

# **Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 200**



**bast**



# **Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen**

von

Marcus Bäumer  
Heinz Hautzinger

Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e. V.  
Mannheim

Thorsten Kathmann  
Susanne Schmitz

DTV-Verkehrsconsult GmbH  
Aachen

Carsten Sommer  
Manfred Wermuth

WVI Prof.-Dr. Wermuth  
Verkehrsforschung und Infrastrukturplanung GmbH  
Braunschweig

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 200**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 01.169/2007/CGB**  
Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen

**Projektbetreuung**  
Arnd Fitschen

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag**  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-86918-075-5

Bergisch Gladbach, Dezember 2010

## Kurzfassung – Abstract

### **Ermittlung von Standards für anforderungsge- rechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen**

Den bisherigen Richtlinien zu Verkehrserhebungen ist gemeinsam, dass sie – wenn überhaupt – nur sehr wenige Aussagen zur erreichbaren Datenqualität enthalten. Normative Vorgaben und konkrete Handlungsanweisungen, die zu einer Verbesserung der Datenqualität von Erhebungen führen, fehlen in der Regel für die meisten Erhebungsverfahren. Abgesehen von Einzelaspekten wie beispielsweise den Kernelementen für Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten gibt es keine Qualitätsstandards für die Konzipierung, Durchführung und Auswertung einer Verkehrserhebung.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, mit Blick auf verschiedene Datennutzer und Arten der Datenverwendung wissenschaftlich abgesicherte Qualitätsstandards für Verkehrserhebungen zu erarbeiten. Im Kern sollten Hinweise gegeben werden, durch welche konkreten methodischen Ansätze und praktischen Maßnahmen man für die unterschiedlichen Erhebungsverfahren im Verkehrswesen (Zählungen, Messungen, Verhaltensbeobachtungen und Befragungen) die jeweils bestmögliche Datenqualität erreichen kann. Die Ergebnisse dieses Projektes sollen darüber hinaus auch als eine Grundlage für die Fortschreibung der neuen „Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE)“ dienen.

Im Kapitel 2 wird zur Schaffung eines geeigneten theoretischen Rahmens nach einer allgemeinen, an den Ansätzen des Qualitätsmanagements orientierten Definition von Datenqualität zunächst ein umfassendes Datenqualitätskonzept dargestellt, welches im Bereich der amtlichen Statistik auf europäischer Ebene entwickelt worden ist.

Kapitel 3 stellt wichtige verkehrswissenschaftliche Grundlagen der vorliegenden Untersuchung zusammen. Ausgangspunkt ist eine allgemeine Charakterisierung von Verkehrserhebungen.

In Kapitel 4 wird der konzeptuelle Rahmen für die Ermittlung von Standards der Datenqualität dargestellt. Hierzu werden allgemeine Indikatoren der Datenqualität auf Verkehrserhebungen übertragen. Anschließend werden die verschiedenen Anspruchsgruppen und deren Anforderungen an die Datenqualität betrachtet und darauf aufbauend die

Elemente einer Qualitätsstrategie für Verkehrserhebungen entwickelt.

Wie eine angemessene Datenqualität bei den verschiedenen Arten von Verkehrserhebungen erreicht werden kann, wird in den Kapiteln 5 bis 8 dargestellt. Hier werden Hinweise und Empfehlungen zum Stichprobenverfahren gegeben und es wird aufgezeigt, wie systematische Fehler (Nichterfassung von Stichprobeneinheiten, Fehler bei der Erfassung von Merkmalen, bei der Datenaufbereitung und -auswertung sowie der Darstellung von Ergebnissen) vermieden oder zumindest reduziert werden können.

Abschließend werden in Kapitel 9 die wesentlichen Erkenntnisse zusammengefasst und ein Dokumentationsschema vorgestellt, welches einen Orientierungsrahmen für die Durchführung von Verkehrserhebungen liefert.

### **Determination of standards of transport survey data quality**

What regulations and recommendations that are at present available for transport survey projects have in common is that they provide very little information (if any) about the data quality that can be achieved. For most transport survey methods there are no normative requirements or concrete instructions that could help improve the quality of the survey data. Apart from some isolated aspects, such as the key elements to be included in household surveys made on mobility behaviour, there are no formalised quality standards for how to conceive, conduct and analyse transport surveys.

The aim of the present study is to develop a sound scientific basis for transport survey quality standards that consider both different data users and different kinds of data use. The study is to provide information on what concrete methodological approaches and practical measures can be used in order to achieve the best possible data quality with the different transport survey methods (counts, measurements, observational studies on mobility and traffic behaviour, interviews of various types). Apart from that, the results of this project are to serve as a

basis for developing the new "recommendations for transport surveys" (EVE – Empfehlungen für Verkehrserhebungen).

After a general definition of quality, which is based on the principles of quality management, a comprehensive data quality concept – originally developed for official statistics on a European level – is presented in Chapter 2 as a first step for a suitable theoretical framework.

Chapter 3 lists fundamental transport-specific aspects of the present research. A general characterisation of transport surveys serves as a starting point.

A conceptual framework for determining data quality standards is outlined in Chapter 4. For this purpose, general data quality indicators are transferred to the field of transport surveys. Finally, the different target groups and their requirements concerning data quality, and the elements of a quality strategy for transport surveys is developed on this basis.

How adequate data quality can be achieved with the different kinds of transport surveys is highlighted in Chapters 5 to 8, where sampling methods are discussed and recommended. In addition, these chapters show how systematic errors (inadequate coverage of target population, attribute measurement errors, data preparation and analysis errors, and errors with the presentation of results) can be avoided or at least reduced.

Chapter 9 finally summarises major aspects of the insights gained with this project, and introduces a documentation structure which helps provide a reference system for transport surveys.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	2.5.1	Operationalisierung von Standards der Datenqualität .....	14
1.1	Gegenstand und Ziel der Untersuchung .....	7	2.5.2	Stichprobenfehler: Anforderungen an die Präzision .....	15
1.2	Forschungsfragen .....	7	2.5.3	Systematischer Fehler: Anforderungen an die Richtigkeit .....	16
1.3	Aufbau des Forschungsberichts .....	7	2.5.4	Exkurs zum Thema Verzerrungen durch Nonresponse .....	17
<b>2</b>	<b>Statistisch-methodische Grundlagen</b> .....	8	<b>3</b>	<b>Verkehrswissenschaftliche Grundlagen</b> .....	18
2.1	Datenqualität aus der Perspektive des Qualitätsmanagements .....	8	3.1	Allgemeine Charakterisierung von Verkehrserhebungen .....	18
2.2	Datenqualität in der amtlichen Statistik: das Eurostat-Konzept .....	8	3.1.1	Verkehr als Objekt empirischer Untersuchungen .....	18
2.2.1	Grundlegende Qualitätsdimensionen .....	8	3.1.2	Erhebung als wichtigste Methode der Gewinnung von Verkehrsdaten .....	19
2.2.2	Elementare Qualitätsaspekte bezogen auf einzelne Erhebungen .....	9	3.2	Erhebungsform „Beobachtung“ .....	19
2.2.3	Qualitätsaspekte bezogen auf die Zusammenführung von Erhebungen .....	9	3.2.1	Beobachtung: Begriff und Arten .....	19
2.2.4	Indikatoren der Datenqualität .....	10	3.2.2	Beobachtung im Verkehrswesen .....	19
2.2.5	Relevanz des Eurostat-Datenqualitätskonzepts für die vorliegende Studie .....	10	3.3	Erhebungsform „Befragung“ .....	21
2.3	Datenqualität als Gegenstand der statistischen Wissenschaften .....	10	3.3.1	Befragung: Begriff und Arten .....	21
2.3.1	Operationalisierung des Begriffs Datenqualität .....	11	3.3.2	Befragung im Verkehrswesen .....	21
2.3.2	Genauigkeit .....	11	3.4	Erkenntnisse zur Datenqualität bei Verkehrserhebungen .....	22
2.3.3	Präzision .....	11	3.4.1	Fehlerquellen bei Zählungen .....	22
2.3.4	Richtigkeit .....	11	3.4.2	Fehlerquellen bei Messungen .....	24
2.4	Systematische Erhebungsfehler: Ursachen, Vermeidungsstrategien und Fehlerkorrektur .....	12	3.4.3	Fehlerquellen bei Verhaltensbeobachtungen .....	25
2.4.1	Grundtypen systematischer Erhebungsfehler .....	12	3.4.4	Fehlerquellen bei Verkehrsbefragungen .....	25
2.4.2	Verfahren zur Vermeidung oder Reduzierung systematischer Fehler .....	13	<b>4</b>	<b>Konzeptueller Rahmen für die Ermittlung von Standards der Datenqualität</b> .....	30
2.4.3	Verfahren zur Ermittlung und Korrektur systematischer Fehler .....	13	4.1	Klassifikation von Verkehrserhebungen .....	30
2.5	Erforderliche Datenqualität .....	14	4.2	Indikatoren der Datenqualität .....	32
			4.3	Anforderungen an die Datenqualität .....	34

4.4	Elemente einer Qualitätsstrategie für Verkehrserhebungen .....	34	<b>7</b>	<b>Qualitätsstrategien für Verhaltensbeobachtungen im Verkehr .....</b>	<b>63</b>
4.4.1	Qualitätsgrundsatz „Dem Kunden und der Wissenschaftlichkeit verpflichtet“ .....	34	7.1	Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität .....	63
4.4.2	Qualitätsziele und Wirtschaftlichkeit bei Verkehrserhebungen .....	35	7.1.1	Auftraggeber und Anlässe .....	63
4.4.3	Verfahren und Maßnahmen der Qualitätssicherung .....	35	7.1.2	Rahmenbedingungen und Anforderungen .....	64
<b>5</b>	<b>Qualitätsstrategien für Verkehrszählungen .....</b>	<b>38</b>	7.2	Qualitätssicherung und Fehlervermeidung .....	64
5.1	Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität .....	38	<b>8</b>	<b>Qualitätsstrategien für Verkehrsbefragungen .....</b>	<b>71</b>
5.1.1	Auftraggeber und Anlässe .....	38	8.1	Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität .....	71
5.1.2	Rahmenbedingungen und Anforderungen .....	39	8.1.1	Auftraggeber und Anlässe .....	71
5.2	Qualitätssicherung und Fehlervermeidung .....	40	8.1.2	Rahmenbedingungen und Anforderungen .....	72
5.2.1	Fußgänger- und Radfahrerzählungen .....	40	8.2	Qualitätssicherung und Fehlervermeidung .....	73
5.2.2	Fahrzeug- und Insassenzählungen im fließenden und ruhenden Kfz-Verkehr .....	41	8.2.1	Fußgänger- und Radfahrerbefragungen im Verkehrssystem .....	73
5.2.3	Fahrgastzählungen im ÖV: manuelle Zählungen .....	54	8.2.2	Befragung von Kfz-Führern und Kfz-Insassen im Verkehrssystem .....	74
5.2.4	Fahrgastzählungen im ÖV: automatische Fahrgastzählsysteme (AFZS) .....	57	8.2.3	Fahrgastbefragungen im ÖV .....	76
5.2.5	Besucherzählungen am Aktivitätsort .....	59	8.2.4	Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten .....	80
<b>6</b>	<b>Qualitätsstrategien für verkehrstechnische Messungen .....</b>	<b>61</b>	8.2.5	Befragungen am Aktivitätsort .....	87
6.1	Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität .....	61	8.2.6	Befragung von Unternehmen und Beschäftigten zum Thema Verkehr .....	88
6.1.1	Auftraggeber und Anlässe .....	61	<b>9</b>	<b>Resümee .....</b>	<b>90</b>
6.1.2	Rahmenbedingungen und Anforderungen .....	61	<b>10</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>93</b>
6.2	Qualitätssicherung und Fehlervermeidung .....	61			
6.2.1	Kontinuierliche Messungen .....	61			
6.2.2	Stichprobenmessungen .....	62			

# 1 Einleitung

## 1.1 Gegenstand und Ziel der Untersuchung

Ziel der vorliegenden Studie ist es, mit Blick auf verschiedene Gruppen von Datennutzern und Arten der Datenverwendung wissenschaftlich abgesicherte Qualitätsstandards für Verkehrserhebungen zu erarbeiten. Daneben sind auch Hinweise darauf zu geben, durch welche konkreten Maßnahmen man in der Erhebungspraxis die jeweiligen Standards in bestmöglicher Weise erreichen kann.

## 1.2 Forschungsfragen

Zur Erreichung dieses Ziels sind im Einzelnen vier zentrale Forschungsfragen zu beantworten:

- Was ist Datenqualität und wie kann der Datenqualitätsbegriff für Verkehrserhebungen konkretisiert werden?
  - Definition von Datenqualität,
  - Konkretisierung und Gewichtung der einzelnen Aspekte von Datenqualität für verschiedene Arten von Verkehrserhebungen.
- Was sind aussagekräftige Qualitätsindikatoren zur Messung der Qualität von Daten aus Verkehrserhebungen?
  - Definition von Indikatoren der Datenqualität,
  - Spezifizierung von Qualitätsindikatoren für verschiedene Arten von Verkehrserhebungen.
- Wie lassen sich bei Verkehrsdaten Qualitätsstufen unterscheiden und Qualitätsanforderungen formulieren?
  - Abgrenzung von Qualitätsstufen für die einzelnen Indikatoren,
  - Formulierung von Qualitätsanforderungen für unterschiedliche Arten von Erhebungen und Zwecke der Datenverwendung.
- Welche Empfehlungen zur Sicherung der Datenqualität lassen sich für Verkehrserhebungen formulieren?
  - Maßnahmen zur Qualitätssicherung auf den einzelnen Stufen des statistischen Produk-

tionsprozesses (Konzipierung, Durchführung und Auswertung von Erhebungen),

- Konkretisierung der Empfehlungen für die verschiedenen Formen von Verkehrserhebungen unter Berücksichtigung der Qualitätsanforderungen unterschiedlicher Gruppen von Datennutzern sowie der Wirtschaftlichkeit.

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen umrissen und der Aufbau des Forschungsberichts dargestellt.

## 1.3 Aufbau des Forschungsberichts

Grundvoraussetzung für die Beantwortung der oben formulierten Fragen – einschließlich der Frage nach den Maßnahmen zur Qualitätssicherung – ist ein geeigneter theoretischer Rahmen.

In Kapitel 2 wird deshalb nach einer allgemeinen, an den Ansätzen des Qualitätsmanagements orientierten Definition von Datenqualität zunächst ein umfassendes Datenqualitätskonzept dargestellt, welches im Bereich der amtlichen Statistik auf europäischer Ebene entwickelt worden ist. Daran anschließend wird gezeigt, wie das Thema Datenqualität in der theoretischen Statistik und in den verschiedenen Zweigen der angewandten Statistik behandelt wird. Dies schließt Ausführungen zu Standards der Datenqualität mit ein.

Kapitel 3 stellt wichtige verkehrswissenschaftliche Grundlagen der vorliegenden Untersuchung zusammen. Ausgangspunkt ist eine allgemeine Charakterisierung von Verkehrserhebungen. Nach einer Darstellung der grundlegenden Erhebungsformen „Beobachtung“ und „Befragung“ als Methoden zur Gewinnung von Verkehrsdaten wird gezeigt, dass es aus dem Bereich der Verkehrsstatistik und der empirischen Verkehrsforschung bereits eine ganze Reihe von Beiträgen zum Thema Fehlerquellen und Datenqualität gibt.

In Kapitel 4 wird der konzeptuelle Rahmen für die Ermittlung von Standards der Datenqualität dargestellt. Hierzu werden die allgemeinen Indikatoren der Datenqualität auf Verkehrserhebungen übertragen. Anschließend werden die verschiedenen Anspruchsgruppen und deren Anforderungen an die Datenqualität betrachtet und darauf aufbauend die Elemente einer Qualitätsstrategie für Verkehrserhebungen entwickelt.

Wie eine angemessene Datenqualität bei Verkehrszählungen und verkehrstechnischen Messungen sowie bei Verhaltensbeobachtungen im Verkehr und Verkehrsbefragungen unterschiedlicher Art erreicht werden kann, wird dann in den Kapiteln 5 bis 8 dargestellt. Hier werden auf Basis der vorher bestimmten Indikatoren und Qualitätsstrategien Hinweise und Empfehlungen gegeben, wie systematische Fehler durch das Auswahlverfahren, die Nichterfassung von Stichprobeneinheiten, Fehler bei der Erfassung von Merkmalen sowie Fehler bei der Datenaufbereitung und der Darstellung von Ergebnissen vermieden oder zumindest reduziert werden können.

## 2 Statistisch-methodische Grundlagen

### 2.1 Datenqualität aus der Perspektive des Qualitätsmanagements

Im betriebswirtschaftlich-technisch orientierten Qualitätsmanagement wird „Qualität“ ganz allgemein als „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“, definiert (EN ISO 9000:2005). Die Qualität gibt demnach an, in welchem Maße eine „Einheit“ (Produkt, Dienstleistung, System, Prozess u. Ä.) den bestehenden Anforderungen entspricht.

„Inhärente Merkmale“ sind hierbei objektiv messbare qualitative oder quantitative Eigenschaften, die den Einheiten innewohnen. Die „Anforderungen“ an die Einheiten kommen von Kunden und anderen interessierten Parteien („Anspruchsgruppen“ bzw. „Anspruchsträger“, auch „Stakeholder“ genannt), die jeweils unterschiedlichen Anspruchsklassen angehören können.

Der obige Qualitätsbegriff ist auch auf den statistischen Produktionsprozess und seinen Output – d. h. auf Erhebungen und die dabei gewonnenen Daten – anwendbar. Vor diesem Hintergrund geht es also schwerpunktmäßig um die Klärung folgender Fragen:

- Welche Eigenschaften einer Erhebung bzw. eines Datenbestandes können als „inhärente Merkmale“ zu ihrer bzw. seiner objektiven Charakterisierung herangezogen werden?
- Welches sind die im Hinblick auf Erhebungen und Daten relevanten Anspruchsgruppen?

- Wie können die Anforderungen der jeweiligen Anspruchsgruppen unter Bezugnahme auf die oben genannten inhärenten Merkmale konkretisiert werden?

Die Beantwortung dieser Fragen führt zu den Themenbereichen (1) „Qualitätsindikatoren“ für empirische Daten, (2) „Anspruchsgruppen“ einer Erhebung und (3) „Qualitätsanforderungen“ der verschiedenen Anspruchsgruppen.

Was die Anspruchsgruppen betrifft, so ist es zweckmäßig, von dem im Projektmanagement üblichen Stakeholderbegriff auszugehen (Erhebungen sind stets Projekte). Danach sind Stakeholder eines Projektes alle Personen, die ein Interesse am Projekt haben oder von ihm in irgendeiner Weise betroffen sind (ISO 10006). Aktive Stakeholder arbeiten direkt an der Erhebung mit (z. B. Mitglieder des Erhebungsteams) oder sind direkt von der Erhebung betroffen (z. B. Auftraggeber und Unterauftragnehmer des Erhebungsinstituts). Passive Stakeholder sind von der Erhebung bzw. den dabei gewonnenen Daten nur indirekt betroffen (z. B. Interessenvertretungen, Verbände). Im Sinne der managementorientierten Qualitätskonzepte misst sich die umfassende Qualität (total quality) einer Erhebung bzw. eines Datenbestandes an der Erfüllung der Anforderungen insbesondere der aktiven Stakeholder.

Die Indikatoren zur Charakterisierung der Qualität von Erhebungen und Daten leiten sich einerseits aus wirtschaftlichen, organisatorischen und technischen Kriterien und andererseits aus der statistischen Theorie sowie den Prinzipien der empirischen Forschung ab. Im Folgenden wird deshalb der Begriff „Datenqualität“ aus der Perspektive der amtlichen Statistik (als Datenproduzent) und der theoretischen Statistik (als eine Handlungsanweisungen formulierende präskriptive Wissenschaft) näher beleuchtet.

### 2.2 Datenqualität in der amtlichen Statistik: das Eurostat-Konzept

#### 2.2.1 Grundlegende Qualitätsdimensionen

Seit geraumer Zeit beschäftigt man sich im Bereich der amtlichen Statistik auf nationaler und internationaler Ebene intensiv mit dem Thema „Statistik und Qualität“. Dabei unterscheidet man drei grundlegende Qualitätsdimensionen. Diese beziehen sich auf den institutionellen Rahmen, den statisti-

schen Produktionsprozess und den statistischen Output.

Im so genannten Verhaltenskodex von Eurostat aus dem Jahr 2005 (KOPSCH, KÖHLER und KÖRNER, 2006) werden diese Qualitätsdimensionen wie folgt umrissen:

- Institutioneller Rahmen
  - fachliche Unabhängigkeit, Erhebungsauftrag, angemessene Ressourcen,
  - Qualitätsverpflichtung, Geheimhaltung, Unparteilichkeit, Objektivität.
- Statistischer Produktionsprozess
  - solide Methodik, geeignete statistische Verfahren,
  - geringe Belastung der Auskunftspersonen, Wirtschaftlichkeit.
- Statistischer Output (Datenqualität)
  - insgesamt 6 verschiedene Qualitätsaspekte, zwischen denen vielfältige Wechselbeziehungen (zum Teil auch Konflikte) bestehen.

Im Folgenden werden die verschiedenen Aspekte der Datenqualität (Qualität des Outputs des statistischen Produktionsprozesses) näher betrachtet. Dabei wird zwischen Qualitätsaspekten bezogen auf einzelne Erhebungen und bezogen auf die Zusammenführung bzw. gemeinsame Nutzung mehrerer Erhebungen unterschieden.

### 2.2.2 Elementare Qualitätsaspekte bezogen auf einzelne Erhebungen

Im Hinblick auf einzelne Erhebungen werden beim Eurostat-Konzept vier elementare Aspekte der Datenqualität unterschieden:

- Relevanz
  - tatsächliche Verfügbarkeit der benötigten Daten/Statistiken,
  - Orientierung der statistischen Konzepte an den Anforderungen der Datennutzer (geäußerte Informationsbedürfnisse und Informationsprioritäten).
- Genauigkeit
  - Grad der Abweichung eines auf Stichproben-  
daten beruhenden Schätzwertes von der zu

schätzenden Kennzahl der Grundgesamtheit,

- Stichprobenfehler gemessen durch Standardfehler und Konfidenzintervalle,
  - Nichtstichprobenfehler: Nonresponse, Coverage-Fehler, Mess- bzw. Angabefehler, Datenverarbeitungsfehler.
- Aktualität und Pünktlichkeit
    - Zeitspanne zwischen dem Veröffentlichungs-  
termin und dem Zeitpunkt bzw. Zeitraum, auf  
den sich die Daten beziehen,
    - Zeitabstand zwischen angekündigtem und  
tatsächlichem Veröffentlichungstermin.
  - Zugänglichkeit und Klarheit
    - physische Formen und Bedingungen, unter  
denen sich Datennutzer die Daten beschaf-  
fen können,
    - Informationsangebot rund um die Daten,
    - Verfügbarkeit von Support für die Datennut-  
zer.

### 2.2.3 Qualitätsaspekte bezogen auf die Zusammenführung von Erhebungen

Im Hinblick auf die Zusammenführung und gemeinsame Nutzung verschiedener Erhebungen bzw. Datenquellen werden im Eurostat-Kodex zwei weitere Aspekte der Datenqualität unterschieden:

- Kohärenz
  - Grad der Eignung eines Datenbestandes, mit  
Daten aus anderen Quellen bzw. Erhebun-  
gen kombiniert zu werden,
  - Grad der Abstimmung der Ansätze und Klas-  
sifikationen sowie der methodischen Stan-  
dards unterschiedlicher Erhebungen.
- Vergleichbarkeit
  - Einfluss unterschiedlicher statistischer Kon-  
zepte und Messverfahren auf das Ergebnis  
von Vergleichen,
  - zeitliche, räumliche und sachliche Vergleich-  
barkeit von Statistiken.

Zum Eurostat-Konzept gehört auch ein Katalog von Qualitätsindikatoren. Diese Indikatoren werden im Folgenden vorgestellt.

### 2.2.4 Indikatoren der Datenqualität

Nach dem Datenqualitätskonzept von Eurostat werden den verschiedenen Aspekten der Datenqualität messbare Indikatoren zugeordnet, anhand derer der Grad der Erreichung der Qualitätsziele bzw. -standards beurteilt werden kann:

- Indikatoren der Relevanz
  - Nutzerzufriedenheitsindex,
  - Rate der Verfügbarkeit von Daten und Statistiken.
- Indikatoren der Genauigkeit
  - Standardfehler und Variationskoeffizient,
  - Unit-Nonresponse-Rate (Rate bzgl. vollständiger Ausfälle von Erhebungseinheiten),
  - Item-Nonresponse-Rate (Rate bzgl. partieller Ausfälle),
  - Imputationsrate,
  - Überdeckung und Fehlklassifikationsrate,
  - räumliche Unterdeckungsrate,
  - durchschnittliche Revisionsrate.
- Indikatoren der Aktualität und Pünktlichkeit
  - Pünktlichkeit der effektiven Veröffentlichung,
  - Referenzzeitpunkt und Zeitpunkt der ersten Ergebnisse,
  - Referenzzeitpunkt und Zeitpunkt der endgültigen Ergebnisse.
- Indikatoren der Zugänglichkeit und Klarheit
  - Anzahl der veröffentlichten Berichte,
  - Anzahl der Zugänge zur Datenbank,
  - Vollständigkeitsrate der Metadaten veröffentlichter Statistiken.
- Indikator der Kohärenz
  - Anforderungserfüllungsrate der Statistiken im Zusammenhang mit ihrer Sekundärnutzung.
- Indikatoren der Vergleichbarkeit
  - Länge vergleichbarer Zeitreihen,
  - Anzahl vergleichbarer Zeitreihen,

- Abweichungsrate zu europäischen Konzepten und Methoden,
- Asymmetrien bei „Bilanzstatistiken“.

### 2.2.5 Relevanz des Eurostat-Datenqualitätskonzepts für die vorliegende Studie

Das Eurostat-Konzept zu den grundlegenden Qualitätsdimensionen in der Statistik insgesamt sowie zu den verschiedenen Aspekten und Indikatoren der Datenqualität im Besonderen ist vor dem Hintergrund des höchst komplexen Erhebungs-, Aufbereitungs-, Auswertungs- und Berichtssystems des Europäischen Statistischen Amtes zu sehen. Verglichen damit stellen die meisten Verkehrserhebungen der hier in Rede stehenden Art nur kleine oder kleinste Projekte dar.

Gleichwohl sind aber doch letztlich alle oben dargestellten Aspekte der Datenqualität (Kapitel 2.2.2 und 2.2.3) auch für Verkehrserhebungen und damit für die vorliegende Studie relevant, wenn auch mit unterschiedlicher Bedeutung. Für die Ermittlung von „Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen“ liefert das Eurostat-Datenqualitätskonzept einen wertvollen Orientierungsrahmen.

## 2.3 Datenqualität als Gegenstand der statistischen Wissenschaften

### 2.3.1 Operationalisierung des Begriffs Datenqualität

Die Datenqualität spielt sowohl in der theoretischen Statistik (Schätz- und Testtheorie, Stichprobentheorie) als auch in den verschiedenen Zweigen der angewandten Statistik (Epidemiologie, Biostatistik, Wirtschaftsstatistik usw.) eine zentrale Rolle. Oft wird in diesem Zusammenhang auch synonym der Begriff „Erhebungsqualität“ verwendet (engl. survey quality oder survey measurement quality). Die derzeit umfassendste statistisch-methodische Auseinandersetzung mit dem Thema Datenqualität findet man in der Monografie „Introduction to Survey Quality“ von BIEMER und LYBERG (2003).

In den statistischen Wissenschaften wird Erhebungs- bzw. Datenqualität in der Regel mit dem Begriff „Genauigkeit“ (auch „Gesamtgenauigkeit“ oder „Treffgenauigkeit“) einer Erhebung gleichgesetzt. Unter Genauigkeit (accuracy) versteht man dabei den Grad der Übereinstimmung zwischen dem em-

pirisch ermittelten Wert  $y$  und dem wahren Wert  $Y$  einer Kennzahl, wobei Letzterer normalerweise nie exakt bestimmt werden kann. Die Abweichung  $y - Y$  wird meist „Gesamtfehler“ einer Erhebung (total survey error) genannt.

Ganz allgemein liegt also ein Erhebungsfehler dann vor, wenn die auf Basis der betreffenden Erhebungsdaten ermittelte Kennzahl (z. B. mittlere tägliche Wegehäufigkeit) nicht mit dem „wahren Wert“ dieser Kennzahl übereinstimmt. Erhebungsfehler können gleichermaßen bei Total- und Stichprobenerhebungen auftreten. Bei Stichprobenerhebungen wird der Gesamtfehler allgemein in zwei Komponenten, den Stichprobenfehler und den Nichtstichprobenfehler, zerlegt.

Im Folgenden wird dargestellt, wie der Begriff Genauigkeit einer Stichprobenerhebung in der theoretischen Statistik definiert ist.

### 2.3.2 Genauigkeit

Zur Kennzeichnung der Genauigkeit einer Stichprobenerhebung wird in der theoretischen Statistik der sog. „mittlere quadratische Fehler“ (mean square error, MSE) eines Schätzers  $y$  für die unbekannte Grundgesamtheitskennzahl  $Y$  verwendet. Wenn man den Erwartungswert des auf Stichprobendaten beruhenden Schätzers  $y$  mit  $m$  bezeichnet (d. h.  $E(y) = m$ ), so kann der mittlere quadratische Fehler  $MSE(y)$  des Schätzers  $y$  wie folgt dargestellt werden:

$$\begin{aligned} MSE(y) &= E(y - Y)^2 \\ &= E[(y - m) + (m - Y)]^2 \\ &= E(y - m)^2 + (m - Y)^2 \\ &= \text{Var}(y) + B^2 \end{aligned}$$

Der mittlere quadratische Fehler  $MSE(y)$  setzt sich also additiv aus dem zufälligen „Stichprobenfehler“ (gemessen durch die Varianz des Schätzers  $y$ ) und dem „Nichtstichprobenfehler“ oder „systematischen Fehler“ (gemessen durch die quadrierte Abweichung des Erwartungswerts  $m$  des Schätzers  $y$  von der zu schätzenden Größe  $Y$ ) zusammen. Die Abweichung  $B = m - Y$  wird „Verzerrung“ (bias) genannt.

Im Idealfall sollte  $B = 0$  gelten, d. h., der Erwartungswert des Schätzers sollte mit der zu schätzenden Kennzahl übereinstimmen ( $m = Y$ ). Besitzt ein Schätzer diese Eigenschaft, d. h., gilt  $E(y) = Y$ , so wird von „erwartungstreuer“ oder „unverzerrter“ (unbiased) Schätzung gesprochen.

Maßgeblich für die Qualität einer Erhebung ist immer die durch den mittleren quadratischen Fehler  $MSE(y)$  gemessene Gesamtgenauigkeit der Schätzung. Um etwas über die Qualität einer Erhebung aussagen zu können, müssen also Informationen über den Stichprobenfehler, gemessen durch  $\text{Var}(y)$ , und den Nichtstichprobenfehler, gemessen durch die Verzerrung  $B = m - Y$ , vorliegen.

### 2.3.3 Präzision

Die Varianz  $\text{Var}(y) = E(y - m)^2$  eines Schätzers  $y$  beruht auf der Modellvorstellung der wiederholten Ziehung von Stichproben eines bestimmten Umfangs  $n$  aus derselben Grundgesamtheit. Mit Blick auf den Stichprobenfehler sagt man deshalb auch, dass die „Wiederholungsgenauigkeit“ oder „Präzision“ (precision) einer Erhebung ihren Ausdruck in der Varianz von  $y$  findet.

Mit Methoden der Stichprobentheorie kann die Varianz von  $y$  – und damit die Präzision bzw. der zufällige Stichprobenfehler (random sampling error) einer Erhebung – der Größenordnung nach bestimmt werden. Nach dem oben Gesagten ist jedoch klar, dass der Stichprobenfehler kein vollständiges Bild der Erhebungsgenauigkeit bzw. der Datenqualität gibt.

### 2.3.4 Richtigkeit

Die (Gesamt-)Genauigkeit einer Erhebung hängt außer von der Präzision auch entscheidend von der „Richtigkeit“ (trueness) des Erhebungsverfahrens ab. Der Begriff Richtigkeit bezeichnet hierbei den Grad der Übereinstimmung zwischen  $m$  (Erwartungswert des Schätzers) und  $Y$  (wahrer Wert der zu schätzenden Kennzahl); die Richtigkeit – und damit auch die Gesamtgenauigkeit einer Erhebung – wächst demnach mit abnehmender Verzerrung  $B = m - Y$ .

Während der Stichprobenfehler unvermeidlich ist und ein ganz natürliches Charakteristikum von Stichprobenerhebungen darstellt, entsteht der systematische Fehler bzw. die Verzerrung durch Mängel in der Erhebungstechnik, in der Abgrenzung der Erhebungsgesamtheit, in der Begriffsbildung, in der Fragestellung sowie in der Datenaufbereitung (Statistisches Bundesamt, 1960).

Im Gegensatz zum Stichprobenfehler sind systematische Fehler normalerweise nicht davon abhängig, ob ein Merkmal häufig ist oder nur sehr selten

vorkommt. Anders als der zufällige Stichprobenfehler zeigen systematische Fehler keine Ausgleichstendenz bei Vergrößerung des Erhebungsumfangs. Genaue quantitative Aussagen über systematische Fehler sind in der Regel nur auf der Grundlage von speziellen Kontrollstudien und Nachprüfungen möglich.

Meist sind die störenden systematischen Fehler nach Art, Richtung und Größe unbekannt. Im konkreten Fall können sich der Stichprobenfehler und die systematischen Fehler gegenseitig verstärken oder aufheben, je nachdem, wie sie zufällig zusammentreffen: Große Fehler überdecken dabei die kleinen, gleichgültig, welche von ihnen systematisch und welche zufällig sind.

Für manche systematische Fehler können statistische Modelle formuliert werden. Dies wird am Beispiel des sog. Nonresponse dargestellt.

### Modell für Verzerrung durch Nonresponse

Man kann von der (vereinfachten) Vorstellung ausgehen, dass die Grundgesamtheit der  $N$  Erhebungseinheiten in zwei Teilgruppen zerfällt:  $N_1$  antwortbereite Einheiten und  $N_2$  nicht antwortbereite Einheiten. Mit  $\mu_1$  und  $\mu_2$  wird der Mittelwert eines Untersuchungsmerkmals für die  $N_1$  antwortbereiten bzw. die  $N_2$  nicht antwortbereiten Einheiten bezeichnet. Der Gesamtmittelwert  $\mu$  ist dann durch

$$\mu = w_1\mu_1 + w_2\mu_2$$

gegeben, wobei  $w_i = N_i/N$  für  $i = 1, 2$ .

Zieht man aus der Grundgesamtheit der  $N$  Einheiten eine Stichprobe vom Umfang  $n$ , so stammen alle verwertbaren Stichprobenelemente aus der Teilgesamtheit der  $N_1$  antwortbereiten Einheiten. Für den Mittelwert  $m_1$  der Stichprobe gilt also:  $E(m_1) = \mu_1$ . Gleichwohl wird  $m_1$  als Schätzung für  $\mu$  verwendet.

Die Verzerrung  $B$  des Schätzers  $m_1$  für den Gesamtmittelwert  $\mu$  kann wie folgt dargestellt werden:

$$\begin{aligned} B &= E(m_1) - \mu = \mu_1 - \mu = \mu_1 - (w_1\mu_1 + w_2\mu_2) \\ &= \mu_1(1 - w_1) - w_2\mu_2 \end{aligned}$$

Wegen  $1 - w_1 = w_2$  ergibt sich für die Verzerrung  $B$  schließlich die Darstellung

$$B = w_2(\mu_1 - \mu_2).$$

Die Verzerrung des Schätzers durch Nonresponse ist demnach umso stärker,

- je größer der Anteil  $w_2$  der nicht antwortbereiten Einheiten in der Grundgesamtheit ist und
- je größer der Mittelwertunterschied  $\mu_1 - \mu_2$  zwischen der Gruppe der antwortbereiten und der Gruppe der nicht antwortbereiten Einheiten ausfällt.

Da die Stichprobendaten keine Information über  $\mu_2$  liefern<sup>1</sup>, bleibt die Verzerrung  $B$  unbekannt, es sei denn, dass aus anderen Datenquellen eine näherungsweise Quantifizierung von  $\mu_2$  bzw.  $\mu_1 - \mu_2$  möglich ist (COCHRAN, 1977, S. 360-361).

## 2.4 Systematische Erhebungsfehler: Ursachen, Vermeidungsstrategien und Fehlerkorrektur

### 2.4.1 Grundtypen systematischer Erhebungsfehler

Systematische Erhebungsfehler können unabhängig vom speziellen Erhebungsverfahren auf verschiedene Ursachenkomplexe zurückgeführt werden, die sich den unterschiedlichen Phasen einer Erhebung zuordnen lassen (COCHRAN, 1977, S. 359; Statistisches Bundesamt, 2008, S. 7-8):

- Fehler durch Nichtübereinstimmung von Auswahlgesamtheit und Zielgesamtheit der Erhebung (sog. Coverage-Fehler: fehlende, irrtümlich eingeschlossene und duplizierte Einheiten in der Auswahlgrundlage),
- Fehler durch Nichterfassung von Einheiten, die zur gezogenen Stichprobe gehören (Ausfall von Stichprobeneinheiten, Nichterreichbarkeit, Unit-Nonresponse),
- Fehler durch Nichtübereinstimmung von gemessenem und wahren Merkmalswert bei Einheiten in der Stichprobe (Ungenauigkeit des Messverfahrens, Angabefehler der Befragten, Item-Nonresponse),
- Fehler bei der Datenaufbereitung und der Darstellung von Ergebnissen.

Zu diesen Fehlerarten tritt noch ein weiterer, im Vorfeld der eigentlichen Erhebung liegender Nichtstichprobenfehler hinzu:

<sup>1</sup> Der unbekannt Anteil  $w_2$  kann durch die empirische Nonresponse-Quote geschätzt werden. Schätzer für  $\mu_1$  ist der Stichprobenmittelwert  $m_1$ .

- Spezifikationsfehler (mangelhaftes Erhebungskonzept, unklare Erhebungsziele, fehlerhafte Operationalisierung).

In der Literatur zur angewandten Statistik wird in diesem Zusammenhang auch vom sog. „Adäquationsproblem“ gesprochen. Gemeint ist damit die Schwierigkeit, dasjenige Datenmaterial zur Verfügung zu stellen, das den interessierenden Realitätsausschnitt in ausreichendem Maße repräsentiert. Adäquate Daten und Maßzahlen sind solche, die für den zu beschreibenden Sachverhalt geeignet und aussagekräftig sind. Wenn z. B. mit den Daten einer Mobilitätserhebung Aussagen über „multimodales“ Verkehrsverhalten gemacht werden sollen, so wäre es nicht adäquat, pro Weg nur das „Hauptverkehrsmittel“ zu erfassen; adäquat wäre es vielmehr, beim Merkmal „benutztes Verkehrsmittel“ Mehrfachnennungen zuzulassen.

Man kann systematischen Erhebungsfehlern durch zwei verschiedene, sich ergänzende Strategien begegnen:

- Fehlervermeidung,
- Fehlerkorrektur.

Einige allgemeine Grundsätze im Hinblick auf Vermeidung und Korrektur systematischer Fehler werden in den beiden folgenden Kapiteln angesprochen. Die konkrete Umsetzung der Strategien wird im Zusammenhang mit den verschiedenen Formen von Verkehrserhebungen in den Kapiteln 5 bis 8 behandelt.

#### 2.4.2 Verfahren zur Vermeidung oder Reduzierung systematischer Fehler

Systematische Fehler entstehen durch Verfahrensmängel in den verschiedenen Phasen einer Erhebung. Strategien und Maßnahmen zur Fehlervermeidung bzw. -reduzierung lassen sich deshalb nach den Erhebungsphasen ordnen.

##### Vermeidung von Spezifikationsfehlern

- geeignetes Rahmenkonzept,
- Erhebungsdesign bzw. Wahl der Erhebungsform,
- Durchführung von Pilottests.

##### Vermeidung von Coverage-Fehlern

- Prüfung der Auswahlgrundlage auf Vollständigkeit bezüglich der Zielgesamtheit durch Vergleich mit externen Datenbeständen.
- Bereinigung der Auswahlgrundlage um duplizierte und irrtümlich eingeschlossene Einheiten.
- Verwendung von mehreren Auswahlgrundlagen.

##### Vermeidung von Antwortausfällen

- Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl von Erhebungspersonen (Interviewer, Zähler).
- Periodische Überprüfung der technischen Geräte auf Defekt etc.
- Nachfassaktionen bei Befragungen.
- Verwendung von Incentives (Anreize zur Teilnahme an einer Befragung).

##### Vermeidung von Fehlern durch Nichtübereinstimmung von gemessenem und wahren Merkmalswert

- Interviewerauswahl, Interviewerschulung und -überwachung,
- Auswahl von eindeutigen Fragen und Antworten sowie Verwendung von problemadäquaten Antwortskalen,
- Instrumenteneichung und -überprüfung.

##### Vermeidung von Fehlern bei der Datenaufbereitung

- Abstimmung mit dem zuständigen Erhebungspersonal hinsichtlich Besonderheiten bei der Datenerfassung,
- Anwendung von Methoden der Qualitätskontrolle auf den einzelnen Stufen des Aufbereitungsprozesses.

#### 2.4.3 Verfahren zur Ermittlung und Korrektur systematischer Fehler

Für einige Arten von systematischen Fehlern ist es möglich, ihren Beitrag zum Gesamtfehler einer Erhebung zumindest näherungsweise anzugeben. Die dafür infrage kommenden Verfahren (sog. postsurvey evaluations) werden im vorliegen-

den Kapitel behandelt (BIEMER und LYBERG, 2003).

Zu den häufig verwendeten Verfahren zur Ermittlung und Korrektur von Erhebungsfehlern gehören hierbei:

- Split-Ballot-Experimente (Methodensplit innerhalb der Stichprobe)

Hierbei wird eine Stichprobe nach dem Zufallsprinzip in zwei oder mehr Unterstichproben (Substichproben) unterteilt. Dieses Verfahren dient der Untersuchung von Instrument- bzw. Methodeneffekten. Die Unterstichproben werden dabei z. B. mit verschiedenen Fragebogenversionen untersucht, um durch Umordnung oder Umformulierung der Fragen oder Antwortkategorien (in einer schriftlichen Befragung) Fragekontexteffekte identifizieren und vermeiden zu können. Aber auch die Wahl der geeigneten Befragungsform (Computer Assisted Personal Interviewing (CAPI), Computer Assisted Self Interviewing (CASI) oder Paper and Pencil Interviewing (PAPI)) oder ihre Tauglichkeit für eine bestimmte Fragestellung kann so untersucht werden.

Da es mehrere Faktoren gibt, die wechselseitig interagieren (Interviewer vs. Befragte vs. Interviewsituation vs. Befragungsform), ist manchmal die Anwendung auch noch komplexerer Verfahren sinnvoll (GROVES und COUPER, 1998).

- Wiederholungserhebungen

Bei Wiederholungserhebungen wird eine Messung nochmals durchgeführt, um Abweichungen des technischen Gerätes quantifizieren zu können (Untersuchung der Reliabilität durch eine Vergleichsstudie zur Messung des „Instrument-Effekts“). Bei Befragungen werden Personen aus der Originalstichprobe nochmals dieselben Fragen gestellt (Reinterviewstudies). Mit dieser weit verbreiteten Methode lässt sich die durch den Messfehler verursachte Verzerrung (Interviewer-Bias, Messfehler-Bias) bestimmen.

- Kontrollerhebungen

Im Gegensatz zu den Wiederholungserhebungen wird hier eine andere Stichprobe aus der Auswahlgemeinschaft zur selben Thematik befragt.

- Gewichtungsverfahren

Mit der Bestimmung von Korrekturfaktoren, welche auf Basis von externen, validen und aktuellen Vergleichsdatenbeständen (Zahlen der Bundesagentur

für Arbeit, Mikrozensus etc.) gebildet werden, wird versucht, Verzerrungen z. B. in der Altersstruktur der Stichprobe auszugleichen.

- Non-Response-Untersuchungen

Um konkrete Aussagen über den Nonresponse-Effekt (bei Befragungen) treffen zu können, benötigt man Informationen über die potenziellen Antworten der Nichtantwörter. Hierzu wird eine zufällige Unterstichprobe aus den Nichtantwortern gezogen und nochmals versucht, diese zu befragen. Da bei der wiederholten Befragung der Nichtantwörter mit einer hohen Verweigerungsquote gerechnet werden kann, wird i. d. R. der Fragenumfang erheblich reduziert und ggf. auch die Befragungstechnik gewechselt. Die Ergebnisse einer Nonresponse-Untersuchung dienen u. a. zur Korrektur des Hochrechnungsverfahrens.

## 2.5 Erforderliche Datenqualität

### 2.5.1 Operationalisierung von Standards der Datenqualität

Datenqualitätsstandards im Sinne von Anforderungen an die Genauigkeit von Erhebungsdaten werden in der statistischen Methodenlehre meist bezogen auf die Präzision, d. h. den zufälligen Stichprobenfehler, behandelt. Wissenschaftlich fundierte Untersuchungen zum Thema „erforderliche Präzision“ (desired precision) finden sich von jeher in der stichprobentheoretischen Literatur (HANSEN, HURWITZ und MADOW, 1953).

Hat man eine bestimmte Fehlerspanne vorgegeben, so kann z. B. derjenige Stichprobenumfang berechnet werden, bei dessen Verwirklichung die betreffende Fehlerspanne mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eingehalten wird. Es ist ein besonderer Vorzug von Zufallsauswahlverfahren, dass

- bei vorgegebenen Fehlergrenzen der erforderliche Stichprobenumfang errechnet werden kann bzw.
- bei vorgegebenem Stichprobenumfang die Standardfehler (Wurzel aus der Varianz des Schätzers) errechnet werden können.

Im Folgenden wird zunächst erörtert, welche Anforderungen an die Präzision gestellt werden, d. h., welche Vorgaben für den Stichprobenfehler gebräuchlich sind. Im Anschluss daran wird der Frage

nachgegangen, welche Anforderungen an die Richtigkeit der Daten zu stellen sind bzw. ab welcher Größenordnung der Verzerrung die Gesamtgenauigkeit einer Stichprobenerhebung gravierend beeinträchtigt ist.

### 2.5.2 Stichprobenfehler: Anforderungen an die Präzision

Ausgangspunkt der Überlegungen zur notwendigen Präzision sind die mit den Stichprobendaten zu erstellenden Ergebnistabellen und deren geplante Verwendung. Wenn eine bestimmte Fehlergrenze (absoluter oder relativer Fehler der Schätzung) für ein einzelnes Tabellenfeld oder mehrere Tabellenfelder vorgegeben ist, so kann vor Durchführung der Erhebung der notwendige Stichprobenumfang der Größenordnung nach berechnet werden (vgl. z. B. BOCK, 1998). Es versteht sich, dass bei gegebener Fehlergrenze der erforderliche Mindeststichprobenumfang durch

- das praktizierte Auswahlverfahren,
- die Art der zu schätzenden Kennzahl und
- das verwendete Hochrechnungsverfahren

bestimmt wird. Um im Rahmen der Stichprobenplanung Mindeststichprobenumfänge berechnen zu können, müssen zahlenmäßige Vorstellungen über die Besetzungshäufigkeit der Tabellenfelder und über die Streuung der wichtigsten Untersuchungsmerkmale vorliegen.

In der Praxis ist die Festlegung eines Maßstabs für die Genauigkeit oft problematisch. Dies wird an folgenden Fragen deutlich:

- Soll die Genauigkeitsforderung sich auf eine oder mehrere Ergebnisgrößen beziehen?
- Welche Genauigkeit sollen gruppenspezifische Kennzahlen im Verhältnis zu der betreffenden Kennzahl für die Gesamtheit haben?
- Wie ist vorzugehen, wenn mehrere Genauigkeitsforderungen nicht miteinander vereinbar sind?

Auch die Bemessung der Genauigkeitsforderung erweist sich vielfach als schwierig. Meist zeigt sich, dass keine klar begründeten Vorstellungen über die notwendige Genauigkeit einer statistischen Kennzahl bestehen. Entscheidend ist, dass die Fehler in den Kennzahlen nicht zu einer falschen Lösung der

gestellten Aufgabe oder zu Fehlentscheidungen führen.

Die „richtige“ Genauigkeitsforderung kann nur am konkreten Beispiel und vor dem Hintergrund der sachlichen Fragestellung formuliert werden. Gebräuchlich ist es, die Genauigkeitsforderung mit Hilfe des relativen Standardfehlers  $\sqrt{[\text{Var}(y)]}/y$  oder des relativen Fehlers der Schätzung  $|y-Y|/Y$  auszudrücken.

Generell besteht die Tendenz, die Genauigkeitsforderungen pauschal zu hoch anzusetzen (Statistisches Bundesamt, 1960, S. 21-22). Oft wird vermutet, dass es grundsätzlich nicht möglich sei, mit Zahlen zu arbeiten, die z. B. einen relativen Standardfehler von 10 % haben. Tatsächlich genügt eine solche Genauigkeit aber häufig, vor allem wenn es sich um kleinere Anteilswerte handelt, bei denen oft nur größere Unterschiede von praktischer Bedeutung sind.

Wenn es z. B. bei einem ÖV-Anteil am gesamten Verkehrsaufkommen von 5 % darauf ankommt, eine Veränderung von 5 auf 6 Prozent, d. h. einen (relativen) Unterschied von 20 % in den Häufigkeiten, festzustellen, dann würde dazu ein relativer Standardfehler von 10 % völlig ausreichen. Wenn bei der Schätzung der mittleren Reiseweite im ÖPNV ein absoluter Fehler von 0,5 km beim Sicherheitsgrad 95 % nicht überschritten werden soll, dann entspricht dies bei einer mittleren Reiseweite von 10 km einem maximalen relativen Fehler von 5 %; ein maximaler relativer Fehler von 1 % würden hier bedeuten, dass die mittlere Reiseweite auf 100 m genau geschätzt werden soll, was in der Regel eine überzogene Genauigkeitsforderung darstellen dürfte. Gleichwohl kann es aber natürlich Situationen geben, in denen die Forderung eines maximalen relativen Fehlers von 1 % berechtigt und notwendig ist.

Eine wichtige Orientierungshilfe stellen in diesem Zusammenhang die Genauigkeitsstandards des Mikrozensus dar. Im „Qualitätsbericht“ zum Mikrozensus 2007 (Statistisches Bundesamt, 2008, S. 6-8) wird im Hinblick auf stichprobenbedingte Fehler dargestellt, wie der relative Standardfehler  $\sqrt{[\text{Var}(y)]}/y$  näherungsweise aus den hochgerechneten Besetzungszahlen der Tabellenfelder ermittelt werden kann<sup>2</sup>. Beim Mikrozensus wird ein Hochrech-

<sup>2</sup> Das entsprechende Verfahren ist in der englischsprachigen Literatur unter dem Namen „Generalized Variance Functions“ bekannt.

nungsergebnis nicht mehr ausgewiesen, sondern durch einen Schrägstrich („/“) ersetzt, wenn der relative Standardfehler einen Schwellenwert von 15 % übersteigt<sup>3</sup>.

Dieses Genauigkeitskriterium könnte man z. B. auch bei Mobilitätshebungen anwenden, bei denen es unter anderem um die Schätzung der mittleren täglichen Wegelänge von Personen geht. Beispielhaft sei angenommen, dass eine einfache Zufallsstichprobe für eine bestimmte Teilgruppe von  $n$  Personen (genauer: Personentage) folgende Ergebnisse geliefert hat:

Mittelwert	25 km/Tag,
Standardabweichung	27,5 km/Tag,
Standardfehler	$27,5/\sqrt{n}$ km/Tag,
Relativer Standardfehler	$27,5/(25\sqrt{n})$ .

Damit der relative Standardfehler des Mittelwerts der täglichen Wegelänge den zulässigen Höchstwert von 15 % (0,15) nicht überschreitet, muss die betrachtete Teilgruppe in der Stichprobe mindestens  $n_0 = 54$  Personen umfassen. Bei dieser Fallzahl (54 Personen) würde man beim Sicherheitsgrad 95 % (zugehöriges Quantil der Standardnormalverteilung: 1,96) das folgende Konfidenzintervall für die mittlere tägliche Wegelänge erhalten:

$$25 \pm 1,96 \cdot (27,5/\sqrt{54}),$$

d. h. näherungsweise

$$25 \pm 7,3 \text{ km pro Person und Tag.}$$

Ein Konfidenzintervall, das von

$$17,7 \text{ bis } 32,3 \text{ km pro Person und Tag}$$

reicht, deutet auf eine so geringe Präzision der Mittelwertschätzung hin, dass es in der Tat nahe liegt, auf eine Veröffentlichung der gruppenspezifischen Kennzahl (25 km/Tag) zu verzichten. Weil beim Merkmal tägliche Wegelänge ganz generell Mittelwert und Standardabweichung annähernd gleich groß sind, könnte man als Anforderung formulieren, dass Mittelwertschätzungen nur dann veröffentlicht werden sollten, wenn die betreffende Personen-Gruppe in der Stichprobe mit mindestens 50 Personen vertreten ist.

### 2.5.3 Systematischer Fehler: Anforderungen an die Richtigkeit

Anforderungen an die Richtigkeit können prinzipiell in Form von zulässigen Höchstwerten für die Verzerrung formuliert werden. Anders als beim Stichprobenfehler ist es beim systematischen Fehler aber nicht ohne weiteres möglich, das Erhebungsverfahren von vornherein so einzurichten, dass eine bestimmte Schranke für die Verzerrung nicht überschritten wird. Im Folgenden wird deshalb der Frage nachgegangen, welche Verzerrung noch tolerierbar ist in dem Sinne, dass durch den systematischen Fehler die Gesamtgenauigkeit der Schätzung nicht „zu stark“ beeinträchtigt wird.

Ob eine Verzerrung  $B = m - Y$  „gravierend“ bzw. „nicht mehr tolerierbar“ ist, hängt davon ab, wie groß  $B$  im Verhältnis zum Standardfehler, d. h. zur Standardabweichung  $\sigma = \sqrt{\text{Var}(y)}$  des Schätzers  $y$ , ist. Wir sprechen im Folgenden von einer „unzureichenden“ Genauigkeit bzw. einem „beträchtlichen“ Gesamtfehler, wenn der normalverteilte Schätzer  $y$  von der zu schätzenden Kennzahl  $Y$  um mehr als  $1,96 \cdot \sigma$  nach unten oder oben abweicht.

Liegt kein systematischer Fehler vor, d. h., gilt  $B = m - Y = 0$ , so ist  $y$  unverzerrt. In diesem Fall beträgt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Schätzung mit einem „beträchtlichen“ Gesamtfehler behaftet ist, d. h. außerhalb des oben genannten Bereichs liegt, bekanntlich 5 % (0,05). Wie man sich leicht überlegt, steigt diese Fehlerwahrscheinlichkeit über den Wert von 5 %, wenn die Daten mit einem systematischen Fehler behaftet sind.

Bei COCHRAN (1970), S. 12-16, finden sich Bedingungen, unter denen der Einfluss der Verzerrung  $B$  auf die Gesamtgenauigkeit des Schätzers vernachlässigt werden kann. Wie sich zeigen lässt, hängt die Wahrscheinlichkeit  $P(F)$  für einen „beträchtlichen Fehler“, d. h. eine Über- oder Unterschätzung des wahren Wertes  $Y$  um mehr als  $1,96 \cdot \sigma$  vom Verhältnis  $B/\sigma$  ab, wobei jetzt  $B$  als Absolutbetrag der Verzerrung zu interpretieren ist:

Wenn z. B. die Verzerrung genauso groß ist wie die Standardabweichung des Schätzers ( $B/\sigma = 1,00$ ), so liegt die Wahrscheinlichkeit für einen „beträchtlichen Fehler“ bei 17 % (wie in Tabelle 1 dargestellt). Der Forscher, der die Verzerrung ja meist nicht kennt, glaubt also, einen (unverzerrten) Schätzer zu haben, der nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 % eine „schlechte“ bzw. „ungenau“ Schätzung liefert; tatsächlich verwendet er aber

<sup>3</sup> Dies ist der Fall, wenn für eine bestimmte Teilgruppe die hochgerechnete Zahl der Personen (nicht die Zahl der Personen in der Stichprobe) unter 5.000 liegt.

$B/\sigma$	$P(F)$
0	0,0500
0,10	0,0511
0,20	0,0546
0,40	0,0685
0,60	0,0921
0,80	0,1259
1,00	0,1700
1,50	0,3231

Tab. 1: Wahrscheinlichkeit für einen „beträchtlichen Fehler“

einen Schätzer, bei dem diese Wahrscheinlichkeit 17 % beträgt.

Beispiel: mittlere tägliche Wegelänge

Auf der Basis einer Zufallsstichprobe von  $n = 2.225$  Personen soll die mittlere tägliche Wegelänge geschätzt werden. Aus vorliegenden Mobilitätsstudien sei die Standardabweichung der täglichen Wegelänge in guter Näherung bekannt:

$$\sigma = 22,5 \text{ km.}$$

Der Standardfehler des Mittelwerts beträgt beim oben angegebenen Stichprobenumfang also

$$\sigma/\sqrt{n} = 0,477.$$

Dieser Standardfehler ist wohlgemerkt als Streuung von  $y$  um  $m$ , nicht um  $Y$ , zu verstehen.

Wenn nun infolge eines systematischen Angabefehlers (response error) die Befragten ihre tägliche Wegelänge im Durchschnitt um  $B = 0,477$  km zu hoch angeben, dann erhält man beim Stichprobenumfang  $n = 2.225$  Personen mit 17-prozentiger Wahrscheinlichkeit einen Schätzwert für die mittlere tägliche Wegelänge, der vom wahren Wert um mehr als

$$1,96 \cdot 0,477 = 0,935 \text{ km}$$

abweicht<sup>4</sup>.

Bei Mobilitätserhebungen ist eine systematische Überschätzung der täglichen Wegelänge durch die Befragten um durchschnittlich 0,5 km ohne weite-

res denkbar. Geht man aufgrund von Daten aus früheren Erhebungen davon aus, dass der Mittelwert der täglichen Wegelänge bei ca. 20 km liegt, so beträgt die Verzerrung nur etwa 2,5 % des wahren Mittelwertes ( $0,5/20 = 0,025 = 2,5 \%$ ). Wie man sieht, ist die Auswirkung einer solchen – zunächst fast unbedeutend erscheinenden – Verzerrung auf die Gesamtgenauigkeit der Hochrechnung beträchtlich.

Der Einfluss des Bias auf die Gesamtgenauigkeit eines Schätzers ist auf jeden Fall zu vernachlässigen, wenn der Absolutbetrag  $B$  der Verzerrung ein Zehntel der Standardabweichung  $\sigma$  des Schätzers nicht überschreitet:

$$B/\sigma < 0,1.$$

Aber selbst im Fall  $B/\sigma = 0,4$  ist die Ungenauigkeit der Fehlerwahrscheinlichkeit  $P(F)$  noch vergleichsweise gering. Man kann demnach als Fazit festhalten,

- dass Verzerrungen nicht ins Gewicht fallen, solange sie nur höchstens halb so groß sind wie der aus der Zufallsauswahl resultierende Standardfehler der Schätzung.

Für Verzerrungen, die im Schätzverfahren begründet sind (Verhältnisschätzung), kann mathematisch gezeigt werden, dass  $B/\sigma < 0,1$  erfüllt ist, wenn der Stichprobenumfang groß genug gewählt wird (asymptotisch unverzerrte Schätzung). Dagegen ist es bei Verzerrungen, die aus systematischen Fehlern (z. B. Angabefehler oder Nonresponse) resultieren, meist unmöglich sicherzustellen, dass das Verhältnis  $B/\sigma$  eine hinreichend kleine obere Schranke nicht überschreitet.

#### 2.5.4 Exkurs zum Thema Verzerrungen durch Nonresponse

Auf der Basis der obigen Ausführungen, wonach Verzerrungen nicht ins Gewicht fallen, solange sie nur höchstens halb so groß sind wie der aus der Zufallsauswahl resultierende Standardfehler der Schätzung, wird im Folgenden der Frage nachgegangen, unter welchen Bedingungen Nonresponse zu Verzerrungen führt, die nicht mehr tolerierbar sind. Als Beispiel dient eine Befragung von  $n$  zufällig ausgewählten Personen zu ihrem Verkehrsverhalten an einem zufällig ausgewählten Stichtag.

Gemäß Kapitel 2.3.4 kann bei der Schätzung einer Mobilitätskennzahl wie z. B. der mittleren täglichen

<sup>4</sup> Die Wahrscheinlichkeit für eine Überschätzung des wahren Mittelwertes um mehr als 0,935 km ist 16,85 %, die Wahrscheinlichkeit für eine entsprechende Unterschätzung ist 0,15 %. Vgl. COCHRAN (1970), S. 14.

Wegelänge von Personen ( $\mu$ ) die Verzerrung B durch Nonresponse wie folgt dargestellt werden

$$B = w_2 |\mu_1 - \mu_2|.$$

Hierbei bezeichnet  $w_2$  den Anteil der nicht antwortbereiten Personen in der Grundgesamtheit (kurz „wahre“ Nonresponsequote) und die absolute Abweichung  $|\mu_1 - \mu_2|$  den Verhaltensunterschied zwischen den antwortbereiten und nicht antwortbereiten Personen in der Grundgesamtheit.

Die Verzerrung kann hingenommen werden, falls

$$B \leq 0,5 \cdot (\sigma/\sqrt{n}),$$

wobei  $\sigma/\sqrt{n}$  die Standardabweichung des Stichprobenmittelwertes der täglichen Wegelänge ist ( $n$  bezeichnet hier die Zahl der Antworter). Substituiert man B durch  $w_2 |\mu_1 - \mu_2|$ , so erhält man die Darstellung

$$w_2 |\mu_1 - \mu_2| \leq 0,5 \cdot (\sigma/\sqrt{n}),$$

woraus

$$w_2 \leq 0,5 \cdot (\sigma/\sqrt{n}) / (\mu_1 - \mu_2) = 0,5 \cdot \sigma / [|\mu_1 - \mu_2| \sqrt{n}]$$

folgt.

Beispiel:

Hat man Angaben von  $n = 5.000$  Personen erhalten und unterstellt man eine Streuung der täglichen Wegelänge von  $\sigma = 25$  km/Tag, so ergibt sich

$$w_2 \leq 0,5 \cdot 25 / [|\mu_1 - \mu_2| \sqrt{5.000}]$$

bzw.

$$w_2 \leq 12,5 / [70,71 |\mu_1 - \mu_2|].$$

Wenn sich die mittlere tägliche Wegelänge  $\mu_2$  der nicht antwortbereiten Personen von der mittleren Wegelänge  $\mu_1$  der antwortbereiten Personen um genau 1 km/Tag unterscheidet, so wäre eine wahre Nonresponsequote  $w_2$  von bis zu 0,177 (d. h. 17,7 %) tolerierbar. Liegt der Mittelwertunterschied bei 2 km/Tag, so kann nur noch eine (wahre) Nonresponsequote von höchstens 0,088 (d. h. 8,8 %) hingenommen werden. Wie man sieht, wird die Gesamtgenauigkeit des Schätzers für die mittlere tägliche Wegelänge je nach Stärke des Verhaltensunterschieds zwischen antwortbereiten und nicht antwortbereiten Personen ggf. schon bei Nonresponsequoten in der Größenordnung von 10 oder 20 Prozent empfindlich beeinträchtigt.

Wenn 50 % der Personen in der Grundgesamtheit nicht antwortbereit sind ( $w_2 = 0,5$ ), so ist im vorlie-

genden Beispiel ( $n = 5.000$ ;  $\sigma = 25$  km/Tag) die Verzerrung nur dann zu vernachlässigen, wenn die Abweichung  $|\mu_1 - \mu_2|$  der beiden Mittelwerte nicht größer ist als 0,35 km/Tag. Ob diese Bedingung erfüllt ist, kann in der Regel nur durch eine spezielle Nonresponse-Studie geklärt werden.

### 3 Verkehrswissenschaftliche Grundlagen

#### 3.1 Allgemeine Charakterisierung von Verkehrserhebungen

##### 3.1.1 Verkehr als Objekt empirischer Untersuchungen

Aus statistischer Perspektive ist „Verkehr“ eine räumlich, zeitlich und sachlich abgegrenzte Gesamtheit von „Ortsveränderungen“, wobei mit Ortsveränderungen Vorgänge (Prozesse) der räumlichen Fortbewegung bestimmter Einheiten gemeint sind. Die Einheiten, die im Rahmen dieser Prozesse ihre räumliche Position verändern, sind je nach Betrachtungsweise die Verkehrsobjekte (Personen, Güter) oder die für die Raumüberwindung der Objekte eingesetzten Verkehrsmittel (Fahrzeuge). Bei der Fortbewegung im Raum ist jedes Verkehrsobjekt einem Verkehrsmittel zugeordnet.

Verkehr als eine Gesamtheit von Ortsveränderungen ist eine so genannte Ereignisgesamtheit<sup>5</sup>. Um etwas über Umfang und Struktur des Verkehrs aussagen zu können, müssen die betreffenden Fortbewegungsprozesse während eines gewissen Untersuchungszeitraums im jeweiligen Untersuchungsgebiet beobachtet werden. Entsprechend dem Sprachgebrauch in der Epidemiologie handelt es sich bei Verkehrsuntersuchungen also um „Inzidenzstudien“<sup>6</sup>, d. h. um eine zeitraumbezogene Erfassung von Ereignissen (Ortsveränderungen) und deren Eigenschaften. Die bei einer Verkehrsuntersuchung erhobenen Ortsveränderungen von Personen, Gütern oder Fahrzeugen können als Stich-

<sup>5</sup> Traditionell spricht man hier auch von „Bewegungsmasse“ (als Gegenstück zu „Bestandsmasse“).

<sup>6</sup> Bei epidemiologischen Inzidenzstudien wird die Zahl der in einem bestimmten Zeitraum neu aufgetretenen Krankheitsfälle erfasst. Das Gegenstück hierzu sind zeitpunktbezogene „Prävalenzstudien“, bei denen erhoben wird, wie häufig eine Krankheit zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Population vorkommt.

probe aus einer Ereignisgesamtheit interpretiert werden.

In der Verkehrsforschung und Verkehrsplanung hat die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen den Charakter von Inzidenzstudien. Gleichwohl findet sich aber als Studienform auch die „Prävalenzstudie“, bei der verkehrsrelevante Objekte und deren Eigenschaften zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst werden. Ein typisches Beispiel sind Erhebungen zum ruhenden Verkehr (z. B. Belegung eines P&R-Platzes zu verschiedenen Zeiten des Tages).

### 3.1.2 Erhebung als wichtigste Methode der Gewinnung von Verkehrsdaten

Aus Sicht der empirischen Forschung können Verkehrserhebungen den so genannten nichtexperimentellen Untersuchungsdesigns (auch Ex-post-facto-Designs) zugerechnet werden. In der englischsprachigen Literatur werden Erhebungen (surveys) dem Untersuchungstyp observational studies zugeordnet. Charakteristisch für diesen Forschungsansatz ist es, aktuelles menschliches Verhalten in „natürlichen“ Situationen („Feld“) zu analysieren.

Für experimentelle oder quasi-experimentelle Untersuchungsdesigns, die in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet werden, ist demgegenüber die Analyse aktuellen Verhaltens in vom Forscher bestimmten Situationen („Labor“) typisch. In der Verkehrsforschung sind experimentelle Designs äußerst selten, quasi-experimentelle Designs findet man dagegen häufiger, beispielsweise im Zusammenhang mit der Evaluation von Maßnahmen im Bereich der Verkehrssicherheit oder bei Wirksamkeitsuntersuchungen zu Marketingmaßnahmen von ÖPNV-Unternehmen.

Folgt man dem in der empirischen Forschung allgemein üblichen Sprachgebrauch, so kann man sagen, dass Verkehrserhebungen in zwei verschiedenen Formen, nämlich als Beobachtung bzw. als Befragung, durchgeführt werden.

## 3.2 Erhebungsform „Beobachtung“

### 3.2.1 Beobachtung: Begriff und Arten

Unter Beobachtung versteht man ganz allgemein das systematische Erfassen, Festhalten und Deuten sinnlich wahrnehmbaren Verhaltens zum Zeit-

punkt seines Geschehens (ATTESLANDER, 2003, S. 79). Beobachtung findet also während eines bestimmten Zeitraums an einem bestimmten geografischen Ort statt. In der verkehrswissenschaftlichen Literatur wird demgegenüber der Begriff der Beobachtung meist enger gefasst, etwa als ein Verfahren zur Erfassung von Nutzungen in definierten Gebieten mit dem Ziel, Erkenntnisse über Ausschnitte von Aktivitätsmustern von Personen bzw. Personenkollektiven zu gewinnen (STEIERWALD, KÜNNE, VOGT, 2005, S.106 ff.).

Unter „Verhalten“ sind im Verkehrswesen sichtbare oder messbare Phänomene wie z. B. Gurttragen von Fahrzeuginsassen oder Geschwindigkeitsverhalten von Fahrzeugführern zu verstehen. Die systematische Erfassung des Verhaltens „zum Zeitpunkt seines Geschehens“ ist dadurch gegeben, dass die Beobachtung im Verkehrssystem selbst bzw. an einem bestimmten „Aktivitätsort“ erfolgt.

In der empirischen Sozialforschung werden Beobachtungsverfahren üblicherweise nach den folgenden Kategorien klassifiziert (vgl. BORTZ und DÖRING, 1995):

- offene versus verdeckte Beobachtung,
- teilnehmende versus nicht-teilnehmende Beobachtung,
- Feld- versus Laboratoriumsbeobachtung,
- strukturierte (quantitativ mittels Kategorienschemas) versus unstrukturierte (qualitative) Beobachtung,
- apparative versus nicht-apparative Beobachtung,

Im Folgenden wird auf die Bedeutung und die vielen verschiedenen Erscheinungsformen der Beobachtung im Verkehrswesen eingegangen.

### 3.2.2 Beobachtung im Verkehrswesen

Die Erfassung beobachtbaren Verkehrsverhaltens findet überwiegend als „Beobachtung im fließenden Verkehr“, d. h. im Verkehrssystem selbst, statt. Verkehrszählungen, Erhebungen zum Sicherungsverhalten<sup>7</sup> und Erhebungen zum Abstands- und Ge-

<sup>7</sup> Gurttragen, Helmtragen, Nutzung von Sicherheitseinrichtungen für mitfahrende Kinder u. Ä.

schwindigkeitsverhalten sind typische Beispiele für Beobachtungen im Verkehrssystem. Auch die Konfliktbeobachtung als Methode der Verkehrssicherheitsforschung und die Beobachtung von komplexeren Bewegungsmustern (z. B. von Fußgängern auf öffentlichen Plätzen) sind hier als Beispiele zu nennen. Die genannten Beispiele für Verkehrserhebungen lassen sich als (mehr oder weniger) verdeckte, nicht-teilnehmende Feldbeobachtungen beschreiben, die stark strukturiert sind und je nach Erhebungsgegenstand apparativ oder auch nicht-apparativ durchgeführt werden.

Im Verkehrswesen ist es seit jeher gebräuchlich, die Erhebungsform „Beobachtung“ (Datenerhebung „von außen“, d. h. ohne Kommunikation zwischen „Erheber“ und „Erhebungseinheit“) weiter zu untergliedern:

- Zählung
  - 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 Zählzeitpunkt).
- Messung
  - Erfassung quantitativer Merkmale von Ereignissen (z. B. lokale Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge),
  - Erfassung quantitativer Merkmale von Objekten (z. B. Verweildauer geparkter Fahrzeuge).
- Verhaltensbeobachtung
  - Erfassung qualitativer Merkmale von Ereignissen (z. B. Helmtragen von Zweiradfahrern),
  - Erfassung qualitativer Merkmale von Objekten (z. B. Regelkonformität der Abstellung geparkter Fahrzeuge).
- direkte Beobachtung
  - Verkehrszählungen unterschiedlicher Art,
  - klassifizierende Verkehrszählungen,
  - Fahrzeit- und Wartezeiterhebungen,
  - Geschwindigkeitsmessungen,
  - Achslasterhebungen usw.,
- indirekte Beobachtung
  - Erfassung der von Fahrzeugen verursachten Spuren (z. B. Spurrillen) als Indikatoren der Verkehrsstärke,
  - Erfassung von Fahrzeugteilen und Brems- bzw. Schleuderspuren zur Identifikation von Gefahrenstellen.

In der Literatur zum Komplex „Traffic Systems“ werden viele verschiedene Formen von observational surveys beschrieben: „A variety of methods for observing and estimating traffic parameters such as flows, speeds, queue lengths, parking needs, and patterns of demand are ... described in detail.“ Im Einzelnen sind dies (TAYLOR, YOUNG und BONSALL, 1996, 157-293):

- vehicle counting and classification surveys
  - manual counting methods,
  - counting methods involving video,
  - automatic detection of vehicles,
  - automatic classification of vehicles,
- speed, headway and travel time surveys
  - methods for collecting data on spot speeds,
  - methods for collecting data on vehicle headways,
  - methods for collecting data on travel times,
  - methods for collecting data on delays,
- surveys of environmental impacts
  - survey methods for emissions,
  - surveys of traffic noise levels,
- intersection studies
  - intersection delay studies,
  - saturation flow studies,
  - gap acceptance studies,

Auch in der englischsprachigen Literatur zu Verkehrserhebungen werden observational surveys als bedeutende Erhebungsform behandelt: „Observational surveys, while being relatively infrequent in social science surveys, are commonplace in transport and, more particularly, traffic surveys“ (RICHARDSON, AMPT und MEYBURG, 1995, S. 44-46). Die genannten Autoren unterscheiden

- origin-destination and route choice surveys
  - methods for obtaining O-D data,
  - methods for obtaining route choice data,
- traffic generation and parking surveys
  - inventory surveys (parking facilities etc.),
  - (observational) traffic generation and parking demand surveys (cordon, patrol, video surveys).

Während man die Art der Verkehrsbeteiligung einer Person durch „Beobachtung“ ermitteln kann, ist es in vielen Fällen unmöglich, den Anlass oder Zweck der Verkehrsbeteiligung auf diese Weise zu erheben. Dies kann meist nur auf dem Wege der „Befragung“ erfolgen.

### 3.3 Erhebungsform „Befragung“

#### 3.3.1 Befragung: Begriff und Arten

Bei der Befragung werden durch verbale Stimuli (Fragen) verbale Reaktionen (Antworten) hervorgerufen; die Antworten der Befragten beziehen sich auf erlebte und erinnerte Ereignisse, stellen Meinungen und Bewertungen dar (ATTESLANDER, 2003, S. 120).

Da Befragung Kommunikation zwischen dem Interviewer und dem Befragten bedeutet, ist die Lösung von Raum und Zeit des Besprochenen (hier meist das individuelle Verkehrsverhalten) möglich. Eine in raum-zeitlicher Hinsicht vom Untersuchungsgegenstand losgelöste Befragung ist z. B. die retrospektive Erhebung der Reisen privater Haushalte in den letzten drei Kalendermonaten im Rahmen einer schriftlich-postalischen Befragung (inhome survey).

Die Befragung zum Verkehrsverhalten kann aber auch während der betreffenden Ortsveränderung (on trip survey) stattfinden. Die Befragung von ÖV-Fahrgästen im Verkehrsmittel bzw. an der Haltestelle ist ein Beispiel hierfür. Diese, auch in der Marktforschung gebräuchliche Befragungsform wird meist „intercept survey“ genannt, da man die Befragten bei einer Tätigkeit „unterbrechen“ muss, um das Interview führen zu können.

Befragungen werden nach dem Studiendesign häufig wie folgt untergliedert:

- Querschnittsstudien,
- Längsschnittstudien.

Im Verkehrswesen sind die gebräuchlichsten Formen von Längsschnittstudien:

- Mehr-Tages-Erhebung (einmalige Befragung einer Stichprobe von Personen zu ihrem Verkehrsverhalten an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen),
- Panelstudien (wiederholte Befragung derselben Stichprobe von Personen zu ihrem Verkehrsverhalten),
- replikative Studien/Trendstudien (Befragung einer jeweils neuen Stichprobe von Personen zu ihrem Verkehrsverhalten).

Für Längsschnittstudien ist es typisch, dass die Erhebungsinhalte im Zeitverlauf im Wesentlichen gleich bleiben.

Nach der Kommunikationsform unterscheidet man,

- mündliche,
- schriftliche und
- kombinierte

und nach dem Grad der Standardisierung

- wenig strukturierte,
- teilstrukturierte und
- stark strukturierte

Befragungen.

#### 3.3.2 Befragung im Verkehrswesen

Verkehrsbefragungen bzw. Befragungen zum Verkehrsverhalten sind ganz überwiegend stark strukturierte Befragungen, die in Form von Einzelbefragungen oder Haushaltsbefragungen durchgeführt werden. Dabei findet sich sowohl die mündliche (persönlich bzw. telefonisch) als auch die schriftliche (postalisch bzw. Oline-) Kommunikationsart.

Zunehmend werden Verkehrsbefragungen in kombinierter Form durchgeführt:

- telefonische oder schriftliche Ankündigung der Zusendung des schriftlichen Fragebogens,
- persönliche Überbringung des schriftlichen Fragebogens,
- Zusendung des Fragebogens mit anschließender telefonischer Abfrage,

- elektronisch interaktiv.

Die nach unserem Wissen derzeit ausführlichste methodenbezogene Darstellung der Befragungen zum Verkehrsverhalten ist das Buch von RICHARDSON, AMPT und MEYBURG (1995).

Auf neuere Erhebungsformen wird in den FGSV-Hinweisen zu Methoden computergestützter Erhebungen zum individuellen Verkehrsverhalten (2004) detailliert eingegangen.

### 3.4 Erkenntnisse zur Datenqualität bei Verkehrserhebungen

#### 3.4.1 Fehlerquellen bei Zählungen

Die möglichen Fehlerquellen bei Verkehrszählungen können sehr unterschiedliche Ursachen haben. Um diese genauer beschreiben zu können, ist zunächst eine Unterscheidung nach der Art der Zählung, manuell oder automatisch, erforderlich.

Manuelle Zählungen kommen i. d. R. bei Stichprobenzählungen, die den fließenden Verkehr über wenige Stunden erfassen, oder zur Erfassung von Fahrzeugen im ruhenden Verkehr zum Einsatz. Darüber hinaus werden auch im Öffentlichen Verkehr Ein- und Aussteiger und/oder die Besetzung in den Fahrzeugen oder an den Haltestellen manuell gezählt. Die Zählung kann in Kombination mit einer Fahrgastbefragung erfolgen, um die Erhebungskosten aufgrund einer besseren Auslastung des Erhebungspersonals gering zu halten. Im Gegensatz dazu werden automatische Verkehrs- bzw. Fahrgastzählgeräte überwiegend zur dauerhaften Zählung eingesetzt. Nachfolgend werden zunächst die in der Literatur beschriebenen möglichen Fehlerquellen von manuellen Zählungen erläutert. Im Anschluss daran erfolgt eine Zusammenstellung möglicher Fehlerquellen bei der Anwendung von automatischen Zählgeräten, die ebenfalls aus der Literatur hervorgehen.

Bei manuellen Stichprobenzählungen stellt sich zunächst die Frage nach einem geeigneten Zähltag und einer geeigneten Zählzeit bzw. Zähldauer. In dem Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung (S. 2.1-2 ff.) werden zumindest für Zählungen im Straßenverkehr Empfehlungen ausgesprochen, die sich auf verschiedene Fragestellungen beziehen. Die Wahl von Zähltag, Zählzeit und Zähldauer stellt deshalb eine erste mögliche

Fehlerquelle bei manuellen Zählungen dar. Sie ist maßgebend dafür, ob die Stichprobenzählung repräsentativ für die zu untersuchende Grundgesamtheit ist oder nicht.

Weitere Fehlerquellen bei manuellen Zählungen im fließenden Verkehr werden von den Autoren DALGLEISH und HOOSE (2008) beschrieben. Demnach sinkt die Erfassungsgenauigkeit eines Zählers bei zunehmender Anzahl von beobachteten Fahrstreifen und Fahrtrichtungen. Auch hohe Verkehrsstärken können zu Fehlern in der Erfassung führen. Analog dazu treten bei sehr großen Fahrgastmengen im ÖV Fehler bei der Erfassung von Ein- bzw. Aussteigern auf.

Als weitere Fehlerquelle bei Zählungen des Kfz-Verkehrs nennen die Autoren die Anzahl der zu unterscheidenden Fahrzeugarten. Je größer diese ist, desto schwieriger wird eine schnelle und sichere Zuordnung. Da sich manche Fahrzeugtypen, besonders im Güterverkehr, nur in geringfügigen Merkmalen unterscheiden, kann eine zuverlässige Zuordnung zur richtigen Gruppe oft nicht in der kurzen Zeit des Vorbeifahrens erfolgen.

Zusätzlich sind auch die Witterungsbedingungen und Lichtverhältnisse eine mögliche Fehlerquelle, da aufgrund von Nebel oder starken Regens eine genaue Erfassung des Verkehrs erschwert werden kann.

Die persönliche Eignung, Ausbildung und Erfahrung mit Zählungen haben einen großen Einfluss auf die Qualität der Zählergebnisse. Mängel bei der Auswahl und Betreuung der Interviewer wie z. B. fehlende und mangelhaft durchgeführte Schulungen erhöhen die Fehler während der Feldarbeit. Am Beispiel manueller Zählungen des Kfz-Verkehrs konnten DALGLEISH und HOOSE (2008) deutliche Unterschiede in der Qualität der Zählergebnisse feststellen.

Auch bei der Übertragung der Zählergebnisse in eine Datenbank im Anschluss an die Zählung selbst können Fehler entstehen, die das Zählergebnis zusätzlich beeinträchtigen. Dies gilt natürlich auch für alle nachfolgenden Schritte, die zur Aufbereitung der Zählenden erforderlich sind. Hier liegen mögliche Fehlerquellen nicht nur beim Bearbeiter selbst, sondern können auch durch fehlerhafte Programmierung der zur Aufbereitung verwendeten PC-Programme auftreten. Daher ist eine sorgfältige Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse zur Qualitätssicherung unumgänglich.

Bei Zählungen im ruhenden Verkehr entfällt die Problematik der richtigen Erfassung von hohen Verkehrsstärken und mehreren Fahrspuren bzw. Fahrtrichtungen, da hier die Zeit zur Erfassung nicht von den Fahrzeugen, sondern vom Zähler selbst bestimmt und an seine Bedürfnisse angepasst werden kann. Alle anderen genannten Fehlerquellen bei der Erfassung von fließendem Kfz-Verkehr sind auf Zählungen im ruhenden Verkehr übertragbar.

Bei der automatischen Verkehrszählung können inzwischen diverse Geräte- bzw. Detektorarten unterschieden werden. Die am häufigsten eingesetzten Geräte bei Zählungen im Kfz-Verkehr sind Induktionsschleifen, Radar- und Laserdetektoren sowie so genannte Kombinationsdetektoren, die verschiedene Techniken (z. B. Doppler-Radar, Ultraschall, Passiv-Infrarot) miteinander kombinieren. Eine ausführliche Beschreibung möglicher Geräte zur automatischen Verkehrsdatenerfassung sowie deren geeigneter Einsatzbereiche ist in einem Hinweispapier der FGSV „Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs“ (Stand 2009) derzeit in Bearbeitung. Eine Beschreibung der Funktionsweise verschiedener Geräte sowie ihrer Vor- und Nachteile ist ebenfalls in FGSV 2006 (S. 13, S. 56-62) enthalten. In diesem Hinweispapier der FGSV werden auch mögliche Fehlerquellen bei der automatischen Verkehrszählung beschrieben. Hier erfolgt im Allgemeinen eine Unterscheidung zwischen den nachfolgenden Fehlern, die sich im Wesentlichen auf die Geräte und deren Einrichtung beziehen (siehe auch DALGLEISH und HOOSE, 2008, S. 60-63):

- Fehlerquelle Sensor: Defekt oder Störung am Sensor selbst aufgrund technischer Mängel,
- Fehler durch äußere Einflüsse: z. B. Witterung, elektromagnetische Beeinflussungen bei Induktionsschleifen, andere externe Störquellen, Verschmutzung, Vandalismus,
- Fehlerquellen bei der Projektvorbereitung: falsche Gerätewahl für bestimmte Aufgabenstellung durch fehlende Kenntnisse zu den optimalen Einsatzbereichen der Geräte, schlechte Wahl des Standortes etc.,
- Fehlerquelle Montage: fehlerhafte Lage und nicht normgerechte Abmessungen bei Induktionsschleifen, falsche Ausrichtung bei Radar- und Laserdetektoren, fehlende Anschlüsse und erforderliche Verbindungen für Stromversorgung u. Ä.,

- Fehlerquellen bei der Inbetriebnahme und Parametrierung der Detektoren: Fehler bei der Eingabe der erf. Parameter, falsche Fahrstreifenzuordnung etc.,
- Fehlerquelle bei der Datenübermittlung: unvollständige bzw. fehlerhafte Übertragung der Daten vom Gerät zum Dateneingangsserver.

Zusätzlich zu diesen Fehlerquellen seitens der Einrichtung der Geräte sind weitere zu nennen, die aus der Bewegung der Fahrzeuge und deren Form bzw. Abmessungen hervorgehen.

Beispielsweise können Erfassungsfehler dann entstehen, wenn Fahrzeuge nicht mittig auf dem Fahrstreifen fahren oder im Bereich des Detektors den Fahrstreifen wechseln. Dies gilt besonders für Zweiräder, die aus diesem Grund häufig in einer zu geringen Anzahl erfasst werden. Weiterhin ist es möglich, dass zwei dicht aufeinanderfolgende Fahrzeuge als ein langes Fahrzeug oder ein Fahrzeug mit Anhänger identifiziert werden. Dies führt neben einer falschen Fahrzeuganzahl zusätzlich zu einer fehlerhaften Fahrzeugklassifikation. Diese Problematik tritt besonders bei dichtem Verkehr mit niedrigen Geschwindigkeiten auf (DALGLEISH und HOOSE, 2008, S. 38-39).

Durch die vielen verschiedenen Bauformen von Fahrzeugen, die sich heute auf den Straßen wieder finden, gibt es immer solche, deren Abmessungen sich sehr nahe an der im Detektor hinterlegten Klassifizierungsgrenze bewegen. Hier besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass diese Fahrzeuge der falschen Gruppe zugeordnet werden (FGSV, 2006, S. 14). Diese Problematik wird verstärkt, je mehr Fahrzeugarten unterschieden werden sollen. Zum Beispiel werden in London mindestens 11, zum Teil sogar bis zu 22 verschiedene Fahrzeugarten unterschieden, sodass besonders die Fahrzeuge des Güterverkehrs falsch zugeordnet werden (United Nations, 2007, S. 33, und Department for Transport, 2005, S. 3).

Bei automatischen Fahrgastzählungen im ÖV werden auf Basis unterschiedlicher Technik (Trittmatten, Lichtschranken, Infrarotsysteme) die Ein- und Aussteiger im Fahrzeug erfasst, wobei sich die Erfassung mittels Infrarotsensoren durchgesetzt hat. Analog zur automatischen Zählung im Kfz-Verkehr liegt die Hauptfehlerquelle der automatischen Fahrgastzählensysteme (AFZS) im Gerät selbst bzw. in der Bedienung des Gerätes. Im Detail können folgende Fehlerquellen unterschieden werden:

- Fehlerquelle Bedienpersonal
  - zu frühes Einschalten der AFZS und damit Erfassung von ein- bzw. aussteigendem Reinigungs- und Wartungspersonal als Fahrgäste,
  - „Vergessen“ oder zu spätes Einschalten des AFZS vor Beginn der Erhebungsfahrt,
  - fehlerhafte Zuordnung der Erhebungsfahrt zur im Fahrplanheft vorgesehenen Fahrt,
  - fehlerhaftes Einstellen der Anschlussfahrt vor Erreichen des Endbahnhofs der aktuellen Erhebungsfahrt,
  - fehlerhafte Zuordnung der Ein- und Aussteiger zu der entsprechenden Haltestelle durch mehrfaches Halten an einer Haltestelle.
- Fehlerquelle Gerätetechnik
  - Ausfall des Sensors,
  - Schnittstellenprobleme im Bordrechner,
  - fehlerhafte Zuordnung der Ein- und Aussteiger zu den entsprechenden Haltestellen durch Mängel bei der Ortungstechnik,
  - Probleme bei der Unterscheidung von „kleinen“ Fahrgästen und Kinderwagen,
  - fehlerhafte Erfassung von Fahrgastpulks.
- Fehlerquelle Datenaufbereitung
  - fehlende bzw. mangelhafte Prüfung der Rohdaten auf Plausibilität,
  - fehlende bzw. mangelhafte Korrektur der Ergebnisse.

Die aufbereiteten Zählwerte aus automatischen Zählungen (nach Plausibilitätsprüfung) liegen i. Allg. niedriger als manuelle Zählwerte aus Kontrollzählungen.

Auch bei den automatischen Zählungen können, wie bereits bei den manuellen Zählungen erläutert, Fehler bei der Aufbereitung der Zählwerte im Anschluss an die eigentliche Erfassung auftreten. Dies gilt grundsätzlich für alle Arbeitsschritte, die zur Vorbereitung einer Zählung oder bei der späteren Auswertung und Aufbereitung der Ergebnisse (z. B. Hochrechnung) durchgeführt werden. Hier bestehen unabhängig von der Zählart Fehlerquellen, die das Zählergebnis beeinträchtigen können.

### 3.4.2 Fehlerquellen bei Messungen

Bei verkehrstechnischen Messungen werden i. d. R. Kenngrößen wie Geschwindigkeit, Fahrzeuglänge, Abstand zwischen zwei Fahrzeugen oder das Fahrzeuggewicht mit Hilfe von automatischen Geräten erfasst.

Grundsätzlich sind beim Einsatz von technischen Geräten die im vorhergehenden Kapitel erläuterten gerätebezogenen Fehlerquellen auch hier möglich.

Beispielsweise ist für die Geschwindigkeitsmessung bei den meisten Geräten eine sorgfältige Kalibrierung zu Beginn der Messung erforderlich. Bei falscher Kalibrierung können sich systematisch zu hohe oder zu niedrige Geschwindigkeiten ergeben (FGSV, 2006, S. 15). Dieser Grundsatz gilt auch für die Messung anderer Kenngrößen.

Ein ähnlicher Hinweis ist auch in der Arbeit von DALGLEISH und HOOSE (2008) enthalten. Dadurch, dass die Geschwindigkeit bei verschiedenen Geräten auch zur Bestimmung anderer Kenngrößen herangezogen wird (z. B. Länge, Gewicht) ist ihre Kalibrierung besonders wichtig. Denn ein Fehler in der Geschwindigkeitserfassung überträgt sich anschließend auch auf die anderen gemessenen Größen (DALGLEISH und HOOSE, 2008, S. 157, S. 168).

Weiterhin beschreiben DALGLEISH und HOOSE (2008) einen Fehler, der speziell bei der Längenmessung mit Hilfe von Induktionsschleifen auftreten kann. Da die Schleifendetektoren lediglich den „metallischen“ Teil der Fahrzeuge erfassen können, werden die immer häufiger verwendeten Teile aus Kunststoff, besonders im Bereich der Stoßstangen, nicht erfasst. Dadurch werden von Induktionsschleifen tendenziell zu kurze Fahrzeuglängen ermittelt. Als Lösungsmöglichkeit zur Korrektur dieses Fehlers werden von den Herstellern pauschale Faktoren in Abhängigkeit der Fahrzeuglänge oder die Addition eines konstanten Faktors empfohlen. Dies kann den Autoren zufolge allerdings nicht alle durch diesen Fehler hervorgerufene Ungenauigkeiten abdecken (DALGLEISH und HOOSE, 2008, S. 152).

Diese Problematik zeigt, dass es auch im Bereich der verkehrstechnischen Messungen wichtig ist, ein geeignetes Gerät im Zusammenhang mit der gesuchten Kenngröße und deren Genauigkeit auszuwählen.

### 3.4.3 Fehlerquellen bei Verhaltensbeobachtungen

Durch eine Verhaltensbeobachtung werden sichtbare Verhaltensweisen und äußere Merkmale von Verkehrsteilnehmern in einem überschaubaren räumlichen und zeitlichen Bereich erfasst. Die gängige Form ist die einer strukturierten, nicht teilnehmenden, verdeckten Beobachtung (FGSV, 2004). Auf die Fehlerquellen dieser Erhebungsform soll im Folgenden kurz eingegangen werden.

Eine Verhaltensbeobachtung kann im Wesentlichen auf zwei Arten erfolgen:

- klassische bzw. konventionelle Beobachtung (d. h. die beobachteten Parameter werden vom Beobachter auf einem Erhebungsbogen notiert),
- automatisierte Verhaltensbeobachtung durch den Einsatz von technischen Geräten (Video, satellitengestützt, Electronic Ticketing etc.).

Darüber hinaus gibt es noch zahlreiche Mischformen bzw. die Kopplung mit Befragungen oder Messungen.

Konventionelle Beobachtungsverfahren sind zu meist aus Kostengründen räumlich und zeitlich stark begrenzt. Durch den Einsatz von technischen Geräten wie mobilfunk- bzw. satellitengestützte Erfassung oder Electronic Ticketing kann der räumliche und zeitliche Erhebungsrahmen deutlich erweitert werden.

Abhängig von der Erhebungstechnik sind natürlich auch die Fehlerquellen. Hier können im Wesentlichen zwei Fehlerquellen unterschieden werden (BIEMER, 2003):

- Beim Einsatz von Personen kommt es ähnlich wie bei Befragungen zu subjektiven Bewertungen (Beobachterfehler),
- beim Einsatz von technischen Geräten kann es ähnlich wie bei Messungen (z. B. durch falsche Kalibrierung) zu Erfassungsfehlern kommen (Instrumentenfehler).

Darüber hinaus können noch situationsbedingte Fehler auftreten (wie unvorhersehbare externe Einflüsse, sich ändernde Rahmenbedingungen).

Nach der in Kapitel 2.4 dargestellten Systematik können bei der Verhaltensbeobachtung folgende Fehler identifiziert werden:

Die eben beschriebenen Fehler lassen sich zum einen der Kategorie Antwortausfälle zuordnen und zwar dann, wenn ein Beobachter (z. B. durch Krankheit) oder das technische Gerät (z. B. durch technischen Defekt) über einen bestimmten Zeitraum oder komplett ausfällt. In die Kategorie Nichtübereinstimmung der erfassten mit der wahren Merkmalsausprägung fallen sie dann, wenn die Fehler bei der Sammlung von Informationen entstehen. Dies kann bei Beobachtern z. B. durch eine falsche Einweisung oder sich überlappende Kategorien und bei technischen Geräten durch falsche oder ungenaue Einstellungen erfolgen.

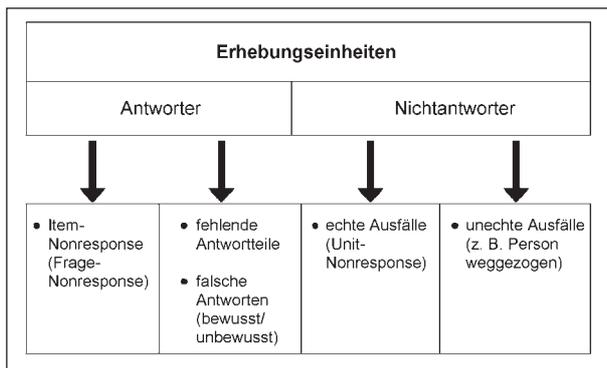
Fehler durch die Auswahlgrundlage entstehen, wenn der Beobachtungshorizont in räumlicher und zeitlicher Hinsicht (z. B. durch die falsche Wahl von Tages- und Wochenzeit) keine oder aus stichprobentheoretischer Sicht falsche Rückschlüsse auf die interessierende Grundgesamtheit zulässt (Coverage-Fehler).

Im Hinblick auf Fehler bei der Datenaufbereitung kommen die auch bei den anderen Erhebungsformen vorkommenden Fehlerquellen zum Tragen. Ein Spezifikum bei der Verhaltensbeobachtung ist die besondere Bedeutung der Zuordnung der beobachteten Untersuchungseinheiten, da es hier nochmals z. B. bei der Klassifikation von Fahrzeugen bei Videoauswertungen zu Beurteilungsfehlern (die Aufzeichnung ist zu dunkel oder unscharf, darauf basierend entstehen Fehler bei der anschließenden nichtapparativen Auswertung) in nicht geringem Ausmaß kommen kann.

### 3.4.4 Fehlerquellen bei Verkehrsbefragungen

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, lassen sich grundsätzlich zwei Fehlerarten bei Erhebungen unterscheiden: Stichproben- und systematische Fehler (häufig auch Messfehler genannt). Systematische Fehler bei Befragungen sind Verzerrungen, die durch den Befragungsvorgang bzw. das eingesetzte Instrument verursacht werden. Sie treten als Fehlerquelle sowohl bei den Interviewern als auch bei den Befragten auf. Das Spektrum der möglichen systematischen Fehler ist Bild 1 zu entnehmen.

Ein wesentlicher Fehler bei Verkehrsbefragungen sind die so genannten Antwortausfälle. Bei den nicht-antwortenden Erhebungseinheiten werden echte und unechte Ausfälle unterschieden. Unechte Ausfälle ergeben sich aufgrund einer fehlerhaften



**Bild 1:** Systematische Fehler bei der Befragung

Auswahlgrundlage und sind z. B. verstorbene Personen oder Personen, die nicht mehr im Erhebungsraum wohnen. Im Gegensatz zu echten Ausfällen führen unechte Ausfälle zu keinen Einbußen an der Qualität der Erhebungsergebnisse.

Unter echten Ausfällen (Unit-Nonresponse) wird der vollständige Ausfall einer Erhebungseinheit verstanden. Häufigste Ursachen sind Verweigerung, Nicht-Erreichbarkeit sowie die Unfähigkeit von Zielpersonen (z. B. durch Sprachprobleme), an der Befragung teilzunehmen. Echte Ausfälle wirken sich i. Allg. stark verzerrend auf das Ergebnis aus, da diese Personen oftmals auch bezüglich des Verkehrsverhaltens spezifische Eigenschaften aufweisen (WERMUTH et al., 1984). Der Anteil der Antwortter an der Bruttostichprobe wird als Ausschöpfungs- oder Rücklaufquote bezeichnet und gilt als ein Qualitätsindikator für Erhebungen (siehe Kapitel 4.2). Dabei stellt sich die Frage, wie groß die Ausschöpfungsquote im Sinne einer notwendigen Datenqualität sein sollte. In den „Kernelementen von Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten“ wird beispielsweise für lokale Haushaltsbefragungen eine Ausschöpfungsquote von mindestens 50 % gefordert (BMVBS, 2003).

Demgegenüber spricht man von Item-Nonresponse oder partiellem Ausfall, wenn eine in die Stichprobe gelangte Erhebungseinheit nur im Hinblick auf gewisse Untersuchungsmerkmale ausfällt. Beispiele hierfür sind, dass ein Befragter in einem Interview einzelne Antworten verweigert.

Doch selbst wenn alle Fragen beantwortet werden, lassen sich Fehler durch unvollständige und durch falsche Antworten nicht vermeiden. Falsche Antworten können durch den Befragten bewusst oder unbewusst (z. B. bei Verständnisproblemen) gegeben werden.

Die zuvor genannten systematischen Fehler können durch unterschiedliche Fehlerquellen verursacht werden:

- Erhebungskonzept und Organisation,
- Auswahlgrundlage,
- Erhebungsinstrument,
- Interviewer,
- Befragungstechnik,
- Datenerfassung und -aufbereitung.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Fehlerquellen erläutert.

### Fehlerquelle Erhebungskonzept und Organisation

Fehler im Erhebungskonzept treten auf, wenn Untersuchungsziele und Nutzung der Erhebungsergebnisse nicht klar definiert werden (Spezifikationsfehler).

Die Organisation einer Verkehrsbefragung unterscheidet sich sehr stark je nach gewählter Befragungstechnik, sodass auch die Fehlerquelle Organisation primär von der Befragungstechnik abhängt. Spezifische organisatorische Fehler werden daher im entsprechenden Kapitel erläutert.

Unabhängig von der Befragungstechnik sollte mindestens bei neuen Erhebungen ein Pretest durchgeführt werden. Die Auslassung von Pretests, d. h. von Tests zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit eines Fragebogens vor Beginn der Feldarbeit, erhöht die Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Umsetzung von Verkehrsbefragungen. Fehler aufgrund der Fehlinterpretation von Fragen, des Fehlens von Informationen und falscher Antworten von Befragten können mit Hilfe eines Pretests vermieden werden (DIN ISO 20252, 2006).

### Fehlerquelle Auswahlgrundlage

Fehler durch die Auswahlgrundlage entstehen bei einer fehlenden Übereinstimmung von Zielgrundgesamtheit und Auswahlgrundlage. Die Zielgrundgesamtheit ist dabei die Grundgesamtheit, für die laut Untersuchungsziel bestimmte Aussagen getroffen werden sollen.

Veraltete oder fehlerhafte Datengrundlagen für die Stichprobenziehung sind eine häufige Fehlerquelle:

- Im Einwohnermelderegister (Auswahlgrundlage vieler Haushaltsbefragungen) sind einerseits Personen registriert, die bereits verstorben oder weggezogen sind, andererseits fehlen oftmals Neubürger, die (noch) nicht gemeldet sind.
- Bei Fahrgastbefragungen im öffentlichen Verkehr führen Änderungen des Fahrplanes im Erhebungszeitraum nicht nur zu organisatorischen Problemen bei der Erhebungsdurchführung, sondern auch zu einer Differenz zwischen Zielgrundgesamtheit und Auswahlgrundlagen.
- Bei Befragungen im Kfz-Verkehr können besondere nachfragerrelevante Ereignisse (z. B. größere Baustellen mit Einfluss auf das Untersuchungsgebiet) dazu führen, dass ein gegenüber dem „Normalfall“ nicht repräsentativer Zustand erfasst wird.

### Fehlerquelle Erhebungsinstrument

Als Erhebungsinstrument werden zunächst die Datenerfassungsinstrumente (Papier-Fragebogen, Fragenbogen-Software auf einem PDA u. Ä.) bezeichnet. Bei mündlichen Befragungen wird darüber hinaus der eingesetzte Interviewer den Erhebungsinstrumenten zugeordnet. Fehler des Interviewers werden jedoch nicht hier, sondern im Abschnitt „Fehlerquelle Interviewer“ behandelt.

Wenn bei der Konzeption des Fragebogens die Anforderungen und Grenzen des Befragten nicht beachtet werden, kann es zu Mängeln im Erhebungsinstrument kommen, die wiederum Fehler beim Befragten nach sich ziehen können. Unabhängig davon, ob ein konventioneller Papier- oder computergestützter Fragebogen erstellt wird, lassen sich Mängel im Erhebungsinstrument hinsichtlich Aufbau, Gestaltung und Inhalt des Instrumentes unterscheiden:

- Fragen werden unverständlich formuliert und/oder enthalten suggestive Formulierungen.
- Die Reihenfolge der Fragen ist nicht logisch und plausibel.
- Die Filterführung, d. h. die Weiterleitung bei nicht zu beantwortenden Fragen, ist unklar.
- Die Antwortmöglichkeiten sind unvollständig und/oder mehrdeutig.
- Die Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten innerhalb der Antwortskala ist nicht an der Eindeutig-

keit der Ausprägungen des abgefragten Merkmals orientiert.

- Es liegt ein häufiges Wechseln zwischen Ankreuzen und Ausfüllen vor.
- Die Gestaltung des Fragebogens schreckt den Befragten ab und verwirrt ihn (z. B. zu kleine Schrift, unübersichtliches Layout).
- Der Fragenkatalog ist aus Sicht des Befragten zu umfangreich (Gefahr des Nonresponse).

Eine Klärung von Verständnisproblemen ist bei schriftlichen Befragungen nicht möglich, da im Gegensatz zu Interviews der direkte Kontakt zwischen Interviewer und Befragtem fehlt. Mängel des Fragebogens führen daher bei schriftlichen Befragungen zu deutlich mehr Fehlern als bei Interviews. Eine sorgfältige Auswahl und gründliche Schulung der Interviewer kann Fehler, die auf den Fragebogen zurückzuführen sind, auf ein Minimum begrenzen.

In der Praxis treten bei mündlichen Befragungen häufig Probleme mit so genannten Kodierlisten (Listen, in denen die einzelnen Ausprägungen eines Merkmals bestimmten Codes zugeordnet werden) auf. So ist beispielsweise bei umfangreichen Fahrgasterhebungen im Öffentlichen Verkehr (ÖV) die Erstellung vollständiger Kodierlisten aller Erhebungsmerkmale (z. B. Fahrausweisart) zu Erhebungsbeginn auch bei sorgfältiger Vorbereitung oft nicht sichergestellt.

### Fehlerquelle Interviewer

Bei mündlichen, insbesondere persönlichen Befragungen kommt dem Interviewer eine besondere Rolle zu. Die persönliche Eignung, Ausbildung und Erfahrung mit Interviews haben einen großen Einfluss auf die Qualität der Erhebungsergebnisse.

Mängel bei der Auswahl und Betreuung der Interviewer wie

- fehlende oder nachlässige Prüfung der Eignung (fehlende Vorstellungsgespräche),
- nicht angemessene Entlohnung,
- fehlende und mangelhaft durchgeführte Schulungen,
- Auslassen einer stichprobenartigen Überwachung, insbesondere zu Beginn der Feldarbeit (HAUTZINGER, 1990),

erhöhen die Interviewerfehler während der Befragungsdurchführung. Fehler durch den Interviewer werden unterteilt in

- Interviewereffekte (interviewer effects),
- Interviewerfehler (interviewer error),
- systematische Fehler (interviewer bias),
- bewusste Verfälschungen (interviewer cheating).

Als Interviewereffekte werden Fehler bezeichnet, die durch das Auftreten des Interviewers, die Art der Kontaktaufnahme sowie die Art der Artikulation entstehen. Sie führen zu Verfälschungen der Untersuchungsergebnisse, da der Interviewer (gewöhnlich nicht bewusst) durch sein Auftreten und Handeln die Antworten der Befragten beeinflusst. Ein ungepflegtes oder unfreundliches Erscheinungsbild, mangelnde muttersprachliche Fähigkeiten sowie lustloses und unmotiviertes Verhalten führen zu höheren Antwortausfällen (BORTZ/DÖRING, 1995; KÖLTRINGER, 1993).

Zu den Interviewerfehlern zählen Fehler, die aufgrund mangelnder Sorgfalt und Konzentration sowie fehlender Kenntnisse hinsichtlich Inhalt und Ablauf des Interviews verursacht werden. Interviewer, die die in der Schulung vorgegebenen Regeln nicht einhalten, können zu erheblichen Verfälschungen der Ergebnisse beitragen, wie zwei Beispiele für Fahrgastbefragungen im ÖV zeigen:

- Das Nicht-Vorzeigen-Lassen eines Fahrausweises führt zu Fehlerfassung der Fahrausweisart, wenn der Fahrgast eine falsche Fahrausweisart angibt oder das Fehlen eines Fahrausweises verschleiert.
- Eine Missachtung der Vorgabe, Fahrgäste unabhängig von Alter, Geschlecht und sozialer Herkunft gleichermaßen zu befragen, führt zu einer nicht repräsentativen Auswahl befragter Fahrgäste.

Grundlegende systematische Fehler treten auf, wenn der Interviewer aufgrund einer unbewussten Voreingenommenheit hinsichtlich der Reaktion der befragten Person deren Reaktionen nur selektiv wahrnimmt oder selektiv kodiert. Eine mögliche Form dieser Selektivität liegt in der Erwartung, dass die befragten Personen konsistent antworten. Systematische Fehler haben eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit bei nicht-standardisierten

Interviews, insbesondere bei qualitativen Verfahren.

Bewusste Verfälschungen liegen vor, wenn der Interviewer die Antworten gezielt verfälscht (KÖLTRINGER, 1993):

- Der Interviewer füllt die Erhebungsbögen zu Hause aus.
- Fehlende Antworten (Item-Nonresponses) werden selbstständig ergänzt.
- Lange Antworten auf offene Fragen werden nicht vollständig notiert oder die befragte Person wird bei langen Antworten „gebremst“.
- Zur Erhöhung der Befragungsquote werden mehr Befragungskontakte angegeben als tatsächlich unternommen wurden.

Die bewussten Verfälschungen treten bei schlecht ausgebildeten und/oder schlecht bezahlten Interviewern häufiger auf (HERRY, 1997).

Bei langjährig eingesetzten Interviewern besteht das Risiko, dass diese aufgrund der Vielzahl bereits durchgeführter Erhebungen und der damit erworbenen Erfahrungen aktuelle Anweisungen eigenmächtig interpretieren.

### **Fehlerquelle Befragungstechnik**

Verkehrsbefragungen werden je nach Kommunikationsart, -form und zeitlicher Anlage in unterschiedliche Befragungstechniken eingeteilt (vgl. Kapitel 3.3). Jede Befragungstechnik hat spezifische Vor- und Nachteile und ist für bestimmte Fehlerquellen besonders anfällig.

Unabhängig von der Befragungstechnik besteht bei allen Verkehrsbefragungen die Gefahr, dass die Befragten selbst Fragen bewusst falsch beantworten. So kann z. B. der Fahrgast eine höhere Nutzungshäufigkeit seines Fahrausweises angeben mit dem Ziel, einer (vermeintlichen) Einstellung der Buslinie entgegenzuwirken.

Die Fehlerquelle Interviewer tritt naturgemäß nur bei mündlichen Befragungen und hier besonders bei persönlichen Interviews auf. Demgegenüber bieten mündliche Befragungen den Vorteil, Verständnisprobleme durch den direkten Kontakt zu lösen und damit Fehler durch den Befragten zu reduzieren. Die Anforderungen an das Erhebungsinstrument sind daher bei schriftlichen Befragungen

deutlich höher als bei den mündlichen Befragungstechniken. Mängel bei Aufbau, Gestaltung und Inhalt des Instrumentes verursachen bei den Befragungsformen ohne persönliche Unterstützung eines Interviewers i. d. R. eine größere Anzahl an Fehlern als bei persönlichen Interviews.

Schriftliche Befragungen räumen allen Erhebungsteilnehmern (z. B. bei Haushaltsbefragungen allen Mitgliedern eines Haushalts) ausreichend Zeit ein, den Fragebogen eigenständig auszufüllen. Diesem Vorteil gegenüber mündlichen Befragungen steht der Nachteil der nicht kontrollierbaren Befragungssituation gegenüber. Dem Befrager ist nicht bekannt, ob die gewünschten Zielpersonen den Fragebogen selbst oder andere Personen stellvertretend für sie ausgefüllt haben. So genannte Proxy-Interviews, die es auch bei mündlichen Befragungen gibt, basieren auf geschätzten Angaben anderer Personen und sind damit in hohem Maße fehleranfällig. Im Unterschied zu schriftlichen Befragungen ist bei den mündlichen Techniken jedoch bekannt, welche Datensätze durch Proxy-Interviews erzeugt wurden.

Der steigende Einsatz von Telefonbefragungen im Bereich der Werbung und Marktforschung bei einer gleichzeitig zurückgehenden Bereitschaft, private Telefonnummern zu veröffentlichen, führt in jüngerer Zeit zu abnehmender Akzeptanz und steigendem Unit-Nonresponse bei telefonischen Interviews im Verkehrswesen. So lag beispielsweise die Teilnahmebereitschaft bei der überwiegend telefonisch durchgeführten Haushaltsbefragung „Mobilität in Deutschland (MiD)“ 2008 bei knapp 21 % der Brutto-Stichprobe, obwohl die Erhebungsteilnehmer erstmals alternativ die Möglichkeit hatten, per Online-Befragung im Internet zu antworten (Infas und DLR, 2009).

Panel- und Zeitlängsschnittbefragungen weisen zusätzlich spezifische Fehler auf, die bei der Konzeption und Durchführung der Erhebung berücksichtigt werden müssen:

- Eine Gewöhnung der Erhebungsteilnehmer an die wiederholten Befragungen kann Verzerrungen oder Verfälschungen in den Antworten der Teilnehmer verursachen (so genannter „Panel-Effekt“ oder „Panel-Conditioning“). Durch die wiederholten Befragungen eignen sich die Befragten ein verändertes Verhalten an. Nach ZUMKELLER et al. (1994) dürfte dieser Effekt aber „bei Befragungen zum Verkehrsverhalten

bzw. bei damit verwandten Fragestellungen vernachlässigbar sein“.

- Zwischen den einzelnen Erhebungswellen ist mit dem Ausfall von Panelteilnehmern zu rechnen. Die Ausfallquote steigt mit fortschreitender Zeit und wird als Panelmortalität bezeichnet. Die Panelmortalität wird neben den Verweigerern vor allem durch unechte Ausfälle wie Tod, Umzug etc. verursacht (ARMINGER, 1976; ZUMKELLER et al., 1994).
- Zusätzlich zu den Ausfällen zwischen einzelnen Wellen können Ausfälle innerhalb von Wellen, d. h. innerhalb eines Befragungszeitraumes, auftreten. Sowohl Unit- als auch Item-Nonresponse nehmen mit steigender Befragungsdauer zu.
- Das Ausscheiden oder Aussteigen aus dem Panel wird im internationalen Schrifttum als „Attrition“ bezeichnet, die abnehmende Datenvollständigkeit wird „Fatigue“ genannt.

Computergestützte Befragungstechniken bieten eine Vielzahl von Vorteilen, die bei einem zielgerichteten Einsatz die Fehlerquellen konventioneller Verfahren reduzieren können. Zu den wesentlichen Vorteilen, die zu einer Erhöhung der Datenqualität führen können, zählen nach FGSV (2004)

- integrierte Filter- und Prüfroutinen,
- auf den Befragten mit Filterfragen zugeschnittene, „intelligente“ Fragebögen,
- die Möglichkeit zu detaillierten Angaben, die den Befragten bei konventionellen Verfahren unter Umständen sehr belasten (z. B. detaillierter Reisezweck),
- die Verwendung von visuellen Informationen und Multimedia-Elementen,
- die sofortige Speicherung und Weiterverarbeitung von Daten sowie die Darstellung von zusammenfassenden Übersichten der eingegebenen Daten mit der Möglichkeit der Datenkorrektur,
- der Wegfall der fehleranfälligen Übertragung der Antworten vom Papier in das EDV-System.

Andererseits weisen computergestützte Befragungstechniken auch Nachteile auf, die sich negativ auf die Datenqualität auswirken können (FGSV, 2004):

- Je nach Art der Kommunikation müssen entweder der Interviewer oder der Befragte selbst mit der Fragebogen-Software und dem Gerät umgehen können. Die mangelnde Vertrautheit mit den eingesetzten Instrumenten kann die Anzahl der Fehler erhöhen.
- Aufgrund genereller Vorbehalte einzelner Bevölkerungsgruppen gegen computergestützte Erhebungsverfahren sind bei bevölkerungsrepräsentativen Stichproben Verzerrungen zu erwarten. Der Unit-Nonresponse ist bei bestimmten Bevölkerungsgruppen deutlich höher als bei konventionellen Verfahren.

In den letzten Jahren werden bei Verkehrsbefragungen, insbesondere bei Haushaltsbefragungen, verschiedene Kommunikationsarten kombiniert (Methoden-Mix). So wurde beispielsweise die MiD 2008 als kombinierte schriftliche und telefonische Erhebung durchgeführt, wobei sich die Kombination von schriftlich-postalischer Befragung, computergestütztem Telefoninterview (CATI) und Online-Befragung auf die Kontaktaufnahme und die Erfassung der Haushaltsmerkmale beschränkt hat (Infas und DLR, 2008).

Grundsätzlich ist es möglich, die verschiedenen Kommunikationsarten, z. B. zur besseren Ausschöpfung einer Stichprobe miteinander zu kombinieren. Genau genommen besteht ein Methoden-Mix jedoch nicht aus einer Kombination, sondern aus mehreren parallel stattfindenden Befragungen zum gleichen Untersuchungsgegenstand, aber mit unterschiedlichen Kommunikationsarten. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist ohne die Kenntnis der spezifischen methodischen Effekte bzw. Fehlermöglichkeiten nicht gegeben. Neben der Kenntnis der methodischen Effekte sind bei einem Methoden-Mix spezielle Anforderungen an das Erhebungskonzept und die Datenaufbereitung (insbesondere Gewichtung) zu berücksichtigen.

#### **Fehlerquelle Datenerfassung und -aufbereitung**

Die Datenerfassung ist ein Verfahrensschritt, in dem die erhobenen Daten in eine computerlesbare Form umgewandelt werden. Die einfache Datenerfassung, d. h. die Datenerfassung ohne eingebaute logische Prüfungen, ergibt hohe Fehlerquellen bei der Verkehrsbefragung. Die logische Datenerfassung als Datenerfassung, die eine Auslassung von Fragen und die Wertebereiche von Antworten prüft, ermöglicht eine Reduzierung, nicht aber einen Aus-

schluss von Fehlern in der Datenerfassung. Die Datenbereinigung beinhaltet eine Reihe von Methoden zur Überprüfung und notfalls zur Korrektur erhobener Daten.

Fehler bei der Datenerfassung und -aufbereitung entstehen, wenn der Rücklauf der Fragebögen, die Eingabe der Erhebungsmerkmale und die Aufbereitung der Erhebungsdaten nicht auf Grundlage überprüfbarer Regeln erfolgt. Die Regeln werden differenziert nach

- Aussortierungen (von fehlerhaften Datensätzen),
- Korrekturen (von einzelnen Merkmalen eines Datensatzes),
- Ergänzungen (von fehlenden Merkmalen eines Datensatzes),
- Gewichtungen (der Datensätze).

Eine Datenaufbereitung erfolgt auf Grundlage der Prüfung

- auf Vollständigkeit,
- gültiger Wertebereiche für einzelne Erhebungsmerkmale,
- der Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Erhebungsmerkmale (inhaltliche Prüfung).

Fehlende Gewichtungen in der Datenaufbereitung führen zu Verzerrungen der Erhebungsergebnisse, da ungleiche Selektionswahrscheinlichkeiten z. B. bei einer mehrstufigen Stichprobenziehung nicht berücksichtigt werden.

## **4 Konzeptueller Rahmen für die Ermittlung von Standards der Datenqualität**

### **4.1 Klassifikation von Verkehrserhebungen**

Nach dem in der empirischen Sozialforschung gebräuchlichen Klassifikationsschema lassen sich Verkehrserhebungen methodisch in die Erhebungsformen „Beobachtung“ und „Befragung“ einteilen. Im Verkehrswesen wird die Erhebungsform Beobachtung üblicherweise in drei weitere Formen unterteilt (vgl. Kapitel 3.2):

- Verkehrszählungen,
- Messungen und
- Verhaltensbeobachtungen.

Mit Hilfe von Verkehrszählungen wird die Anzahl von Ereignissen oder Objekten wie z. B. die Zahl von aussteigenden Fahrgästen an einer Haltestelle in einem bestimmten Zeitraum erfasst. Durch Verkehrszählungen erhält man das Mengengerüst von realisierten Ortsveränderungen, ggf. differenziert nach beobachtbaren Unterscheidungsmerkmalen (z. B. Fahrzeuge nach Kfz-Typ, Verkehrsteilnehmer nach Geschlecht). Verkehrszählungen sind die mit Abstand am häufigsten anzutreffende Beobachtungsform im Verkehrswesen.

Demgegenüber erfassen Messungen quantitative Merkmale von Ereignissen oder Objekten (z. B. die lokale Geschwindigkeit vorbeifahrender Fahrzeuge), i. d. R. mit Unterstützung technischer Hilfsmittel. Messungen schließen häufig Verkehrszählungen ein. So können beispielsweise bei der Geschwindigkeitsmessung mit einem Radarmessgerät nicht nur die Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeuge, sondern auch die Anzahl der erfassten Einheiten in einer bestimmten Zeiteinheit registriert werden.

Verhaltensbeobachtungen dienen der Erfassung qualitativer Merkmale von Ereignissen oder Objekten (z. B. Helmtragen von Zweiradfahrern). Im Gegensatz zu den zuvor genannten Beobachtungsformen, wo quantitative Erhebungsmerkmale im Vordergrund stehen, werden die Ergebnisse einer Verhaltensbeobachtung meist in Form von Anteilswerten (z. B. Anteil der Fahrer, welche an einer Ampel das Rotlicht missachten) dargestellt.

Charakteristisch für Befragungen ist die methodische, zielgerichtete Umsetzung eines Fragenkatalogs, der der Erfassung von Fakten, Verhaltensweisen und/oder Einstellungen der zu Befragenden dient. Befragungen im Verkehrswesen umfassen eine Vielzahl von Verfahren, die sich vor allem durch Befragungszeitraum und -ort sowie durch Kommunikationsform und Grad der Standardisierung unterscheiden (vgl. Kapitel 3.3).

Die Einteilung der Verkehrserhebungen in die vier Erhebungsformen Verkehrszählungen, Messungen, Verhaltensbeobachtungen und Befragungen im Verkehrswesen entspricht nicht nur der üblichen verkehrswissenschaftlichen Praxis, sondern auch den aktuellen Normen und Regeln der FGSV. Die

Neufassung der Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) differenziert Verkehrserhebungen ebenfalls in die vier o. g. Erhebungsformen und widmet jeder ein eigenes Oberkapitel.

Neben der Erhebungsform lassen sich Verkehrserhebungen nach dem Erhebungsort klassifizieren. Grundsätzlich können Verkehrserhebungen

- im Verkehrssystem und
- außerhalb des Verkehrssystems

stattfinden, wobei die Erhebungen im Verkehrssystem nach den Verkehrsmitteln

- Fuß- und Radverkehr,
- Kfz-Verkehr und
- Öffentlicher Verkehr

unterschieden werden können. Verkehrserhebungen außerhalb des Verkehrssystems können darüber hinaus

- am Aktivitätenort (Einkaufs- und Freizeitort, Ort einer privaten Erledigung, Arbeitsplatz, Ausbildungsstätte),
- im Haushalt oder
- im Unternehmen bzw. Betrieb

erfolgen. Die Unterdifferenzierung nach Erhebungsort ist streng genommen nicht trennscharf: Verkehrserhebungen am Arbeitsplatz können sowohl in die Klasse „am Aktivitätenort“ als auch in die Klasse „im Unternehmen bzw. Betrieb“ eingeordnet werden. Entscheidend für die Einordnung ist dabei das Erhebungsziel bzw. der Erhebungsgegenstand. Bei Befragungen im Unternehmen bzw. Betrieb werden überwiegend Daten zum Unternehmen als Verkehrserzeuger (Wirtschaftsverkehr) erfasst, während bei Erhebungen am Aktivitätenort Daten zum individuellen Verhalten (Privatverkehr) gewonnen werden.

Vor dem Hintergrund der Stichprobenplanung lassen sich die Befragungen am Aktivitätenort nochmals in Befragungen

- am Ort einer Einkaufs-, Freizeit oder privaten Erledigung (Besucherbefragung) und
- am Arbeitsplatz oder in der Ausbildungsstätte

differenzieren. Befragungen am Arbeitsplatz oder in der Ausbildungsstätte zum Privatverkehr beziehen

sich i. d. R. auf eine Grundgesamtheit, bei der nicht nur die Anzahl der Untersuchungseinheiten, sondern häufig auch deren soziodemografischen Merkmale wie Alter, Geschlecht und Wohnort bekannt sind. Dagegen ist bei Besucherbefragungen die Grundgesamtheit vor der Erhebung i. Allg. nicht bekannt.

Methodisch unterscheiden sich Befragungen am Arbeitsplatz oder in der Ausbildungsstätte wenig von Haushaltsbefragungen. Inhalte, Instrumente, Durchführung und Datenaufbereitung sind bei beiden Verfahren sehr ähnlich, lediglich beim Auswahlverfahren bestehen größere Unterschiede.

Nicht jede Erhebungsform lässt sich mit den klassifizierten Erhebungsorten kombinieren: Verkehrszählungen, Messungen und Verhaltensbeobachtungen finden im Haushalt und Unternehmen keine Anwendung. In Bild 2 sind die unterschiedlichen Verfahren, klassifiziert nach Erhebungsform und Erhebungsort, dargestellt. Diese Klassifizierung bildet die Grundlage für die weitere Bearbeitung und die Gliederung der Kapitel 5 bis 8.

## 4.2 Indikatoren der Datenqualität

In Kapitel 2.2.4 wurden die Indikatoren der Datenqualität nach dem Datenqualitätskonzept von Eurostat vorgestellt. Dieses Konzept lässt sich grundsätzlich auf Verkehrserhebungen übertragen, wobei sich die Relevanz bzw. Bedeutung der einzelnen Indikatoren unterscheidet. Zur Beurteilung der Qualität von Verkehrserhebungen sind in erster Linie die Indikatoren, die die Genauigkeit beschreiben, relevant.

Auf der internationalen Konferenz „Transport Surveys: Raising the Standard“ in Grainau 1997 wurde auch das Thema Datenqualität und Erhebungsstandards diskutiert. So hat sich ein Workshop speziell mit der Frage auseinandergesetzt, wie Datenqualität bei Verkehrserhebungen gemessen werden kann und welche Standards definiert werden können, um eine möglichst hohe Qualität zu gewährleisten. Die dort vorgeschlagenen Indikatoren beziehen sich alle auf den Qualitätsaspekt Genauigkeit und stimmen weitgehend mit den im Eurostat-Konzept genannten überein. Im Detail wurden folgende Qualitätsindikatoren erarbeitet:

Erhebungsform		Datenerhebung					
		im Verkehrssystem			außerhalb des Verkehrssystems		
		Fuß-/Radverkehr	Kfz-Verkehr	Öffentlicher Verkehr	am Aktivitätsort (Einkauf, Freizeit...)	im Haushalt	im Betrieb/ Unternehmen
Beobachtung	Verkehrszählung	Fußgänger Radfahrer	Kfz Kfz-Insassen Ruhender Verkehr	Fahrgäste im Verkehrsmittel/ an Haltestellen ÖV-Fahrzeuge	Besucher	—	—
	Messung	Geschwindigkeit, Zeitlücken, Raumlücken, Verweildauer			Besucher	—	—
	Verhaltensbeobachtung	Konflikte, Verhaltensweisen, Bewegungsmuster			Besucher	—	—
Befragung	Befragung im Verkehrswesen	Fußgänger Radfahrer	Kfz-Führer Kfz-Insassen (Kordon/Parkplatz)	Fahrgäste im Verkehrsmittel/ an Haltestellen Umsteiger	Besucher	Personen/ Haushaltsmitglieder	Beschäftigte

Bild 2: Klassifikation von Verkehrserhebungen

- Allgemeiner Qualitätsindikator (General Quality Indicator):
  - Abweichungen zwischen (soziodemografischen) Merkmalen in der Stichprobe und den entsprechenden Merkmalen der Grundgesamtheit.
- Stichprobenfehler (Quality Indicators for Sampling Error):
  - Standardfehler der relevanten Merkmale.
- Abdeckungsfehler (Quality Indicators for Coverage Error):
  - Abdeckung der Zielgrundgesamtheit durch die Auswahlgrundgesamtheit,
  - Eigenschaften der nicht erfassten Einheiten der Zielgrundgesamtheit.
- Nonresponse-Fehler (Quality Indicators for Non-response Error):
  - Ausschöpfungsquote: Anteil der verwertbaren, vollständigen Datensätze an der Bruttostichprobe (Auswahlstichprobe ohne unechte Ausfälle),
  - Einfluss des Nonresponse auf die wesentlichen Erhebungsergebnisse.
- Messfehler (Quality Indicators for Measurement Errors):
  - Anteil der nicht erfassten Merkmale (Item-Nonresponse),
  - Abweichungen zwischen Erhebungsergebnissen und plausiblen Ergebnissen vorheriger und vergleichbarer Erhebungen,
  - Eigenschaften der Einheiten, bei denen einzelne Merkmale nicht erfasst wurden.

Darüber hinaus wurde darauf hingewiesen, dass das Erhebungsverfahren unter methodischen Gesichtspunkten detailliert beschrieben werden sollte (u. a. anhand der o. g. Indikatoren), sodass von außen eine Bewertung der Datenqualität möglich wird (Dokumentation der Metadaten).

Auf Basis der o. g. Literaturquellen wurden Indikatoren der Datenqualität für Verkehrserhebungen definiert, die in Bild 3 zusammengefasst sind. Die Qualitätsindikatoren gelten für alle Verkehrserhebungen, der Schwerpunkt liegt auf dem Bereich Befragungen.

Qualitätsaspekte		Qualitätsindikator
Relevanz	Kundenorientierung bei Aufgabenstellung und Untersuchungsziel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungen/Referenzen/Zertifizierung des Erhebungsinstitutes</li> <li>• Vorliegen von Qualitätsverpflichtungen, Geheimhaltungsvereinbarungen etc.</li> </ul>
	Wissenschaftlichkeit bei Erhebungskonzept, Durchführung und Auswertung	
Genauigkeit	Stichprobenfehler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardfehler, Variationskoeffizient</li> </ul>
	Abdeckungsfehler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abdeckung der Zielgrundgesamtheit durch die Auswahlgrundgesamtheit (Anteilswert)</li> <li>• Eigenschaften der nicht erfassten Einheiten der Zielgrundgesamtheit</li> </ul>
	Nonresponse-Fehler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausschöpfungsquote/Erfassungsquote</li> <li>• Umgang mit den Nonresponse-Fällen</li> </ul>
	Messfehler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil der nicht erfassten Merkmale (Item-Nonresponse)</li> <li>• Umgang mit den Einheiten, bei denen einzelne Merkmale nicht erfasst wurden</li> <li>• Eigenschaften der Einheiten, bei denen einzelne Merkmale nicht erfasst wurden</li> <li>• Abweichungen zwischen Erhebungsergebnissen und Ergebnissen vorheriger und vergleichbarer Erhebungen, die als valide eingestuft werden können (falls vorhanden)</li> </ul>
Aktualität und Pünktlichkeit	Termintreue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzen zwischen angekündigtem Termin und tatsächlicher Präsentation der Ergebnisse der Verkehrserhebung</li> </ul>
	Aktualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitspanne zwischen Ende der Feldarbeit und Vorlage der Ergebnisse</li> </ul>
Zugänglichkeit und Klarheit	Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metadaten-Dokumentation (Beschreibung des Verfahrens): Vollständigkeit definierter Metadaten</li> </ul>

**Bild 3:** Qualitätsindikatoren

### 4.3 Anforderungen an die Datenqualität

Fundierte, methodisch einwandfrei vorbereitete und durchgeführte Verkehrserhebungen bilden die Grundlage jeder abgesicherten Planung. Je nach Untersuchungsziel und gewünschten Nutzungsmöglichkeiten der Erhebungsergebnisse ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Datenqualität und damit auch an die Konzeption der Erhebung. Untersuchungsziele und Nutzung der Erhebungsergebnisse werden i. d. R. durch den Auftraggeber (Kunde) vorgegeben. Dabei kommt es vor, dass der Auftraggeber auch die Interessen anderer Anspruchsgruppen (u. a. Sekundärnutzer) bei seinen Anforderungen berücksichtigt. So wurde z. B. im Vorfeld der MiD 2008 auf Veranlassung des Auftraggebers eine Befragung der Datennutzer durchgeführt, um deren Anforderungen zu ermitteln. Ist das Untersuchungsziel unklar, können weder die Erhebung konzipiert noch Qualitätsziele festgelegt werden.

Unabhängig vom Untersuchungsziel lassen sich generelle Anforderungen für die Qualitätsaspekte Relevanz, Aktualität und Pünktlichkeit sowie Zugänglichkeit und Klarheit ableiten:

- Relevanz: Kundenorientierung

Das Erhebungskonzept (Stichprobenplanung, Erhebungsinhalte etc.) hat sich an den Anforderungen der Datennutzer, d. h. an den Informationsbedürfnissen und Informationsprioritäten der Nutzer, zu orientieren. Die Aufgabenstellung und das Untersuchungsziel, die vom Auftraggeber vorgegeben werden, bestimmen die Anforderungen an die Erhebung (vgl. Kapitel 4.4.1).

- Aktualität und Pünktlichkeit: Termintreue

Der angekündigte Termin zur Präsentation erster bzw. endgültiger Ergebnisse der Verkehrserhebung soll eingehalten werden. Diese Anforderung gilt nicht nur speziell für Verkehrserhebungen, sondern im übertragenen Sinn für sämtliche Projekte. Darüber hinaus sollte die Zeitspanne zwischen dem Ende der Feldarbeit und der Vorlage erster bzw. endgültiger Ergebnisse in einem angemessenen Verhältnis zu Umfang und Komplexität der Erhebung stehen.

- Zugänglichkeit und Klarheit: Dokumentation

Das Erhebungsverfahren soll unter methodischen Aspekten beschrieben werden und an-

hand von dokumentierten Qualitätsindikatoren eine Einschätzung der Qualität der Erhebungsergebnisse ermöglichen. Zur Dokumentation einer Verkehrserhebung gehören damit nicht nur die Ergebnisse der Erhebung, sondern gleichberechtigt Angaben zum Verfahren und zur Qualität bei der Anwendung des Verfahrens (Metadaten).

### 4.4 Elemente einer Qualitätsstrategie für Verkehrserhebungen

#### 4.4.1 Qualitätsgrundsatz „Dem Kunden und der Wissenschaftlichkeit verpflichtet“

Entsprechend der Qualitätsdefinition der ISO 9000:2005 wird Qualität als die perfekte Realisierung aller Kundenanforderungen an ein Produkt definiert. Das Fehlen von Merkmalen, d. h. die fehlende Umsetzung einer Kundenanforderung, wirkt sich damit negativ auf die Qualität des Produktes aus. Eine Zugabe weiterer Merkmale, welche vom Kunden nicht gewünscht ist, kann die Qualität nicht positiv beeinflussen, da sie für den Kunden nutzlos sind.

Dieses kundenbezogene Qualitätsverständnis der Qualitätsmanagementnorm lässt sich prinzipiell auch auf Verkehrserhebungen bzw. den Prozess und die Ergebnisse von Verkehrserhebungen übertragen. Wie bereits in Kapitel 4.3 beschrieben, hat sich das Erhebungskonzept an den Informationsbedürfnissen und Informationsprioritäten der Kunden zu orientieren.

Da die Kunden i. d. R. nicht die fachlichen Detailkenntnisse hinsichtlich methodischer Fragen bei der Erhebungskonzeption besitzen, sind vor allem die Anforderungen von Bedeutung, die sich aus der vom Kunden vorgegebenen Aufgabenstellung der Untersuchung ergeben. Die Umsetzung der Aufgabenstellung erfordert umfangreiche wissenschaftliche Kenntnisse aus den Bereichen der Statistik und empirischen Sozialforschung sowie langjährige Erfahrungen bei der Organisation und Durchführung von Erhebungen. Der allgemeine Qualitätsgrundsatz der Kundenorientierung wird daher für Verkehrserhebungen um das Prinzip der Wissenschaftlichkeit erweitert. Zur perfekten Realisierung aller Kundenanforderungen gehört (häufig unausgesprochen) die bestmögliche Umsetzung der Verkehrserhebung von der Konzeption bis zur Datenauswertung auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen.

Im Einzelfall können sich Kundenorientierung und Wissenschaftlichkeit widersprechen: Der Kunde wünscht die Lösung einer Aufgabenstellung mit Hilfe einer Verkehrserhebung unter bestimmten Rahmenbedingungen. Nach wissenschaftlicher Prüfung der Aufgabenstellung ergibt sich jedoch, dass die Aufgabe mit statistischen und sozialwissenschaftlichen Methoden nicht oder nur mit einem sehr großen Aufwand gelöst werden kann. In diesem Fall ist es notwendig, den Kunden auf diesen Widerspruch hinzuweisen.

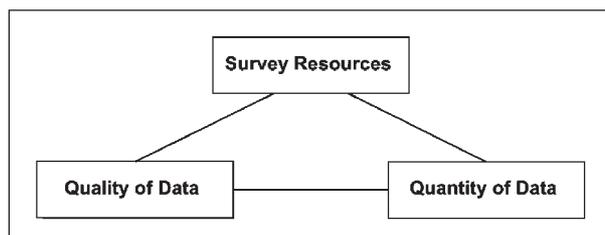
Kundenorientierung bedeutet auch nicht, dass die Verkehrserhebung zu den Ergebnissen führt, die sich der Kunde wünscht („Gefälligkeitsgutachten“). Bei Planung, Durchführung und Auswertung einer Verkehrserhebung darf der Grundsatz der Ergebnisoffenheit nicht verletzt werden. „Kundenorientierung darf nicht missverstanden werden als bedingungslose Ausrichtung allen Handelns an den Interessen der Kunden: (...) Sachliche und rechtliche Rahmenbedingungen sind unbedingt zu beachten“ (FGSV 2006).

#### 4.4.2 Qualitätsziele und Wirtschaftlichkeit bei Verkehrserhebungen

Mit Hilfe der in Kapitel 4.2 definierten Qualitätsindikatoren können Vorgaben hinsichtlich der Datenqualität getroffen werden. Vergleichsweise häufig nutzen Auftraggeber Ausschreibungen für Verkehrserhebungen, um konkrete Werte zum Stichprobenumfang und damit indirekt zum Stichprobenfehler vorzugeben. Zu den systematischen Fehlern werden i. d. R. keine oder nur wenige Vorgaben festgelegt. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass

- detaillierte Kenntnisse über Qualitätsindikatoren systematischer Fehler und deren Zusammenhänge zu den wesentlichen Aspekten einer Erhebung häufig fehlen,
- unklar ist, in welcher Größenordnung notwendige Vorgaben zur Datenqualität liegen sollen,
- häufig die Bereitschaft, finanzielle Mittel aufzubringen, um eine hohe Datenqualität zu erreichen, nicht vorhanden ist.

Die Qualität von Erhebungsergebnissen steht immer im Spannungsfeld der finanziellen und personellen Ressourcen und des Erhebungsumfangs. RICHARDSON, AMPT und MEYBURG haben ein Konzept vorgestellt, das dieses Spannungsfeld be-



**Bild 4:** Architect's Triangel (RICHARDSON, AMPT und MEYBURG, 1995, Qualitätsindikatoren)

schreibt (so genanntes „Architects Triangle“, Bild 4). Die Konzeption der Erhebung entspricht demnach einem Abwägungsprozess zwischen der gewünschten Datenqualität, dem Erhebungsumfang und den vorhandenen finanziellen und personellen Ressourcen. Dabei ist es die Aufgabe für die Verantwortlichen der Erhebung, die in Abhängigkeit der Aufgabenstellung optimale Mischung zwischen diesen drei Elementen zu finden (RICHARDSON, AMPT und MEYBURG, 1995).

I. d. R. werden die finanziellen Mittel durch den Auftraggeber vorgegeben, sodass das verantwortliche Erhebungsinstitut nur noch die Prioritäten zwischen Quantität und Qualität setzen kann. Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung binden i. Allg. Ressourcen, die auf der anderen Seite zu Einsparungen an der Quantität, d. h. beim Stichprobenumfang und/oder Erhebungsinhalt je Teilnehmer, führen müssen. Andererseits erhöht eine Reduktion des Stichprobenumfangs den Stichprobenfehler, sodass im Extremfall die Repräsentativität der Erhebung nicht mehr gegeben ist.

Die Ziele und Vorgaben zur Qualität sollten daher immer im Zusammenhang mit den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln und dem geplanten Erhebungsumfang gesehen werden. Je nach Aufgabenstellung sind bei der Erhebungskonzeption entsprechende Prioritäten zu setzen. Das optimale Erhebungskonzept muss damit nicht das Konzept sein, das zur höchsten Datenqualität führt, sondern das, das unter den gegebenen Rahmenbedingungen, insbesondere den finanziellen Restriktionen, die Untersuchungsziele am besten erfüllt.

#### 4.4.3 Verfahren und Maßnahmen der Qualitätssicherung

Während des gesamten Erhebungsprozesses kann die Qualität der Erhebungsergebnisse durch unterschiedliche Verfahren bzw. Maßnahmen gesichert werden. Sowohl in der Literatur als auch in der Erhebungspraxis fällt beim Thema der Qualitätssiche-

rung bei Befragungen häufig das Stichwort „Total Design Method“. DILLMAN hat bereits 1978 ein Konzept zur Qualitätssicherung von schriftlich-postalischen Befragungen entwickelt, das unter dem Namen Total Design Method (TDM) bekannt wurde (DILLMANN, 1978). Später wurde dieses Konzept auch auf andere Erhebungsverfahren, die auf die Teilnahmebereitschaft der Zielpersonen angewiesen sind, übertragen. Die US-amerikanische Richtlinie für Verkehrserhebungen „Travel Survey Manual“ verweist in Zusammenhang der Qualitätssicherung explizit auf DILLMANN TDM (Cambridge Systematics, 1996).

DILLMAN orientiert sich bei der theoretischen Grundlage der TDM an den Theorien sozialer Austauschprozesse, nach denen soziale Beziehungen nach dem Vorbild einer Geschäftsbeziehung abgebildet werden können: Menschen nehmen materielle und immaterielle Kosten in Kauf, weil sie mit einer „Belohnung“ oder einem Nutzen rechnen. Weil sich der Einsatz von Ressourcen i. d. R. nicht unmittelbar bezahlt macht, ist ein gewisses Vertrauensverhältnis zwischen den interagierenden Partnern notwendig. DILLMAN hat diese Theorie auf schriftliche Befragungen übertragen: Der für die Befragung Verantwortliche muss alles tun, um die Kosten für die Befragten möglichst gering zu halten, während der Nutzen, den der Befragte aus seiner Teilnahme zieht, möglichst groß erscheinen soll.

Für die konkrete Konzeption von Befragungen berücksichtigt DILLMAN zwei Prinzipien:

- Jede einzelne Aufgabe im Rahmen einer Erhebung, von der Konzeption bis zur Durchführung, steht in Beziehung zu den anderen Aufgaben. Eine Entscheidung zu einer einzelnen Aufgabe muss daher mit dem Gesamtkonzept übereinstimmen.
- Die Qualität der Erhebungsergebnisse wird durch das schwächste Element der Erhebung begrenzt. Es ist uneffektiv, einen großen Aufwand in ein Element zu investieren, wenn das gleiche Qualitätsniveau nicht ebenfalls bei den übrigen Elementen erreicht werden kann.

Diese beiden Prinzipien gelten nicht nur für die von DILLMAN untersuchten Erhebungsverfahren, sondern können generell auf sämtliche Erhebungsverfahren im Verkehrswesen – auch auf Verkehrszählungen – übertragen werden (Cambridge Systematics, 1996).

Während in den Kapiteln 5 bis 8 konkrete Strategien und Maßnahmen in Abhängigkeit des Erhebungsverfahrens vorgestellt werden, folgen nachstehend Verfahren und Maßnahmen der Qualitätssicherung, die für nahezu alle Erhebungsverfahren gelten (die Reihenfolge entspricht dem Erhebungsablauf):

- eindeutige Definition der Untersuchungsziele, der Aufgabenstellung und des gewünschten Qualitätsstandards,
- eindeutige Festlegung der Rahmenbedingungen (Erhebungszeitraum, finanzielle und personelle Restriktionen, Prioritätensetzung zwischen Qualität und Quantität),
- Überprüfung des Erhebungsinstrumentes mit Hilfe eines Pretests (bei erstmalig durchgeführten Erhebungen und allen Selbstausfüllfragebögen), Durchführung von Tests der Funktionalität bei technischen Geräten,
- sorgfältige Auswahl von geeignetem Erhebungspersonal (z. B. Prüfung der Eignung über Vorstellungsgespräche),
- projektbezogene Einweisung und Schulung des Erhebungspersonals,
- stichprobenartige Überwachung der Feldarbeit (bei Erhebungspersonal vor Ort),
- Vorhalten und Einsatz von „Springern“ (Personal, das bei Ausfall des Stammpersonals kurzfristig einspringt),
- Aufbereitung der Erhebungsdaten auf Basis überprüfbarer Regeln (Plausibilitätsprüfung),
- bei langen Erhebungszeiträumen frühe Datenerfassung und -aufbereitung, sodass eine Rückkopplung zu laufenden Erhebung möglich ist,
- Dokumentation des Erhebungsablaufes.

### **Auswahl und Schulung des Personals**

Wesentliche Voraussetzung für verlässliche Ergebnisse bei Verkehrserhebungen mit Personal ist ein zuverlässiges und einsatzbereites Erhebungspersonal, bei Befragungen zusätzlich mit sicherem Auftreten in der Öffentlichkeit. Damit sichergestellt ist, dass nur qualifiziertes Erhebungspersonal an der Verkehrserhebung beteiligt ist, sollte das Personal zumindest bei Befragungen in persönlichen

Vorstellungsgesprächen auf seine Eignung hin überprüft werden.

Kurz vor Erhebungsbeginn wird das Erhebungspersonal im Rahmen einer Schulung eingewiesen. Bei der Schulung sollten folgende Punkte behandelt werden:

- Zweck der Erhebung und spätere Verwendung der erhobenen Ergebnisse,
- Inhalt des Erhebung,
- Ablauf der Erhebung,
- Organisatorisches (u. a. Dienstplan, Einsatzplan, Personalabrechnung, bei Papierfragebögen Fragebogenlogistik),
- weitere notwendige Kenntnisse im Zusammenhang mit dem Erhebungsgegenstand (z. B. bei Fahrgastbefragungen Tarifbestimmungen im Untersuchungsraum),
- bei computergestützten Verfahren Umgang mit der Hardware und Einweisung in die Software,
- Aufgabenverteilung (Zähler, Interviewer, Verantwortliche).

Als Schulungsgrundlage kann eine Zusammenfassung der oben aufgeführten Punkte dienen, die an das Erhebungspersonal verteilt wird (Handbuch). Der Ablauf von Interviews sollte anhand von praktischen Übungen und Rollenspielen geübt werden. Darüber hinaus sollte bei Befragungen die Schulung durch eine Probeerhebung vertieft werden.

Der Schulungsaufwand ist bei computergestützten Verfahren i. d. R. höher als bei traditionellen Erhebungsverfahren.

### **Einsatz von Incentives**

Durch den Einsatz von Incentives bei Befragungen, insbesondere in schriftlich-postalischer Form, lässt sich i. d. R. die Ausschöpfungsquote erhöhen (STADTMÜLLER und PORST, 2005). Besonders bei Panelbefragungen werden je nach Länge und Komplexität der Befragung verschiedene Formen von Incentives verwendet (u. a. beim Deutschen Mobilitätspanel). Auch die Methodenstudie zur Erhebung „Mobilität in Deutschland (MiD) 2002“ empfiehlt, beim schriftlich-postalischen Weg Incentives anzubieten, um den Rücklauf zu stei-

gern (Infas und DIW, 2001). Neben monetären Anreizen besteht die Möglichkeit, nicht-monetäre Incentives wie z. B. Lotterielose, Briefmarken oder Spendenbeiträge einzusetzen. Am effektivsten, d. h. mit der größten rücklaufsteigernden Wirkung, ist der Einsatz von monetären Anreizen. Dabei sollte in keinem Fall der materielle Anreiz zu hoch angesetzt werden, da ansonsten das Incentive aus Sicht der Befragten den symbolischen Charakter eines „kleinen Dankeschöns“ verliert. Die Befragten „fühlen sich durch zu hohe Incentives in ihrer Wahlfreiheit über Teilnahme und Nichtteilnahme eingeschränkt und entscheiden sich dann bewusst für die Nichtteilnahme, um ihre durch zu hohe Incentives bedrohte persönliche Freiheit wieder herzustellen“ (STADTMÜLLER und PORST, 2005, S. 5).

Um Verzerrungen der Stichprobensammensetzung zu vermeiden, ist unbedingt darauf zu achten, dass Incentives nicht zum zentralen Motiv für die Teilnahme an der Befragung werden und für alle Befragten annähernd gleich relevant sind. Nicht-monetäre Incentives sollten unabhängig vom Untersuchungsgegenstand gewählt werden, damit Teilnehmer durch den Anreiz nicht dazu verleitet werden, von ihrer tatsächlichen Meinung abweichende Antworten zu geben. Beispielsweise ist der Versand von Tankgutscheinen bei einer bevölkerungsrepräsentativen Haushaltsbefragung zur Qualitätsverbesserung völlig ungeeignet, da Haushalte ohne Pkw im Vergleich zu motorisierten Haushalten keinen Nutzen durch diesen Anreiz haben und dadurch eher die Teilnahme verweigern.

Wenn Befragten Incentives für ihre Teilnahme angeboten werden, ist die Art dieser Incentives im Rahmen der Metadatenbeschreibung zu dokumentieren. Unter Qualitätsaspekten muss ein untersuchungs- und zielgruppenspezifisch neutraler Anreiz für die Teilnahme geschaffen werden, damit durch Art und Umfang der Incentives keine Verzerrung der Antworten erfolgt (DIN ISO 20252).

## 5 Qualitätsstrategien für Verkehrszählungen

### 5.1 Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität

#### 5.1.1 Auftraggeber und Anlässe

Im Allgemeinen lassen sich die Auftraggeber für Verkehrszählungen in drei verschiedene Gruppen einteilen. Dies sind zum einen die öffentlichen Auftraggeber (Bund, Länder, Verkehrsverbände, Kommunen, Institutionen), die ein Interesse an den Ergebnissen der Zählungen als Grundlage für verkehrsplanerische und verkehrswirtschaftliche Untersuchungen haben. Zum anderen können Zählungen von größeren Unternehmen (z. B. Energieversorger, Speditionen, Einzelhandelsunternehmen) beauftragt werden, die beispielsweise eine Neuan siedlung oder Erweiterung ihres Standortes planen oder eigene Planungen von Infrastrukturmaßnahmen durchführen. Auch Verkehrsunternehmen im ÖV führen häufig Fahrgastzählungen durch bzw. beauftragen diese, um Verkehrsnachfragedaten für unterschiedliche Fragestellungen zu erhalten. Als dritte Gruppe, die allerdings wesentlich seltener als Auftraggeber in Erscheinung tritt, sind noch Privatpersonen zu nennen, die Zählungen z. B. im Rahmen von Bürgerinitiativen in Auftrag geben können. Darüber hinaus gibt es vielfältige Gruppen von Datennutzern, die die Daten aber nur in den seltensten Fällen selbst erheben bzw. erheben lassen und darum hier nicht näher betrachtet werden.

Der Anlass einer Verkehrszählung ist grundsätzlich der Bedarf an Informationen zur Verkehrsnachfrage und Verkehrszusammensetzung, die als Grundlage für die Beantwortung verschiedenster Fragestellungen benötigt werden. Nachfolgend werden typische Beispiele von Verkehrszählungen genannt, die sich neben den unterschiedlichen Auftraggebern auch im Aufwand der Zählungen unterscheiden.

Die regelmäßig von der Bundesanstalt für Straßenwesen in Auftrag gegebene Straßenverkehrszählung (SVZ) liefert im Abstand von fünf Jahren die aktuelle Situation der Verkehrsbelastungen auf Bundesfernstraßen für das gesamte Bundesgebiet. Die Ergebnisse werden überwiegend zu verkehrspolitischen Zwecken genutzt, stellen aber auch eine wichtige Grundlage bei der Planung von Neu- und Ausbaumaßnahmen dar. Hier werden an rund 35.000 Zählstellen manuelle Zählungen über 18

bzw. 28 Stunden vorgenommen, wobei sieben Fahrzeugarten unterschieden werden (BMVBS, 2005). Aufgrund des enormen Aufwandes werden diese Zählungen im 5-Jahres-Turnus durchgeführt.

Zusätzlich zur SVZ werden die Verkehrsstärken des Straßennetzes als räumliche Stichprobe auf bestimmten Abschnitten (neben Bundesfernstraßen z. T. auch Landes- und Kreisstraßen) kontinuierlich durch automatische Dauerzählstellen (z. B. Induktionsschleifen in der Fahrbahn) erfasst. Durch jährliche Auswertungen dieser automatischen Dauerzählstellen werden die aktuellen Verkehrsstärken im Straßennetz laufend dokumentiert. Somit sind auf Streckenabschnitten mit Dauerzählstellen auch aktuelle Zählergebnisse für die Jahre, in denen keine SVZ durchgeführt wird, verfügbar.

Regionale oder noch kleinräumigere Verkehrszählungen, die zur Verdichtung der Datengrundlage aus den vorher genannten Zählungen erfolgen, werden i. d. R. im Vorfeld von geplanten Veränderungen im Straßennetz oder zum Zweck der Leistungsfähigkeitsüberprüfung von Netzelementen durchgeführt. Solche Stichprobenzählungen finden üblicherweise nur an markanten Knoten oder Querschnitten während der Spitzenstunden statt, ihr Umfang ist damit deutlich geringer als jener der bundesweit durchgeführten SVZ. Beispiele für Projekte, bei denen regionale bzw. kleinräumige Verkehrszählungen durchgeführt werden, sind u. a.:

- Planung von Netzergänzungen oder Umgehungsstraßen,
- Bemessung und Umgestaltung von Knotenpunkten,
- Veränderung der Verkehrsführung,
- Aufstellung von Luftreinhalteplänen und Aktionsplänen zur Luftreinhaltung,
- Aufstellung von Lärmaktionsplänen nach EU-Umgebungslärmrichtlinie bzw. Immissionsschutzgesetz,
- Erschließung neuer Siedlungsflächen,
- Aufstellung eines Verkehrsentwicklungsplanes.

Die Ergebnisse von Verkehrszählungen im Kfz-Verkehr und die darauf basierende Hochrechnung der Zählwerte auf den durchschnittlichen täglichen Verkehr aller Tage (DTV) sowie die Ableitung der Bemessungsverkehrsstärke bilden die Grundlage von Verkehrsuntersuchungen bzw. -gutachten aller Art.

Fahrgastzählungen im ÖV werden u. a. durchgeführt, um

- Grunddaten der Verkehrsnachfrage im ÖV zu erhalten (z. B. Ein- und Aussteigerzahlen je Fahrt, Linie oder Haltestelle),
- das Verkehrsangebot anhand der ermittelten Nachfragekennzahlen überprüfen und anpassen zu können,
- Haltestellen zu bemessen bzw. entsprechend der Nachfrage auszustatten,
- Fahrgastbefragungen im Stichprobenverfahren auf Basis der Zählungen hochrechnen zu können.

Zählungen des Fußgängerverkehrs werden i. d. R. zur Bemessung von Anlagen für den Fußgängerverkehr durchgeführt. Außerdem können diese Zählungen zur Konzipierung von Fußwegenetzen, zur Umgestaltung innerstädtischer Bereiche sowie für Bedarfsanalysen und Dringlichkeitsreihungen von Fußgängerüberwegen durchgeführt werden.

### 5.1.2 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Für bundesweit in regelmäßigen Abständen durchgeführte Verkehrszählungen sind die Vorgehensweise sowie die jeweiligen Anforderungen i. d. R. in Richtlinien festgelegt. Zum Beispiel werden die Durchführung sowie die Art der Dokumentation der SVZ in den Richtlinien für die Straßenverkehrszählung im Jahre 2005 auf Bundesfernstraßen (BMVBS, 2005) vorgegeben. Ein weiteres Beispiel liefert die Zählung des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs. Auch hier wurde die genaue Vorgehensweise bei der Durchführung der Zählung in den zugehörigen Richtlinien vorgeschrieben (AVZ 2008). Zusätzliche Anforderungen an diese großräumigen Zählungen können aus den Vorgaben der EU entstehen, die ein Interesse an möglichst einheitlichen und vergleichbaren Verkehrsdaten aus den verschiedenen Mitgliedstaaten hat (siehe United Nations, 2003). So soll es europäischen Nutzern von Verkehrsdaten ermöglicht werden, vergleichbare Daten aus den einzelnen Ländern zu erhalten (z. B. Veröffentlichung durch die UNECE<sup>8</sup> oder ASECAP<sup>9</sup>).

Demnach können bei der Vorbereitung und der Durchführung von großräumigen Verkehrszählungen die bereits bestehenden Richtlinien und Vor-

schriften herangezogen werden. Im Gegensatz dazu stehen für kleinere Erhebungen im Rahmen eines bestimmten Vorhabens keine konkreten Vorschriften bezüglich des Ablaufs oder der Anforderungen zur Verfügung. Dies erklärt sich aus der Fülle verschiedener möglicher Fragestellungen, für die jeweils ein neues, passendes Erhebungskonzept entwickelt werden muss.

Üblicherweise wird in solchen Fällen die gewünschte Zielgröße vom Auftraggeber festgelegt, die Vorgehensweise zur Ermittlung dieser Zielgröße kann anschließend vom ausführenden Ingenieurbüro bzw. Erhebungsinstitut frei gewählt werden. Dabei ist gerade im Bereich der Verkehrstatistik zu prüfen, ob beide Seiten die vorgegebene Zielgröße gleich definieren, um spätere Missverständnisse zu vermeiden (z. B. genaue Abgrenzung der Größen  $DTV$ ,  $DTV_w$ ,  $DTV_U$ ,  $DTV_S$  untereinander). Zum Teil erfolgt auch eine Vorgabe hinsichtlich des Stichprobenumfangs, die Wahl der Zählmethodik bleibt normalerweise jedoch eine Entscheidung des Auftragnehmers.

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Zählung selbst und der daran anschließenden Bearbeitungsschritte resultieren aus den Anforderungen an die vom Auftraggeber nachgefragte Zielgröße. Diese sind für bundesweite oder bundeseinheitliche Projekte teilweise definiert, für kleinräumige Untersuchungen werden die Anforderungen an die Genauigkeit je nach Auftraggeber individuell bestimmt.

Wie aus dieser Beschreibung der praktischen Erfahrungen hervorgeht, sind besonders im Bereich der kleinräumigen Verkehrszählungen wenige bzw. keine einheitlichen Vorgaben hinsichtlich der Anforderungen verfügbar. So ist eine Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen oft nicht möglich. Diese wäre aber besonders dann wichtig, wenn verschiedene Gutachten für den gleichen Untersuchungsraum existieren. Für automatische Fahrgastzählungen im ÖPNV hat der Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) ein Regelwerk herausgegeben, das u. a. für die Konzeption und Durchführung der Zählung wichtige Hinweise gibt

<sup>8</sup> Siehe Homepage der UNECE Statistical Division <http://www.unece.org/stats/archive/docs.subject.e.htm> und <http://www.unece.org/trans/main/wp6/wp6.html> (Stand 30.10.2009)

<sup>9</sup> Siehe <http://www.asecap.com/english/pubinf-statcompen.html#traf> (Stand 30.10.2009)

(VDV, 2007). Insbesondere der Teil A des so genannten „Rahmenlastenheftes Automatische Fahrgastzählsysteme“, in dem statistische Grundlagen beschrieben sowie Hinweise zur Anwendung der Geräte und zur Datenaufbereitung gegeben werden, sollte bei der Konzeption und Durchführung derartiger Zählungen berücksichtigt werden.

## 5.2 Qualitätssicherung und Fehlervermeidung

### 5.2.1 Fußgänger- und Radfahrerzählungen

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Grundsätzlich unterscheiden sich der Fahrrad- und Fußgängerverkehr vom Kfz-Verkehr durch mehr Freiheitsgrade (vor allem bei der Wahl von Verkehrsweg und Route) sowie stärkere Witterungsabhängigkeit. Demnach sind Zählungen dieser Verkehrsteilnehmer auf die Besonderheiten der Umgebung abzustimmen.

Laut den Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (1995) sollten Zählungen des Radverkehrs wenn möglich im SOMMER, außerhalb der Schulferien, während Schönwetterlagen durchgeführt werden<sup>10</sup>. Als Zählstandorte werden Punkte in der Nähe von wichtigen Zielen wie zum Beispiel Schulen, Hochschulen, Sportstätten, Bahnhöfen etc. empfohlen (FGSV, 1995, 16-17).

Im Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik (2006) wird als Erhebungszeitraum zur Ermittlung der Tagesradverkehrsmenge einschließlich der Belastungsspitzen die Zeit zwischen 6.00 und 19.00 Uhr an einem „normalen Werktag“ empfohlen. Als „normaler Werktag“ gelten hier alle Tage von Montag bis Freitag des Sommerhalbjahres außerhalb der Ferienzeiten. Für besondere Fragestellungen, wie z. B. die Ermittlung des Freizeitverkehrs, sind die Zählzeiten und -dauer an die jeweilige Fragestellung anzupassen (Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung (Hrsg.), 2006, 2.1-9).

Ein geeignetes Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen im Radverkehr wird zurzeit im Rahmen eines Forschungsprojekts<sup>11</sup> der BAST entwickelt. Hier soll die Kenntnis der zeitlichen Verteilung des Radverkehrs zu einer nachfrageorientierten Planung von Radverkehrswegen beitragen. Ein spezielles Modell zur Hochrechnung existiert be-

reits für die Stadt Wien, wo auf der Basis von Dauerzählungen an bestimmten Querschnitten über mehrere Jahre charakteristische Ganglinien ermittelt wurden, mit denen heute gute Abschätzungen der Radverkehrsnachfrage möglich sind (SNIZEK, 2007). Ähnliche Vorhaben sind auch in den Städten München<sup>12</sup> und Köln<sup>13</sup> geplant.

Für Zählungen des Fußgängerverkehrs sind die Zählzeiten und die Zähldauer in Abhängigkeit vom Erhebungsziel und den örtlichen Gegebenheiten zu wählen (Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung (Hrsg.), 2006, 2.1-10).

Zählungen des Fußgängerverkehrs werden i. d. R. zur Bemessung von Anlagen für den Fußgängerverkehr durchgeführt. Da nach HBS 2001 direkt die Zählwerte für die 15- bzw. 2-Minuten-Intervalle als Bemessungsgrößen verwendet werden, ist hier keine Hochrechnung auf bestimmte Zielgrößen erforderlich.

#### Vermeidung systematischer Fehler

Um Fehler bei der Stichprobenplanung in Form der Auswahl ungeeigneter Zählorte, Zählzeiten und Zählintervalle zu vermeiden, sollten zunächst die o. g. Hinweise der verschiedenen Empfehlungen und Richtlinien berücksichtigt werden. Zusätzlich ist eine detaillierte Analyse der Aufgabenstellung erforderlich, um auf mögliche Besonderheiten schon bei der Wahl von Zählort und Zählzeit sowie der Zählintervalle eingehen zu können. Grundsätzlich gibt es hier keine Standardlösungen, vielmehr sollten in Abstimmung mit den Beteiligten (Auftraggeber, Auftragnehmer, Dritte) die Randbedingungen der Zählungen im Einzelfall festgelegt werden.

Eine Nichterfassung von Auswahleinheiten (Kombinationen von Zählorten und Zählintervallen), die in die Stichprobe gelangt sind, ist bei Fußgänger- und Radfahrerzählungen prinzipiell möglich, etwa wenn

<sup>10</sup> Es versteht sich, dass bei einem derartigen Vorgehen eine Hochrechnung der Zählergebnisse auf das gesamte Jahr und den gesamten Untersuchungsraum – wenn überhaupt – nur unter Einbeziehung von externen Daten zum Radverkehr insgesamt möglich ist.

<sup>11</sup> Hochrechnungsmodell von Stichprobenzählungen für den Radverkehr, FE 77.495/2008

<sup>12</sup> Radverkehr in München, Konzepte, Referat für Stadtplanung und Bauordnung, München, 2007

<sup>13</sup> Auskunft des Fahrradbeauftragten der Stadt Köln, fahrradbeauftragter@stadt-koeln.de

das Zählpersonal nicht oder erheblich verspätet am Zählort erscheint. Durch entsprechende organisatorische Maßnahmen (z. B. Einrichtung einer Kontrollinstanz) kann dieser Ursache systematischer Fehler entgegengewirkt werden.

Die Nichterfassung von Untersuchungseinheiten (Fußgänger oder Radfahrer am Zählort) kann demgegenüber zumindest bei manuellen Zählungen weitgehend ausgeschlossen werden, da hier in der Regel eine Vollerhebung während des Zählintervalls möglich ist. Zählfehler im Sinne einer Nichtübereinstimmung der gezählten mit den wahren Werten der Verkehrsstärke am Zählort im Zählintervall können gleichwohl auftreten. Insbesondere Schulungsmaßnahmen können hier zur Qualitätssicherung beitragen.

Da seit wenigen Jahren auch automatische Geräte bei der Durchführung von Radverkehrszählungen zum Einsatz kommen (z. B. Druckschläuche), sind zur Vermeidung von Datenausfällen, d. h. Nichterfassung von Untersuchungseinheiten, die Herstellerangaben hinsichtlich der Montage und Parametrierung der Geräte zu berücksichtigen.

Bei Zählungen im Fußgänger- und Radverkehr wird üblicherweise nur die Anzahl der betreffenden Verkehrsteilnehmer erfasst und keine Unterscheidung von Merkmalen vorgenommen. Es handelt sich also meist nicht um klassifizierende Zählungen. Daher können in dieser Hinsicht hier auch keine systematischen Fehler bei der Merkmalerfassung auftreten. Eine Aufgabenstellung, bei der z. B. das Geschlecht der Verkehrsteilnehmer erfasst werden muss oder der Anteil an Radfahrern, die einen Helm tragen, bestimmt werden soll, fällt unter den Punkt Verkehrsbeobachtung (siehe Kapitel 7).

### **5.2.2 Fahrzeug- und Insassenzählungen im fließenden und ruhenden Kfz-Verkehr**

#### **Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren**

Zählungen im ruhenden Kfz-Verkehr werden überwiegend zur Ermittlung der Auslastung bzw. Belegung von Anlagen durchgeführt. Für diese Zählungen werden im Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik (2006) Hinweise zu den Zählzeiten sowie der erforderlichen Zähldauer gegeben. Demnach sollte eine allgemeine Zählung an einem Normalwerktag (Dienstag bis Donnerstag) in den Monaten April, Mai, Juni, September oder Oktober

durchgeführt werden. Als Zeit zur Erfassung der wesentlichen Parkvorgänge wird der Zeitraum zwischen 6.00 und 20.00 Uhr empfohlen. Für spezielle Fragestellungen sind diese Zeitintervalle entsprechend zu verändern (Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung (Hrsg.), 2006, 2.1-10 u. 2.1-11).

Zur Abschätzung der zukünftigen Nachfrage im ruhenden Verkehr wird in den Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs (2005) eine Prognosemethode beschrieben, die auf Basis von bekannten Ganglinien und der Abschätzung der zukünftigen Siedlungsentwicklung eine Abschätzung des Parkraumbedarfs ermöglicht (FGSV, 2005, 10-11, 47-52).

Die Zählung von Fahrzeuginsassen fällt unter den Punkt Verkehrsbeobachtung (siehe Kapitel 7). Ein Hochrechnungsverfahren zur Schätzung von Totalwerten (etwa Totalwert der Personenkilometer von Kfz-Insassen) ist hier i. d. R. nicht erforderlich, da es um die Bestimmung des Besetzungsgrades geht. Hierfür wird natürlich ein geeignetes statistisches Schätzverfahren benötigt. Soll der Besetzungsgrad in Abhängigkeit des Fahrzwecks bestimmt werden, ist eine Befragung (siehe Kapitel 8) erforderlich.

Für die Hochrechnung von stichprobenartigen Verkehrszählungen im fließenden Kfz-Verkehr existieren verschiedene Methoden, von denen im Folgenden die derzeit aktuellen Verfahren vorgestellt werden. In der Beschreibung sind auch die jeweils erforderlichen Stichprobenumfänge und andere Randbedingungen zur Auswahl der Stichproben enthalten.

#### **SVZ-Hochrechnungsverfahren**

Für die SVZ 2005 wurde eine Hochrechnungsmethodik verwendet, die auf der Zuordnung aller Zählstellen zu automatischen Dauerzählstellen mit einer ähnlichen Verkehrscharakteristik beruht (KATHMANN, ZIEGLER und THOMAS, 2009). Dabei wurde eine Unterscheidung in Streckenzüge und Flächenregionen mit vergleichbaren Eigenschaften vorgenommen, sodass jeder Zählstelle der SVZ eine oder mehrere zugehörige automatische Dauerzählstellen zugeordnet werden konnten.

Die Hochrechnung erfolgt in zwei Stufen mit Hilfe der aus den Dauerzählstellen abgeleiteten Stunden/Tag-Faktoren und Tag/Jahr-Faktoren auf Basis einer zählstellen- und fahrzeugartenscharfen Aus-

wertung. Als Grundlage für die Hochrechnung dienen die Ergebnisse der manuellen Zählungen, die nach den in Tabelle 2 dargestellten Vorgaben zu den Zählzeiten durchgeführt wurden.

In der ersten Stufe werden die Zählergebnisse mit so genannten Stunden/Tag-Faktoren („a-Faktoren“) auf den Tagesverkehr  $Q_z$  (24 Stunden) des jeweiligen Zähltages  $Z$  hochgerechnet. Das Ergebnis der ersten Hochrechnungsstufe waren daher für jede Zählstelle bis zu acht Tageswerte für jede der sieben Fahrzeugarten.

In der zweiten Stufe werden die Tageswerte mit so genannten Tag/Jahr-Faktoren („c<sub>v</sub>-Faktoren“) auf die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken je Fahrtzweckgruppe  $V$  ( $DTV_W, DTV_U, DTV_S$ ) umgerechnet. Aus diesen  $DTV_V$ -Werten wird die Zielgröße  $DTV$  (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke aller Tage des Jahres) durch entsprechende Gewichtung mit der je Bundesland unterschiedlichen Anzahl der Tage je Fahrtzweckgruppe ( $n_V$ ) gebildet.

Aus den so berechneten  $DTV$ -Werten lassen sich  $MSV$ -Werte sowie die Tag-, Abend- und Nachtwerte für die Lärmberechnungen ableiten.

Da für diese Hochrechnungsmethodik die vollständigen Ergebnisse der Dauerzählstellen des zugehörigen Zähljahres zur Ableitung der Hochrechnungsfaktoren („a-Faktoren“, „c<sub>v</sub>-Faktoren“) erforderlich sind, kann die Hochrechnung erst nach Ablauf des Jahres, in dem die Zählungen durchgeführt wurden, erfolgen.

Im Gegensatz dazu können die nachfolgend vorgestellten Verfahren zur Hochrechnung von Stichprobenzählungen direkt im Anschluss an die Erhebungen angewendet werden.

Zst.-Gruppe A (DTV > 7.000 Kfz/24h)	Zst.-Gruppe B (DTV ≤ 7.000 Kfz/24h)
2 Normalwerktage (Di, Mi, Do) jeweils 7-9 und 15-18 Uhr = 5h	2 Normalwerktage (Di, Mi, Do) jeweils 15-18 Uhr = 3h
2 Freitage jeweils 15-18 Uhr = 3h	
2 Ferienwerktage (Di, Mi) jeweils 15-18 Uhr = 3h	2 Ferienwerktage (Di, Mi) jeweils 15-18 Uhr = 3h
2 Sonntage jeweils 16-19 Uhr = 3h	2 Sonntage jeweils 16-19 Uhr = 3h
8 Zähltage = 28 Zählstunden	6 Zähltage = 18 Zählstunden

Tab. 2: Zählzeiten der SVZ 2005, Quelle: KATHMANN, ZIEGLER und THOMAS, 2009

### Hochrechnungsverfahren für innerörtliche Kurzzeitmessungen nach SCHMIDT und THOMAS

Das Hochrechnungsverfahren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerortsbereich von SCHMIDT und THOMAS (1995) basiert auf den Berechnungsverfahren der Straßenverkehrszählungen. Die Hochrechnungsfaktoren (Ferienverkehrs-, Sonntags- und Freitagsfaktor) stammen, im Gegensatz zur SVZ, aus Daten von zurückliegenden Jahren, die teilweise gemittelt wurden, um jahresspezifische Besonderheiten auszuschalten. Sie werden demnach aus typisierten Jahres- und Tagesganglinien abgeleitet und benötigen daher keine aktuellen Zählzeiten der automatischen Dauerzählstellen.

Wie in Bild 5 zu erkennen ist, basiert dieses Modell auf einer Hochrechnung der Zählwerte in zwei Stufen. Die Zählwerte werden analog zur SVZ zunächst auf den Tagesverkehr hochgerechnet. In der zweiten Stufe werden die Tageswerte auf einen Wochenmittelwert und anschließend auf den Jahresdurchschnitt ( $DTV$ ) sowie auf  $DTV_{W,U,S}$ -Werte hochgerechnet. Alle übrigen Kennwerte werden daraus abgeleitet.

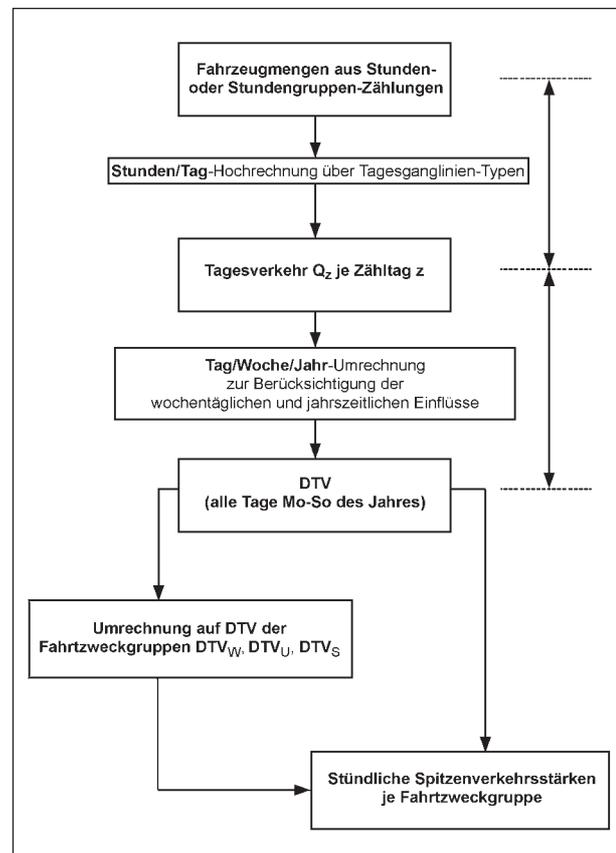


Bild 5: Hochrechnungsverfahren nach SCHMIDT und THOMAS, 1995

Zur praktischen Anwendung ist das Verfahren als PC-Programm HRDTV-Win umgesetzt. Es ermöglicht die Hochrechnung von beliebigen Zählintervallen (nur volle Stunden) und Zählzeiten, da die Einflüsse von Wochenenden oder Ferientagen durch die entsprechenden Faktoren ( $b_{SO}$ ,  $b_{Fr}$ ,  $f_{er}$ ) korrigiert werden können. So können neben dem DTV, dem  $DTV_{W,U,S}$  auch die Bemessungsverkehrsstärke (MSV) sowie die mittleren stündlichen Tag- und Nacht-Verkehrsstärken als Grundlage für Lärmrechnungen nach RLS'90 ermittelt werden.

Um die Veränderungen des Verkehrsgeschehens über die Jahre zu berücksichtigen, werden die dem Programm zugrunde liegenden Ganglinientypen zur Ableitung der Hochrechnungsfaktoren regelmäßig aktualisiert und angepasst. In diesem Zusammenhang wurden zwischenzeitlich auch Ganglinientypen für Außerortszählstellen integriert, sodass das Verfahren mittlerweile nicht mehr nur auf Innerortszählstellen beschränkt ist.

In leicht veränderter Form hat dieses Verfahren zur Hochrechnung von Kurzzeitählungen im Innerortsbereich Eingang in das HBS 2001 gefunden. Zur Berechnung der werktäglichen Bemessungsverkehrsstärke werden sechs Arbeitsschritte vorgegeben, die auf den Erkenntnissen von SCHMIDT und THOMAS basieren.

Im ersten Arbeitsschritt werden die Erhebungen durchgeführt. Sie sind an einem normalen Werktag (Dienstag bis Donnerstag) zwischen März und November außerhalb der Schulferien durchzuführen. Für dieses Verfahren sollte eine Ganztagszählung angestrebt werden. Falls dies aus personellen oder finanziellen Gründen nicht möglich ist, sollte jedoch mindestens von 12-14 und von 16-18 Uhr gezählt werden. Als Ergänzung werden Zählungen an einem Sonntag empfohlen.

Im zweiten Arbeitsschritt werden die Zählstunden auf den Tagesverkehr hochgerechnet. Die dazu erforderlichen Faktoren werden aus der Zuordnung zu Tagesganglinientypen ermittelt. Bei einer Ganztageszählung entfällt dieser Schritt. Anschließend erfolgt die Umrechnung des Tagesverkehrs auf das Wochenmittel, woraus der DTV-Wert abgeleitet werden kann. Die hierfür erforderlichen Faktoren gehen aus Wochen- und Jahresganglinientypen und den daraus ermittelten Halbmonatsfaktoren hervor. In einem fünften und sechsten Arbeitsschritt können aus dem DTV- der  $DTW_{W-}$  sowie der MSV-Wert abgeleitet werden.

### Hochrechnungsverfahren für innerörtliche Kurzzeitählungen nach ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME

Dem Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitählungen auf Innerortsstraßen (ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME, 2008) liegt ebenfalls ein zweistufiger Ansatz zugrunde, bei dem zunächst der Tagesverkehr und anschließend der  $DTV_{W5}$  (durchschnittlicher Werktagsverkehr Mo.-Fr.) sowie der DTV berechnet werden. Die Grundlage für die Ableitung der Hochrechnungsfaktoren bildeten typisierte Tages- und Wochenganglinien. Die Empfehlung zu den Zählzeiten für dieses Verfahren ist in Tabelle 3 enthalten. Das zugehörige Ablaufschema der Vorgehensweise zeigt Bild 6.

Die Hochrechnungsfaktoren für den Tagesverkehr sind getrennt nach den gewählten Zählzeiten sowie nach Kfz und Schwerverkehr (SV) in Tabellen ausgewiesen. Weiterhin erfolgt eine Unterscheidung der Hochrechnungsfaktoren nach Belastungsklassen (Spitzenstundenbelastung in Kfz/h). Der Tageswert ergibt sich aus der Multiplikation des Faktors mit der Summe der gezählten Fahrzeuge über die

	Empfehlung	Bemerkungen
Zähltage	Dienstag, Mittwoch und Donnerstag während der Sommerzeit (Ende März bis Ende Oktober)	Ausschlüsse <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferienwochen</li> <li>• Tage vor einem Feiertag oder Ferienbeginn</li> <li>• Brückentage (zwischen Feiertag und Wochenende)</li> </ul>
Zählzeiten	7:00-11:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 7:00-10:00, 12:00-14:00 und 15:00-18:00 Uhr (8h-Zählung)	Geeignet für alle Straßentypen zur Ermittlung der durchschnittlichen werktäglichen Verkehre und der Bemessungsverkehrsstärken
	6:00-10:00 Uhr und 15:00-19:00 Uhr oder 6:00-9:00, 12:00-14:00 und 15:00-18:00 Uhr (8h-Zählung)	Geeignet für alle Straßentypen zur Ermittlung der durchschnittlichen werktäglichen Verkehre und der Bemessungsverkehrsstärken, wenn die Spitzenstunde zwischen 6:00 und 7:00h liegt
	15:00-19:00 Uhr (4h-Zählung)	Geeignet für hochbelastete Hauptverkehrsstraßen zur Ermittlung des durchschnittlichen Werktagsverkehrs (Mo-Fr)

Tab. 3: Empfohlene Zählzeiten nach ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME

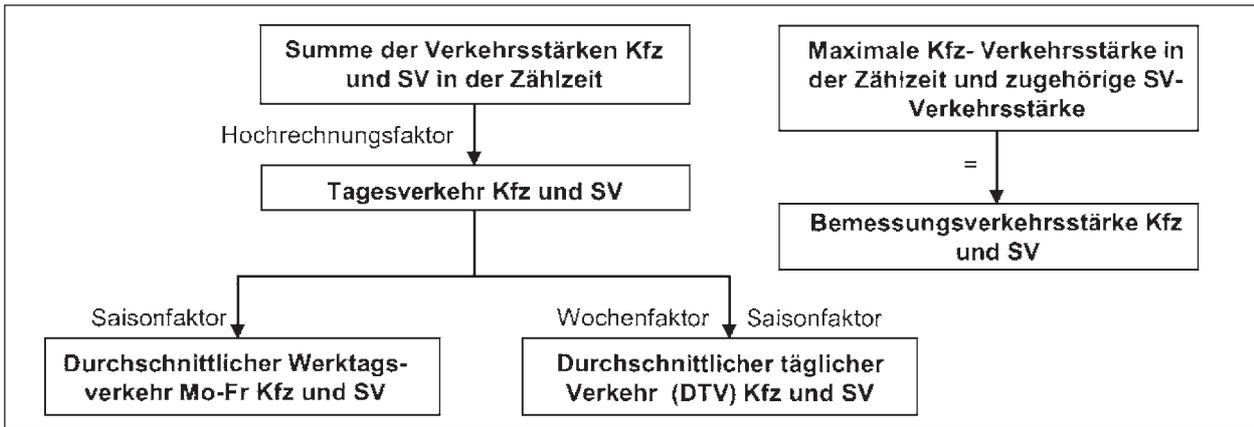


Bild 6: Hochrechnungsverfahren nach ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME

Zählzeit. Der durchschnittliche Werktagsverkehr von Montag bis Freitag ( $DTV_{W5}$ ) berechnet sich aus dem Tageswert mal einem Saisonfaktor, der ebenfalls in Tabellen ausgewiesen ist. Zur Ermittlung des DTV-Wertes wird der im vorhergehenden Schritt 1 abgeleitete Tageswert sowohl mit einem Wochen- als auch mit einem Saisonfaktor multipliziert. Diese Faktoren sind getrennt nach Zählzeit, Fahrzeuggruppe (Kfz bzw. SV) und Belastungsklasse ausgewiesen.

Zur Ableitung des MSV-Werts schlagen die Autoren ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME vor, den maximalen Stundenwert in der Zählzeit mit dem dazugehörigen SV-Anteil als Bemessungsverkehrsstärke anzusetzen.

Bezüglich der Genauigkeit dieses Hochrechnungsverfahrens sind in den Tabellen der Hochrechnungsfaktoren zusätzlich Variationskoeffizienten ausgewiesen. So kann für jede Hochrechnung eine grobe Abschätzung des möglichen Fehlers vorgenommen werden.

Wie aus den Beschreibungen des Verfahrens hervorgeht, sind neben den Zählwerten und der Belastungsklasse keine weiteren Eingangsgrößen erforderlich. Dies führt zu einer relativ einfachen praktischen Anwendung des Verfahrens.

**Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren nach LENSING, MAVRIDIS und TÄUBNER**

vvereinfachte Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen (LENSING, MAVRIDIS und TÄUBNER, 2001) stellt eine weitere Möglichkeit zur Hochrechnung von Stichprobenzählungen dar. Es handelt sich um ein dreistufiges Verfahren, bei dem die Zählwerte der ein-

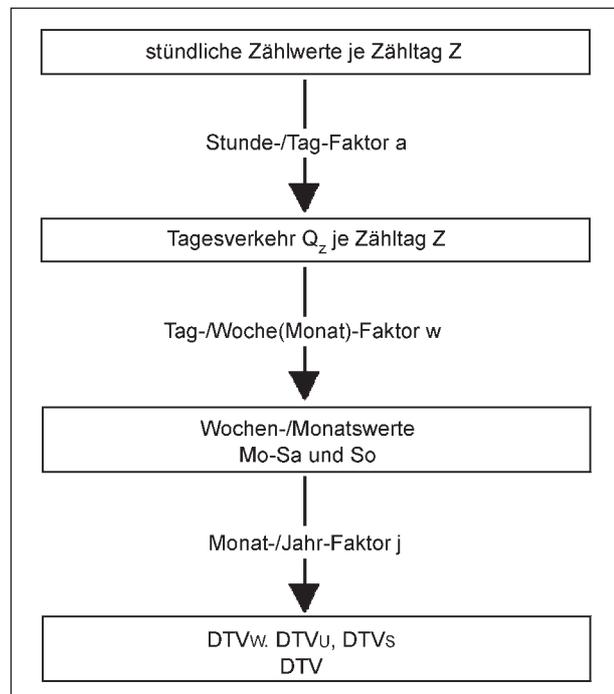


Bild 7: Hochrechnungsverfahren nach LENSING, MAVRIDIS und TÄUBNER, 2001

zelen Stunden zunächst auf Tageswerte, danach auf Wochen-/Monatswerte und abschließend auf DTV-Werte hochgerechnet werden (siehe Bild 7).

Als empirische Grundlage zur Herleitung der Hochrechnungsfaktoren wurden u. a. plausibilisierte Daten von automatischen Dauerzählstellen der Jahre 1993-1996 verwendet.

Zur Ermittlung der Datengrundlage werden für manuelle Außerortszählungen folgende Zählzeiten während der „Normalwochen“ (keine Beeinflussung durch Ferien, Feiertage o. Ä.) empfohlen:

- für 3-stündige Zählungen: 14-17 Uhr,

- für 4-stündige Zählungen: 10-14 Uhr oder 14-18 Uhr.

Stehen automatische Zählgeräte zur Verfügung, so sollten den Autoren zufolge die Tagesverkehrsstärken (00-24 Uhr) einer vollständigen Woche erfasst werden.

Die entsprechenden Faktoren (a, w, j) sind in umfangreichen Tabellen getrennt nach Fahrzeugart bzw. Fahrzeugartengruppe sowie nach Wochentag ausgewiesen. Demnach ist eine getrennte Betrachtung für die verschiedenen Fahrzeuggruppen und Wochentage möglich. Zusätzlich ist die Kenntnis des Sonntagsfaktors  $b_{So}$  erforderlich, um eine differenzierte Auswahl der Hochrechnungsfaktoren aus den Tabellen treffen zu können.

Dies zeigt, dass zur Anwendung dieses Modells detaillierte Kenntnisse über die Ganglinien der Zählstelle erforderlich sind, um die entsprechenden Hochrechnungsfaktoren ermitteln zu können. Bei einem Fehlen dieser detaillierten Informationen sind Vereinfachungen möglich, die eine Zuordnung über die Straßenklasse, den Streckentyp und/oder die Lage der Zählstelle vorsehen.

Allgemeine Aussagen über die Genauigkeit des Verfahrens sowie über Unterschiede bei der Anwendung der Vereinfachungen werden in der durchgeführten Untersuchung nicht getroffen. Es werden jedoch Konfidenzintervalle mit einem Vertrauensbereich von 95 % für einzelne Beispiele angegeben, die Hinweise zur Abschätzung der Hochrechnungsgenauigkeit geben.

## Fazit

Die oben vorgestellten Hochrechnungsmethoden unterscheiden sich zunächst hinsichtlich ihres Anwendungsgebietes innerhalb oder außerhalb von

Ortschaften. Demnach sind die Verfahren von LENSING und der SVZ für Außerortszählstellen und die Verfahren nach ARNOLD (2007) und HBS 2001 ausschließlich für Innerortszählstellen anzuwenden. Lediglich die Methode mit HRDTV-Win lässt eine Hochrechnung für beide Arten der Lage der Zählstellen zu.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium der Verfahren liegt in der Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren. Bei drei der fünf vorgestellten Methoden (HBS 2001; ARNOLD, 2007; LENSING, 2001) werden die Faktoren in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen aus Tabellen entnommen. Diese ausgewiesenen Faktoren gelten in der Regel nur für gewisse Zählintervalle und sind deshalb nicht auf beliebige Zählzeiten übertragbar.

Im Gegensatz zu diesen faktorbasierten Verfahren werden bei dem Verfahren nach HRDTV-Win die Hochrechnungsfaktoren auf Basis von typisierten Ganglinien ermittelt. Je nach Länge des Zählintervalls und der Zählzeit können so jeweils die zugehörigen Faktoren ermittelt und zur Hochrechnung herangezogen werden.

Das Verfahren nach der SVZ-Methodik beruht ebenfalls auf der Zuordnung von Ganglinien. Da jeweils die Ganglinien des aktuellen Zähljahres hinterlegt werden und nicht mit standardisierten und typisierten Ganglinien gearbeitet wird, kann eine Hochrechnung mit Hilfe der SVZ-Methodik aber immer erst dann erfolgen, wenn die Daten der automatischen Dauerzählstellen für das entsprechende Jahr vollständig vorliegen. Dies führt dazu, dass dieses Verfahren im Gegensatz zu den übrigen nicht direkt im Anschluss an die Zählung angewendet werden kann.

Eine Übersicht über die Merkmale der verschiedenen Verfahren zeigt Tabelle 4.

Verfahren	Lage der Zählstelle		Zählzeit, Zähldauer		Zeitpunkt der HR	
	innerorts	außerorts	genau definiert <sup>1</sup>	flexibel <sup>2</sup>	sofort	am Jahresende
ARNOLD	X		X		X	
HBS 2001	X		X		X	
HRDTV-Win	X	X		X	X	
LENSING		X	X		X	
SVZ		X		X		X

<sup>1</sup> tabellarisch ausgewiesene Hochrechnungsfaktoren gelten nur für definierte Zeitbereiche  
<sup>2</sup> flexible Wahl der Zähldauer durch Zuordnung von Ganglinien

Tab. 4: Merkmale der verschiedenen Hochrechnungsverfahren für Fahrzeugzählungen

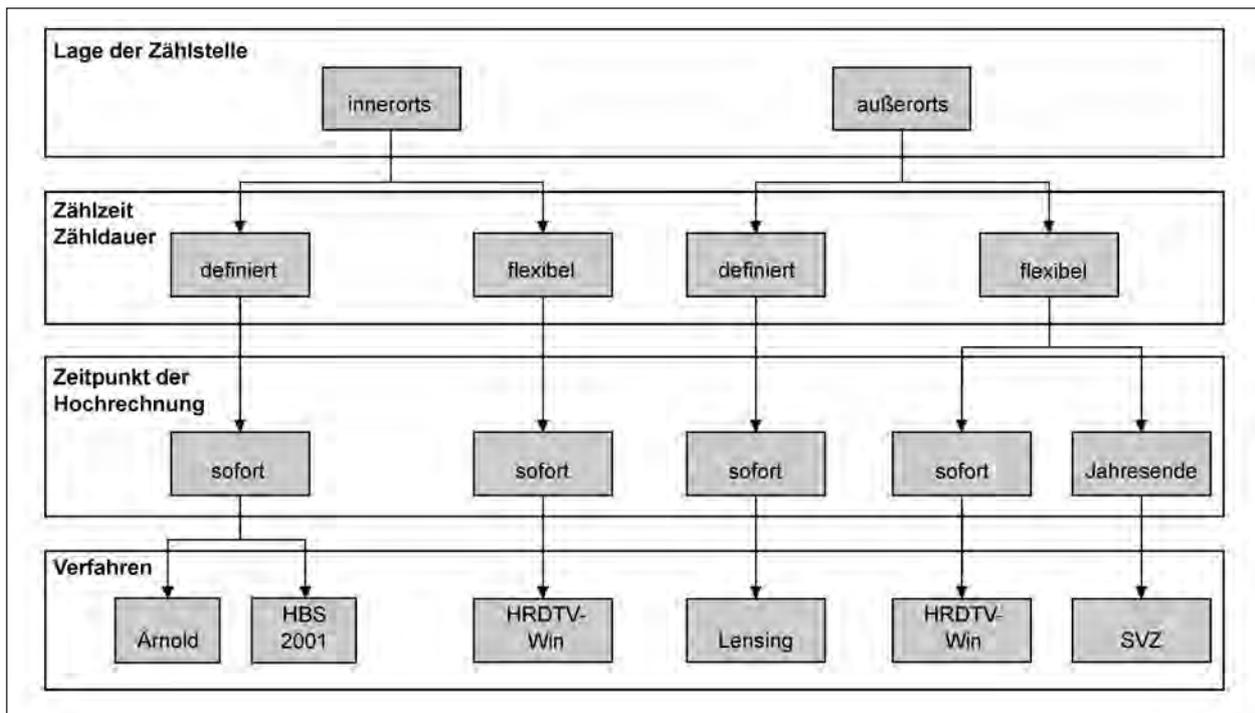


Bild 8: Entscheidungshilfe zur Auswahl eines Hochrechnungsverfahrens für Fahrzeugzählungen

Als Entscheidungshilfe zur Auswahl eines passenden Hochrechnungsverfahrens ist in Bild 8 ein Flussdiagramm mit den einzelnen Kriterien dargestellt.

### Vermeidung systematischer Fehler

Der entscheidende Schritt bei der Durchführung einer Verkehrszählung ist die Wahl der Erhebungsart, des Erhebungszeitraumes, der Erhebungsdauer (Länge der Zählintervalle) und des bzw. der Erhebungsorte (Zählstellen). Um bei dieser Entscheidung systematische Fehler zu vermeiden, sind ausführliche Vorbereitungen unumgänglich.

Erste Hinweise zum Erhebungszeitraum und zur Zähldauer können den Empfehlungen des Handbuchs für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik (2006) entnommen werden, diese sind jedoch je nach Aufgabenstellung zu modifizieren. Ist im Anschluss an die Zählung eine Hochrechnung der Zählwerte vorgesehen, müssen die Zählintervalle an jene des vorgesehenen Hochrechnungsverfahrens angepasst werden (siehe oben). Zusätzlich sollten Informationen über die Verkehrssituation in

der näheren Umgebung des gewählten Zählstandortes eingeholt werden, um Beeinträchtigungen der Zählwerte durch Baustellen, Sperrungen oder Umleitungsverkehre zu vermeiden.

Hinsichtlich der Erhebungsart können bei Zählungen im fließenden Kfz-Verkehr manuelle und automatische Zählungen zum Einsatz kommen. Hier sind automatische Geräte (z. B. Seitenradar) i. d. R. für eine Zähldauer von mehreren Tagen geeignet. Im Gegensatz dazu werden manuelle Zählungen üblicherweise bei Zählungen über einzelne Stundengruppen angewendet.

Zur Erfassung des ruhenden Verkehrs kommen überwiegend manuelle Zählungen zum Einsatz. Auch hier ist je nach Aufgabenstellung eine geeignete Art der Zählung zu wählen, wobei bei einem Einsatz von automatischen Geräten die Einsatzgrenzen der Hersteller in jedem Fall zu beachten sind.

Fehler durch Nichterfassung von Stichprobeneinheiten spielen bei manuellen Zählungen meist keine wichtige Rolle<sup>14</sup>. Dies gilt im Allgemeinen auch für automatische Zählungen. Hier sind jedoch Szenarien denkbar, bei denen zumindest ein Teil der Verkehre innerhalb des Zählintervalls nicht erfasst wird. Dies sind neben einem kurzzeitigen oder vollständigen Geräteausfall auch Situationen, in denen Fahrzeuge – als Untersuchungseinheiten

<sup>14</sup> Ausfälle von Einheiten sind gleichwohl möglich (z. B. Unfall des Erhebungsteams auf dem Weg zum Einsatzort).

der Zählung – aufgrund äußerer Randbedingungen nicht erfasst werden können (siehe Kapitel 3.4.1).

Um diese Fehlerquellen so weit wie möglich zu reduzieren, sind die Auswahl der Gerätetechnik sowie der Gerätestandort sorgfältig zu prüfen. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Geräte in einem einwandfreien, funktionsfähigen Zustand sind und in regelmäßigen Abständen gewartet werden. Ein Ausfall infolge fehlender Stromversorgung kann durch die Prüfung des Akkuladezustandes bzw. der Kabelverbindung zum Stromanschluss vermieden werden.

Kommt es trotz guter Vorbereitungen zu einem Geräteausfall (z. B. Blitzeinschlag), kann die Zählung nach der Behebung des Schadens fortgeführt werden. Ist die entstandene Datenlücke im Verhältnis zum gesamten Zählintervall klein, kann sie durch geeignete Schätzverfahren auf Basis bekannter Ganglinien nachträglich gefüllt werden. So würde im Anschluss an die Zählung eine vollständige Datenbasis zur Verfügung stehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Auffüllen der Datenlücken ebenfalls einer gewissen Ungenauigkeit unterliegt. Im Allgemeinen ist die Schätzung genauer, je kleiner die Datenlücke ist und je umfangreicher die Informationen zu entsprechenden Ganglinien sind.

Werden die Fahrzeuge nicht nur der Zahl nach erhoben, so kann es bei der Erfassung einzelner Merkmale zu Fehlern kommen. Bei Zählungen im ruhenden Verkehr ist die Gefahr von Fehlern bei der Erfassung von Merkmalen wie Fahrzeugart oder Kfz-Kennzeichen i. d. R. geringer als im fließenden Verkehr, wo eine schnelle Zuordnung während der Vorbeifahrt des Fahrzeugs vorgenommen werden muss. Im ruhenden Verkehr kann der Zähler bei Unsicherheiten hinsichtlich der Zuordnung anhand seiner Erhebungsunterlagen die richtige Fahrzeuggruppe ausfindig machen. Darum ist neben einer Schulung der Zähler auch entsprechendes Informationsmaterial empfehlenswert.

Dies gilt auch für die Erfassung von Merkmalen im fließenden Verkehr. Jedoch sollte hier der Schwerpunkt auf der Schulung (z. B. nach dem Nutzfahrzeugkatalog) und den Vorbereitungen liegen, da ein Nachschlagen der richtigen Fahrzeugartenunterscheidung während der Zählung schwierig ist. Hilfreich kann hier auch eine an die Aufgabenstellung angepasste Anzahl von Fahrzeugarten sein, um unnötig viele Unterscheidungen z. B. im Güterverkehr zu vermeiden. Außerdem ist darauf zu achten,

DTV [Kfz/24h]	einbahnig	zweibahnig
< 6.500	1 Zähler	1 Zähler je Richtung
6.500 bis < 30.000	2 Zähler	
≥ 30.000	1 Zähler je Fahrstreifen	

Tab. 5: Erforderliche Zähleranzahl laut Richtlinien für die SVZ 2010 (BMVBS, 2009)

dass der Zähler in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke eine angemessene Anzahl von Fahrspuren erfasst, da es bei hohen Verkehrsstärken leicht zu einer Überforderung des Zählpersonals kommen kann. Dies gilt insbesondere für die Erfassung von Kennzeichen. In den Richtlinien für die Straßenverkehrszählung im Jahre 2010 auf Bundesfernstraßen (2009) werden die in Tabelle 5 dargestellten Mindestanzahlen von Zählern angegeben.

Fehler infolge Überforderung der Zähler können durch eine Erhöhung der Zähleranzahl reduziert werden. Hier ist ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen der Genauigkeit der Erfassung auf der einen und den Kosten für das Zählpersonal auf der anderen Seite anzustreben.

Hinsichtlich der Erfassung von Merkmalen mittels automatischer Zählgeräte ist es empfehlenswert, solche Geräte auszuwählen, für die ein Prüfzertifikat von einer anerkannten Prüfstelle vorliegt. Zum Beispiel dürfen auf Bundesfernstraßen nur Dauerzählstellen jener Hersteller eingerichtet werden, die von der BASt eine positive Zertifizierung erhalten haben. Zusätzlich ist auf eine den Herstellerangaben entsprechende Einrichtung der Geräte sowie eine genaue Parametrierung der Merkmale zu achten (siehe auch Kapitel 3.4.1).

Zusammenfassend werden folgende Maßnahmen zur Vermeidung systematischer Fehler bei Erhebungen im Kfz-Verkehr empfohlen:

- Pretest der Geräte bei automatischer Zählung,
- gezielte Auswahl des Zählpersonals (Zuverlässigkeit),
- intensive Schulung des Zählpersonals,
- Hinweise bzgl. Unterscheidung von Fahrzeugen,
- frühzeitige Ausgabe eines Fahrzeugartenkatalogs,
- vorherige Begehung der Örtlichkeit der Zählstelle,

- Notfallplan bei Ausfall von Zählpersonal,
- sorgfältige Auswahl der Standorte,
- übersichtlicher Einsatzplan (Zeit, Ort, Person),
- Ansprechpartner bei Fragen nennen (Gruppenleiter), Telefonliste,
- Kontrollinstanzen (vor Ort, in Zentrale),
- Dokumentation von Besonderheiten.

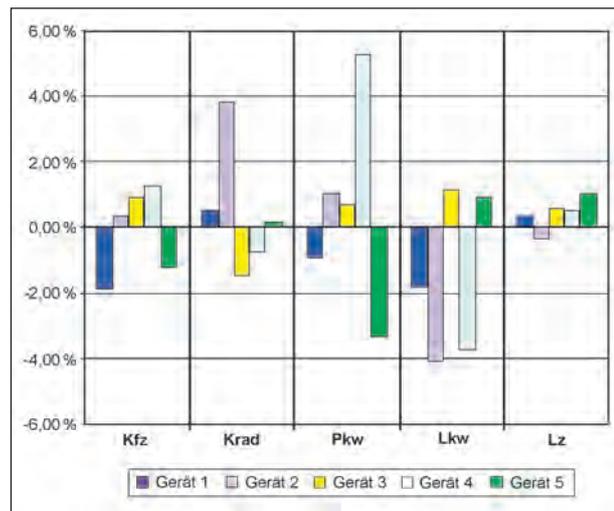
Im Gegensatz zum Qualitätskriterium Genauigkeit der Zählwerte sind die oben dargestellten Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduzierung systematischer Fehler nicht eindeutig quantifizierbar und werden deshalb hier nur verbal beschrieben. Die Ansätze der Qualitätssicherung beziehen sich überwiegend auf die Durchführung der Erhebung, da hier eine wesentliche Quelle der systematischen Fehler (Verfahrensfehler) gesehen wird, die durch gute Vorbereitung und Organisation deutlich reduziert werden kann. Die Empfehlungen basieren auf eigenen Erfahrungen der Autoren, die im Rahmen der Durchführung der SVZ 2005 und anderer Erhebungen im Kfz-Verkehr gewonnen wurden.

### Untersuchungen zur Gesamtgenauigkeit von Zählungen im fließenden Kfz-Verkehr

Im Regelfall stellen die Zählwerte selbst nicht die gesuchte Zielgröße dar, die für weitere verkehrliche Untersuchungen benötigt wird. Darum müssen sie zunächst geprüft und aufbereitet werden, um sie anschließend mit einem geeigneten Hochrechnungsverfahren (siehe oben) auf die gewünschte Zielgröße umrechnen zu können. Diese Zielgröße ist in den meisten Fällen der DTV-Wert, aus dem anschließend weitere Planungskenngrößen abgeleitet werden können.

Aus den verschiedenen Möglichkeiten der Hochrechnung wird deutlich, dass es kein optimales Zähl- und Hochrechnungskonzept für jede beliebige Fragestellung gibt, sondern dass vielmehr für jede neue Fragestellung eine Kombination von geeigneten Werkzeugen ausgewählt werden muss.

Um diese Auswahl für häufig auftretende Fragestellungen zu erleichtern, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Beispielrechnungen zur Abschätzung der mit den verschiedenen Methoden erzielbaren Genauigkeit durchgeführt. Dazu sind zunächst die Festlegung und Beschreibung der maß-



**Bild 9:** Relative Abweichung in % von Seitenradargeräten zu Ergebnissen einer Dauerzählstelle

gebenden Bestimmungsgrößen der Gesamtgenauigkeit einer Verkehrszählung erforderlich.

Als erste maßgebende Einflussgröße auf die Qualität der Ergebnisse ist die Art der Zählung zu nennen. Hier werden manuelle und automatische Zählungen unterschieden, wobei sich die automatischen Zählungen zusätzlich hinsichtlich der Art des Zählgerätes differenzieren lassen (z. B. Seitenradargerät, Dauerzählstelle mit Induktionsschleife, Infrarotdetektor u. Ä.). Im Rahmen eigener Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Abweichungen der Gesamtverkehrsmenge (siehe Bild 9, Wert Kfz) bei einer mittleren Verkehrsstärke von rund 7.000 Kfz/24h bei einer Zählung mit Seitenradargeräten maximal 2 % von den Zählergebnissen einer automatischen Dauerzählstelle mit Induktionsschleife betragen.

Zusätzlich wurden Seitenradargeräte an einem Querschnitt außerhalb der vom Hersteller empfohlenen Randbedingungen getestet. Hier lag die Verkehrsstärke deutlich über dem empfohlenen oberen Grenzwert. Weiterhin kam es am Testquerschnitt regelmäßig zu Stauerscheinungen infolge einer nahegelegenen Lichtsignalanlage, was laut Hersteller in jedem Fall zu vermeiden ist. Die Abweichungen bei diesem Versuchsaufbau lagen deutlich über denen des ersten genannten Testquerschnitts. Diese Erfahrungen unterstreichen die Bedeutung einer geeigneten Geräteauswahl für die vorhandene Aufgabenstellung.

Über die Genauigkeit der Fahrzeugfassung von manuellen Zählungen liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor. Eine pauschale Aussage ist hier

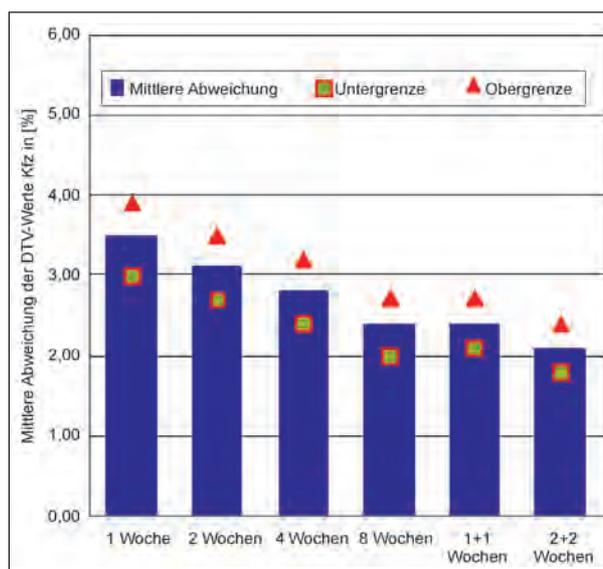
nicht möglich, da die Ergebnisse sowohl vom Zählpersonal selbst als auch von den Randbedingungen des Zählstandortes abhängig sind. Zum Beispiel konnte im Rahmen von SVZ-Zählungen an bestimmten Zählstellen festgestellt werden, dass aufgrund fehlender Zähler nur die Hälfte des Querschnitts gezählt wurde. Trotzdem wurden diese Daten als Ergebnisse für den Gesamtquerschnitt übermittelt, sodass der Fehler allein aus diesem Grund schon bei 50 % lag.

Wie die vorhergehenden Ausführungen zeigen, hat bereits die Auswahl einer Zählart einen Einfluss auf das spätere Zählergebnis. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass sich nicht jede Art der Zählung für beliebige Fragestellungen eignet. So sind z. B. manuelle Zählungen auf stichprobenartige Stundenzählungen begrenzt, wohingegen sich automatische Zählungen für Zählzeiten ab einem Tag eignen.

Als weitere maßgebende Einflussgröße auf die Genauigkeit des gesuchten Zielwertes der Verkehrsbelastung ist die Zähldauer zu nennen. Denn mit einer größeren Grundlage an gezählten Daten wird in der Regel auch ein besseres Hochrechnungsergebnis erzielt. Dies ist wiederum abhängig von den Hochrechnungsverfahren und ihren möglichen Eingangsgrößen. Bei der Untersuchung des Einflusses der Zähldauer stellte sich heraus, dass nicht nur eine längere Zähldauer, sondern auch die Trennung einer Zählung in zwei Zählintervalle Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ergebnisse haben (siehe Bild 10).

Eine dritte Einflussgröße auf die Genauigkeit der gesuchten Zielgröße stellt das gewählte Hochrechnungsverfahren dar. Wie bereits eingangs dieses Kapitels beschrieben wurde, unterscheiden sich die heute üblichen Verfahren neben den erforderlichen Eingangsgrößen auch in der Lage der Zählstellen, der hinterlegten Hochrechnungsmethodik und in dem möglichen Zeitpunkt der Hochrechnung.

Die vorhergehenden Erläuterungen zeigen, dass die verschiedenen Methoden zur Hochrechnung von Kurzzeitzählungen hinsichtlich der Genauigkeit der Verfahren nur schwer miteinander vergleichbar sind. Um dies trotzdem zu ermöglichen, wurde für die weiteren Untersuchungen eine gemeinsame Basis definiert. Dazu bot sich der Tageszählwert an, der als Kenngröße in jedem Verfahren enthalten ist. So konnten die spezifischen Zählzeiten jedes Verfahrens berücksichtigt werden und es existiert trotzdem eine gemeinsame Ausgangsbasis für einen Vergleich der Genauigkeiten der Verfahren unter-



**Bild 10:** Einfluss der Zähldauer: mittlere Abweichung der DTW-Werte in % (ZIEGLER, H., POZYBILL, M. und KATHMANN, T., 2009)

einander. Diese gemeinsame Grundlage wird in den nachfolgenden Beispielrechnungen herangezogen.

### Beispielrechnungen

Je nach Aufgabenstellung werden unterschiedliche Anforderungen an die Qualität von Verkehrszählungen im Kfz-Verkehr gestellt (siehe Kapitel 4.3 und 5.1.2). Um die Größenordnung des Gesamtfehlers einer Zählung einschließlich der Aufbereitung der Zählwerte zu einer Zielgröße quantifizieren zu können, wurden Beispielrechnungen durchgeführt, die verschiedene Standardsituationen wiedergeben. Sie sollen den Nutzer in die Lage versetzen, die Genauigkeit der von ihm gewählten Vorgehensweise abzuschätzen bzw. eine an seine Anforderungen angepasste Vorgehensweise zu wählen. Die methodische Vorgehensweise, die bei der Durchführung der Beispielrechnungen gewählt wurde, wird nachfolgend näher erläutert. Anschließend werden die Ergebnisse für die untersuchten Beispiele vorgestellt.

Als Grundlage wurden die Daten der automatischen Dauerzählstellen (DZ) in Deutschland von 2005 verwendet (überwiegend DZ auf dem Bundesfernstraßennetz). Berücksichtigt wurden nur die Dauerzählstellen, von denen vollständige und plausibilisierte Daten verfügbar waren. In Anlehnung an die Auswertung der Straßenverkehrszählung erfolgte eine Unterscheidung in Bundesautobahnen (Gruppe: Streckenzüge) und sonstige Straßen

(Gruppe: Flächenregionen). Daraus ergab sich ein Kollektiv von 343 DZ für die Streckenzüge und 633 DZ für die Flächenregionen.

Die Berücksichtigung der Auswirkungen der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Einflussgrößen (Zählart, Zähldauer, HR-Verfahren) erfolgte durch die Auswahl exemplarischer Kenngrößen. Demnach wurde die Art der Zählung (automatisch oder manuell) durch einen nachträglich auf die Zählwerte gelegten Fehler von 0 %,  $\pm 3$  % und  $\pm 5$  % simuliert. Diese drei Größenordnungen wurden gewählt, um die Auswirkungen von verschiedenen Zählungenauigkeiten zu beschreiben.

Eine pauschale Abschätzung der Zählungenauigkeiten von manuellen Zählungen kann hier nicht erfolgen, da der Fehler von vielen verschiedenen Faktoren abhängt. Dazu gehören u. a. die Zählperson selbst, die Verkehrsbelastung, die Anzahl der zu beobachtenden Fahrstreifen, die Anzahl der Fahrzeugarten, die unterschieden werden sollen, sowie die Witterungsbedingungen und Sichtverhältnisse.

Bei automatischen Zählungen mit Seitenradargeräten kann bei fachgerechter Installation von einem Zählfehler bis maximal  $\pm 2$  % ausgegangen werden (siehe Bild 9), aber auch hier beeinflussen die Faktoren Verkehrsbelastung, Anzahl der zu beobachtenden Fahrstreifen sowie Anzahl der Fahrzeugarten die Genauigkeit der Zählergebnisse. Bei automatischen Dauerzählstellen lassen sich die Abweichungen aus der zertifizierten Genauigkeitsgruppe (A1, A2, A3) bzw. detailliert aus dem Prüfbericht der BAST entnehmen (siehe Anforderungen nach TLS 2002).

Der Einfluss der Zähldauer wurde durch die Betrachtung verschiedener Zählintervalle von einem Tag, einer Woche und zwei Wochen berücksichtigt.

Zur Unterscheidung des Einflusses der Hochrechnungsverfahren wurden zwei verschiedene Verfahren ausgewählt. Dies war zum einen ein Verfahren, bei dem die Faktoren zur Hochrechnung aus den aktuellen Ergebnissen des Dauerzählstellennetzes abgeleitet werden; zum anderen ein Handrechenverfahren, bei dem die Hochrechnungsfaktoren aus Tabellen abgegriffen werden können.

Um die Hochrechnungsverfahren miteinander vergleichen zu können und aufgrund einer einfacheren Handhabung wurden die verwendeten Verfahren zum Teil leicht modifiziert. Das Verfahren, bei dem die aktuellen Ergebnisse der automatischen Dauer-

zählstellen zur Hochrechnung herangezogen wurden, stellt eine Vereinfachung in Anlehnung an die Methodik nach der SVZ 2005 dar; Vereinfachung deshalb, da hier nur die zweite Stufe der Hochrechnung vom Tageswert auf den DTV-Wert berücksichtigt wurde. Als Eingangsgrößen dienten die aus den Daten der DZ ausgeschnittenen Tageswerte, die anschließend mit den Tag/Jahr-Faktoren (siehe oben) auf DTV-Werte hochgerechnet wurden. Dieses Verfahren repräsentiert eine Hochrechnungsmöglichkeit, bei der die Kennwerte zur Hochrechnung aus den tatsächlichen und aktuellen Ergebnissen der DZ (Streckenzüge) bzw. aus DZ mit ähnlichen verkehrlichen Eigenschaften (Flächenregionen) abgeleitet werden.

Um bei den Beispielrechnungen auch ein Handrechenverfahren einzubeziehen, bei dem die Zählwerte mit Hilfe von tabellarisch aufgelisteten Faktoren hochgerechnet werden können, wurde als zweite Methode das Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitzählungen auf Hauptverkehrsstraßen in Großstädten nach ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME (2008) berücksichtigt. Hier wurde, den Vorgaben entsprechend, je Tag ein Zählintervall von 8 Stunden aus den Daten der Dauerzählstellen (DZ) ausgeschnitten. Dabei wurde zum einen eine 4h + 4h-Zählung (7-11 Uhr, 15-19 Uhr) und zum anderen eine 3h + 2h + 3h-Zählung (7-10 Uhr, 12-14 Uhr, 15-18 Uhr) simuliert. Die Stundenwerte wurden mit den entsprechenden Faktoren auf Tageswerte und anschließend auf DTV-Werte hochgerechnet.

Bei den später vorgestellten Ergebnissen dieses „Faktorverfahrens“ ist zu berücksichtigen, dass das Verfahren nach ARNOLD, HEDELER, WÖPPEL und DAHME theoretisch nur für Innerortszählstellen anzuwenden ist, es hier aber auch zur Hochrechnung von Zählstellen der freien Strecke verwendet wurde. Die Ergebnisse stehen deshalb repräsentativ für andere, ähnliche Hochrechnungsverfahren, die auf tabellarisch ausgewiesenen Faktoren basieren.

Da bei den Beispielrechnungen eine Gleichbehandlung der Hochrechnungsverfahren hinsichtlich der Zählintervalle für einen späteren Vergleich der Zähldauer erforderlich ist, wurde als mögliches Zählintervall der kleinste gemeinsame Nenner der beiden Verfahren gewählt. Dies waren die Vorgaben des Faktor-basierten Verfahrens in Anlehnung an das Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitzählungen auf Hauptverkehrsstraßen in Großstädten. Demnach wurden aus den Daten der DZ jeweils die

Tage Dienstag bis Donnerstag der Monate April bis Oktober (ohne Feiertage, mit Ferientagen) als Eingangsgrößen in die Verfahren verwendet. So wurden für jede DZ und jedes Verfahren 90 Tageswerte und daraus resultierend 90 hochgerechnete DTV-Werte ermittelt. Die Abweichungen der 90 Einzelwerte wurden durch den Vergleich mit dem aus den DZ bekannten „wahren“ DTV-Wert berechnet. Diese Einzelabweichungen wurden abschließend durch eine gewichtete Mittelwertbildung auf Basis der Größe der DTV-Werte zu einer Gesamtabweichung je Verfahren über alle DZ zusammengefasst. Das Ergebnis lieferte die Abweichung der zwei Verfahren bei einer Zählungenauigkeit von 0 % und einer Zähldauer von einem Tag.

Zur Berücksichtigung der Zählungenauigkeiten von  $\pm 3\%$  und  $\pm 5\%$  wurden die aus den DZ ausgeschnittenen Tages- bzw. Stundenwerte mit den jeweiligen Fehlern belegt und die Berechnungen anschließend, wie oben beschrieben, durchgeführt.

Bei der Betrachtung einer Zähldauer von einer Woche wurden die Tageswerte (Di-Do) einer Woche auf DTV-Werte hochgerechnet und zu einem mittleren Wochen-DTV zusammengefasst. Anschließend wurden die Abweichungen dieser Wochenwerte vom „wahren“ DTV-Wert bestimmt und, wie oben beschrieben, über eine gewichtete Mittelwertbildung zu einer Abweichung über alle DZ zusammengefasst. Die Berechnung der Abweichungen für ein Zählintervall von zwei Wochen erfolgte analog (Zusammenfassung von 6 Tageswerten zu einem Zweiwochenwert etc.).

Die so ermittelten mittleren Abweichungen sind für die einzelnen Verfahren und die verschiedenen Zählzeiten und Eingangsfehler in den Tabellen 6-10 dargestellt. Die Werte stellen die mittlere Abwei-

	Zähldauer	HR-Verfahren		
		akt. Kennwerte aus DZ (24h)	Faktorverfahren (4 + 4h)	Faktorverfahren (3 + 2 + 3h)
Streckenzüge	1 Tag	2,3	10,3	9,8
	1 Woche	2,1	9,8	9,3
	2 Wochen	1,9	9,5	9,0
Flächenregionen	1 Tag	5,4	8,9	8,8
	1 Woche	5,1	8,4	8,2
	2 Wochen	4,7	7,9	7,8
Zählungenauigkeit 0 %				

Tab. 6: Mittlere Abweichung vom DTV-Wert in [%] bei einer Zählungenauigkeit von 0 %

chung des hochgerechneten DTV-Wertes vom „wahren“ DTV-Wert für die verschiedenen Randbedingungen dar.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse der Beispielrechnungen wurden zusätzlich so genannte

	Zähldauer	HR-Verfahren		
		akt. Kennwerte aus DZ (24h)	Faktorverfahren (4 + 4h)	Faktorverfahren (3 + 2 + 3h)
Streckenzüge	1 Tag	3,9	9,4	9,1
	1 Woche	3,7	8,8	8,4
	2 Wochen	3,7	8,4	8,0
Flächenregionen	1 Tag	6,6	8,6	8,6
	1 Woche	6,2	7,8	7,8
	2 Wochen	6,0	7,3	7,3
Zählungenauigkeit +3 %				

Tab. 7: Mittlere Abweichung vom DTV-Wert in [%] bei einer Zählungenauigkeit von +3 %

	Zähldauer	HR-Verfahren		
		akt. Kennwerte aus DZ (24h)	Faktorverfahren (4 + 4h)	Faktorverfahren (3 + 2 + 3h)
Streckenzüge	1 Tag	3,4	11,7	11,1
	1 Woche	3,3	11,4	10,8
	2 Wochen	3,2	11,2	10,5
Flächenregionen	1 Tag	5,6	10,0	9,8
	1 Woche	5,3	9,6	9,4
	2 Wochen	4,9	9,3	9,0
Zählungenauigkeit -3 %				

Tab. 8: Mittlere Abweichung vom DTV-Wert in [%] bei einer Zählungenauigkeit von -3 %

	Zähldauer	HR-Verfahren		
		akt. Kennwerte aus DZ (24h)	Faktorverfahren (4 + 4h)	Faktorverfahren (3 + 2 + 3h)
Streckenzüge	1 Tag	5,6	9,2	8,9
	1 Woche	5,5	8,4	8,1
	2 Wochen	5,5	8,1	7,7
Flächenregionen	1 Tag	7,9	8,8	8,9
	1 Woche	7,6	7,9	8,0
	2 Wochen	7,4	7,3	7,4
Zählungenauigkeit +5 %				

Tab. 9: Mittlere Abweichung vom DTV-Wert in [%] bei einer Zählungenauigkeit von +5 %

Box-Whisker-Plots angefertigt. Diese Art von Diagramm ermöglicht die grafische Darstellung der Verteilung statistischer Daten. In den Diagrammen ist jeweils der Median (horizontaler Strich) sowie das obere und untere Quartil (Box) einer Verteilung enthalten. Das obere Quartil gibt an, dass 75 % aller Werte der Verteilung kleiner sind als diese Marke. Umgekehrt liegen 75 % aller Werte der Verteilung über dem unteren Quartil (25 %). Demnach beschreibt die Box den Wertebereich, in dem 50 % aller Werte der Verteilung liegen. Der Abstand zwischen dem unteren und oberen Quartil wird mit IQA (Interquartilabstand) bezeichnet.

Die an die Box anschließenden Whisker wurden in den hier durchgeführten Beispielrechnungen auf

	Zähldauer	HR-Verfahren		
		akt. Kennwerte aus DZ (24h)	Faktorverfahren (4 + 4h)	Faktorverfahren (3 + 2 + 3h)
Strecken-züge	1 Tag	5,0	12,9	12,2
	1 Woche	4,9	12,7	12,0
	2 Wochen	4,8	12,5	11,8
Flächen-regionen	1 Tag	6,4	11,1	10,6
	1 Woche	6,1	10,8	10,5
	2 Wochen	5,9	10,6	10,3
Zählgenauigkeit -5 %				

Tab. 10: Mittlere Abweichung vom DTV-Wert in [%] bei einer Zählgenauigkeit von -5 %

eine Länge von 1,5 x IQA begrenzt. Deshalb ist es durchaus möglich, dass die Abweichungen von Ausreißern auch über die hier dargestellte Whiskerlänge hinausgehen können.

Exemplarisch sind in Bild 11 die Berechnungen der Streckenzüge (BAB) für eine Zählgenauigkeit von 0 % dargestellt. Es ist grundsätzlich zu erkennen, dass Verfahren, bei denen die Kennwerte aus tatsächlichen Dauerzählstellen direkten Eingang in die Hochrechnung finden, eine genauere Hochrechnung von Zählwerten ermöglichen als das Faktorverfahren. Weiterhin ist zu erkennen, dass der Interquartilabstand (IQA) beim Verfahren mit aktuellen Kennwerten aus DZ deutlich kleiner als beim Faktorverfahren ist. Ein kleinerer IQA bedeutet, dass die Werte eine geringere Streubreite haben als die der anderen beiden Verfahren. Diese Aussagen gelten unabhängig von dem Eingangsfehlerwert und der Straßenklasse.

Weiterhin ist der positive Einfluss einer längeren Zähldauer auf die Genauigkeit (Median) bei allen betrachteten Verfahren erkennbar. Auch wenn der erzielbare Genauigkeitserfolg einer Wochenzählung im Vergleich zu einer Tageszählung den dadurch entstehenden zusätzlichen Aufwand auf den ersten Blick nicht zu rechtfertigen scheint, ist zu berücksichtigen, dass bei den hier durchgeführten Beispielrechnungen aus Gründen der Vergleichbarkeit lediglich die Tage Di-Do für eine Woche ausgeschnitten wurden. Würde man die Zählzeiten einer vollständigen Woche bei einem ganglinienbasierten

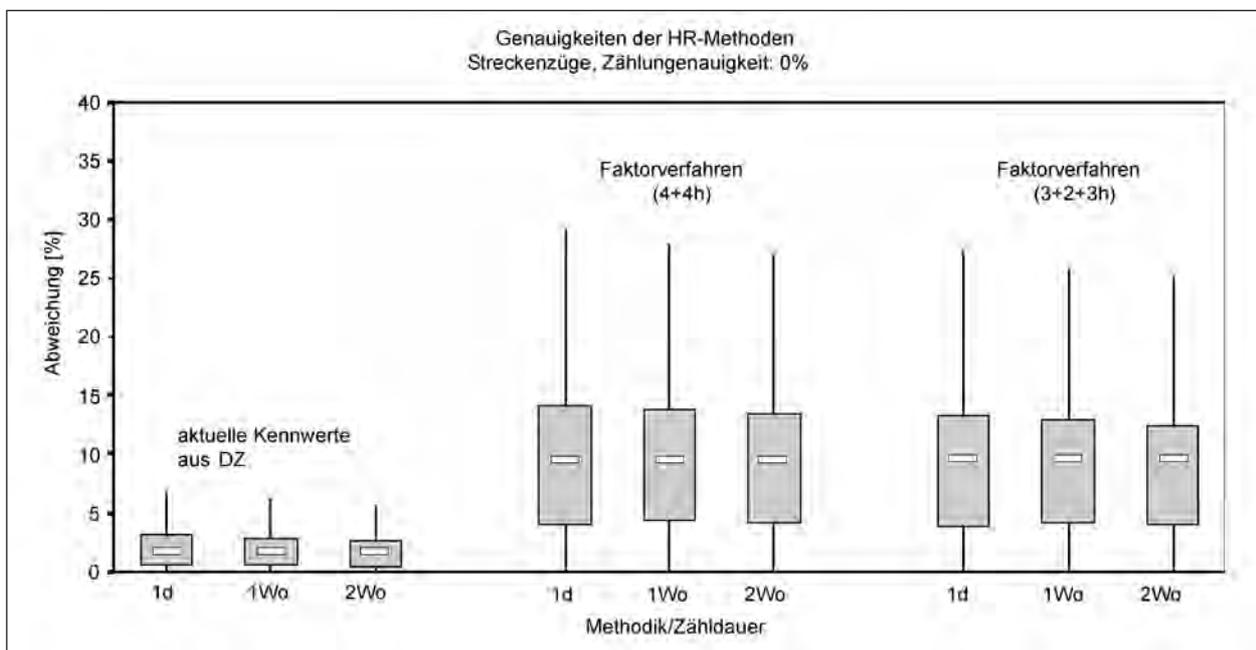


Bild 11: Vergleich der Genauigkeiten der verschiedenen HR-Methoden, Streckenzüge, Zählgenauigkeit 0 %

Verfahren hinterlegen, wäre der Genauigkeitsgewinn deutlicher zu erkennen. Weiterhin ist zu beachten, dass bei einer Wochenzählung zusätzlich Informationen zu den Wochenenden und auch Nachtwerte ermittelt werden, was zur Verbesserung der Einschätzung der gesamten Verkehrssituation beitragen kann. Der Vergleich der verschiedenen Zählintervalle des Faktorverfahrens (4 + 4h oder 3+2+3h) zeigt, dass sich eine Aufteilung in drei Zählabschnitte positiv auf die Genauigkeit auswirkt. Dies ist nicht bei allen Beispielen am Median erkennbar, sondern zum Teil auch an einem kleineren IQA, der auf eine geringere Streubreite der Werte hindeutet. Um die Ursache dafür zu finden, wurden zusätzlich zu den Beispielrechnungen Untersuchungen hinsichtlich der Streuung der Spitzenstundenanteile am Tagesverkehr für verschiedene Stundengruppen von Montag bis Donnerstag des Normalzeitbereichs durchgeführt.

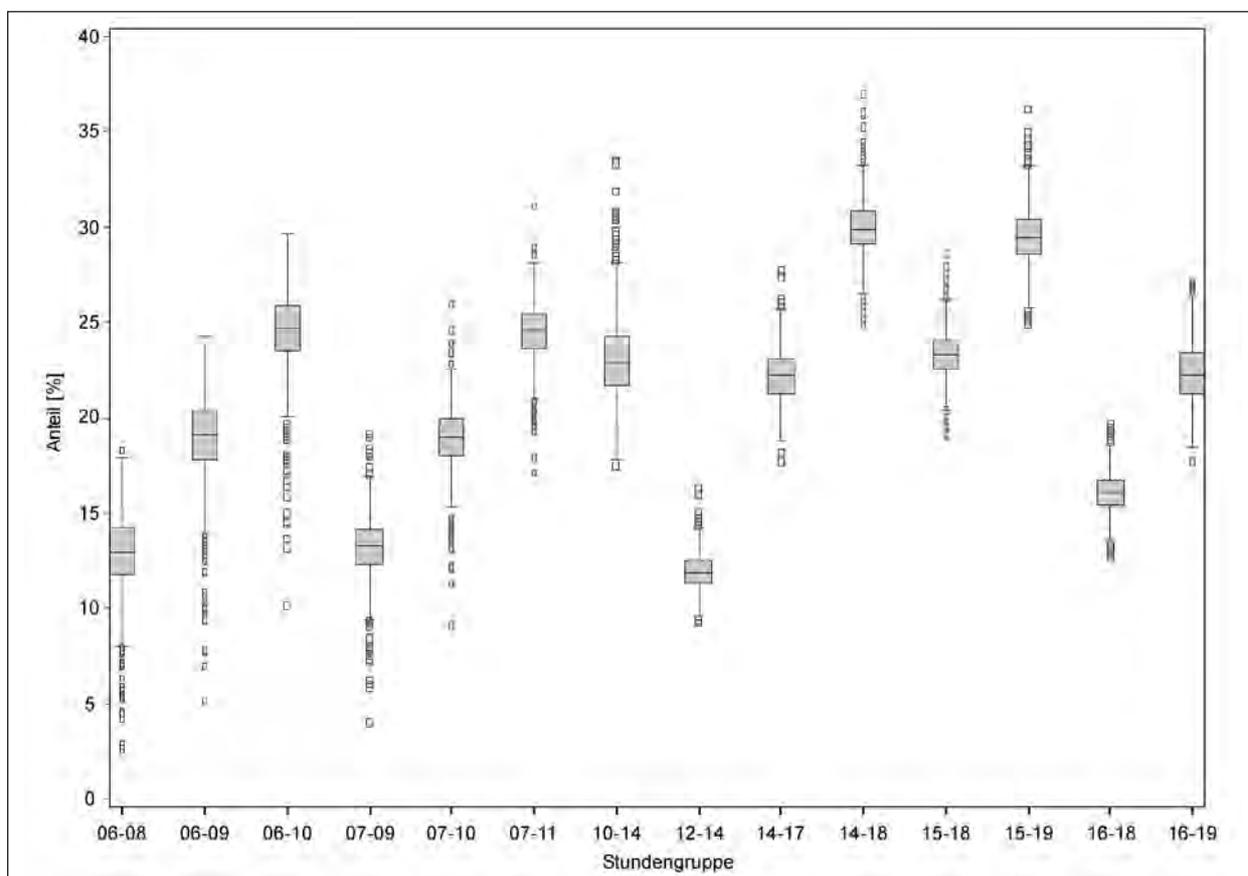
Analog zu den Beispielrechnungen wurden auch bei der Untersuchung der Spitzenstundenanteile am Tagesverkehr die Daten der automatischen Dauerzählstellen (DZ) getrennt nach Streckenzügen (BAB: 343 DZ) und Flächenregionen (sonstige Straßen: 633 DZ) zugrunde gelegt. Exempla-

risch sind die Ergebnisse für Flächenregionen in Bild 12 dargestellt. Im Unterschied zu den vorhergehend dargestellten Box-Whisker-Plots sind hier neben den Whiskern zusätzlich noch weitere Einzelpunkte (Ausreißer), die über die Spannweite der Whisker hinausgehen, dargestellt.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass eine Abschätzung des Anteils einer Stundengruppe über einen pauschalen Faktor eine zusätzliche Fehlerquelle bei der Aufbereitung von Verkehrszählungen sein kann, da auch hier je nach Zählstelle eine gewisse Streubreite vorhanden ist.

Weiterhin ist zu erkennen, dass die Streuung umso größer wird, je mehr Stunden in einer Stundengruppe zusammengefasst werden. Eine Begründung dafür liegt in der Summation der Streubreiten der einzelnen Stunden. Auffällig ist, dass die Stundengruppe von 12-14 Uhr sowohl bei den BAB (Streckenzügen) als auch bei den sonstigen Straßen (Flächenregionen) die kleinste Streubreite im Hinblick auf die Stundengruppenanteile am Tagesverkehr aufweist.

Mit diesen Erkenntnissen können die oben festgestellten Vorteile einer in drei Zählabschnitte aufge-



**Bild 12:** Streuung verschiedener Stundengruppenanteile (Mo-Do, Normalzeitbereich), Flächenregionen

teilten Zählung (3 + 2 + 3h) beim Faktorverfahren begründet werden. Zusätzlich zu den kürzeren Zählabschnitten macht sich hier die Berücksichtigung der Stundengruppe mit der kleinsten Streubreite (12-14 Uhr) bemerkbar.

Die hier beschriebenen Beispielrechnungen können zur Einschätzung der Genauigkeit von Zählungen und deren Aufbereitung genutzt werden. Sie sollen den Anwender dabei unterstützen, ein Gespür für mögliche Fehlerquellen und deren Auswirkungen zu entwickeln, um so eine an die Fragestellung angepasste und wirtschaftliche Vorgehensweise für das jeweilige Projekt wählen zu können.

### 5.2.3 Fahrgastzählungen im ÖV: manuelle Zählungen

Die manuelle Fahrgastzählung kann als eigenständige Erhebung durchgeführt oder mit einer parallelen Fahrgastbefragung kombiniert werden. Letzteres ist häufig der Fall, da mit Hilfe der Zählergebnisse die Ergebnisse der betreffenden Befragung für eine Linienfahrt oder Haltestelle hochgerechnet werden können. Voraussetzung dafür ist, dass Zählzeiten für die entsprechende Linienfahrt bzw. für den entsprechenden Zeitraum an der Haltestelle vollständig vorliegen.

Die im Folgenden genannten Grundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren für (manuelle) Fahrgastzählungen gelten daher ebenso für Fahrgastbefragungen.

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Eine Vollerhebung, d. h. die Erfassung sämtlicher Linien und Fahrten in einem festgelegten Zeitbereich (bspw. Kalenderjahr), schließt Fehler, die durch die Stichprobenauswahl oder die Hochrechnung verursacht werden, aus. Gleichwohl kommen Vollerhebungen aus Kostengründen kaum in Betracht. Zur Reduzierung der Erhebungskosten werden vielmehr im Regelfall eingeschränkte Vollerhebungen<sup>15</sup> oder Stichprobenerhebungen (Teilerhebungen) durchgeführt.

Zur Vermeidung von Verfahrensfehlern bei der Stichprobenauswahl sind in der Planungsphase die Randbedingungen bzgl. Stichprobenumfangs, Erhebungszeitraums, Schichtung und Stufung der Erhebung zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für so genannte multifunktionale Erhebungen, d. h. Erhebungen, in denen die Erhebungsziele mehrerer Einzelerhebungen zusammengefasst werden.

#### Stichprobenumfang

Eine Teilerhebung spart gegenüber einer Vollerhebung Aufwand und Kosten ein. Teilerhebungen sind jedoch i. d. R. nur möglich, wenn der Fahrplan vertaktet ist (Taktzeiten  $\leq 30$  Minuten) und jede Linie nur wenige Fahrwege aufweist. In diesem Fall kann angenommen werden, dass zeitlich dicht aufeinanderfolgende Fahrten eine ähnliche Nachfragestruktur aufweisen, sodass auf einige Fahrten in der Erhebung verzichtet werden kann. Außerdem muss geprüft werden, ob die Genauigkeit der Ergebnisse bei einer Teilerhebung ausreichend ist. Für viele Fragestellungen im städtischen Verkehr ist ein Stichprobenanteil aller Linienfahrten je Linie, Richtung und Zeitabschnitt zwischen 25 und 50 % ausreichend (WVI 2009). Bei Teilerhebungen muss der Stichprobenumfang an Linienfahrten für jede Schicht festgelegt werden. Geschichtet werden die Linienfahrten dabei meist nach Linie, Richtung und Zeitabschnitt. Je Linie, Richtung und Zeitabschnitt sollte mindestens eine Fahrt erhoben werden. Eine Konfidenzberechnung ist jedoch nur möglich, wenn mindestens zwei Fahrten je Schicht ausgewählt werden.

Um den Stichprobenfehler in Abhängigkeit des Stichprobenumfangs abschätzen zu können, wurde beispielhaft für das Merkmal Einsteiger je Linie der Stichprobenfehler für unterschiedliche Fälle berechnet (Bild 13). Bei einer eingeschränkten Vollerhebung ergibt sich für das Merkmal Einsteiger auf einer U-Bahn-Linie ein Stichprobenfehler von ca. 6 % bei einer statistischen Sicherheit von 90 %. Betrachtet man das unternehmensspezifische Ergebnis, d. h. die Einsteiger aller U-Bahn-Linien, verringert sich der Stichprobenfehler auf etwa 2 %. Eine für eine Fahrgastzählung häufig geforderte statistische Qualität von 5 % (max. relativer Fehler 5 % bei 90 % statistischer Sicherheit) würde für das Unternehmen A bereits bei einer 25%-Stichprobe erreicht werden. Näheres zu den genannten Fehlergrößen (eingeschränkte Vollerhebung und 25%-Stichprobe) sowie zum Berech-

<sup>15</sup> Bei der eingeschränkten Vollerhebung wird jede Linienfahrt jedes Wochentagstyps einmal innerhalb der Erhebungsperiode erfasst.

Verkehrsunternehmen	Linientyp	Anzahl Linien	Einsteiger am Normalwerktag je Linie	Statistischer Fehler bei 90 % Sicherheit		
				eingeschränkte Vollerhebung		25 % Stichprobe
				Linien- ergebnis	Unternehmens- ergebnis	Unternehmens- ergebnis
A	U-Bahn	9	über 10.000	6 %	$6\%/\sqrt{9} = 2\%$	$\frac{2\%}{\sqrt{\frac{1}{4}}} = 4\%$
B	Städtischer Bus	25	3.000 bis 10.000	10 %	$10\%/\sqrt{25} = 2\%$	$\frac{2\%}{\sqrt{\frac{1}{4}}} = 4\%$
C	Überland-Bus	36	1.000 bis 3.000	24 %	$24\%/\sqrt{36} = 4\%$	$\frac{4\%}{\sqrt{\frac{1}{4}}} = 8\%$

Bild 13: Statistischer Fehler von Einsteigerschätzungen je Verkehrsunternehmen und Linie

nungsverfahren findet man bei IVS/SCHLEGEL-SPIEKERMANN (1994) und WVI (2009).

### Schichtung

Zur Schichtenbildung nach Homogenitätskriterien haben sich bei Fahrgasterhebungen im ÖV folgende Schichtungsmerkmale bewährt:

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

Als Erhebungszeiträume repräsentieren die Monatspaare März/April und September/Oktober die „durchschnittliche“ Verkehrsnachfrage innerhalb eines Jahres am besten. Eine Erhöhung der Genauigkeit wird jedoch über eine stärkere jahreszeitliche Verteilung der Stichprobe erreicht, in der die Witterungs- und Ferienzeiteinflüsse durch die Definition von insgesamt vier Erhebungsperioden berücksichtigt werden. Ein solches Vorgehen ist z. B. unverzichtbar, wenn die Erhebung zur Berechnung des Schwerbehindertenquotienten verwendet werden soll (vgl. die entsprechenden Richtlinien der Länder).

Die Schichtung nach Wochentagstypen ermöglicht die repräsentative Abbildung der Verkehrsnachfrage im Wochenverlauf. Im städtischen ÖPNV und im regionalen Busverkehr hat sich die Einteilung nach den Wochentagstypen Montag-Freitag (Normalwerktag), Samstag und Sonntag bewährt. Im regionalen und Fernverkehr der Bahn ist eine weitere

Schichtung innerhalb der Normalwerkstage z. B. in die Wochentagstypen Montag/Freitag und Dienstag/Mittwoch/Donnerstag zu prüfen.

Wenn Teilerhebungen durchgeführt werden, müssen je Wochentagstyp Zeitschichten definiert werden, um die Nachfrageganglinie und die unterschiedliche Nachfragestruktur im Tagesverlauf abzubilden. Neben der zeitlichen Schichtung ist eine räumliche Schichtung zwingend erforderlich. Hier hat sich die Schichtung nach Linie und Richtung bewährt. Zusätzlich ist eine Schichtung nach Haltestellen erforderlich, da i. d. R. nur ein Teil der Fahrgäste befragt werden kann und sich Aufkommen und Struktur der Fahrgäste je Haltestelle unterscheiden (zur Erläuterung siehe Kapitel 8.2.3, Bild 21, Beispiel zur Hochrechnung).

### Stufung

Aus organisatorischen Gründen und zur Reduzierung der Erhebungskosten werden Teilerhebungen i. d. R. nach einem mehrstufigen Verfahren durchgeführt. Fahrgastzählungen sind mindestens einstufige, Fahrgastbefragungen mindestens zweistufige Verfahren.

Das Beispiel einer dreistufigen kombinierten Fahrgastzählung und -befragung ist in Bild 14 dargestellt: In der 1. Stufe wird eine Anzahl Fahrten je Linie, Richtung und Zeitschicht ausgewählt; in der 2. Stufe werden innerhalb einer ausgewählten Fahrt in der Fahrzeugeinheit eine oder mehrere Platzgruppen erfasst. Die Auswahl von Fahrgästen zur Befragung innerhalb der ausgewählten Platzgruppe stellt die 3. Stufe der Fahrgasterhebung dar (vgl. Kapitel 8.2.2).

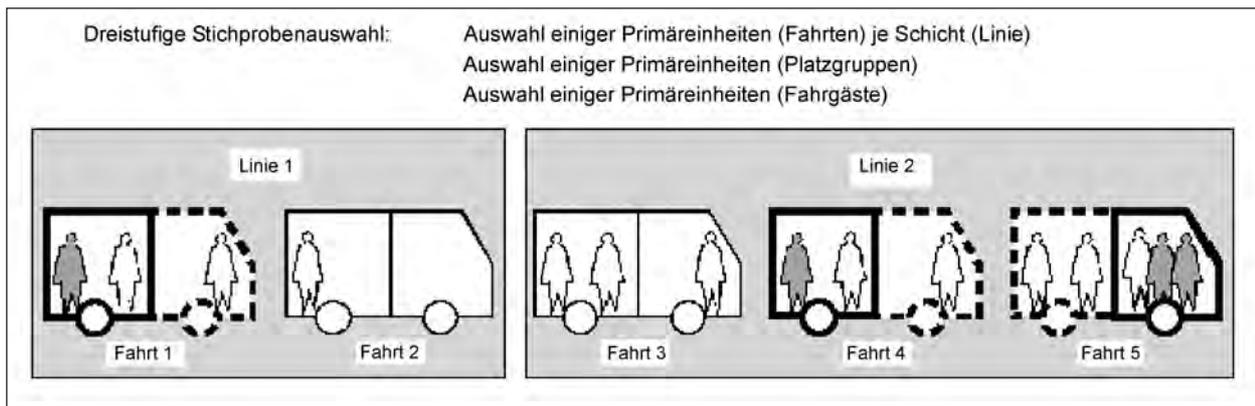


Bild 14: Dreistufige Stichprobenauswahl einer kombinierten Fahrgastzählung/-befragung

Eine Auswahl von Platzgruppen kann bei U-, S- und Straßenbahnen sowie im Bahnverkehr erforderlich werden, wenn das eingesetzte Erhebungspersonal nicht ausreicht, um den gesamten Zug zu erheben.

Als „Platzgruppen“ werden sowohl räumliche Aufteilungen innerhalb einer Fahrzeugeinheit (Wagenhälften, Wagenviertel) als auch eine Auswahl der Fahrzeurtüren bei Ein-/Aussteigerzählungen verstanden. Bei Fahrgastzählungen in Schienenfahrzeugen kommen hierbei

- Ein-/Aussteigerzählungen an ausgewählten Türen überwiegend bei Straßenbahnen, Stadtbahnen, U-Bahnen und S-Bahnen sowie
- Zählung von Ein- oder Aussteigern und Besetzung innerhalb einer Platzgruppe in S-Bahnen und Regionalverkehrszügen

zur Anwendung. Es wird empfohlen, Platzgruppen mindestens in der Größe eines halben Wagens festzulegen. In Schwachlastzeiten kann die Platzgruppe auch auf einen ganzen Wagen vergrößert werden. Kleinere Platzgruppen sollten möglichst vermieden werden, da mit abnehmender Größe der Platzgruppe die Streuung der Erhebungsmerkmale zwischen den Platzgruppen groß werden kann, was bei Auswahl von nur sehr wenigen Platzgruppen pro Zug zu einer Vergrößerung des Stichprobenfehlers führt. Im Schienenpersonenfernverkehr sind kleine Platzgruppen insofern problematisch, als durch Reservierungen, Reisegruppen u. Ä. insbesondere hinsichtlich der genutzten Fahrtrelationen größere Hochrechnungsfehler durch Klumpeneffekte auftreten können. Bei Fahrgastzählungen in Bussen ist eine Platzgruppenauswahl wenig sinnvoll und sollte nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden.

Zur Vermeidung systematischer Verzerrungen ist je Stufe eine Auswahl der Erhebungseinheiten nach dem Zufallsprinzip zu gewährleisten. In der Stufe 1

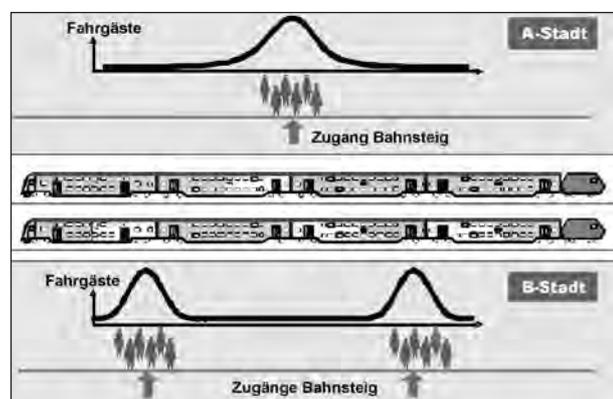


Bild 15: Platzgruppenauswahl

(Auswahl der Linienfahrten) wird hierdurch die nicht-repräsentative Erfassung nachfragestarker oder nachfrageschwacher Fahrten innerhalb der Zeitschicht vermieden. Bei der Platzgruppenauswahl (Stufe 2) ist die Zufallsauswahl notwendig, weil die stärksten Besetzungen einer Platzgruppe i. d. R. in der Nähe von Bahnsteigzugängen auftreten und eine konstante Platzgruppenauswahl zu Stichprobenverzerrungen bei der Nachfrage an einzelnen Haltestellen führt (vgl. Bild 15). Die Auswahl der Platzgruppen nach dem Zufallsprinzip verhindert auch systematische Verzerrungen, die sich aufgrund unterschiedlicher Besetzungen einzelner Fahrzeuge (Triebwagen/Beiwagen in einer Straßenbahn) oder unterschiedlicher Ein- und Aussteigerströme bei variierenden Türquerschnitten ergeben. Soweit eine Totalerfassung der Platzgruppe nicht in Betracht kommt, ist auch bei der Auswahl der zu befragenden Fahrgäste innerhalb einer Platzgruppe (Stufe 3) ein Zufallsverfahren anzuwenden.

### Gewichtung und Hochrechnung der Daten

Die Gewichtung setzt vollständige, auf Plausibilität geprüfte Daten voraus. Bei der Gewichtung werden

zu jedem befragten Fahrgast bzw. zu jeder Fahrt verschiedene Hochrechnungs- und Auswahlkorrekturfaktoren bestimmt:

- **Fahrtenfaktor:** Hochrechnung von den erhobenen auf die angebotenen Linienfahrten eines Wochentages unter Berücksichtigung der tageszeitlichen Schichtung und der Fahrtenhäufigkeit im Wochengang;
- **Platzgruppenfaktor:** Hochrechnung von den erfassten auf die angebotenen Platzgruppen jeder Fahrt unter Berücksichtigung einer Schichtung nach Klassen, entfällt bei Erhebungen ohne Platzgruppenauswahl;
- **Personenfaktor (nur bei Befragungen):** Hochrechnung von den befragten auf die gezählten Fahrgäste jeder Fahrt unter Berücksichtigung einer Schichtung nach Haltestellen;
- **Jahresfaktor:** Hochrechnung von den Tageswerten auf das Kalenderjahr, entfällt bei allen Auswertungen, die nicht auf das Kalenderjahr bezogen sind;
- **Auswahlkorrektur für Umsteiger (höhere Erfassungswahrscheinlichkeit der Umsteiger im Vergleich zu den Direktfahrern):** Gewichtung mit dem Kehrwert der Anzahl Teilfahrten (als Alternative kommt ggf. eine Fahrgasterhebung nach dem Ersteinsteigerprinzip in Betracht);
- **Korrektur zur Anpassung der zeitlichen Verteilung der erhobenen Fahrten innerhalb einer Zeitschicht an die zeitliche (tagesstundenbezogene) Verteilung aller Fahrten der betreffenden Zeitschicht, entfällt, wenn die Zeitschichten mit den Tagesstunden identisch sind.**

Die verschiedenen Faktoren, die zu einer Untersuchungseinheit gehören, werden miteinander multipliziert und ergeben einen Gesamtfaktor. Dieser entspricht der Anzahl der Untersuchungseinheiten in der Grundgesamtheit (Beförderungsfälle, Fahrten etc.), die die erhobene Untersuchungseinheit repräsentiert.

### Vermeidung systematischer Fehler

Systematische Fehler entstehen einerseits durch Fehler bei der Stichprobenplanung (z. B. Verzerrungen durch Fehler bei der Platzgruppenauswahl) und andererseits durch Mängel bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Zählung. Um Fehler bei der Stichprobenplanung und Hochrechnung zu vermeiden, sind die o. g. stichproben-theoretischen Grundsätze einzuhalten.

Wie bei allen Erhebungsverfahren, die auf Erhebungspersonal zur Informationsgewinnung zurückgreifen, haben die Auswahl und Schulung des Erhebungspersonals einen großen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse. Daher sind die in Kapitel 4.4.3 genannten Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei Rekrutierung und Schulung des Zählpersonals unbedingt ernst zu nehmen.

Bei der Durchführung einer manuellen Zählung sind folgende Hinweise zu beachten, damit eine hohe Qualität der Zählungen (Übereinstimmung zwischen gezählten und wahren Anzahlen von Fahrgästen der ausgewählten Linienfahrten) gewährleistet werden kann:

- Für eine Zählung im Fahrzeug ist es sinnvoll, die einsteigenden Fahrgäste zu zählen und während der Fahrt die Besetzung im Fahrzeug zu erfassen. Hierdurch wird vermieden, dass ein Zähler gleichzeitig oder in kurzen Zeitabständen gegenläufige Verkehrsströme erfassen muss. Mit Hilfe der Einsteiger- und Besetzungszahlen können die Aussteiger je Haltestelle berechnet werden.
- Für jeden Türbereich ist i. d. R. ein Zähler einzusetzen; die erforderliche Anzahl ergibt sich aufgrund des Fahrzeugtyps und der Nachfrage. Für die Erfassung der Besetzung müssen die Platzbereiche im Fahrzeug eindeutig den einzelnen Zählern zugewiesen werden.
- Besondere Bedeutung haben die Überwachung und Betreuung der Feldarbeit, da gerade bei Erhebungen im öffentl. Verkehr das Erhebungspersonal auf sich alleine gestellt ist und die Erhebung eigenständig durchführen muss. Daher sollten immer eine Überwachung und Betreuung des regulären Ablaufs sowie eine Unterstützung vor Ort gewährleistet sein (vgl. Kapitel 8.2.2, Bild 22).

### 5.2.4 Fahrgastzählungen im ÖV: automatische Fahrgastzählensysteme (AFZS)<sup>16</sup>

Zunehmend werden Fahrgastzählungen nicht manuell, sondern auf Basis von automatischen Fahr-

<sup>16</sup> Die übliche Bezeichnung „automatische Fahrgastzählensysteme“ ist streng genommen ungenau und irreführend. Das Adjektiv „automatisch“ suggeriert, dass die erfassten Ein- und Aussteigerdaten ohne weiteren manuellen Aufwand bereitgestellt werden. Jedoch ist gerade die Aufbereitung der Rohdaten relativ aufwändig – i. d. R. viel aufwändiger als bei einer manuellen Zählung – und ohne „manuelle“ Nachbearbeitung nicht möglich. Die korrekte Bezeichnung wäre eigentlich „technische Fahrgastzählensysteme“.

gastzählssystemen (AFZS) durchgeführt. Die Grundsätze zur Stichprobenplanung und Hochrechnung für manuelle Fahrgastzählungen sind hierbei auf Zählungen mit AFZS übertragbar (vgl. Kapitel 5.2.3). Darüber hinaus muss von technischer Seite sichergestellt werden, dass der Ausrüstungsgrad sowie die Funktion und Einsatzfähigkeit der AFZS systematische Fehler ausschließen.

### **Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren**

Die Ausrüstung sämtlicher Fahrzeuge eines Verkehrsunternehmens mit AFZS ist oftmals aus Kostengründen nicht realisierbar und auch aus Sicht der statistischen Genauigkeit für die meisten Anwendungsfälle nicht notwendig. Auf der anderen Seite sind bei der Ermittlung des Ausrüstungsgrades an Fahrzeugen mit AFZS die Vorgaben der Datennutzer (Aufgabenträger, Verbundpartner, Verkehrsunternehmen) zu berücksichtigen. Der ermittelte Ausrüstungsgrad liegt dabei im Schienenverkehr i. d. R. höher als im Bus- und Straßenbahnverkehr, da aufgrund dezentraler Abstellungen in der Nacht sowie hoher Kosten für Leer- und Rangierfahrten Einschränkungen in der Fahrzeugdisposition vorliegen.

In Anlehnung an das statistische Modell von manuellen Fahrgastzählungen (Kapitel 5.2.3) kann die Erhebung anhand eines expliziten Stichprobenplans ausgewählter Zählfahrten erfolgen. In der technischen Umsetzung bewirkt dieses Verfahren bei Nichtausstattung aller Fahrzeuge jedoch einen erheblichen Mehraufwand aufgrund des notwendigen Fahrzeugaustausches zwischen den ausgewählten Umläufen. Für die Mehrzahl der Schienenverkehre lässt sich die Zielvorgabe eines expliziten Stichprobenplans daher nur umsetzen, wenn die ausgewählten Zählfahrten mit ausgerüsteten Fahrzeugen abgedeckt werden können. In der Praxis führt dies zu einer erheblich größeren Anzahl an Zählfahrten insgesamt, da die Zielvorgabe des Stichprobenplans mit dem in der Fahrzeugdisposition geplanten Einsatz der ausgestatteten Fahrzeuge abgestimmt werden muss.

Im Schienenverkehr erlaubt der Einsatz neuartiger Triebzüge eine variable Zugbildung ohne Rangierpersonal und führt hierdurch zu planmäßigen Stärkungen, Schwächungen oder Flügelungen von Zugeinheiten. Dispositionsprobleme können durch einen sehr hohen Ausrüstungsgrad vermieden werden. Ist dieser Ausrüstungsgrad aus Kostengrün-

den nicht realisierbar, so sind die einzelnen Zugfahrten auf Fahrabschnitte (sog. „Leistungsblöcke“) zu unterteilen, in denen die Konstellation der Triebzüge konstant bleibt. Die von den AFZS gesendeten Zählraten je Leistungsblock – einschließlich der Angaben zum Platzangebot, wenn innerhalb eines Leistungsblocks nur ein Teil der gekuppelten Triebfahrzeuge mit AFZS ausgerüstet war – sind geeignet aufzubereiten.

Im Bus-, Straßenbahn und Triebwagenverkehr sind i. d. R. alle Außentüren des Fahrzeugs mit Zählgeräten ausgerüstet. Damit ist die Erfassung aller Ein- und Aussteiger gewährleistet, solange kein Ausfall eines einzelnen Zählgerätes auftritt. Dieses Fahrzeugkonzept kann auf lokbespannte Züge übertragen werden und wird als „Zugkonzept“ bezeichnet. Bei dieser Ausrüstungsstrategie muss allerdings sichergestellt werden, dass im Zugverband alle Fahrzeuge mit Zählgeräten ausgestattet sind.

Alternativ kann bei lokbespannten Zügen jeder einzelne Wagen als autarkes Fahrzeug betrachtet und ausgerüstet werden („Wagenkonzept“). Gegenüber dem Zugkonzept sind auch die Übergangstüren zwischen den Wagen mit Zählgeräten auszustatten und die Fahrgastströme zwischen den einzelnen Wagen kontinuierlich, d. h. über die gesamte Fahrt, in engen zeitlichen Intervallen zu erfassen. In der weiteren Aufbereitung der Daten ist der Fahrgaststromsaldo an den Übergangstüren in die Auswertung der Ein-/Aussteigerdaten an den Außentüren einzubeziehen. Das Wagenkonzept bietet den Vorteil einer vom konkreten Zugverband weitgehend unabhängigen Betriebsbereitschaft der Zählfahrzeuge.

### **Vermeidung systematischer Fehler**

Der Fahrzeugführer muss vor Beginn einer Erhebungsfahrt gewährleisten, dass die AFZS-Daten der Erhebungsfahrt eindeutig der entsprechenden Fahrplanfahrt zugeordnet werden können. D. h., er muss vor Einstieg des ersten Fahrgastes die Gerätetechnik aktivieren und die entsprechenden Fahrtdaten eingeben. In diesem Zusammenhang muss darüber hinaus berücksichtigt werden, dass Ein- und Ausstiege von Fahr-, Wartungs- und Reinigungspersonalen an Start- oder Endbahnhöfen zeitlich getrennt vom Fahrgastwechsel erfolgen und die Gerätetechnik in diesem Zeitraum deaktiviert ist.

In Zügen mit Zugbegleitpersonal muss für den Erhebungszeitraum festgelegt werden, ob das Perso-

nal den Erhebungswagen an jedem Halt verlässt (bspw. aus Gründen der Zugabfertigung) oder nicht. Die festgelegte Regel muss in der Hochrechnung der AFZS-Daten zur Ermittlung der Fahrgastnachfrage berücksichtigt werden.

Unabhängig vom Zug- oder Wagenkonzept sind auch längere fahrplanmäßige Halte an einzelnen Haltestellen innerhalb einer Fahrt in der Aufbereitung der AFZS-Daten gesondert zu berücksichtigen, da diese Zwischenhalte für einen Teil der durchreisenden Fahrgäste eine „Wartesaal“-Funktion besitzen: Die Fahrgäste steigen aus und wieder ein, um etwas zu kaufen oder sich die Beine zu vertreten. Um eine fehlerhafte Erhöhung der Verkehrsnachfrage zu vermeiden, sind Fahrgäste, die nach einer bestimmten Karenzzeit aus- bzw. vor einer bestimmten Karenzzeit einsteigen, von den AFZS-Ein-/Aussteigerzahlen des Zughaltes abziehen.

Gerätefehler einzelner Türen müssen über die Protokollierung der AFZS-Daten erkennbar sein, sodass je Zughalt und Wagentür eine Unterscheidung „fehlende Ein- bzw. Aussteiger an einer funktionstüchtigen Tür“ versus „nicht erfasste Ein- bzw. Aussteiger an einer defekten Tür“ erfolgen kann.

### 5.2.5 Besucherzählungen am Aktivitätsort

Alltags- und Freizeitaktivitäten werden typischerweise an speziell dafür vorgesehenen bzw. geeigneten Orten, den „Aktivitätsorten“ (auch Aktivitätsgelegenheiten), ausgeübt. Bei Untersuchungen etwa zur Freizeitmobilität liegt es deshalb nahe, eine „Erhebung am Aktivitätsort“ durchzuführen, d. h. Personen am Ort der Aktivitätsausübung (z. B. Park, Einkaufszentrum) der Zahl nach zu erfassen und ggf. zu befragen. Die Befragung wird sich dabei meist auf die betreffende Aktivität selbst (z. B. Verweildauer am Aktivitätsort) sowie auf das damit zusammenhängende Mobilitätsverhalten (z. B. Verkehrsmittel für die Fahrt zum Aktivitätsort) beziehen.

Gegenstand der Erhebung (Zählung, Beobachtung, Befragung) sind die „Besucher“ des betrachteten Aktivitätsortes. Gemeint sind damit die Personen, die während des Untersuchungszeitraums am Aktivitätsort eintreffen, sich dort eine Weile aufhalten und diesen Ort dann wieder verlassen. Erhebungen der hier in Rede stehenden Art werden deshalb häufig auch „Besuchererhebungen“ (im Tourismus meist Gästeehebungen) genannt.

### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Da ein und dieselbe Person während des Untersuchungszeitraums auch mehrfach als Besucher des Aktivitätsortes in Erscheinung treten kann, ist es präziser, von „Besuchen“ oder „Besuchsfällen“ als den Einheiten, aus denen die Grundgesamtheit einer Erhebung am Aktivitätsort besteht, zu sprechen. Als „Besucher“ gilt dann die Person, welche den betreffenden Besuch macht<sup>17</sup>. Bei stichprobenartigen Erhebungen am Aktivitätsort wird aus der Grundgesamtheit aller Besuchsfälle eine Teilmenge herausgegriffen<sup>18</sup> und es werden die betreffenden Besucher zahlenmäßig erfasst und oft auch befragt. Besucht eine Person im Untersuchungszeitraum den Aktivitätsort wiederholt, so kann sie grundsätzlich bei jedem Besuch in die Stichprobenauswahl kommen und ggf. also auch mehrfach befragt werden.

Die Stichprobenauswahl<sup>19</sup> erfolgt bei Besucherbefragungen in der Regel „vor Ort“ aus dem laufenden Besucherstrom: Besucher werden beim Betreten oder Verlassen des Aktivitätsortes, gegebenenfalls auch während ihres Aufenthalts am Aktivitätsort, für die Befragung ausgewählt. Ein anderes Verfahren als die Auswahl vor Ort käme allenfalls dann in Betracht, wenn über den Untersuchungszeitraum hinweg alle Besuche erfasst würden und es am Ende dieses Zeitraums eine vollständige Adressliste der registrierten Besucher gäbe, aus der man eine einfache oder geschichtete Zufallsauswahl vornehmen könnte.

Wie das Auswahlverfahren für eine Besuchererhebung konkret auszugestaltet ist, hängt vor allem von folgenden Gegebenheiten ab:

- Vorhandensein von „Pforten“, an denen eine Zu- bzw. Abgangskontrolle möglich ist,

<sup>17</sup> Den Besuchen eines Aktivitätsortes entsprechen im ÖPNV die Beförderungsfälle eines Unternehmens. Als Gegenstück zum Begriff Besucher gibt es im ÖPNV den Begriff Fahrgast. Genauso wie im ÖPNV die Beförderungsfälle durch die Kunden des Unternehmens generiert werden, erzeugen die „Kunden“ eines Aktivitätsortes die dortigen Besuche.

<sup>18</sup> Es handelt sich also um eine Stichprobe aus einer Ereignisgesamtheit.

<sup>19</sup> Die Ausführungen zur Stichprobenauswahl gelten gleichermaßen für Besucherzählungen und Besucherbefragungen. Wie bei Fahrgasterhebungen muss zur Gewinnung eines Hochrechnungsrahmens in der Regel zu jeder Besucherbefragung eine parallele Besucherzählung durchgeführt werden.

- möglicher Grad der Vollständigkeit der Überwachung des Besucherstroms an den Pforten.

Eine Darstellung verschiedener Stichprobendesigns in der Untergliederung gemäß Bild 16 findet sich bei HAUTZINGER (2003).

Wenn z. B. für einen bestimmten Untersuchungszeitraum die Gesamtzahl der Besucher eines Aktivitätsortes durch eine stichprobenartige Besucherzählung ermittelt werden soll und aus Aufwandsgründen eine vollständige Erfassung des Besucherstroms an allen Pforten (Eingängen bzw. Ausgängen) des Aktivitätsortes während des gesamten Untersuchungszeitraums nicht in Betracht kommt, muss die Erhebung als Klumpenstichprobe angelegt werden. Die Besuchsfälle bzw. Besucher als Elemente der Grundgesamtheit werden dabei nach einem räumlichen und zeitlichen Merkmal gruppiert, d. h. zu Klumpen zusammengefasst: Alle Besucher, die den Aktivitätsort während eines bestimmten Zeitintervalls über eine bestimmte Pforte betreten bzw. verlassen, bilden einen „Klumpen“. Gibt es M Pforten und wird der Untersuchungszeitraum in K Zeitintervalle (Zählintervalle) zerlegt, so

entstehen  $M \cdot K$  Klumpen oder Primäreinheiten, aus denen dann nach einem Zufallsverfahren<sup>20</sup> eine vorgegebene Anzahl n ausgewählt wird. Erfasst man für die ausgewählten Primäreinheiten (Kombinationen von Pforten und Zeitintervallen) die Zahl der zugehörigen Sekundäreinheiten, d. h. der Besucher, vollständig, so liegt eine einstufige Klumpenstichprobe vor, aus welcher die Zielgröße „Gesamtzahl der Besucher des Aktivitätsortes im Untersuchungszeitraum“ nach stichprobentheoretischen Standardverfahren hochgerechnet werden kann (Punkt- und Intervallschätzung).

Bei HAUTZINGER (2003) werden auch Erhebungsdesigns für den Fall behandelt, dass eine Überwachung des Besucherstroms an Pforten oder einem geeignet definierten Kordon nicht möglich ist. Ein Beispiel hierfür wäre etwa die Schätzung der Gesamtzahl der Besucher eines Weihnachtsmarktes rund um das Rathaus einer Stadt.

<sup>20</sup> Einfache Zufallsauswahl oder Auswahl mit „größenproportionalen“ Wahrscheinlichkeiten, ggf. geschichtet

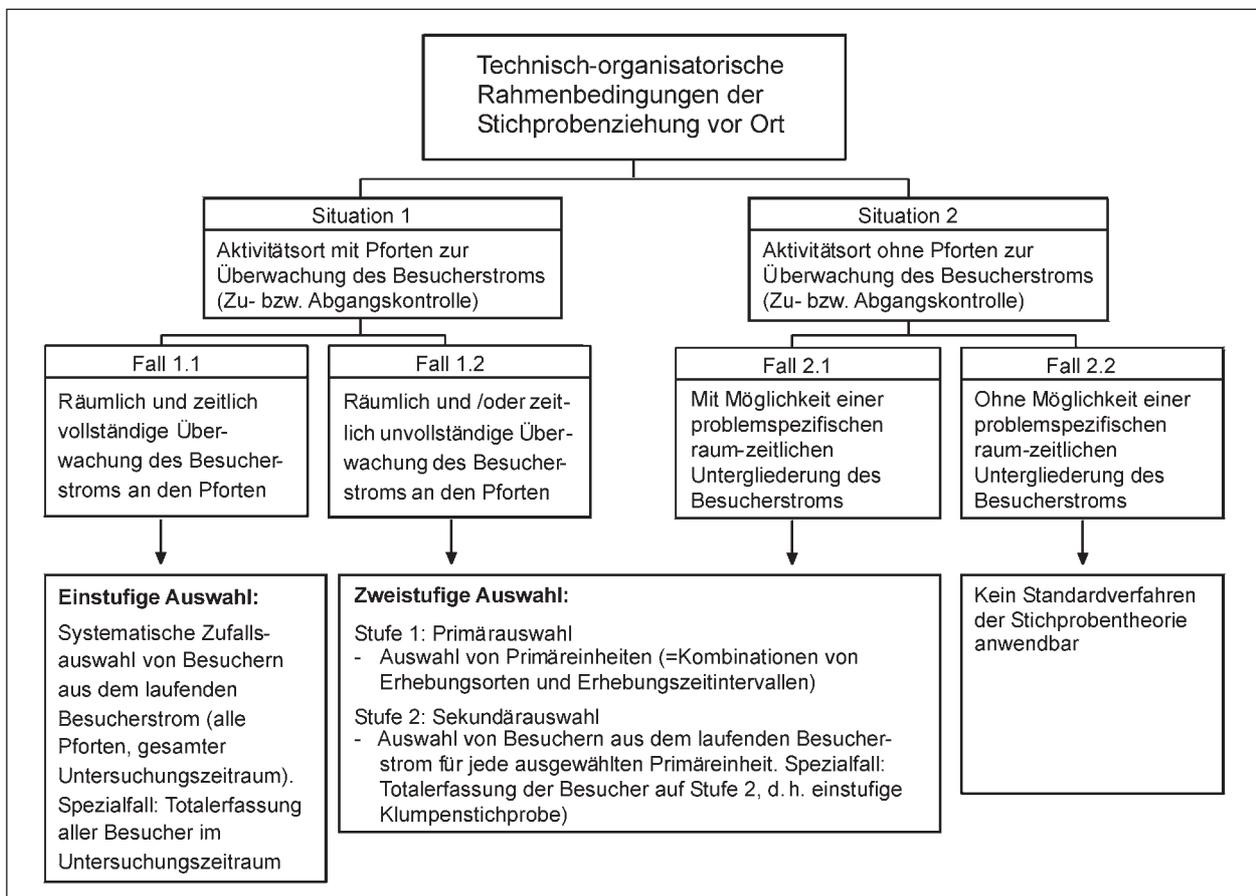


Bild 16: Stichprobendesigns für Erhebungen am Aktivitätsort

### Vermeidung systematischer Fehler

Systematische Fehler können bei Zählungen am Aktivitätsort entstehen, wenn die Auswahlgrundlage für die Ziehung der Klumpenstichprobe unvollständig oder fehlerbehaftet ist. Sind beispielsweise Zu- oder Abgänge von Besuchern auch an anderen Stellen als den „offiziellen“ Pforten möglich, so liegt ein Coverage-Fehler vor, da ein Teil der Sekundäreinheiten (Besucher) keine Auswahlchance besitzt. Die damit verbundenen Verzerrungen sind schwer einzuschätzen, können aber durchaus beträchtlich sein; so könnten es z. B. vorzugsweise junge Besucher sein, die den Aktivitätsort über andere Stellen als die offiziellen Pforten betreten.

Hinsichtlich der Vermeidung von Ausfällen ganzer Primäreinheiten, z. B. durch verspätetes Erscheinen des Erhebungsteams am vorgesehenen Ort der Zählung, gelten dieselben Überlegungen wie bei Fahrgastzählungen oder Zählungen des Kfz-Verkehrs.

Verzerrungen können auch durch Messfehler, d. h. Fehler bei der zahlenmäßigen Erfassung der Besucher an den ausgewählten Zu- bzw. Abgangsorten während des betreffenden Zählzeitintervalls, entstehen. Die bereits behandelten Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung solcher Fehler gelten auch für Besucherzählungen. Wie zuvor muss dabei zwischen manueller und automatischer Zählung unterschieden werden.

## 6 Qualitätsstrategien für verkehrstechnische Messungen

### 6.1 Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität

#### 6.1.1 Auftraggeber und Anlässe

Grundsätzlich entsprechen die Auftraggeber für verkehrstechnische Messungen denen der Zählungen (siehe Kapitel 5.1.1). Daneben sind hier als weitere mögliche Auftraggeber Hochschulen und andere Forschungseinrichtungen zu nennen, die im Rahmen von Forschungsvorhaben verkehrstechnische Messungen vornehmen.

#### 6.1.2 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Auch an dieser Stelle wird auf die Ausführungen in Kapitel 5.1.2 verwiesen, da die dort getroffenen

Aussagen auf die verkehrstechnischen Messungen übertragbar sind.

### 6.2 Qualitätssicherung und Fehlervermeidung

Im Bereich der Verkehrstechnik kommen heute zahlreiche Arten von Messungen zum Einsatz. Bei einer Messung werden Aussageeinheiten mit Hilfe technischer Geräte erfasst, die stetige Werte (z. B. Geschwindigkeiten, Zeiten) annehmen können. Eine umfassende Beschreibung aller möglichen verkehrstechnischen Messungen kann an dieser Stelle nicht gegeben werden. Da die Vorbereitungen und Durchführung der verschiedenen Messmethoden jedoch in vielen Fällen ähnlich sind, wird im Folgenden zwischen der Gruppe der kontinuierlichen Messungen und jener der Stichprobenmessungen unterschieden.

Allgemein gilt, dass bei Messungen die gesuchte Größe direkt ermittelt bzw. berechnet werden kann und eine Hochrechnung wie z. B. bei Verkehrszählungen im Kfz-Verkehr nicht erforderlich wird.

#### 6.2.1 Kontinuierliche Messungen

Kontinuierliche Messungen finden überall dort statt, wo Messeinrichtungen fest installiert sind bzw. für einen bestimmten Zeitraum installiert werden und eine Messung aller passierenden Einheiten automatisch vorgenommen wird. Da hier alle Einheiten innerhalb eines bestimmten Zeitraumes erfasst werden, ist eine Stichprobenauswahl einzelner Einheiten bei kontinuierlichen Messungen nicht erforderlich. Die Auswahl des Erhebungszeitraumes hängt von der zu untersuchenden Fragestellung ab. Die in Kapitel 5.2.2 genannten Hinweise zu den Erhebungszeiten können entsprechend übernommen werden.

Beispiele für kontinuierliche Messungen sind u. a. Geschwindigkeits-, Längen- und Gewichts- bzw. Achslastmessungen von Fahrzeugen mit Hilfe von Geräten, die fest neben bzw. in/auf der Fahrbahn installiert sind. Zusätzlich zu den Eigenschaften von Fahrzeugen ist auch die Messung von Witterungsbedingungen, z. B. der Sichtweite, in die Gruppe der kontinuierlichen Messungen einzuordnen.

Eine Nichterfassung von Einheiten ist bei dieser Gruppe der Messungen nur dann möglich, wenn die Funktion der eingesetzten Geräte gestört ist.

Dies kann neben einer nicht fachgerechten Installation auch durch unvorhergesehene Ausfälle der Energieversorgung hervorgerufen werden. Daher sind für diese Art von Messungen alle in den Kapiteln 3.4.1, 3.4.2 und 5.2.2 genannten Hinweise zur Fehlervermeidung beim Einsatz automatischer Erhebungseinrichtungen übertragbar.

### 6.2.2 Stichprobenmessungen

Im Gegensatz zu den kontinuierlichen Messungen werden bei der Gruppe der Stichprobenmessungen nur ausgewählte Einheiten innerhalb eines definierten Erhebungszeitraumes erfasst. Daher sind hier neben der Funktionsfähigkeit der eingesetzten Messgeräte zusätzlich auch stichprobentheoretische Aspekte zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.4).

Zu der Gruppe der Stichprobenmessungen gehört neben der Geschwindigkeitsmessung mittels Laserpistole durch die Polizei (stationäre Messungen) auch die Ermittlung von Reisegeschwindigkeiten und Fahrverhalten von Verkehrsteilnehmern durch Nachfolgefahrten (mobile Messungen).

Bei Stichprobenmessungen sind die Auswahlkriterien von Verkehrszählungen grundsätzlich übertragbar (siehe Kapitel 5.2). Ausführliche Vorbereitungen wie

- die Auswahl eines geeigneten Messgerätes,
- die Wahl eines optimalen Standortes,
- eine vorbereitende Schulung des Messpersonals (vgl. Kapitel 4.4.3) und
- ein Test des Messgerätes

tragen auch hier zu einer Qualitätssicherung der Messergebnisse bei.

### Nachfolgefahrten

Mit Hilfe von Nachfolgefahrten können Kenngrößen des individuellen Fahrtverlaufs durch Aufnahme der Zeit-Weg-Beziehungen des vorausfahrenden Fahrzeuges wie z. B. Geschwindigkeitsprofile erfasst werden. Dazu werden i. d. R. speziell ausgerüstete Messfahrzeuge oder Fahrzeuge mit einem Messgerät zur digitalen Erfassung der verkehrstechnischen Größen eingesetzt.

Ein grundsätzliches Problem bei Nachfolgefahrten ist die Notwendigkeit, dem zufällig ausgewählten Fahrzeug möglichst synchron und ohne Beeinflussung der Fahrweise folgen zu können. Besonders im innerstädtischen Verkehr muss damit gerechnet werden, dass der Kontakt zum verfolgten Fahrzeug nicht gehalten werden kann.

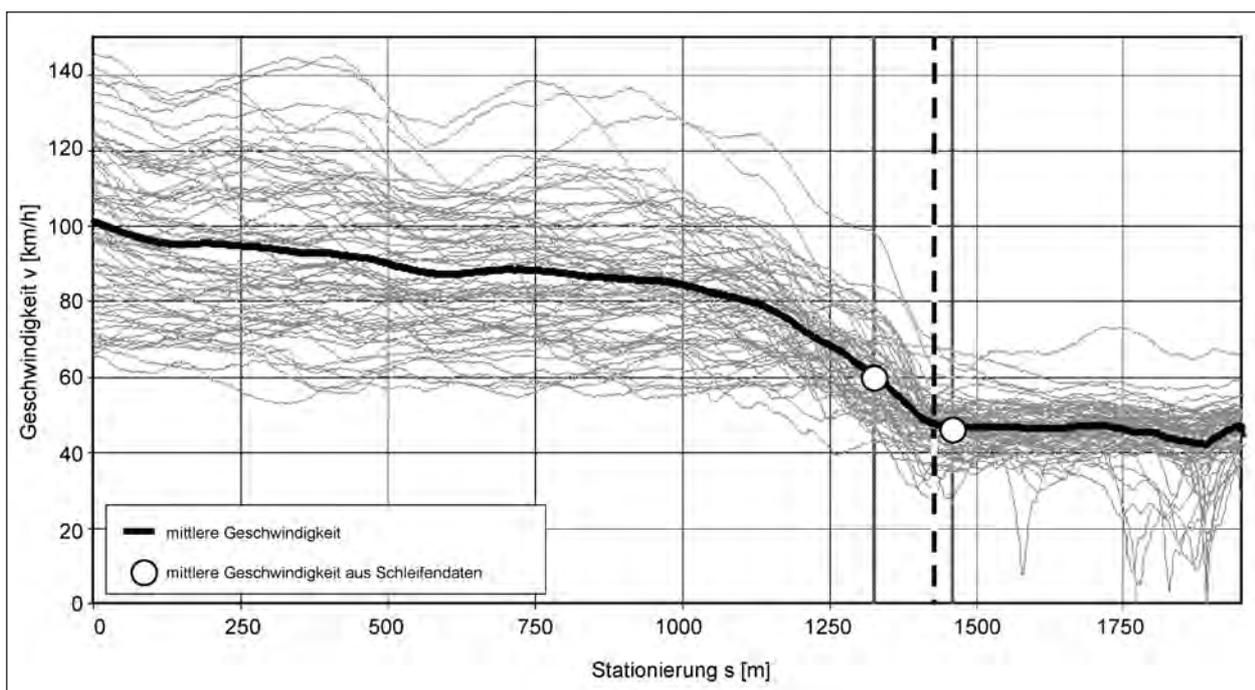


Bild 17: Geschwindigkeitsprofil von Nachfolgefahrten auf einem Streckenabschnitt mit GWA

Da der Erhebungsaufwand für eine Nachfolgefahrt sehr groß ist, können i. d. R. nur kleine Stichproben realisiert werden. Dies ist dann unproblematisch, wenn die Standardabweichung des untersuchten Merkmals gering ist (z. B. bei Geschwindigkeitsmessungen auf innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen), da der Stichprobenfehler proportional von der Standardabweichung abhängt.

Als Beispiel möglicher Streuungen, die bei der Messung von Geschwindigkeitsprofilen auftreten können, ist in Bild 17 das Ergebnis von Nachfolgefahrten im Rahmen einer Überprüfung von Geschwindigkeitswarnanlagen (siehe STEINAUER et al., 2003) dargestellt.

Die gestrichelte Linie im Diagramm markiert den Standort der Geschwindigkeitswarnanlage (GWA), die im Vorfeld einer Ortseinfahrt installiert war (siehe Bild 18). Die Markierungen links und rechts geben die Position von zwei vorhandenen Induktionsschleifen, die zur Kontrolle der Geschwindigkeiten genutzt wurden, an.

Es ist zu erkennen, dass die Streuung der Geschwindigkeiten auf dem freien Streckenabschnitt vor der GWA deutlich größer ist als jene hinter der GWA, d. h. in der Ortschaft.

Anhand dieses Beispiels ist sehr gut erkennbar, dass auf einer freien Strecke im Außerortsbereich ein größerer Stichprobenumfang notwendig ist, um die gleiche Aussagegenauigkeit zu erhalten wie bei einem Streckenabschnitt mit sehr homogenen Geschwindigkeitsverhältnissen (innerorts). Für die Wahl des Stichprobenumfangs bei Nachfolgefahrten sind also Kenntnisse über die Standardabweichung der Geschwindigkeit erforderlich.



**Bild 18:** Standort der GWA am Ortseingang

## 7 Qualitätsstrategien für Verhaltensbeobachtungen im Verkehr

### 7.1 Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität

#### 7.1.1 Auftraggeber und Anlässe

Verhaltensbeobachtungen werden zumeist durch öffentliche Auftraggeber (Bundesministerien, Bundesanstalt für Straßenwesen, Kommunen etc.) beauftragt, aber auch private Auftraggeber (wie die Automobilindustrie) spielen eine Rolle.

Das Beobachten ist dabei ein nichtkommunikativer Prozess, bei dem sämtliche Wahrnehmungsmöglichkeiten genutzt werden können. Allerdings beschränken sich Beobachtungsverfahren meist auf die visuelle Wahrnehmung. Im Gegensatz zu Befragungsverfahren kommen Beobachtungen im Allgemeinen ohne die Mitwirkung der Zielpersonen aus (nicht-reaktives Verfahren).

Ein Schwerpunkt der Verhaltensbeobachtungen liegt im Bereich der Verkehrssicherheitsforschung. Hier gibt es eine ganze Reihe von sicherheitsrelevanten Merkmalen des Verkehrsverhaltens, die mittels Beobachtung der betreffenden Personen oder Fahrzeuge bei ihrer Verkehrsteilnahme, d. h. im fließenden Verkehr, während eines bestimmten Beobachtungszeitintervalls erhoben werden können. Für die Verkehrssicherheitsforschung sind dabei Charakteristika des persönlichen Sicherungsverhaltens der Nutzer von motorisierten und nicht motorisierten Verkehrsmitteln (Gurtragen, Tragen von Helmen und Schutzkleidung) sowie der Sicherung mitfahrender Kinder (Verwendung von Kinderrückhaltesystemen) von besonderer Bedeutung.

Neben den eben genannten Verhaltensmerkmalen, welche die passive Sicherheit betreffen, gibt es weitere direkt beobachtbare Merkmale des Verkehrsverhaltens, die sich vorrangig auf die aktive Sicherheit beziehen (z. B. Nutzung von Tagesfahrlicht). Auch viele Verhaltensmerkmale, welche die Einhaltung von Verkehrsregeln beschreiben, können im Rahmen entsprechender Erhebungen in der oben geschilderten Weise beobachtet werden (Verhalten der Fahrzeugführer an Fußgängerüberwegen, Lichtsignalanlagen, Kreisverkehrsplätzen u. Ä.).

Vielfach soll durch Verkehrsbeobachtung die Entwicklung des Verkehrsverhaltens im Zeitverlauf aufgezeigt und/oder die Wirksamkeit von Verkehrssi-

cherheitsmaßnahmen bewertet werden. Bekanntestes Beispiel ist sicherlich das jährlich durchgeführte BAST-Projekt „Kontinuierliche Erhebungen zum Schutzverhalten von Verkehrsteilnehmern“ (zuletzt FE 82.320/2008 „Sicherung durch Gurte und andere Schutzsysteme 2008“). Aber auch in vielen anderen Forschungsvorhaben stellt die Verhaltensbeobachtung ein zentrales Element dar.

### 7.1.2 Rahmenbedingungen und Anforderungen

An dieser Stelle kann auf die Ausführungen in den Kapiteln 5.1.2 und 8.1.2 verwiesen werden, da die meisten der dort aufgelisteten Punkte auch auf die Verhaltensbeobachtung übertragen werden können. Eine Besonderheit ist, dass nach vorliegenden Erkenntnissen bisher für fast jede Untersuchung in diesem Bereich ein eigenes Studiendesign entwickelt wurde, obwohl sich die jeweiligen Forschungsfragen trotz ihrer inhaltlichen Vielfalt aus methodischer Sicht auf einige wenige Grundmuster von Aufgabenstellungen reduzieren lassen. Vor diesem Hintergrund erscheint es möglich, auch für diesen Bereich entsprechende allgemein anwendbare Fehlervermeidungsstrategien zu formulieren.

## 7.2 Qualitätssicherung und Fehlervermeidung

Wie bei jeder Stichprobenerhebung muss auch bei der Verhaltensbeobachtung im Verkehr die Datenqualität durch Konzepte und Maßnahmen gesichert werden, welche zum einen das Auswahl- und Hochrechnungsverfahren und zum anderen das Beobachtungsverfahren betreffen<sup>21</sup>.

### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Bei der Verhaltensbeobachtung wird als Merkmals-träger bzw. Untersuchungseinheit meist ein Ereignis betrachtet. Das Ereignis einer Verhaltensbeobachtung wird durch den Untersuchungsgegenstand definiert und kann z. B. die Vorbeifahrt eines Fahrzeuges an einem Straßenquerschnitt oder die Querung eines Fußgängers an einem Fußgängerüberweg sein. In manchen Fällen – z. B. bei Untersuchungen zum Gurtragen – können gegebenenfalls auch Insassen-Vorbeifahrten die Untersuchungseinheiten sein. Man hat es dann mit so genannten Multi-Level-Daten zu tun: Jeder Fahrzeug-

Vorbeifahrt (Ebene 1) sind eine oder mehrere Insassen-Vorbeifahrten (Ebene 2) zugeordnet.

An den Vorbeifahrten als Untersuchungseinheiten werden bestimmte Untersuchungsmerkmale erhoben wie z. B. „Vorbeifahrt mit/ohne Tagesfahrlicht“, „Vorbeifahrt mit/ohne angelegtem Gurt“ oder „Vorbeifahrt an Stoppschild mit/ohne Anhalten“.

Die Grundgesamtheit einer Verhaltensbeobachtung im Verkehr ist gegeben durch alle im Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraums auftretenden und im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand relevanten Ereignisse. Es handelt sich bei der Grundgesamtheit also um eine Ereignisgesamtheit (und nicht um eine Bestands-gesamtheit).

Werden ortsbezogene Verhaltensmerkmale<sup>22</sup> beobachtet, so ist als Grundgesamtheit die Menge der Ereignisse an Querschnitten, die im Hinblick auf das betreffende Verhaltensmerkmal relevante Orte sind, zu betrachten. Beispielsweise sind beim (ortsbezogenen) Merkmal „Blinken beim Verlassen des Kreisverkehrs“ alle Ausfahrten aus Kreisverkehren, die sich im Untersuchungsgebiet befinden, als relevante Straßenquerschnitte zu betrachten. Da im betreffenden Gebiet nur endlich viele Ausfahrten vorhanden sind, ist auch die Zahl der dort stattfindenden Vorbeifahrten – und damit der Umfang der Grundgesamtheit – endlich.

Bei ortsunabhängigen Verhaltensmerkmalen wie z. B. Gurtragen kann prinzipiell jeder der unendlich vielen Straßenquerschnitte in einem Gebiet im Hinblick auf das zu beobachtende Verhaltensmerkmal relevant sein. Mit der Zahl der relevanten Querschnitte ist zunächst auch die Zahl der Vorbeifahrten an Querschnitten unendlich. Durch das von HAUTZINGER et al. (2009) entwickelte methodische Konzept der Zerlegung des Straßennetzes in Abschnitte gleicher Länge<sup>23</sup> werden aber auch in diesem Fall die Zahl der relevanten Querschnitte und somit die Grundgesamtheit der Vorbeifahrten endlich.

<sup>21</sup> Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich auf HAUTZINGER, SCHMIDT und PFEIFFER (2009).

<sup>22</sup> Ortsbezogene Verhaltensmerkmale beziehen sich auf Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer, die überhaupt nur an ganz bestimmten Punkten im Straßennetz auftreten können bzw. nur an bestimmten Punkten von Interesse sind. So kann z. B. das Verhaltensmerkmal „Beachtung des Stoppschildes ja/nein“ nur an Kreuzungen und Einmündungen mit Stoppschild beobachtet werden.

Bei der Verhaltensbeobachtung geht es darum,

- aus der Grundgesamtheit aller Ereignisse eine Stichprobe zu gewinnen,
- die in die Stichprobe gelangten Ereignisse im Hinblick auf das interessierende Verhaltensmerkmal zu beobachten und
- aus den gewonnenen Stichprobendaten die im Hinblick auf das betreffende Verhaltensmerkmal interessierenden Kennzahlen der Grundgesamtheit zu schätzen bzw. hochzurechnen.

Im Folgenden wird zunächst der Frage nachgegangen, welche Auswahlverfahren hier in Frage kommen.

Vorbeifahrten, Bewegungen von Fußgängern etc. entstehen zufällig in Raum und Zeit; es existiert deshalb weder a priori noch a posteriori eine Liste aller Ereignisse eines Gebiets während eines Zeitraums, welche als Auswahlgrundlage für die Ziehung einer einfachen Zufallsstichprobe von Vorbeifahrten dienen könnte. Wie in solchen Fällen üblich, muss bei der Stichprobenziehung also auf ein Klumpenstichprobenverfahren zurückgegriffen werden.

### Einstufige Klumpenauswahl

Bei diesem Auswahlverfahren werden die Vorbeifahrten bzw. Insassen-Vorbeifahrten nicht unabhängig voneinander, sondern als Klumpen erhoben. Konkret bedeutet dies, dass aus der Gesamtheit aller möglichen Kombinationen von Straßenquerschnitten und Zeitintervallen<sup>24</sup> eine Stichprobe von Primäreinheiten gezogen wird. Wenn an den ausgewählten Kombinationen von Orten und Zeiten alle dort auftretenden Vorbeifahrten (Sekundärein-

heiten) beobachtet werden, so liegt eine einstufige Klumpenauswahl vor.

Beispiel einer bundesweiten Erhebung: Es seien das Untersuchungsgebiet durch das Straßennetz der Bundesrepublik Deutschland und der Untersuchungszeitraum durch ein bestimmtes Kalenderjahr gegeben. Repräsentiert ein Straßenquerschnitt jeweils einen Streckenabschnitt der Länge 10 Meter und definiert man Zeitintervalle von jeweils 1 Stunde, so resultiert daraus eine Auswahlgesamtheit mit  $NT = 550$  Mrd. Primäreinheiten bzw. Klumpen (62,7 Mio. Streckenabschnitte mal 8.760 Stunden). Aus dieser sehr großen Auswahlgesamtheit ist dann eine Stichprobe von Primäreinheiten, also Kombinationen von Erhebungsorten und Stundenintervallen, zu ziehen.

### 2-stufige Zufallsauswahl

Falls es aufgrund der Komplexität des Untersuchungsmerkmals nicht möglich ist, jede Vorbeifahrt (Sekundäreinheit) entsprechend zu beobachten, muss wie bei Stichproben aus Ereignisgesamtheiten allgemein üblich eine Schrittweite festgelegt werden, gemäß der die Vorbeifahrten in die Stichprobe (Sekundärauswahl) einbezogen werden; die Schrittweite  $k$  (z. B.  $k = 5$ , d. h. Beobachtung jeder fünften Vorbeifahrt) kann dabei in Abhängigkeit der ausgewählten Primäreinheit bestimmt werden.

Das eben beschriebene Verfahren entspricht einer zweistufigen Auswahl, wobei die Primäreinheiten durch die Kombinationen von Beobachtungsorten und -zeiten und die Sekundäreinheiten durch die zugeordneten Vorbeifahrten gegeben sind. Als Auswahlverfahren auf der zweiten Stufe ist die systematische Zufallsauswahl zu verwenden. Unabhängig von der Schrittweite muss bei der Erhebung stets die Anzahl der Vorbeifahrten insgesamt je ausgewählter Primäreinheit festgehalten werden.

### Hochrechnungsverfahren

Das statistische Verfahren zur Hochrechnung (Punkt- und Intervallschätzung) der bei einer Verhaltensbeobachtung interessierenden Kennzahlen ist im Detail bei HAUTZINGER, SCHMIDT und PFEIFFER (2009) beschrieben. Dort findet sich auch eine Typologie von Kennzahlen aus Verhaltensbeobachtungen, wobei zwischen Kennzahlen für ereignisbezogene und zustandsbeschreibende Verhaltensmerkmale unterschieden wird.

<sup>23</sup> Man kann sich das Straßennetz des Untersuchungsgebiets z. B. in lauter Streckenabschnitte der Länge 10 m zerlegt vorstellen und den Mittelpunkt jedes Abschnitts als relevanten Querschnitt betrachten, an dem während des Untersuchungszeitraums Vorbeifahrten stattfinden können bzw. tatsächlich stattfinden. Das am Mittelpunkt des Streckenabschnitts beobachtete Verhalten wird dann auf die unendlich vielen Querschnitte des betreffenden Streckenabschnitts übertragen.

<sup>24</sup> Man geht hier von der Vorstellung aus, dass das Untersuchungsgebiet  $N$  relevante Straßenquerschnitte umfasst und der Untersuchungszeitraum in  $T$  Zeitintervalle zerlegt ist. Die Menge der  $NT$ -Kombinationen von Beobachtungsorten und Beobachtungszeitintervallen stellt dann die Auswahlgesamtheit für die Ziehung einer Klumpenstichprobe dar.

Bei Beobachtungen von Kfz-Führern wird als untersuchungsrelevantes Ereignis häufig ein Fahrmanöver verstanden, d. h. eine Bewegung, die mit einem Fahrzeug ausgeführt wird. Beispiele für solche Manöver sind „Verlassen eines Kreisverkehrs“ oder „Wechsel des Fahrstreifens“. Das im Zusammenhang mit diesen Manövern<sup>25</sup> interessierende ereignisbezogene Verhaltensmerkmal ist „Blinken ja/nein“. Die zu schätzende Kennzahl ist entsprechend der Anteil  $P$  der „positiven“ Ereignisse, hier also der Anteil der Fahrstreifenwechsel, bei denen der Fahrer korrekterweise blinkt. Wie eine Kennzahl dieser Art zu schätzen ist, hängt davon ab, ob die betreffenden Ereignisse nur an bestimmten Orten im Straßennetz oder an jeder beliebigen Stelle im Netz auftreten können.

Treten die untersuchungsrelevanten Ereignisse nur an ganz bestimmten Orten auf (z. B. Verlassen des Kreisverkehrs), so kann das interessierende Verkehrsverhalten selbstverständlich nur an Orten des betreffenden Typs beobachtet werden. Die Menge der möglichen Beobachtungsorte kann in diesem Fall auf die Gesamtheit aller Ausfahrten aus Kreisverkehren im Untersuchungsgebiet eingeschränkt werden. An den ausgewählten Beobachtungsorten wird während der ausgewählten Beobachtungszeiten registriert, wie viele Fahrzeuge den Kreisverkehr an der betreffenden Ausfahrt verlassen haben (Ereignisse insgesamt) und wie häufig dabei geblinkt worden ist (positive Ereignisse).

Wenn die untersuchungsrelevanten Ereignisse an jeder beliebigen Stelle im Netz auftreten können (z. B. Wechsel des Fahrstreifens), so muss bei der Abgrenzung der Menge der möglichen Beobachtungsorte vom Konzept der Zerlegung des Gesamtnetzes in einzelne kleine Streckenabschnitte ausgegangen werden. Beobachtet wird dann, wie viele Ereignisse der jeweiligen Art auf den ausgewählten Abschnitten in den ausgewählten Zeitintervallen insgesamt eingetreten sind und wie häufig dabei das interessierende Verhalten gezeigt wurde. Als Beispiel kann hier dienen, wie häufig beim Wechsel des Fahrstreifens (Ereignisse insgesamt) geblinkt wurde (positive Ereignisse).

Zustandsbeschreibende Verhaltensmerkmale charakterisieren nicht das Verhalten des Fahrers oder

der Insassen bei einzelnen (diskreten) Ereignissen oder Manövern, sondern vielmehr das Verhalten während der Fahrt insgesamt. Im Fahrtverlauf sind dabei in aller Regel Verhaltensänderungen, d. h. Änderungen der Merkmalsausprägung bzw. Übergänge von einem Zustand in einen anderen, möglich. Bei aufeinanderfolgenden Vorbeifahrten ein und desselben Fahrzeugs an verschiedenen Straßenquerschnitten kann ein zustandsbeschreibendes Verhaltensmerkmal also unterschiedliche Ausprägungen besitzen.

Zustandsbeschreibende Verhaltensmerkmale sind meist kategoriell, können aber auch metrisch sein. So ist z. B. „Fahren mit Tagesfahrlicht (ja/nein)“ ein kategorielles zustandsbeschreibendes Verhaltensmerkmal. Ein Beispiel für ein metrisches Merkmal aus der Klasse der zustandsbeschreibenden Verhaltensmerkmale ist die „Zahl der Fahrzeuginsassen“.

Bei der Untersuchung zustandsbeschreibender Merkmale im Rahmen einer Verhaltensbeobachtung ist immer nach dem Konzept der Zerlegung des Gesamtnetzes in Streckenabschnitte gleicher Länge vorzugehen. Aus einer Verhaltensbeobachtung lassen sich dann bezogen auf das betreffende Untersuchungsgebiet und den betreffenden Untersuchungszeitraum Kennzahlen der folgenden Art schätzen:

- Anteil  $Q_L$  der mit Tagesfahrlicht zurückgelegten Fahrzeugkilometer an der Summe aller Fahrzeugkilometer

Der Fahrleistungsanteil  $Q_L$  (Fahren mit Tagesfahrlicht) wird im Fall der einstufigen Klumpenstichprobe geschätzt durch die auf Stichprobenbasis berechnete Verhältniszahl

$$\frac{\gamma}{\chi}$$

wobei

$\gamma$  die Zahl der registrierten Vorbeifahrten mit eingeschaltetem Tagesfahrlicht und

$\chi$  die Zahl aller registrierten Fahrzeugvorbeifahrten bezeichnet.

- Mittlere Reisegeschwindigkeit  $\mu_v$  der Fahrzeuge im Netz

Aus einer stichprobenartigen Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr kann im Fall der einstufigen Klumpenauswahl von Primäreinheiten die

<sup>25</sup> Das ereignisbezogene Merkmal „Blinken beim Verlassen eines Kreisverkehrs“ ist ortsbezogen, das ebenfalls ereignisbezogene Merkmal „Blinken beim Wechsel des Fahrstreifens“ dagegen ortsunabhängig.

mittlere Reisegeschwindigkeit  $\mu_v$  durch die Verhältniszahl

$$\frac{\chi}{\alpha}$$

geschätzt werden, wobei

$\alpha$  die Summe der Kehrwerte der gemessenen Geschwindigkeiten und

$\chi$  die Zahl aller registrierten Fahrzeugvorbeifahrten

bezeichnet.

- Mittlerer Besetzungsgrad  $R_B$  der Fahrzeuge (Verhältnis zwischen Summe der Insassenkilometer und Summe der Fahrzeugkilometer).

Auf Stichprobenbasis kann im Fall der einstufigen Klumpenstichprobe der Besetzungsgrad  $R_B$  durch die Verhältniszahl

$$\frac{z}{x}$$

geschätzt werden, wobei

$z$  die Zahl der registrierten Insassen-Vorbeifahrten und

$x$  die Zahl der registrierten Fahrzeug-Vorbeifahrten

bezeichnet.

### Vermeidung systematischer Fehler

Bei HAUTZINGER et al. (2009) findet sich eine unter erhebungspraktischen Gesichtspunkten aufbereitete und zusammengefasste Darstellung des entwickelten methodischen Rahmenkonzept zur Verkehrsverhaltensbeobachtung. In Anlehnung an EBY & STREFF (1994) wird ein aus sechs Schritten bestehender Orientierungsrahmen für das konkrete Vorgehen bei Beobachtungsstudien vorgestellt, durch dessen Beachtung systematische Fehler vermieden werden können.

Schritt 1: Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands

Wie bei jeder Erhebung muss der Untersuchungsgegenstand einer Verhaltensbeobachtung in räumlicher, zeitlicher und sachlicher Hinsicht abgegrenzt werden.

Die räumliche Abgrenzung läuft auf eine exakte Beschreibung des im Erhebungsgebiet zu untersuchenden Netzes bzw. Teilnetzes (ggf. auch der zu untersuchenden Netzelemente) hinaus. Eine Verallgemeinerung der aus stichprobenartigen Beobachtungen in einem vorab definierten Erhebungsgebiet (z. B. innerörtliche Knotenpunkte in Gemeinden des Landkreises A) gewonnenen Resultate für Regionen, die nicht zum Erhebungsgebiet gehören (z. B. innerörtliche Knotenpunkte in Gemeinden des Landkreises B), ist streng genommen nicht zulässig; zumindest gibt es keine stichprobentheoretische Grundlage für derartige Übertragungen von Resultaten, da im vorliegenden Beispiel Beobachtungsorte aus Landkreis B von vorneherein keine Auswahlchance haben.

Die zeitliche Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands ist gleichbedeutend mit einer Festlegung der Zeiträume bzw. Zeitabschnitte (z. B. Monate, Wochentage, Tageszeiten), auf welche sich die zu schätzenden Verhaltenskennzahlen (z. B. Fahrleistungsanteil „mit Licht“) beziehen sollen. Das Verhaltensmerkmal „Fahren mit/ohne Tagesfahrlicht“ kann logischerweise nur bei Helligkeit erhoben werden, Beobachtungen zur Gurtnutzung setzen voraus, dass – von der Benutzung von Nachtsichtgeräten einmal abgesehen – genügend Tageslicht vorhanden ist, um das Merkmal „Gurttragen ja/nein“ hinreichend genau erfassen zu können. Je nach Jahreszeit – und im Übrigen auch je nach geografischer Lage des Erhebungsgebiets – wird somit die täglich zur Verfügung stehende Beobachtungsdauer variieren. Der Untersuchungszeitraum könnte in diesem Fall also alle Stunden des Jahres umfassen, für welche die Lichtverhältnisse durch die Kategorie „Helligkeit“ gekennzeichnet sind (eine operationale Definition dieses Untersuchungszeitraums ist schwierig!). An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass analog zum Untersuchungsgebiet die Beobachtungsergebnisse nur für den entsprechenden Untersuchungszeitraum gültig sind. So können werktägliche Erhebungen zur Gurtnutzung nicht verwendet werden, um für das Verkehrsaufkommen an Wochenenden den mit Gurt zurückgelegten Fahr- bzw. Verkehrsleistungsanteil zu schätzen.

In sachlicher Hinsicht muss festgelegt werden, welche Ereignisse in die Erhebung einbezogen werden sollen. Hierbei geht es also insbesondere darum zu definieren, welche Verkehrsteilnehmer oder, bei einer Begrenzung auf Fahrzeuge, welche Fahrzeugarten in der Erhebung berücksichtigt bzw. nicht berücksichtigt werden (z. B. keine schweren Lkw,;

keine Mofas, keine landwirtschaftlichen Fahrzeuge etc.). Darüber hinaus ist im Vorhinein zu entscheiden, wie mit Militärkolonnen oder Einsatzfahrzeugen von Polizei und Rettungsdiensten umgegangen werden soll.

#### Schritt 2: Auswahl der Beobachtungsorte

Für eine Zufallsauswahl von Beobachtungsorten muss zunächst für das in Schritt 1 abgegrenzte Gebiet eine Liste aller potenziellen Beobachtungsorte (Auswahlgrundlage) erstellt werden. Bei der Erhebung ortsbezogener Verhaltensmerkmalen, handelt es sich in der Regel um eine abgrenzbare Menge von Verkehrsinfrastruktureinrichtungen (Knotenpunkte, Kreisverkehre, Fußgängerüberwege etc.), die ggf. aus vorhandenen Straßendatenbanken separiert werden kann. Im Falle einer sehr kleinräumigen Studie ist es natürlich auch denkbar, die Auswahlgrundlage „von Hand“ durch systematisches Begehen oder Befahren des Gebietes mit entsprechender Aufzeichnung der relevanten Knotenpunkte etc. zu erstellen.

Ortsunabhängige Verhaltensmerkmale (z. B. Gurtnutzung) können dagegen an jedem beliebigen Straßenquerschnitt beobachtet werden. Zur Generierung einer Auswahlgrundlage kann das oben beschriebene Verfahren einer Zerlegung des Straßennetzes in etwa gleich lange Teilabschnitte verwendet werden. Eine neuartige, auf der Nutzung von Navigationsnetzen basierende technische Umsetzungsmöglichkeit des Verfahrens der Auswahl von Beobachtungsorten wurde von HAUTZINGER et al. (2009) entwickelt.

Hat man eine geeignete Liste von  $N$  potenziellen Beobachtungsorten, so muss eine Stichprobe von  $n$  Orten nach dem Muster einer Zufallsauswahl mit Zurücklegen gezogen werden. Dabei kann so vorgegangen werden, dass zunächst alle Elemente der Liste von 1 bis  $N$  durchnummeriert werden. Danach wird  $n$ -mal eine Zufallszahl zwischen 1 und  $N$  bestimmt, wobei jeweils das Listenelement mit der gezogenen Nummer als ausgewählt gilt. Umfasst die Liste beispielsweise 800 mögliche Beobachtungsorte und möchte man 50 davon auswählen, so ist 50-mal eine Zufallszahl zwischen 1 und 800 zu bestimmen<sup>26</sup>. Das heißt, dass ein Beobachtungsort mehrfach in die Stichprobe gelangen kann (Auswahl mit Zurücklegen) und in diesem Fall auch mehrfach (nämlich zu verschiedenen Zeiten) zu erheben ist.

Lässt sich die Gesamtheit der möglichen Beobachtungsorte nach bestimmten Merkmalen in disjunkte Schichten zerlegen (z. B. bei Knoten nach Ortslage oder bei Straßenquerschnitten nach Straßenklasse), so kann eine geschichtete Zufallsauswahl vorgenommen werden. Der eben geschilderte Auswahlprozess ist dann innerhalb jeder einzelnen Schicht vorzunehmen. Eine Schichtung erbringt bekanntermaßen dann eine höhere Genauigkeit der Ergebnisse, wenn das Untersuchungsmerkmal (z. B. Tagesfahrlicht) stark mit dem Schichtungsmerkmal (z. B. Straßenklasse) korreliert.

#### Schritt 3: Auswahl der Beobachtungszeiten und Zuordnung von Zeiten und Orten der Verhaltensbeobachtung

Für die Auswahl der Beobachtungszeiten und ihre Zuordnung zu Beobachtungsorten ist zunächst der gesamte Untersuchungszeitraum in Zeitintervalle gleicher Länge (z. B. ein oder zwei Stunden – dies kann auch vom Verkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet abhängig gemacht werden) zu zerlegen.

Umfasst ein vierwöchiger Untersuchungszeitraum (28 Tage) z. B. jeweils die Tageszeiten zwischen 9:00 Uhr und 17:00 Uhr (8 Stunden), so hat man es mit einem Untersuchungszeitraum der Länge  $28 \times 8 = 224$  Stunden zu tun. Wird nun an jedem Tag der maßgebliche Zeitraum (9:00 bis 17:00 Uhr) in 4 Zeitintervalle à 2 Stunden unterteilt, so untergliedert sich der gesamte Untersuchungszeitraum in  $T = 112$  Zeitintervalle. Aus einer Liste dieser  $T$  Intervalle ist dann eine Zufallsauswahl (mit Zurücklegen) von  $n$  Intervallen vorzunehmen. In Bezug auf die Ziehungsmethodik kann dabei ganz analog zur Vorgehensweise bei der Auswahl der Orte verfahren werden. Im vorliegenden Beispiel heißt dies, dass 50-mal eine Zufallszahl zwischen 1 und 112 zu bestimmen ist. Kombiniert man die ausgewählten 50 Beobachtungsorte mit den ausgewählten 50 Beobachtungszeitintervallen (z. B. indem man den ersten Beobachtungsort mit dem ersten Zeitintervall, den zweiten Beobachtungsort mit dem zweiten Zeitintervall usw. der jeweiligen Stichproben ver-

<sup>26</sup> Alternativ kann eine Datei erzeugt werden, in der jedes Element der Grundgesamtheit  $n$ -mal enthalten ist. Jeder der  $n \times N$  Datenzeilen wird dann eine Zufallszahl zugewiesen, nach welcher der Datensatz anschließend zu sortieren ist. Die Stichprobe besteht dann aus den ersten  $n$  Zeilen des sortierten Datensatzes.

knüpft), so erhält man die benötigte Stichprobe der 50 Primär- bzw. Erhebungseinheiten.

Innerhalb der so bestimmten Erhebungseinheiten (Kombinationen von Beobachtungsort und -zeit) sollten dann nach Möglichkeit alle Ereignisse beobachtet werden. Zulässig ist es jedoch auch, nach dem Prinzip einer systematischen Zufallsauswahl nur bei jedem k-ten Ereignis das Untersuchungsmerkmal zu erheben.

#### Schritt 4: Bereitstellung technischer Hilfsmittel und Beobachterschulung

Eine ausführliche Unterweisung der Beobachter ist wichtig, um einen hohen Grad an Standardisierung zu erreichen. Aussagefähige Ergebnisse sind nur dann zu erhalten, wenn man sich sicher sein kann, dass alle Beobachter bei der Merkmalerfassung in identischer Weise vorgehen.

Im Vorfeld der Erhebungsdurchführung und der Beobachterschulung müssen zunächst einmal alle notwendigen Materialien, Hilfsmittel und – sofern erforderlich – technischen Geräte in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen. Dies betrifft z. B.:

- Beobachtungsprotokolle (Datenformulare) bzw. technische Erfassungshilfen wie z. B. PDAs,
- Uhren/ggf. Stoppuhren,
- Karte des Untersuchungsgebiets mit eingezeichneten Beobachtungsstandorten,
- Liste aller Beobachtungsorte, innerorts mit „Adresse“,
- Warnwesten,
- ggf. technische Geräte zur Datenerhebung (Kamera, Video, Nachtsichtgeräte) und zur Beleuchtungsstärkemessung (Luxmeter) inkl. Bedienungsanleitung.

Die eigentliche Schulung sollte im Idealfall aus einem theoretischen und einem praktischen Teil bestehen. Im theoretischen Teil sollte der Erhebungsablauf detailliert durchgesprochen und das korrekte Ausfüllen der entsprechenden Formblätter (bzw. die elektronische Erfassung) erläutert werden. Die Beobachter sind auf mögliche Gefahren aufmerksam zu machen und müssen auf eventuell auftretende Probleme (z. B. schlechtes Wetter und damit möglicherweise verbundene Sichteinschränkungen oder Sichtbehinderungen durch getönte Scheiben

bei der Beobachtung des Fahrzeuginnenraums) durch entsprechende Handlungsanweisungen vorbereitet werden. Darüber hinaus ist darauf hinzuwirken, dass Beobachter hinsichtlich des äußeren Erscheinungsbildes so auftreten, dass sie nicht mit Verkehrsüberwachungspersonal verwechselt werden, da sich dies auf das Verhalten der zu beobachtenden Personen auswirken kann.

Im praktischen Teil der Schulung sollte von jedem Beobachter der gesamte Prozess der Beobachtung an einer realistischen Beobachtungsstelle durchgespielt werden.

#### Schritt 5: Durchführung der Beobachtung

Im Vorfeld der Erhebung ist für die ausgewählten Beobachtungsorte zu prüfen, ob die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Durchführung der Beobachtung gegeben sind (beispielsweise ist für die Beobachtung der Gurnutzung von Lkw-Insassen ein erhöhter Standort notwendig). Hierbei spielt natürlich die Sicherheit der Beobachter eine zentrale Rolle. Erweist sich ein Standort als gänzlich ungeeignet<sup>27</sup>, sollte die Erhebung an einem im Vorhinein zufällig ausgewählten Reservepunkt stattfinden.

An Straßenquerschnitten sollten entweder beide Fahrrichtungen gleichzeitig erhoben oder es sollte grundsätzlich immer nur eine Fahrrichtung (zufällig) ausgewählt werden. Aus statistischer Sicht ist dagegen nicht zu empfehlen, beide Fahrrichtungen zeitlich versetzt (nacheinander) zu beobachten. Darüber hinaus muss noch entschieden werden, ob bei mehrspurigen Straßen alle Fahrstreifen beobachtet werden oder nur ein Fahrstreifen zufällig ausgewählt wird.

Analog ist bei der Erhebung ortsbezogener Verhaltensmerkmale an Knotenpunkten ein Standort (Knotenarm) zufällig auszuwählen, sofern – z. B. aus Kapazitätsgründen – nicht alle Knotenarme gleichzeitig erhoben werden können.

Die Verhaltensbeobachtung selbst kann per Augenschein oder apparativ, also unter Verwendung elektronischer Aufzeichnungsgeräte (Video), vorge-

<sup>27</sup> Gemeint ist hier der Fall, dass in der unmittelbaren Nähe des eigentlich ausgewählten (aber ungeeigneten) Beobachtungspunktes kein adäquater Ersatzort gefunden werden kann.

nommen werden. KORDA (1999) nennt folgende Vorteile einer Videoaufzeichnung:

- Möglichkeit einer kontinuierlichen Beobachtung (d. h. keine Ausfallzeiten durch Ausfüllen der Datenblätter)
- keine spontane Beurteilung erforderlich,
- nachträgliche Überprüfung möglich,
- keine Beeinflussung der Ergebnisse durch Konzentrationsschwächen der Beobachter.

Diesen Vorteilen stehen jedoch auch einige Nachteile gegenüber:

- eingeschränkter Einsatz (bzw. Geräteausfall) bei schlechten Licht- und Witterungsverhältnissen,
- optische Verzerrung aufgrund der Objektive (z. B. „Phantomlicht“),
- hoher Auswertungsaufwand, da keine automatisierte Auswertung möglich,
- ggf. Fehlreaktionen der beobachteten Verkehrsteilnehmer, weil die Beobachtung eventuell als Geschwindigkeitskontrolle oder dergleichen fehlinterpretiert wird.

Insbesondere der letztgenannte Punkt erscheint sowohl unter methodischen als auch unter Verkehrssicherheitsaspekten problematisch. Um das Verhalten der Verkehrsteilnehmer nicht zu beeinflussen und vor allem um keine gefährlichen Verkehrssituationen oder gar Unfälle zu verursachen, sollte die Beobachtung des fließenden Verkehrs so weit wie möglich verdeckt vorgenommen werden.

Die Erfassung des Beobachteten kann entweder per Hand über entsprechende (vorbereitete) Datenformulare oder unter Zuhilfenahme elektronischer „Registrierhilfen“ (LIMBOURG, 2005) erfolgen. In jedem Erhebungsintervall müssen die Zahl der (untersuchungsrelevanten) Verkehrsteilnehmer bzw. Fahrzeuge insgesamt sowie die Zahl der Verkehrsteilnehmer bzw. Fahrzeuge mit der jeweils interessierenden „positiven“ Ausprägung (Licht an; Gurt angelegt; Blinker betätigt etc.) erfasst werden, und zwar auch dann, wenn nur jede  $k$ -te Vorbeifahrt im Hinblick auf das Verhaltensmerkmal beobachtet wird. Darüber hinaus sollten in jedem Fall noch Datum und Uhrzeit, der Name des Beobachters sowie Angaben zur Beobachtungsstelle dokumentiert werden.

Schritt 6: Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

In vielen Fällen hat das in Beobachtungsstudien untersuchte Verhaltensmerkmal nur zwei Ausprägungen. Durch Verhaltensbeobachtung an ausgewählten Orten während ausgewählter Zeitintervalle wird deshalb in der Regel eine empirische Quote ermittelt, beispielsweise die Quote der Fahrzeugvorbeifahrten mit Tagesfahrlicht. Diese Quote wird so berechnet, dass die Gesamtzahl der Vorbeifahrten mit eingeschaltetem Licht (Summe über alle Beobachtungsorte und -zeitintervalle) ins Verhältnis gesetzt wird zur Gesamtzahl aller beobachteten Vorbeifahrten – auch hier wieder zu verstehen als Summe über alle Erhebungseinheiten.

Je nach Beobachtungsmerkmal ist die ermittelte Quote ein Schätzwert für unterschiedliche Typen von Verhaltenskennzahlen.

Bei ereignisbezogenen Merkmalen wie z. B. „Verhalten beim Rechtsabbiegen an roter Ampel mit Grünpfeil (vorher anhalten ja/nein)“ lässt sich die resultierende empirische Quote  $q$  der „positiven“ Ereignisse wie folgt interpretieren: Die empirisch ermittelte Quote  $q$  ist ein Schätzwert für den unbekanntem Anteil aller im Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraums stattfindenden „positiven“ Ereignisse. Bezogen auf das vorangegangene Beispiel lautet die Interpretation demnach wie folgt: Bei etwa  $q$  % aller Rechtsabbiegevorgänge bei Rot an Ampeln mit Grünpfeil ist das Verhalten des Fahrers korrekt („vorher anhalten“).

Bei zustandsbeschreibenden Merkmalen wie z. B. „Radfahren mit Fahrradhelm (ja/nein)“ lässt sich die empirisch ermittelte Quote  $q = y/x$  (hier die Anzahl  $y$  der Vorbeifahrten von Radfahrern mit Fahrradhelm bezogen auf die Anzahl  $x$  der Vorbeifahrten von Radfahrern insgesamt) als Schätzwert für den unbekanntem Anteil der Personenkilometer im Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraums interpretieren, die in dem entsprechenden „positiven Zustand“ (mit Helm o. Ä.) zurückgelegt werden. Während bei ereignisbezogenen Verhaltensmerkmalen die empirische Quote  $q$  ein Schätzwert für einen unbekanntem Anteilswert darstellt, ist bei zustandsbeschreibenden Merkmalen die Quote  $q$  ein Schätzwert für eine Verhältniszahl (Summe der Verkehrsleistungen im positiven Zustand bezogen auf die Summe aller Verkehrsleistungen).

Wenn zur Beurteilung der Erhebungsgenauigkeit ein Konfidenzintervall für einen unbekanntem Anteilswert oder eine unbekanntes Verhältniszahl berechnet wird, so muss zwingend beachtet werden, dass die erfassten Ereignisse aus einer Klumpenstichprobe stammen und nicht etwa aus einer uneingeschränkten Zufallsauswahl aus der Grundgesamtheit aller Ereignisse. Verwendet man zur Schätzung der Varianz von  $q = y/x$  anstelle der bei Klumpenstichproben korrekten Formel

$$\frac{1}{n(n-1)\bar{x}^2} \sum_{i=1}^n (y_i - qx_i)^2$$

fälschlicherweise die (für die uneingeschränkte Zufallsauswahl geltende) Formel  $[q(1-q)/x]$ , wobei  $x$  die Gesamtzahl aller registrierten Vorbeifahrten bezeichnet (Summe über alle Beobachtungsorte und -zeiten), so kann dies unter bestimmten Umständen zur völligen Fehleinschätzung der Erhebungsgenauigkeit führen.

Dies wird nachfolgend anhand von Daten aus der bundesweiten Erhebung zum Fahren mit Tagesfahrlicht bei Kraftfahrzeugen illustriert: Für  $n = 237$  Erhebungseinheiten (Kombinationen von Orten und Zeiten) wurden  $x = 60.148$  Vorbeifahrten erfasst, unter denen  $y = 29.718$  Vorbeifahrten mit Licht waren. Als empirische „Lichtquote“ ergibt sich somit  $q = 0,494$  (d. h. 49,4 % Vorbeifahrten mit Licht). Nach der obigen unkorrekten Formel ergibt sich für den unbekanntem Anteil  $Q$  der Fahrleistung mit Licht das folgende Konfidenzintervall zum Sicherheitsgrad 95 %:

49,0 % bis 49,8 %.

Unter Verwendung der korrekten Varianzformel erhält man dagegen das wesentlich breitere Intervall

45,8 % bis 53,1 %.

Grund für diesen beträchtlichen Unterschied ist die starke Streuung der Zahl der Vorbeifahrten mit Tagesfahrlicht zwischen den 237 Erhebungseinheiten. Streut das Untersuchungsmerkmal in räumlicher und zeitlicher Hinsicht weniger stark, so fällt der Unterschied nicht so groß aus. Dies dürfte z. B. für das Merkmal Gurtragen gelten.

## 8 Qualitätsstrategien für Verkehrsbefragungen

### 8.1 Anforderungen an das Erhebungsverfahren und die Datenqualität

#### 8.1.1 Auftraggeber und Anlässe

Verkehrsbefragungen werden häufig durch öffentliche Auftraggeber (Bund, Länder, Regionsverwaltungen, Verkehrs- und Zweckverbände sowie Kommunen) beauftragt. Private Auftraggeber (Wirtschaftsunternehmen, Bürgerinitiativen, seltener auch Privatpersonen) spielen bei Verkehrsbefragungen eher eine untergeordnete Rolle. Verkehrsbefragungen werden i. d. R. durchgeführt, um Informationen zum Verkehrsverhalten und dessen Hintergründe sowie Einstellungen und Präferenzen der Verkehrsteilnehmer zu erhalten. Die Ergebnisse der Befragungen können sich zum einen auf einen festgelegten Zeitpunkt beziehen, zum anderen lassen sich durch die Betrachtung

- zweier Zeitpunkte Vorher-Nachher-Aussagen zu Veränderungen im Verkehrsverhalten z. B. aufgrund verkehrlicher Maßnahmen treffen,
- mehrerer aufeinanderfolgender Zeitpunkte Zeitreihen aufstellen, die Aufschluss über die verkehrliche Entwicklung innerhalb eines Untersuchungsraumes geben.

In Abhängigkeit von der Art der Verkehrsbefragung (vgl. Kapitel 8.2 bis 8.7) liegen unterschiedliche Anlässe für die Erhebung vor. Im Folgenden werden einige typische Beispiele aufgeführt.

Eine Befragung von Fußgängern und Radfahrern wird häufig durchgeführt, um den Zustand eines bestehenden Fußwege- bzw. Radwegenetzes aus Sicht des Nutzers oder das Verkehrsverhalten und dessen Motive zu erfassen. Die erhobenen Daten werden für die Entwicklung planerischer Maßnahmen zur Verbesserung des Wegenetzes verwendet.

Haushaltsbefragungen werden i. d. R. im Rahmen der Verkehrsentwicklungsplanung als Grundlage der modellgestützten Analyse und Prognose des Verkehrsgeschehens durchgeführt. Die Befragungsergebnisse gehen häufig als direkte Eingangsgrößen in das Verkehrsnachfragemodell ein und bzw. oder dienen der Kalibrierung des Modells. Haushaltsbefragungen sind auf das Gebiet des Pla-

nungsraums beschränkt und bilden die Verkehrsnachfrage der dort ansässigen Einwohner ab. Der Planungsraum ist dabei der räumliche Bereich, für den Handlungskonzepte und Maßnahmen erarbeitet werden sollen. Der Untersuchungsraum umfasst demgegenüber den Planungsraum selbst und dessen verkehrlichen Einflussbereich.

Eine Befragung von Kfz-Führern und -Insassen wird für eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgabenstellungen durchgeführt, z. B. zur

- Ermittlung des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs eines Planungsraumes (Kordonenerhebung),
- Überprüfung von Parkraumkonzepten,
- Analyse und Prognose der Nachfrage im ruhenden Verkehr,
- Ermittlung von Informationen zum Befolgungsgrad und zur Akzeptanz von Verkehrsbeeinflussungsanlagen.

Bei einer Kordonenerhebung wird der gesamte ein- und ausströmende Verkehr in einem Planungsraum gezählt und stichprobenartig befragt.

Fahrgastbefragungen im öffentlichen Verkehr werden i. d. R. im Auftrag von Verkehrsunternehmen oder Verkehrsverbänden durchgeführt. Zu den wesentlichen Anlässe zählen

- Optimierung des Verkehrsangebotes (Linienetz, Fahrplan),
- Ermittlung von Einnahmenansprüchen einzelner Verkehrsunternehmen im Verbund,
- Linienlös- und Linienfolgsrechnungen,
- Ermittlung des Schwerbehindertenquotienten (Verhältnis der unentgeltlich beförderten Fahrgäste zu den sonstigen Fahrgästen),
- Ermittlung der mittleren Reiseweite im Ausbildungsverkehr für eine Antragstellung auf Ausgleichszahlungen.

Befragungen am Aktivitätsort werden häufig veranlasst, um Informationen zum Kunden- und Verkehrsverhalten sowie Daten zu Einstellungen und Präferenzen hinsichtlich des Aktivitätsortes zu gewinnen. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden häufig für Planungen des Freizeit-, Einkaufs- und Veranstaltungsverkehrs sowie zur Weiterent-

wicklung der Einrichtung bzw. Veranstaltung am Aktivitätsort genutzt.

Betriebs- und Unternehmensbefragungen sind ein wichtiges Instrument, um Erkenntnisse und Daten zum Wirtschaftsverkehr zu gewinnen. Die Ergebnisse dieser Befragungsform liefern zusammen mit den Ergebnissen der Haushaltsbefragung und der Kordonenerhebung ein vollständiges Abbild des Verkehrsgeschehens – Personen- und Güterverkehr – in einem Untersuchungsraum.

### 8.1.2 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Wie bei allen Verkehrserhebungen ergeben sich die Anforderungen an die entsprechende Verkehrsbefragung aus den Untersuchungszielen und der vom Auftraggeber gewünschten Nutzung der Daten (vgl. Kapitel 4.4.1). Darüber hinaus sollte der Auftragnehmer die gültigen Normen und Regelwerke bei der Konzeption der Befragung berücksichtigen:

- In der Norm DIN ISO 20252 des Deutschen Instituts für Normung sind Begriffe und Definitionen sowie Anforderungen an die Dienstleistungen festgelegt, die an Markt-, Meinungs- und Sozialforschung betreibende Organisationen und Personen gestellt werden. Sie besitzt somit auch für Institutionen Gültigkeit, die Verkehrsbefragungen durchführen (DIN ISO 20252, 2006). Auf Basis der Grundsätze der internationalen Qualitätsstandards gibt die Norm allgemeine Hinweise, wie Befragungen konzipiert und durchgeführt sowie deren Ergebnisse erfasst und verarbeitet werden sollen.
- Die „Empfehlungen für Verkehrserhebungen – EVE 91“ geben Hinweise für die Konzeption und Durchführung von Verkehrserhebungen, wobei sich Umfang und Tiefe der Darstellung zwischen den einzelnen Erhebungsformen erheblich unterscheiden (FGSV, 1991). Bei der Anwendung der EVE 91 ist zu beachten, dass einzelne Abschnitte veraltet sind und nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Eine neue Fassung ist derzeit in Bearbeitung.
- In der VDV-Schriftenreihe 10/92 „Verkehrserhebungen“ werden die im ÖV angewandten Erhebungsverfahren beschrieben (VDV, 1992). Ein wesentlicher Schwerpunkt der VDV-Schrift liegt in der Darstellung der für die Vorbereitung,

Durchführung und Auswertung der Erhebungen notwendigen Arbeitsschritte. Analog zur EVE 91 entsprechen auch hier einige Beschreibungen nicht dem aktuellen Stand der Technik.

- Fahrgastbefragungen zur Ermittlung von Ausgleichsleistungen zur Schwerbehindertenbeförderung gemäß § 148 Abs. (5) des Sozialgesetzbuches Teil 9 (SGB Teil IX) sind nach Maßgaben der im betreffenden Bundesland geltenden Verwaltungsvorschriften durchzuführen. Der Anspruch des Verkehrsunternehmens auf Ausgleichsleistungen hängt von der Einhaltung der in den Vorschriften genannten Vorgaben zu Stichprobenplanung und Durchführung ab.
- In den „Hinweisen zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences“ (FGSV, 1996) werden die Vor- und Nachteile der Methoden der Stated Preferences gegenüber anderen Befragungs- und Analyseformen aufgezeigt und die verschiedenen Formen und Einsatzmöglichkeiten detailliert beschrieben. Stated-Preference-Befragungen werden eingesetzt, wenn hypothetisches Verhalten zu konkreten, zukünftigen Maßnahmen abgeschätzt werden soll.
- Die „Hinweise zu Methoden computergestützter Erhebungen zum individuellen Verkehrsverhalten“ der FGSV geben einen Überblick über die jeweiligen Anwendungsfelder computergestützter Erhebungsverfahren und Entscheidungshilfen bei der Auswahl des für die jeweilige Fragestellung am besten geeigneten Verfahrens (FGSV, 2004).

Da Verkehrsbefragungen i. d. R. persönliche Daten erfassen, müssen die geltenden gesetzlichen Regelungen zum Datenschutz eingehalten werden. Das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) regelt auf Bundesebene den Datenschutz für die Bundesbehörden und den privaten Bereich, d. h. für alle Wirtschaftsunternehmen und Privatpersonen. Daneben regeln die Landesdatenschutzgesetze der Bundesländer den Datenschutz in Landes- und Kommunalbehörden. Neben den allgemeinen Datenschutzgesetzen (BDSG, Landesdatenschutzgesetze) gibt es eine Vielzahl bereichsspezifischer Datenschutzregelungen. So sind z. B. bei mobilfunkgestützten Verkehrsbefragungen die Vorschriften des Telekommunikationsgesetzes (TKG) zu berücksichtigen.

## 8.2 Qualitätssicherung und Fehlervermeidung

### 8.2.1 Fußgänger- und Radfahrerbefragungen im Verkehrssystem

Mit Hilfe von Fußgänger- und Radfahrerbefragungen werden i. d. R. stichtagsbezogene Informationen an mindestens einem Querschnitt im Straßen- und Wegenetz erhoben. Die Befragung der Fußgänger und/oder Radfahrer erfolgt als persönliches Interview, ggf. mit Computerunterstützung (CAPI).

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Fußgänger- und Radfahrerbefragungen werden i. d. R. parallel zu entsprechenden Zählungen durchgeführt. In Einzelfällen liegen Zähldaten bereits aus automatischen Dauerzählstellen für den Radverkehr vor.

Analog zu Fahrgast- und Besucherbefragungen oder Befragungen von Kfz-Führern und/oder Kfz-Insassen dienen die Zähldaten als Grundlage für die Hochrechnung der Befragungsdaten. Die Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren sind daher bei den o. g. Befragungsverfahren sehr ähnlich.

Befragungen von Fußgängern bzw. Radfahrern sind i. d. R. Stichprobenerhebungen, bei denen aus der Grundgesamtheit aller einen Querschnitt passierenden Fußgänger bzw. Radfahrer eine Teilmenge herausgegriffen wird (einfache Zufallsauswahl). Dabei ist darauf zu achten, dass tatsächlich eine zufällige Auswahl stattfindet. Bei gering belasteten Erhebungsquerschnitten sollte eine Vollerhebung angestrebt werden.

Zur Erläuterung der Zufallsauswahl ein Beispiel für eine Fußgängerbefragung: Zu Beginn der Befragung wird die Schrittweite  $k$  festgelegt. Aus den ersten  $k$ -Fußgängern wird dann die erste zu befragende Person (Startzahl  $s$ ) zufällig ausgewählt und befragt. Bei einer Schrittweite  $k = 5$  und der Startzahl  $s = 3$  gehören also die Fußgänger 3, 8, 13, 18 usw. zur Stichprobe. Der Stichprobenanteil entspricht dem Kehrwert der Schrittweite ( $1/k$ ). Der Umfang der Grundgesamtheit ergibt sich am Ende der Untersuchung aus dem Produkt der Anzahl der Befragten und der Schrittweite  $k$ .

Da die Nachfrage im Fuß- und Radverkehr stark von der Witterung abhängt, ist dieser Aspekt bei der

Wahl des Erhebungszeitraumes vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung zu berücksichtigen. Dabei gelten z. B. für die Erfassung des Alltag-Radverkehrs andere Vorgaben als bei Fragestellungen zum touristischen Radverkehr, da die Witterung beide Verkehrsarten unterschiedlich stark beeinflusst. Die für Fußgänger- und Radfahrerzählungen in Kapitel 5.2.1 genannten Erhebungszeiten und -dauern gelten ebenso für Befragungen von Fußgängern und Radfahrern. Generell ist der Dienstag für Erhebungen des alltäglichen nicht-motorisierten Verkehrs am besten geeignet, wobei beim Fußverkehrsaufkommen zwischen den einzelnen Werktagen keine wesentlichen Unterschiede bestehen, sofern nicht äußere Einflüsse vorhanden sind (AG HSR/PESTALOZZI & STÄHELI/SAUTER, 2005).

### **Vermeidung systematischer Fehler**

Die Fußgänger- und Radfahrerbefragung weist die allgemeinen Fehler- und Problembereiche des persönlichen Interviews auf (Interviewer-Effekte, Interviewer-Fehler u. Ä.), sodass der Auswahl, Schulung, Betreuung und Überwachung des Erhebungspersonals eine hohe Bedeutung zukommt (vgl. Kapitel 4.4.3).

Weitere systematische Fehler können durch einen hohen Anteil von Verweigerern und durch eine willkürliche Auswahl der Interviewer verursacht werden. Die Interviewer sind daher im Rahmen der Schulung darauf hinzuweisen, Verkehrsteilnehmer unabhängig von Alter, Geschlecht und Aussehen gleichermaßen zu befragen.

Bei Befragungen von Radfahrern sind bestimmte Gruppen in der Stichprobe im Vergleich zur Grundgesamtheit aller gezählten Radfahrer über- bzw. unterrepräsentiert. Reisende in Gruppe halten beispielsweise eher an, um an der Befragung teilzunehmen, während Einzelfahrer dagegen eine geringere Teilnahmebereitschaft aufweisen (AG HSR/PESTALOZZI & STÄHELI/SAUTER, 2005).

Wie bei allen Befragungen im Verkehrssystem sollten die Interviews eine Dauer von zwei bis drei Minuten nicht überschreiten. Längere Interviews verringern die Befragungsquote bei gleichem Personalaufwand und erhöhen die Wahrscheinlichkeit für einen Abbruch des Interviews.

Antworten zu Ortsangaben wie Quelle und Ziel eines Weges sind häufig unscharf. Der Interviewer

sollte daher auf eine eindeutige Erfassung der Ortsangaben achten.

### **8.2.2 Befragung von Kfz-Führern und Kfz-Insassen im Verkehrssystem**

Bei den Befragungen von Kfz-Führern und Kfz-Insassen lassen sich zwei Verfahren unterscheiden: Befragungen im Straßennetz und Befragungen auf Anlagen des ruhenden Verkehrs. Wie bei allen Befragungen im Verkehrssystem erfolgt die Datenerfassung als persönliches Interview, ggf. mit Computerunterstützung (CAPI).

Bei Befragungen im Straßennetz werden stichtagsbezogene Informationen, meist zum Verkehrsverhalten und dessen Hintergründen (z. B. Quelle und Ziel der Fahrt, Fahrtzweck), an mindestens einem Querschnitt erhoben. Sind die Querschnitte ringförmig um den Planungsraum angeordnet, spricht man von einer Kordonbefragung. Durch Befragungen auf Anlagen des ruhenden Verkehrs werden i. Allg. Informationen zum Parkverhalten wie beispielsweise Quelle und Zweck der aktuellen Fahrt sowie die Entfernung des Stellplatzes vom eigentlichen Zielpunkt erfasst.

Unter methodischen Aspekten gibt es bei den einzelnen Verfahren viele Gemeinsamkeiten (z. B. bei der Stichprobenauswahl). Unterschiede liegen insbesondere bei den Erhebungsinhalten sowie bei der Erhebungsorganisation vor. Soweit spezielle Aspekte der o. g. Verfahren die Qualität der Ergebnisse beeinflussen, werden im Folgenden Hinweise für die einzelnen Verfahren gegeben.

### **Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren**

Befragungen von Kfz-Führern und Kfz-Insassen werden häufig parallel zu entsprechenden Zählungen durchgeführt. Wenn Zählungen aus automatischen Dauerzählstellen in der für das Untersuchungsziel erforderlichen Differenzierung, z. B. nach Fahrzeuggruppen, vorliegen, kann auf diese zurückgegriffen werden.

Analog zu Fußgänger-, Radfahrer-, Fahrgast- und Besucherbefragungen dienen die Zählungen als Grundlage für die Hochrechnung der Befragungsdaten. Die Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren entsprechen daher den in Kapitel 8.2.1 genannten Grundsätzen. Bei einer Kordonbefragung werden die Fahr-

zeuge von Polizeikräften aufgrund einer Stichprobenvorgabe aus dem fließenden Verkehr ausgewählt. Im gleichmäßigen Wechsel wird i. d. R. eine Gruppe von  $n$  Fahrzeugen erfasst, während die darauffolgende Gruppe von  $m$  Fahrzeugen die Zählstelle ungehindert passieren kann. Bei geringem Verkehrsaufkommen und beengten Verhältnissen im Straßenraum werden alle Kfz-Führer befragt.

Der Erhebungszeitraum und die Erhebungsdauer richten sich nach dem Untersuchungsziel. Bei vielen Fragestellungen, für die Befragungen von Kfz-Führern und Kfz-Insassen durchgeführt werden, sollen die Ergebnisse für einen mittleren Werktag gelten. Dementsprechend sollte die Befragung stattfinden

- an einem Normalwerktag (Dienstag, Mittwoch oder Donnerstag),
- in Wochen ohne Feiertag und außerhalb der Schulferienzeiten,
- in den Monaten April, Mai, Juni, September und Oktober.

Bei einer Kordonbefragung ist es wünschenswert, über die gesamte Zähldauer in beiden Fahrtrichtungen zu befragen. Da dies häufig nicht möglich ist (Eingriff in den Straßenverkehr), kommt es i. d. R. zu einer Einschränkung auf ein Zeitintervall in den Morgen- oder Nachmittagsstunden (z. B. zwischen 15.00 und 19.00 Uhr). Dabei hat sich gezeigt, dass eine Befragung während der Nachmittagspitze zu valideren Ergebnissen führt, da zum einen das realisierte Verhalten genauer erfasst werden kann als das geplante und zum anderen die Befragten am Nachmittag i. d. R. unter einem geringeren Zeitdruck stehen als in den Morgenstunden.

Bei einer Einschränkung des Befragungszeitraumes auf einige Stunden kommt der Hochrechnung der Verkehrsnachfrage des Befragungsintervalls auf den Zeitraum der Zählung eine hohe Bedeutung zu. Da mit einer hochgerechneten Befragung auch das Fahrtzweckverhalten widerspiegelt werden soll, sind für die Hochrechnung Informationen über eine tageszeitliche Verteilung der unterschiedlichen Aktivitäten (Fahrtzweck) verkehrsmittelspezifisch sowohl von den Bewohnern des Planungsraumes als auch von der Bevölkerung des Umlandes notwendig (z. B. aus einer Haushaltsbefragung).

### Vermeidung systematischer Fehler

Die Befragung von Kfz-Führern und Kfz-Insassen weist die allgemeinen Fehler- und Problembereiche des persönlichen Interviews auf (Interviewer-Effekte, Interviewer-Fehler u. Ä.), sodass der Auswahl, Schulung, Betreuung und Überwachung des Erhebungspersonals eine hohe Bedeutung zukommt (vgl. Kapitel 4.4.3).

Wie bei allen Befragungen im Verkehrssystem sollten die Interviews eine Dauer von zwei bis drei Minuten nicht überschreiten. Längere Interviews verringern die Befragungsquote bei gleichem Personalaufwand und erhöhen die Wahrscheinlichkeit für einen Abbruch des Interviews.

Antworten zu Ortsangaben wie Quelle und Ziel einer Fahrt sind häufig unscharf. Der Interviewer sollte daher auf eine eindeutige Erfassung der Ortsangaben achten (z. B. mit der genauen Adresse).

Analog zu Fahrzeugzählungen (Kapitel 5.2.2) kann es auch im Rahmen der Befragung bei der Erfassung der Fahrzeugart oder des Kfz-Kennzeichens zu Fehlern kommen. Neben einer entsprechenden Schulung der Interviewer kann eine reduzierte Anzahl der Fahrzeugarten die Wahrscheinlichkeit für eine fehlerhafte Abgrenzung bei der Erfassung dieses Merkmals minimieren.

Befragungen auf Anlagen des ruhenden Verkehrs können bei Beginn oder Ende des Parkvorgangs durchgeführt werden, wobei unter dem Aspekt der Datenqualität eine Befragung am Ende präferiert werden sollte. Erfahrungsgemäß liefert eine Befragung bei Beendigung des Parkvorgangs häufig genauere Angaben zum Ziel, zur Entfernung zwischen Stellplatz und Zielpunkt sowie zur Parkdauer.

### Hinweise zur Datenaufbereitung

Die Plausibilitätsprüfungen der Daten sollten mit einem geeigneten EDV-Programm direkt bei der Eingabe der Daten erfolgen. Bei einer Erfassung mit Hilfe von Handheld-Computern (CAPI) kann ein Teil der Prüfungen bereits während des Interviews stattfinden, allerdings ist darauf zu achten, dass der Interviewer durch die Prüfungen nicht überfordert wird. Je nach Erhebungsinhalt sind folgende Plausibilitätsprüfungen denkbar (WVI, 1994):

- Prüfung gültiger Wertebereiche der einzelnen Befragungsmerkmale (bei CAPI in der Software integriert),

- Prüfung von Angaben zur Fahrtweite und Fahrzeit mit Hilfe der angegebenen Quell- und Zielorte (und ggf. einer Routenplanungssoftware),
- Vergleich des Fahrtzwecks „Wohnen“ mit der Quell-/Zielangabe und des Wohnortes,
- Vergleich des Fahrtzwecks „dienstliche Erledigung“ mit der Fahrzeugart und der Fahrtweite.

### 8.2.3 Fahrgastbefragungen im ÖV

In der überwiegenden Anzahl von Fahrgastbefragungen kann eine Befragung aller Fahrgäste insbesondere bei hoher Verkehrsnachfrage nicht gewährleistet werden. Die Befragungen werden daher durch gleichzeitige Zählungen der Einsteiger bzw. der Ein- und Aussteiger abgesichert. Strategien zur Fehlervermeidung bei Fahrgastzählungen im ÖV haben in diesem Fall auch für die Fahrgastbefragungen Gültigkeit.

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Die genannten Grundsätze gelten analog für Fahrgastbefragungen. Ergänzend dazu werden in diesem Abschnitt Hinweise zur Festlegung von optimalen Auswahlstäßen und zur Hochrechnung der Befragungsdaten gegeben.

##### Optimale Auswahlstäßen

Die zweistufige Stichprobe (ohne Platzgruppenauswahl) erlaubt bei einem fest vorgegebenen Stichprobenumfang an Untersuchungseinheiten verschieden große Auswahlstäßen auf beiden Stufen: Entweder werden aus wenigen Primäreinheiten (z. B. Linienfahrten) jeweils viele Untersuchungseinheiten (z. B. Fahrgäste) oder umgekehrt aus vielen Primäreinheiten jeweils wenige Untersuchungseinheiten ausgewählt. Das erste Modell ist offensichtlich besonders wirtschaftlich, während das zweite Modell aus statistischen Gründen vorzuziehen ist, da es Unterschiede zwischen den Primäreinheiten besser erfassen kann.

Der Einfluss des Auswahlstäßen auf die Genauigkeit von Fahrgastbefragungen wurde bereits im Jahr 1994 empirisch untersucht (IVS/SCHLEGEL-SPIEKERMANN, 1994). Mit Hilfe von Simulationsrechnungen konnte aus einer Erhebung ein Teil der Fahrgäste, Platzgruppen oder Linienfahrten ausgewählt und die entsprechende Varianz berechnet werden.

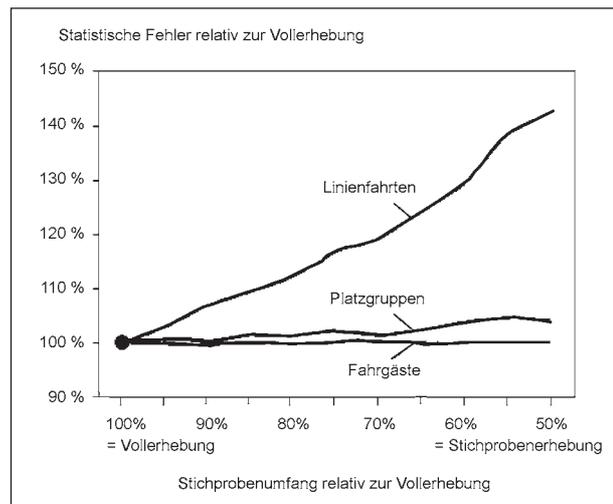


Bild 19: Einfluss des Auswahlstäßen auf die Genauigkeit (IVS/SCHLEGEL-SPIEKERMANN, 1994)

Bei einer Reduktion des Stichprobenumfangs an Linienfahrten von 100 % auf 50 % erhöht sich der Stichprobenfehler um den Faktor  $\sqrt{(100\%/50\%)} = \sqrt{2}$  (41 %). Demgegenüber fällt die Erhöhung des statistischen Fehlers bei der Platzgruppenauswahl deutlich geringer aus und ist bei der Fahrgastauswahl annähernd vernachlässigbar (vgl. Bild 19).

Das bedeutet, dass die Genauigkeit einer Fahrgastbefragung im Wesentlichen von der Erfassung einer ausreichend großen und repräsentativen Anzahl Linienfahrten abhängt. Andererseits kann ohne wesentliche Genauigkeitsverluste auf die Befragung eines Teils der Fahrgäste verzichtet werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die Auswahl der Fahrgäste zufällig erfolgt.

##### Hochrechnung

Die Ergebnisse der Fahrgastbefragung werden mit Hilfe des so genannten Personenfaktors auf die gezählten Fahrgäste einer Fahrt hochgerechnet. Je nachdem, welche Schichtungsmerkmale bei der Hochrechnung der Ergebnisse berücksichtigt werden, ergeben sich unterschiedliche Genauigkeiten.

Zur Erläuterung ein Beispiel: Das Fahrtenangebot innerhalb eines Verkehrsverbundes wird von regionalen und städtischen Busunternehmen sowie von Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) erbracht. In den Bussen sind nur Fahrgäste mit Verbundfahrausweis anzutreffen, in den Zügen hingegen aufgrund der Linienverläufe über die Verbundgrenze hinaus Fahrgäste mit Verbundausweisen oder unternehmenseigenen Fahrausweisen. Anhand

einer kombinierten Fahrgastzählung/-befragung sind Aussagen zu Fahrausweisnutzung und Reiseweite sowie zum Umstiegsverhalten innerhalb des Verbundes zu treffen. Für die Hochrechnung der Befragungsdaten auf die Zähl- und Befragungsdaten auf die Zähl- und Befragungsdaten können folgende Verfahren angesetzt werden:

- Hochrechnung je Fahrt: Wenn nahezu alle Fahrgäste während einer Fahrt befragt werden, ist eine Hochrechnung der befragten auf die gezählten Fahrgäste je Fahrt ausreichend. Sehr hohe Befragungsquoten treten häufig bei schwach ausgelasteten Linien im regionalen Busverkehr auf.
- Hochrechnung je Fahrt und Einstiegshaltestelle: Bei den städtischen Busunternehmen liegt die Befragungsquote i. d. R. deutlich niedriger. Die Hochrechnung je Fahrt und Einstiegshaltestelle gewährleistet, dass das Umstiegsverhalten der Fahrgäste repräsentativ abgebildet wird.
- Hochrechnung je Fahrt, Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle: Die Fahrgäste in den Zügen verkehren in Abhängigkeit von der Fahrausweisart (Verbundfahrausweis, Unternehmensfahrausweis) mit unterschiedlichen Reiseweiten. Für eine repräsentative Auswertung sind hier die befragten Fahrgäste je Fahrt, Einstiegshaltestelle und Ausstiegshaltestelle auf die Zähl- und Befragungsdaten hochzurechnen.

Anhand einer Beispielrechnung werden im Folgenden die drei Hochrechnungsverfahren erläutert: Auf einer Fahrt von A-Stadt über B-Dorf nach C-Stadt nutzen 150 Fahrgäste den Zug. Hiervon verkehren 50 Fahrgäste mit einem Verbundfahrausweis von A-Stadt nach B-Dorf, die verbleibenden 100 Fahrgäste fahren mit einem Unternehmensfahrausweis nach C-Stadt. Von den 150 Fahrgästen werden 100 Fahrgäste (66,7 %) befragt (Bild 20). Die Befragungsdaten werden nach den drei o. g. Verfahren hochgerechnet (Bild 21).

Bei der Hochrechnung je Fahrt stimmt lediglich die Gesamtanzahl hochgerechneter Befragungsdaten (150 Fahrgäste) mit den Zähl- und Befragungsdaten überein und es liegen Abweichungen bei der Anzahl Ein- und Aussteiger je Haltestelle sowie bei den Besetzungen je Fahrabschnitt vor. Für ein Unternehmen, in dem auf jeder Fahrt annähernd 100 % der Fahrgäste befragt werden, ist dieses Verfahren jedoch ausreichend.

Bei der Hochrechnung je Fahrt und Einstiegshaltestelle sind die Gesamtanzahl Fahrgäste sowie die Anzahl Einsteiger je Haltestelle von hochgerechneten Befragungsdaten und Zähl- und Befragungsdaten identisch. Das Umstiegsverhalten der Fahrgäste wird repräsentativ abgebildet.

Die Hochrechnung je Fahrt, Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle führt zu einer vollständigen Über-

Erhebungsfahrt								
Gebiet	Fahrt	Zähl- und Befragungsdaten			Fahrgäste			Summe
		Aussteiger (1)	Einsteiger (2)	Besetzung (3)	je Relation			
					Verbundfahrausweis	Unternehmensfahrausweis		
Verbundgebiet	A-Stadt	-	125	125	●	●	●	
	B-Dorf	50	25					
angrenzender Landkreis	C-Stadt	100	-	100		●	●	
	Gesamt	150	150		50	75	25	150
	Gezählte Fahrgäste				50	75	25	100
	Fahrgastanteil je Relation				33,3 %	50,0 %	16,7 %	100,0 %
	Fahrgastanteil je Fahrausweisart				33,3 %	66,7 %		100,0 %
	Befragte Fahrgäste				20	65	15	100
	Befragungsquote je Relation				40,0 %	86,7 %	60,0 %	66,7 %
	Befragungsquote je Fahrausweisart				20,0 %	80,0 %		100,0 %

Bild 20: Zähl- und Befragungsdaten einer kombinierten Fahrgastzählung/-befragung

Hochrechnung							
Hochrechnungs- verfahren	Fahrt	Hochgerechnete Befragungsdaten			Differenz hochgerechnete Befragungsdaten zu Zählzeiten		
		Aussteiger (4)	Einsteiger (5)	Besetzung (6)	Aussteiger (7) = (4)-(1)	Einsteiger (8) = (5)-(2)	Besetzung (9) = (6)-(3)
Hochrechnung je Fahrt	A-Stadt	-	128	128	-	3	3
	B-Dorf	30	23	120	-20	-3	20
	C-Stadt	120	-		20	-	
	Gesamt	150	150		0	0	
Hochrechnung je Fahrt und Einstiegshaltestelle	A-Stadt	-	125	125	-	0	0
	B-Dorf	29	25	121	-21	0	21
	C-Stadt	121	-		21	-	
	Gesamt	150	150		0	0	-
Hochrechnung je Fahrt, Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle	A-Stadt	-	125	125	-	0	0
	B-Dorf	50	25	100	0	0	0
	C-Stadt	100	-		0	-	
	Gesamt	150	150		0	0	

Bild 21: Hochrechnung von Befragungsdaten auf Zählzeiten

einstimmung der hochgerechneten Befragungsdaten mit den Zählzeiten (diese vollständige Übereinstimmung gilt natürlich nur für die Anzahl der Fahrgäste; gliedert man diese Anzahl nach Merkmalen auf, die bei der Zählung nicht erfasst werden (z. B. Altersgruppe), so handelt es sich bei den hochgerechneten Befragungsdaten auch bei diesem Verfahren um Schätzungen. Das Hochrechnungsverfahren gewährleistet die repräsentative Abbildung der unterschiedlichen Reiseweiten mit Verbundfahrausweis und Unternehmensfahrausweis. Es setzt jedoch voraus, dass eine Ein- und Aussteigerzählung vorgenommen und in der Befragung die Ein- und Ausstiegshaltestelle des Fahrgastes erfasst wird.

### Vermeidung systematischer Fehler

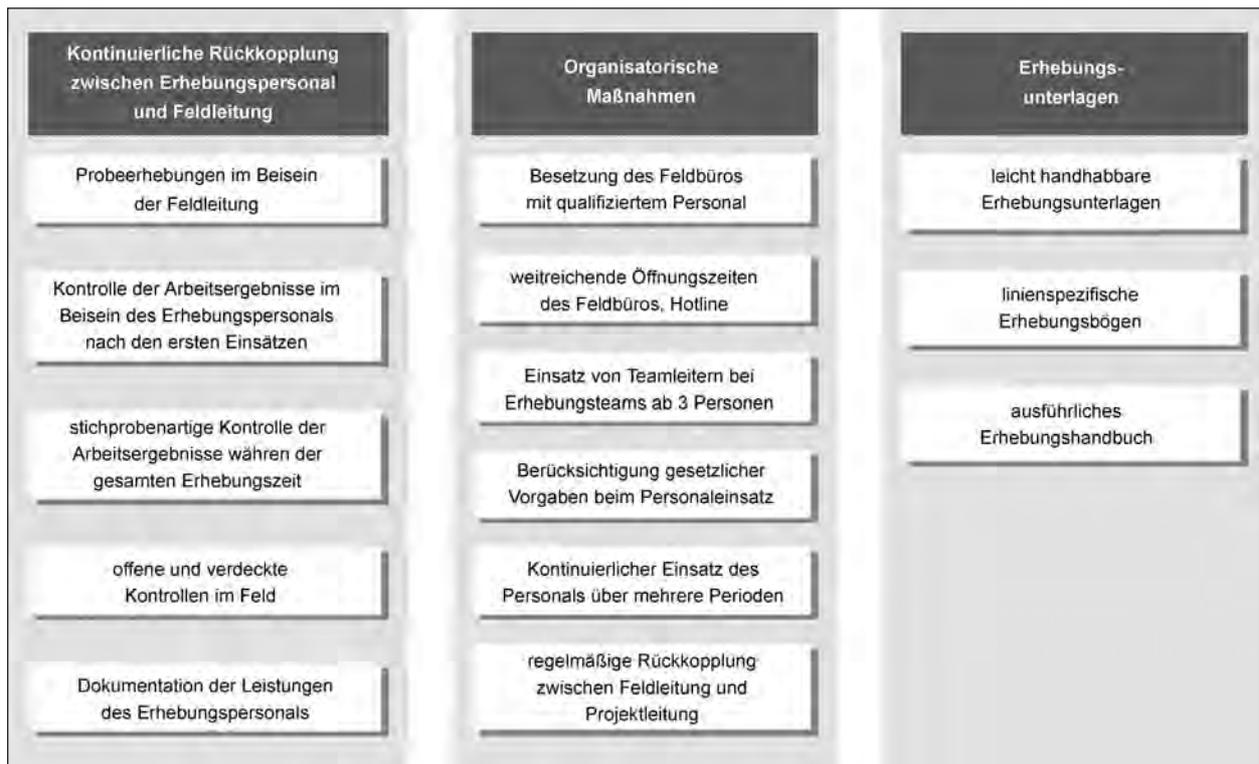
Die Fahrgastbefragung weist die allgemeinen Fehler- und Problembereiche des persönlichen Interviews auf (Interviewer-Effekte, Interviewer-Fehler u. Ä.), sodass der Auswahl, Schulung, Betreuung und Überwachung des Erhebungspersonals eine hohe Bedeutung zukommt (vgl. Kapitel 4.4.3). In Bild 22 sind zahlreiche Maßnahmen zur Unterstützung und Kontrolle des Erhebungspersonals aufgeführt, die

dazu beitragen, die Qualität der Erhebungsdaten zu erhöhen.

Das Nonresponse-Problem spielt bei den üblichen Fahrgastbefragungen (Erfassung Fahrausweis und Fahrtroute, ein bis zwei Minuten Interviewdauer) keine große Rolle, nur etwa 5-10 % der Befragten verweigern die Aussage. Im Folgenden wird auf spezielle Fehler bei Fahrgastbefragungen und entsprechende Lösungsmöglichkeiten hingewiesen:

- Zu großer Befragungsumfang bzw. zu lange Befragungsdauer

Wenn das Interview länger als zwei Minuten dauert, können die angestrebte hohe Befragungsquote (Anteil der Befragten an allen Einsteigern) und damit auch die hohe Qualität der Ergebnisse nur erreicht werden, wenn das Erhebungspersonal aufgestockt wird. Da dies aus finanziellen Gründen i. d. R. nicht möglich ist, verringert sich die Qualität bei einem umfangreichen Befragungsumfang erheblich, da nicht mehr an jeder Haltestelle mindestens ein Einsteiger befragt werden kann oder laufende Interviews abgebrochen werden müssen. Das Problem der Untererfassung von Kurzstreckenfahr-



**Bild 22:** Maßnahmen zur Unterstützung und Kontrolle des Erhebungspersonals

ten erhöht sich bei umfangreichem Befragungsumfang ebenso wie die Anzahl der Befragten, die das Interview abbrechen. Der Befragungsumfang ist daher auf das notwendige Mindestmaß zu begrenzen.

- Verzerrungen durch willkürliche Auswahl

Wenn die Auswahl der Fahrgäste durch die Interviewer willkürlich getroffen wird, führt dies i. d. R. dazu, dass einige Personengruppen seltener bzw. häufiger befragt werden und damit unter- bzw. überrepräsentiert sind. So hat sich z. B. gezeigt, dass die Interviewer junge Frauen häufiger als alte Männer ansprechen. Die repräsentative Auswahl befragter Fahrgäste kann (annähernd) gewährleistet werden, wenn die Interviewer intensiv geschult werden. Sie sind darauf hinzuweisen, Fahrgäste unabhängig von Alter, Geschlecht und sozialer Herkunft gleichermaßen – etwa im Sinne einer Auswahl jedes k-ten Einsteigers – zu befragen.

- Keine befragten, aber gezählte Einsteiger

Bei einer Haltestelle sind Einsteiger gezählt, aber nicht befragt worden. Da in diesen Fällen der Hochrechnungsfaktor als Quotient der gezählten an den befragten Fahrgästen nicht be-

rechnet werden kann, wird empfohlen, „mittlere“ Hochrechnungsfaktoren zu berechnen. Die Mittelung sollte über mehrere Haltestellen einer Fahrt vorgenommen werden.

- Untererfassung von Kurzstreckenfahrten

Eine vollständige Befragung von Fahrgästen ist trotz besten Einsatzwillens vom Erhebungspersonal nicht immer zu gewährleisten. Ein hoher Anteil an nicht befragten Fahrgästen ist besonders bei kurzen Fahrzeiten zwischen den Haltestellen zu erwarten. Eine dabei häufig zu beobachtende Verzerrung ist die Untererfassung von Kurzstreckenfahrten. Zur Vermeidung dieses Fehlers sollte das Erhebungspersonal bevorzugt Fahrgäste befragen, die an der letzten Haltestelle eingestiegen sind. Außerdem sollte aus Gründen der Hochrechnung pro Haltestelle (s. o.) mindestens einer der eingestiegenen Fahrgäste befragt werden.

Die Untererfassung von Kurzstreckenfahrten kann durch Ein- und Aussteigerzählungen oder Einsteiger- und Besetzungszählungen kompensiert werden. Im städtischen Schienenverkehr sind neben diesen Zählverfahren zusätzliche Befragungen an den Bahnsteigen der hochbelasteten Haltestellen sinnvoll.

- Fehler bei der Erfassung der Fahrausweisart

Das Nicht-Vorzeigen-Lassen eines Fahrausweises kann zu einer fehlerhaften Erfassung der Fahrausweisart führt, wenn der Fahrgast eine falsche Fahrausweisart angibt oder das Fehlen eines Fahrausweises verschleiert.

### Hinweise zur Datenaufbereitung

Die Plausibilitätsprüfungen der Daten sollten mit einem geeigneten EDV-Programm direkt bei der Dateneingabe erfolgen. Bei einer Erfassung mit Hilfe von Handheld-Computern (CAPI) kann ein Teil der Prüfungen bereits während des Interviews stattfinden, allerdings ist darauf zu achten, dass der Interviewer durch die Prüfungen nicht überfordert wird (SOMMER et al., 2008) Mit Hilfe eines Prüfprogramms können u. a. folgende Plausibilitätsprüfungen automatisch erfolgen:

- Prüfung gültiger Wertebereiche der einzelnen Befragungsmerkmale (bei CAPI in der Software integriert),
- Prüfung der angegebenen Routen anhand der Fahrplandaten,
- fahwegabhängige Prüfung der Tarifangaben,
- Prüfung des Verhältnisses von Befragten zu Einsteigern.

Neben der Prüfung der einzelnen Erhebungsmerkmale auf Wertebereiche sollten die Befragungsdaten nach ihrer Bedeutung in

- Primärdaten (für das Erhebungsziel zwingend notwendige Daten, z. B. bei Fahrgastbefragungen zur Einnahmenaufteilung die Merkmale genutzter Fahrausweis und Fahrtroute) und
- Sekundärdaten (ergänzende Daten, z. B. bei Fahrgastbefragungen zur Einnahmenaufteilung das Merkmal Fahrtzweck)

unterschieden werden. Datensätze mit fehlerhaften oder nicht eindeutigen Primärdaten sollten verworfen werden. Fehlende Angaben in den Sekundärdaten eines Datensatzes können demgegenüber in der Datenaufbereitung unter Nutzung der Angaben aus vollständigen Datensätzen nach Plausibilität und/oder einem geeigneten Imputationsverfahren ergänzt werden.

### 8.2.4 Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten

Das Ziel solcher Befragungen ist es, von zufällig ausgewählten Personen oder Haushalten die außerhäuslichen Verkehrsaktivitäten zu erfassen. Dies erfolgt in der Regel mittels eines mehrstufigen Stichprobenverfahrens und standardisierter Erhebungsbögen.

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Bei Befragungen zum Verkehrsverhalten sind die originären Untersuchungseinheiten die Ortsveränderungen von Personen. Das Problem im Hinblick auf die Gewinnung einer Stichprobe von Ortsveränderungen als Untersuchungseinheiten („study units“) besteht darin, dass keine Verzeichnisse von Ortsveränderungen existieren, die als Auswahlgrundlage dienen könnten. Wie in solchen Fällen üblich müssen deshalb Erhebungseinheiten („sampling units“) spezifiziert werden, denen die Ortsveränderungen zugeordnet sind. Über die Erhebungseinheiten verschafft man sich Zugang zu den benötigten Daten, d. h. zu den Merkmalen der Ortsveränderungen. Liegt auch kein Verzeichnis der Erhebungseinheiten vor, aus dem ausgewählt werden kann, so muss mehrstufig vorgegangen werden.

Die gebräuchlichen Erhebungseinheiten bei Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten sind entweder die Haushalte selbst oder die in den Haushalten lebenden Personen. In der Regel ist der Haushalt die zweckmäßigste Erhebungseinheit, da

- das individuelle Verkehrsverhalten vor allem durch Koordinationszwänge mit den anderen Personen desselben Haushalts beeinflusst wird und
- durch die Klumpenauswahl der Genauigkeitsverlust geringer ist als der Gewinn durch den größeren Stichprobenumfang, der bei gleichen Erhebungskosten durch die Befragung des ganzen Haushaltes möglich ist (WERMUTH et al., 1984).

Bei der Ermittlung geeigneter Haushalts- und Personenadressen kann u. a. auf die folgenden Datenquellen bzw. Verfahren zurückgegriffen werden:

- Einwohnermelderegister,
- Telefon-/Adressbücher,

- Spezialdateien,
- Namen und Hausnummern an Gebäuden (z. B. mit dem Random-Route-Verfahren).

Einwohnerdateien sind von den Meldebehörden personenbezogen angelegt. Die Auswahlgesamtheit besteht daher nicht aus Haushalten, sondern aus den in der entsprechenden Kommune gemeldeten Personen. Häufig ist jedoch der Zugang zu solchen Registern schwierig. Bei mangelhafter Aktualität der Einwohnerdateien kommt es zu einer Häufung von Ausfällen (unechte, qualitätsneutrale Ausfälle) und mithin zu einer Vergrößerung des Zufallsfehlers. Telefon-/Adressbücher bieten die Möglichkeit, relativ schnell und einfach Adressen zu ermitteln. Sie haben allerdings u. a. den Nachteil, dass nur Personen/Haushalte aufgelistet sind, die einer Veröffentlichung zugestimmt bzw. dieser nicht widersprochen haben. Spezialdateien sind bei statistischen Ämtern bzw. beim Kraftfahrt-Bundesamt (z. B. Kfz-Halterdateien) vorhanden. Random-Route-Verfahren (Zufalls-Weg-Verfahren) funktionieren so, dass nach einer genau zu definierenden Systematik und Begehungsregeln Adressen (Straße, Hausnummer, Name) durch Ablesen an Hauseingängen (Klingelknöpfen) ermittelt werden.

Eine Kombination von unterschiedlichen Adressquellen ist nicht statthaft, da hiermit die Stichprobe auf unterschiedlichen Auswahl-/Grundgesamtheiten basieren würde.

#### Erhebungsdesign und Stichprobenplan

Hinsichtlich der Stichprobenplanung für Haushaltsbefragungen sollten zunächst die folgenden Punkte festgelegt werden:

- Zahl der insgesamt zu erfassenden Einheiten,
- Zahl der Zeitintervalle (i. d. R. Tage), für welche die ausgewählten Einheiten berichten müssen,
- Auswahlverfahren für die Erhebungseinheiten und
- Verfahren der Zuordnung von Berichtszeitintervallen zu den ausgewählten Erhebungseinheiten.

Das Design einer Befragung zum Verkehrsverhalten kann anhand folgender Größen charakterisiert werden:

$N$  Anzahl der Erhebungseinheiten (Haushalte/Personen) in der Grundgesamtheit,

$T$  Länge des Untersuchungszeitraumes (z. B. in Tagen),

$n$  Anzahl der Erhebungseinheiten (Haushalte/Personen) in der Stichprobe insgesamt,

$d$  Länge des Berichtszeitraumes einer einzelnen Erhebungseinheit ( $1 \leq d \leq T$ ),

$m$  Anzahl der Teilstichproben von Erhebungseinheiten ( $m \geq 1$ ),

$n_k$  Umfang der  $k$ -ten Teilstichprobe ( $k = 1, \dots, m$ ).

Die häufigste Form der Haushaltsbefragung ist die Befragung der in die Stichprobe gelangten Erhebungseinheiten zum Verkehrsverhalten an einem einzelnen Stichtag ( $d = 1$ ).

In der Regel handelt es sich beim Untersuchungszeitraum einer Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten um einen mehrtägigen Zeitraum ( $T > 1$ ), gegebenenfalls sogar ein ganzes Jahr ( $T = 365$ ). Solche Erhebungen können, speziell wenn es sich um einen längeren Untersuchungszeitraum handelt, kontinuierliche Haushaltsbefragungen genannt werden.

Bei kontinuierlichen Haushaltsbefragungen, d. h. Befragungen, bei denen der Untersuchungszeitraum mehrere Kalendertage (sog. Stichtage) umfasst, müssen den in die Stichprobe gelangten Erhebungseinheiten nach einem zufälligen Zuordnungsverfahren Berichtstage zugeordnet werden. Hierdurch entsteht eine Stichprobe/Menge von Personentagen aus der Gesamtheit aller  $N \cdot T$  Personentage des betreffenden Untersuchungsgebiets und Untersuchungszeitraums. Nach der Art der Zuordnung und der Länge der individuellen Berichtsperiode ( $d$ ) können kontinuierliche Befragungen zum Verkehrsverhalten wie folgt klassifiziert werden (HAUTZINGER, 1987):

- Panel (Design I),
- unabhängige Teilstichproben (Design II),
- ineinandergreifende Teilstichproben (Design III),
- Rotationsstichproben (Design IV).

Bei einem Panel (Design I) berichten immer dieselben Einheiten über das Verkehrsverhalten in den einzelnen Zeitabschnitten des Untersuchungsraumes, d. h., es gilt  $d = T$ . Bei den Designs II bis IV gilt demgegenüber  $d < T$ , es werden also mehrere Teilstichproben benötigt, um den gesamten Untersu-

chungszeitraum abzudecken. Designs mit  $1 < d < T$  werden meist Mehr-Tages-Stichproben (oder Mehr-Tages-Befragungen) genannt.

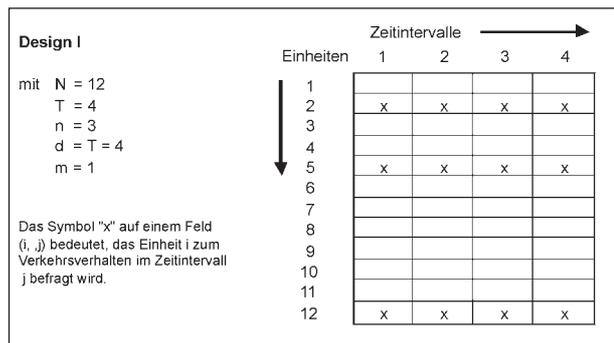
Die Bilder 23 bis 26 zeigen die Designs in schematischer Form.

Bei dem in Bild 23 dargestellten Panel ist  $d = T$ , d. h., alle Mitglieder einer Stichprobe von Erhebungseinheiten ( $m = 1$ ) berichten für jeden einzelnen Zeitabschnitt des gesamten Untersuchungszeitraums. Dass es sich bei dem in Bild 23 dargestellten Design um ein Panel handelt, leitet sich aus der Tatsache ab, dass für jeden Zeitabschnitt des Untersuchungsraumes dieselbe Stichprobe von Einheiten (hier die Einheiten 2, 5 und 12) vorliegt. Bei den Einheiten kann es sich um Haushalte oder Personen handeln. Prinzipiell kann man Bild 23 auch als Mehr-Tages-Stichprobe mit  $d = T = 4$  deuten. Dies ist aber nicht gebräuchlich, da für Mehr-Tages-Stichproben der individuelle Berichtszeitraum typischerweise kürzer ist als der gesamte Untersuchungszeitraum (d. h.  $d < T$ ).

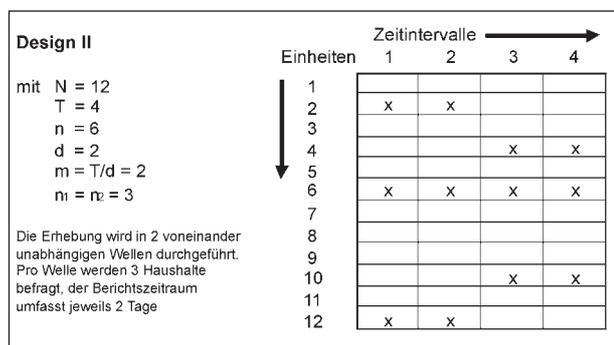
Als Beispiel für Design II (unabhängige Teilstichproben) wurde eine Erhebung gewählt, bei welcher die Erhebungseinheiten für jeweils zwei aufeinanderfolgende Tage berichten ( $d = 2$ ) und der gesamte Untersuchungszeitraum der Länge  $T = 4$  deshalb in  $T/d = 2$  Zeitabschnitte (Tage 1 und 2 bzw. Tage 3 und 4) zerlegt ist. Für jeden Zeitabschnitt  $k$  werden hier jeweils  $n_k = 3$  Erhebungseinheiten ausgewählt ( $k = 1, 2$ ). Es liegen hier  $m = 2$  voneinander unabhängige Teilstichproben vor (im Beispiel ist Einheit Nr. 6 zufällig in beide Teilstichproben gelangt). Das in Bild 24 dargestellte Design ist auch als Mehr-Tages-Stichprobe zu interpretieren, wobei jede ausgewählte Einheit für  $d = 2$  aufeinanderfolgende Zeitabschnitte (hier: Tage) berichtet.

Design III (ineinandergreifende Teilstichproben, „interpenetrating subsamples“) unterscheidet sich von Design II dadurch, dass nicht  $m$  unabhängige Stichproben aus der Grundgesamtheit der Erhebungseinheiten gezogen werden, sondern dass eine Gesamtstichprobe nach einem Zufallsverfahren in  $m$  Teilstichproben zerlegt wird. Bei Design III kann im Gegensatz zu Design II ein und dieselbe Erhebungseinheit nicht gleichzeitig in mehreren Teilstichproben erscheinen. Bild 25 zeigt wie Bild 24 eine Mehr-Tages-Stichprobe.

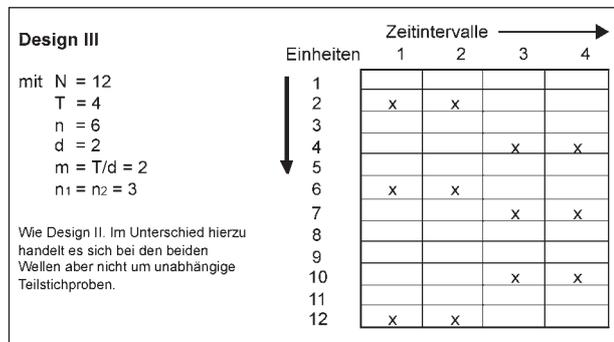
Als Beispiel einer Rotationsstichprobe wurde ein Design gewählt, bei welchem  $m = 3$  Teilstichproben jeweils vom Umfang  $n_k = 3$  gebildet wurden und



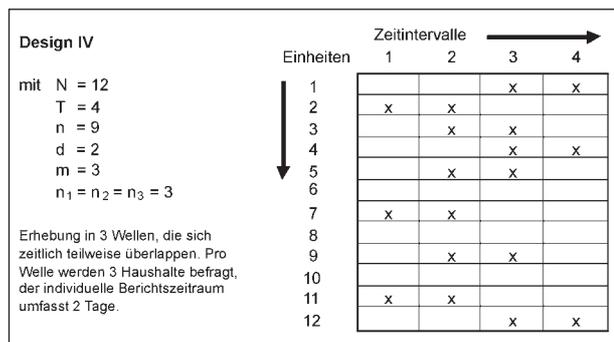
**Bild 23:** Panel (eine Stichprobe von Erhebungseinheiten für den gesamten Untersuchungszeitraum)



**Bild 24:** Unabhängige Teilstichproben von Erhebungseinheiten (eine Stichprobe für jeden Abschnitt des gesamten Untersuchungszeitraums)



**Bild 25:** Ineinandergreifende Teilstichproben von Erhebungseinheiten (eine Stichprobe für jeden Abschnitt des gesamten Untersuchungszeitraums)



**Bild 26:** Rotationsstichprobe (teilweise Ersetzung der Erhebungseinheiten im Verlauf des Untersuchungszeitraumes)

jede ausgewählte Erhebungseinheit für  $d = 2$  aufeinanderfolgende Tage berichtet, Die Mitglieder der Teilstichprobe 1 (Einheiten Nr. 2, 7 und 11) berichten für die Tage 1 und 2, der Berichtszeitraum von Teilstichprobe 2 (Einheiten Nr. 3, 5 und 9) umfasst die Tage 2 und 3 und der Berichtszeitraum von Teilstichprobe 3 (Einheiten 1, 4 und 12) die Tage 3 und 4.

#### Erforderlicher Stichprobenumfang

Die Bestimmung des benötigten Stichprobenumfangs ist Teil der Planung von Erhebungen. Bei Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten empfiehlt es sich, für die wichtigsten Mobilitätskennziffern Genauigkeitsanforderungen zu formulieren und den jeweils notwendigen Stichprobenumfang zu berechnen. Im Folgenden wird das Vorgehen am Beispiel einer Befragung dargestellt, bei welcher jede Person eines ausgewählten Haushalts ihr Verkehrsverhalten an einem Stichtag berichtet. Für die Berechnung des Mindeststichprobenumfangs ist es erforderlich, Mobilitätskennzahlen aus vergleichbaren Vorerhebungen als vorläufige Schätzungen heranzuziehen.

- Schätzung von Anteilswerten

Bei der Schätzung der Verkehrsbeteiligungsquote (durchschnittlicher Anteil „mobiler Personen“ in Prozent; Durchschnitt über alle Personen im Untersuchungsgebiet und alle Tage des Untersuchungszeitraums) soll mit einem Sicherheitsgrad von 95 % ein absoluter Fehler von  $e = 0,01$  (d. h. 1 Prozentpunkt) nicht überschritten werden. Der Stichprobenumfang muss demnach also so groß sein, dass es nahezu (95 %) sicher ist, dass die geschätzte von der wahren Verkehrsbeteiligungsquote um nicht mehr als 1 Prozentpunkt abweicht. Da die Verkehrsteilnahme am Stichtag (ja/nein) ein Merkmal der Person ist, muss die erforderliche Zahl von Personen in der Stichprobe bestimmt werden.

Könnte man die Personen uneingeschränkt zufällig (ohne Schichtung) direkt aus der Grundgesamtheit aller Personen auswählen, so ergäbe sich z. B. bei Verwendung des vorläufigen Schätzwerts  $P = 0,84$  für die unbekannte Verkehrsbeteiligungsquote folgender Mindeststichprobenumfang:

$$(1,96/0,01)^2 \cdot 0,84(1 - 0,84) = 5.163 \text{ Personen.}$$

Da bei einer Haushaltsbefragung die Personen nicht als einfache Zufallsstichprobe, sondern als

Klumpenstichprobe gezogen werden, muss ein „Designeffekt“ (Faktor, mit welchem die Varianz des Schätzers unter einfacher Zufallsauswahl zu multiplizieren ist) berücksichtigt werden, der näherungsweise dem so genannten „Klumpeneffekt“ Rechnung trägt. Aus verschiedenen IVT-Methodenstudien<sup>28</sup> im Auftrag der BASt und des BMVBS ist bekannt, dass bei der Schätzung der Verkehrsbeteiligungsquote der Designeffekt zwischen 1,5 und 3,5 liegt. Bei einem Designeffekt von 2,0 wären also mindestens

$$2,0 \times 5.163 = 10.326 \text{ Personen}$$

erforderlich. Bei einer mittleren Haushaltsgröße von ca. 2,1 Personen pro Haushalt ist in diesem Fall eine Nettostichprobe von

$$10.326/2,1 = 4.917 \text{ Haushalten}$$

notwendig.

Würde man die Genauigkeitsanforderung reduzieren und z. B. einen absoluten Fehler von 2,5 Prozentpunkten ( $e = 0,025$ ) akzeptieren, so wäre ein Mindeststichprobenumfang von 1.653 Personen (787 Haushalte) ausreichend.

- Schätzung von Mittelwerten

Wenn bei der Schätzung der mittleren täglichen Verkehrsleistung (in km pro Person und Tag) ein maximaler absoluter Fehler von beispielsweise  $e = 2,0$  km pro Person und Tag mit einem Sicherheitsgrad von 95 % nicht überschritten werden soll, so kann der erforderliche Stichprobenumfang nur berechnet werden, wenn für die Streuung der täglichen Verkehrsleistung ein Näherungswert vorliegt. Aus der empirischen Mobilitätsforschung ist bekannt, dass beim Personenmerkmal<sup>29</sup> „Tägliche Verkehrsleistung in km“ die Standardabweichung  $\sigma$  ungefähr gleich dem Mittelwert ist. Geht man beispielsweise vom Mittelwert 36 km pro Person und Tag aus, so kommt man zu der vorläufigen Schätzung  $\sigma = 36$  km. Setzt man den Designeffekt hier mit 2,5 an, so ergibt sich beim Sicherheitsgrad 95 % als erforderlicher Stichprobenumfang

$$(1,96/2,0)^2 \cdot 36^2 \cdot 2,5 = 3.112 \text{ Personen,}$$

<sup>28</sup> vgl. hierzu HAUTZINGER und TASSAUX (1989), S. 221 ff.

<sup>29</sup> Genauer gesagt handelt es sich hier um ein Personentagesmerkmal.

was einer Nettostichprobe von 1.482 Haushalten entspricht. Bei komplexen Zufallsauswahlverfahren kann der Designeffekt auch noch deutlich größer als in den obigen Beispielen sein.

### Vermeidung systematischer Fehler

Systematische Fehler entstehen einerseits durch Fehler bei der Stichprobenplanung und andererseits durch Mängel bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Haushaltsbefragung. Um Fehler bei der Stichprobenplanung und Hochrechnung zu vermeiden, sind die o. g. stichprobentheoretischen Grundsätze einzuhalten. Wesentliche Fehlerquellen in der Durchführungsphase bei der Haushaltsbefragung sind (Kapitel 3.4.4):

- Antwortausfälle (Unit-, Item-Nonresponse),
- unvollständige, falsche und ungenaue Angaben.

In der Erhebungspraxis werden je nach Erhebungsdesign Ausschöpfungsquoten bei Haushaltsbefragungen zwischen 20 und 70 % erreicht. Bei niedrigen Ausschöpfungsquoten kann davon ausgegangen werden, dass ausfallbedingte Verzerrungen auftreten, da sich die Nichtantworter in ihrem Verkehrsverhalten häufig vom Verhalten der Antworter unterscheiden. Daher sollten bei jeder Haushaltsbefragung, insbesondere bei sehr niedrigen Ausschöpfungsquoten, die Konsequenzen für die Qualität der Erhebungsergebnisse thematisiert und dokumentiert werden. Bei Ausschöpfungsquoten unter 50 % ist die Durchführung einer Nonresponse-Untersuchung zu empfehlen (vgl. Kapitel 2.4.3). Die Ergebnisse einer Nonresponse-Untersuchung erlauben es, ausfallbedingte Verzerrungen nachträglich zu korrigieren.

Hinsichtlich der Vorbereitung und Durchführung der Haushaltsbefragung tragen folgende Punkte zu einer Reduzierung systematischer Fehler bei (WERMUTH et al., 1984):

- eine möglichst umfassende Aufklärung der ausgewählten Haushalte über die Befragung in einem Ankündigungsschreiben und bei schriftlich-postalischen Befragungen zusätzlich im Anschreiben innerhalb des Fragebogenversands (u. a. Ziel und Zweck der Erhebung, Auftraggeber, durchführendes Institut, Untersuchungsgebiet, Datenschutz etc.);
- ein am Befragten und dessen Fähigkeiten (und nicht am Befragten und dessen Informationswünschen) orientierter Befragungsinhalt;

- verständliche Fragestellungen und eindeutige Antwortmöglichkeiten;
- eine Betreuung der Befragten, z. B. durch eine telefonische Rückfragemöglichkeit;
- begleitende Maßnahmen zur Aufklärung der Haushalte durch Pressemitteilungen und Informationen im Internet.

Bei der Erfassung der Wege bzw. einzelner Wege-merkmale treten systematische Fehler auf, die häufig nur im Nachhinein korrigiert werden können:

- Untererfassung von Wegen

Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass bei schriftlich-postalischen Haushaltsbefragungen am Stichtag eine Untererfassung von Wegen in einer Höhe von 9 bis 15 % vorliegt (BRÖG und BRÖG, 1990; WERMUTH et al., 1984; KLOAS und KUNERT, 1994). Davon sind vor allem kurze Fußwege, Heimwege sowie Fahrten im Wirtschaftsverkehr betroffen. Aufgrund der höheren Belastung steigt der Wege-Nonresponse (als einer speziellen Form des Item-Nonresponse) mit dem Umfang der Zeitdauer der Befragung. Bei den mündlichen Befragungsformen kann die Anzahl der vergessenen Wege durch Nachfragen der Interviewer minimiert werden. Bei der schriftlichen Befragung empfiehlt sich, am Ende des Wegefragebogens gezielt nach evtl. vergessenen Wegen zu fragen.

- Ungenaue Ortsangaben

Wie bei allen Verkehrsbefragungen sind die Antworten zu Ortsangaben wie Quelle und Ziel eines Weges häufig unscharf. Bei den mündlichen Befragungsformen sollte der Interviewer daher auf eine eindeutige Erfassung der Ortsangaben achten. Im Wegefragebogen der schriftlichen Befragung sollten für die Erfassung der Ortsangaben die Merkmale Ort, Straße und Hausnummer vorgegeben werden, ergänzend zu Ort und Straße können auch Stadtteile erhoben werden.

- Ungenaue Zeitangaben

Bei der Abfrage von Zeitangaben kommt es zu methodisch bedingten Unschärfen. Die Befragten nennen im Allgemeinen statt des exakten Zeitpunktes meist eine gerundete Zeitangabe (man spricht hier auch von „sympathischen“ Werten). Dieser Fehler lässt sich jedoch nur durch eine Erfassung der Wege

- während der betreffenden Ortsveränderung (on-trip-survey) und
- mit Hilfe technischer Geräte (satellitengestützte Navigationssysteme, Mobiltelefone u. Ä.), die die Wegeinformationen aufzeichnen,

weitgehend vermeiden (vgl. SOMMER, 2002).

- Überschätzung der Reiseweite

Bei vielen Haushaltsbefragungen wird die Reiseweite für jeden Weg einzeln abgefragt. Dabei hat sich gezeigt, dass dieses Merkmal i. d. R. durch die Befragten überschätzt wird (WERMUTH et al., 2006). Sind Informationen über die tatsächliche Reiseweite erforderlich, ist eine modellmäßige Abschätzung einer direkten Abfrage vorzuziehen. Mit Hilfe von Routensuchmodellen und auf Basis der erfragten Start- und Zieladresse des Weges kann die Reiseweite häufig genauer ermittelt werden als durch direkte Befragung. Darüber hinaus wird der Befragte durch eine Verringerung des Befragungsumfangs entlastet, mit der Folge positiver Effekte für die Gesamterhebung (höhere Akzeptanz, häufig höhere Qualität der Ergebnisse).

Haushaltsbefragungen lassen sich nach der Kommunikationsart in persönliche, telefonische, schriftliche und kombinierte Befragungen unterteilen. Bestimmte Fehlerquellen treten nicht bei allen Kommunikationsarten auf bzw. haben nicht bei allen die gleiche Bedeutung (siehe Kapitel 3.4.4).

Eine vergleichende Bewertung der unterschiedlichen Kommunikationsarten hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse ist nicht ohne weiteres möglich, da viele Details zur Erhebungsorganisation, zum Erhebungsinstrument etc. die Qualität erheblich beeinflussen. Es ist jedoch in jüngster Zeit festzustellen, dass die Akzeptanz und Teilnahmebereitschaft bei telefonischen Haushaltsbefragungen stark zurückgehen (vgl. Kapitel 3.4.4), sodass diese Kommunikationsart für Haushaltsbefragungen generell hinterfragt werden sollte.

Neben den o. g. generellen Hinweisen werden in den folgenden Abschnitten für jede Kommunikationsart getrennt zusätzliche, spezifische Hinweise gegeben.

#### Persönliche Interviews

Persönliche Haushaltsbefragungen weisen die allgemeinen Fehler- und Problembereiche des per-

sönlichen Interviews auf (Interviewer-Effekte, Interviewer-Fehler u. Ä.), sodass der Auswahl, Schulung, Betreuung und Überwachung des Erhebungspersonals eine hohe Bedeutung zukommt (vgl. Kapitel 4.4.3).

Große Stichprobenumfänge in kurzer Zeit erfordern viele geeignete Interviewer, die für einen kurzen Zeitraum zur Verfügung stehen müssen. Beim System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) in Frankfurt/Main 1998 waren für eine persönliche Befragung von 720 Haushalten über vier Wochen immerhin 40 ausgebildete Interviewer notwendig (ACKERMANN et al., 1999). Da es schwierig ist, für einen kurzen Zeitraum viele geeignete Interviewer zu finden, können große Stichprobenumfänge i. d. R. nur mit Einbußen bei der Qualität realisiert werden.

Durch den persönlichen Kontakt treten bei dieser Kommunikationsart meist geringere Antwortausfälle als bei telefonischen oder schriftlich-postalischen Befragungen auf. Darüber hinaus kann der Interviewer auf die Befragten näher eingehen, Verständnisprobleme klären und durch Nachfragen genauere und eindeutige Informationen erlangen, als dies bei schriftlichen Befragungen möglich wäre. Persönliche Haushaltsbefragungen eignen sich daher besonders, um schwierige und komplexe Sachverhalte wie Hintergründe und Motive des Verkehrsverhaltens zu erheben (SOMMER, 2002).

#### Schriftlich-postalische Befragungen

Eine Klärung von Verständnisproblemen ist bei schriftlichen Befragungen nicht möglich, da im Gegensatz zu persönlichen Interviews der direkte Kontakt zwischen Interviewer und Befragtem fehlt. Mängel des Fragebogens führen daher bei schriftlichen Befragungen zu deutlich mehr Fehlern als bei persönlichen Interviews. Das bedeutet, im Vergleich zu den mündlichen Verfahren hat die Erstellung des Fragebogens eine wesentlich höhere Bedeutung. Darüber hinaus ist die Interviewsituation nicht kontrollierbar, d. h., es kann nicht gewährleistet werden, dass die zu interviewende Person den Fragebogen auch tatsächlich selbst ausgefüllt hat.

Einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse hat daher auch die äußere Form der Fragebögen. Dabei sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden (WERMUTH et al., 1984):

- lesbare Schrift;

- ausreichend große Eintragungsfelder, besonders für offene Antwortmöglichkeiten;
- übersichtliche Anordnung der Fragen;
- Eintragungsmöglichkeiten für eine ausreichende Zahl von Personen bzw. Wegen;
- Gliederung der Fragebögen durch farbliche Strukturierung.

Erläuterungen zum Ausfüllen der Fragebögen in Form von verbalen Ausfüllhinweisen – ggf. auch in Form eines Ausfüllbeispiels – führen zu einer deutlichen Verbesserung der Qualität (WERMUTH et al., 1984).

Folgender Ablauf hat sich bei einem postalischen Versand bewährt:

1. Versand eines Ankündigungsschreibens ca. 14 Tage vor dem Erhebungsstichtag.
2. Hauptversand der Befragungsunterlagen ca. vier Tage vor dem Erhebungsstichtag; zu den Befragungsunterlagen gehören
  - ein von amtlicher Stelle unterzeichnetes Motivationsschreiben (Inhalt: Zweck der Erhebung, Notwendigkeit der Beteiligung, Zusage der Anonymität, grundsätzliche Ausfüllhinweise),
  - eine Erklärung zum Datenschutz durch das durchführende Institut,
  - die Fragebögen,
  - ein Rücksendekuvert.
3. Versand einer Erinnerungspostkarte ca. eine Woche nach dem Erhebungsstichtag.

Das beschriebene Verfahren orientiert sich am sog. Dillman-Design, das in der empirischen Sozialforschung als „Goldstandard“ gilt. Neben dem postalischen Versand der Unterlagen ist auch die persönliche Übergabe der Unterlagen möglich. Der persönliche Kontakt ist zwar i. d. R. aufwändiger als der Postversand, hat aber andererseits positive Effekte hinsichtlich der Ausschöpfung.

#### Telefonische Interviews (CATI)

Telefonische Haushaltsbefragungen sollten analog zu den anderen Kommunikationsarten auf einer Auswahl aus kommunalen Einwohnermelderegistern basieren. Eine Auswahl aus Telefonverzeich-

nissen führt demgegenüber nicht zu einer bevölkerungsrepräsentativen Stichprobe, da sowohl Personen ohne Festnetzanschluss als auch Personen, die nicht im Telefonverzeichnis registriert sind, in der Auswahlgrundlage fehlen. Bei dem so genannten Random Digit Dialing (RDD) werden Telefonnummern vollständig oder teilweise zufällig generiert. Gegen dieses Verfahren bestehen allerdings datenschutzrechtliche Bedenken, weil dabei auch Personen angerufen werden, die sich bewusst gegen eine Aufnahme in das Telefonverzeichnis entschieden haben. Eine Auswahl aus Einwohnermelderegistern erfordert jedoch eine zusätzliche Recherche der Telefonnummern und führt zu einer parallelen, i. d. R. postalische Kontaktaufnahme bei den Haushalten, für die keine Telefonnummer ermittelt werden kann.

Zur Vermeidung systematischer Fehler sollten ergänzend zu den allgemeinen Hinweisen (s. o.) folgende organisatorische Maßnahmen bei der telefonischen Haushaltsbefragung umgesetzt werden:

- eine möglichst umfassende Aufklärung der ausgewählten Haushalte über die Befragung in einem Ankündigungsschreiben;
- mehrere Versuche zur Kontaktaufnahme, teilweise auch zu unterschiedlichen Zeiten;
- die Möglichkeit, einen Termin für die Befragung zu vereinbaren.

#### Online-Befragungen (CASI)

Zunehmend an Bedeutung gewinnen so genannte Online-Befragungen. Diese werden derzeit meist noch in Kombination mit anderen Verfahren angewandt (siehe MiD, SrV) und bieten erhebliche Zeit- und Kostenvorteile. Aus methodischer Sicht ist es wichtig, dass die Ziehung der Stichprobe wie bei den klassischen Verfahren, d. h. idealerweise aus einem amtlichen Einwohnermelderegister, erfolgt. Anschließend wird die E-Mail-Adresse ermittelt und dann der zu befragenden Person eine Verlinkung auf einen Online-Fragebogen zugeschickt. Andere Verfahren haben sich nicht durchgesetzt, da sie für den Befragten zeitlich aufwändiger und technisch zu kompliziert sind bzw. spezifisches Wissen voraussetzen z. B. über das Ausfüllen und Rücksenden von angehängten PDF- oder Word-Dateien, was zu Verzerrungen führen kann (BÄUMER, 2005). Das weitere Vorgehen orientiert sich an dem einer schriftlichen Befragung, wobei die Erinne-

rungsschreiben dann natürlich auch per E-Mail versandt werden. Mit diesem Verfahren können vor allem bei mobilen und jüngeren Personen höhere Ausschöpfungsquoten erzielt werden.

### 8.2.5 Befragungen am Aktivitätsort

Befragungen am Ort einer Aktivität werden in der Regel in Form persönlicher Interviews (z. B. Besucherbefragungen) durchgeführt, aber auch der Einsatz von schriftlichen Erhebungsbögen ist möglich. Diese werden am Aktivitätsort verteilt und wieder eingesammelt oder können von den Befragten per Post zurückgesandt werden. Es gibt drei unterschiedliche Herangehensweisen, die sich vor allem hinsichtlich des vor Ort abgefragten Erhebungsumfanges unterscheiden (siehe auch Bild 27):

- Durchführung der kompletten Befragung vor Ort,
- Ausgabe von Fragebögen vor Ort,
- Erfassung der Kontaktdaten und einiger weniger weiterer Informationen vor Ort und Durchführung der eigentlichen Befragung im Nachgang.

Die Erhebungsschwerpunkte sind zumeist der Grund des Aufenthalts, die zur An- und Abreise verwendeten Verkehrsmittel sowie Kundenzufriedenheitsfragen.

#### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

Die Stichprobenauswahl erfolgt in der Regel aus dem laufenden Besucherstrom, die Befragung findet vor Ort dann vielfach unmittelbar nach bzw. im

Zusammenhang mit dem Auswahlvorgang statt. Sie wird zumeist angelegt als

1. einstufige Stichprobenauswahl aus dem laufenden Ereignisprozess (wenn die Möglichkeit einer Zu- und Abgangskontrolle am Aktivitätsort und die Überwachung sämtlicher Ankünfte bzw. Abgänge während des gesamten Untersuchungszeitraumes gewährleistet ist) oder
2. zweistufige Stichprobenauswahl bei raum-zeitlich untergliederten Ereignisprozessen. Hier werden auf der ersten Stufe Ereignisklumpen gebildet, z. B. alle Besuche, bei denen der Zugang während eines bestimmten Zeitintervalls an einer bestimmten Pforte stattfindet. Hieraus wird dann auf der zweiten Stufe eine Zufallsstichprobe gezogen; innerhalb der Klumpen kommt dann in der Regel das unter Punkt 1 beschriebene Verfahren zur Anwendung.

Das Verfahren ist ausführlich in Kapitel 5.2.5 beschrieben.

Werden an einem Aktivitätsort Befragungen durchgeführt, so geschieht dies meist in Verbindung mit parallel durchgeführten Zählungen. Nur so kann eine methodisch einwandfreie Hochrechnung der Befragungsergebnisse auf die Grundgesamtheit sichergestellt werden. Weiterführende Informationen finden sich bei HAUTZINGER (2003).

#### Vermeidung systematischer Fehler

Analog gelten auch hier wieder die in Kapitel 5.2.5 gemachten Anmerkungen. Hinzu kommen die bei mündlich-persönlichen Befragungen üblichen Feh-

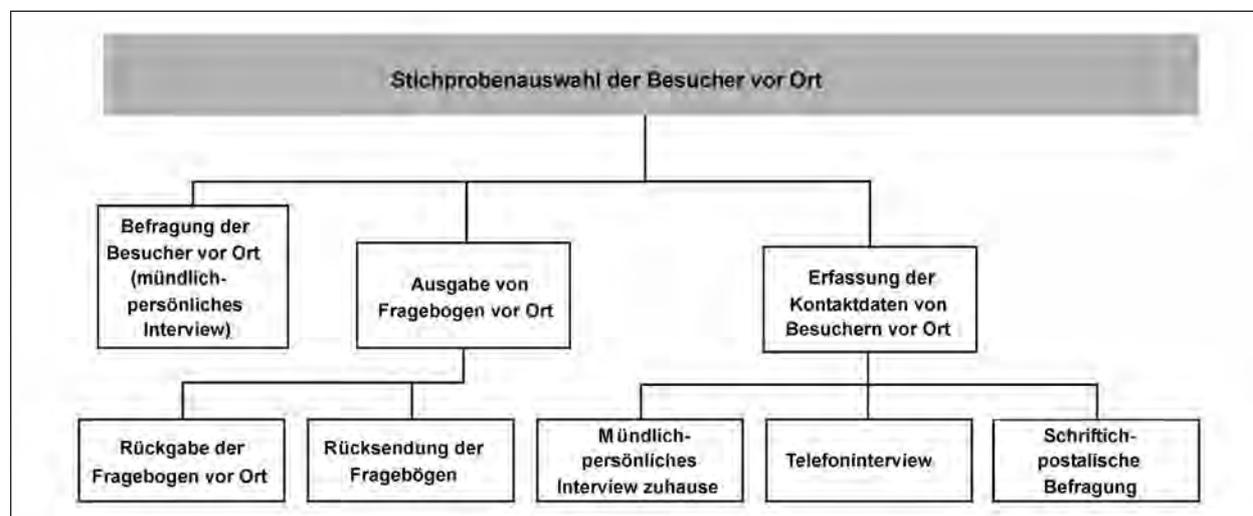


Bild 27: Formen von „Vor-Ort“-Befragungen

ler- und Problembereiche, wie Interviewer-Effekte, Interviewer-Fehler u. Ä. (vgl. Kapitel 3.4.4).

Generell kann man sagen, dass die Ermittlung repräsentativer Daten bei Befragungen am Aktivitätsort wesentlich schwieriger ist als z. B. bei Haushaltsbefragungen, da die Grundgesamtheit nicht oder häufig erst am Ende des Untersuchungszeitraumes bekannt ist (siehe BÄUMER, 2004).

Um bei Befragungen am Ort einer Aktivität große Verzerrungen bzw. Fehler zu vermeiden, ist eines der beschriebenen Stichprobenverfahren anzuwenden. Befragungen, die auf einer Auswahl aufs Geratewohl beruhen, sind unbrauchbar.

### 8.2.6 Befragung von Unternehmen und Beschäftigten zum Thema Verkehr

Bei Unternehmensbefragungen zum Thema Verkehr kann als Untersuchungsgesamtheit die Menge der Ortsveränderungen der Beschäftigten betrachtet werden. Diese Untersuchungsgesamtheit besitzt eine für Verkehrserhebungen typische Mehr-Ebenen-Struktur: Ortsveränderungen sind Personen zugeordnet und diese wiederum Unternehmen.

Es liegt nahe, Betriebe<sup>30</sup> als Auswahlseinheiten („Primäreinheiten“) zu betrachten. Natürlich kann man in den Betrieben auch Beschäftigte („Sekundäreinheiten“) auswählen, um deren Ortsveränderungen („Tertiäreinheiten“) während eines bestimmten Untersuchungszeitraums zu erfassen. Ein solches mehrstufiges Stichprobendesign kommt jedoch häufig aus befragungsorganisatorischen und Aufwandsgründen nicht in Betracht. Vielmehr wird zumeist folgendes Vorgehen gewählt: In jedem ausgewählten Betrieb werden eine oder ggf. auch mehrere Kontaktpersonen identifiziert, die über die Gesamtheit der Ortsveränderungen der Beschäftigten des betreffenden Betriebs oder zur Nutzung der gewerblich eingesetzten Fahrzeuge befragt werden.

Ziel solcher Befragungen ist es also in den meisten Fällen nicht, Mikrodaten zur Mobilität – also Daten über einzelne Ortsveränderungen (wie z. B. bei den Stichtagserhebungen MiD und KiD) – zu erheben,

sondern vielmehr unternehmensbezogene Mobilitätskennzahlen zu ermitteln.

### Gestaltungsgrundsätze zum Stichproben- und Hochrechnungsverfahren

#### Grundgesamtheit/Auswahlgesamtheit

Um eine statistisch saubere Erhebung durchführen zu können, muss vor der Durchführung der Stichprobenziehung zunächst die Grundgesamtheit definiert werden. Hierfür kommen theoretisch alle Betriebe in Deutschland infrage.

#### Auswahlgrundlage

Schwieriger zu beantworten ist die Frage nach einer geeigneten Auswahlgrundlage. Für die stichprobenartige Auswahl der zu befragenden Unternehmen sind Register erforderlich. Da nur solche Unternehmen, die im Register verzeichnet sind, eine von Null verschiedene Auswahlchance besitzen, kommt der Verwendung eines geeigneten Registers große Bedeutung im Hinblick auf die Ergebnisqualität zu (sog. Coverage-Problem).

Für die Stichprobenziehung ist z. B. das Unternehmensregister des Statistischen Bundesamtes eine geeignete Auswahlgrundlage, da dort mit Ausnahme der Kleinstbetriebe (Reinigungskräfte etc.) alle Unternehmen in Deutschland verzeichnet sind. Da diese Daten u. a. aus Datenschutzgründen nur in seltenen Ausnahmefällen bereitgestellt werden, ist in der Regel ein Rückgriff auf andere Datenquellen notwendig. Hier bestehen zahlreiche Möglichkeiten, die spezifische Vor- und Nachteile haben. So bieten sich neben anderen offiziellen Quellen (wie z. B. der Betriebsdatei der Bundesagentur für Arbeit) die umfangreichen Adressdatenbestände von kommerziellen Anbietern oder von Interessenverbänden und Kammern an. Einige wichtige Quellen sind Creditreform, Hoppenstedt, HWK, IHK/DIHK, das KfW-Mittelstandspanel, Acxiom Deutschland GmbH oder Schober AG.

#### Stichprobenziehung

Eine Möglichkeit der Stichprobenziehung besteht darin, zunächst eine Schichtung nach „Branche mal Anzahl sozialversicherungspflichtig Beschäftigter“ in Anlehnung an die Klassifikation des Unternehmensregisters des Statistischen Bundesamtes vorzunehmen. Innerhalb jeder Schicht wird dann mit-

<sup>30</sup> Ein Betrieb ist eine Niederlassung an einem bestimmten Ort. Zu dem Betrieb zählen zusätzlich örtlich und organisatorisch angegliederte Betriebsteile. Es muss mindestens ein Beschäftigter im Auftrag des Unternehmens arbeiten. Betriebe werden nach ihrer Zugehörigkeit zu Mehrbetriebsunternehmen bzw. Mehrländerunternehmen unterschieden.

Wirtschaftsabschnitt gemäß Klassifikation der Wirtschaftszweige 2003 (WZ 2003)			Betriebe					Beschäftigte				
			Abschnitt	WZ-2	Bezeichnung	Insgesamt	davon mit ... bis ... sozialversicherungspflichtig Beschäftigten				Insgesamt	davon in Betrieben mit ... bis ... sozialversicherungspflichtig Beschäftigten
1-9	10-49	50-249					250 und mehr	1-9	10-49	50-249		250 und mehr
A,B	01-05	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht	39	21	10	5	3	1.939	44	201	310	1.384
C	10-14	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	41	10	12	15	4	6.946	48	224	1.106	5.568
D	15-37	Verarbeitendes Gewerbe	448	78	88	132	150	99.335	302	1.955	16.181	80.897
E	40-41	Energie- und Wasserversorgung	64	12	17	18	17	12.833	50	444	1.944	10.395
F	45	Baugewerbe	117	38	36	31	12	15.883	137	818	2.765	12.163
G	50-52	Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern	175	55	52	41	27	18.613	209	1.044	4.408	12.952
H	55	Gastgewerbe	53	26	20	5	2	1.380	76	409	373	522
I	60-64	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	177	50	55	49	23	25.374	209	1.249	5.397	18.519
J	65-67	Kredit- und Versicherungsgewerbe	145	33	31	36	45	57.574	110	705	4.130	52.629
K	70-74	Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen, anderweitig nicht genannt	694	296	213	149	36	39.733	1.157	4.388	15.233	18.955
L	75	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	24	2	6	5	10	8.522	12	215	975	5.320
M	80	Erziehung und Unterricht	38	8	10	10	10	18.866	30	186	1.185	17.465
N	85	Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	121	26	14	32	49	48.863	89	386	4.284	44.104
O	90-93	Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	177	81	41	40	15	12.500	338	862	4.405	6.895
Gesamt			2.311	736	605	589	403	365.361	2.811	13.086	62.696	287.768

Bild 28: Verteilung der Stichprobe der Basiserhebung im Projekt „Dienstleistungsverkehr“

tels systematischer Zufallsauswahl bestimmt, welche Betriebe in die Stichprobe einbezogen werden. Die Stichprobenanlage kann dabei je nach Fragestellung auch disproportional sein, wenn z. B. eine Fokussierung auf bestimmte Schichten, die hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes als besonders relevant erscheinen, wünschenswert ist. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, z. B. für die Betriebe der Wirtschaftsabschnitte A, B und L (WZ 2008), die nicht im Unternehmensregister enthalten sind, Mindestfallzahlen festzulegen, um auch für diese Bereiche zumindest grobe Abschätzungen vornehmen zu können.

In Anlehnung an die EU-weit verwendete Definition für „kleine und mittlere Unternehmen“ werden Unternehmen mit bis zu neun sozialversicherungspflichtig Beschäftigten als Kleinunternehmen, Einheiten mit 10 bis 49 Beschäftigten als kleine Unternehmen und solche mit 50 bis 249 Beschäftigten als mittlere Unternehmen bezeichnet. Wie eine solche Aufteilung auf die einzelnen Klassen in der Praxis aussehen kann (vgl. BÄUMER, 2007; IVT 2008), ist in Bild 24 dargestellt.

#### Gewichtung/Hochrechnung

Ein geeignetes Hochrechnungsverfahren für eine pflichtig Beschäftigten besteht darin, als Gewich-

tungsbasis und Hochrechnungsrahmen die Zahlen der Bundesagentur für Arbeit zu verwenden und somit einen Datenbestand heranzuziehen, der die zum Erhebungszeitpunkt aktuellen Beschäftigtenzahlen widerspiegelt. Unterscheiden sich je nach gewählttem Design die schichtspezifischen Auswahlsätze, so muss dies bei der Hochrechnung natürlich entsprechend berücksichtigt werden.

#### Vermeidung systematischer Fehler

Einige Hinweise, die sich auf die Vermeidung von Fehlern beim Stichproben- und Hochrechnungsverfahren beziehen, wurden bereits im vorangegangenen Kapitel gegeben.

Da sich Betriebs- und Unternehmensbefragungen grundsätzlich mit allen denkbaren Kommunikationsformen durchführen lassen, gelten auch hier die in Kapitel 8.2.4 benannten Punkte.

Bei telefonischen Unternehmensbefragungen muss zur Vermeidung systematischer Fehler in besonderem Maße bei der Erhebungsdurchführung/Befragungstechnik angesetzt werden. So sollten bereits im Vorfeld zu erwartende Schwierigkeiten wie schlechte Erreichbarkeit von Entscheidern, mangelnde Auskunftsbereitschaft zu Firmeninterna, Adressqualität etc. angemessen

berücksichtigt werden, um hierdurch verursachte Verzerrungen zu minimieren. Auf eine Incentivierung kann zumeist verzichtet werden, da geeignete Auskunftspersonen in der Regel verantwortliche Personen der Top- bzw. mittleren Managementebene sind, bei denen es erfahrungsgemäß wenig Sinn hat, mit Incentives zu arbeiten. Vielmehr sollte besonderer Wert auf die Erstellung der Befragungsmaterialien gelegt werden, da diese die Qualifikation des Befragungsinstituts und die Bedeutung der Untersuchung herausstellen sollten.

Folgendes Vorgehen hat sich bei telefonischen Befragungen bewährt:

1. In einem ersten Schritt werden Adressqualifizierungstelefonate zur Eruiierung eines geeigneten Ansprechpartners im Betrieb durchgeführt. (Welche Person kann hinsichtlich der Fragestellung fundiert Auskunft geben und wann ist sie erreichbar?)
2. Auf Wunsch erfolgt die Zusendung eines Legitimationsschreibens (z. B. vom Auftraggeber der Erhebung, einer öffentlichen Stelle etc.) und/oder schriftlicher Erhebungsunterlagen zur Vorbereitung auf die telefonische Befragung. Weitere Informationsmaterialien sollten im Vorfeld bei Bedarf bereitgestellt werden können, ein Verweis auf eine Instituts- oder Projekthomepage ist ebenso sinnvoll wie eine kostenlose Hotline für Rückfragen.
3. Die eigentliche Befragung sollte mittels Computer Assisted Telephone Interviews (CATI) durchgeführt werden, in deren Rahmen ggf. weitere, zur Beantwortung noch offener Fragen notwendige Ansprechpartner im Betrieb identifiziert werden können.
4. Im Rahmen der computerunterstützten telefonischen Befragung erfolgt die Datenerfassung bereits während der Interviews. Die Auswertungsdatei wird anschließend auf Erfassungsfehler und Inkonsistenzen in den Daten geprüft.
5. Anschließend werden Gewichtungsfaktoren sowohl auf Betriebs- als auch auf Beschäftigtenebene auf Basis der Zahlen der Bundesagentur für Arbeit gebildet und dem Datensatz zugespielt.

Bei schriftlichen Unternehmensbefragungen kann der Rücklauf durch ein Begleitschreiben einer offiziellen Instanz wie z. B. Bundesministerien, Länder-

ministerien, Städte, Behörden, Verbände, Industrie- und Handelskammern etc. deutlich gesteigert werden (HAUTZINGER, 1993). Generell haben Form und Befragungsumfang bei Unternehmensbefragungen einen noch größeren Einfluss auf den Rücklauf als z. B. bei klassischen Haushaltsbefragungen. Weitere Hinweise zu einem adäquaten Vorgehen finden sich u. a. bei STEINMEYER (2004).

Auch bei Unternehmensbefragungen stellen Online-Befragungen bzw. Befragungen per E-Mail durchaus eine Alternative dar und helfen, den organisatorischen und finanziellen Aufwand zu minimieren. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Auswahlgesamtheit vollständig ist, d. h., zum Beispiel bei Mitarbeiterbefragungen auch alle Beschäftigten einen Zugang zur Befragung haben bzw. über einen E-Mail-Account adressiert werden können.

## 9 Resümee

Im Rahmen des Projektes sollten die nachfolgenden Forschungsfragen untersucht werden:

- Was ist Datenqualität und wie kann der Datenqualitätsbegriff für Verkehrserhebungen konkretisiert werden?
- Was sind aussagekräftige Qualitätsindikatoren zur Messung der Qualität von Daten aus Verkehrserhebungen?
- Wie lassen sich bei Verkehrsdaten Qualitätsstufen unterscheiden und Qualitätsanforderungen formulieren?
- Welche Empfehlungen zur Sicherung der Datenqualität lassen sich für Verkehrserhebungen geben?

Bevor man sich der Beantwortung dieser Fragen zuwendet, sollte man sich vergegenwärtigen, welche Arten von Verkehrserhebungen es gibt.

Neben der Erhebungsform (Zählungen, Messungen, Verhaltensbeobachtungen und Befragungen) lassen sich Verkehrserhebungen nach dem Erhebungsort klassifizieren. Grundsätzlich können Verkehrserhebungen

- im Verkehrssystem und
- außerhalb des Verkehrssystems

stattfinden, wobei die Erhebungen im Verkehrssystem nach den Verkehrsmitteln

- Fuß- und Radverkehr,
- Kfz-Verkehr und
- Öffentlicher Verkehr

unterschieden werden können. Verkehrserhebungen außerhalb des Verkehrssystems können darüber hinaus

- am Aktivitätenort (Einkaufs- und Freizeitort, Ort einer privaten Erledigung, Arbeitsplatz, Ausbildungsstätte),
- im Haushalt oder
- im Unternehmen bzw. Betrieb

erfolgen.

Nicht jede Erhebungsform lässt sich mit den klassifizierten Erhebungsorten kombinieren: Verkehrszählungen, Messungen und Verhaltensbeobachtungen finden im Haushalt und Unternehmen keine Anwendung. Im Rahmen des Projektes wurde eine Klassifikation (nach Erhebungsform und Erhebungsort) erarbeitet und den Detailbetrachtungen zugrunde gelegt (siehe Bild 2 in Kapitel 4.1).

1. Was ist Datenqualität und wie kann der Datenqualitätsbegriff für Verkehrserhebungen konkretisiert werden?

Ausgehend von einer allgemeinen, an den Ansätzen des Qualitätsmanagements orientierten Definition von Datenqualität lässt sich ein umfassendes Datenqualitätskonzept darstellen, welches im Bereich der amtlichen Statistik auf europäischer Ebene Anwendung findet. Dieses Konzept kann gut auf den Bereich der Verkehrserhebungen übertragen werden und ermöglicht eine strukturierte Betrachtung der Fehlerquellen bei den wichtigsten Erhebungsformen. Dies ist eine Grundvoraussetzung, um Strategien und Maßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung systematischer Fehler zu entwickeln. Im Rahmen dieses Projektes werden zu den wesentlichen Bereichen

- Stichprobenfehler/Anforderungen an die Präzision,
- systematischer Fehler/Anforderungen an die Richtigkeit sowie
- Verzerrungen durch Nonresponse

konkrete Beispielrechnungen durchgeführt.

2. Was sind aussagekräftige Qualitätsindikatoren zur Messung der Qualität von Daten aus Verkehrserhebungen?

Aufbauend auf dem Datenqualitätskonzept von Eurostat lassen sich Indikatoren für Verkehrserhebungen ableiten, wobei es im Hinblick auf die Relevanz bzw. Bedeutung der einzelnen Indikatoren teilweise Abweichungen zum Bereich der amtlichen Statistik gibt. Zur Beurteilung der Qualität von Verkehrserhebungen sind in erster Linie die Indikatoren, welche die Genauigkeit beschreiben, relevant. Auf Basis verschiedener Literaturquellen wurden Indikatoren der Datenqualität für Verkehrserhebungen definiert. Diese sind in Bild 3 in Kapitel 4.2 zusammenfassend dargestellt. Hierbei werden die spezifischen Anforderungen von Verkehrserhebungen an die Datenqualität berücksichtigt und anschließend die Elemente einer Qualitätsstrategie für Verkehrserhebungen (wie Schulungen etc.) beschrieben.

3. Wie lassen sich bei Verkehrsdaten Qualitätsstufen unterscheiden und Qualitätsanforderungen formulieren?

Diese Frage lässt sich nicht pauschal beantworten, da sich keine allgemeingültigen Abgrenzungen von Qualitätsstufen für die einzelnen Indikatoren über alle Erhebungsformen formulieren lassen. Deshalb wurde diese Fragestellung im Rahmen dieses Projektes immer im Zusammenhang mit dem Vorgehen zur Sicherstellung der Qualität betrachtet, also mit der Frage:

4. Welche Empfehlungen zur Sicherung der Datenqualität lassen sich für Verkehrserhebungen formulieren?

Der Titel des Forschungsprojektes „Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen“ suggeriert, dass Standards im Sinne von „festen Kochrezepten“ erzeugt werden können. Die Erhebungspraxis zeigt jedoch, dass es so etwas aufgrund der Vielfalt der Fragestellungen, unterschiedlichen Anforderungen und finanziellen Möglichkeiten nicht geben kann.

Es können zwar zahlreiche Vorgaben hinsichtlich der Datenqualität gemacht werden (siehe Kapitel 4.2), vergleichsweise häufig werden von Auftraggebern auch in Ausschreibungen für Verkehrserhebungen konkrete Werte zum Stichprobenumfang und damit indirekt zum Stichprobenfehler vorgegeben. Zu den systematischen Fehlern werden in der Regel aber keine oder nur wenige Vorgaben festgelegt. Dies hängt vor allem damit zusammen, dass

- detaillierte Kenntnisse über systematische Fehler und deren Zusammenhänge mit den wesentlichen Aspekten einer Erhebung häufig fehlen,
- unklar ist, in welcher Größenordnung notwendige Vorgaben zur Datenqualität liegen sollen,
- häufig die Bereitschaft oder Möglichkeit, finanzielle Mittel aufzubringen, um eine hohe Datenqualität zu erreichen, nicht vorhanden ist.

Die Qualität von Erhebungsergebnissen steht immer im Spannungsfeld der finanziellen und personellen Ressourcen und des Erhebungsumfangs und -aufwands. Die Konzeption der Erhebung resultiert demnach aus einem Abwägungsprozess zwischen der gewünschten Datenqualität, dem Erhebungsumfang und den vorhandenen finanziellen und personellen Ressourcen. Dabei ist es die Aufgabe für die Verantwortlichen der Erhebung, die in Abhängigkeit der Aufgabenstellung optimale Mischung zwischen diesen drei Elementen zu finden. In der Regel werden die finanziellen Mittel durch den Auftraggeber vorgegeben, sodass das verantwortliche Erhebungsinstitut nur noch die Prioritäten zwischen Quantität und Qualität setzen kann. Methoden und Maßnahmen zur Qualitätssicherung binden i. Allg. Ressourcen, die auf der anderen Seite zu Einsparungen an der Quantität, d. h. beim Stichprobenumfang und Erhebungsinhalt je Teilnehmer, führen müssen. Andererseits erhöht eine Reduktion des Stichprobenumfangs den Stichprobenfehler, sodass im Extremfall die Repräsentativität der Erhebung, d. h. die Verallgemeinerungsfähigkeit der Erhebungsergebnisse, nicht mehr gegeben ist.

Die Ziele und Vorgaben zur Qualität sollten daher immer im Zusammenhang mit den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln und dem geplanten Erhebungsumfang gesehen werden. Je nach Aufgabenstellung sind bei der Erhebungskonzeption entsprechende Prioritäten zu setzen. Das optimale Erhebungskonzept muss damit nicht das Konzept sein, welches zur höchsten Datenqualität führt, sondern dasjenige, welches unter den gegebenen Rahmenbedingungen, insbesondere den finanziellen Restriktionen, die Untersuchungsziele am besten erfüllt.

Unabhängig davon ist jedoch sicherzustellen, dass der gesamte Erhebungsprozess dokumentiert wird. Dies ist die Grundvoraussetzung, um die Qualität der erhobenen Daten überhaupt beurteilen zu können.

Folgendes Schema zur Dokumentation von Verkehrserhebungen („Metadaten“) wird vorgeschlagen:

1. Allgemeine Angaben/Basisangaben/Quellenangaben (z. B. Auftraggeber, Bearbeiter, finanzielle Institution)
2. Gegenstand und Ziele der Erhebung
3. Grundgesamtheit der Erhebung (z. B. „Personen im Alter ab x Jahren mit deutscher Staatsangehörigkeit der Gemeinde Y zum 31.12. 2008“)
4. Zeitliche und räumliche Abdeckung (Dauer der Feldarbeit, geografischer Erhebungsraum)
5. Untersuchungs-/Erhebungseinheiten (z. B. Personen, Kfz)
6. Erhebungsmerkmale (Charakteristika der Untersuchungseinheiten)
7. Angestrebter Genauigkeitsgrad
  - 7.1 Vorgaben zum Stichprobenfehler
  - 7.2 Vorgaben zur statistischen Sicherheit
  - 7.3 Benötigter Stichprobenumfang
8. Messverfahren zur Ermittlung der Merkmalsausprägungen
  - 8.1 Erhebungstechnik
  - 8.2 eingesetzte Erhebungsinstrumente
  - 8.3 Ggf. Anzahl des eingesetzten Erhebungspersonals
  - 8.4 Ggf. die Art der Incentives
  - 8.5 Ggf. die Methoden der Qualifizierung des Erhebungspersonals
9. Auswahlgesamtheit und Auswahlrahmen (Verzeichnis der Auswahlseinheiten)
10. Auswahlverfahren
  - 10.1 Stufengliederung
  - 10.2 Schichtung
  - 10.3 Ziehungsmodell
11. Pretest
  - 11.1 Planung und Durchführung
  - 11.2 Ergebnisse und Konsequenzen
12. Organisation und Ablauf der Erhebung (Feldphase)
  - 12.1 Feldbericht
  - 12.2 Darstellung des Antwortverhaltens
  - 12.3 Ggf. Nonresponse-Studie

13. Datenaufbereitung und Datenanalyse
  - 13.1 Erfassung, Prüfung, Bereinigung und Korrektur der Daten
  - 13.2 Gewichts- und Hochrechnungsfaktoren
  - 13.3 Hochrechnung/Tabellenprogramm
14. Informationen zur Beurteilung der Qualität der Daten
  - 14.1 Standardfehler
  - 14.2 Abdeckungsfehler
  - 14.3 Nonresponse-Fehler
  - 14.4 Messfehler
15. Ergänzende Materialien (z. B. ein Muster der eingesetzten Erhebungsmaterialien)

Auf einen immer wieder auftretenden und unter Datenqualitätsaspekten sehr relevanten Punkt soll an dieser Stelle explizit hingewiesen werden:

In der Praxis werden Erhebungen häufig zwar mit einem ganz bestimmten Ziel durchgeführt, anschließend kommt jedoch beim Auftraggeber nicht selten der Wunsch auf, die vorliegenden Daten auch für andere Zwecke einzusetzen. Dies ist im Sinne der Generierung eines „Mehrwertes“ grundsätzlich zu begrüßen, unter Datenqualitätsaspekten kann ein solches Vorgehen aber fragwürdig sein. Die Sekundärnutzung von Daten sollte sorgfältig geprüft werden, da aufgrund einer zu meist starken Ausrichtung des Erhebungskonzeptes auf bestimmte zu ermittelnde Zielgrößen sich bei veränderter Fragestellung häufig keine validen und statistisch abgesicherten Ergebnisse mehr erzielen lassen. Deshalb ist als letzter Punkt zur Qualitätssicherung bei Verkehrserhebungen darauf zu achten, dass die erhobenen Daten möglichst nur für den Zweck verwendet werden, für den sie erhoben worden sind.

Im vorliegenden Projekt wurden mögliche Fehlerquellen bei Verkehrserhebungen im Detail aufgezeigt und Hinweise für deren Vermeidung gegeben. Die Fehlerfortpflanzung bei der Weiterverwendung der Erhebungsdaten in Modellen wurde hingegen nicht betrachtet, da dies nicht Teil der Aufgabenstellung war und man dann auch andere, nachgelagerte Fragestellungen hätte berücksichtigen müssen. Hinsichtlich der Auswirkungen auf die Qualität von Verkehrsmodellen besteht also weiterer Untersuchungsbedarf, da Grundlagendaten aus Verkehrserhebungen sehr häufig als Eingangswerte in Verkehrsmodelle aller Art genutzt werden.

Als zentrales Fazit lässt sich festhalten, dass die Datenqualität bei Verkehrserhebungen immer nur so gut ist wie das schwächste Glied im statistischen Produktionsprozess. Deshalb sollte immer versucht werden, die richtige Balance zwischen allen relevanten Aspekten zu erreichen. Hierzu kann die Berücksichtigung des eben dargestellten Schemas zur Dokumentation von Verkehrserhebungen im Sinne eines Projekthandbuchs ein wichtiger Baustein sein.

## 10 Literatur

- ACKERMANN, K., SCHÖPPE, E.; BADROW, A., LIEßKE, F. (1999): System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) in Frankfurt am Main, in: Straßenverkehrstechnik 11/99, S. 545-549, Bonn
- ARMINGER, G.: Anlage und Auswertung von Paneluntersuchungen, in: HOLM, K. (Hrsg.): Die Befragung 4, Skalierungsverfahren Panelanalyse; Uni-Taschenbücher 434, Franke Verlag, München, 1976
- ARNOLD, M., HEDELER, M., WÖPPEL, H.-D., DAHME, J. (2008): Hochrechnungsverfahren für Kurzzeitzählungen auf Hauptverkehrsstraßen in Großstädten (FE 77.0479/2004), Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 1007, BMVBS, Bonn
- ATTESLANDER, P. (2003): Methoden der empirischen Sozialforschung, Walter de Gruiter, Berlin/New York
- AVZ (2008): Richtlinien für die Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Autobahnen und Europastraßen im Jahre 2008, Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Bergisch Gladbach
- BAST (2002): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS), Entwurf 2002, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
- BÄUMER, M. (2004): Evaluierung von Mobilitätsinformationsangeboten. In: Verkehrssystem- und Mobilitätsmanagement im ländlichen Raum – Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, Band 10. Hrsg.: Andreas KAGERMEIER. Mannheim, S. 217-231

- BÄUMER, M. (2006): Online-Befragungen aus stichprobentheoretischer und anwendungsorientierter Sicht – Worin liegen die besonderen Herausforderungen? Veröffentlichung zum DVWG-Workshop „Anwendungen der Stichprobentheorie bei der Planung und Auswertung von Verkehrserhebungen“, ISBN 3-933392-90-x, Berlin
- BÄUMER, M., MENGE, J. (2007): Personenwirtschaftsverkehr – Mobil im Namen der Dienstleistung? In: CLAUSEN, U. (Hrsg.): Wirtschaftsverkehr 2007, Verlag Praxiswissen Dortmund, S. 75-90
- BIEMER, P.B., LYBERG, L.E. (2003): Introduction to Survey Quality, Wiley Interscience
- BMVBS (Hrsg.) (2003): Kernelemente von Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten, Empfehlungen zur abgestimmten Gestaltung von Verkehrserhebungen, Referat A 30, Bonn
- BMVBS (Hrsg.) (2005): Richtlinien für die Straßenverkehrszählung im Jahre 2005 auf den Bundesfernstraßen, Referat S 28, Bonn
- BMVBS (Hrsg.) (2009): Richtlinien für die Straßenverkehrszählung im Jahre 2010 auf den Bundesfernstraßen, Referat S 11, Bonn
- BOCK, J. (1998): Bestimmung des Stichprobenumfangs, Oldenbourg-Verlag, München/Wien
- BORTZ, J., DÖRING, N. (1995): Forschungsmethoden und Evaluation. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- BRÖG, W., BRÖG, G. (1990): Untersuchungen zum Problem der 'non-reported-trips' zum Personen-Wirtschaftsverkehr bei Haushaltsbefragungen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 593, Bonn
- COCHRAN, W. G. (1977): Sampling Techniques, 3<sup>rd</sup> Edition, Wiley, New York
- DALGLEISH, M., HOOSE, N. (2008): Highway Traffic Monitoring and Data Quality, Artech House, Boston/London
- Department for Transport, DfT (Hrsg.) (2005): How the National Road Traffic Estimates are made, London
- DIN ISO 20252 (2006): Markt-, Meinungs- und Sozialforschung – Begriffe und Dienstleistungsanforderungen (ISO 20252:2006), Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), Berlin
- EBY, D.W., STREFF, F.M. (1994): How to Conduct a Safety Belt Survey: A Step by Step Guide. Ann Arbor: The University of Michigan Transportation Research Institute
- EHLING, M., KÖRNER, T. (Hrsg.) (2007): Handbook on Data Quality Assessment Methods and Tools, Wiesbaden
- FGSV (Hrsg.) (1991): Empfehlungen für Verkehrserhebungen EVE 91, Köln
- FGSV (Hrsg.) (1995): Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA 95, Köln
- FGSV (Hrsg.) (1996): Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, Köln
- FGSV (Hrsg.) (2001): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001), Köln
- FGSV (Hrsg.) (2004): Hinweise zu Methoden computergestützter Erhebungen zum individuellen Verkehrsverhalten, Köln
- FGSV (Hrsg.) (2005): Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs EAR 05, Köln
- FGSV (Hrsg.) (2006): Hinweise zur Qualitätsanforderung und Qualitätssicherung der lokalen Verkehrsdatenerfassung für Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Köln
- FGSV (Hrsg.) (2009): Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs, Arbeitskreis 1.2.2 Automatische Verkehrsdatenerfassung, 4. überarbeiteter Entwurf, Stand 17.02.2009, Köln (unveröffentlicht)
- GROVES, R.M., COUPER, M.P. (1998): Nonresponse in household interview surveys, John Wiley, New York, 344 pp. GROVES, R.M. und COUPER, M.P. (1998, Nonresponse in household interview surveys, John Wiley, New York, 344 pp.
- HANSEN, M.H., HURWITZ, W.N., MADOW, W.G. (1953): Sample Survey Methods and Theory, Volume I: Methods and Applications, Wiley, New York
- HAUTZINGER, H. (1987, Statistische Designprinzipien für kontinuierliche Verkehrserhebungen.

- DVWG-Schriftenreihe Band B 97 „Verkehrsstatistik heute“, Bergisch Gladbach
- HAUTZINGER, H., TASSAUX, B. (1989): Verkehrsmobilität und Unfallrisiko in der Bundesrepublik Deutschland. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen – Bereich Unfallforschung, Band 195, Bergisch Gladbach
- HAUTZINGER, H. (1990): Haushaltsbefragungen vom KONTIV-Typ: Hochrechnung – Gewichtung – Genauigkeitsbeurteilung, Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 61. Jg., Heft 4/1989 und Heft 1/1990, S. 357-364
- HAUTZINGER, H. (1993): Optimierung schriftlich-postalischer Verkehrsbefragungen – Die Methodenstudie zur Fahrleistungserhebung 1990. DVWG-Schriftenreihe Band B 156 „Sechster DVWG-Workshop über Verkehrsstatistik“, Bergisch Gladbach
- HAUTZINGER, H. (2003): Stichprobendesigns für Erhebungen am Aktivitätort. In: HAUTZINGER, Heinz (Hrsg.): Freizeitmobilitätsforschung – Theoretische und methodische Ansätze. Mannheim 2003, S. 21-32 (= Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, 4)
- HAUTZINGER, H., SCHMIDT, J. & PFEIFFER, M. (2009): Entwicklung eines methodischen Rahmenkonzepts für Verhaltensbeobachtung im fließenden Verkehr. Zwischenbericht zum Forschungsprojekt FE 82.0342/2008 der Bundesanstalt für Straßenwesen vom 31.08.2009.
- HERRY, M.: Datenqualität und Information im Verkehrswesen. In: SCHRENK, M. (Hrsg.): Computergestützte Raumplanung, Beiträge zum Symposium CORP '97, Institut für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der TU Wien, Wien 1997
- Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung (Hrsg.) (2006): Handbuch für Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, Heft 53/1-2006, Wiesbaden
- Arbeitsgemeinschaft HSR, Hochschule für Technik Rapperswil/Pestalozzi & Stäheli Ingenieurbüro Umwelt und Verkehr/Daniel Sauter Urban Mobiliy Research (2005): Erhebung des Fuss- und Veloverkehrs, SVI-Forschung 2001/503, Schlussbericht, Rapperswil
- Infas und DIW (2001): KONTIV 2001 Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten – Methodenstudie, Endbericht, Forschungsprogramm Stadtverkehr des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen
- Infas und DLR (2008): Mobilität in Deutschland 2008, Dritter Zwischenbericht, Bonn und Berlin
- Infas und DLR (2009): Mobilität in Deutschland 2008 – Alltagsverkehr in Deutschland, Präsentation zum Anwenderworkshop am 2.9.2009, Berlin
- Institut für Stadtbauwesen der TU Braunschweig, SCHLEGEL-SPIEKERMANN (1994): Methoden für die Durchführung von Stichprobenerhebungen zur Ermittlung von Verkehrsnachfragedaten im Öffentlichen Personennahverkehr für Betriebe unterschiedlicher Größe, Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Verkehr (BMV), Forschungsbericht, Braunschweig/Düsseldorf
- IVT et al. (2008): Endbericht zum Projekt Dienstleistungsverkehr in industriellen Wertschöpfungsprozessen für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Mannheim
- KATHMANN, T., ZIEGLER, H., THOMAS, B. (2009): Straßenverkehrszählung 2005 – Methodik; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 179, Bergisch Gladbach
- KLOAS, J., KUNERT, U. (1994): Über die Schwierigkeit, Verkehrsverhalten zu messen – Die drei KONTIV-Erhebungen im Vergleich – Teil II, in: Verkehr und Technik, Heft 3, S. 91-100
- KOPSCH, G., KÖHLER, S., KÖRNER, Th. (2006): Der Verhaltenskodex Europäische Statistiken (Code of Practice), Wirtschaft und Statistik 8, S. 793-804
- KORDA, C. (1999): Quantifizierung von Kriterien für die Bewertung der Verkehrssicherheit mit Hilfe digitalisierter Videobeobachtungen, Diss., TU Darmstadt
- LENSING, N., MAVRIDIS, G., TÄUBNER, D. (2001): Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 84, Bergisch Gladbach
- LIMBOURG, M. (2005): Forschungsmethoden: Verhaltensbeobachtung. Unveröffentlichtes Manuskript

- PAUL, A., SCHMIDT, P., SCHMITT, N., KÜHNEN, M. A. (2009): Leitfaden zur Durchführung von manuellen Straßenverkehrszählungen des Bundes, Version 1.00: Erstentwurf, Stand: 6. Oktober 2009
- RICHARDSON, A.J., AMPT, E.S., MEYBURG, A. H. (1995): Survey Methods for Transport Planning, Eucalyptus Press, Melbourne
- SCHMIDT, G., THOMAS, B. (1995): Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitzählungen im Innerortsbereich, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 732, BMV, Bonn
- Snizek + Partner (2007): Verkehrsplanung, Radverkehrserhebung 2006-2010, Bericht
- SOMMER, C. (2002): Erfassung des Verkehrsverhaltens mittels Mobilfunktechnik: Konzept, Validität und Akzeptanz eines neuen Erhebungsverfahrens, Shaker Verlag, Aachen
- SOMMER, C., BARTELS, S., BEBLIK, A. J. (2008): Mit PDA oder Fragebogen? – Instrumente der Fahrgastbefragung, in: Der Nahverkehr 7-8/2008, Alba Fachverlag, Düsseldorf
- STADTMÜLLER, S.; PORST, R. (2005): Zum Einsatz von Incentives bei postalischen Befragungen, ZUMA, How-to-Reihe, Nr. 14, Mannheim
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1960): Stichproben in der amtlichen Statistik, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart/Mainz
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2008): Qualitätsbericht Mikrozensus 2007, Wiesbaden
- STEINAUER, B., KATHMANN, T., LIEBEHENSCHHEL, D., BARTSCH, M. (2003): Überprüfung von Geschwindigkeitswarnanlagen, in: Straßenverkehrstechnik (47), Heft 10/2003
- STEINMEYER, I. (2004): Kenndaten der Verkehrsentstehung im Personenwirtschaftsverkehr, Huss-Verlag, München.
- Transportation Research Board (Hrsg.) (2000): Transport Surveys: Raising the Standard, Proceedings of an International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, May 24-30, 1997, Grainau, Germany, Transportation Research Circular, Number E-C008
- TAYLOR, M.A., YOUNG, W., BONSALE, B.W. (1996): Understanding Traffic Systems – Data, analysis and presentation, Aldershot
- United Nations (Hrsg.) (2003): Economic and Social Council, Economic commission for Europe, Inland Transport Committee, Report of the ad hoc Meeting on the E-Road Traffic Census 2005, Genf
- United Nations (Hrsg.) (2007): Economic Commission for Europe, Transport Division, WP.6 Task force on Road Traffic Performance, Handbook on Statistics on Road Traffic, Methodology und experience, Genf
- VDV (Hrsg.) (1992): Verkehrserhebungen, VDV-Schriften 10/92, Köln
- VDV (Hrsg.) (2007): Rahmenlastenheft „Automatische Fahrgastzählsysteme“, VDV-Schriften 457, Köln
- WERMUTH, M., MAERSCHALK, G., BRÖG, W. (1984): Verfahren zur Gewinnung repräsentativer Ergebnisse aus schriftlichen Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 424, Bonn
- WERMUTH, M., SOMMER, C., WULFF, S. (2006): Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 136, Bergisch Gladbach
- WVI (1994): Handbuch für Kordonerhebungen, Braunschweig
- WVI (2009): Unterlagen zum BEKA-Seminar „Fahrgasterhebungen“ vom 14./15.05.2009 in Braunschweig
- ZIEGLER, H., POZYBILL, M., KATHMANN, T.: Verkehrsmonitoring Baden-Württemberg – Entwicklung zur Umsetzungsreife, Straßenverkehrstechnik (53), Heft 6/2009
- ZUMKELLER, D., BLECHINGER, W., CHLOND, B., SEITZ, H. (1994): Paneluntersuchungen zum Verkehrsverhalten, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 688, Bonn

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2007

V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge Hübelt, Schmid	€ 17,50
V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen Gerlach, Kesting, Lippert	€ 15,50
V 135: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen Cypra, Roos, Zimmermann	€ 17,00
V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen Wermuth, Sommer, Wulff	€ 15,00
V 137: PM <sub>x</sub> -Belastungen an BAB Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,00
V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO <sub>x</sub> )- und Ozon (O <sub>3</sub> )-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004 Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,50
V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen Wirtz, Moritz, Thesenvitz	€ 14,00
V 140: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 15,50
V 141: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2003 Lensing	€ 15,00
V 142: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen Fischer, Brannolte	€ 17,50
V 143: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen Roos, Hess, Norkauer, Zimmermann, Zackor, Otto	€ 17,50
V 144: Umsetzung der Neuerungen der StVO in die straßenverkehrsrechtliche und straßenbauliche Praxis Baier, Peter-Dosch, Schäfer, Schiffer	€ 17,50
V 145: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland Baier, Klemps, Peter-Dosch	€ 15,50
V 146: Prüfung von Sensoren für Glättemeldeanlagen Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl	€ 18,50
V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005 Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,00
V 148: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie – Becher, Baier, Steinauer, Scheuchenpflug, Krüger	€ 16,50
V 149: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung Boltze, Friedrich, Jentsch, Kittler, Lehnhoff, Reusswig	€ 18,50
V 150: Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst Rommeiß, Thrän, Schlägl, Daniel, Scholwin	€ 18,00

V 151: Städtischer Liefer- und Ladeverkehr – Analyse der kommunalen Praktiken zur Entwicklung eines Instrumentariums für die StVO Böhl, Mause, Kloppe, Brückner	€ 16,50
V 152: Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer Gerlach, Oderwald	€ 15,50
V 153: Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen Lemke	€ 13,50
V 154: Autobahnverzeichnis 2006 Kühnen	€ 22,00
V 155: Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie in Deutsches Recht Bartolomaeus	€ 12,50
V 156: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen Badelt, Seliger, Moritz, Scheurl, Häusler	€ 13,00
V 157: Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317 Klößner, Fleisch, Balzer-Hebborn, Ellmers, Friedrich, Kübler, Lukas	€ 14,50
V 158: Zustandserfassung von Alleebäumen nach Straßenbaumaßnahmen Wirtz	€ 13,50
V 159: Luftschadstoffe an BAB 2006 Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner	€ 13,50
V 160: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 25,50
V 161: Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Infrastrukturbedingte Kapazitätsengpässe Listl, Otto, Zackor	€ 14,50
V 162: Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation – dWiSta Grahl, Sander	€ 14,50
V 163: Kriterien für die Einsatzbereiche von Grünen Wellen und verkehrsabhängigen Steuerungen Brilon, Wietholt, Wu	€ 17,50
V 164: Straßenverkehrszählung 2005 – Ergebnisse Kathmann, Ziegler, Thomas	€ 15,00

## 2008

V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM <sub>10</sub> -Emissionen von Straßen Quass, John, Beyer, Lindermann, Kuhlbusch, Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler	€ 14,50
V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 26,00
V 167: Schadstoffe von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung Kocher, Brose, Siebertz	€ 14,50
V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit Frost, Schulze	€ 15,50
V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen Wermuth, Wulff	€ 15,50
V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen Roos, Zimmermann, Riffel, Cypra	€ 16,50

- V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)  
Weinert, Vengels € 17,50
- V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007  
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50
- V 173: Bewertungshintergrund für die Verfahren zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge  
Altreuther, Beckenbauer, Männel € 13,00
- V 174: Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PMx-Belastung an Straßen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Düring, Lohmeyer, Moldenhauer, Knörr, Kutzner, Becker, Richter, Schmidt € 29,00
- V 175: Maßnahmen gegen die psychischen Belastungen des Personals des Straßenbetriebsdienstes  
Fastenmeier, Eggerdinger, Goldstein € 14,50

## 2009

- V 176: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw  
Schulze, Hübel € 13,00
- V 177: Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A24  
Lerner, Hegewald, Löhe, Velling € 13,50
- V 178: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2007 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Fitschen € 26,00
- V 179: Straßenverkehrszählung 2005: Methodik  
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,50
- V 180: Verteilung von Tausalzen auf der Fahrbahn  
Hausmann € 14,50
- V 181: Voraussetzungen für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen  
Hülsemann, Krems, Henning, Thieme € 18,50
- V 182: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern  
Sümmermann, Lank, Steinauer, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen € 17,00
- V 183: Bewertungsverfahren für Verkehrs- und Verbindungsqualitäten von Hauptverkehrsstraßen  
Lank, Sümmermann, Steinauer, Baur, Kemper, Probst, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen, Jachtmann, Hebel € 24,00
- V 184: Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern  
Alrutz, Bohle, Müller, Prahlow, Hacke, Lohmann € 19,00
- V 185: Möglichkeiten zur schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit  
Gerlach, Kesting, Thiemeyer € 16,00
- V 186: Beurteilung der Streustoffverteilung im Winterdienst  
Badelt, Moritz € 17,00
- V 187: Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes  
Kirschfink, Aretz € 16,50

## 2010

- V 188: Stoffeinträge in den Straßenseitenraum – Reifenabrieb  
Kocher, Brose, Feix, Görg, Peters, Schenker € 14,00
- V 189: Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen  
Düring, Lohmeyer, Pöschke, Ahrens, Bartz, Wittwer, Becker, Richter, Schmidt, Kupiainen, Pirjola, Stojiljkovic, Malinen, Portin € 16,50

- V 190: Entwicklung besonderer Fahrbahnbeläge zur Beeinflussung der Geschwindigkeitswahl  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
- V 191: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008  
Fitschen, Nordmann € 27,00  
Dieser Bericht ist als Buch und als CD erhältlich oder kann ferner als kostenpflichtiger Download unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.
- V 192: Anprall von Pkw unter großen Winkeln gegen Fahrzeugrückhaltesysteme  
Gärtner, Egelhaaf € 14,00
- V 193: Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen  
Klöckner € 14,50
- V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement  
Ansorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50
- V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen  
Londong, Meyer € 29,50  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.
- V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung  
Bark, Kutschera, Baier, Klemps-Kohnen € 16,00
- V 197: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2008  
Lensing € 16,50
- V 198: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2005/2006  
Kocher, Brose, Chlubek, Karagüzel, Klein, Siebertz € 14,50
- V 199: Stoffeintrag in Straßenrandböden - Messzeitraum 2006/2007  
Kocher, Brose, Chlubek, Görg, Klein, Siebertz € 14,00
- V 200: Ermittlung von Standarts für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen  
Bäumer, Hautzinger, Kathmann, Schmitz, Sommer, Wermuth € 18,00

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.