weitere Methoden

keine

4.9.2.2 Automatische Messung der Parkierdauer von Fahrzeugen mittels Detektoren am Parkfeld

Diese Methode entspricht der Methode zur Erfassung der P-Belegung am Parkfeld in Kapitel 4.3.4.4. Anstelle der Aussage ob ein Parkfeld belegt ist oder nicht, ist bei der hier erwähnten Methode jedoch die Zeitdauer dieser Belegung von Interesse. Es werden also die genauen Zeiten gemessen, während denen ein Parkfeld belegt bzw. frei ist.

5 Hochrechnung

Hochrechnungen sind teilweise nötig, da aufgrund finanzieller und anderer Restriktionen eine vollständige Erhebung der Grundgesamtheit i.d.R. nicht möglich ist. Es wird daher auf Stichprobenerhebungen abgestützt. Um trotzdem gesuchte Werte wie DTV, DWV, Gesamtfahrgastzahlen etc. zu erhalten, gibt es verschiedene Hochrechnungsverfahren, die bei Verkehrszählungen zum Einsatz kommen. Sollen Verkehrszählungen miteinander verglichen werden (z.B. Zeitreihen), so ist ein einheitliches Erhebungs- und Hochrechnungsverfahren anzuwenden. Hochgerechnete Werte sind immer auf Plausibilität zu prüfen.

Es ist wichtig, dass hochgerechnete Werte immer als solche ausgewiesen werden und das angewendete Hochrechnungsverfahren dokumentiert wird. Bei der Weiterverwendung von hochgerechneten Daten (z.B. Vergleiche, Interpretationen, Auswertungen) ist Vorsicht geboten. Es ist in jedem Fall zu prüfen, ob die vorgesehene Weiterverwendung überhaupt zulässig ist.

Für eine Hochrechnung sind in der Regel mindestens drei Schritte vorzunehmen:

- Stichprobenwahl
- Bestimmen der Hochrechnungsfaktoren
- Anwendung der Hochrechnungsfaktoren auf die Stichprobendaten

5.1 Hochrechnung anhand von Referenzzählstellen

Wird im Rahmen einer Erhebung an mehreren Orten gezählt und es ist an den Zählstellen mit ähnlichen Verkehrsverläufen zu rechnen, so kann eine Zählstelle als Referenzzählstelle definiert werden. Diese Referenzzählstelle wird mindestens während dem ganzen Erhebungszeitraum betrieben. Die Zählraten der anderen Zählstellen können dann anhand der Ganglinie dieser Referenzzählstelle hochgerechnet werden. So können lokale Besonderheiten für die Hochrechnung bestmöglich berücksichtigt werden.

5.2 Hochrechnung MIV

5.2.1 Hochrechnung anhand von Ganglinien

In der VSS-Norm „SN 640 005b“ ist das Vorgehen beschrieben, wie anhand von Ganglinien der DWV und der DTV aus Stichprobenzählungen ermittelt werden kann. Es gilt zu beachten, dass die Norm in Agglomerationen nur bedingt anwendbar ist.

In der Norm sind verschiedene Wochen- und Jahresgangliniengruppen mit unterschiedlichen Charakteristiken angegeben, wobei die angegebenen Ganglinien mithilfe einer Clusteranalyse jeweils aus einer Gruppe von Ganglinien von Richtungszählstellen mit ähnlicher Charakteristik gebildet wurden. Bei den Wochenganglinien wird die stündliche Verkehrsmenge in Prozent des DWV ausgewiesen, wodurch auch die Berechnung der Verkehrsmengen an den Zähltagen möglich wird. Die Jahresganglinien zeigen die Monatsfaktoren in Prozent des Durchschnittsmonats. Durch die relativen Angaben wird ein Vergleich zwischen Ganglinien von unterschiedlich stark befahrenen Strassen ermöglicht.

Da in der Norm sowohl Ganglinien für den Gesamtverkehr als auch für den Schwerverkehr angegeben sind, sind Hochrechnungen für diese zwei Verkehrsarten möglich. Hochrechnungen für einzelne Fz-Kategorien sind hingegen mit dieser Methode nicht zulässig. Die eigentliche Hochrechnung erfolgt in mehreren Schritten.

Im ersten Schritt wird eine Stichprobenzählung einer Wochen- und einer Jahresgangliniengruppe zugeordnet. Oft ist dies anhand eines optischen Vergleichs der Ganglinien der Stichprobenzählung und der Wochen- bzw. Jahresganglinie möglich. Ist eine solche Zuordnung nicht eindeutig möglich, so wird die Stichprobenzählung denjenigen Gangliniengruppen (je eine Wochen- und Jahresgangliniengruppe) zugewiesen, mit der sie den

die höchsten Korrelationskoeffizienten aufweisen. Die Formel zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten ist in der VSS-Norm „SN 640 005b“ nachzuschlagen. Fand die Stichprobenzählung ausschliesslich in einem Monat statt, ist zur Bestimmung der zugehörigen Jahresgangliniengruppe weder ein optischer Vergleich noch die Berechnung des Korrelationskoeffizienten möglich. Die zugehörige Jahresgangliniengruppe muss in diesem Fall anhand der beschreibenden Attribute der Zählstelle ausfindig gemacht werden.

Sind die Wochen- und Jahresgangliniengruppen bekannt, so kann in einem zweiten Schritt der DWV berechnet werden. Die Eingangswerte für die Berechnung des DWV sind die gemessenen Stundenwerte der Verkehrsmenge, die zugehörigen prozentualen Anteile dieser Stundenwerte am DWV und der Monatsfaktor in dem die Zählung stattgefunden hat.

Im letzten Schritt wird anhand eines für jede Wochengruppe festgelegten Umrechnungsfaktors der DTV berechnet.

Die Genauigkeit der Hochrechnung ist neben der Stichprobengrösse abhängig von den genauen Zählzeiten. In der Norm sind für jede Wochen- bzw. Jahresgangliniengruppe die Standardabweichung sowie das 95%- und 50%-Schwankungsintervall für jede Stunde bzw. jeden Monat angegeben. Für detailliertere Angaben dazu ist die Norm „SN 640 005b“ zu konsultieren.

5.2.2 Nachbarschaftsverfahren

Das Nachbarschaftsverfahren beruht auf der verkehrlichen Ähnlichkeit zwischen der temporären Zählstelle und verschiedenen permanenten Referenzzählstellen. Das Astra hat dieses Verfahren entwickelt und wendet es heute an, wobei die Berechnungen automatisiert ausgeführt werden. Die nachfolgenden Erläuterungen stützen sich auf Bättig, Brack, Meyer, Moser und Studer (2013).

Für die Hochrechnung wird in einem ersten Schritt das beste Regressionsmodell zur Schätzung der Anzahl Fz an der temporären Zählstelle bestimmt, wobei das Modell mit der kleinsten Summe der quadrierten Fehler gewählt wird:

$$y_h \approx \beta_1 x_{1h} + \beta_2 x_{2h} + \dots + \beta_k x_{kh} \quad (1)$$

$$\hat{y}_h = \beta_1 x_{1h} + \beta_2 x_{2h} + \dots + \beta_k x_{kh} \quad (2)$$

$$e_h = y_h - \hat{y}_h \quad (3)$$

$$SEE = \sum_{h \in Z} e_h^2 \quad (4)$$

β_i Parameter für die i-te Referenzmessstelle

e_h Fehler des Modells für die Schätzung der Anzahl Fz an der temporären Zählstelle in der Stunde h

SEE Summe der quadrierten Fehler (sum of squared errors)

x_{ih} Anzahl gezählte Fz an der i-ten permanenten Referenzzählstelle in der Stunde h

y_h Anzahl gezählte Fz an der temporären Zählstelle in der Stunde h

$\hat{y}_h$ Durch das Modell geschätzte Anzahl Fz an der temporären Zählstelle in der Stunde h

Z Betriebsperiode der temporären Zählstelle

Ist das Modell gemäss den obigen Erläuterungen bestimmt, so lassen sich in einem zweiten Schritt Modellschätzungen $\hat{y}_h$ für alle Stunden der Zielperiode berechnen. y_h und e_h sind jedoch nur für die Stunden der Betriebsperiode der temporären Zählstelle bekannt. Der gesamte Jahresverkehr lässt sich anhand folgender Formel abschätzen:

$$\sum_{h \in J} \hat{y}_h + \frac{N}{n} \sum_{h \in Z} e_h \quad (5)$$

J	Zielperiode der Hochrechnung
N	Anzahl Stunden in der Zielperiode (ein Jahr)
n	Anzahl Stunden in der Betriebsperiode
$\sum_{h \in J} \hat{y}_h$	Schätzung des Jahresverkehrs
$\frac{N}{n} \sum_{h \in Z} e_h$	Korrekturterm

Den DTV erhält man, indem man den mit Formel (5) berechneten Jahresverkehr durch die Anzahl Tage des Jahres teilt.

Die Schätzung von Tageswerten eines bestimmten Tagestyps (z.B. DWV, DSaV oder DSoV) kann ebenfalls vorgenommen werden, wobei bei der Abschätzung nur die Stunden des jeweiligen Tagestyps berücksichtigt werden. Auch die durchschnittlichen Tagesganglinien können mit dieser Methode abgeschätzt werden.

Will man die Verkehrsmengen von verschiedenen Fz-Kategorien hochrechnen, so ist das gesamte Verfahren für jede einzelne Kategorie anzuwenden, wobei es zu beachten gilt, dass sich die Fz-Kategorien der temporären Zählung und der permanenten Zählstellen entsprechen müssen.

Für den DTV ergeben sich bei diesem Verfahren ungefähr die in der folgenden Tabelle angegebenen Genauigkeiten.

<i>Tabelle 5.48 Genauigkeit, die mit 95% Sicherheit eingehalten wird (Bättig et al., 2013)</i>				
DTV	Genauigkeit in Abhängigkeit der Dauer der Stichprobenzählung [%]			
	1 Woche	2 Wochen	4 Wochen	10 Wochen
ca. 5'000	+/- 20	+/- 16	+/- 14	+/- 10
ca. 10'000	+/- 11	+/- 9	+/- 8	+/- 6
ca. 20'000	+/- 10	+/- 8	+/- 7	+/- 5

Die Zielperiode für die Berechnung der durchschnittlichen Tageswerte einer Kurzzeitzählstelle ist i.d.R. das Kalenderjahr, in dem gezählt wurde. Die Berechnung ist jedoch erst nach Abschluss des Kalenderjahrs möglich, da erst dann die zur Berechnung benötigten Daten der Dauerzählstellen verfügbar sind. Das Verfahren erlaubt jedoch auch Zielperioden, die nicht einem Kalenderjahr entsprechen.

5.2.3 Faktorbasiertes Hochrechnungsverfahren nach Arnold et al. (2008)

Für die in Kapitel 4.2.1 erwähnten Zählzeiten gibt es ein in Deutschland entwickeltes Hochrechnungsverfahren, welches in Arnold et al. (2008) erläutert wird. Da es sich um ein einfach anzuwendendes Hochrechnungsverfahren handelt, wird es im vorliegenden Bericht beschrieben, obwohl das Verfahren für Deutschland entwickelt wurde.

Dieses Hochrechnungsverfahren ist für Hauptverkehrsstrassen im Innerortsbereich anwendbar. Es scheint plausibel, dass die Verkehrsabläufe auf den betreffenden Strassen in der Schweiz vergleichbar mit denjenigen in Deutschland sind. Dennoch ist vor der Anwendung zu prüfen, ob örtliche Einflüsse die Verwendung des Hochrechnungsverfahrens ausschliessen. Das Vorgehen des Hochrechnungsverfahrens ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

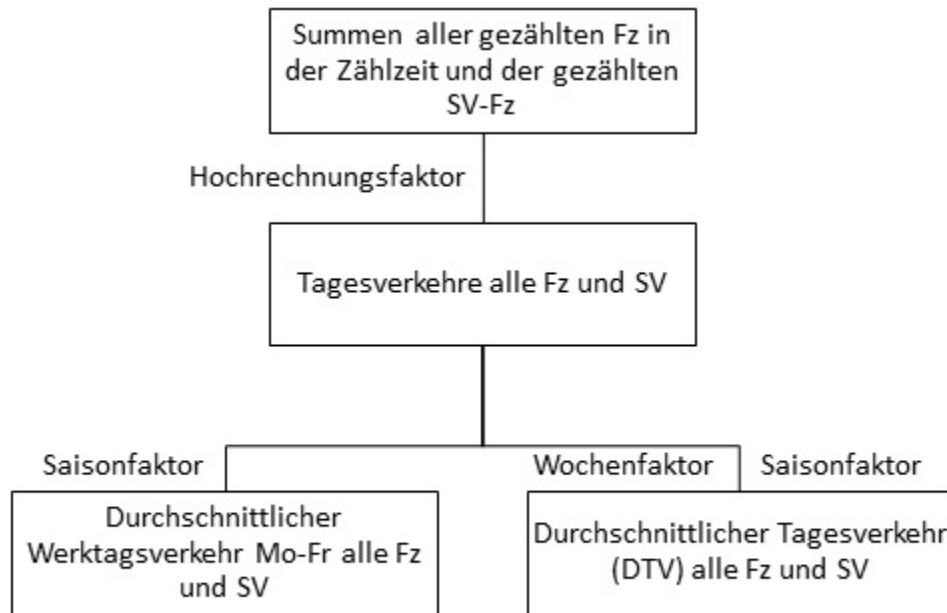


Abb. 5.5 Vorgehen des Hochrechnungsverfahrens nach Arnold et al. (2008).

Im Folgenden werden die Schritte des Hochrechnungsverfahrens im Detail erläutert.

In einem ersten Schritt wird die Stichprobenzählung mit einem Hochrechnungsfaktor auf den Tagesverkehr (TV) des Erhebungstages hochgerechnet. Arnold et al. (2008) gibt dabei für den Tagesverkehr verschiedene mögliche Zeiträume an:

- 00.00-24.00
- 06.00-22.00
- 06.00-18.00

Für Lärmberechnungen ist beispielsweise der Zeitraum 06.00-22.00 relevant. Die für die Verkehrsplanung interessierenden Grössen DWV, DTV beziehen sich jedoch auf den Zeitraum 00.00-24.00 Uhr, weshalb sich die folgenden Erläuterungen darauf konzentrieren.

Die Hochrechnungsfaktoren auf den Tagesverkehr sind abhängig von der Spitzenstundenbelastung in Motorfahrzeugen (Mfz) pro Stunde und von der Zählzeit der durchgeführten Stichprobenzählung. Die mittleren Hochrechnungsfaktoren sowie der Variationskoeffizient und das 85%-Perzentil sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 5.49 Angaben zu den Hochrechnungsfaktoren für die Bestimmung des Tagesverkehrs (00.00-24.00 Uhr) aus Stichprobenzählungen (Arnold et al., 2008)

Zählzeit	Spitzenstundenbelastung (Mfz/h)	Mfz			SV		
		Hochrechnungsfaktor (Mittelwert)	Variationskoeffizient [%]	85%-Perzentil	Hochrechnungsfaktor (Mittelwert)	Variationskoeffizient [%]	85%-Perzentil
15.00-19.00 Uhr	unter 400	3.25	8.8	2.89-3.71	5.48	91.7	2.94-10.48
	400-900	3.37	8.4	3.03-3.86	4.40	25.9	3.17-5.66
	900-1'700	3.39	8.3	3.07-3.73	4.63	23.2	3.42-6.08
	1'700-2'600	3.49	5.4	3.26-3.85	5.02	22.6	3.93-6.02
	über 2'600	3.65	7.7	3.27-4.13	5.10	12.0	4.28-6.02
06.00-09.00 bzw. 07.00-10.00; 12.00-14.00 und 15.00-18.00 Uhr	unter 400	1.85	7.5	1.70-2.04	1.79	15.3	1.52-2.25
	400-900	1.85	4.6	1.72-1.95	1.78	7.8	1.60-1.97
	900-1'700	1.85	5.0	1.74-1.98	1.78	7.2	1.61-1.99
	1'700-2'600	1.89	4.1	1.77-2.01	1.81	5.8	1.65-1.99
	über 2'600	1.97	6.2	1.81-2.17	1.93	7.3	1.76-2.16
06.00-10.00 bzw. 07.00-11.00 und 15.00-19.00 Uhr	unter 400	1.83	7.0	1.70-2.05	1.91	18.6	1.56-2.30
	400-900	1.83	5.8	1.71-2.00	1.84	8.0	1.65-2.10
	900-1'700	1.84	5.8	1.68-2.01	1.86	8.2	1.66-2.04
	1'700-2'600	1.86	4.1	1.75-1.99	1.92	5.2	1.75-2.07
	über 2'600	1.93	6.4	1.75-2.14	2.03	8.5	1.78-2.29

Aus dem berechneten Wert für den TV lässt sich durch Multiplikation mit einem Saisonfaktor der DWV berechnen. Die Saisonfaktoren sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 5.50 Angaben zu Saisonfaktoren für die Bestimmung des DWV (Arnold et al., 2008)

Monat	Mfz			SV		
	Saisonfaktor (Mittelwert)	Variationskoeffizient [%]	85%-Perzentil	Saisonfaktor (Mittelwert)	Variationskoeffizient [%]	85%-Perzentil
April	0.98	2.9	0.93-1.03	0.94	6.2	0.84-1.03
Mai	0.97	2.6	0.92-1.01	0.93	7.5	0.85-1.03
Juni	0.98	2.8	0.94-1.01	0.95	7.5	0.84-1.03
Juli	0.98	3.2	0.94-1.04	0.96	8.6	0.81-1.10
August	0.98	4.1	0.93-1.04	0.98	5.0	0.89-1.05
September	0.99	3.7	0.94-1.04	1.00	12.8	0.90-1.15
Oktober	0.98	3.1	0.94-1.04	1.00	7.2	0.90-1.10

Ebenfalls aus dem TV lässt sich der DTV berechnen. Dazu muss der TV neben dem Saisonfaktor auch mit einem Wochenfaktor multipliziert werden. Über den Wochenfaktor wird berücksichtigt, dass die Stichprobenzählungen an Werktagen stattfinden. Die Wochen- und Saisonfaktoren zur Ermittlung des DTV sind in den folgenden zwei Tabellen ersichtlich.

Tabelle 5.51 Wochenfaktoren für die Bestimmung des DTV (Arnold et al., 2008)

Belastungs- klasse	Mfz			SV		
	Wochenfaktor (Mittelwert)	Variationsko- effizient [%]	85%-Perzentil	Wochenfaktor (Mittelwert)	Variationsko- effizient [%]	85%-Perzentil
unter 400	0.91	4.6	0.82-0.99	0.85	9.0	0.73-1.00
400-900	0.88	5.3	0.79-0.94	0.80	7.2	0.72-0.89
900-1'700	0.90	3.8	0.86-0.95	0.82	6.9	0.75-0.92
1'700-2'600	0.91	2.9	0.87-0.96	0.80	4.1	0.76-0.86
über 2'600	0.91	2.9	0.88-0.97	0.79	4.7	0.75-0.87
insgesamt	0.90	4.0	0.86-0.96	0.81	6.6	0.75-0.88

Tabelle 5.52 Saisonfaktoren für die Bestimmung des DTV (Arnold et al., 2008)

Monat	Mfz			SV		
	Saisonfaktor (Mittelwert)	Variations- koeffizient [%]	85%- Perzentil	Saisonfaktor (Mittelwert)	Variations- koeffizient [%]	85%- Perzentil
April	0.97	33.0	0.92-1.01	0.92	6.9	0.82-1.03
Mai	0.95	2.3	0.91-0.97	0.91	7.6	0.83-1.02
Juni	0.96	2.3	0.93-0.99	0.92	7.1	0.82-1.00
Juli	0.97	3.3	0.93-1.03	0.92	6.7	0.79-1.00
August	0.97	3.7	0.92-1.03	0.96	4.8	0.89-1.03
September	0.97	3.6	0.92-1.01	0.96	12.2	0.87-1.11
Oktober	0.96	2.8	0.93-1.02	0.97	7.9	0.89-1.06

In Arnold et al. (2008) ist auch eine Abschätzung der Hochrechnungsfehler vorgenommen worden. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Datenbasis dieser Abschätzung mit 42 zur Verfügung stehenden Dauerzählstellen relativ klein ist und es sich deshalb um eine grobe Fehlerabschätzung handelt. In der folgenden Tabelle sind die Abschätzungen des mittleren relative Fehler, des Variationskoeffizienten und des mittleren Absolutbetrags der relativen Fehler (MARF) für die verschiedenen Zählzeiten und Zielgrößen ersichtlich.

Tabelle 5.53 Abschätzung der Hochrechnungsfehler von Stichprobenzählungen (Arnold et al., 2008)

Zählzeit	Zielgrösse	Mfz			SV		
		Mittlerer relativer Fehler [%]	Variati- onskoef- fizient [%]	MARF [%]	Mittlerer relativer Fehler [%]	Variati- onskoef- fizient [%]	MARF [%]
15.00-19.00 Uhr	TV (00.00-24.00)	-0.68	7.53	5.86	-7.18	11.11	15.31
	DWV	-0.10	9.40	6.69	-3.41	13.78	15.60
	DTV	-2.11	10.55	9.05	-5.06	12.92	15.84
06.00-09.00 bzw. 07.00-10.00, 12.00-14.00 und 15.00-18.00 Uhr	TV (00.00-24.00)	-1.90	4.29	3.80	-0.79	5.06	4.16
	DWV	-1.33	6.94	5.35	3.24	9.56	7.69
	DTV	-3.32	8.15	6.88	1.63	10.80	8.37
06.00-10.00 bzw. 07.00-11.00 und 15.00-19.00 Uhr	TV (00.00-24.00)	-1.64	4.31	3.80	-7.16	4.83	7.42
	DWV	-1.07	6.97	5.35	-3.40	8.85	7.48
	DTV	-1.37	8.05	6.69	-4.95	9.65	8.69

Vor allem beim Schwerverkehr, weist die Hochrechnung relativ grosse Fehler auf. Für den DWV und den DTV sind die Fehler jedoch für viele Fragestellungen in einem vertretbaren Bereich.

5.2.4 Basiskurvenverfahren

Das im Folgenden beschriebene Basiskurvenverfahren wird der Vollständigkeit halber erwähnt, da es vom Astra mit dem Nachbarschaftsverfahren verglichen wurde. Das Astra hat sich wie bereits erwähnt für das Nachbarschaftsverfahren entschieden, weshalb das Basiskurvenverfahren nicht zur Anwendung empfohlen wird. Das anschliessend beschriebene Vorgehen stützt sich auf Matthiesen (2006).

Beim Basiskurvenverfahren dient als Datenbasis ein Satz an Ganzjahresganglinien (Eingangsganglinien), die richtungsgetreunt und stundenweise vorliegen. In einem ersten Schritt werden aus den Eingangsganglinien die für die Hochrechnung benötigten Basiscurven ermittelt. Die Form der Basiscurve erster Ordnung gibt den grössten Teil der Dynamik aller einzelnen Einheitsganglinien wieder. Zieht man von jeder Eingangsganglinie den in ihr enthaltenen Anteil dieser Basiscurve erster Ordnung ab, ergibt sich eine ganz anderes Bild, da die ausgeprägtesten Merkmale (Tag/Nacht- Asymmetrie, etc.) nicht mehr enthalten sind. Dafür treten nun andere Merkmale deutlicher hervor. Mit dem verbleibenden Rest kann man eine weitere Basiscurve generieren, welche der Basiscurve zweiter Ordnung entspricht. Die maximale Anzahl Wiederholungen dieses Vorgehens entspricht der Anzahl Eingangsganglinien. Man erhält also maximal so viele Basiscurven wie Eingangsganglinien in das Verfahren eingeflossen sind.

Hat man die Basiscurven ermittelt, so lässt sich die Stichprobenzählung relativ einfach auf eine Jahresganglinie hochrechnen, indem aus den Basiscurven mit einer Anpassungsrechnung ein Ganglinienverlauf erzeugt wird, der im Zeitintervall der hochzurechnenden Stichprobenzählung dem Ganglinienverlauf dieser Stichprobenzählung möglichst gut entspricht. Mit der erzeugten Jahresganglinie ist auch die gesuchte Jahresverkehrsmenge gegeben. Aus dieser lässt sich der DTV ableiten. Im genannten Artikel wird lediglich auf den DTV eingegangen. Grundsätzlich sollte sich aus der erzeugten Jahresganglinie auch der DWV, DSaV und DSoV bestimmen lassen.

Kurzzeitige Lücken in den Eingangsganglinien (Z.B. durch Ausfall eines Zählgerätes etc.) haben auf die Datenqualität der Basiscurven im entsprechenden Zeitabschnitt relativ grosse Auswirkungen.

Die beschriebenen Mängel des obigen Ansatzes können wirksam beseitigt werden, indem man die Basiscurven aus einem „Reduced Rank Regression“-Modell bestimmt.

Ein Nachteil des Basiskurvenverfahrens ergibt sich daraus, dass die Berechnungen auf Jahresganglinien beruhen, die aus demselben Jahr wie die hochzurechnende Zählung stammen müssen, was bedeutet, dass die Hochrechnung erst nach vollendetem Kalenderjahr stattfinden kann. Für viele Anwendungen ist dieses Verfahren deshalb nicht dienlich. Es besteht jedoch die Möglichkeit, Basiscurven eines noch nicht abgeschlossenen Jahres zumindest vorläufig hochzurechnen, ohne die erzielbare Genauigkeit signifikant zu verringern.

5.2.5 Vergleich der Hochrechnungsverfahren für den MIV

In der folgenden Tabelle ist ein Vergleich der wichtigsten Eigenschaften der Hochrechnungsverfahren des MIV ersichtlich.

Tabelle 5.54 Vergleich der Hochrechnungsverfahren

		Hochrechnungsverfahren			
		Ganglinien	Nachbarschaftsverfahren	Arnold et al.	Basiskurvenverfahren
Geltungsbereich		- für Zählungen auf allen Strassen - für Zählungen in Agglomerationen nur bedingt einsetzbar	- für Zählungen auf allen Strassen	- für Zählungen auf Hauptverkehrsstrassen innerorts	- für Zählungen auf allen Strassen
ermittelbare Zielgrößen	DWV (total)	•	•	•	(•)
	DTV (total)	•	•	•	•
	DsaV (total)		•		(•)
	DsoV (total)		•		(•)
	DWV (je Fz-Klasse)		•		
	DTV (je Fz-Klasse)		•		
	DsaV (je Fz-Klasse)		•		
	DsoV (je Fz-Klasse)		•		
	Ganglinien		•		•
Einfachheit		mittel	komplex	einfach	komplex
Genauigkeit		mittel	gut	mässig	mittel
Zählzeit		keine Vorgaben	Empfehlungen	klare Vorgaben	k.A.
erforderliche Zähldauer der Stichprobenzählung		k.A.	mindestens 1 Woche	4 oder 8 Stunden	k.A.
Durchführungszeitpunkt		zu jedem beliebigen Zeitpunkt	i.d.R. nach vollendetem Kalenderjahr	zu jedem beliebigen Zeitpunkt	i.d.R. nach vollendetem Kalenderjahr

Das Nachbarschaftsverfahren ist sicher prüfenswert, nicht zuletzt aufgrund der Vergleichbarkeit der Hochrechnungen und da sich die Hochrechnung auf jeweils aktuelle Werte von vergleichbaren Zählstellen stützt. Wird nicht das Nachbarschaftsverfahren angewandt, so wird das Hochrechnungsverfahren mit den Ganglinien empfohlen, da es sich dabei um ein in einer Schweizer Norm anerkanntes Verfahren handelt. Sind die Genauigkeitsanforderungen nicht allzu hoch so kann bei Zählungen an Hauptverkehrsstrassen innerorts u.U. auch das Verfahren von Arnold et al. angewendet werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass dieses Verfahren für Deutschland entwickelt wurde. Das Basiskurvenverfahren wird nicht zur Anwendung empfohlen.

5.3 Hochrechnung öV

Das Ziel von Hochrechnungen im öV ist i.d.R. die Anzahl beförderter Personen oder die Anzahl geleisteter Personenkilometer für bestimmte Zeiträume zu liefern, weshalb in diesem Kapitel auf die Ermittlung dieser Kennwerte eingegangen wird. Die Ausgabe der Kennwerte kann pro Linie, Strecke oder für ein bestimmtes Netz erfolgen.

Hochrechnung von manuellen Zählungen

Für die Hochrechnung müssen verschiedene Faktoren bestimmt werden, anhand derer eine Zählung dann hochgerechnet werden kann:

- Platzgruppenfaktor: Hochrechnung von den erfassten auf die angebotenen Platzgruppen jeder fahrplanmässigen Fahrt (entfällt bei Erhebungen ohne Platzgruppenauswahl)
- Fahrtenfaktor: Hochrechnung von den erhobenen auf die angebotenen fahrplanmässigen Fahrten einer Linie eines Wochentages
- Zeitfaktor: Hochrechnung von den Tageswerten auf die Zeit, auf die sich die Hochrechnung bezieht

Um die Faktoren bestimmen zu können ist i.d.R. während einer gewissen Zeitdauer eine Vollerhebung durchzuführen, damit die Anteile der Platzgruppen am ganzen Fahrzeug bzw. die Anteile der fahrplanmässigen Fahrten am Tagestotal abgeschätzt werden können.

Durch Multiplikation der einzelnen Faktoren ergibt sich der Gesamtfaktor, mit dem die Stichprobe hochgerechnet werden kann, um die gesuchten Kennwerte zu erhalten.

Hochrechnung von automatischen Zählungen

I.d.R. wird jede fahrplanmässige Fahrt mindestens einmal gezählt. Mit der Ausrüstung von 10% der Fz eines Transportunternehmens mit einem automatischen Zählsystem lassen sich mit einer entsprechenden Einsatzplanung der Fz alle fahrplanmässigen Fahrten einmal pro Quartal zählen. Dies gilt jedoch nur für Fz, die eine untrennbare Einheit bilden und bei denen alle Fz-Türen mit dem Zählsystem ausgerüstet sind. Wird ein Fz jeweils aus verschiedenen koppelbaren Einheiten zusammengestellt, wie dies im Schienenverkehr oft der Fall ist, so müssen i.d.R. mehr als 10% der koppelbaren Einheiten mit dem Zählsystem ausgerüstet werden. Der Grund dafür ist, dass die Disposition der koppelbaren Einheit entsprechend den Anforderungen (alle Einheiten mit Zählsystem ausgerüstet) schwer zu realisieren ist.

Ist jede fahrplanmässige Fahrt gezählt, so können die Daten für den entsprechenden Zeitraum hochgerechnet werden.

5.4 Hochrechnung Veloverkehr

Neben den auch bei MIV und öV vorhandenen Problemen, erschwert die starke Witterungsabhängigkeit des Veloverkehrs eine zuverlässige Hochrechnung für längere Zeiträume zusätzlich. Es existieren wohl deshalb kaum einheitliche Hochrechnungsverfahren für den Veloverkehr. Einige Aussagen können jedoch gestützt auf Schiller et al. (2011) trotzdem gemacht werden.

In Schiller et al. (2011) ist neben einem detaillierten Verfahren (ähnlich dem Basiskurvenverfahren des MIV), das hier nicht genauer erläutert wird, ein vereinfachtes Hochrechnungsverfahren enthalten, mit dem der Tagesverkehr und ein Wochenmittel (00:00-24:00 Uhr) berechnet werden kann. Dieses Verfahren wird im Folgenden erläutert.

Die Voraussetzung die vom Hochrechnungsverfahren an die Stichprobenzählung gestellt werden sind folgende:

- angegebene Zählzeiten (Monate, Stunden) sind eingehalten (siehe Tabelle 5.55)
- Tag mit trockenen Bedingungen

- Der Tagestyp der Zählung ist mit dem Funktionstyp der Zählstelle kompatibel (siehe Tabelle 5.57)

Die möglichen Zählzeiten der Stichprobenzählung sind von der Zähldauer und dem Tagestyp abhängig. In Tabelle 5.55 sind die möglichen Zählzeiten dargestellt.

Tabelle 5.55 mögliche Zählzeiten der Stichprobenzählung (Schiller et al., 2011)

Zähldauer	Tagestyp	Zählzeit
4 Stunden	Nur Montag-Freitag	14:00-18:00 Uhr
	Alle Tage	15:00-19:00 Uhr
8 Stunden	Nur Montag-Freitag	06:00-10:00 und 14:00-18:00 Uhr
	Alle Tage	07:00-11:00 und 15:00-19:00 Uhr
	Alle Tage	07:00-10:00, 12:00-14:00 und 15:00-18:00

Die eigentliche Hochrechnung erfolgt in drei Schritten. In einem ersten Schritt werden die Zählstellen nach den zwei Merkmalstypen Funktionstyp und Lagetyp klassifiziert. Der Funktionstyp beschreibt dabei durch welchen Verkehr (Alltagsverkehr oder Freizeit-/ touristischer Verkehr) der Veloverkehr an einer Zählstelle geprägt ist. Der Lagetyp gibt an, ob sich die Zählstelle an einem Ort mit hoher (z.B. Zentrum) oder geringer (z.B. Gebiet mit Verbindungsfunktion) Nutzungsdichte befindet. Die genaue Bezeichnung der Funktions- und Lagetypen sind in der folgenden Tabelle ersichtlich

Tabelle 5.56 Funktions- und Lagetypen von Veloverkehrszählstellen (Schiller et al., 2011)

Funktionstypen	Lagetypen
Alltagsverkehr (A)	geringe Nutzungsdichte (g)
Alltags- und Freizeitverkehr (AF)	hohe Nutzungsdichte (h)
Freizeitverkehr (F)	

In einem zweiten Schritt kann nun der Tagesverkehr (00:00-24:00 Uhr) des Erhebungstages hochgerechnet werden: Diese Hochrechnung erfolgt, indem die gesamte Verkehrsmenge der Stichprobenzählung mit einem Faktor hochgerechnet wird. Der Faktor ist dabei abhängig vom Tagestyp und vom Zählstellentyp. Die Faktoren sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 5.57 Hochrechnungsfaktoren zur Ermittlung des Tagesverkehrs (Schiller et al., 2011)

Zählzeit	Funktionstyp	Tagestyp		
		Mo-Fr	Sa	So + Feiertage
14-18 Uhr	A	3.32		
	AF	3.33		
	F	3.11		
15-19 Uhr	A	3.20	3.33	3.04
	AF	3.08	3.09	2.95
	F	2.95	2.89	2.78
06-10 und 14-18 Uhr	A	1.83		
	AF	1.90		
	F	1.85		
07-11 und 15-19 Uhr	A	1.71	2.18	2.18
	AF	1.74	2.13	2.12
	F	1.75	2.02	1.99
07-10, 12-14 und 15-18 Uhr	A	1.76	2.05	2.15
	AF	1.82	2.00	1.98
	F	1.82	1.97	1.88

Im dritten und letzten Schritt kann nun der durchschnittliche tägliche Verkehr einer Woche (Wochenmittel) ermittelt werden. Die dazu nötigen Hochrechnungsfaktoren sind, in Abhängigkeit von Funktions- und Lagetyp der Zählstelle sowie des Tagestyps, in Tabelle 5.58 angegeben.

Tabelle 5.58 Hochrechnungsfaktoren zur Ermittlung des durchschnittlichen Tagesverkehrs einer Woche

Funktionstyp	Lagetyp	Tagestyp		
		Mo-Fr	Sa	So + Feiertage
A	nicht definiert	0.840	1.786	2.381
AF	nicht definiert	0.893	1.429	1.587
F	nicht definiert	1.020	1.099	0.893
A	g	0.794	2.381	3.571
AF	g	0.871	1.786	1.429
F	g	1.050	1.020	0.794
A	h	0.850	1.587	2.041
AF	h	0.916	1.099	1.587
F	h	0.992	1.020	1.020

Das berechnete Wochenmittel gilt für Wochen mit trockenen Bedingungen und ansonsten gleichbleibenden klimatischen Verhältnissen.

Zu diesem Hochrechnungsverfahren sind keine Fehleranalysen bekannt.

5.5 Hochrechnung Fussverkehr

In Zweibrücken et al. (2005) wurde untersucht, wie und unter welchen Voraussetzungen aus kurzzeitigen Zählungen Stunden- und Tageswerte hochgerechnet werden können, wobei als Basis zehn 15-Stunden-Erhebungen in Zürich und fünf 12-Stunden-Erhebungen in Chur herangezogen wurden. Der Einsatzbereich der folgenden Hochrechnungen beschränkt sich auf Zählstellen in Räumen mit urbanem Charakter. Die folgenden Erläuterungen stützen sich auf diesen Bericht.

5.5.1 Hochrechnung auf Stundenwerte

Erfordern es finanzielle oder andere Restriktionen, dass nicht während ganzen Stunden gezählt werden kann, so besteht die Möglichkeit einer Hochrechnung. Dabei gilt es folgendes zu beachten:

- Die Frequenz soll mindestens 100 FG pro Stunde betragen
- Für folgende Erhebungsstunden kann das Verfahren angewandt werden:
 - 08:00-11:00 Uhr
 - 13:00-18:00 Uhr

Bei den übrigen Stunden ist für die Ermittlung der Stundenwerte eine Vollerhebung nötig.

Bei diesem Hochrechnungsverfahren wird der gezählte Wert mit vier (15-Minuten-Zählung) bzw. zwei (30-Minuten-Zählung) multipliziert, was den Stundenwert ergibt. Um Verzerrungen zu vermeiden wurden Zählungen im Umfeld von Bahnhöfen oder Schulhäusern nicht berücksichtigt. Die beobachteten Fehler sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 5.59 Streubereich der Fehler in Prozent bei der Hochrechnung auf Stundenwerte (Zweibrücken et al., 2005 S. 38)

	aufgrund von 15-Minuten-Zählungen				aufgrund von 30-Minuten-Zählungen		
	...:00-...:15	...:15-...:30	...:30-...:45	...:45-...:00	...:00-...:30	...:15-...:45	...:30-...:00
Maximum	108	51	80	94	42	31	54
95%	39	25	32	42	19	16	22
5%	-34	-29	-31	-31	-22	-20	-20
Minimum	-66	-54	-58	-62	-54	-44	-42

Wie aus der Tabelle ersichtlich wird, eignen sich für die Hochrechnung auf Stundenwerte die „mittleren“ 15- bzw. 30-Minuten-Zählungen (...:15-...:30 und ...:30-...:45) besser als die übrigen Zählzeiten. Dies scheint plausibel, da sich Veränderungen bei Fussgängerströmen i.d.R. kontinuierlich ergeben, wodurch die „mittleren“ Zählungen das beste Abbild einer Stunde liefern.

Die Fehlerquoten betragen, unter Berücksichtigung der voranstehenden Vorgaben, auf dem Sicherheitsniveau 95%:

+/- 30% bei 15-Minuten-Zählungen

+/- 20% bei 30-Minuten-Zählungen

5.5.2 Hochrechnung auf Tageswerte (07:00-19:00 Uhr)

Für die Hochrechnung auf Tageswerte kommen ein- oder zweistündige Stichprobenzählungen in Frage. Wenn möglich soll die Hochrechnung auf Zählungen von mindestens 200 FG beruhen. Bei zweistündigen Zählungen kann dieser Wert auch etwas unterschritten werden.

In der folgenden Tabelle sind für jede mögliche stündige bzw. zweistündige Stichprobenzählung die Hochrechnungsfaktoren (HRF) zur Ermittlung des Tageswerts und die dazu-

gehörigen relativen Fehler angegeben.

*Tabelle 5.60 Hochrechnungsfaktoren zum ermitteln des Tageswerte (07:00-19:00) (Zwei-
brücken et al., 2005)*

Stunde(-n)	Anteil am Tageswert [%]	Standardabweichung [%]	HRF	relativer Fehler (66% Niveau) [%]	relativer Fehler (95% Niveau) [%]
07-08	6.5	4.9	15.4	75	150
08-09	6.4	3.5	15.6	54	108
09-10	6.5	2.4	15.4	37	75
10-11	7.4	2.4	13.6	32	64
11-12	8.6	3.8	11.6	44	88
12-13	8.5	2.9	11.7	34	67
13-14	9.5	3.1	10.5	33	66
14-15	8.3	2.7	12.0	32	64
15-16	9.3	2.4	10.8	26	53
16-17	10.6	2.0	9.5	19	37
17-18	10.6	2.4	9.4	23	45
18-19	8.2	3.2	12.2	39	78
8-10	-	-	7.7	38	77
10-12	-	-	6.3	32	64
12-14	-	-	5.6	27	54
14-16	-	-	5.7	23	47
16-18	-	-	4.8	19	37
10-11 und 16-17	-	-	5.8	12	24

Soll aus einer einstündigen Zählung hochgerechnet werden, so eignet sich für die Stichprobenzählung am besten die Stunde zwischen 16:00 und 17:00 Uhr. Wird während zwei Stunden gezählt, so soll für ein optimales Hochrechnungsergebnis zusätzlich zwischen 10:00 und 11:00 Uhr gezählt werden.

Anhänge

I	Beispielfeldblätter	132
I.1	Strichliste für die Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt	132
I.2	Feldblatt für die Zählung von Fahrzeugen an einem Knoten	133
I.3	Feldblatt für die Erhebung und Identifikation von Fahrzeugen am Parkfeld	134
 II	 Entwurf VSS-Norm SN 640 002 Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung	 135

I Beispielfeldblätter

I.1 Strichliste für die Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt

Durchführende Firma

Zählung von Fahrzeugen am Querschnitt

Zählstelle Seestrasse

Name Zähler/in Hans Muster

Datum 03.03.2015

Wetter bewölkt

Intervall	17:00-17:15			
Richtung	Personenwagen	Lastwagen	Motorräder	Velos
stadt- auswärts	Stand Zähluhr: 91			
	Total 91	Total 5	Total 7	Total 10
stadt- einwärts	Stand Zähluhr: 64			
	Total 64	Total 4	Total 3	Total 8
Intervall	17:15-17:30			
Richtung	Personenwagen	Lastwagen	Motorräder	Velos
stadt- auswärts	Stand Zähluhr: 194			
	Total 103	Total 3	Total 7	Total 11
stadt- einwärts	Stand Zähluhr: 140			
	Total 76	Total 3	Total 5	Total 6
Intervall	17:30-17:45			
Richtung	Personenwagen	Lastwagen	Motorräder	Velos
stadt- auswärts	Stand Zähluhr:			
	Total	Total	Total	Total
stadt- einwärts	Stand Zähluhr:			
	Total	Total	Total	Total
Intervall	17:45-18:00			
Richtung	Personenwagen	Lastwagen	Motorräder	Velos
stadt- auswärts	Stand Zähluhr:			
	Total	Total	Total	Total
stadt- einwärts	Stand Zähluhr:			
	Total	Total	Total	Total

Durchführende Firma, Strasse, PLZ Ort, Telefon

I.2 Feldblatt für die Zählung von Fahrzeugen an einem Knoten

Durchführende Firma

Zählung von Fahrzeuge an einem Knoten

Knoten	Silbernstrasse/Mutschellenstrasse		
Zählstelle	Silbernstrasse	Name Zähler/in	Hans Muster
Datum	03.03.2015	Wetter	regnerisch

Intervall	17:00-17:15		
	 von Unterführung nach Silbern 	 von Gärtnerei nach Silbern 	 von Autobahn nach Silbern 
Personenwagen	Stand Zähluhr:	Stand Zähluhr:	Stand Zähluhr:
	Total	Total	Total
Lastwagen			
	Total	Total	Total
Motorräder			
	Total	Total	Total
Mofas			
	Total	Total	Total
Velos			
	Total	Total	Total

Intervall	17:15-17:30		
	 von Unterführung nach Silbern 	 von Gärtnerei nach Silbern 	 von Autobahn nach Silbern 
Personenwagen	Stand Zähluhr:	Stand Zähluhr:	Stand Zähluhr:
	Total	Total	Total
Lastwagen			
	Total	Total	Total
Motorräder			
	Total	Total	Total
Mofas			
	Total	Total	Total
Velos			
	Total	Total	Total

Durchführende Firma, Strasse, PLZ Ort, Telefon

I.3 Feldblatt für die Erhebung und Identifikation von Fahrzeugen am Parkfeld

Durchführende Firma
Erhebung der Parkfeldbelegung und Parkierdauer in Bahnhofsnähe

Datum: 03.03.2015

Anlage: Parkplatz Bahnhofplatz (20 Parkfelder)

Legende: 0 : leer

block : blockiert

123 : erste drei Zahlen des Kontrollschlids

= : dasselbe Kontrollschlid wie 30min vorher

Zählpersonal

Name Zähler/in 1: Hans Muster

Name Zähler/in 2: Peter Meier

Erhebungszeiten des Zählpersonals

08:00-11:00 Uhr und 14:00-17:00 Uhr

11:00-14:00 Uhr und 17:00-20:00 Uhr

Startzeiten der Rundgänge		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30
P-Nr		1	0	0	0																				
		2	0	0	0																				
		3	0	259	=																				
		4	468	=	=																				
		5	0	=	=																				
		6	0	864	0																				
		7	123	159	=																				
		8	410	=	0																				
		9	0	0	256																				
		10	0	0	654																				
		11	156	=	=																				
		12	654	=	=																				
		13	423	=	0																				
		14	489	444	=																				
		15	0	=	123																				
		16	0	=	199																				
		17	0	=	356																				
		18	block	block	block																				
		19	0	111	=																				
		20	0	222	=																				

II Entwurf VSS-Norm SN 640 002 Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung

Ersetzt / Remplace / Replaces:

SN 640 002, SN 640 004

Ausgabe / Edition:

2014-04

ICS-Code:

Verkehrserhebungen

Methoden der Verkehrsbeobachtung

Ref.-Nr. / N° de réf. / Ref. no.:

Herausgeber / Editeur / Editor:

Vertrieb / Distribution:

Anz. Seiten / Nb. de pages / No. of pages:

Gültig ab / Valide de / Valid from:

Schweiz. Verband der Strassen-
und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
CH-8005 Zürich
© VSS

Schweiz. Verband der Strassen-
und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
CH-8005 Zürich

Preisklasse / Classe de prix / Price class:

21

—

Urheberrechtsvermerk

© 2014, VSS Zürich

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des VSS.

Herausgeber

Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS
Sihlquai 255
8005 Zürich
Telefon +41 44 269 40 20
Fax +41 44 252 31 30
info@vss.ch
www.vss.ch

Bearbeitung**Liste der beteiligten Mitglieder**

Name, Vorname, Ort

Diese Norm wurde gemäss dem aktuellen Wissensstand in den Bereichen der Sicherheit und der Nachhaltigkeit erarbeitet.

Genehmigung**Publikation****Notice du droit d'auteur**

© 2014, VSS Zurich

Tous droits réservés. L'ouvrage et ses parties sont protégés par la législation sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation que celles autorisées par la loi nécessite l'accord préalable écrit de la VSS.

Editeur

Association suisse des professionnels
de la route et des transports VSS
Sihlquai 255
8005 Zurich
Téléphone +41 44 269 40 20
Fax +41 44 252 31 30
info@vss.ch
www.vss.ch

Elaboration**Ont collaboré à l'élaboration de la norme**

Nom, prénom, lieu

Cette norme a été élaborée sur la base des connaissances actuelles dans les domaines de la sécurité et du développement durable.

Approbation**Publication**

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A	Allgemeines	4
1	<i>Geltungsbereich</i>	4
2	<i>Gegenstand</i>	4
3	<i>Zweck</i>	4
B	Begriffe	4
C	Ablauf einer Verkehrsbeobachtung	4
4	<i>Festlegung der zu erhebenden Kenngrösse und Grundgesamtheit</i>	4
5	<i>Festlegung der erforderlichen Datenqualität</i>	4
6	<i>Eruieren der Randbedingungen</i>	4
7	<i>Erstellung Erhebungskonzept</i>	5
7.1	Erhebungsdauer, -zeiten und -intervalle	5
7.2	Wahl der Beobachtungsmethode	7
7.3	Personal und Materialplanung bei manuellen Beobachtungsmethoden	10
7.4	Wahl der Technologie bei automatischen Beobachtungsmethoden	11
7.5	Erhebungsorte	13
7.6	Dateneingabe, -auswertung und -aufbereitung	13
7.7	Metadaten	13
8	<i>Vorbereitung der Erhebung</i>	14
9	<i>Test- und Haupterhebung</i>	14
10	<i>Prüfung der erhobenen Daten</i>	15
11	<i>Aufbereitung und Dokumentation der Daten</i>	15
D	Gängige Beobachtungsmethoden	15
12	<i>Zählungen</i>	15
12.1	Manuelle Zählung von Objekten am Querschnitt oder je Knotenstrom	15
12.2	Automatische Zählung von Objekten am Querschnitt oder je Knotenstrom	16
12.3	Automatische Zählung und Identifizierung von mitgeführten Geräten mittels Bluetooth/WLAN	16
12.4	Manuelle Zählung von Fahrzeuginsassen von aussen	17
12.5	Automatische Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten	17
12.6	Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten	17
12.7	Manuelle oder automatische Zählung von Objekten an Kordon-Querschnitten	18
12.8	Manuelle Zählung von Objekten am Parkfeld oder Abstellplatz	18
12.9	Automatische Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld	18
12.10	Manuelle Zählung und Identifizierung von Fahrzeugen am Parkfeld oder Abstellplatz	19
12.11	Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden	19
12.12	Manuelle Zählung von Fahrgästen im Fahrzeug	20
12.13	Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden	20
13	<i>Messungen</i>	20
13.1	(Halb-)automatische Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen	20
13.2	Automatische Messung der Parkierdauer am Parkfeld	20
14	<i>Weitere Beobachtungsmethoden</i>	20
E	Literaturverzeichnis	21

Es wurden keine Einträge für das Inhaltsverzeichnis gefunden.

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Verkehrsbeobachtungen des ruhenden und fliessenden Verkehrs der Beförderungsarten motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr, Veloverkehr und Fussverkehr.

2 Gegenstand

Die Norm enthält Hinweise zum zweckmässigen Vorgehen bei Verkehrsbeobachtungen, zur Datenqualität, zur Hochrechnung und zum Datenschutz. Die häufigsten Methoden werden detailliert beschrieben. Vertiefte Aussagen zur Planung sind der SN 640 000 „Verkehrserhebung; Grundlagen“ [1] zu entnehmen.

3 Zweck

Die Norm soll ein effizientes Vorgehen bei Verkehrsbeobachtungen fördern, die Wahl der Methode vereinfachen und die Planung erleichtern. Detaillierte Hinweise sind in den Grundlagenberichten [4], [5] zu finden.

B Begriffe

Alle in dieser Norm verwendeten Begriffe sind in der Norm SN 640 001 „Verkehrserhebungen; Glossar“ [2] definiert.

C Ablauf einer Verkehrsbeobachtung

4 Festlegung der zu erhebenden Kenngrösse und Grundgesamtheit

Aufgrund der Fragestellung wird festgelegt, welche Kenngrösse und welche Grundgesamtheit zu erheben sind. Grundgesamtheiten sind z.B.:

- Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs
- Personen des motorisierten Individualverkehrs
- Personen im öffentlichen Verkehr
- Velos
- Zu Fuss Gehende

Die beschriebenen Kenngrössen der Verkehrsbeobachtung sind:

- Verkehrsbelastung am Querschnitt
- Knotenströme
- Verkehrsarten
- Fahrzeugbesetzungsgrad
- Abschnittsgeschwindigkeit
- Lokale Geschwindigkeit
- Parkfeldbelegung
- Velo-Abstellplatzbelegung
- Verkehrsaufkommensrate
- Parkierdauer
- Fahrgastwechsel an Haltestellen

5 Festlegung der erforderlichen Datenqualität

Die Datenqualität wird durch die Merkmale Relevanz und Vollständigkeit, Aktualität, Zugänglichkeit und Klarheit sowie Genauigkeit definiert. Für jedes dieser Merkmale ist für die spezifische Fragestellung festzulegen, welche Anforderungen die Erhebung erfüllen muss.

6 Eruiieren der Randbedingungen

Für jede Erhebung ist zu prüfen, welche Randbedingungen bestehen. Insbesondere zu folgenden Aspekten sind Überlegungen anzustellen:

- Zur Verfügung stehende finanzielle Mittel
- Zeitpunkt, wann Fragestellung beantwortet sein

- muss
- Zeitliche und zahlenmässige Verfügbarkeit von Personal
- Auszuwählende Erhebungszeiten aufgrund der Fragestellung
- Aufgrund der Fragestellung zu erfassende Verkehrsmittel-Kategorien.
- Restriktionen abhängig von den Erhebungsorten (z.B. fehlende Möglichkeiten für einen Stromanschluss)
- Zulässigkeit von Eingriffen in den Verkehr
- Datenschutz

7 Erstellung Erhebungskonzept

Aufgrund der vorangegangenen Schritte wird das Erhebungskonzept erstellt.

7.1 Erhebungsdauer, -zeiten und -intervalle

Die Erhebungsdauer und -zeiten sind so festzulegen, dass mit der erhobenen Stichprobe die festgelegte Datenqualität erreicht wird.

Die Erhebungszeiten müssen in erster Linie auf die zu beantwortende Fragestellung abgestimmt werden. Die Zeitempfehlungen in Tabelle 1 können dabei als Grundlage dienen.

7.1.1 Erhebungsmonate und Erhebungstage

Die Erhebungen sollen möglichst unbeeinflusst von vorhersehbaren und unerwünschten Verzerrungen sein (z.B. Ferien, Baustellen, Veranstaltungen, spezielle Feiertage,).

Für die Erhebung von gängigen verkehrlichen Grössen sind in der Regel Normalwerkstage in den Monaten April bis Oktober vorzusehen.

Ist der untersuchte Verkehr durch Freizeitverkehr dominiert, so ist in der Regel auch an Samstagen, Feier- und Ferientagen zu erheben.

7.1.2 Empfohlene Erhebungszeiten

Die empfohlenen Erhebungszeiten unterscheiden sich je nach Verkehrsmittel. In Tabelle 1 sind Hinweise zu möglichen Erhebungszeiten aufgeführt. Werden die Daten hochgerechnet, ist zu prüfen, ob das vorgesehene Hochrechnungsverfahren bestimmte Erhebungszeiten vorgibt.

Hinweise zu möglichen Zählzeiten			
Motorisierter Individualverkehr			
Zu erhebender Verkehr	Erhebungsziel	Zählstunden	Bemerkungen
Fliessender Verkehr	Allgemein	06:00-22:00 Uhr (davon min. 8 Std./Tag)	
	Innerorts	07:00-11:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 07:00-10:00 Uhr, 12:00-14:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr	falls morgendliche Spitzenstunde nach 07:00 Uhr
		06:00-10:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 06:00-09:00 Uhr, 12:00-14:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr	falls morgendliche Spitzenstunde vor 07:00 Uhr
		15:00-19:00 Uhr	für hochbelastete Hauptverkehrsstrasse
	Ausserorts	07:00-09:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr	für Normalwerktag
		15:00-18:00 Uhr	für Freitage und Ferienwerktag (Dienstag, Mittwoch)
		16:00-19:00 Uhr	für Sonntage
Ruhender Verkehr	Allgemein	06:00-22:00 Uhr	
	Wohngebiete	In den Nachtstunden (z.B. 22:00-05:00 Uhr)	
	Innenstadtlagen bzw. im Umfeld von Kultur- und Vergnügungsstätten	In den Abendstunden (z.B. 19:00-22:00 Uhr)	
Öffentlicher Verkehr			
Zu erhebender Verkehr	Erhebungsziel	Zählstunden	
Fliessender Verkehr	Allgemein	Gesamte Betriebszeit	
	Verkehrsspitze	06:00-10:00, 12:00-14:00 und 15:00-19:00 Uhr	
Veloverkehr			
Zu erhebender Verkehr	Erhebungsziel	Zählstunden	
Fliessender Verkehr	Allgemein	06:00-20:00 Uhr	
	Verkehrsspitze	Morgen- und Abendspitze (z.B. 06:00-09:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr) und zusätzlich 12:00-14:00 Uhr	
Ruhender Verkehr	Allgemein	06:00-20:00 Uhr	
	B+R-Anlagen an öV-Haltestellen, Schulen und Universitätsstandorte, Arbeitsstätten	Vormittags nach Schul- bzw. Arbeitsbeginn, evtl. zusätzlich auch mittags (z.B. 09:00 – 11:00 Uhr)	
	Einkaufsbereiche	Nachmittags (z.B. 14:00-18:00 Uhr)	
	Wohngebiete	Nachts (z.B. 22:00-05:00 Uhr)	
Fortsetzung Tabelle 1: Seite 7			

Hinweise zu möglichen Zählzeiten		
Fussverkehr		
Zu erheben- der Verkehr	Erhebungsziel	Zählstunden
Fliessender und ruhen- der Verkehr	Allgemein	06:00-20:00 Uhr
	Spitzenbelastung innerstädtisch	12:00-14:00 Uhr und 16:00-18:00 Uhr
	Einkaufsverkehre innerstädtisch	Öffnungszeiten plus jeweils eine Stunde vor und nach Öffnung
	Spitzenbelastung in homogen struktu- rierten Gebieten (z.B. Verwaltungs- zentren)	07:00-09:00 Uhr und 12:00-14:00 Uhr
	Im Umfeld von Ausbildungsstätten und Einkaufsein- richtungen	Morgen-, Abendspitzen (z.B. 07:00-09:00 Uhr und 15:00-18:00 Uhr) und 12:00-14:00 Uhr

Tab. 1
Hinweise zu möglichen Zählzeiten

7.1.3 Erhebungsintervalle

Abhängig von der Fragestellung ist festzulegen, welches Erhebungsintervall minimal nötig ist, um die erforderliche Datenqualität zu erreichen. Kann bei manuellen Erhebungen das Intervall ohne zusätzlichen Kostenaufwand verkürzt werden, so ist das kürzere Intervall für die Erhebung zu wählen. Übliche Intervalle bei manuellen Erhebungen sind 5, 10, 15, 30 und 60 Minuten. Bei automatischen Erhebungen sind die Möglichkeiten des gewählten Systems voll auszuschöpfen. Datenaggregationen können dann im Rahmen der Aufbereitung und Auswertung vorgenommen werden.

7.2 Wahl der Beobachtungsmethode

Die Methodenwahl ist abhängig von der zu erhebenden Kenngrösse und den zu erfassenden Verkehrsmittel-Kategorien. Finanzielle Restriktionen haben ebenfalls einen Einfluss auf die Methodenwahl, wobei hier die Dauer der Erhebung von entscheidender Bedeutung ist.

7.2.1 Kenngrösse

In Tabelle 2 ist dargestellt, welche Kenngrössen mit welchen Methoden erhoben werden können.

Methoden zur Erfassung von Kenngrössen												
Beobachtungsmethode	Kenngrössen											
	Verkehrsbelastung am Querschnitt	Knotenströme	Verkehrsarten	Fahrzeugbesetzungsgrad	Abschnittsgeschwindigkeit	lokale Geschwindigkeit	Parkfeldbelegung	Verkehrsaufkommensrate	Parkierdauer	Fahrgastmenge	Fahrgastwechsel an Haltestellen	Velo-Abstellplatzbelegung
Zählungen												
Manuelle Zählung von Fahrzeugen oder zu Fuss Gehenden am Querschnitt oder je Knotenstrom	•	•										
Automatische Zählung von Fahrzeugen oder zu Fuss Gehenden am Querschnitt bzw. je Knotenstrom	•	•										
Automatische Zählung/ Identifizierung von mitgeführten Geräten mittels Bluetooth/WLAN		•	•		•							
Manuelle Zählung von Fahrzeuginsassen von aussen				•								
Automatische Kontrollschilderfassung (Video) an Kordon-Querschnitten			•		•							
Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon-Querschnitten			•		•				•			
Manuelle oder automatische Zählung von Fahrzeugen an Kordon-Querschnitten							•	•				•
Manuelle Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld/ Velo-Abstellplatz							•					•
Automatische Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld							•	•				
Manuelle Zählung und Identifizierung von Fahrzeugen am Parkfeld/ Velo-Abstellplatz								•	•			
Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden										•	•	
Manuelle Zählung von Fahrgästen im Fahrzeug										•		
Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden										•	•	
Messungen												
(Halb-) automatische Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen						•						
Automatische Messung der Parkierdauer am Parkfeld									•			

Tab. 2
Methoden zur Erfassung von Kenngrössen

7.2.2 Kategorien

Die bei Erhebungen unterscheidbaren Verkehrsmittel-Kategorien sind abhängig, ob manuell oder automatisch erhoben wird. In Tabelle 3 sind die unterscheidbaren Kategorien aufgeführt. Die bei den automatischen Erhebungen angegebenen Kategorienbezeichnungen des motorisierten Individualverkehrs entsprechen dem Schema „Swiss 10“.

Unterscheidbare Kategorien bei Verkehrsbeobachtungen	
Manuelle Erhebungen	
Kategorienbezeichnung (optisch unterscheidbar)	Enthaltene Verkehrsmittel
Zu Fuss Gehende	Zu Fuss Gehende
Velos	Konventionelle Velos und E-Bikes ohne Kontrollschild
Motorfahrräder	konventionelle Motorfahrräder und E-Bikes mit Kontrollschild
Motorräder	Kleinmotorräder und einspurige Motorfahrzeuge mit zwei Rädern, mit oder ohne Seitenwagen, mit einer Nennleistung von mehr als 500 Watt sowie allenfalls andere (z.B. Kabinenroller/ Invalidenfahrzeug/ Dreirad)
Personenwagen und Lieferwagen	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Personen- oder Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen
Personen- und Lieferwagen mit Anhänger	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Personen- oder Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen mit Anhänger
Busse	Schwerer Motorwagen des öffentlichen Verkehrs zum Personentransport mit mehr als 9 Sitzplätzen und einem Gesamtgewicht von mehr als 3.5 t, z.B. Linien-Normalbus, Linien-Gelenkbus, Linienbus mit Anhänger, Trolleybus
Gesellschaftswagen	Schwerer Motorwagen des privaten Verkehrs zum Personentransport mit mehr als 9 Sitzplätzen und einem Gesamtgewicht von mehr als 3.5 t, z.B. Reiseкар, Werkbus, Schulbus
Lastwagen	Schwerer Motorwagen zum Sachentransport (Gesamtgewicht > 3.5 t)
Lastenzüge und Sattelzüge	Lastwagen mit Anhänger, Sattelzug, Ausnahmetransport/-fahrzeug
Fortsetzung Tabelle 3: Seite 11	

Unterscheidbare Kategorien bei Verkehrsbeobachtungen	
Automatische Erhebungen	
Kategorienbezeichnung ¹⁾	Enthaltene Verkehrsmittel
Zu Fuss Gehende	Zu Fuss Gehende
Velos	Konventionelle Velos und E-Bikes ohne Kontrollschild
Motorrad	Kleinmotorräder und einspurige Motorfahrzeuge mit zwei Rädern, mit oder ohne Seitenwagen, mit einer Nennleistung von mehr als 500 Watt
Personenwagen	Leichter Motorwagen (bis max. 3.5 t Gesamtgewicht) zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Fahrzeuglenker
Personenwagen mit Anhänger	Leichter Motorwagen (bis max. 3.5 t Gesamtgewicht) zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Fahrzeuglenker mit Anhänger
Lieferwagen	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen
Lieferwagen mit Anhänger	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen mit Anhänger
Lieferwagen mit Auflieger	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t Gesamtgewicht zum Sachentransport mit maximal 9 Sitzplätzen mit Auflieger
Bus, Car	Schwerer Motorwagen zum Personentransport mit mehr als 9 Sitzplätzen und einem Gesamtgewicht von mehr als 3.5 t, z.B. Reiserar, Bus, Trolleybus.
Lastwagen	Schwerer Motorwagen zum Sachentransport (Gesamtgewicht > 3.5 t)
Lastenzug	Lastwagen mit einem Anhänger sowie Sattelmotorfahrzeuge (Sattelschlepper und Sattelanhänger)
Sattelzug	Gespann aus einer speziellen Zugmaschine und einem Sattelaufliieger (Auflieger oder Trailer)

1) Klassen nach „Swiss 10“ zuzüglich zu Fuss Gehende und Velos

Tab. 3
Unterscheidbare Kategorien bei Verkehrsbeobachtungen

7.2.3 Erhebungsdauer

Manuelle Erhebungen eignen sich aus Kostengründen vor allem für kurze Erhebungsdauern von bis zu 48 Stunden in der Summe. Bei längeren Erhebungsdauern sind automatische Methoden in der Regel günstiger.

7.3 Personal und Materialplanung bei manuellen Beobachtungsmethoden

Es sind die notwendige Anzahl Personal und die vom Personal zu erfüllenden Anforderungen zu definieren. Eine Person kann in der Regel einen Einsatz von zwei bis drei Stunden am Stück leisten. Anschliessend sollte eine Pause von einer Stunde eingeplant werden. Insgesamt kann eine Person zwei bis drei Einsätze am Tag leisten. Allgemeine Anforderungen ans Personal sind sorgfältiges Arbeiten und beim Einsatz von Smartphones oder Tablets zudem grundlegende Erfahrungen in der Computer-Bedienung. Weitere Hinweise zu den Anforderungen sind in den Detailbeschreibungen der Methoden zu finden. Es ist sicherzustellen, dass für jede Person genügend Material zur Verfügung steht. Als Hilfsmittel kommen dabei Feldblätter, mechanische oder elektronische Handzählgeräte (z.B. Zähluhr), Spracherfassungsgeräte, Smartphones, Tablets oder Fotokameras in Frage.

7.4 Wahl der Technologie bei automatischen Beobachtungsmethoden

Bei automatischen Methoden ist zur Bestimmung des benötigten Materials abzuklären, welche Technologie zum Einsatz kommen soll. Welche Eigenschaften und Erfassungsmöglichkeiten die verschiedenen Technologien haben ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Eigenschaften von Technologien für Verkehrsbeobachtungen												
	Technologien											
	Induktionsschleife doppelt	Magnetfeldsen- sen- ren	Drucksensor dop- pelt	Radar	Lichtschranken	Ultraschall	Laser	Video	Infrarotsensor	Infrarotkamera	Druckplatten	Bluetooth/ WLAN
Eigenschaften												
Kosten	mittel	tief	tief	hoch	hoch	tief	hoch	hoch	tief	mittel	mittel	tief
Installationsanforderungen	mittel	tief	tief	mittel	hoch	hoch	hoch	hoch	tief	tief	mittel	tief
Langlebigkeit	hoch	tief	tief	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel
Installation unter Verkehr möglich				•	•	•	•	•	•	•		•
Witterungsunabhängig	•	•	•								•	•
Erhöhte Unfallgefahr für Zweiräder bei grossen Geschwindigkeiten		(•)	(•)									
Einsetzbar in Staubereichen	•	•					•	•	-	-	-	•
Einsetzbar in Bereichen mit Kurven	•	•	•				•	•	-	-	-	•
Einsetzbar bei Nacht	•	•	•	•			•	(•)	•	•	•	•
Erfassungsmöglichkeiten												
Erfassung des fliessenden motori- sierten Individualverkehrs	•	•	•	•	•	•	•	•				• ²⁾
Anzahl verschiedene Fahrzeugka- tegorien des motorisierten Individu- alverkehrs	10	2-5	2-5	5-8	2-5	2-5	10	8-10	-	-	-	1
Fahr-/Gehrichtung	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Zeitlücken	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Erfassung von Velos	•		•	•	•		•	•	• ¹⁾	•		• ²⁾
Erfassung von zu Fuss Gehenden							•	•	• ¹⁾	•	•	• ²⁾
Verkehrsbelastung	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	•	•	(•)
Verkehrsarten								•				•
Parkfeldbelegung		•				•			•			
Lokale Geschwindigkeit	•	•	•	•	•		•	•		•		

• trifft zu

(•) trifft unter bestimmten Umständen zu

- nicht relevant für die betreffende Technologie

1) keine Unterscheidung zwischen Velo- und Fussverkehr möglich

2) keine Unterscheidung zwischen motorisiertem Individualverkehr, Veloverkehr und Fussverkehr möglich

Tab. 4

Eigenschaften von Technologien für Verkehrsbeobachtungen

7.5 Erhebungsorte

Für die Wahl der Erhebungsorte gibt es je nach Methode unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen, die in der Tabelle 5 ersichtlich sind.

Zu berücksichtigende Aspekte bei der Wahl der Beobachtungsstandorte	
Mit Personal (manuelle Erhebungen)	Ohne Personal (automatische Erhebungen)
– Umfahrungsmöglichkeit der Zählstelle – Sicherheit für Personal – Sichtverhältnisse auf alle Fahrspuren – Witterungsschutz – Strassenbeleuchtung bei Zählungen Nachts	– Umfahrungsmöglichkeit der Zählstelle – Rückstaubereiche – Einfluss von parkierenden Fahrzeugen – Tageszeitliche Änderungen des Parkierungsregimes – Mögliche äussere Einflüsse auf Geräte (Witterung, Vandalismus, Verschmutzung, etc.) – Mögliche Fahrstreifenwechsel von Fahrzeugen – Anbringungsmöglichkeit für Geräte – Mischverkehre – Einfluss von elektrischen Leitungen und Stahllarmierungen – Sicht auf Fahrbahn gewährleistet – Technologieabhängige Standortrestriktionen (siehe auch Tabelle 4) – Stromanschluss

Tab. 5

Zu berücksichtigende Aspekte bei der Wahl der Beobachtungsstandorte

7.6 Dateneingabe, -auswertung und -aufbereitung

Bei der Eingabe von manuell erhobenen Daten ist darauf zu achten, dass die Eingabemaske möglichst gleich gestaltet ist wie die Feldblätter.

7.7 Metadaten

In SN 640 000 [1] sind die im Allgemeinen bei einer Erhebung zu erfassenden Metadaten aufgeführt. Je nach Erhebung ist die Erfassung von zusätzlichen Metadaten zu prüfen. In Tabelle 6 sind Hinweise zu Metadaten aufgeführt, die geprüft werden sollten. Für den Fussverkehr genügen in der Regel die in SN 640 000 [1] aufgeführten Metadaten.

Hinweise zu möglichen zusätzlichen Metadaten		
Motorisierter Individualverkehr	Öffentlicher Verkehr	Veloverkehr
Metadaten zu Strasseneigenschaften: – Strassentyp – Anzahl Fahrspuren – Knotentyp – Knotengeometrie	Metadaten zu Linien und Fahrzeugen: – Linien die gezählt werden – Fahrzeugtyp – Fassungsvermögen der Fahrzeuge	Metadaten zu Strasseneigenschaften: – Strassentyp – Knotentyp – Knotengeometrie – Umliegende Nutzungen mit grossem Einfluss auf das Verkehrsaufkommen (z.B. Bahnhöfe)
Fortsetzung Tabelle 6: Seite 14		

Hinweise zu möglichen zusätzlichen Metadaten		
Motorisierter Individualverkehr	Öffentlicher Verkehr	Veloverkehr
Metadaten zu Parkieranlagen: – Lage – Anzahl beobachteter Parkfelder, allenfalls inklusive illegaler Abstellmöglichkeiten – Eigentum – Zugänglichkeit (öffentlich oder eingeschränkt) – Parkierungsregime – Parkierungsregime von benachbarten Parkieranlagen – Zugeordnete Nutzung (z.B. Wohnen, Verkauf, Freizeit) – Technische Ausstattung – Vorhandene Signalisierung mit Ge- und Verboten – Angaben zu Parkleitsystemen, Parkfeldanordnung, Überdachung, etc.		Metadaten zu Parkieranlagen: – Lage – Anzahl beobachteter Abstellplätze, allenfalls inklusive illegaler Abstellmöglichkeiten – Eigentum – Zugänglichkeit (öffentlich oder eingeschränkt) – Öffnungszeiten der Anlage – Zugeordnete Nutzung (z.B. Wohnen, Verkauf, Freizeit) – Technische Ausstattung – Vorhandene Signalisierung mit Ge- und Verboten

Tab. 6
Hinweise zu möglichen zusätzlichen Metadaten

8 Vorbereitung der Erhebung

Es sind die nötigen Bewilligungen einzuholen. Stellen wie die lokale Polizei sind über die Erhebung zu informieren. Ausserdem ist genügend Erhebungspersonal zu Rekrutieren oder es sind genügend Beobachtungsgeräte zu organisieren.

Bei manuellen Erhebungen sind die Feldblätter beziehungsweise Eingabemasken möglichst benutzerfreundlich zu gestalten. Dabei sind in der Regel folgende Angaben enthalten:

- Datum der Erhebung
- Name der Zählperson
- Bezeichnung des Erhebungsortes oder der Erhebungsrute
- Zählintervall
- Zu erhebende Grundgesamtheit (allenfalls kategorisiert)

Die Instruktion des Erhebungspersonals ist mündlich vorzunehmen und die wichtigsten Merkmale der Erhebung sind in einem dem Zählpersonal auszuhändigenden Merkblatt zusammenzufassen.

Werden Methoden eingesetzt, die den Datenschutz tangieren, ist zu prüfen, ob und in welcher Form die Personen über die Erhebung zu informieren sind und welche Vorkehrungen zu treffen sind. Details dazu sind in SN 640 000 [1] oder [5] enthalten.

9 Test- und Haupterhebung

Bei komplexeren Erhebungen wird empfohlen, vor der Haupterhebung eine Testerhebung durchzuführen, aufgrund deren Resultate das Erhebungskonzept bei Bedarf nochmals angepasst werden kann.

Während der Haupterhebung sind stichprobenartige Kontrollen des Personals oder der Geräte durchzuführen. Bei manuellen Erhebungen ist vor dem Start sicherzustellen, dass die Uhren gleichgestellt sind und alle Erhebungsstellen mit Personal besetzt sind. Besondere Vorkommnisse während der Erhebung sollen protokolliert werden (z.B. auf der Rückseite der Feldblätter)

10 Prüfung der erhobenen Daten

Die erhobenen Daten sind auf Vollständigkeit und Plausibilität zu prüfen. Zur Prüfung der Plausibilität können beispielsweise bekannte Ganglinien von vergleichbaren Standorten oder die maximal erlaubte Parkierdauer dienen.

11 Aufbereitung und Dokumentation der Daten

Zur Aufbereitung der Daten können das Aggregieren sowie das Hochrechnen von erhobenen Daten gehören. Die Detailinformationen der Originaldaten sollten aber als solche abgelegt werden. Bei der Hochrechnung von Daten ist grosse Sorgfalt geboten und es ist auf jeden Fall anzugeben, dass es sich beim Resultat um hochgerechnete Daten handelt. Ein Verfahren zur Hochrechnung von Daten ist in der Norm SN 640 005 „Verkehrserhebungen; Ganglinien und durchschnittlicher werktäglicher Verkehr“ [3] beschrieben. Weitere Hochrechnungsverfahren sind in [4] zu finden.

Die Darstellung der Daten kann grafisch oder tabellarisch erfolgen. Für grafische Darstellungen bieten sich oft Ganglinien oder Belastungspläne an. Zusammen mit den Daten sind auch die erfassten Metadaten zu dokumentieren und allenfalls in einem technischen Bericht festzuhalten.

D Gängige Beobachtungsmethoden

12 Zählungen

12.1 Manuelle Zählung von Objekten am Querschnitt oder je Knotenstrom

Objekte (Fahrzeuge und/oder zu Fuss Gehende) werden von Zählpersonal gezählt. Als Hilfsmittel kommen Feldblätter, Handzählgeräte, Smartphones und Tablets in Frage. Hinweise zur Leistungsfähigkeit des Zählpersonals sind in Tabelle 7 dargestellt.

Erreichbare Erfassungsleistung mit zwei zu erfassenden Verkehrsmittel-Kategorien		
Bei Querschnittszählungen		
Hilfsmittel	Anzahl Fahrtrichtungen	Erreichbare Leistung pro Stunde
Feldblatt (Strichliste)	1	Bis zu 900 Objekte
	2	Bis zu 450 Objekte
Handzählgerät, Smartphone oder Tablet	1	Bis zu 1'800 Objekte
	2	Bis zu 900 Objekte
Fortsetzung Tabelle 7: Seite 16		

Erreichbare Erfassungsleistung mit zwei zu erfassenden Verkehrsmittel-Kategorien		
Bei Knotenstromzählungen		
Hilfsmittel	Anzahl zu erfassende Ströme	Erreichbare Leistung pro Stunde
Feldblatt (Strichliste)	1	Bis zu 900 Objekte
	2	Bis zu 700 Objekte
	3	Bis zu 500 Objekte
	4	Bis zu 400 Objekte
	5	Bis zu 300 Objekte
	6	Bis zu 200 Objekte
Handzählgerät, Smartphone oder Tablet	1	Bis zu 1'800 Objekte
	2	Bis zu 1'400 Objekte
	3	Bis zu 1'000 Objekte
	4	Bis zu 800 Objekte
	5	Bis zu 600 Objekte
	6	Bis zu 400 Objekte

Tab. 7

Erreichbare Erfassungsleistung mit zwei zu erfassenden Verkehrsmittel-Kategorien

Bei Knotenstromzählungen kann meist jeweils eine Zählperson pro Knotenarm postiert werden und alle ausfahrenden Ströme separat zählen.

12.2 Automatische Zählung von Objekten am Querschnitt oder je Knotenstrom

Objekte (Fahrzeuge und/oder zu Fuss Gehende) werden von Detektoren automatisch gezählt. Dazu können je nach Standort und Anforderung an die Datenqualität unterschiedliche Technologien verwendet werden (siehe Tabelle 4).

12.3 Automatische Zählung und Identifizierung von mitgeführten Geräten mittels Bluetooth/WLAN

Das Bluetooth- oder WLAN-Signal von Geräten, die von Objekten (Fahrzeuge und/oder Personen) mitgeführt werden, wird an Kordon-Querschnitten von Detektionsgeräten detektiert. Der Kordon umfasst mindestens einen Knoten und kann beliebig gross sein. Jedes Gerät ist anhand seines Signals eindeutig identifizierbar, wodurch Geräte, die unterschiedliche Zählstellen passieren, wiedererkannt werden können. Werden genügend hohe Geschwindigkeiten gefahren und liegen die Zählstellen genügend weit auseinander, können die Beförderungsarten motorisierter Individualverkehr, Veloverkehr und Fussverkehr über die ermittelte Geschwindigkeit unterschieden werden. Ist zum Bestimmen der Verkehrsarten Quell- und Zielverkehr die Fahrtrichtung von Interesse, so sind an jedem Kordon-Querschnitt jeweils in genügend Abstand zwei Detektionsgeräte zu positionieren.

Vorzugsweise wird an Standorten gezählt, die nur von der zu untersuchenden Grundgesamtheit passiert werden. Um von der Anzahl detektierten Geräte auf die Anzahl Objekte schliessen zu können, muss das Verhältnis von detektierten Geräten zu Anzahl Objekten mit einer Eichzählung an jeder Zählstelle bestimmt werden.

12.4 Manuelle Zählung von Fahrzeuginsassen von aus- sen

Mit Zählpersonal wird an Querschnitten der Fahrzeugbe-
setzungsgrad jedes Fahrzeugs gezählt. Als Hilfsmittel
kommen Feldblätter, Handzählgeräte, Smartphones und
Tablets in Frage. Eine Person kann eine Fahrspur zählen
und dabei die Insassen von etwa 450 Fahrzeugen pro
Stunde erfassen, wobei die gefahrene Geschwindigkeit
nicht über 50 km/h sein sollte. Das Zählpersonal muss
eine schnelle Auffassungsgabe und eine normale bis gute
Sehfähigkeit besitzen.

12.5 Automatische Kontrollschilderfassung an Kordon- Querschnitten

Mit Video-Kameras und entsprechender Analyse-Software
werden die Zeichenfolgen der Kontrollschilder mit Zeit-
stempel erfasst. Es gilt darauf zu achten, dass die Kame-
ras nur die Kontrollschilder, nicht aber die Fahrzeuginsas-
sen, erfassen. Moderne Systeme können Kontrollschilder
auf bis zu zwei Fahrspuren gleichzeitig erfassen.

Um während der eigentlichen Erhebungszeit den Durch-
gangsverkehr vom Quell- und Zielverkehr unterscheiden
zu können, muss die Erhebungszeit verlängert werden.
Der Vor- und Nachlauf entspricht der Zeit, die ein Fahr-
zeug benötigt um den Kordon zu durchqueren.

12.6 Manuelle Kontrollschilderfassung an Kordon- Querschnitten

Mit Zählpersonal werden die Zeichenfolgen der Kontroll-
schilder mit einer möglichst genauen Zeitangabe erfasst.
Als Hilfsmittel kommen Feldblätter (Listen), Spracherfas-
sungsgeräte, Fotoapparate und Videokameras in Frage,
wobei beim Einsatz von Fotoapparaten und Videokameras
die Auswertung erst im Büro erfolgt. Alle Kontrollschilder
müssen immer von derselben Seite der Objekte erfasst
werden, wobei in der Regel das hintere Kontrollschild
erfasst werden sollte. Hinweise zur Leistungsfähigkeit des
Erhebungspersonals sind in der Tabelle 8 zu finden.

Erreichbare Erfassungsleistung bei der manuellen Kontrollschilderfassung		
Hilfsmittel	Anzahl Personen pro Fahr- streifen	Erreichbare Leistung pro Stunde
Feldblatt	1	Bis etwa 200 Fahrzeuge
	2 (eine Person beobachtet und diktiert, eine schreibt)	Bis etwa 500 Fahrzeuge
Spracherfassungsgerät	1	Bis etwa 500 Fahrzeuge
Fotoapparat	1	Bis etwa 1'000 Fahrzeuge

Tab. 8

Erreichbare Erfassungsleistung bei der manuellen Kon-
trollschilderfassung

Muss das Zählpersonal die Kontrollschilder während der
Fahrt ablesen, so darf die gefahrene Geschwindigkeit
höchstens 50 km/h betragen. Ausserdem sind eine schnel-
le Auffassungsgabe und eine normale bis gute Sehfähig-
keit gefordert. Beim Einsatz von Spracherfassungsgeräten
muss das Zählpersonal instruiert werden die Kontroll-
schildnummern klar aufzusprechen.

Um während der eigentlichen Erhebungszeit den Durch-
gangsverkehr vom Quell- und Zielverkehr unterscheiden
zu können, muss die Erhebungszeit verlängert werden.

Der Vor- und Nachlauf entspricht der Zeit, die ein Fahrzeug benötigt um den Kordon zu durchqueren.

12.7 Manuelle oder automatische Zählung von Objekten an Kordon-Querschnitten

An allen Zu- und Wegfahrts-Querschnitten einer Parkierungs- oder Abstellanlage sind die interessierenden Objekte analog zur in Kapitel 12.1 (manuell) oder in Kapitel 12.2 (automatisch) beschriebenen Methode zu zählen. Dadurch kann die Verkehrsaufkommensrate der Anlage ermittelt werden. Um bei der Datenaufbereitung auch die Belegung der Anlage während der Erhebung ermitteln zu können, ist die Parkfeldbelegung zum Startzeitpunkt der Erhebung mit der in Kapitel 12.8 beschriebenen Methode zu ermitteln.

12.8 Manuelle Zählung von Objekten am Parkfeld oder Velo-Abstellplatz

Die Zählung der auf Parkfeldern parkierten Objekte oder der freien Parkfelder erfolgt während des Abschreitens der untersuchten Parkfelder durch Zählpersonal. Für das Abschreiten wird dem Zählpersonal eine definierte Laufstrecke vorgegeben. Diese wird bei der Untersuchung längerer Zeiträume innerhalb von vorgegebenen Zählintervallen mehrfach abgeschieden.

Die Leistungsfähigkeit ergibt sich aus der zurückzulegenden Laufstrecke und die Anzahl und Anordnung der Parkfelder entlang dieser Laufstrecke. In der Regel ist die Fussweggeschwindigkeit massgebend. Sind die Parkfelder senkrecht zur Laufroute und sehr dicht angeordnet, so muss mit einer reduzierten Fussweggeschwindigkeit gerechnet werden. Liegt das Zählintervall bei 15 Minuten, so braucht es für einen Strassenabschnitt von etwa 800 Metern beziehungsweise 80 bis 100 Parkfeldern eine Zählperson.

Neben den allgemeinen Anforderungen ans Zählpersonal sind grundlegende Kenntnisse im Kartenlesen beziehungsweise eine gute Instruktion zur Laufroute erforderlich.

12.9 Automatische Zählung von Fahrzeugen am Parkfeld

Durch Detektoren am Parkfeld wird registriert, ob ein Fahrzeug anwesend ist oder nicht (siehe Tabelle 4). Da Ultraschallsensoren über dem Parkfeld installiert werden müssen, sind sie hauptsächlich für die Anwendung in Parkhäusern geeignet.

12.10 Manuelle Zählung und Identifizierung von Fahrzeugen am Parkfeld oder Velo-Abstellplatz

Beim motorisierten Individualverkehr werden die Kontrollschilder der parkierten Fahrzeuge in einem definierten Raum von Zählpersonal auf Rundgängen in definierten Intervallen erfasst, wodurch bestimmt werden kann, ob ein Fahrzeug zwischen zwei Rundgängen bewegt wurde beziehungsweise zu- oder weggefahren ist. Beim Veloverkehr werden die abgestellten Velos markiert, damit sie bei einem Folgerundgang wiedererkannt werden können. Die Markierung kann durch Papierstreifen, Kreidemarkierungen oder Klebeetiketten erfolgen.

Die Intervalle sind so zu wählen, dass möglichst alle Parkvorgänge erfasst werden, insbesondere wenn die Verkehrsaufkommensrate zu bestimmen ist. Um die Effizienz zu steigern können auch nur Teile der Kontrollschilder erfasst werden (z.B. die ersten drei Ziffern).

Die Erfassungsleistung des Zählpersonals liegt beim Veloverkehr bei etwa 70-80 Fahrzeugen in 15 Minuten, sofern die Velos sehr dicht abgestellt sind und somit beinahe keine Wegstrecken zurückzulegen sind. Die Erfassungsleistungen für den motorisierten Individualverkehr sind in Tabelle 9 ersichtlich.

Erreichbare Erfassungsleistung bei einem 15-Minuten-Intervall		
Anordnung der Parkfelder	Weglänge	Anzahl Fahrzeuge
Längsparkierung	350-600 Meter	50-60
Schrägparkierung	250-350 Meter	50-80
Querparkierung	200-300 Meter	70-100

Tab. 9

Erreichbare Erfassungsleistung bei einem 15-Minuten-Intervall

Neben den allgemeinen Anforderungen sind vom Personal grundlegende Kenntnisse im Kartenlesen oder eine gute Instruktion zur Laufroute erforderlich.

12.11 Manuelle Zählung von Ein- und Aussteigenden

Die Ein- und Aussteigenden von öffentlichen Verkehrsmitteln werden durch Zählpersonal gezählt. Als Hilfsmittel kommen Feldblätter, Zählgeräte oder Tablets in Frage. Das Zählpersonal fährt entweder im Fahrzeug mit oder es wird an den Haltestellen stationiert.

In der Regel kann eine Zählperson die Personenströme an einer Fahrzeughälfte erfassen. Werden nur wenige Ein- und Aussteigende erwartet, ist zu prüfen, ob eine Zählperson mehrere oder alle Türen erfassen kann. Bei Bussen ist zu prüfen, ob der Chauffeur diese Aufgabe übernehmen kann. Die Methode ist auch für Linien mit kurzen Fahrzeiten zwischen den Haltestellen anwendbar.

12.12 Manuelle Zählung von Fahrgästen im Fahrzeug

Die Fahrgäste werden durch Zählpersonal im Fahrzeug auf der Strecke zwischen zwei Haltestellen gezählt. Ist die Auslastung so hoch, dass nicht mehr durch das Fahrzeug gegangen werden kann, so muss die Anzahl der Fahrgäste geschätzt werden. Ist das Fassungsvermögen des Fahrzeugs bekannt, kann die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Schätzung erhöht werden. Die Anzahl benötigtes Personal kann durch eine Testerhebung bestimmt werden. Die Methode ist gut geeignet für Linien mit einer tiefen bis mässigen Auslastung und mit längeren Fahrzeiten zwischen den Haltestellen.

12.13 Automatische Zählung von Ein- und Aussteigenden

Die Ein- und Aussteigenden werden mit technischen Hilfsmitteln an allen Fahrzeugtüren automatisch gezählt. Dies ist aktuell die am häufigsten eingesetzte Methode und sie eignet sich insbesondere für permanente Zählungen in Fahrzeugen. Es kommen hauptsächlich Infrarotsensoren zum Einsatz.

13 Messungen

13.1 (Halb-)automatische Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen

An einem definierten Strassenquerschnitt wird die Geschwindigkeit von vorbeifahrenden Fahrzeugen durch Detektoren gemessen. In der Regel erfolgt die Messung vollautomatisch. Nur beim Einsatz von Laserpistolen wird zur Messung Personal benötigt, wobei eine Person mit der Laserpistole auf das Kontrollschild des zu messenden Fahrzeugs zielt. Solche Laserpistolen haben eine Reichweite von bis zu 1'000 Metern.

Um unbeeinflusste Ergebnisse zu erhalten muss darauf geachtet werden, dass die Verkehrsteilnehmenden die Erfassungsgeräte höchstens dann als solche wahrnehmen, wenn die Messung bereits abgeschlossen ist.

13.2 Automatische Messung der Parkierdauer am Parkfeld

Die Messung der Parkierdauer erfolgt mit denselben Sensoren, mit denen die Parkfeldbelegung ermittelt werden kann (siehe Tabelle 4). Gemessen beziehungsweise ausgewertet wird jedoch die Zeitdauer, während der ein Parkfeld belegt ist.

14 Weitere Beobachtungsmethoden

Neben den häufig eingesetzten und detailliert beschriebenen Beobachtungsmethoden gibt es weitere Methoden, die für Verkehrsbeobachtungen eingesetzt werden können:

- Detektion und Identifikation von Fahrzeugen anhand von im Fahrzeug oder in mitgeführten Geräten installierten Technologien ähnlich der Methode mit Bluetooth/WLAN (z.B. RFID, GPS, GSM)
- Auswertung von Luftbildern
- Auswertung von Zugangskontrollen
- Bezettelung von zu Fuss Gehenden
- Gesichtserkennung von zu Fuss Gehenden
- Blitzlicht-/ Scanner-/ Buranomethode zur Erfassung von zu Fuss Gehenden

E Literaturverzeichnis

- [1] SN 640 000a Verkehrserhebungen;
Grundlagen
- [2] SN 640 001a Verkehrserhebungen;
Glossar
- [3] SN 640 005b Verkehrserhebungen;
Ganglinien und durchschnittlicher
werktäglicher Verkehr
- [4] Schneider, S. und D. Hirzel (2015); Verkehrserhe-
bungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung. VSS
Forschungsprojekt 2009/102
- [5] Widmer, P., P. Aemisegger und M. Schoch (2015);
Verkehrserhebungsmethoden: Systematik und
Glossar. VSS Forschungsprojekt 2009/101

Glossar

Begriff	Bedeutung
Abschnittsgeschwindigkeit	Die durchschnittliche von einem Fahrzeug gefahrene Geschwindigkeit auf einem definierten Abschnitt.
Abstellplatzbelegung	Kenngrösse, die beschreibt ob auf einem Abstellplatz ein Velo abgestellt ist (belegt) oder nicht (frei).
aperiodische Erhebung	In unregelmässigen Zeitabständen wiederholt durchgeführte Erhebung
Aufenthalt von Personen	Kenngrösse des Fussverkehrs. Sie dokumentiert die Anzahl Personen, die sich in einem definierten Raum aufhalten.
automatische Zählung	Verkehrszählung, welche mit technischen Hilfsmitteln ohne Anwesenheit von Personal durchgeführt wird.
B	Busse, Gesellschaftswagen
Belegungsgrad	Verhältnis der Anzahl zu einem Zeitpunkt abgestellten Fahrzeuge zur Anzahl der vorhandenen Parkfelder.
Besetzungsgrad	Anzahl der Fahrzeuginsassen (Fahrzeuglenkende und Mitfahrende) pro Fahrzeug
Binnenverkehr	Wege, deren Start- und Endpunkte innerhalb eines festgelegten Untersuchungsgebietes liegen.
Bluetooth	Funkbasiertes Kommunikationssystem, welches in Smartphones, Computern, Autoradios, etc. verwendet wird. Bluetooth Sender und Empfänger sind mit der eindeutigen Seriennummer (MAC-Adresse) identifizierbar.
Datenschutz	Schutz von persönlichen oder geschäftlichen Daten vor dem Zugriff durch Dritte.
Dauerzählung	Zählungen mit permanent eingerichteten automatischen Zählgeräten über einen längeren, nicht vorgängig begrenzten Zeitraum.
Doppelreflexion	Das vom Radar gesendete elektromagnetische Signal wird von der Fahrzeugfront des zu messenden Fz zu einem Reflektor (z.B. Brücke) abgelenkt. Von diesem Reflektor gelangt das Signal erneut auf die Fahrzeugfront des zu messenden Fz und von dort zum Empfänger. Das zweimalige Auftreffen auf der Fahrzeugfront führt zu einer Verdoppelung der gemessenen Geschwindigkeit gegenüber der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit.
Drucksensoren	Sammelbegriff für Sensoren (Schlauch-, Piezo- oder Glasfaser-Sensoren) welche Druckveränderungen bei der Überquerung durch Fahrzeuge oder Personen registrieren und für Zählzwecke eingesetzt werden können.
DSaV	Durchschnittlicher Samstagsverkehr
DSoV	Durchschnittlicher Sonntagsverkehr
DTV	Durchschnittlicher Tagesverkehr
Durchgangsverkehr	Der Durchgangsverkehr ist der Verkehr, der einen beobachteten Raum quert. Der Beginn und das Ende des Durchgangsverkehrs liegen ausserhalb des beobachteten Raums. Es kann zwischen echtem und gebrochenem Durchgangsverkehr unterschieden werden.
Durchschnittlicher Samstagverkehr	Beim durchschnittlichen Samstagverkehr wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Samstagen eines Jahres mit Ausnahme von Feiertagen gebildet. Für Strassen mit Wintersperre wird für die Berechnung die Öffnungsperiode berücksichtigt.
Durchschnittlicher Sonntagsverkehr	Beim durchschnittlichen Sonntagsverkehr wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Sonn- und Feiertagen eines Jahres gebildet. Für Strassen mit Wintersperre wird für die Berechnung die Öffnungsperiode berücksichtigt.
Durchschnittlicher Tagesverkehr	Beim durchschnittlichen Tagesverkehr wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Tagen eines Jahres gebildet. Für Strassen mit Wintersperre wird für die Berechnung die Öffnungsperiode berücksichtigt.
Durchschnittlicher Werktagsverkehr	Beim durchschnittlichen Werktagsverkehr wird der Mittelwert des 24-Stundenverkehrs aus allen Werktagen (Montag - Freitag) eines Jahres mit Ausnahme von Feiertagen gebildet. Für Strassen mit Wintersperre wird für die Berechnung die Öffnungsperiode berücksichtigt.
DWV	Durchschnittlicher Werktagsverkehr

Begriff	Bedeutung
E-Bike	Velos, welche mit einem Elektromotor ausgestattet sind. Es wird zwischen leichten Motorfahrrädern (max. 0.5 kW Motorleistung und Tretunterstützung bis $V_{\max} = 25 \text{ km/h}$) und Motorfahrrädern (max. 1 kW Motorleistung und Tretunterstützung bis $V_{\max} = 45 \text{ km/h}$) unterschieden.
Echter Durchgangsverkehr	Durchgangsverkehr, der ohne Unterbrechung der Fahrt den beobachteten Raum durchquert.
Erhebungsdauer	Die Erhebungsdauer entspricht den addierten Erhebungszeiten, während denen erhoben wird.
Erhebungsfehler	Fehler, welcher während der eigentlichen Datenerhebung geschieht, z.B. falsche oder fehlende Erfassung eines Zählobjekts.
Erhebungszeiten	Die Erhebungszeiten entsprechen den mit Start- und Endzeiten definierten Zeiten während denen erhoben wird.
Erhebungszeitraum	Der Erhebungszeitraum ist der Zeitraum vom Start der ersten Erhebung bis zum Ende der letzten Erhebung eines Projekts.
EVE	Empfehlungen für Verkehrserhebungen
Fahrgastmenge	Die Anzahl Fahrgäste in einem Fahrzeug des öffentlichen Verkehrs.
Fahrgastwechsel	Kenngrosse des öffentlichen Verkehrs, welche die Anzahl Ein- und Aussteigvorgänge der Fahrgäste an einer Haltestelle dokumentiert.
FG	zu Fuss Gehende
Veloverkehr	Der Veloverkehr gehört zum Individualverkehr und ist der Anteil des Verkehrs, der mit dem Velo zurückgelegt wird.
Fahrzeugbesetzungsgrad	Kenngrosse des motorisierten Individualverkehrs und des öffentlichen Verkehrs. Sie dokumentiert die Anzahl Personen in einem Fahrzeug.
fahrplanmässige Fahrt	Eine fahrplanmässige Fahrt ist i.d.R. durch die Merkmale öV-Linie, Wochentag und Abfahrtszeiten an den Haltestellen definiert. Wöchentlich wiederholte Fahrten (gleiche Linie und gleiche Abfahrtszeiten an den Haltestellen) sind dieselben fahrplanmässigen Fahrten. Unter Umständen können auch fahrplanmässige Fahrten unterschiedlicher Wochentage (z.B. Werktage) zu einer fahrplanmässigen Fahrt zusammengefasst werden.
Fahrtenfaktor	Faktor, mit dem die erhobenen Fahrten im öffentlichen Verkehr auf die angebotenen fahrplanmässigen Fahrten einer Linie eines Wochentages hochgerechnet werden.
Farbhistogramm-Analyse	Methode zur automatischen Identifikation von Fahrzeugen anhand von Farben, z.B. für Kordonerhebungen. Mittels Software werden für die mit einer Videokamera erfassten Fahrzeuge Farbhistogramme erstellt, anhand derer sie identifiziert und an einem anderen Videokamera-Standort wieder erkannt werden können.
FCD	Floating Car Data
Feldblatt	Für eine Erhebung angefertigtes Formular in welchem die erfassten Merkmale registriert werden.
Fliessender Verkehr	Zum fliessenden Verkehr zählen sich bewegende oder aufgrund der Verkehrssituation haltende Fahrzeuge und Personen.
Floating Car Data	Methode zur Erhebung von Fahrzeugtrajektorien, in der Regel mittels in Fahrzeugen mitgeführten GPS-Geräten, deren Daten gespeichert (GPS-Logger) oder an eine Zentrale übermittelt werden.
Fussverkehr	Der Fussverkehr gehört zum Individualverkehr und ist der Anteil des Verkehrs, der zu Fuss zurückgelegt wird.
Fz	Fahrzeug
Ganglinie	Zeitlicher Verlauf des Verkehrsaufkommens über eine festgelegte Zeitspanne (z.B. Tages-, Wochen-, Jahresganglinien). Ganglinien lassen beispielsweise die zeitliche Variation der Verkehrsbelastung auf einer Verkehrsinfrastruktur erkennen.
Gebrochener Durchgangsverkehr	Durchgangsverkehr, der mit Unterbrechung der Fahrt, beispielsweise zur Verpflegung, den beobachteten Raum durchquert.
Genauigkeit	Inhärentes Merkmal der Qualität; die Genauigkeit der Erhebungsdaten wird durch deren Richtigkeit und Präzision bestimmt. Eine hohe Richtigkeit verlangt möglichst kleine systematische Fehler, eine hohe Präzision möglichst kleine Stichprobenfehler.
Geschichtete Stichprobe	Die Grundgesamtheit wird nach bestimmten Merkmalen in Schichten unterteilt. Aus diesen Schichten werden zufällige Stichproben gezogen.
Gesellschaftswagen	Schwerer Motorwagen zum Personentransport mit mehr als 9 Sitzplätzen und einem Gesamtgewicht von mehr als 3.5 t, z.B. Reiseкар, Bus, Trolleybus.

Begriff	Bedeutung
Gewichtung	Mit einer Gewichtung wird versucht die Verzerrung einer Stichprobe (z.B. Aufgrund von Nicht-Antwort-Verhalten oder einem ungenügenden Stichprobenrahmen) der Grundgesamtheit anzunähern.
Global Positioning System	Von den USA betriebenes satellitengestütztes Positionierungssystem. Mit einem GPS-Empfänger (z.B. in einem GPS-Logger, Smartphone oder Navigationsgerät) wird die aktuelle Position der mit einem solchen Gerät ausgerüsteten Person oder eines damit ausgestatteten Fahrzeuges erfasst. GPS kommt beispielsweise bei der Floating Car Data- Methode oder bei Mobilitätsbefragungen zum Einsatz.
Global System for Mobile Communications	Global System for Mobile Communications (GSM) ist der weltweit am meisten verbreitete Standard für voll-digitale Mobilfunknetze
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
Grundgesamtheit	Alle Personen oder Fahrzeuge, für die man mit Hilfe der erhobenen Daten Aussagen machen möchte.
GSM	Global System for Mobile Communications
Güterverkehr	Alle Verkehrsaktivitäten zum Zweck des Gütertransports (Strasse, Schiene, Wasser, Luft, Rohrleitung)
Hashwert	Ein Eingangswert wird mit einer Hashfunktion in einen nicht eindeutigen Hashwert umgerechnet. Mehrere Eingangswerte liefern somit denselben Hashwert.
Hauptverkehrszeit	Zeitperiode im Tages- oder Jahresverlauf mit der höchsten zu erwartenden Verkehrsbelastung.
HVZ	Hauptverkehrszeit
ID	Künstlich zugewiesenes Merkmal zur eindeutigen Identifizierung eines Objektes, z.B. RFID, Fahrzeugkennzeichen.
Individualverkehr	Verkehr, der zu Fuss oder mit privaten Fahrzeugen (einschliesslich Velo) abgewickelt wird.
Induktionsschleife	In der Fahrbahn eingelassene oder auf diese geklebte Drahtschleife mit elektromagnetischem Schwingkreis, welcher bei der Überfahrt durch ein Fahrzeug verstimmt wird. Bei Verlegung von zwei Schleifen hintereinander können Fahrzeug-Arten und Abstände sowie Geschwindigkeiten erfasst werden.
IV	Individualverkehr
Jahresgangliniengruppe	Gruppe von Jahresganglinien von Richtungszählstellen, wobei die Ganglinien der Zählstellen einer Gruppe ähnliche Charakteristiken aufweisen.
Klarheit	Merkmal der Datenqualität. Erhebungsdaten sollen dem Datennutzer möglichst einfach, transparent und verständlich zur Verfügung stehen. Zur Gewährleistung der Nachvollziehbarkeit sind die Erhebungen mit allen notwendigen Metadaten zu dokumentieren. Steht zusätzlich noch ein Support für die Datennutzer zur Verfügung, kann die Qualität weiter gesteigert werden.
Kleinbus	Leichter Motorwagen mit bis zu 3.5 t Gesamtgewicht mit mehr als 9 Sitzplätzen.
Kleinmotorrad	Motorisiertes Zweirad mit einer Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h und einem Hubraum von höchstens 50 Kubikzentimeter. Das Mindestalter zum Fahren eines Kleinmotorrads beträgt 16 Jahre.
Knickstrahlreflexion	Befindet sich auf der dem Radar gegenüberliegenden Strassenseite ein Reflektor (Verkehrszeichen, parkende Fz, etc.) so kann der Messstrahl des Radargeräts daran reflektiert werden. Dadurch kreuzt der Messstrahl die Fahrbahn ein zweites Mal, womit ein zweiter ungewollter Messbereich entsteht. Messungen in diesem Bereich liefern korrekte Geschwindigkeiten, finden jedoch nicht am gewünschten Ort statt.
Knotenarm	Auf einen Knoten anschliessender Strassenabschnitt
Knotenstrom	Fahrbeziehung zwischen Ein- und Ausfahrt an einem Knoten.
Knotenstrombelastung	Anzahl Objekte, welche an einem Knoten während einer festgelegten Dauer die gleiche Fahrbeziehung aufweisen.
Knotenstromzählung	Erhebung der Verkehrsbelastung der einzelnen Fahrbeziehungen an Knoten.
Kontrollschilderhebung	Die Kontrollschilder der an einem Standort durchfahrenden Fahrzeuge werden registriert (von Hand, fotografisch oder mit Videokameras).
Kordon	Imaginäre, um ein Untersuchungsgebiet gelegte, geschlossene Linie (Perimeter).

Begriff	Bedeutung
Kordonerhebung	Erhebung an den Ein- und/oder Ausgängen des Untersuchungsgebiets, z.B. Kontrollschilderhebung am Kordon
Kurzzeitzählung	Zählung mit einer Dauer von höchstens einer Woche
Langzeitzählung	Zählungen mit einer Dauer von mehr als einer Woche.
Lasersensor	Technologie zur automatischen Fahrzeugzählung und Geschwindigkeitsmessung mittels eines über den Detektionsbereich pendelnden Laserstrahls.
Lastenzug	Lastwagen mit einem Anhänger
Lastwagen	Schwere Motorwagen zum Sachentransport (Gesamtgewicht > 3.5 t).
Leichte Motorwagen	Bei leichten Motorwagen handelt es sich um Personenwagen oder Lieferwagen mit Gesamtgewicht leichter als 3.5t, mit oder ohne Anhänger.
LI	Lieferwagen
Lichtschranken	Technologie zur automatischen Zählung von Fahrzeugen oder Personen, resp. bei Ein- und Ausgängen.
Lieferwagen	Leichter Motorwagen bis zu 3.5 t zum Sachentransport und maximal 9 Sitzplätzen.
LMW	Leichter Motorwagen
Lokale Geschwindigkeit	An einem definierten Querschnitt gefahrene Geschwindigkeit eines Fahrzeugs.
LW	Lastwagen
LZ	Lastenzug
MAC-Adresse	Media-Access-Control-Adresse Eindeutige Hardware-Adresse die zur eindeutigen Identifikation eines Gerätes in einem Rechnernetz dient. Mittels der MAC-Adresse können z.B. in einem Wi-Fi- oder Bluetooth-Netz Geräte identifiziert werden.
Magnetfelddetektor	Technologie zur automatischen Zählung von Fahrzeugen an Querschnitten. Der Sensor registriert eine Veränderung des Erdmagnetfelds bei der Überfahrt von Fahrzeugen.
Manuelle Erhebung	Erhebungen durch Zählpersonal mit Feldblatt, Fotokamera, etc.
MARF	mittlerer Absolutbetrag der relativen Fehler
Messmethoden	Methoden mit denen eine Messung durchgeführt wird. Die Messmethoden unterscheiden sich nach den zu erfassenden Kenngrößen und den eingesetzten Technologien.
Messung	Erfassung von quantitativen Merkmalen von Ereignissen oder Objekten, wobei die Merkmale, die gemessen werden, stetige Werte annehmen können. Bei Verkehrsbeobachtungen werden Messungen immer an einem bestimmten Ort und während einem bestimmten Zeitraum durchgeführt.
Metadaten	Daten, die der Dokumentation einer Studie dienen. Sie stellen die Informationen zur Verfügung, die zum Vergleich und der Interpretation der Ergebnisse von Verkehrserhebungen benötigt werden.
Mfz	Motorfahrzeug
MIV	Motorisierte Individualverkehr
Modalsplit	Aufteilung von Wegen, Etappen oder zurückgelegten Distanzen auf die verschiedenen Verkehrsmittel oder zusammengefasste Verkehrsmittelgruppen (z.B. Fussverkehr, Veloverkehr, MIV, ÖV).
Mofa	Motorfahrrad
Motorfahrrad	Motorisiertes Zweirad mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h und einem Hubraum von höchstens 50 Kubikzentimeter. Das Mindestalter zum Fahren eines Mofas beträgt 14 Jahre.
Motorisierter Individualverkehr	Privater Verkehr mit motorisierten Fahrzeugen wie Personenwagen, Motorräder, Kleinmotorräder und Mofas. Lastwagen, Car usw. Taxi werden der Kategorie „übrige Verkehrsmittel“ zugerechnet
Motorrad	Einspuriges Motorfahrzeug mit zwei Rädern, mit oder ohne Seitenwagen, mit einer Nennleistung > 0.5 kW.
MR	Motorrad
Nichtstichprobenfehler	Der Nichtstichprobenfehler kann systematisch oder unsystematisch sein. Er beschreibt die Abweichung zwischen dem Erwartungswert der Erhebung und dem wahren Wert der zu schätzenden Kenngrößen beschrieben (Richtigkeit).
Normalwerktag	Als Normalwerktag gelten Dienstage und Donnerstage innerhalb von Normalwochen.

Begriff	Bedeutung
Normalwoche	Als Normalwochen gelten Wochen ausserhalb der Schulferien, in welchen keine Feiertage enthalten sind.
Objektzählung	Erhebung von Personen oder Fahrzeugen, welche sich während eines definierten Zeitabschnittes in einem abgegrenzten Raum aufhalten.
öffentlicher Verkehr	Der öffentliche Verkehr stellt ein Leistungsangebot mit definierter örtlicher und zeitlicher Verfügbarkeit bereit, das von jedermann aufgrund vorgegebener Beförderungsbestimmungen beansprucht werden kann und den Zwang zum Selbstfahren ausschliesst.
öV	öffentlicher Verkehr
Parkfeld	Ein Parkfeld ist eine abgegrenzte Fläche, auf der ein Fahrzeug parkiert werden kann.
Parkfeldbelegung	Kenngrosse, die beschreibt ob auf einem Parkfeld ein Fahrzeug parkiert ist (belegt) oder nicht (frei).
Parkierdauer	Kenngrosse, die beschreibt wie lange ein Fahrzeug am Stück parkiert ist
Parkierungsanlage	Eine Einrichtung, die dem Parkieren von Fahrzeugen dient. Parkierungsanlagen sind Parkhäuser, Einzelgaragen, Parkplätze und Parkfelder entlang der Strasse.
Parkplatz	Ebenerdige, ungedeckte Parkierungsanlage
Passiver Infrarotsensor (Pyroelektrischer Sensor)	Technologie zur automatischen Zählung von Fussgängern an Querschnitten. Das System erfasst die Wärmestrahlung im Infrarotbereich, die von Menschen ausgeht.
Personenwagen	Personenwagen sind leichte Motorwagen (bis max. 3.5 t Gesamtgewicht) zum Personentransport mit höchstens neun Sitzplätzen einschliesslich Fahrzeuglenker.
Platzgruppe	Ein öffentliches Verkehrsmittel kann für Zählungen in mehrere Abschnitte, so genannte Platzgruppen, aufgeteilt werden.
Präzision	Die Präzision wird durch den Stichprobenfehler beschrieben und ist Bestandteil der Genauigkeit einer Erhebung. Die geforderte Präzision bestimmt die Mindeststichprobengrösse.
Pretest	siehe Testerhebung
PW	Personenwagen
Qualität	Die Datenqualität gibt an, in welchem Masse die erhobenen Daten den definierten Anforderungen (aus Erhebungszweck/Fragestellung) entsprechen. Die Qualität kann mit "inhärenten Merkmalen" wie Relevanz, Vollständigkeit, Aktualität, Zugänglichkeit, Klarheit und Genauigkeit gemessen werden.
Quellverkehr	Als Quellverkehr wird der Teil des Verkehrs bezeichnet, dessen Beginn im und dessen Ende ausserhalb des beobachteten Raums liegt.
Querschnitt	Beim Querschnitt handelt es sich um einen Strassenquerschnitt, was einem senkrechten Schnitt zur Strassenachse entspricht. Ein Querschnitt definiert einen Standort für Zählungen oder Messungen an einem Verkehrsweg.
Querschnittsbelastung	Anzahl Objekte (Fahrzeuge/Personen/PW-Einheiten/etc.), welche einen Querschnitt während einer festgelegten Dauer (Stunde/Tag) passieren.
Querschnittszählung	Zählung von Fahrzeugen oder Personen an einem Strassenquerschnitt, evtl. gegliedert nach Fahrtrichtung, Fahrstreifen, Fahrzeugkategorien, Besetzungsgrad usw.
Radarsensor	Technologie zur automatischen Fahrzeugzählung und Geschwindigkeitsmessung an Querschnitten mittels elektromagnetischen Signalen.
Radio Frequency Identification (RFID)	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. Es wird zwischen passiven (ohne Batterie) und aktiven (mit Batterie) Systemen unterschieden.
Reisegeschwindigkeit	Mittlere Geschwindigkeit zwischen einem Ziel und einer Quelle als Quotient aus zurückgelegtem Weg und Reisezeit
Reisezeit	Benötigte Zeit für das Zurücklegen einer Strecke, z.B. zwischen einem Start- und einem Zielort (door-to-door travel time). Sie setzt sich im Fahrzeugverkehr aus den Zeiten in Bewegung (Zu- und Abgangszeit und Fahrzeit) und den Wartezeiten zusammen. Bei Fusswegen entspricht die Reisezeit der Gehzeit inkl. allfälligen Pausen.
Relevanz	Inhärentes Merkmal der Datenqualität. Die erhobenen Daten müssen für die Behandlung der anstehenden Fragestellung relevant und vollständig sein.
RFID	Radio Frequency Identification

Begriff	Bedeutung
Richtigkeit	Die Richtigkeit wird durch den Nichtstichprobenfehler beschrieben und ist Bestandteil der Genauigkeit einer Erhebung.
Richtungsbelastung	Anzahl Objekte (Fahrzeuge/Personen/PW-Einheiten), welche einen Querschnitt während einer festgelegten Dauer (Stunde/Tag) in einer Richtung passieren
Richtungszählstelle	Dies ist eine Zählstelle, welche die Fahrzeugmengen für eine Fahrtrichtung ermittelt.
Ruhender Verkehr	Der ruhende Verkehr beinhaltet abgestellte, parkierte Fahrzeuge oder sich aufhaltende Personen.
Sattelzug	Gespann aus einer speziellen Zugmaschine und einem Sattelaufzieger (Aufzieger oder Trailer).
Schwere Motorwagen	Bei schweren Motorwagen handelt es sich um Motorwagen mit einem Gesamtgewicht von über 3.5t, mit oder ohne Anhänger (bei Handzählungen: hinten mehr als eine Achse oder Doppelbereifung)
Schweres Nutzfahrzeug	Fahrzeuggewicht > 3.5 t, Lastenzug, Sattelzug, Car usw.
SMW	Schwere Motorwagen
SN	Schweizer Norm
Spurbelastung	Anzahl Objekte (Fahrzeuge/Personen/PW-Einheiten), welche auf einer Spur eine Zählstelle während einer festgelegten Dauer (Stunde/Tag) passieren.
Stichprobenerhebung	Im Gegensatz zu einer Vollerhebung werden bei einer Stichprobenerhebung die Daten nur von einem ausgewählten Teil der Grundgesamtheit erhoben.
Stichprobenfehler	Abweichung der Kennwerte (z.B. Mittelwerte, Anteile, usw.) der Stichprobe von jenen der Grundgesamtheit. Wenn die Stichprobe tatsächlich zufällig gezogen wurde, handelt es sich bei den Stichprobenfehlern im Sinne der Statistik um zufällige Fehler.
Strukturdaten	Sozio-demographische Daten, z.B. Einwohner, Beschäftigte, Arbeitsplätze, Einkaufsmöglichkeiten, Freizeitangebote usw. innerhalb eines Planungsgebiets und seiner Untereinheiten. Sie stehen meist aus öffentlichen Quellen zur Verfügung.
Swiss10	Klassifikation von Motorfahrzeugen in 10 Klassen (Motorrad, Personenwagen, Personenwagen mit Anhänger, Lieferwagen, Lieferwagen mit Anhänger, Lieferwagen mit Aufzieger, Bus/Car, Lastwagen, Lastenzug, Sattelzug)
Tagesverkehr	Beim Tagesverkehr handelt es sich um den Verkehr an einem definierten Tag. Die Zeiten auf die sich der Tagesverkehr bezieht variieren (z.B. 00:00-24:00 Uhr, 07:00-19:00 Uhr).
Testerhebung	Test des Erhebungsdesigns an einer kleinen Stichprobe zur Entdeckung allfälliger Schwächen und Unklarheiten.
TV	Tagesverkehr
Übertragungsfehler	Fehler im Erhebungsprozess, welcher bei der Digitalisierung (Eingabe) von Daten, z.B. von Feldblättern in eine Datenbank, entsteht.
übrige Verkehrsmittel	Im Kontext des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) werden damit Lastwagen, Car, Taxi, Schiff, Bergbahnen, Flugzeug, fahrzeugähnliche Geräte und anderes verstanden.
Ultraschallsensor	Technologie zur automatischen Zählung von Fahrzeugen und Messung der Geschwindigkeiten von Fahrzeugen an Querschnitten.
Umsteigevorgang	Wechseln des Fahrzeuges bei der Durchführung eines Weges.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
Universal Mobile Telecommunications System	Mobilfunkstandard der dritten Generation.
Velo-Abstellplatz	Durch Signalisation und/oder Markierung bezeichneter Platz zum Abstellen eines Velos.
Verhaltensbeobachtung	Planmässige Erfassung äusserer Merkmale und sichtbarer Verhaltensweisen im Strassenraum.
Verkehrsart	Kenngrosse des fliessenden Individualverkehrs. Sie dokumentiert welcher Verkehrsart ein beobachtetes Fahrzeug zugeordnet werden muss. Es gibt die vier Verkehrsarten Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr.
Verkehrsaufkommen	Summe der pro Zähleinheit in einem Gebiet beginnenden oder endenden Fahrten (Fahrzeuge) bzw. Wege (Personen)

Begriff	Bedeutung
Verkehrsaufkommensrate	Die Verkehrsaufkommensrate ist die Summe aller Bewegungsanfänge und –enden bezogen auf den betrachteten Verkehrsverursacher (z.B. Wohnung, Beschäftigter, Bruttogeschossfläche, Parkfeld, usw.) pro Zeiteinheit. Sie gibt die Anzahl der Ortsveränderungen während einer Zeiteinheit je Verkehrsverursacher an. Diese Werte bilden eine Grundlage für die Bestimmung bzw. Abschätzung des Verkehrsaufkommens. Als Zeiteinheit ist üblicherweise ein Tag oder eine Stunde zu verwenden.
Verkehrsbelastung	Anzahl Objekte (Fahrzeuge/Personen/PW-Einheiten), welche eine Zählstelle während einer festgelegten Dauer (Stunde/Tag) passieren.
Verkehrsmittel	Im MZMV werden unterschieden: zu Fuss, Velo, Mofa/Moped, Kleinmotorrad, Motorrad als Fahrer/in, Motorrad als Mitfahrer/in, Auto als Fahrer/in, Auto als Mitfahrer/in, Bahn, Bus, Postauto, Tram, Taxi, Reiseкар, Lastwagen, Schiff, Flugzeug, div. Bergbahnen (Zahnradbahn, Seilbahn, Standseilbahn, Sesselbahn, Skilift), fahrzeugähnliche Geräte und andere. Die Verkehrsmittel werden oft zu Gruppen wie Fussverkehr, Veloverkehr, MIV und öv zusammengefasst.
Vollerhebung	Bei einer Vollerhebung wird die gesamte Grundgesamtheit erhoben.
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
Werktage	Montag bis Freitag ohne Feiertage
Wireless Local Area Network	Lokales Funknetz, dessen Signale zur Ortung von Geräten genutzt werden können.
WLAN	Wireless Local Area Network
Wochengangliniengruppe	Dies ist eine Gruppe von Wochenganglinien von Richtungszählstellen, wobei die Ganglinien der Zählstellen einer Gruppe ähnliche Charakteristiken aufweisen.
Zählmethode	Methoden mit denen eine Zählung durchgeführt wird. Die Zählmethoden unterscheiden sich nach den zu erfassenden Kenngrössen, den eingesetzten Technologien, der räumlichen Ausdehnung und der zeitlichen Dauer.
Zähltechnologie	Verkehrszählungen werden entweder von Hand (Strichlisten, Zähluhren, Elektronische Zählgeräte, Tablet-Computer/Smartphones, Foto- oder Videoaufnahmen) oder mit automatischen Geräten (Radar, Laser, Infrarot, Lichtschranken, Videoaufnahmen) durchgeführt.
Zählung	Mit einer Zählung wird entweder die Anzahl von Ereignissen oder die Anzahl von Objekten erfasst, wobei die Werte einer Zählung nur diskrete, ganze Zahlen sein können. Zählungen finden immer an einem Querschnitt oder in einem abgegrenzten Raum und während eines bestimmten Zeitraums oder zu einem bestimmten Zeitpunkt statt.
Zeitfaktor	Faktor, mit dem Stunden- und Tageswerte von Erhebungen im öffentlichen Verkehr auf die interessierende Zeit hochgerechnet werden.
Zeitlücke	Zeitspanne zwischen dem Passieren zweier Fahrzeuge.
Zielverkehr	Als Zielverkehr wird der Teil des Verkehrs bezeichnet, dessen Beginn ausserhalb und dessen Ende innerhalb des beobachteten Raums liegt.

Literaturverzeichnis

Arnold, M., J. Dahme, M. Hedeler und H.-D. Wöppel (2008) Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitzählungen auf Hauptverkehrsstrassen in Grossstädten, *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, **Heft 1007**, Abteilung Strassenbau, Strassenverkehr, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bonn.

ASTRA (2015), Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ), <http://www.astra.admin.ch/verkehrsdaten/00299/00301/index.html?lang=de>, Februar 2015.

BaSt (2010) Ermittlung von Standard für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen, *Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen*, **Verkehrstechnik Heft V 200**, Bundesanstalt für Strassenwesen, Bergisch Gladbach.

Bättig, T., O. Brack, A. Meyer, Ch. Moser und L. Studer (2013) Verkehrsmonitoring. VMON, Anwendungshandbuch, Abteilung Strassennetze, Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern.

EDÖB (2015) Personentracking, Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter (EDÖB), <http://www.edoeb.admin.ch/datenschutz/00625/01170/>, Januar 2015.

FGSV (2010) Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Strassenverkehrs, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Köln.

FGSV (2012) Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE), Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Köln.

ITS International (2013) Bluetooth and Wi-Fi offer new options for travel time measurements, ITS International, September/Okttober 2013
<http://www.itsinternational.com/categories/detection-monitoring-machine-vision/features/bluetooth-and-wi-fi-offer-new-options-for-travel-time-measurements/>, Januar 2015.

Joseph, C., B. Baumgartner, P. Jegge, M. Rubin, W. Schaufelberger und J.P. Schnetz (2009) Verkehrszähler, Richtlinie, Ausgabe 2009 V1.05, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.

Hilty, L., B. Oertel, M. Wölk und K. Pärli (2010) Lokalisiert und identifiziert - Wie Ortungstechnologien unser Leben verändern, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-Swiss), **57/2012**, vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich, Zürich.

Kathmann, T., S. Roggendorf und H. Ziegler (2012) Bluetooth-Erfassung in der Verkehrsplanung, *Strassenverkehrstechnik*, **9.2012**, Kirschbaum Verlag GmbH, Bonn.

Knauer, U., B. Meffert und R. Reulke (2005) Fahrzeugdetektion und -erkennung mittels mehrdimensionaler Farbhistogrammanalyse, Institut für Informatik, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

Leitzke, Ch. (2012) Reisezeitermittlung im motorisierten Individualverkehr mit Hilfe drahtloser Kommunikationstechnologien, Dissertation, *Schriftenreihe Verkehr*, **Heft 22**, Universität Kassel, Kassel.

Matthiesen, U. (2006) Ein alternatives Hochrechnungsverfahren zur Bestimmung des DTV, *Strasse und Verkehr*, **Nr. 5 / Mai 2006**, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

METAS (2010) Verkehrsmesstechnik, Fachbroschüre, Bundesamt für Metrologie (METAS), Bern-Wabern.

Schiller, Ch., W. Bohle und F. Zimmermann (2011) Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen für den Radverkehr, Schlussbericht, Technische Universität Dresden, Dresden.

Schmietendorf, G. (2011) Verkehrsdatenerfassung mit Bluetooth-Detektion: Möglichkeiten und Grenzen, Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Dresden.

Spangler, M., F. Busch, C. Carstensen, A. Leonhardt und T. Zeh (2010) Deriving travel times in road networks using Bluetooth-based vehicle re-identification: Experiences from Northern Bavaria, Konferenzbeitrag, *FOVUS - Networks for Mobility*, September 2010.

VSS SN 640 000 (1988) Verkehrserhebungen – Grundlagen, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

VSS SN 640 001 (1983) Begriffsvereinheitlichung für Verkehrserhebungen, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

VSS SN 640 002 (1988) Verkehrserhebungen – Verkehrszählungen, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

VSS SN 640 003 (1988) Verkehrserhebungen – Verkehrsbefragungen, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

VSS SN 640 004 (1988) Verkehrserhebungen – Erhebungen beim Parkieren, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

VSS SN 640 015a (2009) Verkehrserhebungen – Dokumentation von Verkehrsaufkommen, Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich.

Widmer, P., P. Aemisegger und M. Schoch (2015) Forschungsbündel „Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten“: Teilprojekt 2: Systematik und Glossar, Bericht VSS 2009/101, Schriftenreihe, UVEK, Bern.

Zweibrücken, K., Beaujean, K., D. Sauter, T. Schweizer und A. Stäheli (2005) Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs, Schlussbericht, *SVI-Forschung*, **2001/503**, Hochschule Rapperswil, Rapperswil.

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: 05.06.2015

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2009/102

Projekttitel: Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung

Enddatum: Mai 2015

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Das Forschungsbündel „Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten“, das aus drei Teilberichten besteht, befasst sich mit Erhebungen von Daten zum Mobilitätsverhalten und zur Nachfrage im Personenverkehr, die direkt für die Verkehrsplanung benötigt werden. Der Teilbericht „Methoden der Verkehrsbeobachtung“ behandelt dabei die Verkehrserhebungsmethoden für die Verkehrsmittel motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr, Veloverkehr und Fussverkehr, die ohne Interaktion zwischen dem Erhebungspersonal und den untersuchten Einheiten (Personen, Fahrzeuge) stattfinden. Verkehrsbeobachtungen lassen sich in Zählungen und Messungen unterteilen und kommen entweder im fließenden oder im ruhenden Verkehr zum Einsatz. Mit einer Zählung wird eine Anzahl und mit einer Messung ein quantitatives Merkmal (z.B. lokale Geschwindigkeit) von Objekten oder Ereignissen erfasst.

Verkehrsbeobachtungen können einen Beitrag zur Beantwortung von verkehrlichen Fragestellungen leisten. Von der Fragestellung bis zu deren Beantwortung werden i.d.R. folgende Schritte durchlaufen.

1. Das Ziel einer Beobachtung ist es, eine Kenngrösse zu erheben. Die zu erhebende Kenngrösse sowie die interessierende Grundgesamtheit werden aufgrund der zu beantwortenden Fragestellung festgelegt.
2. Zur Beantwortung der Fragestellung ist eine zu definierende Datenqualität nötig. Daraus ergeben sich festzulegende Mindestanforderungen an die Erhebung.
3. Für jede Erhebung bestehen gewisse Randbedingungen, die eruiert werden müssen.
4. Abhängig von den vorangehenden Schritten wird das Erhebungskonzept erstellt. Dazu gehört die Methodenwahl und die Festlegung der Erhebungszeiten, der genauen Erhebungsorte, des eingesetzten Materials, des Personalbedarfs (Anzahl und Anforderungsprofil), der Dateneingabe, -auswertung und -aufbereitung sowie der zu erhebenden Metadaten (z.B. Wetter während der Erhebung, unvorhergesehene Ereignisse).
5. Ist das Erhebungskonzept erstellt, so sind die nötigen Bewilligungen einzuholen, die relevanten Stellen zu informieren, genügend Personal zu rekrutieren sowie ein Zeitplan und ein Ablaufplan zu erstellen.
6. Es ist zu prüfen, ob vor der Haupterhebung noch eine Testerhebung nötig ist, aufgrund derer das Erhebungskonzept nochmals angepasst werden kann. Während der Haupterhebung sind stichprobenartige Kontrollen vorzusehen.
7. Im Anschluss an die Erhebung sind die gewonnenen Daten bei manuellen Erhebungen i.d.R. zu digitalisieren. Für alle Erhebungen ist eine Prüfung der Vollständigkeit und Plausibilität der Daten vorzunehmen.
8. Anschliessend werden die Daten gemäss Erhebungskonzept ausgewertet und aufbereitet. Dies kann unter Umständen eine Hochrechnung beinhalten, wobei verschiedene Verfahren zur Verfügung stehen. Bei allen Verfahren sind die Vorgaben der Verfahren einzuhalten. Bei der Interpretation von hochgerechneten Daten ist Vorsicht geboten.
9. In einem letzten Schritt ist die Dokumentation der aufbereiteten Erhebungsdaten vorzunehmen. Neben den gängigen Metadaten sind bei hochgerechneten Daten auch statistische Kennwerte wie z.B. Schwankungsintervalle und Variationskoeffizienten anzugeben.

Der Bericht liefert Hilfestellungen zu den einzelnen genannten Schritten, wobei er auf die Methodenwahl fokussiert. So liefert er detaillierte Beschreibungen der häufig eingesetzten Methoden der Verkehrsbeobachtung. Auf heute selten eingesetzte Methoden wird gegebenenfalls mit einem Kurzbeschrieb hingewiesen. Es gilt zu beachten, dass besonders bei den automatischen Erhebungen mit Positionsdaten laufend neue Methoden entwickelt und Daten gesammelt werden. Ausserdem nehmen die Auswertungsmöglichkeiten zu. Deshalb ist anzunehmen, dass diese heute noch selten eingesetzten Methoden in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.



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 Grundlagen für die VSS-Norm "Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung" zu erstellen, wurde erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Auf der Grundlage der Ergebnisse der vorliegenden und der parallel erarbeiteten Forschungsarbeit zum Thema "Systematik und Glossar" soll die entsprechende VSS-Norm zum Thema "Methoden der Verkehrsbeobachtung" erstellt werden. Die Norm soll spezifische Hinweise und Empfehlungen zu den Verkehrsbeobachtungen sowie Beschriebe von häufig angewendeten Beobachtungsmethoden enthalten.

Publikationen:

Schneider, S. und D. Hirzel (2015): Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung, Bericht VSS 2009/102, Schriftenreihe, im Druck, UVEK, Bern

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Schneider

Vorname: Stefan

Amt, Firma, Institut: Planungsbüro Jud AG, Zürich

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



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

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Mit der Forschungsarbeit liegt eine aktuelle Grundlage vor, die bei der Wahl der für eine Fragestellung am besten geeigneten Beobachtungsmethode Unterstützung leisten kann. Als Ausgangspunkt dient jeweils eine wählbare Kenngrösse, womit eine benutzerfreundliche Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse gegeben ist. Zu den Methoden und technischen Hilfsmitteln werden jeweils die wichtigsten Elemente sowie ihre Stärken und Schwächen beschrieben und damit für die Anwendenden die Grundlage geschaffen, um den Methodeneinsatz jeweils am spezifischen Fall orientiert zu konkretisieren und zu planen. Qualität und Effizienz bei Planung und Durchführung von Verkehrsbeobachtungen können dadurch gesteigert werden. Die Ziele der Forschungsarbeit wurden damit erreicht.

Umsetzung:

Der Bericht und der im Anhang beigelegte Norm-Entwurf bilden eine gute Grundlage für die Erarbeitung der VSS-Norm "Verkehrserhebungen: Methoden der Verkehrsbeobachtung".

weitergehender Forschungsbedarf:

keiner

Einfluss auf Normenwerk:

Ja, eine neue Norm soll auf der Grundlage dieser Forschungsarbeit erstellt werden.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Ribi

Vorname: Roland

Amt, Firma, Institut:

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1507	FGU 2007/004	TBM Tunneling in Faulted and Folded Rocks	2015
1505	VSS 2006/509	Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt	2014
1503	VSS 2006/515_OBF	Research Package on Bridge Deck Waterproofing Systems: EP5-Mechanisms of Blister Formation	2014
1502	VSS 2010/502	Road – landside interaction : Applications	2014
1501	VSS 2011/705	Grundlagen zur Anwendung von Lebenszykluskosten im Erhaltungsmanagement von Strassenverkehrsanlagen	2014
1500	ASTRA 2010/007	SURPRICE (Sustainable mobility through road user charging) - Swiss contribution: Equity effects of congestion charges and intra-individual variation in preferences	2015
1499	ASTRA 2011/010	Stauprognoseverfahren und -systeme	2014
1498	VSS 2011/914	Coordinated Ramp Metering Control with Variable Speed Limits for Swiss Freeways	2014
1497	VSS 2009/705	Verfahren zur Bildung von homogenen Abschnitten der Strassenverkehrsanlage für das Erhaltungsmanagement Fahrbahnen	2014
1496	VSS 2010/601	Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien	2014
1495	VSS 2009/703	Zusammenhang Textur und Griffigkeit von Fahrbahnen und Einflüsse auf die Lärmemission	2014
1494	VSS 2010/704	Erhaltungsmanagement der Strassen - Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen	2014
1493	VSS 2006/001	Neue Methoden zur Beurteilung der Tieftemperatureigenschaften von bitumenhaltigen Bindemitteln	2014
1492	SVI 2004/029	Kombiniertes Verkehrsmittel- und Routenwahlmodell	2014
1491	VSS 2007/704	Gesamtbewertung von Kunstbauten	2014
1490	FGU 2004/002	Langzeit-Beständigkeit von Tunnel-Abdichtungssystemen aus Kunststoffen (Best TASK)	2014
1489	VSS 2006/516_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP6 - Anschlüsse von Brückenabdichtungen	2014
1488	SVI 2007/020	Methodik zur Nutzenermittlung von Verkehrsdosierungen	2014
1487	SVI 2008/001	Erfahrungsbericht Forschungsbündel	2014
1486	SVI 2004/005	Partizipation in Verkehrsprojekten	2014
1485	VSS 2007/401	Anforderungen an Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung	2014
1484	FGU 2010/003	Misestimating time of collision in the tunnel entrance due to a disturbed adaptation	2014
1483	VSS 2005/452	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt	2014
1482	ASTRA 2010/018	SURPRICE: Sustainable mobility through road user charges Swiss contribution: Comprehensive road user charging (RUC)	2015
1481	VSS 2001/702	Application des méthodes de représentation aux données routières	2014
1480	ASTRA 2008/004	Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt Modell eines siedlungsübergreifenden Unterhalts	2014
1479	ASTRA 2005/004	Entscheidungsgrundlagen & Empfehlungen für ein nachhaltiges Baustoffmanagement	2014
1478	VSS 2005/455	Research Package on Recycling of Reclaimed Asphalt in Hot Mixes - EP4: Evaluation of Durability	2014
1477	VSS 2008/503	Feldversuch mit verschiedenen Pflasterungen und Plattendecken	2014
1476	VSS 2011/202	Projet initial pour la conception multi-usagers des carrefours	2014
1475	VSS 1999/125	Ringversuch "Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung an Gussasphalt"	2014
1474	VSS 2009/704	Wechselwirkung zwischen Aufgrabungen, Zustand und Alterungsverhalten im kommunalen Strassennetz-Entwicklung eines nachhaltigen Aufgrabungsmanagement	2014
1473	VSS 2011/401	Forschungspaket "POLIGRIP - Einfluss der Polierbarkeit von Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit von Deckschichten - Initialprojekt"	2014
1472	SVI 2010/003	Einfluss der Verlässlichkeit der Verkehrssysteme auf das Verkehrsverhalten	2014
1471	ASTRA 2008/011	Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr Forschungspaket UVEK/ASTRA - Synthese	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1470	VSS 2011/907	Initialprojekt für ein Forschungspaket "Kooperative Systeme für Fahrzeug und Strasse"	2014
1469	VSS 2008/902	Untersuchungen zum Einsatz von Bewegungssensoren für fahrzeitbezogene Verkehrstelematik-Anwendungen	2014
1468	VSS 2010/503	Utilisation des géostructures énergétiques pour la régulation thermique et l'optimisation énergétique des infrastructures routières et ouvrages d'art	2014
1467	ASTRA 2010/021	Sekundärer Feinstaub vom Verkehr	2014
1466	VSS 2010/701	Grundlagen zur Revision der Normen über die visuelle Erhebung des Oberflächenzustands	2014
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Foundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Ganglinienorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Vieillissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labor-massstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschiebung von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
665	AGB 2011/001	Wirksamkeit und Prüfung der Nachbehandlungsmethoden von Beton	2014
664	AGB 2009/005	Charges de trafic actualisées pour les dalles de roulement en béton des ponts existants	2014
663	AGB 2003/014	Seismic Safety of Existing Bridges	2014
662	AGB 2008/001	Seismic Safety of Existing Bridges - Cyclic Inelastic Behaviour of Bridge Piers	2014
661	AGB 2010/002	Fatigue limit state of shear studs in steel-concrete composite road bridges	2014
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlag-schutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009