

Aufbau eines Qualitäts- managementsystems für Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 124

bast

Aufbau eines Qualitäts- managementsystems für Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste

von

Thomas Heinrich
Iris Pollesch
Christin Schober
Ioannis Stamatakis

TRANSVER GmbH
München

Martin Grzebellus
Nico Radike
Oliver Schneider
Monika Stapelfeld

NavCert GmbH
Braunschweig

Gerhard Huber

Universität der Bundeswehr München
Neubiberg

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 124

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 bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

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

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE: 03.0505/2012/IRB:
Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste

Fachbetreuung

Jens Ansorge
Lutz Rittershaus

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

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9307

ISBN 978-3-95606-398-5

Bergisch Gladbach, Juli 2018

Kurzfassung – Abstract

Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste

In der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962 (Europäische Kommission, 2015) wird von den Mitgliedsstaaten neben der Einrichtung nationaler Zugangspunkte zu Straßen- und Verkehrsdaten auch die gemeinsame Definition von Datenqualitätsindikatoren und Methoden zur Qualitätsbewertung und Kontrolle der verschiedenen Datenarten gefordert.

Ziel dieses Projektes war es daher, ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste zu entwickeln und für die Datenarten Baustelleninformationen und Reisezeitinformationen zu spezifizieren.

Dazu wurden

- der Stand der Wissenschaft und Technik recherchiert,
- Kriterien, Kenngrößen und Verfahren zur Messung der Qualität von Baustellen- und Reisezeitinformationen definiert,
- ein organisatorischer Rahmen für ein Qualitätsmanagement erstellt,
- ein Prozess zur Zertifizierung von bei Organisationen (i. d. R. Datengebern) eingeführten QMS entwickelt und
- ein Leitfaden erstellt, der die Organisationen bei der Einführung und Anwendung eines QMS helfen soll.

Durch die Einführung, Anwendung und regelmäßige Prüfung des im Rahmen dieses Projektes entwickelten und im zugehörigen Leitfaden beschriebenen QMS kann seitens der Datengeber ein Großteil der im Rahmen des Projektes identifizierten Probleme erkannt und behoben werden.

Wesentliche Maßnahmen sind dabei,

- die eindeutige Übertragung der Verantwortung für die Qualität der bereitgestellten Informationen auf die Datengeber,
- die Bereitstellung (Finanzierung), regelmäßige Schulung und Motivation von zuständigem Personal mit ausreichendem Zeitbudget,
- die bereits begonnene Überarbeitung der DATEX-II-Profile,
- die Bereitstellung DATEX-II-Profilkonformer Systeme zur Eingabe und Übertragung der Meldungen und
- die Lieferung von Qualitätskenngrößen mit den Informationen.

Development of a quality management system for collection and processing of data for its services

Commission Delegated Regulation (EU) 2015/962 (European Commission, 2015) requires the Member States to establish national access points to road and traffic data, as well as a common definition of data quality indicators and methods for quality assessment and control of different data types.

In this context, the aim of this project was to develop a quality management system (QMS) for the collection and processing of data for ITS services and to provide a specification for roadworks and travel time information.

Therefore,

- the state of the art has been researched,
- criteria, indicators and methods for the quality assessment of road work and travel time information were defined,

- an organizational framework for quality management was created,
- a certification process of QMS established by organizations (usually data providers) was developed and
- a guideline was produced to assist the organizations with the introduction and operation of a QMS.

Many of the problems identified in the context of this project can be detected and resolved on the data provider's side, through the introduction, operation and regular auditing of the QMS developed within this project and described in the associated guidelines.

Essential actions for this purpose are:

- the explicit assignment of the responsibility for the data quality to its providers,
- the provision (financing), regular training and motivation of qualified personnel with sufficient time budget,
- the already started revision of the DATEX II profiles,
- the provision of DATEX-II compliant systems for the input and transmission of the information and
- the delivery of quality indicators with the information in respect.

Summary

Development of a quality management system for collection and processing of data for its services

1 Task description

Commission Delegated Regulation (EU) 2015/962 (European Commission, 2015) requires the Member States to establish national access points to road and traffic data, as well as a common definition of data quality indicators and methods for quality assessment and control of different data types.

In this context, the aim of this project was to develop a Quality Management System (QMS) for the collection and processing of data for ITS services and to provide a specification for roadworks and travel time information.

In Work Package (WP) 1 the relevant literature was reviewed.

In WP 2 the criteria, indicators and methods for the quality assessment of roadworks and travel time information were defined. In addition, the assessment methods for roadworks information were implemented and tested in a prototype software tool.

In WP 3 the required organizational framework for quality management was created.

In WP 4 a certification process of QMS established by organizations (usually data providers) was developed.

2 Methodology

For the development of the QMS the steps described below were followed (see Figure 1):

As a final step, a guideline was produced to assist the organizations with the introduction and operation of a QMS in WP 5.

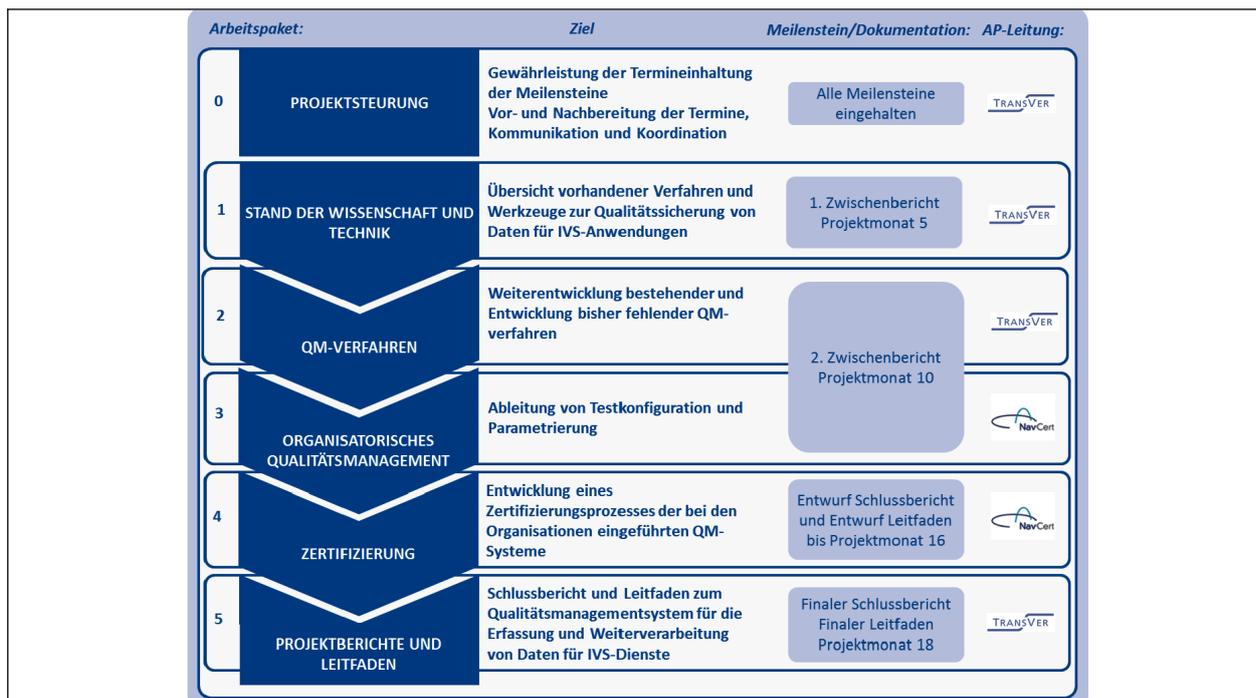


Figure 1: Approach

3 Results

WP 1 Literature Review

In WP 1 the literature found in the research area of data quality assurance for individual-oriented (e.g. traffic information / navigation) and system-oriented (e.g. traffic control systems) ITS services was reviewed. The following topics were researched: the relevant guidelines and norms, scientific boards, research projects, quality related concepts, ITS services, processes and process chains, existing quality criteria and indicators as well as methods for the quality assessment and monitoring.

The research unveiled that existing reference-based (i.e. ground truth data required) methods and indicators for the quality assessment of travel time information can be applied either on smaller parts of the network with sufficient detection infrastructure, or on larger parts with higher costs, with the reason being that expensive ground truth data should be gathered (e.g. by test drives). Those methods are therefore suitable only for a spatially and temporally restricted quality assessment of travel time information. The methods described in this WP were investigated by TRANSVER for the purposes of the CEDR UNIETD Project. They were extended (HEINRICH, et al., 2015), implemented in a prototype software tool (HEINRICH, FOURATI, STAMATAKIS, & CORNWELL, 2015) and tested respectively (STAMATAKIS, HEINRICH, SCHÖBER, CORNWELL, & ELIAS, 2016).

AP 2 QM-Methods

On the other hand, no existing non-reference-based methods and indicators were found for the quality assessment of travel time information. The same applies for assessment methods (both reference-based and non-reference-based) of roadworks information. The definition of such indicators and the development of the required methodologies took place in WP 2.

Based on the work of (WILTSCSKO, 2004), the criteria general and actual availability, timeliness, completeness, consistency, correctness and accuracy, as well as indicators to quantify them were defined. Because of the fact that no travel time information is yet available on the Mobility-Data-Mar-

ketplace (MDM) (a suitable DATEX II Profile is not provided yet), only a small part of the developed quality indicators for roadworks information was implemented in a prototype tool. The indicators in respect were then tested for practical applications, using a data sample.¹ For the applied quality checks no errors were identified regarding availability, consistency of the reported DATEX II documents (validity) and completeness. On the contrary, some errors of the content-related consistency and correctness occurred. A more precise analysis of the errors unveiled that only a small number of quality checks failed and that the errors were mostly systematic for specific federal states and error types. Those errors could have been avoided at an earlier stage through the implementation and deployment (during the data entry) of the quality checks.

WP 3 Organizational QM

The methods developed within the WP 2 are quality tools, whose deployment should be ensured as part of an organizational QM. The required organizational QM was developed in the WP 3. For that, the known problems for the collection, processing, deployment and display of roadworks information over the MDM were identified based on a survey for both the data providers and the data users (data recipients). As a result, the organizational aspects were primarily identified, so that it can be modified in order to achieve an improvement of the quality of the information to be deployed:

- The way the roadworks information has been used and processed so far among the different federal states varies (e.g. from simple hardcopy documents to complex roadworks management systems). However due to the lack of automatic interfaces, processes, schedule of responsibilities, personnel and/or awareness of the problems, the data is not deployed on the MDM with the quality level required.
- There is no QMS in most of the federal states for the collection, processing and deployment of the respective information.

¹ The implementation and testing of the developed methodologies were not part of the tender and the proposal. It was made voluntarily as a supplement.

Technical aspects, which can also benefit by introducing the developed QMS, were additionally identified:

- The DATEX II elements are partially interpreted in a different/wrong way and therefore are incorrectly provided.
- Varying IDs for reported information (update), which represent the same roadworks site (Situation).
- Five different approaches for the localization (geo-referencing) of the information.
- Incomplete reported information (mandatory elements are empty).
- The construction works are not in reality in accordance with the plans (e.g. early start of the works). No dynamic data collection.
- Lack of information regarding quality.

For the time being, the quality assurance is carried out manually (very costly) by the data users. Missing or implausible data must be gathered at a later stage (e.g. through cooperation with the data provider). If such a cooperation is not possible, the im-

plausible data must be rejected (cannot be further used), which leads to missing information (e.g. not reported roadworks).

WP 4 Certification

In WP 4 a certification process, as well as an audit-check list were defined for QMS for ITS services, based on QM-standards (e.g. DIN EN ISO 9001:2016 and DIN EN ISO/IEC 17025:2005).

WP 5 Guidelines

In order to support the organizations for the set-up of the QMS, a guidelines document was created within the WP 5. The first part of the guidelines contains general, organizational requirements regarding the management for the set-up of a QMS and the compliance to it, while in the second part the technical requirements are defined. The document is structured in such a way that a QM-Standard for ITS services can be directly deduced. The phraseology and the structure of the document correspond as much as possible to the ones in DIN EN ISO/IEC 17025:2005 and DIN EN ISO 9001:2016. Moreover, it is described in the guidelines how an organization can achieve the implementation of a QMS based on those specifications. It should be mentioned hereby, that the guidelines were produced as a draft version for a QM-Standard and that they were therefore me-

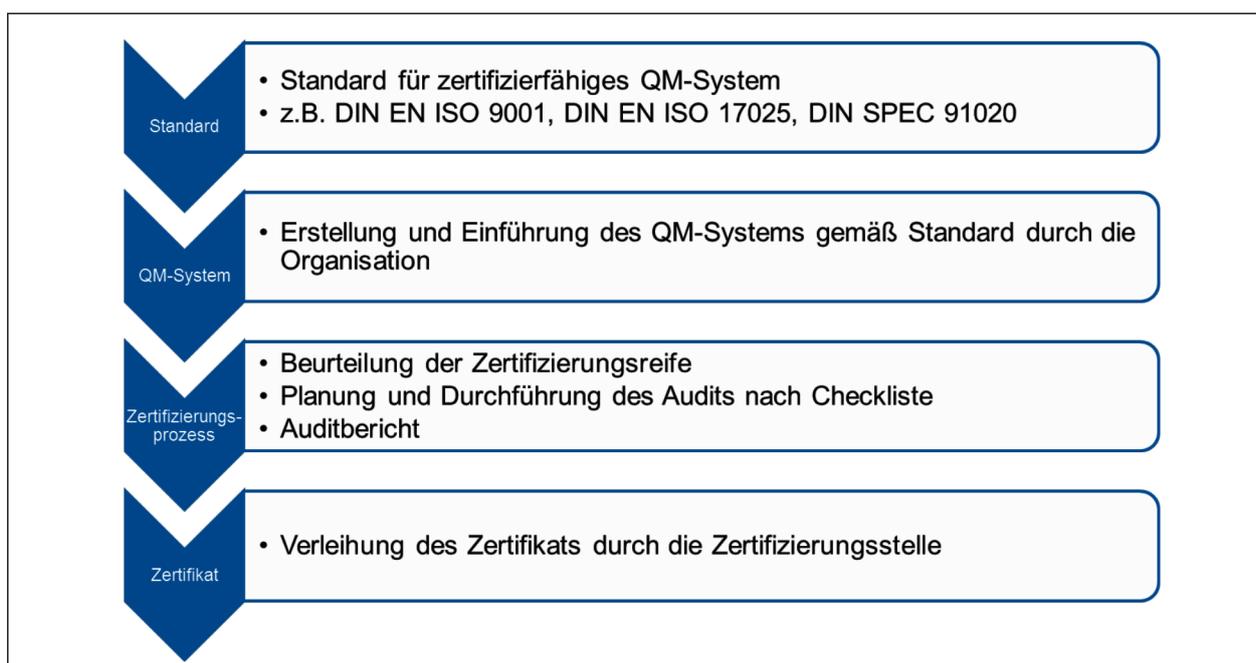


Figure 2: Certification of QMS

ant to be for general purposes. Each organization should derive the suitable QMS from the guidelines and document it in a manual.

4 Conclusions for practical implementation

Many of the problems identified in the context of this project can be detected and resolved on the data provider's side, through the introduction, operation and regular auditing of the QMS developed within this project and described in the associated guidelines.

Essential actions for this purpose are:

- the explicit assignment of the responsibility for the data quality to its providers,
- the provision (financing), regular training and motivation of qualified personnel with sufficient time budget,
- the already started revision of the DATEX II profiles,
- the provision of DATEX-II compliant systems for the input and transmission of the information and
- the delivery of quality indicators with the information in respect.

References

Deutsches Institut für Normung. (2005). DIN EN ISO/IEC 17025:2005 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

Deutsches Institut für Normung. (2016). DIN EN ISO 9001:2016 Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen.

Europäische Kommission. (2015). Delegierte Verordnung (EU) 2015/962 der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU.

Europäisches Parlament und Rat. (2010). Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern.

HEINRICH, T., CORNWELL, I., ETTINGER, R., FOURATI, W., HUBER, G., STAMATAKIS, I., & UNGUREANU, T. (2015). UNIETD Deliverable D2.1 Description of Methodologies.

HEINRICH, T., FOURATI, W., STAMATAKIS, I., & CORNWELL, I. (2015). UNIETD Deliverable D2.2 Functional Specification of Software Toolkit.

STAMATAKIS, I., HEINRICH, T., SCHOBER, C., CORNWELL, I., & ELIAS, D. (2016). UNIETD Deliverable D2.3 Field Test and Evaluation.

WILTSCHKO, T. (2004). Sichere Information durch infrastrukturgestützte Fahrerassistenzsysteme zur Steigerung der Verkehrssicherheit an Straßenknotenpunkten (Bde. Reihe 12, Nr. 570). Stuttgart: VDI Verlag.

Inhalt

Abkürzungen	12	4.6	Benchmarking VBA	26
Einleitung	15	4.7	QUANTIS	27
AP 1 Stand der Wissenschaft und Technik	16	4.8	UNIETD	28
1 Einleitung	16	4.9	IGLOS	29
2 Richtlinien und Standards	19	5 Qualitätsbegriffe	29	
2.1 DIN EN ISO 9000 / DIN EN ISO 9001 .	19	5.1	Qualitätsbegriffe nach ISO 9000	29
2.2 DIN EN ISO / IEC 17025	19	5.2	Qualitätsbegriffe nach ISO TR 21707 .	30
2.3 Six-Sigma	19	5.3	Qualitätsbegriffe nach NEUMANN, DALAFF und NIEBEL	30
2.4 TLS	20	5.4	Resultierende Qualitätsbegriffe	32
2.5 MARZ	21	6 IVS-Dienste	32	
2.6 Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeein- flussungsanlagen	21	7 Prozesse und Prozessketten	33	
2.7 Hinweise zur Videodetektion in Ver- kehrsbeeinflussungsanlagen	22	7.1	Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr	33
2.8 RiLSA	22	7.2	TISA: Terms and Definitions for the Traffic and Travel Information Value Chain	34
2.9 Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen	22	7.3	Resultierende Prozesse und Prozessketten	34
2.10 Leitfaden Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen	22	8 Qualitätskriterien, -indikatoren und -kenngößen	34	
3 Gremien	23	8.1	ISO/TR 21707	34
3.1 FGSV AK 3.2.1 Umfelddatenerfassung in VBA	23	8.2	QUANTIS	34
3.2 FGSV AK 3.2.9 Videodetektion in VBA	23	8.3	IGLOS	34
3.3 FGSV AK 3.2.10 Qualitätsmanagement von VBA	23	8.4	Resultierende Qualitätskriterien, -indikatoren und -kenngößen	39
3.4 TISA	23	9 Qualitätsbewertung	39	
4 Forschungsprojekte	24	9.1	Verkehrsdaten	39
4.1 iQ mobility	24	9.2	Umfelddaten	41
4.2 AKTIV-VM Prozessmonitor	24	9.3	Videodetektion	42
4.3 Traffic IQ	25	9.4	Streckenbeeinflussung	42
4.4 QUATRA	26	9.5	Temporäre Seitenstreifenfreigabe	48
4.5 Leitfaden für die flächendeckende Erfassung verkehrsrelevanter Daten und Ereignisse	26	9.6	Netzbeeinflussung	49
		9.7	Zuflussregelung	50
		9.8	Verkehrsinformationen	51

10	Qualitätsmonitoringsysteme	64	3.2.6	Qualitätskenngrößen zu Genauigkeit. . .	77
10.1	LOTRAN-DQ	64	3.3	Qualitätskenngrößen für Reisezeit- informationen	78
10.2	PTV TrafficCountManagement.	65	3.3.1	Qualitätskenngrößen zu Verfügbarkeit. . .	78
10.3	pwpTM-A	65	3.3.2	Qualitätskenngrößen zu Aktualität	79
10.4	TRANSAID	65	3.3.3	Qualitätskenngrößen zu Vollständigkeit	80
10.5	LOTRAN-Info	65	3.3.4	Qualitätskenngrößen zu Konsistenz. . .	80
10.6	UNIETD-Toolkit	66	3.3.5	Qualitätskenngrößen zu Korrektheit. . .	80
10.7	Traffic-IQ.	67	3.3.6	Qualitätskenngrößen zu Genauigkeit. . .	80
10.8	CONSYST	68	4	Aggregation	81
AP 2	QM-Verfahren	68	AP 3	Organisatorisches QM	81
1	Einleitung	68	1	Einleitung	81
2	Qualitätskriterien	68	2	Prozesse bei der Meldung von Baustelleninformation	81
2.1	Verfügbarkeit	68	2.1	Autobahndirektion Südbayern – Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM)	82
2.2	Aktualität.	69	2.1.1	Baustellen (-planung).	82
2.3	Vollständigkeit	69	2.1.2	Arbeitsstellenintegrationssystem	82
2.4	Konsistenz	69	2.1.3	Reiseauskunft Bayern mit Verkehrslage	84
2.5	Korrektheit	70	2.2	Straßen.NRW – Landesbetrieb Straßen- bau NRW – Baustellenmanagement . . .	84
2.6	Genauigkeit	70	2.2.1	Vorbereitung / Ablauf Baumaßnahmen	84
2.7	Gegenseitige Abhängigkeiten der Qualitätskriterien	70	2.2.2	Baustelleninformationssystem	85
2.8	Qualitätskriterien und Prozesse	70	2.2.3	Weitergabe Baustellenmeldungen	86
2.9	Vergleich der definierten Qualitäts- kriterien mit den Qualitätsbegriffen der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962	70	2.2.4	Verkehrsinformationssystem NRW. . . .	86
2.10	Vergleich der definierten Qualitäts- kriterien mit den Qualitätsbegriffen der EIP+	72	2.3	Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr	87
3	Qualitätskenngrößen	73	2.3.1	Baustellenmeldungen der NLStBV. . . .	87
3.1	Entwicklung einer Systematik zur Messung von Qualitätskriterien	73	2.3.2	Verkehrsmanagementzentrale Nieder- sachsen / Region Hannover (VMZ)	89
3.2	Qualitätskenngrößen für Baustellen- informationen	74	2.3.3	Weitergaben an das Baustellen- informationssystem des Bundes und der Länder	89
3.2.1	Qualitätskenngrößen zu Verfügbarkeit. . .	74	2.4	Straßen- und Verkehrsmanagement in Hessen	89
3.2.2	Qualitätskenngrößen zu Aktualität	75	2.5	Prozessverallgemeinerung in den Organisationen.	90
3.2.3	Qualitätskenngrößen zu Vollständigkeit	76			
3.2.4	Qualitätskenngrößen zu Konsistenz. . .	76			
3.2.5	Qualitätskenngrößen zu Korrektheit. . .	76			

2.6	Generell identifizierte Herausforderungen bis zur Weitergabe von Baustelleninformationen	90
3	Anforderungen an Organisation und Qualitätsmanagement gemäß DIN EN ISO/IEC 17025	92
4	Konzept zur Selbstoptimierung	93
4.1	Beschreibung der durchzuführenden Maßnahmen	94
4.2	Exemplarische Anwendung des PDCA-Zyklus	94
5	Standardisierung auf nationaler und europäischer Ebene	95
	Zusammenfassung	96
	Literatur	98
	Bilder	101
	Tabellen	102

Die Anhänge zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:
<http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar

Abkürzungen

A	Autobahn
AKTIV-VM	Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr – Verkehrsmanagement
AID	Arbeitsstellen längerer Dauer
AP	Arbeitspaket
APNR	Automatic Number Plate Recognition
ASB	Anweisung Straßeninformationsbank
ASDA	Automatisierte Staudynamikanalyse
ASFiNAG	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
ASM	Adaptive Smoothing Method
B	Bundestraße
BAB	Bundesautobahn
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BIS	Baustelleninformationssystem der Bundes und der Länder
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CEDR	Conference of European Directors of Roads
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
CONSYST	Name eines Monitoring-Systems
DAB	Digital Audio Broadcasting
DATEX II	Standardisiertes Data Exchange Protocol zur Übertragung von Verkehrs- und zugehörigen Managementinformationen
DMAIC	Define – Measure – Analyse – Improve – Control
DR	Detection Rate
dWiSta	Dynamische Wegweiser mit integrierten Stauinformationen

ETRS89	Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989	KPI	Key Performance Indicator (Qualitätskenngröße)
EU	Europäische Union	LCL	Location Code List
FAR	False Alarm Rate	LOS	Level of Service
FC	Floating Car	LOTRAN-DQ	Local Traffic Analyzer for Data Quality
FC(D)	Floating Car (Daten)	LSA/LZA	Lichtsignalanlagen/Lichtzeichenanlagen
FCD	Floating Car Data	LTE	Long Term Evolution
FE	Forschung & Entwicklung	MARZ	Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	MDM	Mobilitätsdatenmarktplatz
FMEA	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse	MIV	Motorisierter Individualverkehr
FOTO	Forecasting of traffic objects	MQ	Messquerschnitt
GPS	Global Positioning System	NBA	Netzbeeinflussungsanlage
GT	Ground Truth	NMIV	Nichtmotorisierter Individualverkehr
GUI	Graphical User Interface	NQAV	Nicht quantifizierbare Kenngröße
H QML	Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen	ÖV	Öffentlicher Verkehr
H VVBA	Hinweise zur Videodetektion in Verkehrsbeeinflussungsanlagen	PDCA	Plan Do Control Act
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen	QAV	Quantifizierbare Kenngröße
IG-L	Immissionsschutzgesetz – Luft	Qbench	Qualitätskenngröße und -messverfahren für Reisezeitinformationen
IGLOS	Name eines Forschungsprojektes	QBENCH	Quality Benchmark
iQ mobility	Integriertes Qualitäts- und Mobilitätsmanagement im Straßenverkehr der Region Berlin-Brandenburg	QFCD	Quality Evaluation Based on Floating Car Data
ITS	Intelligent Transportation System	QKZ	Qualitätskennziffer
IV	Individualverkehr	QM	Qualitätsmanagement
iVA	Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik	QMH	Qualitätsmanagement-Handbuch
IVS	Intelligente Verkehrssysteme	QMS	Qualitätsmanagementsystem
IVSG	Intelligente Verkehrssysteme Gesetz	QSV	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs
KBA	Knotenbeeinflussungsanlage	QUANTIS	Quality Assessment and Assurance of Traveller Information Systems

QUATRA	Software and Services for the Quality Management of Traffic Data	VLR	Verkehrslagerekonstruktion
		WV	Wirtschaftsverkehr
RBL	Rechnergestütztes Betriebsleitsystem	WWW	Wechselwegweisung
RDS	Radio Data System	XFCD	Extended Floating Car Data
RiLSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen	XML	Extensible Markup Language
RTTI	Real-time Traffic Information	ZRA	Zuflussregelungsanlage
SBA	Streckenbeeinflussungsanlage	ZVM	Zentralstelle Verkehrsmanagement
SIMPE	Squared Inverse Mean Percentage Error (Qualitätskenngröße und -messverfahren für Geschwindigkeitsinformationen)		
tbd.	to be done		
TCM	Traffic Count Management		
TISA	Traveller Information and Service Association		
TLS	Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen		
TMC	Traffic Message Channel		
TPEG	Transport Protocol Experts Group		
TSF	Temporäre Seitenstreifenfreigabe		
TT	Travel Time		
TTD	Travel Time Difference (Qualitätskenngröße und -messverfahren für Reisezeitinformationen)		
TVLR	Technische Grenze der Verkehrslagerekonstruktion		
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System		
UNIETD	Understanding New and Improving Existing Traffic Data (im gleichnamigen Forschungsprojekt entwickeltes Qualitätsmessverfahren für Reisezeitinformationen)		
UZ	Unterzentrale		
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage		
VeMAS	Name für ein Referenzmesssystem		

Einleitung

Richtlinie 2010/40/EU

„Intelligente Verkehrssysteme“ (IVS) sind laut Artikel 4 der „Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern“ „Systeme, bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien im Straßenverkehr, einschließlich seiner Infrastrukturen, Fahrzeuge und Nutzer, sowie beim Verkehrs- und Mobilitätsmanagement und für Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern eingesetzt werden“. IVS sollen dazu beitragen, den Straßenverkehr sicherer, effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten.

Durch die Richtlinie soll die koordinierte und kohärente Einführung und Nutzung von interoperablen, untereinander kompatiblen und kontinuierlichen (grenzüberschreitenden) IVS in der Europäischen Union beschleunigt werden. In Artikel 3 und Anhang I der Richtlinie werden sechs „vorrangige Maßnahmen für die Ausarbeitung und Anwendung von Spezifikationen und Normen“ aufgeführt. Dazu zählt auch „die Bereitstellung EU-weiter Echtzeit-Verkehrsinformationssysteme“.

Delegierte Verordnung (EU) 2015/962

In der „Delegierten Verordnung (EU) 2015/962 der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU“ werden laut Artikel 1 „die Spezifikationen festgelegt, die erforderlich sind, um die Zugänglichkeit, den Austausch, die Weiterverwendung und die Aktualisierung von Straßen- und Verkehrsdaten seitens der Straßenverkehrsbehörden, Straßenbetreiber und Diensteanbieter für EU-weite Echtzeit-Verkehrsinformationssysteme zu gewährleisten. Die Verordnung gilt für das transeuropäische Gesamtstraßennetz, für nicht zu diesem Netz gehörende Autobahnen sowie für Prioritätszonen, die von den nationalen Behörden nach eigenem Ermessen ausgewählt werden.“

Laut Artikel 3 (1) der Verordnung richtet jeder Mitgliedstaat einen nationalen Zugangspunkt ein. „Der nationale Zugangspunkt ist die zentrale Anlaufstelle

für Nutzer für den Zugang zu Straßen- und Verkehrsdaten, einschließlich Datenaktualisierungen, die von Straßenverkehrsbehörden, Straßenbetreibern und Diensteanbietern bereitgestellt werden und das Gebiet eines bestimmten Mitgliedstaats betreffen.“

„Um die Bereitstellung kompatibler, interoperabler und kontinuierlicher Echtzeit-Verkehrsinformationssysteme in der gesamten Union zu erleichtern, stellen Straßenverkehrsbehörden und Straßenbetreiber die von ihnen [...] erhobenen und aktualisierten dynamischen Straßenstatusdaten“ und „Verkehrsdaten im DATEX II Format (CEN/TS 16157 und spätere, aktualisierte Versionen) oder in einem anderen maschinenlesbaren Format, das in vollem Umfang mit DATEX II kompatibel und interoperabel ist, zur Verfügung.“

Neben den Daten selbst sollen auch dazugehörige Metadaten und Informationen über die Datenqualität zur Verfügung gestellt werden. „Die Mitgliedstaaten und die beteiligten IVS-Akteure sollten [...] sich auf gemeinsame Definitionen für die Datenqualität [...] einigen, damit gemeinsame Datenqualitätsindikatoren (-kenngrößen) auf allen Stufen der Verkehrsdatenwertschöpfungskette (z. B. Datenvollständigkeit, -genauigkeit und -aktualität, Erhebungs- und Standortbestimmungsmethode sowie Qualitätskontrollen) angewandt werden können. Sie sollten ferner [...] an diesbezüglichen Methoden zur Qualitätsbewertung und -kontrolle der verschiedenen Datenarten [...] arbeiten.“

Mobilitäts-Daten-Marktplatz (MDM)

In Deutschland ist der Mobilitäts-Daten-Marktplatz (MDM) geeignet, die Rolle des nationalen Zugangspunktes zu übernehmen. Der MDM wurde mit dem Ziel entwickelt, möglichst viele Anbieter und Nutzer von Verkehrsinformationen effizient zu vernetzen und so eine Plattform zu schaffen, auf der sie ihre Daten austauschen können. Zum Datenaustausch wird dabei das DATEX II Format verwendet, auf dessen Basis verschiedene Profile (MDM-Datenmodelle) für die einzelnen Anwendungen (z. B. Baustelleninformationssystem, Messstellen) entwickelt wurden. Diese DATEX II Profile enthalten jeweils verpflichtende und optionale Elemente zur Be-

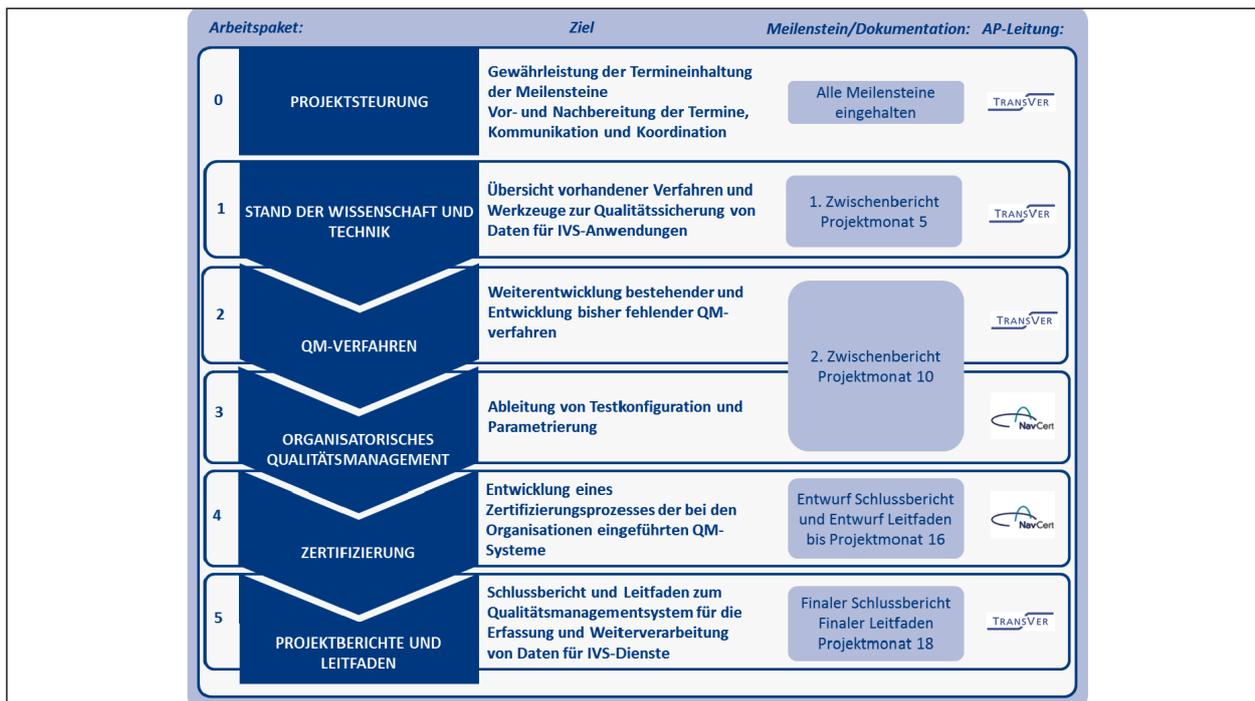


Bild 1: Vorgehensweise

schreibung der entsprechenden Verkehrsinformationen. Damit sind die technischen Voraussetzungen für die Bereitstellung (Datengeber) und den Abruf (Datennehmer) der Daten vorhanden. Noch nicht definiert wurden die Datenqualitätskenngrößen und Methoden zur Qualitätsbewertung und Kontrolle der verschiedenen Datenarten.

Ziel

Deshalb wird im Rahmen des BASt FE 03.0505/2012/IRB ein „Qualitätsmanagementsystem für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste“ entwickelt und für die Anwendungsfälle „Baustelleninformationssystem des Bundes und der Länder“ und „Reisezeitinformationen“ spezifiziert.

Vorgehensweise

Dazu wird wie folgt vorgegangen (vgl. Bild 1):

Im Arbeitspaket AP 1 wird der Stand der Wissenschaft und Technik im Bereich der Qualitätssicherung von Daten für IVS-Dienste recherchiert.

Im AP 2 werden Kriterien, Kenngrößen und Verfahren zur Messung der Qualität von Baustellen- und

Reisezeitinformationen definiert und (zusätzlich) für Baustelleninformationen prototypisch implementiert und auf Praxistauglichkeit getestet.

Neben diesen Qualitätswerkzeugen ist vor allem ein organisatorischer Rahmen für ein Qualitätsmanagement erforderlich, der im AP 3 erstellt wird.

Im AP 5 wird ein Leitfaden erstellt, der die Organisationen bei der Einführung und Anwendung eines QM-Systems helfen soll.

Im AP 4 wird ein Prozess (eine Checkliste) zur Zertifizierung von bei Organisationen (i. d. R. Datengebern) eingeführten QM-Systemen entwickelt.

AP 1 Stand der Wissenschaft und Technik

1 Einleitung

Bei der Entwicklung und dem Aufbau intelligenter Verkehrssysteme (IVS) sind in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl nationaler und regionaler

Systeme mit sehr unterschiedlichen Zielsetzungen und Ausprägungen realisiert wurden. Ein Austausch von Wissen und erprobten Verfahren zwischen den EU-Mitgliedsstaaten fand kaum statt. Mangels europaweit verbindlicher Spezifikationen und Standards für Systeme, Schnittstellen und Qualitätsanforderungen konnte folglich keine verkehrsträger- bzw. länderübergreifende Kontinuität von IVS-Diensten und -Anwendungen hergestellt werden.

Die Europäische Union hat daher 2008 einen Aktionsplan zur Einführung intelligenter Verkehrssysteme in Europa (KOM(2008)886) veröffentlicht, mit dem Ziel der Beschleunigung der Einführung von IVS im Straßenverkehr und der Gewährleistung ihrer Interoperabilität in der gesamten Europäischen Union. Dem Aktionsplan wurde die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung eines Rahmens für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern“ angegliedert (Richtlinie 2010/40/EU – IVS-Richtlinie). Diese Richtlinie sieht die Ausarbeitung von Spezifikationen für Maßnahmen und erforderlichen Normen vor.

In Deutschland wurde die IVS-Richtlinie mit dem „Intelligente Verkehrssysteme Gesetz“ (IVSG) 2013 in nationales Recht umgesetzt. Das IVSG sieht vor, dass die zuständigen Behörden bei der Einführung von Anwendungen und Diensten intelligenter Verkehrssysteme die von der Europäischen Kommission zu erlassenen Spezifikationen zu beachten haben. Das Gesetz enthält zudem eine Ermächtigung für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zum Erlass von Rechtsverordnungen über Anforderungen an Intelligente Verkehrssysteme.

Um den Prozess der Umsetzung der IVS-Richtlinie zu unterstützen, wurde unter Federführung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2013 der nationale IVS-Aktionsplan durch einen Beirat für intelligente Verkehrssysteme (IVS-Beirat) aufgestellt. Der IVS-Aktionsplan definiert die mit allen Beteiligten abgestimmte Vorgehensweise bei der koordinierten Weiterentwicklung bestehender und der Einführung neuer IVS. Der IVS-Aktionsplan bildet das Fundament für die Ein-

bringung deutscher Vorschläge auf europäischer Ebene. Auf der Grundlage einer Bestandsanalyse sowie der Schwerpunkte der IVS-Richtlinie wurden prioritäre Handlungsfelder festgelegt:

- Handlungsfeld 1: Optimale Nutzung von Straßen-, Verkehrs- und Reisedaten. Hierunter werden Maßnahmen gebündelt, die die Zugänglichkeit von straßenverkehrsrelevanten Daten und deren Qualität verbessern. Es werden dabei sowohl Daten aus öffentlichen als auch aus privatwirtschaftlichen Quellen adressiert.
- Handlungsfeld 2: Durchgängigkeit der IVS-Dienste in den Bereichen Verkehrsmanagement und Verkehrsinformation. Hier werden die Aktivitäten zusammengefasst, die eine zuständigkeitsübergreifende Umsetzung von IVS-Diensten ermöglichen. Dabei sollen auch die unterschiedlichen Systemansätze zu einer Rahmenarchitektur mit definierten Schnittstellen zusammengeführt werden.
- Handlungsfeld 3: IVS-Anwendungen zur Steigerung der Verkehrseffizienz, Verkehrssicherheit und Umweltverträglichkeit. Dieses Handlungsfeld beschreibt die konkreten Umsetzungsmaßnahmen von IVS-Anwendungen.

Beim Austausch von Verkehrsinformationen arbeiten in Deutschland Bund, Länder, Kommunen und private Anbieter bisher nur wenig zusammen. Online-Verkehrsdaten liegen unvollständig und verstreut vor. Eine flächendeckende Erfassung und Kommunikation von dynamischen Verkehrsdaten findet nicht statt. Der Austausch der Daten wird durch unterschiedliche Datenformate und Ortsreferenzierungen erschwert. Weder rechtlich noch organisatorisch existieren entsprechende Rahmenbedingungen für einen Datenaustausch.

Um den Daten- und Informationsaustausch zu fördern und zu erleichtern erfolgte die Entwicklung und Realisierung des Mobilitätsdatenmarktplatzes (MDM) im Rahmen des Projektes „Metadatenplattform für Verkehrsinformationen des Individualverkehrs“, das entsprechend den Maßnahmen des IVS-Aktionsplanes zur Bereitstellung von Echtzeit-Verkehrsinformationsdiensten erfolgreich realisiert wurde.

Mit dem Angebot der Metadatenplattform für Verkehrsinformationen wird der Austausch von Verkehrsinformationen unterstützt. Es werden standardisierte Schnittstellen und eine Übersicht der verfügbaren Mobilitätsdaten einzelner Datengeber und existierender Plattformen bereitgestellt. So ermöglicht der Mobilitätsdatenmarktplatz das Anbieten, Suchen und Abonnieren von verkehrsrelevanten Daten sowie die Verteilung der Daten zwischen Datengebern und Datennehmern. Hierbei reicht die Plattform die von Datengebern angelieferten Daten unverändert an die Datennehmer weiter.

Der MDM arbeitet seit 2014 im Regelbetrieb. Dem Nutzer stehen eine technische Schnittstellenbeschreibung sowie die notwendigen DATEX II Datenprofile für Baustelleninformationen, Messstellendaten, Verkehrsmeldungen, strategiekonformes Routen und das Datenmodell für die Markttransparenzstelle für Kraftstoffe zur Datenbereitstellung über den MDM zur Verfügung. Ein Muster für vertragliche Vereinbarungen zur Datenüberlassung regelt die rechtlichen Aspekte der Datenüberlassung. Damit sind die notwendigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen zum Austausch von entsprechenden Verkehrsdaten und -informationen geschaffen.

Bereits in der Pilotphase des MDM Anfang 2012 wird auch die Frage der Datenqualität diskutiert und auf laufende Projekte zur Kontrolle der Datenqualität wie zum Beispiel Traffic IQ (Kapitel 4.3) und QUANTIS (Kapitel 4.7) verwiesen. Gefördert von Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie wurde im Rahmen des 2012 abgeschlossenen Forschungsprojektes Traffic IQ Prüfverfahren für die Qualität von stationären, mobilen und videobasierten Verkehrsdaten entwickelt und aus diesem Projekt heraus ein White Paper zur Informationsqualität im Verkehrswesen verfasst. Das 2012 abgeschlossene EU-Projekt QUANTIS befasst sich mit der Entwicklung und Evaluierung einer Methodik zur Qualitätsbewertung von Verkehrsdiensten, insbesondere von Verkehrsinformationen.

Inzwischen werden u. a. Baustelleninformationen über den MDM an Dienstanbieter vermittelt und nach Aufbereitung vermarktet. Seitens der Datennehmer wird die Qualität der angebotenen Baustelleninformationen bemängelt. Eine von den Datenab-

nehmern durchgeführte Untersuchung zeigt erhebliche Qualitätsmängel bei den angebotenen Baustelleninformationen. Die Ursachen für die mangelnde Datenqualität sind vielfältig. Aufgrund des offenen, interpretationsfähigen DATEX II Formates werden die Daten nicht ausreichend standardisiert. Weder hinsichtlich der Abdeckung des Straßennetzes noch der Aktualität der Daten werden die Daten bundesweit einheitlich angeboten. Bei der geografischen Referenzierung der Daten greifen die Datengeber auf unterschiedliche Referenzierungsgrundlagen bzw. -versionen zurück. Das Datenangebot erfolgt in der Regel ohne Qualitätskontrolle durch den Datengeber. Vielfach sind Daten aufgrund von fehlenden und fehlerhaften Eingaben nicht verwertbar.

Aufgrund der identifizierten Qualitätsprobleme entsteht daher für den Datennehmer bzw. Dienstanbieter ein unkalkulierbar hoher Aufwand um die Daten entsprechend der Anforderungen der Dienstabnehmer aufzubereiten.

Im Bericht zu den IVS Maßnahmen Deutschland 2012 an die EU-Kommission werden die aktuell laufenden und geplanten Aktivitäten mit Bezug zu den prioritären Bereichen gemäß der EU-Richtlinie dargestellt. Im Rahmen des Handlungsfeldes 1 wird unter anderem der Aufbau eines Qualitätsmanagements für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste aufgeführt. Dies ist Aufgabe und Ziel dieses Projektes.

Dazu wird im ersten Arbeitspaket (AP 1) der Stand der Wissenschaft und Technik im Bereich der Qualitätssicherung von Daten für IVS-Dienste recherchiert und im vorliegenden ersten Zwischenbericht dokumentiert. Dabei wird zuerst auf relevante Richtlinien und Standards (Kapitel 2), Gremien (Kapitel 3) und Forschungsprojekte (Kapitel 4) eingegangen. Anschließend werden Qualitätsbegriffe definiert (Kapitel 5), IVS-Dienste klassifiziert (Kapitel 6), Prozesse und Prozessketten beschrieben (Kapitel 7), vorhandene Qualitätskriterien und -kenngrößen zusammengestellt (Kapitel 8) sowie Verfahren zur Qualitätsbewertung (Kapitel 9) und Qualitätsmonitoring-Systeme (Kapitel 10) beschrieben.

Aufgrund der oben beschriebenen Qualitätsprobleme der über den MDM angebotenen Baustellenin-

formationen soll ein Schwerpunkt (konkretes Anwendungsbeispiel) die Qualitätssicherung von Baustelleninformationen sein. Als zweiter Schwerpunkt wurde die Qualitätssicherung von Reisezeitinformationen vereinbart, die von modernen Navigationssystemen zur Berechnung der schnellsten Route verwendet werden.

2 Richtlinien und Standards

2.1 DIN EN ISO 9000 / DIN EN ISO 9001

Die DIN EN ISO 9000 ist eine international anerkannte und gültige Normenreihe, welche den Aufbau und die Bewertung von QM-Systemen umfasst. Die DIN EN ISO 9000 enthält Grundlagen und Begriffe zum Qualitätsmanagement und zu Qualitätsmanagementsystemen (siehe auch Kapitel 5.1).

Die DIN EN ISO 9001 enthält die internationalen Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem. Der Zweck der Norm besteht darin, Minimalanforderungen an das prozessorientierte Qualitätsmanagementsystem einer Organisation zu definieren und einen Leitfaden zur Einführung und Nutzung des Systems zu entwickeln, um die Gesamtleistung der Organisation zu verbessern.

Sie wird durch zahlreiche branchenspezifische Normen, Spezifikationen und Leitfäden ergänzt.

Unternehmen, welche ein QM-System auf Basis der DIN EN ISO 9001 aufgebaut haben, können dieses zertifizieren lassen. Die Zertifizierung kann in Deutschland durch Zertifizierungsgesellschaften erfolgen, die vom Deutschen Akkreditierungsrat akkreditiert sein müssen.

Im Rahmen des Zertifizierungsverfahrens – bestehend aus Dokumentenprüfung im Vorfeld und nachfolgendem Audit vor Ort in den Unternehmen – werden u. a. folgende Normpunkte geprüft und bewertet:

- Qualitätsmanagementsystem,
- Verantwortung der Leitung,

- Management von Ressourcen,
- Produktrealisierung und
- Messung, Analyse und Verbesserung.

2.2 DIN EN ISO / IEC 17025

Die DIN EN ISO / IEC 17025 wird von Akkreditierungsstellen, Behörden und Laboratorien angewendet. In dieser Norm werden die Anforderungen an das Management und die technischen Anforderungen an Prüf- und Kalibrierlaboratorien festgelegt, wobei auf die technischen Details, wie z. B. Auswahl der Prüfverfahren, Validierung, messtechnische Rückführung und Messunsicherheitsbetrachtungen, ausführlich eingegangen wird.

Die Norm umfasst zwei Hauptteile: „Anforderungen an das Management“ und „Technische Anforderungen“. Die Anforderungen an das Management beziehen sich auf den Betrieb und die Effektivität des Qualitätsmanagementsystems innerhalb des Labors und entsprechen weitgehend der Norm ISO 9001. Die technischen Anforderungen beschreiben die Kompetenz der Mitarbeiter, die Prüfmethode, die Geräte und die Qualität sowie die Erstellung von Prüfberichten und Kalibrierscheinen.

In den Kapiteln 5.4 bis 5.7 der Norm werden Anforderungen an Prüfverfahren und deren Validierung, die Schätzung der Messunsicherheit sowie die Lenkung der Daten behandelt, die im weiteren Projektverlauf relevant werden.

2.3 Six-Sigma

Six-Sigma ist ein Managementsystem zur Prozessverbesserung, statistisches Qualitätsziel und zugleich eine Methode des Qualitätsmanagements. Es wird vor allem in Großunternehmen der Fertigungsindustrie und des Dienstleistungssektors eingesetzt. Ihr Kernelement ist die Beschreibung, Messung, Analyse, Verbesserung und Überwachung von Geschäftsvorgängen mit statistischen Mitteln. Der Name (6s) beruht auf dem Qualitätsziel, dass der Fehleranteil außerhalb der sechsfachen Standardabweichung vom erwarteten Mittelwert bei Normalverteilung liegt.

Die am häufigsten eingesetzte Six-Sigma-Methode besteht – ähnlich dem PDCA-Zyklus (Plan Do Control Act) – aus den Phasen des geschlossenen Regelkreises des „DMAIC“-Prozesses:

- **Define (D) – Was ist das Problem?**
 - Identifikation und Beschreibung des zu verbessernden Prozesses
 - Definition und Klarstellung der Kundenanforderungen (intern & extern)
 - Definition des Problems
 - Vermutliche Ursachen und Einflussgrößen
 - Angestrebtes Ziel
 - Projektplanung (Team, Ressourcen, Zeitplanung etc.)
 - Schriftliche Vereinbarung („Projektsteckbrief“)
 - **Measure (M) – Wie lassen sich die Auswirkungen messen?**
 - Messen und Verstehen der Ausgangssituation des zu verbessernden Prozesses
 - „Betroffene“ einbeziehen / befragen
 - Wie häufig werden Kundenforderungen wirklich eingehalten
 - Prozessfähigkeitsuntersuchung relevanter Merkmale
 - Datensammlungsplan
 - Datenerfassung
 - Grafische / statistische Auswertung
 - **Analyse (A) – Was sind die Kernursachen für das Problem?**
 - Auswertung der Prozessdaten
 - Bestimmung der Hauptursachen
 - Erarbeitung von Abstell- / Verbesserungsmaßnahmen
 - Überprüfung und ggf. Überarbeitung der Problembeschreibung
 - Bestimmung des Verbesserungspotentials
 - „Betroffene“ einbeziehen
 - **Improve (I) – Wie lässt sich das Problem beseitigen?**
 - Erarbeitung von Abstell- / Verbesserungsmaßnahmen
 - Lösungsansätze beurteilen und priorisieren
 - Beschreibung des neuen „Soll Prozesses“
 - „Betroffene“ vorbereiten / einbeziehen
 - Testphase einleiten
 - Gesamtimplementierung planen (Standards festlegen)
 - **Control (C) – Wie wird die Lösung langfristig in der Organisation verankert?**
 - „Betroffene“ einbeziehen / schulen / zum KVP ertüchtigen
 - Einhaltung und Eignung der Standards überprüfen
 - Ergebnisse analysieren und ggf. Korrekturen durchführen
 - Prozess stabilisieren
 - Standards abschließend festlegen, einführen, fixieren und dokumentieren
 - Regelkreis zur dauerhaften Überwachung und kontinuierlichen weiteren Verbesserung installieren
 - Verbesserungsergebnis dokumentieren
 - verbesserten Prozess an Prozesseigner übergeben (Dokumentation)
- Für die einzelnen Phasen steht eine umfassende Auswahl von Werkzeugen (Six-Sigma-Toolbox) zur Verfügung, um systematische und analytische Verbesserungen oder Neugestaltungen von Prozessen zu realisieren.

2.4 TLS

Die Technischen Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS) sind ein Standard für den Aufbau von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) an Bundesfernstraßen und beschreiben deren Architektur.

Im Kapitel IV enthalten die TLS Prüfvorschriften für die Eignungsprüfung

- der Verkehrserfassung (Fahrzeugklassifizierung, Fahrzeugmengen, Geschwindigkeiten),
- von Geräten zur Achslasterfassung,
- der Übertragungstechnik und
- von Sensoren für die Umfelddatenerfassung (ab TLS 2012).

Diese Prüfvorschriften werden u. a. von der BAST für die Eignungsprüfung (Musterprüfung) von Verkehrserfassungsgeräten eingesetzt. Für eine kontinuierliche Qualitätssicherung im laufenden Betrieb sind sie allerdings nicht geeignet.

2.5 MARZ

Das Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen (MARZ) enthält u. a. Plausibilitätsprüfungen (Kapitel 2.3.1.2.3) und Ersatzwertverfahren (Kapitel 2.3.1.2.4) für Verkehrsdaten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass beim Betrieb nur plausibilitätsgeprüfte Werte für die nachfolgenden Funktionen des Systems verwendet werden. Außerdem werden im MARZ Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Inbetriebnahme von VBA beschrieben (Anhang 4.2).

Plausibilitätsprüfungen sind für alle korrekt erfassten Rohdaten der Funktionsgruppe FG1 je Datenquelle und Datenart vorzunehmen. Werden die in der MARZ beschriebenen Regeln nicht erfüllt, müssen die geprüften Werte ersetzt oder als fehlerhaft gekennzeichnet werden.

Die beschriebenen Ersatzwertverfahren dienen der Rekonstruktion von Verkehrsdaten bei gestörten Sensoren oder Messquerschnitten.

Bei Messquerschnitten mit mindestens zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung können für Kurzzeitdaten Ersatzwerte aus den Werten des vorausgegangenen Intervalls sowie aus den aktuellen und alten Werten des zugeordneten Nachbarfahrstreifens ermittelt werden. Bei Ausfall eines gesamten Messquerschnitts ist bei kleinen Abständen zwischen

Messquerschnitten innerhalb eines Kapitels eine Übernahme der Werte einer zugeordneten Nachbarzählstelle möglich. Bei Langzeitdaten werden leere Datensätze mit Ausfallkennung eingesetzt. Die Messwertersetzung ist in den Datensätzen entsprechend zu kennzeichnen.

Die im Anhang 4.2 der MARZ 99 zusammengestellten Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen fokussieren auf Maßnahmen zur Überprüfung der Funktionssicherheit im Zuge der Herstellung und Inbetriebnahme von Verkehrsbeeinflussungsanlagen.

Die Qualitätsprüfungen nach MARZ werden u. a. in den „Hinweisen zur Qualitätsanforderung und Qualitätssicherung der lokalen Verkehrsdatenerfassung“ verwendet und sind für die kontinuierliche Qualitätssicherung im laufenden Betrieb geeignet.

2.6 Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen

Die Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen beschreiben sowohl die Anforderungen an die Erfassung (Qualität und Anordnung der Sensoren) als auch die algorithmische Weiterverarbeitung auf der Ebene der Unterzentrale (UZ). Die Hinweise beinhalten auch die Anforderung an Sensoren für die Umfelddatenerfassung und deren Prüfung gemäß TLS (FGSV, Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen, 2010).

Wie im MARZ für die Verkehrsdaten (vgl. Kapitel 2.5) werden hier Plausibilitätsprüfungen und Ersatzwertbildung sowie Abnahmeprüfungen von Sensoren für die Umfelddatenerfassung beschrieben.

2.7 Hinweise zur Videodetektion in Verkehrsbeeinflussungsanlagen

Die Hinweise zur Videodetektion in Verkehrsbeeinflussungsanlagen (H VVBA) ergänzen die Regelwerke und Wissensdokumente zu Verkehrsbeeinflussungsanlagen.

Das Dokument beinhaltet zum Thema Videodetektion in VBA

- die Grundlagen,
- sinnvolle Anwendungen,
- technische und rechtliche Rahmenbedingungen,
- Empfehlungen zu Planung und Betrieb und
- Übertragung und Speicherung von Videodaten.

Im Rahmen der Empfehlungen zu Planung und Betrieb werden Güteindikatoren und Abnahmetests beschrieben.

2.8 RiLSA

Die Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) sind ein in Deutschland gültiges technisches Regelwerk und enthalten Vorgaben und Empfehlungen für Planung und Betrieb von Lichtsignalanlagen. Sie werden von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegeben.

Kapitel 8 behandelt das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen. Neben dem Qualitätsmanagement bei der verkehrstechnischen Projektierung und der Implementierung ist auch das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen im laufenden Betrieb in der RiLSA beschrieben. Es werden allerdings keine Vorgaben zur Qualitätssicherung der in verkehrabhängigen Steuerungen benötigten Verkehrsdaten formuliert.

2.9 Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen

In 2014 hat die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen die Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen (H QML)

herausgegeben (FGSV, Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen (H QML), 2014). Diese ergänzen die Richtlinien für Lichtsignalanlagen (FGSV, RiLSA – Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr; FGSV-Nr. 321, 2010), Ausgabe 2010.

Das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen wird hier als systematische Qualitätsprüfung und Qualitätsverbesserung in Bezug auf den Entwurf der Straßenverkehrsanlage, die Verkehrssteuerung und die technischen Bestandteile der Lichtsignalanlage unter Berücksichtigung der planerischen und strategischen Rahmenbedingungen definiert.

Es sollen dabei Qualitätsziele in Bezug auf

- die Verkehrssicherheit,
- den Verkehrsablauf,
- die Betriebssicherheit,
- und die Umweltverträglichkeit

dauerhaft erfüllt werden.

In den H QML sind die Anregungen der RiLSA umfassend beschrieben, so dass sie den Anwenderinnen und Anwendern eine Hilfestellung zur Argumentation und praktischen Umsetzung bieten.

Das Qualitätsmanagement bezieht sich auf alle Phasen innerhalb des Lebenszyklus einer Lichtsignalanlage von der

- verkehrstechnischen Projektierung über
- die Implementierung und Inbetriebnahme bis hin zum
- laufenden Betrieb.

Das Dokument beinhaltet Checklisten für ein Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen.

2.10 Leitfaden Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

Der Leitfaden wurde im Rahmen des FE 03.0480/2006 „Umsetzungshinweise zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“ erarbeitet

(FRIEDRICH, KUTZNER, HOFFMANN, POHLMANN, & BARTELS, 2008).

Das Ziel des Leitfadens ist es, Betreibern oder auch Eigentümern von LSA die Einführung und Anwendung eines QM für LSA zu ermöglichen und ihnen hierzu Hilfen in Form von praxistauglichen Hinweisen, Arbeitsanleitungen und auch Checklisten zu geben. Der Leitfaden unterstützt Betreiber bei der Festlegung von individuellen Qualitätszielen, der Erfassung der entsprechenden Kenngrößen, sowie der Identifizierung von Mängeln und Maßnahmen. Im Mittelpunkt des Leitfadens stehen dabei der Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit. Zur optimalen Anpassung des beschriebenen Qualitätsmanagementsystems an die verschiedenen Anforderungen unterschiedlicher Betreiber ist der Leitfaden modular aufgebaut.

Der Leitfaden enthält unter anderem auch Hinweise auf mögliche zu automatisierende Prozesse. Er ist gegliedert in die Kapitel

- Grundsätze – Informationsmanagement, Beschwerdemanagement, Wartung,
- Qualitätsziele und Qualitätsstufen,
- Qualitätsmanagement und Verkehrssicherheit,
- Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs in Straßennetzen,
- Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzelknotenpunkten,
- Maßnahmenfindung.

Zum Vergleich verschiedener Knotenpunkte untereinander werden im Leitfaden einheitliche Bewertungsgrundlagen vorgegeben. Es wird unterschieden zwischen den Kenngrößen für die Qualität des Verkehrsablaufs (Qualitätsstufen QSV gem. HBS) und Kenngrößen zur Beurteilung der Verkehrssicherheit (Unfallhäufungsstellen gem. Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen).

3 Gremien

3.1 FGSV AK 3.2.1 Umfelddatenerfassung in VBA

Der FGSV AK 3.2.1 Umfelddatenerfassung in VBA beschäftigt sich u. a. mit der Qualitätssicherung der Umfelddatenerfassung. Das vom Arbeitskreis erstellte Hinweispapier Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in SBA (siehe Kapitel 2.6) beinhaltet u. a. zahlreiche Prüfungen für Umfelddaten (Ausfallüberwachung, Grenzwertüberwachung, Differentialkontrolle, Anstiegs-Abstiegs-Kontrolle, logisch-physikalische Plausibilitätsprüfungen und Langzeit-Plausibilitätsprüfungen).

3.2 FGSV AK 3.2.9 Videodetektion in VBA

Im FGSV AK 3.2.9 Videodetektion wurde das Wissensdokument Videodetektion erstellt (siehe Kapitel 2.7). Dieses enthält u. a. Verfahren und Qualitätskenngrößen für (Abnahme-)Tests von Videodetektionssystemen im Tunnel und im Freiland.

3.3 FGSV AK 3.2.10 Qualitätsmanagement von VBA

Ziel des FGSV AK 3.2.10 Qualitätsmanagement von VBA ist die Erstellung eines Wissensdokuments mit Hinweisen zum organisatorischen und technischen Qualitätsmanagement von VBA. Ein erstes Konzept eines Qualitätsmanagements wurde in den Hinweisen zum Einsatz von Steuerungsverfahren in der Verkehrsbeeinflussung der FGSV entwickelt. Aufgabenstellung ist es, Qualitätsziele zu definieren, dafür erforderliche Qualitätskenngrößen festzulegen und entsprechende Verfahren zu deren Bestimmung zu definieren. Mit Hilfe einer standardisierten Visualisierung wird eine Vergleichbarkeit der Qualität von VBA angestrebt.

3.4 TISA

Die Traveller Information and Service Association (TISA) ist eine Organisation, deren Ziel es ist, weltweit einheitliche Standards für Verkehrs- und Reis-

ein Informationsdienst zu erarbeiten. Dazu zählen u. a. auch Verfahren zur Bewertung der Qualität von Verkehrsinformationen. Das von der TISA erarbeitete Q-bench Verfahren wurde im Rahmen zahlreicher Industrie- und Forschungsprojekte angewandt.

4 Forschungsprojekte

Die folgenden Beschreibungen relevanter Forschungsprojekte aus dem Bereich Qualitätsmanagement von Daten für IVS-Dienste basieren größtenteils auf Projektbeschreibungen aus dem Internet (z. B. Projektwebsites, Abschlussberichte). Wie erfolgreich und nachhaltig die jeweiligen Projektziele umgesetzt wurden, kann auf Basis der verfügbaren Informationen nur schwer beurteilt werden.

4.1 iQ mobility

Das Projekt iQ mobility (Integriertes Qualitäts- und Mobilitätsmanagement im Straßenverkehr der Region Berlin-Brandenburg) zielte darauf ab, durch ein integriertes Verkehrs- und Qualitätsmanagement den Verkehrsablauf im Straßenverkehr (IV und ÖV) zu verbessern und hierbei Umweltgesichtspunkte (Luftschadstoffbelastung und Lärm) sowie Sicherheitsaspekte verstärkt in die Verkehrssteuerung einzubeziehen (<http://www.iqmobility.de>, 2015).

iQ mobility war nach inhaltlichen Themenschwerpunkten in die Teilprojekte

- TP 1 – Qualitätsmodul
- TP 2 – Strategisches Verkehrsmanagement
- TP 3 – Operatives Verkehrsmanagement
- TP 4 – Feldversuche in Berlin und Potsdam
- TP 5 – Evaluation

gegliedert.

Mit dem Qualitätsmodul wurde ein Instrument entwickelt, das die Qualität des Verkehrs kontinuierlich erhebt, überwacht, analysiert und anhand von Qualitätskenngrößen bewertet.

Das Qualitätsmodul bietet die Möglichkeit, online und offline die Wirkung von Steuerstrategien und

-maßnahmen auf den gesamten Straßenverkehr, die Kfz-bedingten Luftschadstoff- und Lärmbelastungen sowie die Unfallsituation darzustellen. Es bildet damit die Grundlage für ein umweltorientiertes Verkehrsmanagement auf operativer und strategischer Ebene.

Das Qualitätsmodul liegt in zwei funktionalen Einheiten vor:

Die Offline-Qualitätsanalyse fokussiert auf die Ursachenerkennung und Wirkungszusammenhänge. Durch den verfügbaren historischen Datenbestand kann der Erfolg bestimmter Strategien bewertet und das Verkehrsmanagement insgesamt verbessert werden.

Das Qualitätsmonitoring ist ein Online-Instrument zur Überwachung der Verkehrsqualität und der aktuellen Umwelt- und Verkehrssicherheitsqualität im Hauptverkehrsstraßennetz. Die aktuellen Werte des Qualitätsmonitoring werden in thematischen Karten dargestellt. Das Qualitätsmonitoring unterstützt die Mitarbeiter in den Leitzentralen des IV und ÖV bei der Steuerung des Verkehrs. Die Auswirkungen von operativen Steuerstrategien (wie z. B. das Schalten von Grünen Wellen) werden in den thematischen Karten zur Verkehrssituation, zur Kfz-bedingten Luftschadstoff- und Lärmbelastung und zur Unfallsituation aufgezeigt und bewertet.

4.2 AKTIV-VM Prozessmonitor

Im Rahmen des Forschungsprojektes AKTIV-VM wurde ein Prozessmodell in Anlehnung an die DIN EN ISO 9000 entwickelt. Die Norm stützt sich dabei auf den kontinuierlichen Verbesserungskreis mit den Schritten Planen (Plan), Durchführen (Do), Prüfen (Check) und Verbessern (Act), welcher üblicherweise als PDCA-Kreis nach Deming bezeichnet wird.

Das Prozessmodell bzw. der Prozessmonitor beleuchtet dabei durchgängig die Prozesse und Datenqualität der Informationsplattform, welche Grundlage für ein erfolgreiches Qualitätsmanagement ist. Hierdurch kann der Qualitätsstandard für kooperative Systeme gesichert werden und die Ak-

zeptanz für die ausgelieferten Informationen bei den Kundengruppen kann sichergestellt werden.

Der Prozessmonitor aus AKTIV-VM ermöglicht:

- den Vergleich von Daten und Informationen verschiedener Quellen,
- die Identifizierung von fehlerhaften oder falschen Quellen,
- die Bewertung jedes beteiligten Prozesses nach seiner Zuverlässigkeit

und bietet die Möglichkeit zur ständigen Verbesserung dieser Prozesse.

Das Prozess-Monitoring innerhalb der Informationsplattform bildet damit die Grundlage für die Qualitätssicherung nicht nur der Informationen der Plattform, sondern aller angeschlossenen AKTIV-Systeme und -Dienste.

Der Datenmonitor für die stationäre Detektion wurde mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulation kalibriert und getestet. Die Umsetzung ermöglicht eine online Plausibilitätsprüfung der Daten.

4.3 Traffic IQ

Im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekt Traffic IQ wurde ein Konzept für die durchgehende Dokumentation und Klassifizierung der Datenqualität auf der Basis von Informationsprodukten realisiert. Dazu wurden Prüfverfahren in Form von technischen Benchmarking-Systemen entwickelt und implementiert, die das Ziel haben, den durchgehenden Nachweis der Datenqualität über die gesamte Wertschöpfungskette sicherzustellen.

Während des Projektes wurde einerseits ein Service für standardisierte Qualitätsaussagen für Verkehrsdaten und -informationen realisiert und andererseits die Verfahren zur Qualitätsprüfung von Verkehrsdaten bei den Betreibern von Verkehrsdatenerfassungs- und -aufbereitungssystemen offengelegt.

Im Rahmen von Traffic IQ wurde in diesem Zusammenhang ein mehrstufiges System von Qualitäts-

monitoren zur einheitlichen Bewertung und Nutzung qualitätsbezogener Kenngrößen entwickelt, das sowohl die Betreiber in ihren Aufgaben unterstützt als auch den Anforderungen an die Dokumentation der Datenqualität für Abnehmer der Daten Rechnung trägt. Die Monitore setzen Prüfverfahren um, welche im Rahmen von Traffic IQ spezifiziert und implementiert wurden. Diese Prüfverfahren erzeugen Kennwerte der Qualität für die einzelnen Produktklassen der verkehrsbezogenen Daten.

Auf Basis der Benchmarking-Systeme zur Generierung von Qualitätskenngrößen für die Verkehrsbetreiber des Fernstraßen- und Stadtstraßennetzes wurde im Rahmen von Traffic IQ weiterhin das Konzept einer Business Intelligence-Komponente realisiert, welche auf Basis eines Data Warehouses Verkehrsdatenqualität Informationen zur Qualität einzelner Daten bzw. Produkte liefert. Dabei wird eine Filterung der Kenngrößen nach räumlichen und zeitlichen Aspekten sowie hinsichtlich der Produktklassen durchgeführt und einem Punkte-Bewertungsschema (Scoring) unterworfen. Die so aggregierten Kenngrößen sind als produktbezogene Qualitätsstufen hinterlegt und können für Interessenten (Betrieb, Management) in Form von Qualitätskarten, Reports und Score-Cards bereitgestellt werden.

Es werden sowohl städtische Daten als auch Daten aus dem übergeordneten Verkehrsnetz betrachtet.

Verfolgt wurden folgende Projektziele:

- Spezifikation, Umsetzung und Erprobung von Prüfverfahren zur stationären, mobilen und videobasierten Verkehrsdatenerfassung,
- Spezifikation, Umsetzung und Erprobung von Prüfverfahren für Daten und Informationen, die auf Grundlage von stationärer, mobiler und videobasierter Detektion über modellbasierte Verfahren generiert werden,
- Spezifikation, Umsetzung und Erprobung von Prüfverfahren für die Meldungsqualität von stationären, mobilen und videobasierten Verkehrsdaten,
- Definition von Kenngrößen zur Beschreibung der Verkehrsdatenqualität von stationären, mobilen und videobasierten Verkehrsdaten,

- Entwicklung eines mehrstufigen Systems von Qualitätsmonitoren zur einheitlichen Bewertung und Nutzung qualitätsbezogener Kenngrößen,
- Realisierung der entwickelten Prüfverfahren in einer ersten Ausbaustufe in ausgewählten Pilotgebieten (siehe Testfelder),
- Offenlegung der Prüfverfahren nach erfolgreicher Validierung und
- Realisierung einer Business Intelligence-Komponente, welche auf Basis eines Data-Warehouses Verkehrsdatenqualität räumlich und zeitlich aggregierte Informationen und Trendaussagen zur Datenqualität liefert (Qualitätskarten, Reports, Charts, ...).

4.4 QUATRA

Im Rahmen des Forschungsprojektes QUATRA wurden zwei neue statistische Verfahren zur Überprüfung der Qualität von Verkehrsdaten entwickelt. Die Verfahren zur Bewertung der Qualität auf lokaler Detektion basierender Daten finden sowohl innerorts als auch außerorts Anwendung. Zudem erlauben die Verfahren die Identifikation von Anomalien. Die Verfahren wurden im Zuge des Projektes in das Softwarewerkzeug LOTRAN-DQ der TRANSVER GmbH integriert und anhand von Verkehrsdaten der ASFiNAG, der Autobahndirektion Südbayern und der Stadt Wien getestet und bewertet.

4.5 Leitfaden für die flächendeckende Erfassung verkehrsrelevanter Daten und Ereignisse

Verkehrsbezogene Daten werden aus zweierlei Gründen erhoben:

- zur zeitnahen Verwendung im Rahmen der aktuellen Zustandsinformation von Straßenabschnitten
- zur langfristigen Nutzung in der Verkehrsplanung, d.h. insbesondere als statistische Informationen für die Planung und Bewertung von Infrastruktur- und Verkehrsmanagementmaßnahmen.

Je nach Nutzungsart ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Genauig-

keit der zu erhebenden Daten. Aktuell werden Verkehrsdaten vorrangig aus ortsfesten Quellen erhoben. Die Bereiche zwischen den Messquerschnitten müssen interpoliert werden. Private Informationsdienstleister verwenden indes ebenfalls dynamische Informationen z. B. aus dem Mobilfunk. Diese aktuelle Entwicklung wird aktuell stark weiterentwickelt und bietet für die Verkehrsdatenerhebung auch unter Kostenaspekten interessante Perspektiven. Wenn eine Straßenbauverwaltung die Anwendungsfelder Verkehrsbeeinflussung, Verkehrsinformation und/oder Verkehrsstatistik für Planung und Bewertung in Umfang, Inhalt und Qualität verbessern will, so kann sie derzeit auf keine standardisierten Entscheidungshilfen zurückgreifen. Fehlend ist hierbei ein einheitliches Konzept zur Bewertung, welches je nach Anforderung eine technisch, wirtschaftlich und betrieblich sinnvolle Lösung unterstützt. Hierbei sollen alle Daten- und Informationsquelle verwendet werden. Dies betrifft sowohl die eigenen Datenquellen als auch jene neuerer Art (Mobilfunkdaten, etc.) (nach <https://www.vt.bgu.tum.de/forschung/projekte/abgeschlossene-Projekte>).

Im Rahmen des Projektes wurde daher ein Leitfaden entwickelt, der als Grundlage für die flächendeckende und zuständigkeitsübergreifende Erhebung von Online-Verkehrsdaten bzw. für deren Bezug dient. Die Entscheider in den zuständigen Straßenbauverwaltungen sollen durch den Leitfaden in der Wahl der Technologie bzw. im Beschaffungskonzept für verkehrsrelevante Informationen unterstützt werden.

4.6 Benchmarking VBA

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Benchmarking für Verkehrsbeeinflussungsanlagen“ (BUSCH, et al., 2006) wurde ein Benchmarkingsystem entwickelt, das alle entscheidenden Systemkomponenten (Hardware und Software) einer Verkehrsbeeinflussungsanlage in der Qualitätssicherung berücksichtigt.

Über Expertenbefragungen wurde eine Problemanalyse durchgeführt. Vorhandene Verfahren zur Qualitätsprüfung einzelner Systemkomponenten wurden identifiziert und bedarfsgerecht modifiziert.

Wo keine Verfahren zur Qualitätsprüfung existierten, wurden neue Verfahren entwickelt.

Die Ergebnisse der Einzelverfahren, welche jeweils eine Aussage zur Qualität einer Systemkomponente treffen, wurden gewichtet, zusammengefasst und visualisiert. So konnten Aussagen ermöglicht werden zu

- Qualität der Verkehrs- und Umfelddatenerfassung,
- Datenweiterleitung zur Zentrale,
- Qualität von Steuerungsalgorithmen und
- Wirkung und Akzeptanz von Steuerungsmaßnahmen.

Zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards wurden Qualitätsstufen definiert, die für alle Geräte und Verfahren gleichermaßen gelten. Basierend auf der Auswertung der Qualitätsstufen wurden für identifizierte Störungssituationen angemessene Reaktionen zur Störfallbehebung definiert.

Eine Verfahrensvalidierung erfolgte in den Programmiersprachen VBA und MATLAB. Auf diese Weise konnte neben der prinzipiellen Überprüfung der Lauffähigkeit auch eine inhaltliche Überprüfung der Verfahren sowohl mit realen als auch mit synthetischen Daten (aus Mikrosimulationen) realisiert werden.

4.7 QUANTIS

Das von der Europäischen Union geförderte Projekt QUANTIS (Quality Assessment and Assurance of Traveller Information Systems) befasste sich mit den verschiedenen Aspekten der Qualität von Verkehrsdiensten, wobei der Schwerpunkt der Arbeiten auf Verkehrsinformationssysteme gelegt wurde. Entwickelt wurde eine anwendungsorientierte Methodik zur Qualitätsbewertung von Verkehrsinformationssystemen (<http://www.quantis-project.eu>, 2015).

Bei der Qualitätsanalyse von Diensten wurde insbesondere hervorgehoben, dass deren Qualität das Produkt von Datenerhebung und -verarbeitung entlang einer vielgliedrigen Datenprozesskette ist. Es muss definiert werden, an welcher Schnittstelle der Prozesskette die Qualitätsanalyse stattfindet. Die

Qualität ist für die einzelnen Stufen der Datenprozesskette getrennt zu analysieren. In QUANTIS wurde die Qualitätsanalyse für die Schnittstelle zwischen Serviceplattform und Ausgabe-Medien durchgeführt.

Die Anforderungen an die Methodik zur Qualitätsbewertung in QUANTIS wurden wie folgt zusammengefasst:

- Anwendbarkeit auf Verkehrsdienste,
- Anwendbarkeit auf aktuelle und Prognosedienste,
- Anwendbarkeit auf verschiedenen Stufen der Datenprozesskette; detaillierte Definition an der Schnittstelle Serviceplattform – Medien,
- Durchführung der Bewertung anhand definierter Qualitätsobjekte,
- Untergliederung der Qualitätsobjekte in quantifizierbare, messbare Qualitätsparameter (Kenngrößen),
- dienstspezifische Gewichtung der inhaltlichen Module und der Qualitätsobjekte,
- einheitliche Gewichtung bei vergleichender Bewertung,
- Anwendung empirischer Daten aus dem realen Verkehrsablauf und aus dem realen Betrieb bei der Durchführung der Bewertung,
- Zusammenführung der Ergebnisse zu einer Gesamtqualitätsstufe und
- Berücksichtigung von Zielgrößen des Serviceproviders.

Erster Schritt bei der Bewertung ist das Aufstellen der Qualitätsmatrix für den zu bewertenden Informationsdienst, insbesondere die Definition der Qualitätsobjekte und Qualitätsparameter (Kenngrößen) inkl. der Formulierung der Qualitätsstufen. Die Definition der Objekte erfolgte in Anlehnung an die Vorgaben der ISO 21707 Data Quality in ITS Systems. (Vollständigkeit, Richtigkeit, Verfügbarkeit, Genauigkeit und Aktualität). Als Parameter wurden in QUANTIS die zwei Arten quantifizierbare (in 5 Stufen Stufe 0 = unzureichende Qualität bis Stufe 4 = hohe Qualität) und nicht quantifizierbare Parameter (verschiedene Typen) eingeführt. Die Qualitätsobjekte und Inhalte sind in einem nächsten Schritt je nach Relevanz zu gewichten. In QUANTIS erfolgte die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren durch Expertenbefragung (60 Experten und Endnutzer

DE, GB, AT, FI). Die Gewichtung ist allerdings bei unterschiedlichen Zielsetzungen der Dienste je Dienstanbieter entsprechend zu modifizieren.

Des Weiteren ist die Analyse des Dienstes durch seine Beschreibung entlang der Datenprozesskette vorzunehmen. Es wird empfohlen, eine Matrix aufzustellen über

- Datenquellen,
- Dateninhalte,
- ergänzende qualitätsbeeinflussende Informationen zu den Dateninhalten,
- Basisdienste und
- kombinierte Dienste sowie die
- Bereitstellungsmethoden.

Ziel dieser Beschreibung ist ein grundlegendes Verständnis der Ausrichtung, der Inhalte und der Charakteristika des Dienstes, das Aufzeigen inhaltlicher Redundanzen sowie ggf. die Identifikation inhaltlicher Lücken und der Optimierungsmöglichkeiten. Diese Analyse erleichtert später die Festlegung geeigneter Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität des Dienstes.

Auf Grundlage der zu betrachtenden Qualitätsparameter sind empirische Daten zu erheben, wobei die Rahmenbedingungen (z. B. Verkehrsbelastung, Netzcharakteristika, Detektordichte, Dateninhalte, Aggregationsstufen) und Stichprobengröße (Erhebungszeitfenster, Längen der betrachteten Streckenabschnitte, Datenmengen) hinsichtlich der Datengewinnung zu dokumentieren sind.

Im Zuge des Benchmarkings werden die empirisch erhobenen Daten und Informationen anschließend mit den Parametertypen und -schwellenwerten der Qualitätsmatrix verglichen. Ergebnis ist die Einstufung in eine der insgesamt fünf Qualitätsstufen, von unzureichend (0) bis hoch (4).

Unter Zugrundelegung der Gewichtungsfaktoren erfolgt schließlich die Zusammenfassung der Bewertung zu einem Gesamtergebnis, welches die erzielte Qualität des Dienstes beschreibt. Sie wird in

Form eines symbolisch gefärbten Qualitätsstempels dargestellt.

In weiteren Schritten können dann geeignete Handlungsfelder identifiziert werden, um die Qualität des Dienstes zu erhöhen. In die Identifikation der wirksamsten Handlungsfelder sowie die Festlegung eines Rankings dieser Handlungsfelder gehen neben der Größe der Qualitätslücke auch die Gewichtung der Qualitätsobjekte sowie eine Abschätzung der Kosten zur Erhöhung der Dienstqualität mit ein.

Die Bewertungsmethodik wurde in Form eines Excel-Tools programmiert. Dieses beinhaltet:

- Formulare zur Beschreibung des Dienstes und der eigenen Vorgehensweise,
- die Qualitätsmatrix der Verkehrsinformations-Basisdienste mit Beschreibung der Qualitätsobjekte und Parameter (Kenngrößen) in den fünf definierten Stufen,
- eigene Eingabegrößen, z. B. zur Gewichtung der Qualitätsobjekte und der Basisdienste, empirische Werte und Zielgrößen,
- die tabellarische Kalkulation der erzielten Gesamtqualitätsstufe und
- die formalisierte Ausgabe der erzielten Ergebnisse als zusammenfassendes Dokument.

Zum Nachweis der Machbarkeit wurde die QUANTIS-Bewertungsmethodik exemplarisch auf ausgewählte europäische Dienste angewendet:

- Verkehrslage der Verkehrsinformationsagentur Bayern,
- RDS-TMC Plus in Österreich,
- Straßenwetterinformation in Finnland.

4.8 UNIETD

Das von der Conference of European Directors of Roads (CEDR) ausgeschriebene Forschungsprogramm 2013 „Verkehrsmanagement“ hat das Ziel, die Straßenverwaltungen bei der Realisierung der Nutzen, die sich durch die netzweite Implementie-

rung von innovativen Verkehrsmanagementlösungen ergeben, zu unterstützen.

Innerhalb dieses Forschungsprogramms hat das Projekt UNIETD (Understanding New and Improving Existing Traffic Data) das Ziel, die Straßenverwaltungen bei der Nutzung von Verkehrsdaten und -informationen zu unterstützen, die von Dritten (meist privaten Dienstleistern) angeboten und größtenteils mit mobilen Geräten erfasst werden („mobile Verkehrsdaten und -informationen“), inkl. crowd-sourced und social-media-based Daten und Informationen.

Die Quantität und Qualität mobiler Verkehrsdaten und -informationen haben sich in den letzten Jahren stark verbessert und die Straßenverwaltungen stehen zunehmend vor der Entscheidung, ob sie ihre eigene, i. d. R. infrastrukturbasierte Verkehrsdatenerfassung (aus-)bauen und (weiter) betreiben und/oder Verkehrsdaten und -informationen von Dritten einkaufen sollen. Um diese Entscheidung treffen und die Qualität der eingekauften Daten während des späteren Betriebs kontinuierlich überwachen zu können, benötigen die Straßenverwaltungen Verfahren und Softwarewerkzeuge zur Bewertung der Qualität der mobilen Verkehrsdaten und -informationen.

Im Arbeitspaket (AP) 2.1 wurden dazu vorhandene Verfahren zur Bewertung der Qualität von mobilen Verkehrsdaten und -informationen recherchiert, beschrieben und bewertet. Auf Basis der Ergebnisse, wurde ein neues, verbessertes Verfahren entwickelt (siehe Kapitel 9.8).

Im AP 2.2 wurde ein flexibles Softwarewerkzeug (Tool-Kit) funktional spezifiziert, das alle vorhandenen Verfahren beinhaltet und durch die Trennung der Prozesse Datenimport, Map Matching, Verkehrslagerekonstruktion, Datenumwandlung, Berechnung der Kenngrößen und Ausgabe der Ergebnisse ermöglicht, alle mit den verfügbaren Meldungs- und Referenzdaten ermittelbaren Qualitätskenngrößen zu berechnen (siehe Kapitel 10.6).

Das Tool-Kit wurde prototypisch implementiert und im AP 2.3 in Deutschland, Österreich und den Niederlanden testweise zur Bewertung der Qualität von

Verkehrsinformationen mehrerer privater Dienstleister eingesetzt.

4.9 IGLOS

Das Projekt IGLOS wurde als Kooperation zwischen dem Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik (iVA) und der Abteilung Germanistische Linguistik des Instituts für Germanistik der Technischen Universität Braunschweig entwickelt und hat sich seit seinen Anfängen zu einem Projekt mit mehreren Teilprojekten und einer Vielzahl von Partnern entwickelt. Es behandelt die Frage, wie die überbordende Vielfalt von untereinander vernetzten fachsprachlichen Termini im interdisziplinären und übereinzelsprachlichen Dialog modelliert und transparent gemacht werden kann. Ziel ist es, eine Software-Plattform zu schaffen, die als Basis der Modellierung verschiedenster Terminologien unterschiedlicher wissenschaftlicher Diskurse und Unternehmen dienen kann.

Die in IGLOS entwickelten Qualitätskriterien werden in Kapitel 8.3 beschrieben.

5 Qualitätsbegriffe

5.1 Qualitätsbegriffe nach ISO 9000

Die ISO 9000 definiert grundlegende Qualitätsbegriffe, wie z. B. die Qualität als den Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt.

Eine Anforderung bezeichnet eine Erfordernis oder eine Erwartung, die festgelegt, vorausgesetzt oder verpflichtend ist.

Ein Qualitätsziel ist etwas bezüglich Qualität Angestrebtes oder zu Erreichendes.

Diese allgemeinen Begriffe werden auch von den nachstehenden Normen und Definitionen einheitlich verwendet, sind aber im allgemeinen Sprachgebrauch mit unterschiedlichen Assoziationen hinterlegt.

5.2 Qualitätsbegriffe nach ISO TR 21707

Die ISO TR 21707 Intelligente Verkehrssysteme – Integrierte Verkehrsinformationen, Verwaltung und Steuerung – Datenqualität in ITS Systemen (Intelligent Transport Systems – Integrated Transport Information, Management and Control – Data Quality in ITS Systems) definiert eine Reihe von Standardbegriffen für die Festlegung der Qualität von Daten, die zwischen Datenlieferanten und Datennutzern im Bereich ITS ausgetauscht werden und gibt ein mögliches Rahmenwerk vor, das für einzelne Anwendungen zu spezifizieren ist.

Der Ausdruck Data Quality bezeichnet einen Satz von Metadaten, die es dem Nutzer ermöglichen, zu beurteilen, inwieweit die Daten für die eigene Anwendung geeignet sind.

Metadaten sind Daten bzw. Parameter, die Informationen über Merkmale anderer Daten enthalten, aber nicht diese Daten selbst.

Als Einordnung der Metadaten wird das Data Quality Object definiert, das eine übergeordnete Kategorie für jeweils einen Satz von Quality Meta-Data Parameters dient. Ein Data Quality Object kann sich auf einen Service im Ganzen oder auf einzelne Teile von ihm beziehen und wird i. d. R. als zusätzliche Information den Daten angehängt.

Quality Meta-Data Parameter werden in zwei Klassen eingeteilt:

- in Instance Data Quality und
- Generic Data Quality.

Instance Data Quality bezeichnen Metadaten, die ein Qualitätsmaß für jede einzelne Instanz eines

Datenelements geben, während Generic Data Quality ein Qualitätsmaß über die Zeit eines Dienstes definiert.

Bei der Instance Data Quality wird jedes Metadatum direkt mit einer einzelnen Instanz, die über eine ITS-Schnittstelle gesendet wird, verbunden und bezieht sich entweder auf eine Instanz eines Highlevel Data Object oder ein Attribut in einem Data Object. Diese Daten werden in der Regel zusammen mit den Daten selbst versendet und sind im Datenmodell oder Schema der veröffentlichten Daten aufgeführt. Jede Instanz eines gelieferten Datenelements hat seinen eigenen Wert für diesen Quality Meta-Data Parameter.

Generic Meta Data hingegen enthalten Quality Meta-Data Parameter über die Zeit und können nicht einer einzelnen Instanz zugeordnet werden. Diese Metadaten können dem Nutzer separat teilweise bereits im Vorfeld zur Verfügung gestellt werden. Dadurch ist eine Vorabschätzung möglich, was von einem bestimmten Service erwartet werden kann. Generic Data Quality Data geben dem Nutzer eine klare Vorstellung, wie nützlich die eigentlichen Daten für seine Anwendung sein könnten, indem vorhergesagte Werte bereitgestellt werden, wie Abdeckung, Verfügbarkeit, Wahrhaftigkeit, Pünktlichkeit, etc. Damit ist es für den Nutzer möglich, verschiedene Services miteinander zu vergleichen.

5.3 Qualitätsbegriffe nach NEUMANN, DALAFF UND NIEBEL

(NEUMANN, DALAFF, & NIEBEL, 2014) versuchen die verschiedenen Begriffsdefinitionen hinsichtlich Qualität für den Bereich Verkehrsmanagement zu konsolidieren. Die konsolidierten Qualitätsbegriffe sollen auch im Wissensdokument „Qualitätsma-



Bild 2: Prozessablauf

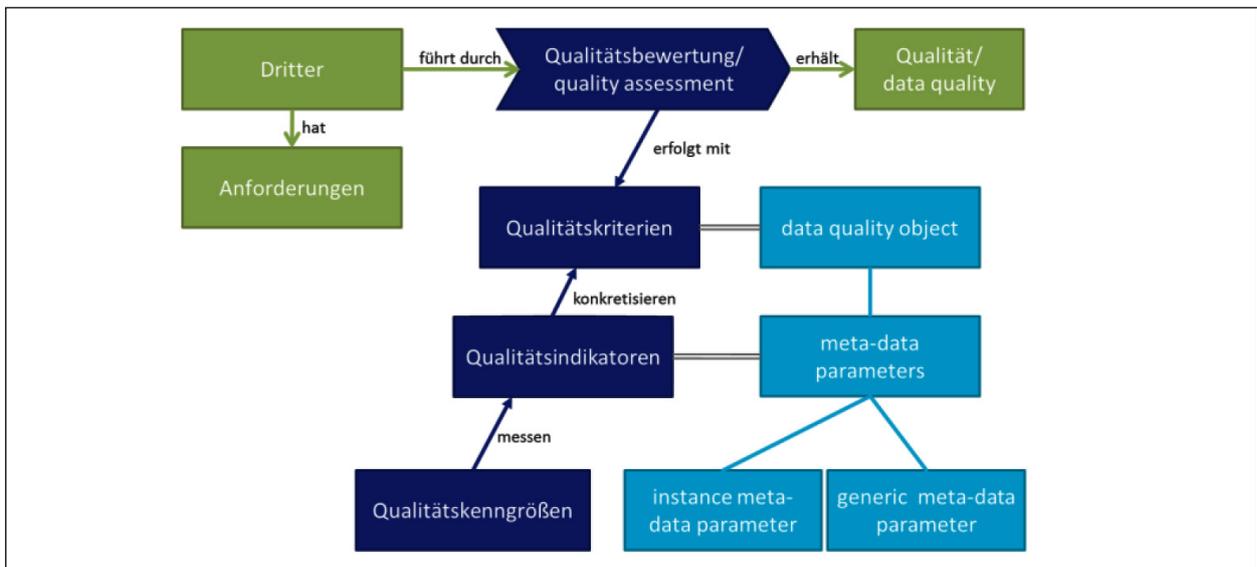


Bild 3: Darstellung der Qualitätsbegriffe im Prozessablauf

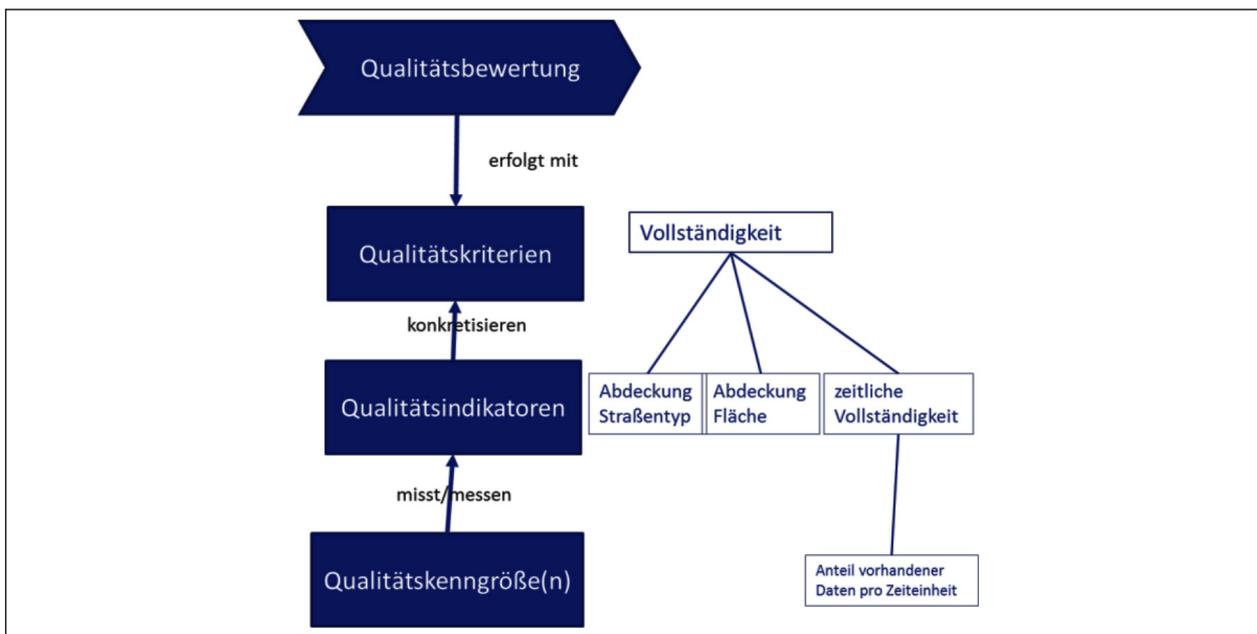


Bild 4: Beispiel Qualitätsbewertung

nagement von VBA“ verwendet werden, das derzeit vom gleichnamigen FGSV AK 3.2.10 erstellt wird.

Der Fokus von Qualität liegt auf der zu bewertenden Einheit, auch Objekt genannt, die in den Objektspezifikationen beschrieben ist. Qualität ist als Funktion der Anforderungen zu verstehen. Ohne exakt beschriebene Anforderungen ist die explizite Bestimmung der Qualität eines Objekts nicht möglich.

Die Anforderungen sind abhängig von den Zielgruppen wie z. B. Betreiber oder verschiedene Nutzergruppen.

Eine Qualitätsbewertung ist prinzipiell immer absolut oder relativ (Benchmarking) möglich. Zur Bewertung werden Qualitätskriterien (auch Qualitätsmerkmale, oder Qualitätsdimensionen) bestimmt, wie z. B. Genauigkeit, Verfügbarkeit, Vollständigkeit. Zielfelder/Zielbereiche bezeichnen Kriterien in systemischer Sicht, z. B. Effektivität, Effizienz, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit.

Qualitätskategorien fassen Qualitätskriterien zusammen, z. B. Differenzierung nach Struktur, Prozess und Ergebnisqualität.

Qualitätsindikatoren konkretisieren Qualitätskriterien. Die Vollständigkeit kann z. B. durch die Abdeckung bzgl. Fläche, Straßentyp oder Dichte der Messstellen konkretisiert werden. Ein Qualitätsindikator ist dabei über mindestens eine prinzipiell messbare Größe definiert, das Qualitätsmaß, auch Qualitätskenngroße oder Qualitätskennzahl.

Beispiele für ein Qualitätsmaß können klassische Fehler und Streumaße aus der Statistik sein, aber auch der Performance Index (bei Lichtsignalsteuerungen), der aus mittlerer Wartezeit und Anzahl an Halten bestimmt wird.

Bewertungsverfahren legen zu betrachtende Qualitätskenngroßen fest und geben konkrete Ausführungsanweisungen zu deren Ermittlung. Dies kann ein komplexes Konzept oder auch nur eine einfache Formel sein.

5.4 Resultierende Qualitätsbegriffe

Aus den obigen Quellen werden folgende Begriffe für das Forschungsvorhaben gewählt und definiert. Die Begriffe werden zur Erhöhung der Verständlichkeit in den allgemeinen Prozessablauf integriert (Bild 2).

Qualitätsbewertung/Quality Assessment bezeichnet das Verfahren, mit dessen Hilfe die Qualität in Bezug auf die Anforderung bestimmt werden kann.

Die Qualitätsbewertung erfolgt mit Qualitätskriterien, die durch Qualitätsindikatoren untergliedert werden. Diese Qualitätsindikatoren werden mit einer oder mehrere Qualitätskenngroßen (siehe Kapitel 8) gemessen (Bild 3).

Hier wird auch noch die Unterscheidung der ISO TR 21707 beibehalten, die zwischen Instance und generic meta-data parameter unterscheidet, also ob eine Kenngröße für jedes Zeitintervall mitgeliefert wird oder über die Zeit bestimmt wird und somit vor Abruf der Daten bzw. im Nachgang verfügbar ist.

Ein Beispiel für diese Größen ist in Bild 4 dargestellt.

Die Qualitätsbewertung wird (unter anderem) mit dem Qualitätskriterium Vollständigkeit durchgeführt.

Vollständigkeit umfasst sowohl die zeitliche als auch die räumliche Vollständigkeit. Das Qualitätskriterium Vollständigkeit wird somit durch die Qualitätsindikatoren „Abdeckung in Bezug auf den Straßentyp“ (z. B. Functional Road Classes bzw. Autobahn, Bundesstraße etc.), „Abdeckung in Bezug auf die Gesamtfläche“ (z. B. Bundesland) und die „Zeitliche Vollständigkeit“ oder auch „Abdeckung in Bezug auf die Zeit“ (z. B. 24/7) konkretisiert. Jeder dieser Qualitätsindikatoren wird durch eine oder mehrere Qualitätskenngroßen gemessen (siehe Kapitel 8).

6 IVS-Dienste

Intelligente Verkehrssysteme (auch Verkehrstelematik, engl.: Intelligent Transportation Systems) sollen durch die Verwendung moderner Datenerfassungs-, Verarbeitungs-, Übertragungs- und Anzeigetechnologien dazu beitragen, die vorhandene und nur noch begrenzt ausbaufähige Verkehrsinfrastruktur verkehrsträger-, -mittel- und zuständigkeitsübergreifend durch die Bereitstellung von aktuellen Verkehrsinformationen und die dynamische, situationsabhängige Steuerung des Verkehrs sicherer, effizienter und umweltverträglicher zu nutzen.

In diesem Projekt sollen nur IVS-Dienste für den motorisierten individuellen Straßenverkehr betrachtet werden. Diese lassen sich grob in meist individuelle, zunehmend von privaten Diensteanbieter (engl.: Service Providern) angebotene Verkehrsinformationendienste und von meist öffentlichen Straßenbetreibern betriebene kollektive Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) einteilen.

Verkehrsinformationendienste stellen aktuelle Informationen zur Verkehrslage und zu Gefahren bereit.

Bei Verkehrslageinformationen kann zwischen:

- ereignisbedingten Störungsmeldungen (Stau oder Stockender Verkehr, herkömmliche Sprach-/Textmeldungen, TMC),
- Level of Service (LOS),
- Geschwindigkeiten und
- Reisezeiten

unterschieden werden. Aktuelle LOS, Geschwindigkeits- oder Reisezeitinformationen (auch Real Time Traffic Information – RTTI genannt) werden von modernen Verkehrsinformationsdiensten pro Streckensegment und Zeitintervall geliefert und ermöglichen den Navigationssystemen eine genauere Berechnung der zeitlich kürzesten Route als auf Basis herkömmlicher, ereignisbedingter Störungsmeldungen.

Ereignisbedingte Gefahrenmeldungen beinhalten z. B.

- Baustellen,
- (ungesicherte) Unfallstellen,
- Falschfahrer,
- Personen, Tiere oder Gegenstände („Hindernisse“) auf der Fahrbahn und
- witterungsbedingte Gefahren wie z. B. Glätte, Nässe (Gefahr von Aquaplaning) oder Nebel.

Diese Ereignisse können die Ursache für Verkehrsstörungen sein.

Bei VBA wird zwischen

- Netzbeeinflussungsanlagen (NBA)
 - Wechselwegweisung (WWW)
 - Dynamischen Wegweisern mit integrierten Stauinformationen (dWiSta)
- Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA)
 - ggf. mit Temporärer Seitenstreifenfreigabe (TSF)
 - ggf. mit Fahrtrichtungswechselbetrieb
- Knotenbeeinflussungsanlagen (KBA)
 - Lichtsignalanlagen / Lichtzeichenanlagen (LSA/LZA)
 - Zuflussregelungsanlagen (ZRA)
 - dynamischer Fahrstreifenzuweisung an Verflechtungen

unterschieden.

7 Prozesse und Prozessketten

7.1 Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr

In (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014) werden Bausteine der Systembeteiligten für verschiedene Anwendungsfälle dargestellt. Hier wird nur auf die Fälle Straßenverkehrstelematik und Verkehrsinformationsdienste eingegangen, wobei die Verkehrsinformationsdienste wiederum unterteilt werden in öffentliche und private Dienstleister.

Prinzipiell wird immer die Prozesskette Erfassung-Auswertung-Anzeige in den Diagrammen dargestellt, wobei vor allem der Schritt Auswertung unterschiedliche Komplexität aufweist.

Straßenverkehrstelematik

Im Anwendungsfall Straßenverkehrstelematik (Bild 5) erfassen straßenseitige Sensoren Verkehrsdaten, Umfelddaten oder direkt Ereignisse (z. B. Videodetektion), die über die Streckenstation in vorgegebenen Zeitintervallen aggregiert oder ereignisbedingt an die Steuerung in der (Unter-)Zentrale¹ weitergeleitet werden. In der Unterzentrale erfolgt die Auswertung/Interpretation der Daten (Situationserkennung) und die Schaltbildermittlung (Quer- und Längsabgleich). Die resultierenden Schaltbilder werden zur Anzeige gesendet. Die Weiterleitung zur Zentrale erfolgt auch zur Überwachung (durch Verkehrsoperatoren) und Qualitätssicherung.

Öffentliche Verkehrsinformationsdienste

Bei öffentlichen Verkehrsinformationsdiensten (Bild 6) erfolgt die Erfassung bisher i. d. R. über straßenseitige Sensoren (analog Straßenverkehrstelematik), die Polizei oder Anrufe von Verkehrsteilnehmern. (In letzter Zeit werden zunehmend FCD-Rohdaten oder aus FCD-generierte Verkehrsinformation von Dritten hinzugezogen.) Die Daten werden

¹ In Bild 5 fehlt die Unterzentrale bzw. ist direkt in die Zentrale integriert.

durch die verschiedenen Zentralen aggregiert und ausgetauscht und über verschiedene Kanäle verteilt, wie z. B. den Verkehrswarndienst im Radio (Sprachmeldung) oder die Anzeige im Navigationsgerät.

Private Verkehrsinformationsdienste

Bei privaten Verkehrsinformationsdiensten (Bild 6) sind die Hauptdatenquelle i. d. R. Bewegungsprofile/Trajektorien aus Floating Cars/Devices² oder Floating Phones³. Zur Erfassung der Verkehrssituationen werden diese Daten teilweise mit Daten der öffentlichen Hand ergänzt. Die Meldungen werden

den Fahrzeugen (zahlenden Kunden) über Mobilfunk oder Rundfunk verschlüsselt zur Verfügung gestellt.

7.2 TISA: Terms and Definitions for the Traffic and Travel Information Value Chain

TISA stellt die Prozesskette zur der Bereitstellung von Verkehrsinformation für Nutzer in vielen verschiedenen Detaillierungsgraden dar (TISA, 2012).

Die einfachste Darstellung umfasst nur zwei Schritte, in denen Informationen zu Ereignissen (Events) oder zur Verkehrslage (Traffic Situation) als Inhalt (Content) der Meldung über einen Dienst (Service) dem Endnutzer (End User) zur Verfügung gestellt werden (Bild 8). Ereignisse können verkehrs- (z. B. Stau) oder witterungsbedingte Gefahren (z. B. Glätte) sein. Die Content Detection beinhaltet die Datenerfassung mittels Sensoren oder Beobachtern (z. B. Verkehrsteilnehmern vor Ort oder Operatoren mittels Videobildern in der Zentrale). Das Content Processing ist die Verarbeitung und Interpretation der Daten zwecks Situationserkennung und -bewertung unter Verwendung einer oder mehrerer Datenquellen. Die Service Provision beinhaltet die Fusion der aus den Daten selbst generierten Informationen mit Informationen Dritter und die Übertra-

² Mit GPS und bidirektionaler Kommunikation ausgestattete Fahrzeuge (Festeinbau) oder mobile Endgeräte in Fahrzeugen

³ Zellortung ohne GPS.

gung der daraus resultierenden Verkehrsinformationen an das Endgerät. Das Endgerät ist die direkte Schnittstelle zum Endnutzer (Service Presentation).

Die Schritte der High-Level Prozesskette werden in je zwei bis fünf Unterschritte unterteilt (Bild 9).

7.3 Resultierende Prozesse und Prozessketten

Die projektspezifische Definition und Detaillierung der Prozesse und Prozessketten für die beiden ausgewählten Anwendungsfälle Reisezeitinformation und Baustelleninformation erfolgt im AP 3 „Organisatorisches Qualitätsmanagement“.

8 Qualitätskriterien, -indikatoren und -kenngößen

8.1 ISO/TR 21707

Tabelle 1 enthält Beispiele für Qualitätskriterien (data objects) und -indikatoren (meta-data-parameters) nach ISO/TR 21707. Die Definitionen der einzelnen Begriffe können der Norm entnommen werden.

8.2 QUANTIS

Tabelle 2 enthält die im Forschungsprojekt QUANTIS (siehe Kapitel 4.7) definierten Qualitätskriterien (-objekte) und -kenngößen (-parameter) für Verkehrslageinformationen

8.3 IGLOS

Im Projekt IGLOS (siehe Kapitel 4.9) sind Beispiele für Qualitätskriterien für unterschiedliche Bereiche angegeben:

- Verfügbarkeit (availability)
- [Systemstabilität]: Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt die geforderte Funktion unter den gegebenen Bedingungen zu einem bestimmten Zeitpunkt erbringt unter der Voraus-

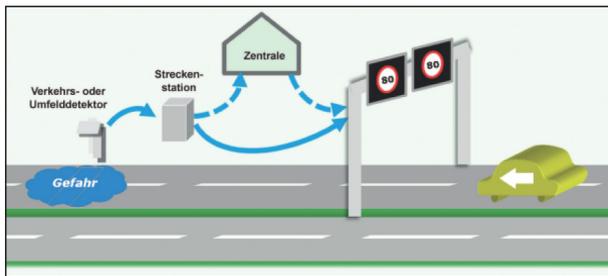


Bild 5: Prozessablauf Straßenverkehrstelematik (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)

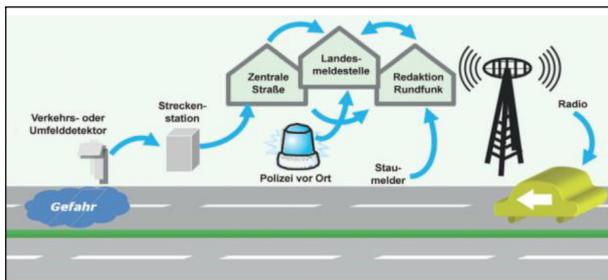


Bild 6: Prozessablauf öffentliche Verkehrsinformationsdienste (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)

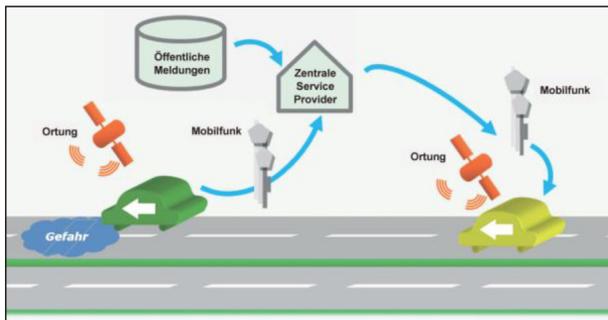


Bild 7: Prozessablauf private Verkehrsinformationsdienste (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)



Bild 8: High-level Prozesskette zur Bereitstellung von Verkehrsinformation (TISA, 2012)

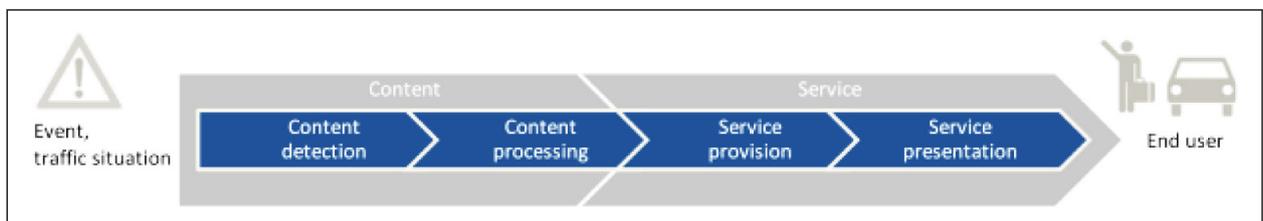


Bild 9: Detailliertere Prozesskette (TISA, 2012)

- setzung, dass die benötigten externen Ressourcen zur Verfügung stehen. (QualiSaR)
- [Positionierung]: Anteil an Zeit, in der ein Positionierungssystem eine zufriedenstellende Leistung mit der geforderten Genauigkeit und Integrität erbringt im abgedeckten Gebiet erbringt (CEN TC5 WG1)
- Kontinuität (continuity)
 - [Zuverlässigkeit von satellitenbasierter Ortung]: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein spezifiziertes Systemverhalten für die Dauer der Betriebsdauer eingehalten wird, unter der Voraussetzung, dass das System zu Beginn der Betriebsphase verfügbar war.

Data quality object	Meta-data parameters	Instance meta-data	Generic meta-data
Service completeness	Geographic Coverage		X
	Physical Coverage		X
	Percentage Occurrence Coverage		X
	Business Rules Coverage		X
	Data Type(s) Covered		X
Service availability	Availability Period		X
	Mean Time To Repair		X
	Mean Time Between Failures		X
Service grade	Service Grade		X
Veracity	Error Probability		X
	Error Standard Deviation		X
	Mean Error		X
	Mean Absolute Error		X
	Data Correctness	X	X
	Reliability	X	
	Cross-Verified	X	
	Validation Process		X
Numeric Precision	Number of Significant Figures	X	X
	Number of Decimal Places	X	X
	Time Precision	X	X
Timeliness	Mean Data Latency		X
	Standard Deviation Of Data Latency		X
	Data Update Mode		X
	Data Update Interval		X
	Data Time Stamping Regime		X
	Data Validity Period	X	X
Location measurement	Location Verification Standard		X
	Source of Location Information		X
	Location Referencing Standard Identification		X
	Spatial Data Set	X	X
	Location Types		X

Tab. 1: Qualitätskriterien (data quality objects) und -indikatoren (meta data parameters) nach ISO/TR 21707

Data quality object	Meta-data parameters	Instance meta-data	Generic meta-data
Measurement source	Collection Method	X	X
	Measurement Source Identity	X	X
	Equipment Type	X	X
	Estimation/Simulation Model Identity		X
	Calculation/Estimation Method		X
	Number of Data Points		X
	Calculation Period		X
Ownership	Data Owner	X	X
	Restricted Use of Data	X	X
	Data Owner's Original Reference	X	X

Tab. 1: Fortsetzung

Qualitätsobjekt	Quantifizierbar (QAV) / Nicht-Quantifizierbar (NQAV)	Parameter	Definition	Typen/Schwellenwerte
Vollständigkeit	NQAV	Geographische Abdeckung	Abzudeckende Region	Typ 1: Abzudeckende Region Typ 2: Typ 1 und 0-50% der angrenzenden Region Typ 3: Typ 1 und nahezu alle angrenzenden Regionen Typ 4: Typ 1 und <50 % der angrenzenden Region
	NQAV	Physische Abdeckung	Abzudeckendes Netz	Typ 1: Autobahnen der europäischen Hauptkorridore Typ 2: Autobahnnetz Typ 3: Primäres Straßennetz Typ 4: Typ 3 und sekundäres Straßennetz
	QAV	% der physischen Abdeckung	% der Abdeckung bezogen auf die abzudeckende Region	Kritischer Wert: 75 % Stufe 1: >75 % Stufe 2: >90 % Stufe 3: >95 % Stufe 4: >99 %
	QAV	% der Ereignisabdeckung	% der abgedeckten Ereignisse bezogen auf die Gesamtzahl der Ereignisse	Kritischer Wert: 75 % der Ereignisse „dichter Verkehr“ und „Stau“ Stufe 1: >75 % Stufe 2: >90 % Stufe 3: >95 % Stufe 4: >99 %
	QAV	enthaltete Datentypen	enthaltete relevante Datentypen	Kritischer Wert: keine Information Stufe 1: Störung, Ort und Zeit Stufe 2: Stufe 1 und Auswirkung (Ausdehnung und Dauer) Stufe 3: Stufe 2 und Vermeidung der Störung (Umleitung) Stufe 4: Stufe 3 und historische Informationen
	QAV	Detaillierung der Abdeckung	Dichte der Messstellen	Kritischer Wert: für Autobahnen: 30 km Stufe 1: 20-30 km Stufe 2: 10-20 km Stufe 3: 5-10 km Stufe 4: < 5 km

Tab. 2: Qualitätskriterien (-objekte) und -kenngrößen (-parameter) für Verkehrslageinformationen nach QUANTIS

Qualitätsobjekt	Quantifizierbar (QAV) / Nicht-Quantifizierbar (NQAV)	Parameter	Definition	Typen/Schwellenwerte
Verfügbarkeit	NQAV	Verfügbarkeitszeitraum	Zeitraum, während der die Verfügbarkeit definiert ist	Kritischer Wert: Hauptverkehrszeiten Typ 1: Werktage (24h/5d) Typ 2: ganzjährig (24h/7d) Typ 3: abweichend zu spezifizieren
	QAV	Verfügbarkeit	% der zu erwartenden Verfügbarkeit während des Verfügbarkeitszeitraums	Kritischer Wert: Verfügbarkeit nicht garantiert Stufe 1: >95 % Stufe 2: >97 % Stufe 3: >99 % Stufe 4: >99,5 %
Richtigkeit	QAV	Error-Wahrscheinlichkeit	% des Contents außerhalb der definierten Qualitätsgrenzen	Kritischer Wert: 25 % Stufe 1: 10 % – 25 % Stufe 2: 5 % – 10 % Stufe 3: 2 % – 5 % Stufe 4: < 2%
	NQAV	Verifizierung	Abgleich mit zusätzlichen Datenquellen	Typ 1: Nein Typ 2: Ja
Genauigkeit	QAV	Lagegenauigkeit	Genauigkeit bezüglich der Lage	Kritischer Wert: 10 km Stufe 1: 5 – 10 km Stufe 2: 2 – 5 km Stufe 3: 100 m – 2 km Stufe 4: < 100 m
	NQAV	Vorhersagehorizont	Zeitdifferenz zwischen Zeit der Vorhersageberechnung und Vorhersagezeit	nicht relevant, da aktuelle Verkehrslage
	QAV	Genauigkeit hinsichtlich Ereignisdauer	Abweichung zwischen tatsächlicher Ereignisdauer und angegebener Ereignisdauer	nicht relevant (in Latenzzeit abgedeckt)
	NQAV	inhaltliche Genauigkeit	Genauigkeit der bereitgestellten Informationen	Typ 1: nur Stau Typ 2: Stau, dichter Verkehr, freier Verkehr Typ 3: Stau, stockender Verkehr, dichter Verkehr, freier Verkehr
Aktualität	QAV	Latenzzeit	Verzögerung zwischen tatsächlichem Ereigniseintritt/-Ende und Meldung/Aufhebung	Kritischer Wert: 60 Min. Stufe 1: 30 – 60 Min. Stufe 2: 15 – 30 Min. Stufe 3: 5 – 15 Min. Stufe 4: < 15 Min.
	NQAV	Update-Modus	Ereignisorientiert oder periodisch	Typ 1: ereignisorientiert Typ 2: periodisch (zu spezifizieren) Typ 3: periodisch und ereignisorientiert
	QAV	Update-Intervall	(sofern periodisch)	Kritischer Wert: 60 Min. Stufe 1: 30 – 60 Min. Stufe 2: 15 – 30 Min. Stufe 3: 5 – 15 Min. Stufe 4: < 15 Min.

Tab. 2: Fortsetzung

- [Validierung von Eisenbahnortungssystemen] Konsistenter Verlauf von etwas. Gleichbedeutend zu Konsistenz
- Zuverlässigkeit (reliability)
 - [DIN EN 50128] Die Fähigkeit eines Objekts die geforderte Funktion unter den gegebenen Umgebungsbedingungen zu einer bestimmten Zeitspanne auszuführen
 - Wiederholbarkeit (repeatability)
 - [Messtechnik] die Präzision einer Messung unter der Voraussetzung von wiederholbaren Messbedingungen

- [Zuverlässigkeit von satellitenbasierter Ortung]: die Genauigkeit mit der ein Nutzer zu einer Position zurückkehrt, die zu einem früheren Zeitpunkt mit demselben Navigationssystem gemessen wurde. (Galileo Mission High Level Definition)
- Vergleichbarkeit (reproducibility)
 - [Messtechnik] Präzision einer Messung unter der Voraussetzung von reproduzierbaren Messbedingungen
 - [Metrologie] Messbedingungen, die verschiedene Lokationen, Bediener, Messsysteme und Wiederholmessungen am selben oder ähnlichen Objekt beinhalten
- Latenzzeit (latency)
 - [ETSI] Die Latenzzeit eines Ortungssystems misst dessen Fähigkeit die verstrichene Zeit anzugeben, die zwischen dem Triggern des Events zur Bestimmung der ortsbezogenen Information für ein mobiles Objekt und der Verfügbarkeit dieser Information an der Benutzeroberfläche liegt.
- Genauigkeit (accuracy)
 - [CEN TC5 WG1] Unterschied zwischen der gemessenen und wirklichen Position
 - [Qualisar] Grad der Übereinstimmung zwischen einem gemessenen Wert und dem wahren Wert einer Messgröße
 - [Galileo Mission High Level Definition] statistischer Wert für den Grad der Konformität zwischen geschätzter Messposition und/oder Geschwindigkeit und der wahren Position und/oder Geschwindigkeit eines Nutzers mit einem gegebenen Maß an Konfidenz zu jedem Zeitpunkt zu jeder Position in der abgedeckten Fläche.
 - [CEN CLC TC5 WG1] Genauigkeit ist als die Differenz zwischen der Gütezahl durch den Schätzwert eines Lokalisierungssystems und

dem tatsächlichen Wert definiert. Sie wird in m (Position), ms⁻¹ (Geschwindigkeit), ms⁻² (Beschleunigung) oder Sekunden (Zeit) angegeben und in der Regel durch die Statistikwerte (Mittelwert, Standardabweichung, root mean square, Perzentil, etc.) ergänzt. Meist bezieht sich der Begriff Genauigkeit auf die Positionsgenauigkeit. Genauigkeit eines der wichtigsten Leistungsmerkmale, die von einem System zur Ortsbestimmung angefordert werden können

8.4 Resultierende Qualitätskriterien, -indikatoren und -kenngrößen

Die projektspezifische Definition der Qualitätskriterien, -indikatoren und -kenngrößen für die beiden ausgewählten Anwendungsfälle Reisezeitinformation und Baustelleninformation erfolgt im AP 2 QM-Verfahren.

9 Qualitätsbewertung

9.1 Verkehrsdaten

Verkehrsdaten bilden die Grundlage für die meisten IVS-Dienste. Die Qualität dieser Dienste wird also maßgeblich durch die Qualität der verwendeten Verkehrsdaten beeinflusst. Der Qualitätssicherung der Verkehrsdaten kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Qualitätskriterien

Typische Qualitätskenngrößen für Verkehrsdaten sind:

- Verfügbarkeit,
- Vollständigkeit,
- Aktualität und
- Genauigkeit.

Qualitätskenngrößen

Die Qualitätskriterien werden durch zugehörige Qualitätskenngrößen quantifiziert. Nach MARZ/

FGSV AK 3.5.20 wird dabei für die lokale Datenerfassung mit stationären, infrastrukturbasierten Detektoren zwischen lokalen, globalen und Plausibilitätskenngrößen unterschieden:

- Bei den lokalen Qualitätskenngrößen wird für verschiedene Fehler (z. B. fehlende Datensätze, Nulldatensätze, Fehlermeldung 255 durch Detektor) die absolute oder relative Häufigkeit der fehlerhaften Datensätze in einem bestimmten Zeitraum an einem lokalen Detektor oder Messquerschnitt ermittelt und bei Überschreitung von parametrierbaren Schwellenwerten angezeigt.
- Bei den globalen Qualitätskenngrößen wird die Anzahl der Pkw und Lkw (getrennt) in einem längeren Zeitraum (i. d. R. ein Tag) an einem Messquerschnitt ins Verhältnis zur Anzahl der Pkw und Lkw am vorhergehenden/stromaufwärts gelegenen Messquerschnitt gesetzt. Zwischen den beiden Messquerschnitten vorhandene (detektierte) Zu- und Abfahrten müssen bei dieser Bilanzierung ggf. berücksichtigt werden. Wenn die Zählungen und Klassifizierungen an beiden Messquerschnitten und allen dazwischenliegenden Ein- und Ausfahrten korrekt sind, müssen die Werte zu 100 % übereinstimmen. Bei Überzählung, Unterzählung, Falschklassifizierung und/oder nicht detektierten Ein- und Ausfahrten schlagen die globalen Qualitätskenngrößen unterschiedlich aus. Bei Über- oder Unterschreitung von parametrierbaren Schwellenwerten werden die betreffenden Messquerschnitte markiert. Probleme bei der Interpretation der globalen Qualitätskenngrößen sind, dass diese nicht nur an den fehlerhaften Messquerschnitten ausschlagen und dass bei mehreren fehlerhaften Messquerschnitten ohne Referenzquerschnitt (siehe dazu Referenzmesssystem VeMAS am Ende dieses Kapitels) die Identifizierung der/Unterscheidung zwischen fehlerhaften und nicht fehlerhaften Messquerschnitten schwierig ist. Nicht detektierte Ein- und Ausfahrten mit relativ hohen, nicht symmetrischen Belastungen erschweren die Interpretation der globalen Qualitätskenngrößen zusätzlich.
- Letztendlich werden noch 22, auch online anwendbare Plausibilitätsprüfungen definiert. Wenn ein Datensatz eine Plausibilitätsprüfung nicht erfüllt, wird der Datensatz für diese Prüfung als fehlerhaft (bzw. auffällig) gezählt und gekennzeichnet. Die Qualitätskenngrößen entsprechen den absoluten oder relativen Häufig-

keiten dieser Fehler (bzw. Auffälligkeiten). Übersteigen die Qualitätskenngrößen in einem Zeitraum an einem Detektor oder Messquerschnitt parametrierbare Schwellenwerte, wird dies angezeigt. Typische Plausibilitätsprüfungen sind z. B.:

- dass die Anzahl der Kfz gleich der Summe aus der Anzahl der Pkw und der Anzahl der Lkw sein muss,
- wenn kein Pkw oder Lkw gezählt wurde, der Wert der zugehörige Geschwindigkeitswert definitionsgemäß 255 gesetzt sein muss,
- dass die Werte der Verkehrskenngrößen innerhalb parametrierbarer unterer und oberer Schwellenwerte liegen müssen und
- dass auf dem linken Fahrstreifen der Wert der Geschwindigkeit i. d. R. größer und die Anzahl der Lkw kleiner als auf dem rechten Fahrstreifen ist.

Wie oben bereits in Klammern angedeutet, ist das Ausschlagen einer Qualitätskenngröße nicht immer auf einen Fehler zurückzuführen. So führen z. B. häufig Sonderfälle, wie z. B. nächtliche Intervalle mit nur einem relativ schnellen Transporter auf der linken Fahrspur, zum Ausschlagen eines oder mehrerer Qualitätskenngrößen. Im Beispiel würde angezeigt werden, dass der obere Schwellenwert der Lkw-Geschwindigkeit überschritten wurde und das auf dem linken Fahrstreifen mehr Lkw als auf dem rechten Fahrstreifen gezählt wurde, was aber nicht falsch, sondern der 2+1 Klassifizierung von Transportern als Lkw zuzuschreiben ist.

Für die Bewertung der Qualität von FCD-Rohdaten können GPS-Kenngrößen (z. B. Anzahl empfangener Satelliten, vom GPS angegebene Genauigkeit), Plausibilitätsprüfungen (z. B. Schwellenwerte für Geschwindigkeiten), Formatprüfungen (Zeitstempel, Koordinaten) und Prüfung auf Duplikate (gleicher Datensatz mit unterschiedlicher ID) verwendet werden. Bei bereits auf das Straßennetz referenzierten Daten können außerdem plötzliche Sprünge in der Referenzierung erkannt werden, die z. B. dadurch verursacht werden, dass für die Referenzierung (veraltetes) Kartenmaterial verwendet wird, dass die tatsächlich befahrenen Straßensegmente (noch) nicht enthält.

Qualitätsmessverfahren

Die o. g. Qualitätskenngrößen für Verkehrsdaten werden – vielleicht abgesehen von den Globalen Qualitätskenngrößen – durch inhärente Prüfungen ermittelt (kein Vergleich mit Referenzwerten).

Daneben gibt es aber auch die Möglichkeit, die Qualität von Verkehrsdaten stichprobenhaft durch Vergleichsmessungen zu prüfen.

Die dazu erforderlichen Referenzdaten (Ground Truth) können z. B. durch manuelle Zählung und Fahrzeugklassifizierung direkt vor Ort oder aus zeitlich synchronisierten Videoaufzeichnungen heraus gewonnen werden.

Ein Beispiel für ein automatisches Referenzmesssystem für Verkehrsdaten ist VeMAS. Das mobile Messsystem basiert auf zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Laserscannern je Fahrstreifen, das die Hüllkurven von Fahrzeugen bestimmt und somit eine hochgenaue Zählung und Klassifizierung von Fahrzeugen ermöglicht. Durch eine Schnittstelle zur Streckenstation können die mit VeMAS erfassten Referenzdaten direkt mit Verkehrsdaten verglichen werden, die von den zu prüfenden Detektoren gemessen wurden.

Das System kann innerhalb kurzer Zeit an Verkehrszeichenbrücken befestigt und kalibriert werden. Für eine kontinuierliche und flächendeckende Qualitätssicherung von Verkehrsdaten/-detektoren ist das System nicht geeignet. Mit VeMAS qualitätsgesicherte Detektoren bzw. Messquerschnitte können aber als Referenz-/Stützstellen für die kontinuierliche Qualitätssicherung der Zählung und Klassifizierung von Fahrzeugen mittels Bilanzierung/Vergleich benachbarter Messquerschnitte verwendet werden (Globale Indikatoren).

9.2 Umfelddaten

Neben Verkehrsdaten werden für die Steuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen (siehe Kapitel 9.4) und Informationsdienste zur Warnung vor witterungsbedingten Gefahren (z. B. niedrige Sichtweiten bei Nebel oder Aquaplaning bei Nässe) qualitätsgesicherte Umfelddaten benötigt.

Qualitätskriterien

Typische Qualitätskenngrößen für Umfelddaten sind:

- Verfügbarkeit,
- Vollständigkeit,
- Aktualität,
- Korrektheit und
- Genauigkeit.

Qualitätskenngrößen

Der FGSV AK 3.2.10 hat in seinem Hinweispapier verschiedene Arten von Prüfungen und zugehörigen Qualitätskenngrößen (absolute oder relative Häufigkeit fehlerhafter oder unplausibler Messwerte) für Umfelddaten definiert:

- Wie bei den lokalen Qualitätskenngrößen für die Verkehrsdaten (siehe Kapitel 9.1) werden bei der Ausfallüberwachung für die Umfelddaten nicht übertragene (fehlende) und vom Sensor als fehlerhaft gekennzeichnete Messwerte gezählt.
- Bei der Grenzwertüberwachung wird geprüft, ob die Messwerte der verschiedenen Umfeldkenngrößen innerhalb parametrierbarer Wertebereiche liegen. Messwerte, die außerhalb dieser Wertebereiche liegen, werden für die jeweilige Prüfung als unplausibel gezählt.
- Einige meteorologische Messgrößen weisen im Normalfall kontinuierliche Schwankungen auf. Daher wird bei der Differentialkontrolle geprüft, ob innerhalb einer parametrierbaren Zeitdauer eine Änderung des Messwertes vorliegt. Wenn die Bedingung erfüllt und der Messwert länger als die maximale Zeitdauer konstant ist, wird der Messwert (ab der Minute der Überschreitung der maximalen Zeitdauer der Wertekonstanz) für die jeweilige Prüfung als unplausibel gezählt. Für Niederschlagsart und Fahrbahnzustand wird keine Differentialkontrolle durchgeführt.
- Die Differenz zweier zeitlich aufeinander folgender Messwerte muss innerhalb eines parametrierbaren Wertebereiches liegen (z. B. steigt die Lufttemperatur innerhalb einer Minute normalerweise nicht um mehrere °C an). Daher werden

bei der Anstiegs-Abfalls-Kontrolle die Änderungen der Messwerte für ein Zeitintervall von einer Minute geprüft. Liegt die Messwertdifferenz außerhalb des vorgegebenen Wertebereichs, wird der betroffene Messwert für die jeweilige Prüfung als unplausibel gezählt. Für die Niederschlagsart, Gefriertemperatur, Restsalzgehalt, Sichtweite, Niederschlagsintensität, Windrichtung und Fahrbahnzustand wird keine Anstiegs-Abfalls-Kontrolle durchgeführt.

- Bei den logisch-physikalischen Plausibilitätsprüfungen werden vergleichbare oder meteorologisch voneinander abhängige Messgrößen zueinander in Beziehung gesetzt. Zum Beispiel kann es bei geringer Luftfeuchte und ohne Niederschlag keine Sichtbehinderungen durch Nebel oder Starkregen geben. Wenn dennoch eine niedrige Sichtweite gemessen wird, ist der Messwert als unplausibel zu zählen.
- Die Witterungsverhältnisse können für einen kürzeren Zeitraum lokal sehr unterschiedlich sein (z. B. Gewitter mit Starkregen und wenige Kilometer weiter Sonnenschein). Trotzdem sollten die Durchschnittswerte einer Messgröße an benachbarten Messstellen über längere Zeiträume ähnlich sein. Langzeit-Plausibilitätsprüfungen können daher Hinweise auf systematische Fehler liefern, indem für eine Messgröße die Messwerte einer Messstelle (Prüfling) für einen parametrierbaren Untersuchungszeitraum mit den entsprechenden Messwerten umliegender Messstellen (Vergleichsbasen) verglichen werden. Für alle Langzeit-Plausibilitätsprüfungen wird bei Über- oder Unterschreitung von Grenzwerten der betreffende Sensor für den Untersuchungszeitraum als unplausibel gekennzeichnet. Die (oberen und unteren) Grenzwerte ergeben sich aus dem Mittelwert der Messwerte der umliegenden Sensoren und der parametrierbaren zulässigen Standardabweichung.

9.3 Videodetektion

Mittels Videodetektion können sowohl Verkehrsdaten als auch Ereignisse direkt erfasst und anhand der Videobilder ggf. visuell verifiziert werden.

Für die Verkehrsdatenerfassung mittels Videodetektion können die gleichen Qualitätskriterien, -kenngößen und -messverfahren wie für andere stationäre, infrastrukturbasierende Sensoren angewandt werden (siehe Kapitel 9.1).

Der FGSV AK 3.2.9 hat Kenngößen und Verfahren zur Bewertung der Qualität von videobasierter Ereignisdetektion vorgeschlagen. Diese basieren auf Kriterien zur Bewertung der Qualität von binären Klassifikatoren (siehe Kapitel 9.4). Neu ist, dass die Schwellenwerte (Genauigkeitsanforderungen) für drei verschiedene Umfeldbedingungsklassen variieren und für die Abnahme ein längerer Probebetrieb empfohlen wird, um seltener auftretende Umfeldbedingungen und Ereignisse testen zu können. Hier ist die statistische Signifikanz der getroffenen Aussagen zu berücksichtigen/anzugeben.

9.4 Streckenbeeinflussung

Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) werden auf gefährlichen und hoch belasteten Streckenabschnitten installiert, um die Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Dies erfolgt durch die Detektion von und Warnung der Verkehrsteilnehmer vor verkehrs- und witterungsbedingten Gefahren sowie der Harmonisierung des Verkehrsflusses bei hohen Verkehrsbelastungen durch dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen. Dynamische Geschwindigkeitsbegrenzungen können ggf. auch zur Reduzierung von Lärm- und Luftschadstoffemissionen eingesetzt werden (z. B. IGL-Schaltungen in Österreich). Für die Qualität der SBA-Schaltungen ist insbesondere die rechtzeitige und zuverlässige Erkennung von relevanten Ereignissen von Bedeutung.

Qualitätskriterien

Für SBA finden sich in der Literatur u. a. folgende Qualitätskriterien⁴ und zugehörige -indikatoren:

- Verkehrssicherheit
 - Rechtzeitige Warnung vor stromabwärts gelegenen Verkehrsstörungen (ACKAAH, HUBER, & BOGENBERGER, 2015)

⁴ Nach (NEUMANN, DALAFF, & NIEBEL, 2014) könnten dies auch Zielfelder sein.

- Leistungsfähigkeit der Strecke
 - Gleichmäßigkeit des Verkehrsflusses
- Akzeptanz der Schaltungen durch die Verkehrsteilnehmer (indirektes Qualitätskriterium)

Qualitätskenngrößen

Nachfolgend findet sich eine Übersicht über Qualitätskenngrößen, die in der Literatur zur Bewertung der oben aufgeführten Qualitätskriterien Verwendung finden:

- Verkehrssicherheit
 - Anzahl Unfälle (Highway Agency, 2004)
 - Unfallkosten (FGSV, Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2008)
 - Fahrzeugabstände (PIAO & MCDONALD, 2008)
 - Varianz der Geschwindigkeiten innerhalb der Spuren (PIAO & MCDONALD, 2008)
 - Varianz der Geschwindigkeiten zwischen den Spuren (PIAO & MCDONALD, 2008)
 - Befolungsgrad (PIAO & MCDONALD, 2008)
 - Detektionsrate
 - Fehlalarmrate
 - Detektionszeit
- Leistungsfähigkeit
 - Verkehrsstärke (VAN DEN HOOGEN, HEIDEMIJ, & SMULDERS, 1994), (Weikl, Bogenberger, & Bertini, 2013)
 - Zeitkosten (FGSV, Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2008)
- Harmonisierung⁵

- Varianz der Geschwindigkeiten innerhalb der Spuren (NISSAN, 2010), (SCHMULDERS, 1990)
- Varianz der Geschwindigkeiten zwischen den Spuren (NISSAN, 2010), (SCHMULDERS, 1990)
- Varianz der Verkehrsstärke zwischen den Spuren (SCHMULDERS, 1990)
- Fahrzeugabstände (NISSAN, 2010): entlang der Spuren und über die Spuren
- Befolungsgrad und -rate = Unterschied zwischen angezeigten und gefahrenen Geschwindigkeiten (VUKANOVIC, 2007)

- Akzeptanz

Befolungsgrad (VUKANOVIC, 2007), (NISSAN, 2010)

Qualitätsmessverfahren

Um die Wirkungen von SBA anhand der aufgeführten Kenngrößen messen zu können, werden in der wissenschaftlichen Literatur im Wesentlichen die folgenden unterschiedlichen Ansätze verfolgt:

Der erste und intuitivste Ansatz ist, für einen definierten Streckenabschnitt die Kenngrößen mit aktivierter SBA und ohne bzw. bei deaktivierter SBA zu ermitteln und zu vergleichen (VAN DEN HOOGEN, HEIDEMIJ, & SMULDERS, 1994), (Highway Agency, 2004), (WEIKL, BOGENBERGER, & BERTINI, 2013). Der Vorteil ist, dass die Streckenparameter in beiden Fällen (SBA an und SBA aus) annähernd gleich sind und so ausschließlich die Wirkungen, die mit dem Aktivieren der SBA einhergehen, gemessen werden.

Das Problem an diesem Ansatz ist, dass die Möglichkeit denselben Streckenabschnitt innerhalb eines kurzen Zeitraumes (andernfalls könnte sich das Verkehrsaufkommen ändern oder bauliche Maßnahmen die Vergleichbarkeit der Situation mit und ohne SBA begrenzen) einmal mit und einmal ohne SBA betrachten zu können, nur selten gegeben ist. Wenn überhaupt, so ist dies in den meisten Fällen mit zwischenzeitlichen baulichen Veränderungen (Implementierung der SBA, Ausbau der Strecke)

⁵ Nach der Definition der Qualitätsbegriffe in Kapitel 5.4 ist die Harmonisierung/Gleichmäßigkeit des Verkehrsflusses ein Qualitätsindikator, der sowohl den Qualitätskriterien Verkehrssicherheit als auch Leistungsfähigkeit zugeordnet werden kann.

verbunden, wodurch sich Streckenparameter ändern können und/oder längere Bauphasen abgewartet werden müssen. Um zufällige Häufungen von Unfällen ausschließen zu können, wird bei Unfallkenngrößen ein Vorher- und Nachherzeitraum von mindestens 3 Jahren empfohlen.

Als alternativer Ansatz wurden in (NISSAN, 2010) zwei Streckenabschnitte (einer mit und einer ohne SBA) verglichen, wobei auf vergleichbare Streckenparameter geachtet wurde. Ein solches Vorgehen ist häufiger möglich, lässt aber das Problem offen, dass zwei Streckenabschnitte nie 100%-ig vergleichbar sein werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Wirkungen von SBA bzw. verwendeter Steuerungsverfahren zu ermitteln, ist die Analyse auf Basis von Verkehrssimulationsmodellen wie z. B. in (PIAO & MCDONALD, 2008). Allerdings ist dieser Ansatz immer mit modellbedingten Abstraktionen und Ungenauigkeiten verbunden.

Als weitere Alternative zur Bewertung der Wirkung von SBA wurden in (VUKANOVIC, 2007) und (ACKAAH, HUBER, & BOGENBERGER, 2015) die SBA-Schaltungen mit Verkehrslagerekonstruktionen auf Basis von lokalen Verkehrsdaten verglichen, die mit stationären Detektoren erfasst worden sind. So ist es z. B. möglich, die Erkennung von oder Warnung vor Verkehrsstörungen (Geschwindigkeitseinbrüchen) und die Akzeptanz des Systems (Vergleich zwischen realisierten Geschwindigkeiten und angezeigten Geschwindigkeitsbegrenzungen) zu bewerten. Ein großer Nachteil bei dem beschriebenen Vorgehen ist die Tatsache, dass die stationären Verkehrsdaten im Regelfall auch die Grundlage für die SBA-Schaltungen darstellen. Dementsprechend können fehlerhafte SBA-Schaltungen, die auf mangelnde Datenqualität zurückzuführen sind, nicht direkt erkannt werden (die Datenqualität ist vorab zu überprüfen, siehe Kapitel 9.1).

Schlussendlich gibt es auch noch die Möglichkeit auf Basis historischer (z. B. Unfall-) Daten und statistisch begründeter Annahmen eine ex-ante Abschätzung der Wirksamkeit einer SBA zu erhalten. Ein mögliches Vorgehen für die Abschätzung, wie viel an Unfallkosten durch die Implementierung einer SBA ent-

lang eines bestimmten Streckenabschnitts eingespart werden kann, ist in (FGSV, Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2008) aufgeführt. Auf ähnliche Weise wird hier auch ein Vorgehen zur ex-ante Abschätzung der durch eine SBA vermeidbaren Zeitkosten aufgezeigt. (siehe Zielfunktion weiter unten in diesem Kapitel).

Im Folgenden werden einige Kenngrößen und Verfahren näher erläutert:

Qualitätskenngrößen für binäre Klassifikatoren

Eine Grundlage für die SBA-Steuerung ist die rechtzeitige und zuverlässige Detektion von relevanten Ereignissen, d.h. die Erkennung von verkehrs- und witterungsbedingten Gefahren, wie z. B. Stau oder geringer Sichtweite. Bei den Detektionsverfahren handelt es sich (unabhängig von der gewählten Sensorik) i. d. R. um binäre Klassifikatoren, die die Situationen in zwei Klassen einordnen:

1. positiv: Ereignis detektiert oder
2. negativ: kein Ereignis detektiert

Bei der Detektion/Klassifikation können Fehler auftreten. Das Ergebnis der Detektion kann also entweder:

1. richtig oder
2. falsch sein.

Realität \ Detektion	tatsächliches Ereignis vorhanden ($r_p + f_n$)	kein tatsächliches Ereignis vorhanden ($f_p + r_n$)
Ereignis detektiert ($r_p + f_p$)	richtig positiv (r_p)	falsch positiv (f_p)
kein Ereignis detektiert ($f_n + r_n$)	falsch negativ (f_n)	richtig negativ (r_n)

Tab. 3: Wahrheitsmatrix

Daraus ergeben sich folgende vier Fälle:

1. richtig positiv: ein tatsächlich vorhandenes Ereignis wird korrekt detektiert (Treffer)
2. falsch negativ: ein tatsächlich vorhandenes Ereignis wird nicht detektiert

3. falsch positiv: es ist kein tatsächliches Ereignis vorhanden, aber es wird ein Ereignis detektiert (Fehlalarm)
4. richtig negativ: es ist kein tatsächliches Ereignis vorhanden, und es wird auch kein Ereignis detektiert.

Diese vier Fälle lassen sich in einer s. g. Wahrheitsmatrix darstellen (Tabelle 3).

Anhand der absoluten Häufigkeiten der vier Fälle in einer Stichprobe lassen sich verschiedene Kenngrößen zur Bewertung der Qualität der Detektion als relative Häufigkeiten berechnen.

Richtig-Positiv-Rate und Falsch-Negativ-Rate

Die Richtig-Positiv-Rate (auch: Sensitivität, Detektionsrate) gibt den Anteil der korrekt detektierten tatsächlich vorhandenen Ereignisse (r_p) an allen tatsächlich vorhandenen Ereignissen (r_p+f_n) an:

$$rpr = \frac{r_p}{r_p + f_n}$$

Die Falsch-Negativ-Rate gibt dementsprechend den Anteil der fälschlich nicht detektierten tatsächlich vorhandenen Ereignisse (f_n) an allen tatsächlich vorhandenen Ereignissen (r_p+f_n) an:

$$fnr = \frac{f_n}{r_p + f_n}$$

Die Richtig-Positiv-Rate und die Falsch-Negativ-Rate summieren sich zu 1 bzw. 100 %.

$$rpr + fnr = 1$$

Falsch-Positiv-Rate und Richtig-Negativ-Rate

Die Falsch-Positiv-Rate gibt den Anteil der fälschlich detektierten tatsächlich nicht vorhandenen Ereignisse (f_p) an allen tatsächlich nicht vorhandenen Ereignissen (f_p+r_n) an:

$$fpr = \frac{f_p}{f_p + r_n}$$

Die Richtig-Negativ-Rate (auch: Spezifität) gibt den Anteil der korrekt nicht detektierten tatsächlich nicht vorhandenen Ereignisse (r_n) an allen tatsächlich nicht vorhandenen Ereignissen⁶ (f_p+r_n) an:

$$rnr = \frac{r_n}{f_p + r_n}$$

Die Falsch-Positiv-Rate und die Richtig-Negativ-Rate summieren sich zu 1 bzw. 100 %.

$$fpr + rnr = 1$$

Positiver und negativer Vorhersagewert

Der positive Vorhersagewert (auch: Relevanz, Genauigkeit) gibt den Anteil der korrekt detektierten tatsächlich vorhandenen Ereignisse (r_p) an allen – korrekt oder fälschlich – detektierten Ereignissen (r_p+f_p) an:

$$\frac{r_p}{r_p + f_p}$$

Der negative Vorhersagewert (auch: Segreganz, Trennfähigkeit) gibt dementsprechend den Anteil der korrekt nicht detektierten tatsächlich nicht vorhandenen Ereignisse⁶ (r_n) an allen – korrekt oder fälschlich – nicht detektierten Ereignissen (r_n+f_n) an:

$$\frac{r_n}{r_n + f_n}$$

Der positive und der negative Vorhersagewert summieren sich nicht zu 1 bzw. 100 %.

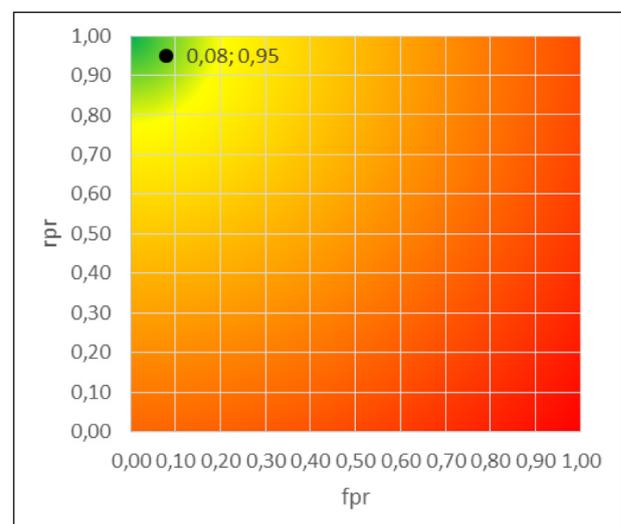


Bild 10: Qualitätsdiagramm

⁶ Die Anzahl der tatsächlich nicht vorhandenen Ereignisse ist bei SBA schwer quantifizierbar. Denkbar wäre z. B. die Anzahl der Zeitintervalle ohne Ereignisse zu verwenden.

Korrektklassifikationsrate und Falschklassifikationsrate

Die Korrektklassifikationsrate gibt den Anteil der korrekt klassifizierten Ereignisse (r_p+r_n) an allen Fällen⁷ ($r_p+f_n+f_p+r_n$) an:

$$\frac{r_p + r_n}{r_p + f_p + r_n + f_n}$$

Die Falschklassifikationsrate gibt entsprechend den Anteil der falsch klassifizierten Ereignisse (r_p+r_n) an allen Fällen⁷ ($r_p+f_n+f_p+r_n$) an:

$$\frac{f_p + f_n}{r_p + f_p + r_n + f_n}$$

Die Richtigklassifikationsrate und die Falschklassifikationsrate summieren sich zu 1 bzw. 100 %.

Kombinierte Qualitätskenngrößen

In der Literatur werden verschiedene kombinierte Qualitätskenngrößen vorgeschlagen, die mehrere Qualitätskenngrößen – teilweise gewichtet – zu einer neuen Qualitätskenngröße kombinieren (z. B. F-Maß). Auf diese wird hier nicht weiter eingegangen.

Qualitätsdiagramm

Eine Möglichkeit, zwei sich gegenseitig beeinflussende Qualitätskenngrößen darzustellen und daraus eine Qualitätsstufe zu ermitteln, ist, die Werte (x und y) der beiden Qualitätskenngrößen (X und Y) als Punkte (x , y) in ein zweidimensionales (X - Y -) Diagramm einzutragen und die Fläche des Diagramms in verschiedene Qualitätsstufen einzuteilen (z. B. Rechtecke oder konzentrische Kreise). Ein Beispiel für ein solches Qualitätsdiagramm ist in Bild 10 dargestellt.

Gegenseitige Beeinflussung von Qualitätskenngrößen

Die gegenseitige Beeinflussung/negative Korrelation der Richtig-Positiv-Rate und Falsch-Positiv-Rate ist auch bei der Bewertung und bei der (Parameter-) Optimierung von Verfahren zur Ereignisdetektion zu berücksichtigen: Je empfindlicher ein Verfahren ist bzw. eingestellt wird, umso tatsächlich vorhandene Ereignisse werden korrekt detektiert (höhere Rich-

tig-Positiv-Rate), aber auch umso mehr tatsächlich nicht vorhandene Ereignisse werden fälschlich detektiert (höhere-Falsch-Positiv-Rate).

Aus diesem Grund dürfen bei der Bewertung beide Qualitätskenngrößen nicht unabhängig voneinander ermittelt werden. So muss z. B die Parametrierung des Detektionsverfahrens bei der Ermittlung beider Kenngrößen gleich sein, sonst könnte ein Detektionsverfahren für die Ermittlung der Richtig-Positiv-Rate empfindlicher und für die Ermittlung der Falsch-Positiv-Rate unempfindlicher eingestellt werden.

Verfahrenscharakteristik und Parameteroptimierung

Zur Parameteroptimierung werden einzelne oder mehrere Parameter des Verfahrens gezielt variiert und anhand von definierten Testfällen (Szenarien) für jeden Parameterwert oder -satz die Werte der Qualitätskenngrößen ermittelt und in ein Qualitätsdiagramm eingetragen. Die Kurve durch diese Punkte ergibt die für das Verfahren typische Verfahrenscharakteristik, entlang der sich das Verfahren durch Parametrierung einstellen lässt (Bild 11). Der Verlauf der Kurve ist i. d. R. nicht linear. Werte außerhalb dieser Kurve lassen sich für die definierten Testfälle (von Ungenauigkeiten abgesehen) nur durch Änderungen des Verfahrens bzw. andere Verfahren erzielen.

Statistische Signifikanz/erforderlicher Stichprobenumfang

Um eine statistisch signifikante Aussage über die Qualität eines Verfahrens zur Ereignisdetektion zu erhalten, muss eine ausreichend große Anzahl an Ereignissen und Alarmen untersucht werden. Je nach Fragestellung kann für binomialverteilte Zufallsgrößen (bei drei gegebenen Größen)

- der erforderliche Stichprobenumfang n ,
- die maximal zulässige Anzahl Fehler x (fälschlich nicht detektierte tatsächlich vorhandene Ereignisse oder fälschlich detektierte tatsächlich nicht vorhandene Ereignisse) in der Stichprobe,
- das Signifikanzniveau (die Irrtumswahrscheinlichkeit) G oder

⁷ Auch hier könnte z. B. die Anzahl aller Zeitintervalle im Untersuchungszeitraum als Bezugsgröße verwendet werden.

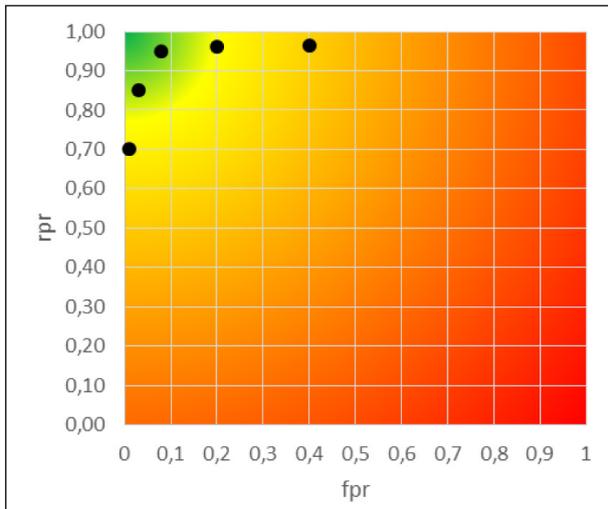


Bild 11: Qualitätsdiagramm mit Verfahrenscharakteristik

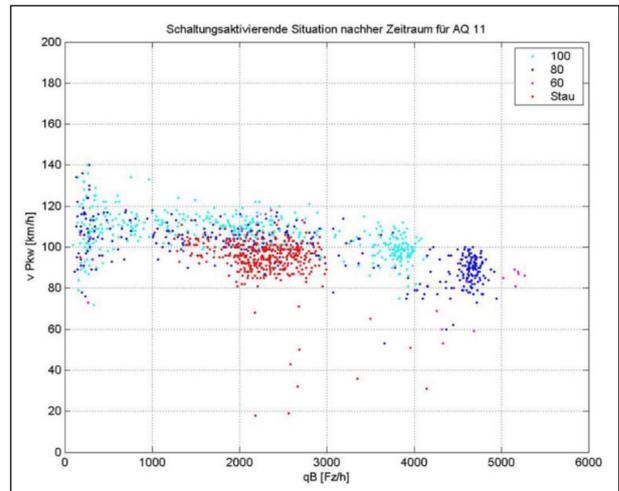


Bild 14: Fundamentaldiagramm mit Schaltauslösern

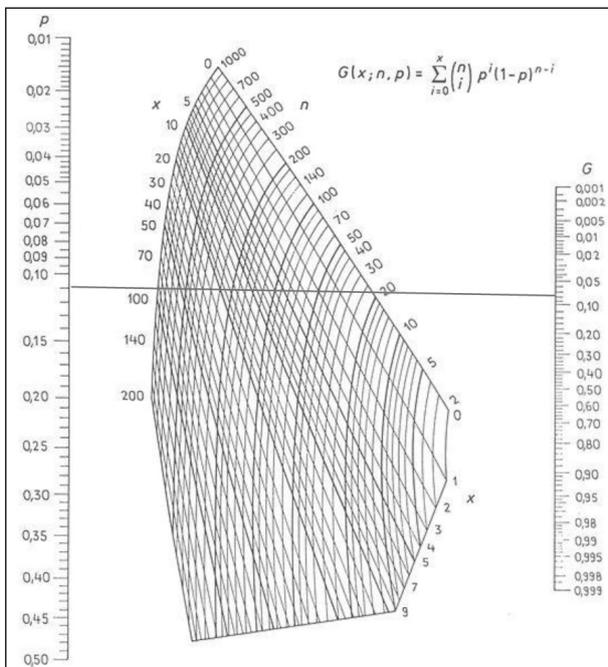


Bild 12: Larson-Nomogramm

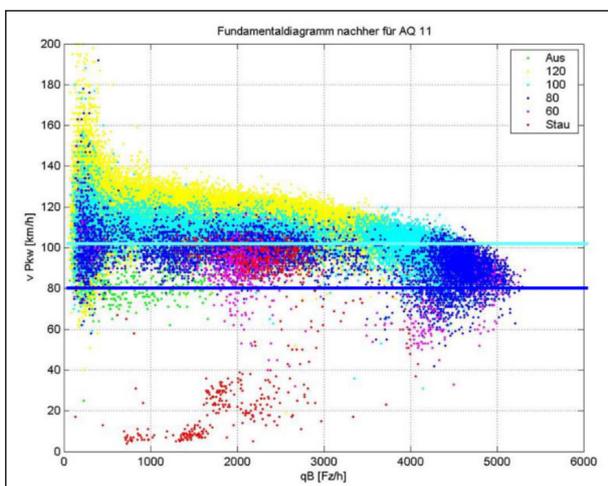


Bild 13: Fundamentaldiagramm mit Schaltungen

- der Fehleranteil p (Falsch-Negativ-Rate oder Falsch-Positiv-Rate) in der Grundgesamtheit

zeichnerisch ausreichend genau mithilfe des Larson-Nomogramms in Bild 12 bestimmt werden.

Bei einer geforderten Richtig-Positiv-Rate in der Grundgesamtheit (1-p) von mindestens 90 % und einem geforderten Irrtumswahrscheinlichkeit G von max. 5 % dürften z. B. bei 50 Stichproben maximal 1 und bei 100 Stichproben maximal 5 tatsächlich vorhandene Ereignisse nicht detektiert werden. Derart hohe Stichprobenumfänge (je Ereignistyp/Szenario!) sind z. B. im Rahmen von Abnahmetests wirtschaftlich schwer darstellbar. Deshalb muss bei der Wahl der Parameter des Bewertungsverfahrens zwischen geforderter Qualität des Verfahrens zur Ereignisdetektion, statistischer Signifikanz und Wirtschaftlichkeit des Bewertungsverfahrens abgewogen werden.

Zielfunktion

In einer Zielfunktion werden mehrere normierte (z. B. mittels Kostensätzen monetarisierte) Kenngrößen (z. B. Verkehrssicherheitsgewinne durch Warnung, Verkehrssicherheitsgewinne durch Harmonisierung, Fahrtzeitgewinne durch Harmonisierung, Fahrtzeitverluste durch zu restriktive Schaltungen) gewichtet zu einer Kenngröße verknüpft. Die Gewichte können dabei entsprechend den Zielvorgaben des Betreibers gewählt werden. Die Zielfunktion kann sowohl anhand historischer Verkehrsdaten offline zur Bewertung und automatisier-

ten (Parameter-)Optimierung (gezielte Parametervariation bis Extrema gefunden) der Steuerungsqualität von SBA aber auch online zur Steuerung von SBA eingesetzt werden.

Fundamentaldiagramme

Fundamentaldiagramme, in denen die einzelnen Messungen entsprechend den resultierenden Schaltungen/Anzeigen am zugehörigen Anzeigequerschnitt eingefärbt werden, können zur visuellen Beurteilung der Qualität der Steuerung von SBA eingesetzt werden.

So beispielsweise sind in Bild 13 die Punkte für alle Intervalle und in Bild 14 nur die Punkte für die Intervalle, welche die Schaltungen ausgelöst haben, dargestellt. Die Linien stellen die eingestellten Einschaltsschwellenwerte der Detektions-/Steuerungsverfahren dar. Es ist u. a. erkennbar, dass viele Stauschaltungen bei Geschwindigkeiten über 80 km/h ausgelöst wurden und das bei geringen Verkehrsstärken die Akzeptanz der Harmonisierungsschaltungen gering war.

Außerdem können die eingefärbten Fundamentaldiagramme bei der Festlegung der Schwellenwerte für die Detektions- und Steuerungsverfahren hilfreich sein.

Häufigkeitsverteilung Geschwindigkeiten

Für die visuelle Bewertung (der Akzeptanz) von Harmonisierungsschaltungen bei SBA können Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeiten am zugehörigen Messquerschnitt verwendet werden (Bild 15). Das Maximum sollte im Bereich der angezeigten Geschwindigkeit liegen und die Streuung (Breite der Kurve) sollte möglichst gering sein.

Befahrungen

Ein weiteres Verfahren für die Bewertung der Qualität der Steuerung/Anzeigen von SBA ist die Darstellung der Geschwindigkeit aus FCD und der zugehörigen Schaltungen/Anzeigen (y-Achse) über dem Weg (x-Achse). Im Diagramm in Bild 16 ist zusätzlich noch die Fahrzeugtrajektorie (Zeit auf der 2. y-Achse) eingetragen. Im Beispiel ist erkennbar, dass die Harmonisierungsschaltung (120 km/h) über den Weg sehr gleichmäßig war, vom Fahrer

akzeptiert wurde und die Warnung vor dem Stau rechtzeitig erfolgt ist.

9.5 Temporäre Seitenstreifenfreigabe

Durch die temporäre Freigabe des Seitenstreifens als zusätzlichen Fahrstreifen für den Verkehr in Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen wird die Kapazität und somit die Leistungsfähigkeit des Streckenabschnitts erhöht. Da bei freigegebenen Seitenstreifen immer eine begleitende Geschwindigkeitsbeschränkung geschaltet wird, tragen außerdem noch Harmonisierungseffekte zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei. Lediglich bei zeitlicher Aufhebung der Seitenstreifenfreigabe oder Fahrstreifenreduzierung am räumlichen Ende der Seitenstreifenfreigabe kann es zu Reduzierungen der Leistungsfähigkeit durch Spurwechsel- und Einfädelvorgänge kommen. Trotz, dass durch die Freigabe der Seitenstreifen als Sicherheitsraum z. B. für Pannenfahrzeuge wegfällt, hat sich in den meisten Fällen aufgrund der Anordnung von Pannbuch-

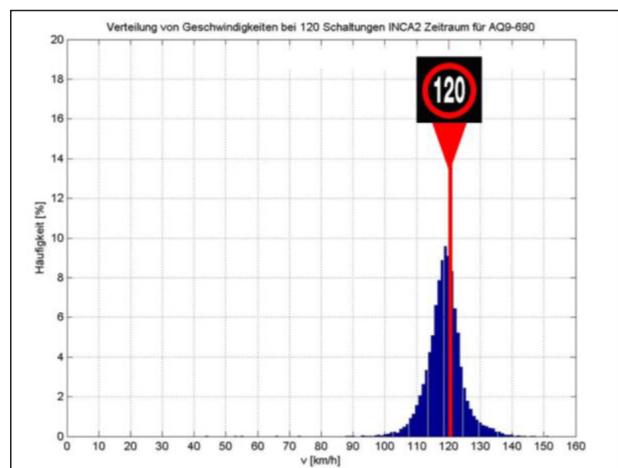


Bild 15: Geschwindigkeitsverteilung bei Harmonisierungsschaltung (120 km/h)

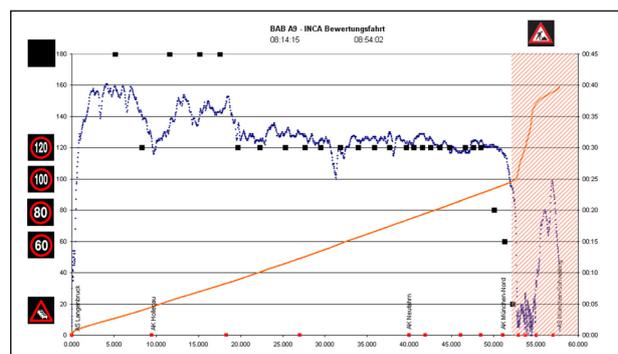


Bild 16: Gemeinsame Darstellung Befahrungsdaten und zugehöriger SBA-Schaltungen

ten und die Überwachung der Seitenstreifenfreigabe mittels Video(-detektion) die Verkehrssicherheit nicht verschlechtert bzw. durch die o. g. Harmonisierung sogar verbessert. Da die Temporäre Seitenstreifenfreigabe ein Sonderfall bzw. eine Erweiterung einer SBA darstellt, können die gleichen Qualitätskriterien, -kenngrößen und -messverfahren wie bei SBA angewandt werden (siehe Kapitel 9.3).

Vor aber auch während der Freigabe muss der Seitenstreifen regelmäßig auf Hindernisfreiheit überprüft werden. Bei zunehmender Anzahl und Länge der Seitenstreifenfreigaben erfolgt dies zunehmend durch (teil-)automatisiert mittels Videodetektion. Hier können die Qualitätskriterien, -kenngrößen und -messverfahren wie bei Ereignis-/Videodetektion angewandt werden (siehe Kapitel 9.3).

9.6 Netzbeeinflussung

Netzbeeinflussungsanlagen (NBA) sollen mittels dynamischer Wechselwegweisung je nach aktueller und bei insbesondere bei längeren Korridoren prognostizierter Verkehrslage den Verkehrsteilnehmern den zeitlich kürzesten Weg weisen (individueller Nutzen) und durch eine bessere Verteilung des Verkehrs die Leistungsfähigkeit des Strecknetzes erhöhen bzw. die verfügbare Kapitalzeit besser ausnutzen (kollektiver Nutzen).

Qualitätskriterien

Qualitätskriterien für NBA sind:

- Qualität des Verkehrsablaufs
- Akzeptanz/Befolgungsgrad⁸

⁸ Die Akzeptanz bzw. der Befolgungsgrad ist nur bedingt ein Kriterium für die Qualität der NBA-Schaltungen (z. B. bei schlechten Erfahrungen mit falschen Schaltungen), da die Verkehrsteilnehmer die Korrektheit der Schaltungen erst im Nachhinein bzw. gar nicht (tatsächliche Verkehrslage/Reisezeiten auf den Alternativrouten unbekannt) beurteilen können und ihre Routenwahl z. B. durch persönliche Erfahrungen/Ortskenntnisse und/oder Navigationssysteme beeinflusst wird. Deshalb wäre es aus kollektiver Sicht wünschenswert, dass die individuellen Navigationssysteme nicht nur die aktuelle Verkehrslage sondern auch kollektive Strategien bei der Zielführung berücksichtigen. Die Übertragung von Strategien ist mit aktuellen mobilen Datenübertragungsstandards/-technologien (z. B. DAB, UMTS, LTE) und TPEG-Protokoll möglich.

Qualitätskenngrößen

- Qualität des Verkehrsablaufs für ein einzelnes Fahrzeug
 - Reisezeitdifferenz zwischen Haupt- und vorgeschlagener Alternativroute (S. 83 in (SACHSE, 2000), (POSCHINGER, 2000))
- Qualität des Verkehrsablaufs für das Fahrzeugkollektiv als Ganzes
 - Gesamtreisezeitdifferenz (des Fahrzeugkollektivs) zwischen Haupt- und vorgeschlagener Alternativroute (S. 83 in (SACHSE, 2000), (POSCHINGER, 2000))
 - Zeitkosten (FGSV, Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2008)
- Befolgungsgrad
 - Abiegeraten
- Prognosequalität
 - Differenz zwischen der tatsächlichen und der als Grundlage für die Steuerung prognostizierten/verwendeten Reisezeit (Ex-post Vergleich)

Qualitätsmessverfahren

In (SACHSE, 2000) wurde die Wirkung einer Netzbeeinflussungsanlage mittels eines Simulationsmodells geprüft. Hierbei wurden, unter der Annahme unterschiedlicher Befolgungsraten, die Auswirkungen der NBA auf Haupt- und Alternativroutenreisezeit analysiert, sowie auch die Auswirkungen auf die Gesamtreisezeit des Fahrzeugkollektivs. Die hierfür notwendige Abschätzung des Befolgungsgrades wurde anhand von Real-Daten einer entsprechenden, existierenden NBA bestimmt. In (POSCHINGER, 2000) wurde in ähnlicher Weise ein Simulationsmodell zur Bewertung verschiedener Steuerungsalgorithmen für NBA aufgebaut. Es wurden dabei ebenfalls die Reisezeiten auf der Haupt- und der Alternativroute, sowie die Systemreisezeit betrachtet. In (BOGENBERGER, et al., 2010) wurde ein ex ante Verfahren zur Abschätzung der Sicherheitswirkung von NBA vorgestellt. Dabei wurden zu erwartende Unfallraten auf Basis der durch die NBA vermutlich erreichbaren Verkehrsstärkeverteilungen abgeschätzt. Diese Sicherheitswir-

kung ist demnach nur ein Nebenprodukt der eigentlichen Zielsetzung von NBA, nämlich den Verkehr möglichst gleichmäßig auf die betrachtete Netzmasche zu verteilen um damit Verkehrsstörungen zu verhindern bzw. zumindest zu reduzieren. Ein ähnliches Vorgehen, allerdings zur ex-ante Abschätzung für die durch NBA vermeidbaren Zeitkosten, ist in (FGSV, Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, 2008) zu finden. Hierfür ist es notwendig, auf Basis historischer Daten unterschiedliche Störfallszenarien für den betrachteten Straßennetzausschnitt zu identifizieren, deren Häufigkeiten und den Einfluss der NBA auf diese abzuschätzen.

9.7 Zuflussregelung

Qualitätskriterien

- Qualität des Verkehrsablaufs
- Leistungsfähigkeit
- Verkehrssicherheit

Qualitätskenngrößen

- Qualität des Verkehrsablaufs im Netzwerk:
 - Gesamtreisezeit (BOGENBERGER, FUZZY RAMP METERING, 2001), (HOROWITZ, et al., 2005), (CHU, RECKER, LIU, & ZHANG, 2004), (LI & RANJITKAR, 2013)
- Qualität des Verkehrsablaufs auf der Hauptfahrbahn:
 - Durchschnittliche Reisezeit auf der Hauptfahrbahn (CHU, RECKER, LIU, & ZHANG, 2004)
 - Durchschnittliche Geschwindigkeit auf Hauptfahrbahn (während der Spitzenzeiten am Morgen und am Abend (PAPAMICHAIL, et al., 2010)
 - Reisezeitzuverlässigkeit auf der Hauptfahrbahn (PAPAMICHAIL, et al., 2010)
 - Dauer der Verkehrsstörung auf der Hauptfahrbahn (HOOGENDOORN, LANDMAN, VAN KOOTEN, SCHREUDER, & ADAMS, 2015)
- Qualität des Verkehrsablaufs auf den Rampen:

- Durchschnittliche/Gesamte Wartezeiten auf den Rampen (BOGENBERGER, 2001), (CHU, RECKER, LIU, & ZHANG, 2004)
- Maximale Wartezeit auf den Rampen (BOGENBERGER, 2001)
- (Gesamt-)Anzahl an Fahrzeugen in den Warteschlangen an den Rampen (REZAEI, ABDULHAI, & ABDELGAWAD, 2015)
- Leistungsfähigkeit:
 - Durchschnittliche Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn (während der Verkehrsspeaks am Morgen und am Abend) (PAPAMICHAIL, et al., 2010)
- Verkehrssicherheit:
 - Kosten adressierbarer aufgetretener Unfälle (BOGENBERGER, et al., 2010)

Qualitätsmessverfahren

Die Vorgehensweisen bei der Bewertung von Zuflussregelungsanlagen (ZRA) sind innerhalb wissenschaftlicher Untersuchungen ähnlich den Vorgehensweisen die auch bei der Bewertung von SBA angewendet werden (siehe Kapitel 9.4): Bewertung via Simulation oder mittels Vorher-Nachher Vergleich von real implementierten ZRA.

In (BOGENBERGER, 2001) wurden innerhalb einer Mikrosimulation unterschiedliche Algorithmen für die Steuerung von ZRA getestet und anhand der innerhalb der Simulation resultierenden Gesamtreisezeit (d. h. die Summe der Reisezeiten aller simulierter Agenten) bzw. der auftretenden durchschnittlichen und maximalen Wartezeiten an den ZRA bewertet. Ähnlich wurde beispielsweise auch (HOROWITZ, et al., 2005), (CHU, RECKER, LIU, & ZHANG, 2004), (LI & RANJITKAR, 2013) und (Rezaee, Abdulhai, & Abdelgawad, 2015) vorgegangen. Einzig die Kenngrößen anhand derer unterschiedliche Algorithmen zur Steuerung der ZRA bewertet wurden, weichen teilweise voneinander ab. So wurde in (CHU, RECKER, LIU, & ZHANG, 2004) neben der Gesamtreisezeit (im Netz) auch die durchschnittliche Reisezeit (der Agenten) entlang der Hauptfahrbahn zur Bewertung unterschiedlicher Steuerungsalgorithmen verwendet. (REZAEI, ABDULHAI, & ABDELGAWAD, 2015) verwendete nicht Wartezeiten an den Rampen für die Bewertung, sondern

betrachtete die zeitliche Entwicklung der Anzahl der Fahrzeuge innerhalb aller Warteschlangen an den Rampen.

Eine Betrachtung desselben Streckenabschnitts vor der Installation einer ZRA und danach wurde in (PAPAMICHAIL, et al., 2010) vorgenommen. Hier wurde der durchschnittliche Verkehrsfluss auf der Hauptfahrbahn während der Spitzenzeiten am Morgen und am Abend als Kenngröße betrachtet und darüber hinaus die durch verschiedene Steuerungs-algorithmen erreichte Reisezeitzuverlässigkeit der Hauptfahrbahn verwendet. In (HOOGENDOORN, LANDMAN, VAN KOOTEN, SCHREUDER, & ADAMS, 2015) wurde eine ZRA zwischenzeitlich ausgeschaltet, um den Nutzen der Anlage bewerten zu können. Die Bewertung an sich erfolgte dann primär auf Basis der zeitlichen Dauer der auftretenden Verkehrsstörungen auf der Hauptfahrbahn.

Es kann also festgehalten werden, dass stets die Qualität des Verkehrsablaufs als Qualitätskriterium verwendet wurde. Allerdings wurde teilweise zwischen einzelnen Bereichen des betrachteten Straßennetzes (die Hauptfahrbahn, die regulierten Rampen und das Straßennetz als Ganzes) unterschieden.

In (BOGENBERGER, BUSCH, GROSANIC, DINKEL, SCHIEFERSTEIN, & STADLER, 2010) wurde festgestellt, dass ZRA auch einen Sicherheitsgewinn mit sich bringen: Neben einer indirekten Reduktion von Unfällen durch das Verhindern von Verkehrsstörungen, wird durch die Zerstückelung von Fahrzeugpuls das Einfädeln auf die Hauptfahrbahn erleichtert und sicherer gemacht. Die ex-ante Abschätzung der Sicherheitswirkung wird auf Basis adressierbarer Unfälle durchgeführt. Dabei werden historische Unfalldaten ausgewertet und abgeschätzt, welche dieser Unfälle durch die geplante ZRA hätten vermieden werden können.

9.8 Verkehrsinformationen

Qualitätskriterien

WILTSCSKO definiert in seiner Dissertation die in Bild 17 dargestellten Qualitätskriterien (die er als Qualitätsmerkmale bezeichnet).

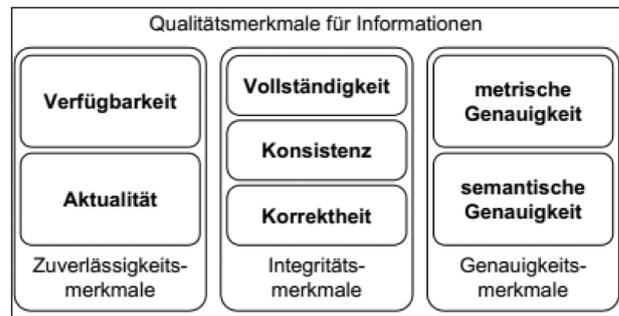


Bild 17: Qualitätskriterien für Informationen (WILTSCSKO, 2004)

Qualitätskenngrößen

Folgende quantitativen und qualitativen Qualitätskenngrößen spezifizieren die Qualitätskriterien für Verkehrsinformationen⁹ (die mit * gekennzeichneten Qualitätskenngrößen benötigen eine Referenz (Ground Truth) als Vergleichsbasis):

- Verfügbarkeit
 - räumliche Abdeckung nach Straßenkategorie
 - zeitliche Abdeckung
 - Durchdringungsrate von FCD (PALMER, REHBORN, & GRUTTADAURIA, 2011)
 - Datendichte (absolute Anzahl an Informationen innerhalb eines Raum-Zeit-Segments)
- Aktualität
 - zeitlicher Versatz zwischen Ereignis und Meldung (KIM & COIFMAN, 2014)

Korrektheit (für LOS)

- QKZ*
- QFCD*
- Subjektive Kenngrößen*
- Genauigkeit (für Geschwindigkeiten und Reisezeiten)
 - räumliche Auflösung (Segmentlänge)
 - zeitliche Auflösung (Intervalllänge)

⁹ Teilweise ist die eindeutige Zuordnung der Qualitätskenngrößen zu den Qualitätskriterien schwierig. Zum Beispiel wirken sich die der Verfügbarkeit zugeordnete Durchdringungsrate und Datendichte auch auf die Korrektheit und Genauigkeit der Informationen aus.

- Q-bench*
- SIMPE*
- TTD-Index*
- UNIETD*
- Qualitätsindikatoren für verwendete Signale (z. B. Anzahl verfügbarer GPS-Satelliten)

Im weiteren Verlauf des Projektes erfolgt im AP 2 eine vertiefte Analyse und Zusammenführung/Vereinheitlichung/Standardisierung von vorhandenen sowie ggf. Neuentwicklung von fehlenden Qualitätskenngrößen für Reisezeit- und Baustelleninformationen.

Qualitätsmessverfahren

Tabelle 4 enthält eine Übersicht der im Folgenden beschriebenen Verfahren zur Bewertung der Qualität von Verkehrslageinformationen in Abhängigkeit von den verfügbaren Meldungen (reported data) und Referenzen (ground truth data). Hier sei angemerkt, dass Reisezeiten bei bekannten Segmentlängen in mittlere Geschwindigkeiten und umgekehrt sowie Geschwindigkeiten bei bekannten LOS-Definitionen (Geschwindigkeitsschwellenwerten) in LOS umgewandelt werden können. Da LOS eine Aggregation/Klassifizierung von Geschwindigkeiten darstellen, können diese nicht in exakte Geschwindigkeiten zurückgerechnet werden.

QKZ-Verfahren

Hierbei handelt es sich um eine Methode, die gemeldete Staubereiche (TMC-/TPEG-Meldungen) mit den tatsächlich aufgetretenen Staubereichen auf Autobahnen vergleicht (BOGENBERGER, 2003). Zunächst wird hierfür die reale makroskopische Verkehrssituation auf Basis von Detektordaten rekonstruiert. Eine gängige Methode zur Verkehrslagerekonstruktion ist beispielsweise die Adaptive Smoothing Method (ASM) (TREIBER & HELBING, 2002). In einem zweiten Schritt wird dann ein Geschwindigkeitswert definiert, der beschreibt bis zu welcher Geschwindigkeit von Stau gesprochen wird.

Der Vergleich des gemeldeten Staubereichs mit dem tatsächlichen Staubereich erfolgt dann mittels

zweier Qualitätsindizes. Qualitätsindex 1 (QKZ_1), die Detektionsrate, beschreibt den Grad der Übereinstimmung zwischen Verkehrsmeldung und tatsächlichem Stauereignis und wird durch das Verhältnis der Schnittfläche (von Stau und Meldung) zur Fläche des Stauereignisses berechnet:

$$QKZ_1 = D/E$$

Qualitätsindex 2 (QKZ_2), die Fehlalarmrate, beschreibt denjenigen Anteil der Verkehrsmeldung, der nicht in Zusammenhang mit dem Stau steht, d.h. den Anteil der Meldungsfläche, der außerhalb der Staufläche liegt. Dieser Index wird durch die Subtraktion des Verhältnisses der Schnittfläche zur Meldungsfläche vom Wert 1 berechnet.

$$QKZ_2 = 1 - (D/A)$$

Beide Indizes zusammen erlauben eine solide Bewertung der Qualität von Störungsmeldungen. Einsatz findet das QKZ-Verfahren beispielsweise bei TomTom innerhalb der unternehmensinternen Qualitätssicherung.

QFCD-Verfahren

Ähnlich zur QKZ-Methode, ist auch die QFCD-Methode (BOGENBERGER & HAUSCHILD, 2009) zur Bewertung von TMC- / TPEG-Meldungen entwickelt worden. Die grundlegende Idee der QFCD-Methode ist es die reale Verkehrssituation kontinuierlich in Raum und Zeit aus Perspektive eines Fahrers zu rekonstruieren. Um dies zu erreichen dienen mittels Testfahrten erzeugte GPS-Trajektorien als Datenbasis. Anhand der realisierten Fahrzeugtrajektorien werden Verkehrsinformationen abgeleitet und analog zum QKZ-Verfahren beurteilt, d. h. es wird auf mikroskopischer Ebene die Detektionsrate und die Fehlalarmrate ermittelt: $QFCD_1 = D / E$, $QFCD_2 = 1 - (D / A)$. Die Verwendung von Testfahrten macht diesen Ansatz teuer, aber auch für das nachgeordnete Netz anwendbar.

Subjektives Verfahren

Das Subjektive Verfahren zur Bewertung der Qualität von LOS-Informationen wurde von Heinrich in 2013 auf Basis des zuvor beschriebenen QFCD-Verfahrens entwickelt. Der wesentliche Unterschied ist, dass der tatsächliche Verkehrszustand

nicht im Nachhinein anhand von FCD rekonstruiert, sondern vom Beifahrer direkt während der Fahrt

subjektiv in Form von LOS eingeschätzt wird, also direkt der relevanten Einschätzung des Endnutzers entspricht.

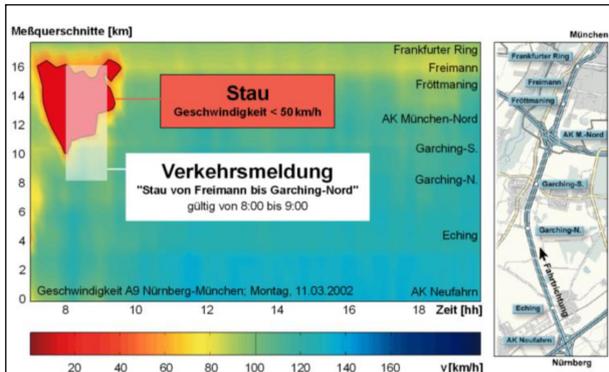


Bild 18: Überlagerung realer und gemeldeter Staubereiche innerhalb des QKZ-Verfahrens

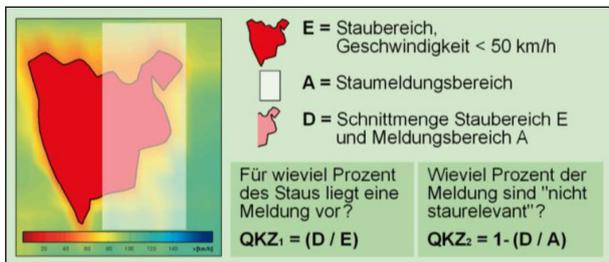


Bild 19: Ermittlung der Qualitätskenngrößen QKZ1 und QKZ2

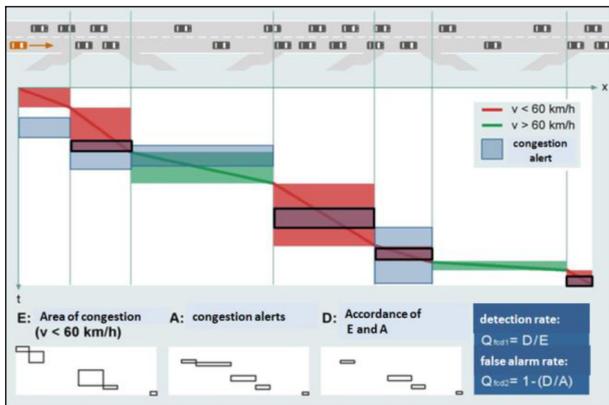


Bild 20: Ermittlung der Qualitätskenngrößen QFCD1 und QFCD2

Änderungen des tatsächlichen LOS (Bild 22) und der – bei gleichzeitiger/vergleichender Bewertung mehrerer Verkehrsinformationsdienste auf mehreren mobilen Endgeräten (Bild 21) angezeigten – gemeldeten LOS (Bild 23) werden anhand zweier verschiedener Excel-Makros von mehreren Beifahrern manuell aufgezeichnet.

Für die Berechnung der zwei Qualitätskennzahlen entsprechend einer Detektionsrate und einer Fehlalarmrate werden die subjektiven tatsächlichen LOS den gemeldeten LOS über synchronisierte Zeitstempel zugeordnet. Ein aufwendiges und fehleranfälliges Map Matching von GPS-Tracks und eine darauf basierende schwierige Rekonstruktion der tatsächlichen Verkehrslage/LOS sind somit nicht erforderlich. Die beiden Qualitätskenngrößen können in einem Fehlalarmrate-Detektionsrate-Diagramm visualisiert werden. Für eine nachträgliche Validierung werden außerdem zeitsynchronisierte Fotos (z. B. ein Foto pro Sekunde) aus der Sicht des Fahrers und die zugehörigen GPS-Koordinaten aufgezeichnet (Bild 24).

Ein generelles Problem aller Verfahren zur Bewertung der Qualität von LOS sind die unterschiedlichen und teilweise unbekanntenen Definitionen (Anzahl und Klassifizierung) der gemeldeten LOS verschiedener Verkehrsinformationsdienst. Um diese miteinander vergleichbar zu machen, wird die Detektionsrate für schwere Störungen (maximaler tatsächlicher LOS) und die Falschalarmrate für grobe Fehler (maximaler gemeldeter LOS) mit entweder

		Meldungen (reported data)		
		LOS	Geschwindigkeit	Reisezeit
Referenz (ground truth data)	FCD/GPS	QFCD	Q-bench, UNIETD	Q-bench, UNIETD
	Stationäre Detektoren	QKZ	SIMPE	TTD
	Subjektives Empfinden	Subjektives Verfahren	-	-

Tab. 4: Qualitätsmessverfahren Verkehrslageinformation (Übersicht)

einer (für strenge Bewertung) oder zwei (für weniger strenge Bewertung) Level Toleranz zwischen tatsächlichen und gemeldeten LOS berechnet.

SIMPE-Verfahren

Der Squared Inverse Mean Percentage Error (SIMPE) (HUBER, BOGENBERGER, & BERTINI, 2014) stellt eine Erweiterung der QKZ-Methode dar, nämlich von der Bewertung von Störungsmeldungen hin zur Bewertungen von Geschwindigkeiten oder Reisezeiten (Real Time Traffic Information – RTTI). Der SIMPE ermöglicht es nicht nur Staubereiche miteinander zu vergleichen, sondern ebenso die Qualität von Geschwindigkeitsinformationen zu bewerten. Die Verkehrslagerekonstruktion (VLR) wird wiederum mittels der ASM durchgeführt. Anschließend wird der resultierende Konturplot allerdings diskretisiert und somit in eine Gitter-Struktur gebracht (Bild 25). Dabei ist das Gitter zeitlich durch die Update-Rate der RTTI und räumlich durch Aufteilung des betrachteten Streckenabschnitts in Streckensegmente definiert. Diese neue Verkehrslagerekonstruktion bezieht also technische Restriktion, denen der Anbieter der RTTI unterliegt, mit ein. Diese technische Grenze der Verkehrslagerekonstruktion (TVLR) erlaubt also, reale Qualitätsdefizite von solchen zu unterscheiden, die durch technische Beschränkungen für den RTTI-Anbieter unvermeidlich sind. Die RTTI lassen sich ebenso also Gitter-Konturplot darstellen. In einem letzten Schritt werden nun die beiden Gitter-Konturplots zellweise verglichen. Bezeichnet nun v_{TVLR} den Geschwindigkeitswert der gemäß der TVLR in Zelle (i,j) vorliegt und $v_{RTTI}(i, j)$ den Geschwindigkeitswert gemäß der gemeldeten RTTI, so wird er Unterschied in Zelle (i,j) wie folgt quantifiziert:

$$SIMPE(i, j) = \left(\frac{\frac{1}{v_{TVLR}(i, j)} - \frac{1}{v_{RTTI}(i, j)}}{\frac{1}{v_{TVLR}(i, j)}} \right)^2$$

Die Bewertung des gesamten betrachteten Bereichs ergibt sich dann als die mit der Raum-Zeit-Fläche W_{ij} der Zellen gewichteten Summer der einzelnen SIMPE-Werte:

$$SIMPE = \frac{1}{\sum_{i,j} w_{i,j}} \sum_{i,j} w_{i,j} \cdot SIMPE(i, j)$$

TTD-Index Verfahren

Die Grundidee des Travel Time Difference (TTD) Index Verfahrens (HUBER & BOGENBERGER, 2013) ist es, für einen bestimmten Streckenabschnitt und ein bestimmtes Zeitintervall reale Reisezeiten, die zum Durchfahren des Streckenabschnittes notwendig sind, mit den Reisezeiten zu vergleichen, die aufgrund von RTTI resultieren würden. Unter RTTI verstehen wir hier geschwindigkeitsbasierte Verkehrsinformationen die innerhalb kurzer Update-Zyklen streckensegmentspezifisch zur Verfügung gestellt werden. Dabei wird, wie beim QKZ-Verfahren, die reale Verkehrssituation mittels der ASM rekonstruiert. Auf Basis des resultierenden Konturplots, der letztendlich eine Raum-Zeit-Geschwindigkeitsfunktion darstellt, werden dann virtuelle Fahrzeugtrajektorien errechnet (Bild 26). Die Startzeitpunkte für die einzelnen Trajektorien sind dabei so zu wählen, dass die betrachtete Raum-Zeit-Fläche vollständig und gleichmäßig überdeckt ist.

Sind dann für eine geeignete Menge an Startzeitpunkten t_1, t_2, \dots, t_N die resultierenden Trajektorien berechnet, so ergibt sich der TTD Index als das quadratische Mittel der resultierenden Reisezeitabweichungen:

$$TTD = \frac{1}{N-2} \cdot \sum_{i=2}^{N-1} \left(\frac{t_{TVLR}(t_i) - t_{RTTI}(t_i)}{t_{TVLR}(t_i)} \right)^2$$

Hierbei bezeichnet $t_{TVLR}(t_i)$ die Reisezeit für das Durchqueren des betrachteten Streckenabschnitts, die notwendig ist, wenn man zum Zeitpunkt t_i startet und die TVLR durchqueren will.

ASDA/FOTO-Reisezeitverfahren

Analog zum QKZ-Verfahren, ist auch das ASDA (Automatisierte Staudynamikanalyse) / FOTO (Forecasting of Traffic Objects)-Reisezeitverfahren (REHBORN, 2011) zur Bewertung von TMC-/TPEG-Meldungen entwickelt worden. Dabei werden Reisezeiten, die auf Basis der ausgestrahlten Meldungen abgeschätzt werden, mit solchen verglichen, die auf Basis einer Verkehrslagerekonstruktion errechnet werden, also ein ähnlicher Ansatz verfolgt wie beim TTD Index. Die Rekonstruktion der Verkehrslage erfolgt dabei allerdings mittels der Modelle ASDA und FOTO, die auf der Kerners



Bild 21: Mobile Endgeräte mit verschiedenen Verkehrsinformationsdiensten montiert an den hinteren Seitenscheiben des Testfahrzeugs.

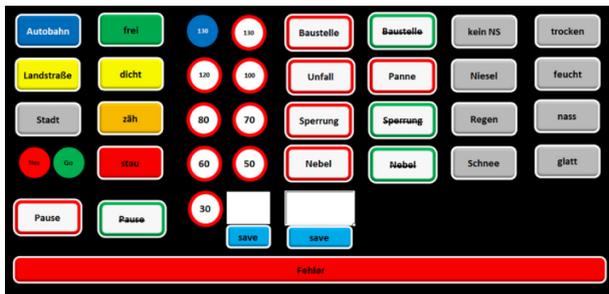


Bild 22: Bedienoberfläche des Excel-Makros zur manuellen Aufzeichnung des subjektiven tatsächlichen LOS und weiterer Informationen durch den Beifahrer (HEINRICH)

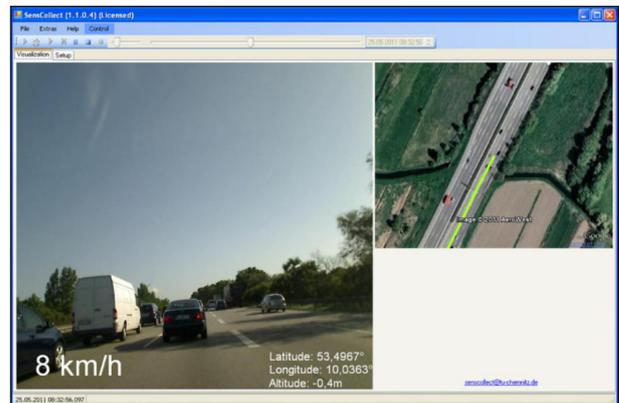


Bild 24: Zeitsynchrone Aufzeichnung von Fotos und GPS-Koordinaten (Heinrich)

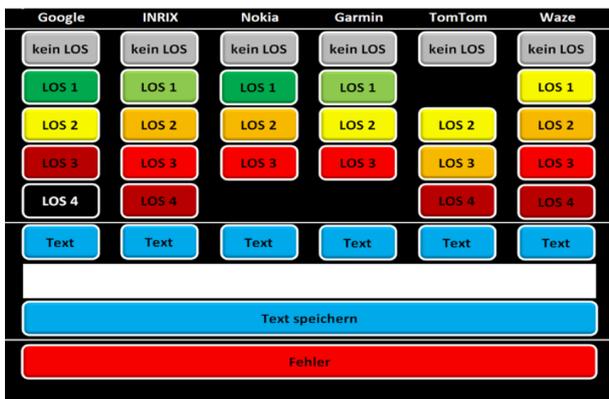


Bild 23: Bedienoberfläche des Excel-Makros zur manuellen Aufzeichnung der gemeldeten LOS durch Beifahrer (HEINRICH)

Drei-Phasen-Theorie basieren. Reisezeiten für einen konkreten Startzeitpunkt werden dann wie beim TTD Index ermittelt.

Um die Reisezeit auf Basis der TMC-/ TPEG-Meldungen abschätzen zu können, werden Durchschnittsgeschwindigkeiten für Störungsmeldungen, wie z. B. 15 km/h für stationären Verkehr, unterstellt.

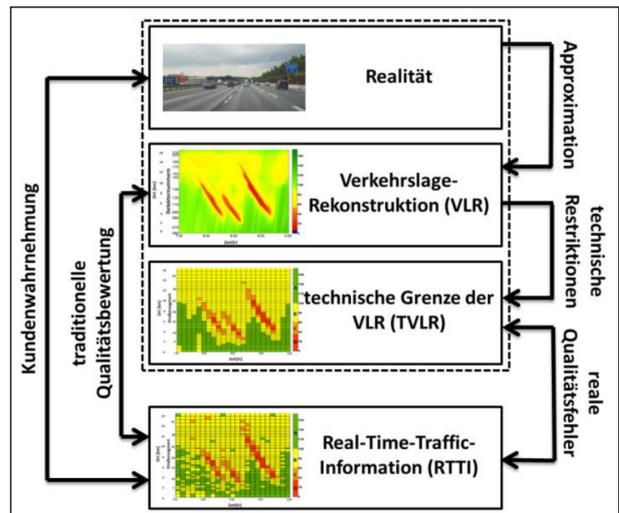


Bild 25: Konzept zur Beurteilung der Qualität von Verkehrsinformationen

Q-bench Verfahren

Das Q-bench Verfahren (Lux, 2011) wurde von der Traffic Flow Q-bench Task Force der Traveller Infor-

mation Services Association (TISA) entwickelt, um die Qualität moderner geschwindigkeits- bzw. reisezeitbasierter Verkehrsinformationssysteme objektive ermitteln und bewerten zu können.

Herkömmliche Dienste (z. B. RDS-TMC) liefern nur für betroffene Streckensegmente eine textbasierte Information, dass eine Störung (z. B. Stau oder Stockender Verkehr) vorliegt. Diese Information bleibt bis zur ihrer Aufhebung durch eine erneute Meldung gültig. Die Schwellenwerte für die gemeldeten Störungslevel sind häufig nicht bekannt und/oder nicht einheitlich definiert.

Die modernen Dienste liefern hingegen für jedes Streckensegment und Zeitintervall einen konkreten Geschwindigkeits- bzw. Reisezeitwert. Mit diesen Werten kann das Navigationssystem die Widerstände für die einzelnen Streckensegmente festlegen und die optimale Route berechnen.

Das Q-bench Verfahren basiert auf dem Vergleich der gemeldeten Reisezeiten (reported traverse times t_{rep}) mit den tatsächlichen Reisezeiten (ground truth traverse times t_{gt}). Die tatsächlichen Reisezeiten können z. B. durch Befahrungen (Floating Cars) ermittelt werden.

Wenn die tatsächliche Geschwindigkeit unter einen definierten Störungsschwellenwert fällt, wird der optimale Nutzen (ideal benefit B_{ideal}) einer richtigen Meldung (die gemeldete Reisezeit entspricht genau der tatsächlichen Reisezeit) als Reisezeitäquivalent berechnet. Der optimale Nutzen ist umso größer, je größer der Reisezeitverlust durch die Störung ist.

Der Verlust an Nutzen (loss benefit B_{loss}) durch eine falsche bzw. ungenaue Meldung wird als (skalierte) Differenz der tatsächlichen Reisezeit und der gemeldeten Reisezeit berechnet. Dabei werden tolerierte Abweichungen der gemeldeten zur tatsächlichen Geschwindigkeit berücksichtigt. Der aktuelle Nutzen (actual benefit B_{actual}) einer Meldung ergibt sich aus dem optimalen Nutzen und dem Verlust an Nutzen. Der Q-bench Wert ist das Verhältnis der Summe der aktuellen Nutzen zur Summe der idealen Nutzen. Er kann maximal 1 betragen, aber auch negative Werte annehmen.

In Bild 27 ist die Q-bench Funktion grafisch dargestellt:

- Wenn die tatsächliche Reisezeit t_{gt} und die gemeldete Reisezeit t_{rep} beide kleiner als ein Stauschwellenwert t_{cong} sind, dann ist Q-bench gleich eins (grüne rechteckige Fläche).
- Q-bench ist ebenfalls eins, wenn die gemeldete Reisezeit innerhalb eines Toleranzbereichs um die tatsächliche Reisezeit liegt (grüne Krawatte).
- Wenn die tatsächliche Reisezeit größer als der Stauschwellenwert ist und die gemeldete Reisezeit unterhalb des Toleranzbereichs liegt, dann liegt Q-bench zwischen kleiner eins und gleich null (linke blaue Fläche).
- Wenn die tatsächliche Reisezeit größer als der Stauschwellenwert ist und oberhalb des Toleranzbereichs liegt, dann liegt Q-bench zwischen kleiner eins und gegen minus unendlich (rechte blaue Fläche).

UNIETD

Das im Rahmen des CEDR Forschungsprojektes UNIETD (siehe Kapitel 4.8) von HEINRICH und CORNWELL entwickelte, noch unveröffentlichte

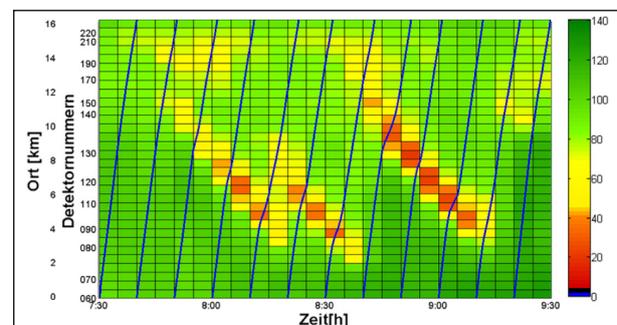


Bild 26: Virtuelle Trajektorien durch die TVLR

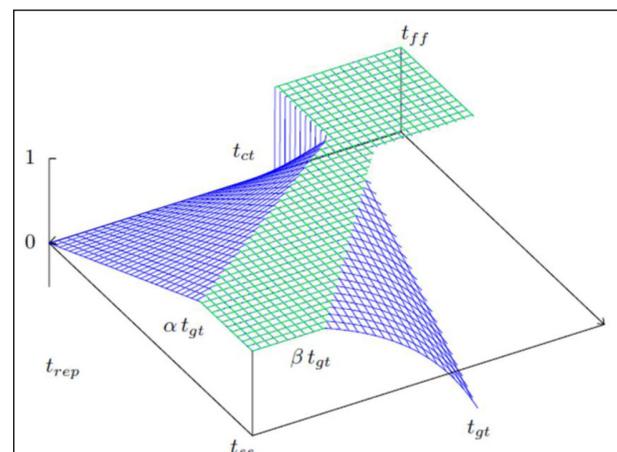


Bild 27: Grafische Darstellung der Q-bench Funktion

Verfahren zur Bewertung der Qualität von Reisezeitinformationen vereint die Vorteile des Q-bench Verfahrens für Reisezeitinformationen mit denen des QFCD-Verfahrens für LOS-Informationen.

Dazu werden in einem ersten Schritt die möglichen Kombinationen der tatsächlichen Reisezeit (ground truth travel time tt_{gt}) und der gemeldeten Reisezeit (reported travel time tt_{rep}) analog zum Q-bench Verfahren in die folgenden vier Fälle unterscheiden:

1. „Nicht relevant“ für die Bewertung der Qualität: Die tatsächliche Reisezeit UND¹⁰ die gemeldete Reisezeit sind beide kleiner oder gleich einem parametrierbaren Stauschwellenwerte (congestion threshold travel time tt_{cong}): $tt_{gt} \leq tt_{cong} \cap tt_{rep} \leq tt_{cong}$. Das heißt, dass es keinen tatsächlichen Stau gab und auch kein Stau gemeldet wurde.
2. „Relevant“ für die Bewertung der Qualität: Die tatsächliche Reisezeit ODER¹¹ die gemeldete Reisezeit sind größer als der Stauschwellenwert: $tt_{gt} > tt_{cong} \cup tt_{rep} > tt_{cong}$ UND
 - a) „Korrekt gemeldet“: die gemeldete Reisezeit liegt innerhalb eines parametrierbaren Toleranzbereichs (travel time tolerance Δtt_{tol}) um die tatsächliche Reisezeit: $tt_{gt} - \Delta tt_{tol} \leq tt_{rep} \leq tt_{gt} + \Delta tt_{tol}$
 - b) „Nicht gemeldet“: die gemeldete Reisezeit liegt unterhalb des Toleranzbereichs: $tt_{gt} > \Delta tt_{tol} + tt_{rep}$
 - c) „Falsch gemeldet“: die gemeldete Reisezeit liegt oberhalb des Toleranzbereichs: $tt_{rep} > tt_{gt} + \Delta tt_{tol}$

Die Verwendung einer Toleranz ermöglicht es zum einen, eine begrenzte Genauigkeit der tatsächlichen Reisezeit (Referenz) zu berücksichtigen und zum anderen nur größere Ungenauigkeiten der gemeldeten Reisezeit zu bestrafen.

Basierend auf den oben definierten Fällen lassen sich für Reisezeitinformationen folgende zwei normalisierten¹² Qualitätskenngrößen ähnlich einer

(Nicht-)Detektionsrate und einer Fehlalarmrate für LOS-Informationen berechnen:

- Die „Nichtmeldungsrate“ (not reported rate nrr) ist das Verhältnis der Summe über alle Segmente i und Zeitintervalle j aller nicht gemeldeten Verzögerungen im Nicht gemeldet Fall zur Summe aller relevanten tatsächlichen Verzögerungen, wobei die nicht gemeldeten Verzögerungen den Differenzen zwischen den tatsächlichen Reisezeiten und gemeldeten Reisezeiten im „Nicht gemeldet Fall“ entsprechen und die relevanten tatsächlichen Verzögerungen gleich den Differenzen zwischen den tatsächlichen Reisezeiten und den Reisezeiten bei freiem Verkehrsfluss (free flow travel time tt_{ff}) für alle die Fälle sind, in denen die tatsächliche Reisezeit größer als der Stauschwellenwert ist:

$$nrr = \frac{\sum_{ij} tt_{gt,nrc} - tt_{rep,nrc}}{\sum_{ij} tt_{gt,gt>cong} - tt_{ff}}$$

Um eine Qualitätskenngrößen ähnlich einer Detektions-/Meldungsrate (reported rate rr) zu erhalten, wird die „Nichtmeldungsrate“ von 1 subtrahiert:

$$rr = 1 - nrr = 1 - \frac{\sum_{ij} tt_{gt,nrc} - tt_{rep,nrc}}{\sum_{ij} tt_{gt,gt>cong} - tt_{ff}}$$

- Die „Falschmeldungsrate“ (false reported rate frr) ist das Verhältnis der Summe über alle Segmente i und Zeitintervalle j aller falsch (zu viel) gemeldeten Verzögerungen im „Falsch gemeldet Fall“ zur Summe aller relevanten gemeldeten Verzögerungen, wobei die falsch gemeldeten Verzögerungen den Differenzen zwischen den gemeldeten Reisezeiten und tatsächlichen Reisezeiten im „Falsch gemeldet Fall“ entsprechen und die relevanten gemeldeten Verzögerungen gleich den Differenzen zwischen den gemeldeten Reisezeiten und den Reisezeiten bei freiem Verkehrsfluss für alle die Fälle sind, in denen die gemeldete Reisezeit größer als der Stauschwellenwert ist:

$$frr = \frac{\sum_{ij} tt_{rep,frc} - tt_{gt,frc}}{\sum_{ij} tt_{rep,rep>cong} - tt_{ff}}$$

Bei der Berechnung der Qualitätskenngrößen werden tatsächliche und gemeldete Reisezeiten, die

¹⁰ Logisches UND (Schnittmenge)

¹¹ Logisches ODER (Vereinigungsmenge)

¹² Werte zwischen 0 und 1 bzw. 0 und 100 %

kleiner als die Reisezeiten bei freiem Verkehrsfluss sind (z. B. auf deutschen Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) gleich den Reisezeiten bei freiem Verkehrsfluss gesetzt.

Die neue UNIETD Methode bietet folgende Vorteile:

- Sie kann für Reisezeitinformationen verwendet werden (keine Probleme mit unterschiedlichen oder unbekanntem Definitionen von LOS)
- Sie liefert Qualitätskenngrößen, die
 - leicht verständlich und interpretierbar sind,
 - zwischen nicht gemeldet und falsch gemeldet unterscheiden,
 - eine Maßeinheit haben [1] bzw. [%] und
 - normalisiert sind
- sie hat nur zwei leicht verständliche Parameter (Stauschwellenwert und Toleranz).

Zusammenfassung und Bewertung der Verfahren

In den Tabellen 5 und 6 sind die Eigenschaften (Tab. 5) sowie die Vor- und Nachteile (Tab. 6) der zuvor beschriebenen vergleichenden Qualitätsmessverfahren für Verkehrslageinformationen übersichtlich zusammengefasst.

Ansätze zur referenzfreien Qualitätsbewertung

Es existieren in der wissenschaftlichen Literatur erste Ansätze, die sich mit einer referenzfreien Bewertung der Qualität von Verkehrsinformationen beschäftigen, d.h. bei denen die gemeldeten Informationen nicht erst mit einer Ground Truth (also etwas von dem angenommen wird, dass es der Realität entspricht) verglichen werden. Der Vorteil dabei ist offensichtlich: Keine zusätzliche und (im Idealfall) unabhängige Datenquelle ist notwendig.

In (PALMER, REHBORN, & GRUTTADAURIA, 2011) wurde auf Basis eines Verkehrssimulationsmodells untersucht wie die Qualität einer Verkehrslagerekonstruktion auf Basis von FC-Daten von der Menge der zur Verfügung stehenden FC-Daten abhängt. Es wurde dabei wie folgt vorgegangen: Zunächst wurde ein Mikrosimulationsmo-

dell, welches einen 3-spurigen Autobahnabschnitt nachbildete, implementiert. Durch das Zurückgreifen auf einen simulationsbasierten Ansatz lagen alle Fahrzeugtrajektorien vollständig vor. Anschließend wurde zufällig ein variabler Prozentsatz an Fahrzeugen als ausgestattet definiert, d. h. es wurde angenommen, dass diese Fahrzeuge in regelmäßigen Abständen ihre Position und Geschwindigkeiten übermitteln. Eine Verkehrslagerekonstruktion auf Basis dieser simulierten FC-Daten wurde ausgeführt und mit der innerhalb des Modells tatsächlichen Ground Truth verglichen. Dementsprechend wurde ein Zusammenhang zwischen Ausstattungsrate und Qualität der Verkehrsinformation erzeugt. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Simulation auch ortsfeste (Induktionsschleifen-)Detektoren simuliert, d. h. es wurde angenommen, dass man für eine Auswahl an Positionen entlang der Strecke Geschwindigkeits- und Verkehrsstärkedaten erhalten kann. Hierbei wurde die Anzahl der Detektoren und somit der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Detektoren variiert. Auf Grundlage dieser alternativen Datenquelle wurden ebenfalls Verkehrslagerekonstruktionen mittels der Modelle ASDA und FOTO (KERNER, 2009) erstellt. Dies ermöglicht die Qualität der Verkehrslagerekonstruktion auf Basis der FC-Daten der Qualität der Verkehrslagerekonstruktion auf Basis der ortsfesten Detektoren gegenüberzustellen. Somit ist eine praxisnahe Einordnung der durch eine bestimmte FC-Ausstattungsrate erzielbaren Qualität der Verkehrslagerekonstruktion möglich, da für Detektordaten große Erfahrungswerte vorliegen. Als zentrales Ergebnis dieser wissenschaftlichen Studie kann festgehalten werden, dass (zumindest für das analysierte Autobahnscenario) schon Ausstattungsraten zwischen 1 % und 1,5 % ähnliche Ergebnisse ermöglichen wie es Detektorabstände von 1 – 2 km tun. Dabei bleibt aber zu beachten, dass innerhalb der Simulation keine Datenübertragungsverzögerungen berücksichtigt wurden, allerdings konnte das Ergebnis an einem realen Beispiel (ein 35 km langer Streckenabschnitt der A5 für den Zeitraum zwischen 06:00 und 10:00, eine Richtung) mittels TomTom-FC-Daten verifiziert werden. Ein ähnliches Vorgehen kann in (NETTEN, et al., 2013) beobachtet werden, diesmal wird aber vor allem darauf eingegangen, wie das Einbinden von FC-Daten die Qualität einer auf stationären Detektordaten basierenden

Störfallerkennung verbessern kann. Als Kenngrößen zur Bewertung der Störfallerkennung wurden die zeitliche Verzögerung der Erkennung, die örtliche Genauigkeit der Stauende-Detektion und die Genauigkeit der Staulängenschätzung verwendet.

In (HERRERA, et al., 2010) wurden für eine feste Strecke (stark frequentierter, 16 Kilometer langer Autobahnabschnitt) einen Tag lang Testfahrten durchgeführt. Es konnte dabei für große Teile des Testzeitraums eine Ausstattungsrate zwischen 2 % und 3 % erzielt werden. An fixen Orten entlang der Strecke wurden Geschwindigkeitsdaten von Mobiltelefonen, die sich in den Testfahrzeugen befanden, übermittelt und dazu verwendet, die Verkehrslage zu rekonstruieren. Zur Auswertung der Qualität dieser Rekonstruktion wurden parallel mittels der Mobiltelefone auch noch die entsprechenden Fahrzeugtrajektorien aufgezeichnet, ebenso wie eine auf Induktionsschleifendetektoren basierende Verkehrslageschätzung als Referenz verwendet wurde und realisierte Reisezeiten der Testfahrer mittels Videokameras erfasst wurden. Es konnte festgehalten werden, dass die erzielte Ausstattungsrate eine Verkehrslagerekonstruktion von ausreichender Qualität ermöglichte (die Qualität war vergleichbar mit der die durch einen 1-Kilometer Detektorabstand erreicht werden konnte). In (MAZARÉ, TOSAVAINEN, BAYEN, & WORK, 2012) wurde die Arbeit aus (HERRERA, et al., 2010) fortgeführt und auf Basis desselben Datensatzes untersucht, mit welcher Genauigkeit Reisezeiten – abhängig von der Anzahl an ausgestatteten Fahrzeugen je Stunde und abhängig von der Anzahl der Positionen an denen die Mobiltelefone Daten übermitteln – rekonstruiert werden können. Dabei wurde wiederum ein Vergleich zu klassischen, detektorbasierten Reisezeitschätzungen gezogen.

In (ARGOTE, CHRISTOFA, XUAN, & SKABARDONIS, 2011) wurde der Fokus auf den städtischen Bereich gelegt. Es wurden wiederum Durchdringungsraten hinsichtlich deren Auswirkungen auf die Genauigkeit von Verkehrszustandsschätzungen analysiert. Dabei wurden unterschiedlichste Indikatoren zur Bewertung des Verkehrszustandes betrachtet: Warteschlangenlängen an Kreuzungen, Durchschnittsgeschwindigkeiten, Durchschnittsverzögerung (bezogen auf fixe Streckenlängen), durch-

schnittliche Anzahl an Stopps und die Unruhe im Beschleunigungsverhalten (= Standardabweichung der gemessenen Fahrzeugbeschleunigungen). Als Datengrundlage wurden Realdaten verwendet, sogenannte NGSIM (Next Generation Simulation) Daten. Für die Erzeugung dieser Daten wurde für kleinere Netzausschnitte über relative kurze Zeiträume der Verkehrsfluss mittels Kameras aufgezeichnet und hochaufgelöste (10 Hz) Fahrzeugtrajektorien jedes einzelnen Fahrzeugs spurgenaue erzeugt. Innerhalb von (ARGOTE, CHRISTOFA, XUAN, & SKABARDONIS, 2011) wurden nun zufällig bestimmt, welche der Fahrzeuge als ausgestattet gelten und welche nicht. Auf Basis der Daten die durch die ausgestatteten Fahrzeuge vorhanden sind, wurden dann die oben erwähnten Indikatoren geschätzt und mittels der realen Situation verglichen. Die innerhalb dieses Artikels vorgeschlagenen notwendigen Durchdringungsraten liegen für die meisten dieser Kriterien bei mindestens 50 %. Eine Ausnahme stellt dabei der Indikator Unruhe im Beschleunigungsverhalten dar, für welchen eine Rate von 10 % als ausreichend nachgewiesen wurde.

In (BREITENBERGER, GRÜBER, NEUHERZ, & KATES, 2004) wurde ein rein statistischer Ansatz zur Beurteilung des Zusammenhangs zwischen der Durchdringungsrate, des Verkehrsflusses und der zeitlichen Verzögerung bis zur Erkennung einer Verkehrsstörung erörtert. Dabei wurden Durchdringungsraten in Abhängigkeit der Verkehrsstärke berechnet, die notwendig sind, damit eine Störung nicht mit mehr als 10 Minuten Verzögerung erkannt werden kann. In (FENG, BIGAZZI, KOTHURI, & BERTINI, 2010) wurde ebenfalls ein rein theoretischer Ansatz zur Abschätzung der erzielbaren Genauigkeit bei Reisezeitschätzungen für einzelne Streckensegmente vorgestellt. Allerdings wurde hier davon ausgegangen, dass die räumlichen Abstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden ausgestatteten Fahrzeugen stets konstant sind.

Bei der zeitlichen Auflösung, d. h. wie oft die Verkehrsinformationen aktualisiert werden, unterscheidet (KIM & COIFMAN, 2014) zwischen effektiven und offiziellen Aktualisierungsraten. Um die effektiven Aktualisierungsraten zu ermitteln, vergleicht er dabei einfach wie oft sich Verkehrsinformationen für die betrachteten Streckenabschnitte tatsächlich

	QKZ	QFCD	Subjektives Verfahren	Q-bench	UNIETD	SIMPE	TTD-Index
Meldungstyp	LOS	LOS	LOS	v, tt	v, tt	v	tt
Qualitätskennwert(-e)	QKZ ₁ , QKZ ₂	QFCD ₁ , QFCD ₂	DR, FAR	Qbench	nrr, frr	SIMPE	TTD
Einheit	%	%	%	-	%	-	-
Wertebereich	0 bis 100 %	0 bis 100 %	0 bis 100 %	1 bis -∞	0 bis 100 %	>0	>0
Parameter	Geschwindigkeits-schwellenwerte für LOS	Geschwindigkeits-schwellenwerte für LOS	Geschwindigkeits-schwellenwerte für LOS	Diverse	Stauschwelle, To-leranz	-	Frequenz der virtuellen Fzg., Freifluss-geschwindigkeit
Meldungsdatenquelle	TMC/TPEG Recorder oder Dienstanbieter	TMC/TPEG Recorder oder Dienstanbieter	Mobile Endgeräte	Dienstanbieter	Dienstanbieter	Dienstanbieter	Dienstanbieter
Referenzdatenquelle	Stationäre Detektoren	FCD/GPS (Befahrungen)	Subjektiver LOS (Befahrungen)	FCD/GPS (Befahrungen)	FCD/GPS (Befahrungen)	Stationäre Detektoren	Stationäre Detektoren
Raum	nur Strecken mit ausreichender Detektion	nur wo FCD/GPS vorhanden	nur wo spezielle Befahrungen	nur wo FCD/GPS vorhanden	nur wo FCD/GPS vorhanden	nur Strecken mit ausreichender Detektion	nur Strecken mit ausreichender Detektion
Zeit	24/7	nur wenn FCD/GPS vorhanden	nur wenn spezielle Befahrungen	nur wenn FCD/GPS vorhanden	nur wenn FCD/GPS vorhanden	24/7	24/7
Map Matching von FCD/GPS	nicht erforderlich	Erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich
Verkehrsmodell	erforderlich (ASM)	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich (ASM)	erforderlich (ASM, virt. Fzg)
Technische Beschränkungen	Berücksichtigung durch Gitter möglich	berücksichtigt bei Map Matching	Berücksichtigt	berücksichtigt bei Map Matching	berücksichtigt bei Map Matching	berücksichtigt durch Gitter	berücksichtigt durch Gitter

Tab. 5: Eigenschaften von Qualitätsmessverfahren für Verkehrslageinformation

verändern, d. h. wie oft eine im Vergleich zur letzten Meldung andere Geschwindigkeit gemeldet wird. Hier wird auch erwähnt, dass der Verkehrsdatenanbieter INRIX mit den Verkehrsinformationen zusammen selbst zwei Qualitätswerte liefert, nämlich den Confidence Score, der die Werte 10, 20 und 30 annehmen kann, und den „Confidence Value“ (KIM & COIFMAN, 2014):

- Confidence Score:
 “30: High confidence, indicating that the report is based on real-time data for that specific segment.
 20: Medium confidence, indicating that the report is based on real-time data across multiple segments and/or based on a combination of expected and real-time data.
 10: Low confidence, indicating that the report is based primarily on historic data.”
- Confidence Value:
 “Reportedly, the Confidence Value is based on a comparison against historical trends.”

Der Confidence Score soll also die Aktualität der ausgestrahlten Daten beschreiben was in (KIM &

COIFMAN, 2014) zumindest kritisch gesehen wird) und der Confidence Value soll Abweichungen von historischen Werte anzeigen. Die Intention des Confidence Scores legt nahe, dass INRIX hier ein referenzfreies Bewertungssystem implementiert hat.

Messung der temporären Verzögerung von Verkehrsinformationen (KIM & COIFMAN, 2014)

Für die Quantifizierung der zeitlichen Verzögerung von Verkehrsinformationen, d.h. wieviel Zeit zwischen dem Auftreten einer Verkehrsstörung und deren Meldung vergeht, sind zunächst grundsätzlich einige relevante Aspekte anzusprechen: Verkehr entwickelt sich in Raum und Zeit. Dementsprechend werden in aller Regel an unterschiedlichen Orten unterschiedliche zeitliche Verzögerungen auftreten. Ein zweites Problem ist, dass in der Praxis häufig keine 1-zu-1-Relation zwischen realen und gemeldeten Verkehrsstörungen auftritt, d.h. es existiert nicht zwingend eine eindeutige Zuordnung einer gemeldeten Verkehrsstörung zu einer realen (zusammenhängenden) Verkehrsstörung. An genau diesem Punkt setzt (KIM & COIFMAN, 2014) an:

	QKZ	QFCD	Subjektives Verfahren	Q-bench	UNIETD	SIMPE	TTD-Index
Interpretierbarkeit der Kennwerte	+	+	+	-	+	0	0
Parameter	+	+	+	-	+	+	+
Freie Verfügbarkeit der Meldungen	0	0	+	-	-	-	-
Notwendigkeit von Befahrungen	+	0	-	-	-	+	+
Räumliche Verfügbarkeit Referenzdaten	-	0	-	0	0	-	-
Zeitliche Verfügbarkeit der Referenzdaten	+	0	-	0	0	+	+
Notwendigkeit Map Matching FCD/GPS	+	-	+	-	-	+	+
Komplexität der Rekonstruktion der Referenz	-	0	+	0	0	-	-
Berücksichtigung von technischen Beschränkungen	0	+	+	+	+	+	+

Tab. 6: Bewertung (Vor- und Nachteile) von Qualitätsmessverfahren für Verkehrslageinformation

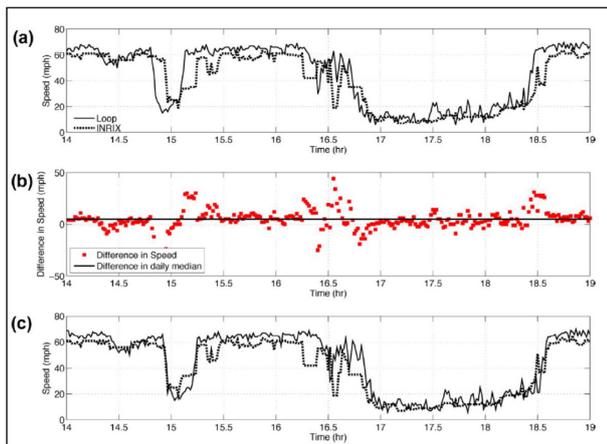


Bild 28: Ausschnitt aus (Kim & Coifman, 2014).

Hier werden Detektordaten mit ausgestrahlten Echtzeitverkehrsinformationen (Geschwindigkeitsinformationen) von INRIX verglichen.¹³ Dabei wird der durch einzelne Detektoren aufgezeichnete Geschwindigkeitsverlauf tagesweise mit den von INRIX zur Verfügung gestellten Verkehrsinformationen verglichen. Darüber hinaus ist es wichtig anzumerken, dass der Zeitpunkt, zu dem die von INRIX ausgestrahlten Informationen beim Kunden ankommen, verwendet wird und nicht wann diese Daten erzeugt wurden. Was man also zunächst erhält, sind zwei Geschwindigkeitsprofile für einen fixen Ort. Diese werden nun übereinandergelegt. In (KIM & COIFMAN, 2014) werden dabei beide Datenquellen als gleichwertig betrachtet, d. h. es wird vorerst nicht davon ausgegangen, dass die Detektordaten „besser“ sind als die INRIX-Daten. In einem nächsten Schritt werden die INRIX-Daten zeitlich (von -10 bis +10 Minuten) verschoben und für jede zeitliche Verschiebung wird die Ähnlichkeit der beiden Geschwindigkeitsprofile quantifiziert indem der sogenannte Korrelationskoeffizient (CF) berechnet wird. Anschließend wird die zeitliche Verschiebung betrachtet, die zum höchsten CF-Wert, also zur höchsten Ähnlichkeit führt. In (KIM & COIFMAN, 2014) war dies für die betrachtete Detektorposition der Fall für eine zeitliche „nach-vorne-Verschiebung“ von 7 Minuten, d. h. die INRIX-Daten waren den De-

tektordaten im Durchschnitt (gemittelt über einige Tage hinweg) am ähnlichsten, wenn diese 7 Minuten früher angekommen wären. In (KIM & COIFMAN, 2014) wurde dies als ein zeitlicher Versatz in den INRIX-Daten von mindestens (auch die Detektordaten unterliegen möglicherweise einem zeitlichen Versatz) 7 Minuten interpretiert. Wichtig ist hierbei, dass die Position des in (KIM & COIFMAN, 2014) analysierten Detektors am Ende des Streckensegments lag, für welches die untersuchten INRIX-Daten ausgestrahlt wurden. Dies impliziert (da sich Verkehrsstörungen stets stromaufwärts ausbreiten), dass eine Verkehrsstörung den Bereich, für den die analysierten INRIX-Daten gedacht waren, nicht später erreichen wird als die Position des Detektors.¹⁴ Das beschriebene Vorgehen macht eine 1-zu1-Zuordnung von Verkehrsstörungen obsolet.

Die gestrichelte Linie in Bild 28 (a) zeigt den Geschwindigkeitsverlauf gemäß der INRIX-Daten, die durchgezogene Linie den Verlauf gemäß des betrachteten Induktivschleifendetektors. Bild 28 (b) zeigt die Differenz in den Geschwindigkeitswerten und Bild 28 (c) dieselben Geschwindigkeitsverläufe, allerdings sind hierbei die INRIX-Daten um 7 Minuten nach vorne verlegt worden. Vor allem gegen 15:00 kann eine deutlich erhöhte Ähnlichkeit zwischen den beiden Kurven in Bild 28(c) festgestellt werden (im Vergleich zu Bild 28 (a)).

Im Nachfolgenden wird noch einmal kurz eine formale Beschreibung des Verfahrens gegeben:

Es seien zwei Vektoren $V^1 = (V_1^1, V_2^1, \dots, V_{1440}^1)$ und $V^2 = (V_1^2, V_2^2, \dots, V_{1440}^2)$ und gegeben, wobei V^1 die zeitliche Entwicklung der Geschwindigkeit für einen festen Ort über einen gesamten Tag hinweg gemäß der ersten Datenquelle darstellt, V^2 gemäß der zweiten. Es wird hierbei von 1-Minuten Zeitschritten ausgegangen. Dementsprechend haben beide Vektoren eine Länge von $1440 = 24 \cdot 60$, was der Anzahl der Minuten eines Tages entspricht. Für

¹³Für die Bewertung: es ist kritisch, Detektordaten mit gemeldeten Daten zu vergleichen, da sich die Detektordaten auf einen fixen Ort, die gemeldeten Daten auf einen Streckenabschnitt beziehen. Dem könnte man mit der Erzeugung eines Technischen Ground Truth (siehe Kapitel 9.8, TTD-Index Verfahren) entgegenwirken. Diese würde dann auch die Untersuchung von Nicht-Punkt-Orten ermöglichen.

¹⁴Falls die Daten zu unterschiedlich sind, könnten auch völlig sinnfreie Werte entstehen. Eine Möglichkeit, dies zu verhindern, könnte sein, einen Ähnlichkeitsschwellenwert einzuführen, ab dem den beiden verglichenen Datensätzen überhaupt eine Vergleichbarkeit zugesprochen werden kann.

einen zeitlichen Versatz $t^* \in \mathbb{Z}$ verschiebt dann die Funktion einen Vektor entsprechend:

$$T((V_1, V_2, \dots, V_{1440}), t^*) = \begin{cases} (V_{1+t^*}, V_{1+t^*+1}, \dots, V_{1440}) & \text{falls } t^* \geq 0 \\ (V_1, V_2, \dots, V_{1440+t^*}) & \text{andernfalls} \end{cases}$$

$t^* \geq 0$ bedeutet dabei, dass der Vektor zeitlich nach vorne versetzt wird, d.h. eine Information die eigentlich um $t = 5 - t^*$ ausgestrahlt wurde ist bereits um verfügbar. Der Korrelationskoeffizient CF berechnet sich wie folgt:

$$CF(V^1, V^2) = \frac{Cov(V^1, V^2)}{\sqrt{Cov(V^1, V^2) * Cov(V^1, V^2)}}$$

Wobei $Cov(.,.)$ die Kovarianz bezeichnet. Angenommen also, dass V^1 die Detektordaten bezeichnet und die INRIX-Daten, so wurde in (KIM & COIF-MAN, 2014) der Wert für eine zeitliche Verschiebung der INRIX-Daten nach vorne von t^* Minuten wie folgt berechnet:

$$CF((V^1, T(V^2, t^*))) = \frac{Cov(V^1, T(V^2, t^*))}{\sqrt{Cov(V^1, T(V^2, t^*)) * Cov(V^1, T(V^2, t^*))}}$$

Wobei hier der Vektor V^1 auf die Länge des Vektors $T(V^2, t^*)$ reduziert werden muss, d. h. $V^1 = (V_1^1, V_2^1, \dots, V_{1440}^1)$ (bzw. im Falle eines negativen Wertes t^* : $V^1 = (V_1^1, V_2^1, \dots, V_{1440}^1)$).

An dieser Stelle soll noch eine Anmerkung gemacht werden: Man könnte durchaus versuchen einen örtlichen Versatz (zu einem fixen Zeitpunkt) auf ähnliche Weise zu quantifizieren wie es in (KIM & COIF-MAN, 2014) für den zeitlichen Versatz getan wurde. Allerdings gibt es im Regelfall keinen Grund anzunehmen, dass geschwindigkeits- / reisezeit- / LOS-basierte Verkehrsmeldungen systematisch in eine Himmelsrichtung bzw. stromab- oder stromaufwärts versetzt sind. Weitere, eher technische Probleme könnten sich vermutlich auch durch die stets vorhandene, typischerweise ungleichmäßige räumliche Diskretisierung von Verkehrsinformationen ergeben (gemäß der TMC Location Code List kann es sich dabei um mehrere Kilometer lange Streckenabschnitte handeln).

Baustelleninformationen

Zu Baustelleninformationen finden sich in der Wissenschaft keine definierten Verfahren, Kriterien oder Kenngrößen.

Die Information über Baustellen liegt in der Zuständigkeit des jeweiligen Baulastträgers. Baustelleninformationen werden in erster Linie über Baustellenmanagement- oder Verwaltungssysteme generiert, deren Fokus auf der Planung und Verwaltung von Baustellen liegt. Es werden in einem Baustellenmanagementsystem in der Regel alle relevanten Daten der Baustelle erfasst, kontinuierlich aktualisiert und bei Bedarf eine Analyse der verkehrlichen Auswirkungen zur Optimierung der Baustellenplanung durchgeführt. Die Information sowie deren Inhalt, Qualität und korrekte Weitergabe stehen hierbei noch im Hintergrund.

Bedingt durch die dezentralen Verwaltungsstrukturen im Bundesfernstraßennetz sowie die Aufteilung auf verschiedene Baulastträger werden Baustellen von einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Stellen geplant und durchgeführt. Den meisten Baulastträgern steht vermutlich kein Baustellenmanagementsystem zur Verfügung. Baustellendaten werden dann in der Regel über eine Verwaltungssoftware oder einfache Datenbanken gepflegt, die neben der geografischen Lage und dem Zeitraum eine textuelle Beschreibung sowie – falls vorhanden – eine Umleitungsrouten erfasst.

Im Rahmen des Forschungsprojektes UR:BAN wurde im Teilprojekt Kooperative Infrastruktur (KI) ein Baustelleninformationssystem (BIS) prototypisch umgesetzt. Die grundlegende Idee hinter dem BIS ist, dass ein Operator geplante Baustellen mit entsprechenden Attributen in das System einpflegen kann und die potentielle Auswirkung dieser Baustelle automatisch im BIS ermittelt wird. Die eingepflegten Baustellen bleiben mit dem Status geplant versehen bis diese durch eine Verifizierungsmeldung, welche basierend auf Floating Car Daten von TomTom erzeugt wurde, bestätigt werden. Erst dann erhält die Baustelle den Status aktiv. Auf gleichem Wege wird die Baustelle wieder deaktiviert.

Die Verifikation einer Baustelle und die Ermittlung der verkehrlichen Auswirkung einer Baustelle ist Bestandteil des online Baustellenauswirkungsmoduls (oBAM). Unter der Verifikation einer Baustelle ist der Prozess zu verstehen, welcher es ermöglicht abzuschätzen, ob die Bauarbeiten an einer geplanten Baustelle schon aufgenommen wurden und /

oder ob die Bauarbeiten schon abgeschlossen wurden. Grundlegend für diesen Verifikationsprozess ist die Annahme, dass Baustellen eine negative Auswirkung auf den Verkehrsfluss haben. Es kann zu Geschwindigkeitseinbrüchen vor und im Bereich der Baustelle kommen. Wird ein Geschwindigkeitseinbruch im Bereich einer Baustelle erkannt, so kann davon ausgegangen werden, dass mit der Baumaßnahme begonnen wurde und die Baustelle den Status aktiv erhält. Werden normale Geschwindigkeitswerte erfasst, ist anzunehmen, dass die Baumaßnahme entweder noch nicht begonnen hat, oder schon abgeschlossen wurde. Die Ermittlung der verkehrlichen Auswirkung einer Baustelle ist somit ein entscheidender Bestandteil des Verifikationsprozesses.

Die Verifikation der Baustelle erfolgt innerhalb des BIS auf Basis von Geschwindigkeitsprofilen, die von TomTom bereitgestellt werden. Sobald eine geplante Baustelle in das BIS eingepflegt worden ist, ist die Baustelle im Verifikationsprozess mit zu berücksichtigen. TomTom stellt die benötigten LIVE-Geschwindigkeitsprofile via MDM zu Verfügung.

Sind die Baustellendaten abgerufen worden und die Echtzeit-, als auch die historischen Informationen (unter historischen Archiv ist die Speicherung der abgerufen TomTom-Daten zu verstehen) verfügbar, sind die relevanten Bereiche, in denen eine Baustelle geplant ist, nach Ort und Zeit aus den Geschwindigkeitsprofilen herauszufiltern und abzugleichen.

Im Anschluss erfolgt die Analyse des Geschwindigkeitsprofils. Lassen sich Abweichungen vom Normalzustand erkennen, spricht ein Geschwindigkeitseinbruch, kann davon ausgegangen werden, dass mit den Bauarbeiten begonnen wurde. Die Baustelle wird dann aktiv gesetzt.

Die Baustelle kann nur aktiviert werden, wenn ihr Einfluss verkehrsrelevant ist, d.h. nur bei einer entsprechenden Verkehrsbelastung oder Größe der Baumaßnahme ist dies der Fall. Das Ziel dieser online Baustellenauswirkungsermittlung (oBAM) ist zum einen den Beginn und das Ende der Bauarbeiten zuerkennen – dies ist hauptsächlich für den Operator von Interesse – und zum anderen den Be-

ginn und das Ende des verkehrlichen Einflusses zu erkennen – vor allem für den Service Provider von Interesse.

Das Ergebnis des oBAM-Prozesses ist somit

- der Status der Baustelle, d. h. ob schon mit dem Bau begonnen wurde (aktiv) oder ob die Bauarbeiten noch nicht aufgenommen oder schon abgeschlossen wurden (passiv) und
- das Attribut der Baustelle, d. h. ob diese, wenn sie aktiv ist eine verkehrliche Auswirkung aufweist (ja/nein).

Diese Ergebnisse werden an den MDM übermittelt. Ist der Planungszeitraum der Baustelle, wie er vom Operator eingegeben wurde überschritten, wird die Baustelle vom MDM genommen bzw. keine neuen Informationen über diese Baustelle an den MDM gesendet.

Das BIS wurde zu Testzwecken in den Städten Düsseldorf und Kassel implementiert (OFFERMANN, 2016).

10 Qualitätsmonitoringsysteme

In den folgenden Kapiteln werden am Markt verfügbare Softwarewerkzeuge zur Überwachung (Monitoring) der Qualität von IVS beschrieben. Diese Systeme berechnen und visualisieren die zuvor beschriebenen Qualitätskenngrößen.

10.1 LOTRAN-DQ

Die TRANSVER GmbH hat bereits im Jahr 2004 in enger Zusammenarbeit mit der Autobahndirektion Südbayern das Softwarewerkzeug LOTRAN-DQ (Local Traffic Analyzer for Data Quality) zur Qualitätssicherung von Verkehrsdetektoren/-daten entwickelt. Ein Server berechnet in einstellbaren Intervallen mehr als 30 Datenqualitätsindikatoren je Detektor bzw. Messquerschnitt (u. a. auch Plausibilitätsprüfungen nach MARZ/FGSV AK 3.5.20 und Bilanzierung der Fahrzeugmengen zwischen benachbarten

Messquerschnitten unter Berücksichtigung von Ein- und Ausfahrten) und schreibt diese in eine Datenbank. Von dort aus können die Indikatoren mittels der Bedienoberfläche von mehreren Clients aus abgerufen und in Form von Tabellen und Diagrammen sehr übersichtlich visualisiert und analysiert werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes QUATRA wurden neue statistische Verfahren zur Überprüfung der Qualität von Verkehrsdaten entwickelt und in LOTRAN-DQ implementiert. Im Rahmen von Workshops mit mehreren Autobahnverwaltungen/-betreibern wurden zahlreiche Ideen für Verbesserungen und Erweiterungen (vor allem hinsichtlich der Bedienoberfläche) gesammelt.

10.2 PTV TrafficCountManagement

Das Softwarewerkzeug PTV TrafficCountManagement (TCM) ermöglicht es, Zähl- und Planungsdaten für Planungszwecke aus unterschiedlichen Quellen zu importieren, zu bearbeiten und zu analysieren. Die Zähl- und Planungsdaten werden beim Import automatisch auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft und bei erkannten Fehlern farblich markiert.

Konkrete Angaben zu den implementierten Plausibilitätsprüfungen werden nicht gemacht.

10.3 pwpTM-A

Das pwpTM-A ist ein Softwarewerkzeug für Analysen von Verkehrsdaten, für Qualitätsmonitoring und zur Wirkungsermittlung von Maßnahmen des Verkehrsmanagements. Es kann zu folgenden Zwecken eingesetzt werden:

- Kontinuierliches Qualitätsmonitoring verkehrlicher Kenngrößen,
- Wirkungsermittlung von Steuerungsstrategien bzw. verkehrlichen Maßnahmen und
- Ganglinienermittlung basierend auf historischen Verkehrslageinformationen.

Der Leistungsumfang umfasst, basierend auf aktuellen, strecken- und richtungsbezogenen Ver-

kehrslageinformationen im motorisierten Individualverkehr, die Analyse zahlreicher verkehrlicher Kenngrößen bzw. Qualitätskriterien sowie deren Bewertung in Qualitätsstufen (Level-of-Service). Das Produkt setzt direkt auf die Traffic Plattform der PTV AG auf, kann aber auch für andere Datenquellen genutzt werden. [<http://www.pwp-systems.de/>]

Konkrete Angaben zu den implementierten Verfahren und Kriterien zur Bewertung der Qualität der Verkehrsdaten werden nicht gemacht.

10.4 TRANSAID

Das von der TRANSVER GmbH in enger Zusammenarbeit mit der Autobahndirektion Südbayern entwickelte Softwarewerkzeug TRANSAID ist ein Ingenieursarbeitsplatz für die komplexe Analyse, Bewertung und (Parameter-)Optimierung von Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) mittels zahlreicher Qualitätskriterien (u. a. Detektionsrate, Fehlalarmrate, Zielfunktion, Akzeptanz) und Visualisierungen (Contourplots, Ganglinien, Fundamentaldigramme, Verfahrensalarme, Anzeigen, Qualitätskriterien). TRANSAID wurde von der Autobahndirektion Südbayern und der TRANSVER GmbH zur Bewertung und Optimierung der Qualität zahlreicher SBA eingesetzt (u. a. SBA A2 Hannover, SBA A3 Würzburg, SBA A8 Ost München, SBA A9 München, SBA B27 Stuttgart).

10.5 LOTRAN-Info

Das von der TRANSVER GmbH entwickelte Softwarewerkzeug LOTRAN-Info ermöglicht die Berechnung und Visualisierung der Qualitätskennzahlen QKZ und QFCD zur Bewertung der Qualität von LOS-basierten Verkehrsmeldungen. Diese Verfahren basieren auf dem Vergleich der Meldungen mit der aus Messdaten stationärer Detektoren (QKZ) oder fahrzeuggenerierten Daten (QFCD) Referenzverkehrslage.

Das Softwarewerkzeug wurde im Rahmen zahlreicher Projekte zur Auswahl und laufenden Qualitätssicherung von Verkehrsinformationsdiensten ver-



Bild 29: LOTRAN-DQ Benutzeroberfläche

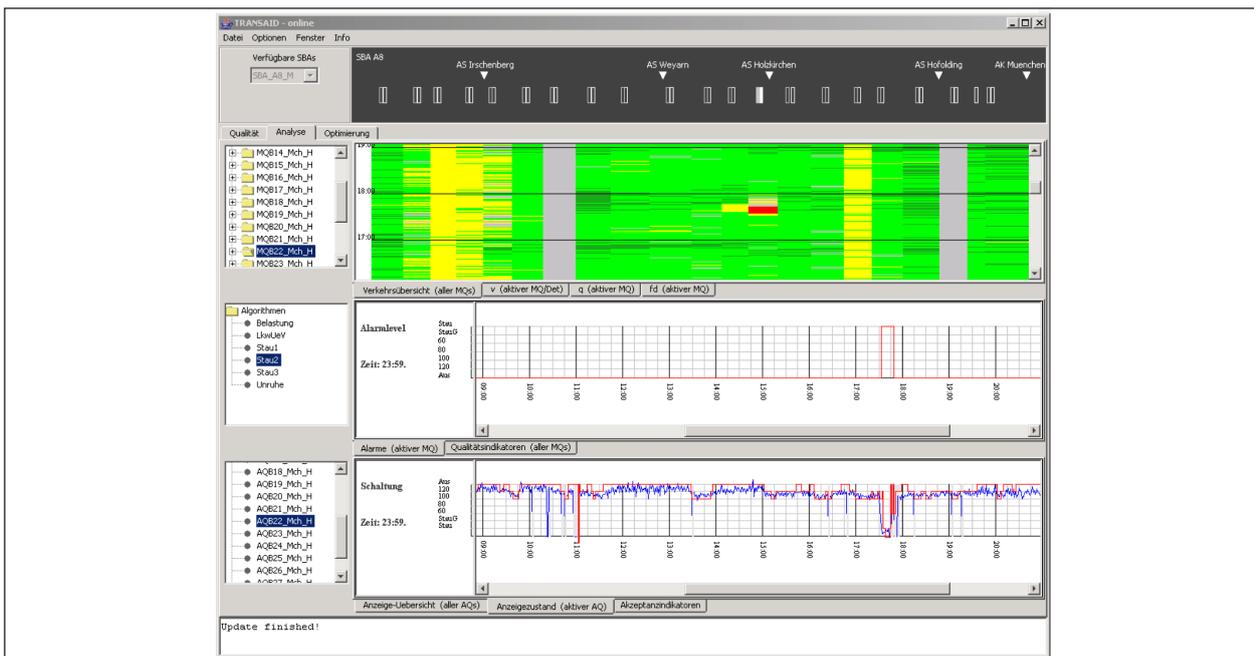


Bild 30: TRANSAID Benutzeroberfläche

wendet (u. a. QUSA, QItalia und CONSYST für BMW; TMCplus für ASFiNAG/Ö3).

10.6 UNIETD-Toolkit

Bisher sind die verschiedenen Verfahren zur Bewertung der Qualität von Verkehrsinformationen (siehe Kapitel 9.8) in verschiedenen Softwarewerkzeugen implementiert. Jede Implementierung ist

verfahrensspezifisch – vom Datenimport über die Datenverarbeitung bis hin zur Ausgabe der Ergebnisse / Qualitätskennwerte (Bild 32) – und somit unflexibel hinsichtlich der Verwendung von verschiedenen Arten von Meldungs- und Referenzdaten (Tabelle 4).

Im Rahmen des CEDR Forschungsprojektes UNIETD (siehe Kapitel 4.8) wurde ein flexibles Soft-

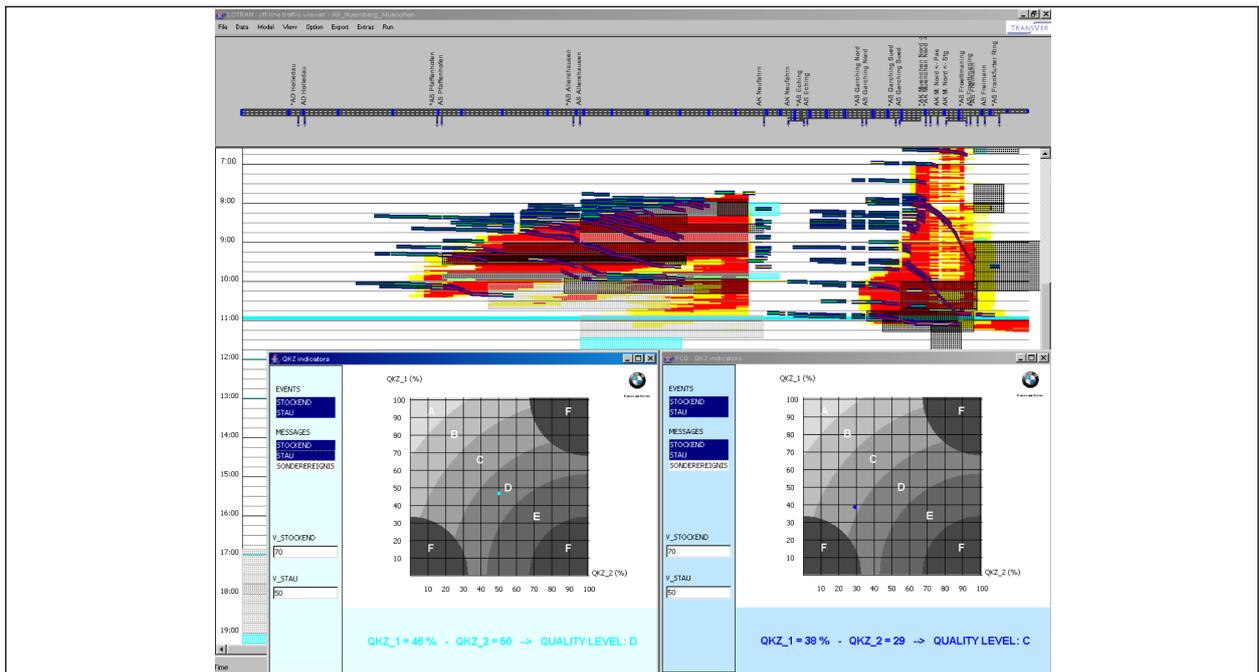


Bild 31: LOTRAN-Info Benutzeroberfläche

warewerkzeug (Tool-Kit) funktional spezifiziert, das alle vorhandenen Verfahren beinhaltet und durch die Trennung der Prozesse Datenimport, Map Matching, Verkehrslagerekonstruktion, Datenumwandlung, Berechnung der Kenngrößen und Ausgabe der Ergebnisse ermöglicht, alle mit den verfügbaren Meldungs- und Referenzdaten ermittelbaren Qualitätskenngrößen zu berechnen (Bild 32 und Bild 33).

Das Tool-Kit wurde prototypisch implementiert und in Deutschland, Österreich und den Niederlanden testweise zur Bewertung der Qualität von Verkehrsinformationen mehrerer privater Dienstanbieter eingesetzt.

10.7 Traffic-IQ

Im Rahmen des Forschungsprojektes Traffic IQ wurde ein mehrstufiges System von Qualitätsmonitoren zur einheitlichen Bewertung und Nutzung qualitätsbezogener Kennwerte entwickelt, das sowohl die Betreiber in ihren Aufgaben unterstützt als auch den Anforderungen an die Dokumentation der Datenqualität für Abnehmer der Daten Rechnung trägt. Die Monitore setzen Prüfverfahren um, welche im Rahmen von Traffic IQ spezifiziert, implementiert und nach erfolgreicher Validierung auch offengelegt wurden. Diese Prüfverfahren erzeugen

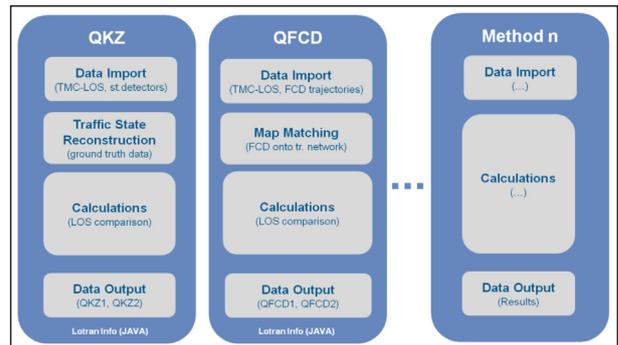


Bild 32: Bisherige Situation: mehrere Implementierungen einzelner Verfahren

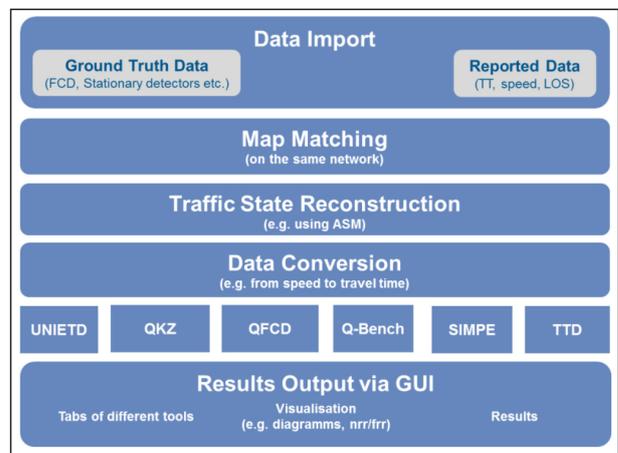


Bild 33: UNIETD Toolkit: Integration mehrerer Verfahren

Qualitätskenngrößen für die einzelnen Produktklassen der verkehrsbezogenen Daten.

Zur Visualisierung der Qualitätskenngrößen wurde ein prototypischer Systemmonitor entwickelt. Dieser zeigt die Ausprägung der normierten Kenngrößenwerte in Ampelfarben in einer hierarchischen Baumstruktur und einer Karte an. Außerdem wird der zeitliche Verlauf der Kenngrößenwerte als Ganglinie dargestellt.

10.8 CONSYST

Der von der TRANSVER GmbH entwickelte CONSYST Dienst bietet je nach Datenlage und Kundenwünschen zahlreiche automatisierte Auswertungen für Qualitätsmanagement, Verkehrsplanung etc. Mögliche Auswertungen sind:

- Qualität von Verkehrsdaten (TLS FG1),
- Qualität von Verkehrsmeldungen (QKZ, QFCD),
- Contourplots (Verkehrslagebilder, LOS),
- Stauberichte,
- Fahrtzeitverluste (zwischen MQ [Kfz*h]),
- Reisezzeitganglinien und
- Abbiegeraten.

Die täglichen Auswertungen können mithilfe des CONSYST Viewers visualisiert werden. Außerdem können automatisch Monatsberichte generiert werden. Der CONSYST Dienst wird derzeit von der ZVM Bayern und der ASFINAG genutzt.

AP 2 QM-Verfahren

1 Einleitung

Nachdem im Arbeitspaket (AP) 1 der Stand der Wissenschaft und Technik hinsichtlich des Qualitätsmanagements (QM) von Daten für Intelligente Verkehrssysteme (IVS) aus den Bereichen Verkehrsmanagement und Verkehrsinformation ausführlich beschrieben wurde, werden im AP 2 Qualitätskriterien und untergeordnete Qualitätsindikatoren (Sub-Kriterien) sowie Qualitätskennzahlen und Verfahren zu deren Messung für die beiden IVS-Dienste Baustelleninformation und Reisezeitinformation definiert. Diese sollen eine möglichst einfache, objektive und weitestgehend referenzfreie Bewertung

der Qualität der IVS-Dienste und zugehörigen Prozesse ermöglichen. Die Verfahren können z. B. zur systematischen Identifikation von Qualitätsmängeln und deren Ursachen und somit zur Verbesserung der Qualität eines IVS-Dienstes oder zum Vergleich der Qualität mehrerer IVS-Dienste aus demselben Bereich eingesetzt werden.

2 Qualitätskriterien

Als Ausgangsbasis werden folgende Qualitätskriterien für Informationen nach Wiltshko (WILTSHKO, 2004) verwendet¹⁵:

- Verfügbarkeit,
- Aktualität,
- Vollständigkeit,
- Konsistenz,
- Korrektheit und
- Genauigkeit.

2.1 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit gibt an, ob eine Information spätestens zu einem definierten Zeitpunkt (→ rechtzeitig, Zusammenhang mit Aktualität) oder für ein Zeitintervall für einen bestimmten Ort vorhanden ist. Dabei wird zwischen den Qualitätsindikatoren generelle Verfügbarkeit (ex-ante, z. B. ist an dem Ort überhaupt eine Erfassung der Information möglich?) und der tatsächlichen Verfügbarkeit (ex-post, z. B. wurde die Information für den Ort dem Endnutzer des Dienstes tatsächlich dargestellt?) unterschieden. Bei dem Ort kann es sich z. B. um ein Bundesland (z. B. Bayern), eine Straßenkategorie (z. B. Autobahn), eine bestimmte Straße (z. B. BAB A9) oder ein Streckensegment (z. B. TMC-Location) handeln.

¹⁵Die gleichen Qualitätskriterien werden im FGSV AK 3.2.10 „QM VBA“ und im parallel laufenden FE 03.0464/2010/IGB „Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen“ verwendet. Ein Vergleich mit den in der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962 verwendeten Qualitätsbegriffen erfolgt in Kapitel 2.9.

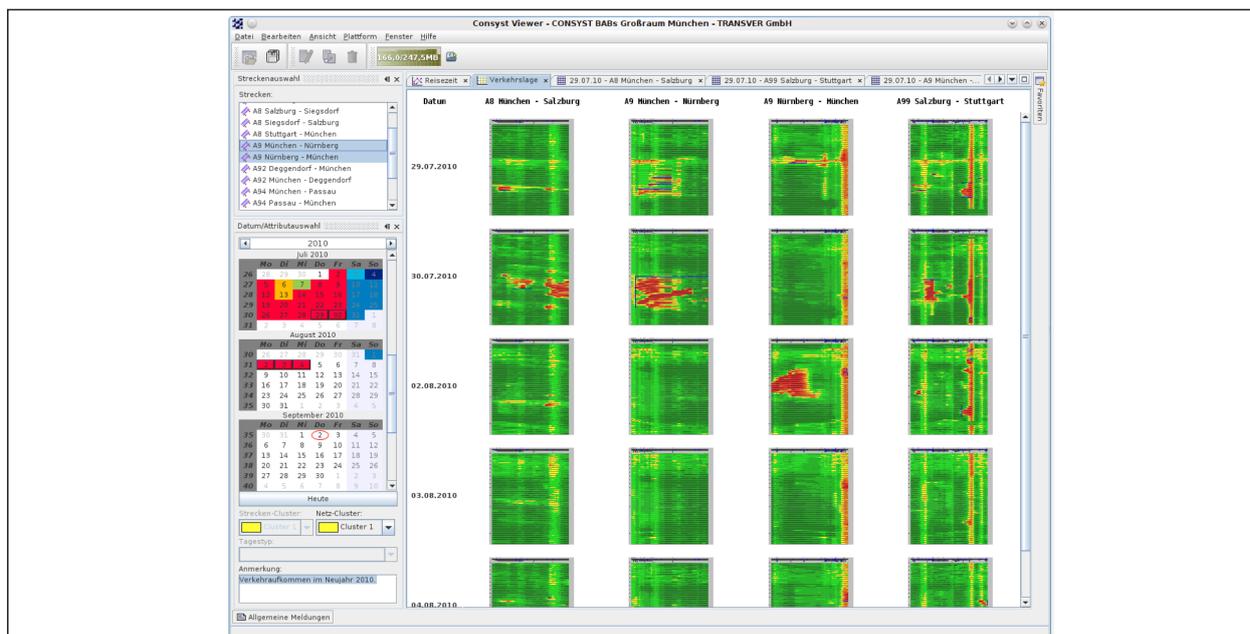


Bild 34: CONSYST Viewer Benutzeroberfläche

2.2 Aktualität

Die Aktualität gibt an, ob eine Information rechtzeitig vorhanden ist, so dass der Nutzer noch reagieren kann. Die Definition von rechtzeitig hängt vom IVS-Dienst und der Anwendung ab. Bei einer Baustelleninformation muss der Endnutzer (z. B. Fahrer oder automatisiertes Fahrzeug) die Information erhalten, bevor er den Ort der Baustelle erreicht.¹⁶ Bei einer Reisezeitinformation sollte der Endnutzer (z. B. Fahrer oder dynamisches Navigationssystem) die Information nach Möglichkeit erhalten, solange er noch Alternativen hat (z. B. vor der letzten nicht überstauten Abfahrt bei Vollsperrung einer Autobahn). Bei zufälligen, nicht geplanten Ereignissen, wie z. B. Unfällen, kann die Information aber frühestens beim Eintreten des Ereignisses erfasst werden.

2.3 Vollständigkeit

Die Vollständigkeit gibt an, ob alle zur Beschreibung der Realität erforderlichen Elemente einer Information vorhanden sind. Hier muss zwischen der Not-

wendigkeit der einzelnen Elemente unterschieden werden (z. B. ist der Zeitstempel der letzten Aktualisierung der Information zwingend notwendig, während auf die Geschwindigkeitsbeschränkung im Baustellenbereich ggf. auch verzichtet werden könnte).

2.4 Konsistenz

Die Konsistenz gibt an, ob die Information mit dem Informationsmodell übereinstimmt. Als Informationsmodell dient hier DATEX II mit Erweiterungen (Level B) für Baustelleninformationen (FREUDENSTEIN, 2012).

Die Konsistenz beinhaltet sowohl die Konsistenz des Dokumentes, welches die Information enthält, als auch die Konsistenz des Inhalts (der Information selbst).

Ein XML-Dokument ist konsistent, wenn es alle XML-Regeln einhält (well-formed) und der – z. B. durch ein XML-Schema – definierten Grammatik entspricht (valid) (Wikipedia, 2015).

Die Konsistenz des Inhalts beinhaltet den Datentyp (z. B. String, Integer, Timestamp), das Format (z. B. yyyy-mm-dd hh:mm:ss.ms+hh:00), die Einheit (z. B. m, km/h) und den Wertebereich (z. B. zulässige vor-

¹⁶ Es wird angenommen, dass durch die Baustelle ggf. verursachte Reisezeitverluste durch separate Reisezeitinformationen abgedeckt werden. Durch Baustellen verursachte Vollsperrungen sollten hingegen bereits bei der Reiseplanung/Routenberechnung bekannt sein.

definierte Strings). Auch hier muss wieder zwischen der Notwendigkeit der einzelnen Elemente unterschieden werden.

2.5 Korrektheit

Die Korrektheit gibt an, ob die Information mit der Realität übereinstimmt. Dies beinhaltet sowohl referenzfreie als auch referenzierende Prüfungen. Referenzfrei kann z. B. die Plausibilität der Information geprüft werden (z. B. die Reisezeit darf einen durch eine maximale Geschwindigkeit und die Streckenlänge definierten Schwellenwert nicht unterschreiten, der Startzeitpunkt muss vor dem Endzeitpunkt einer Baustelle liegen). Wenn eine Referenz („Ground Truth“) vorliegt, kann auch geprüft werden, ob eine plausible Information korrekt ist oder nicht und ob ein reales Ereignis (z. B. eine Baustelle oder ein Stau) gemeldet wurde oder nicht (binäre Klassifikatoren).

2.6 Genauigkeit

Die Genauigkeit gibt die Abweichung zwischen der Information und der Realität an. Für die Ermittlung der Genauigkeit ist somit immer eine Referenz erforderlich (z. B. die Abweichung zwischen der gemeldeten und der tatsächlichen Reisezeit oder zwischen der gemeldeten und tatsächlichen Lage/Kilometrierung einer Baustelle).

2.7 Gegenseitige Abhängigkeiten der Qualitätskriterien

Des Weiteren wird hier definiert, dass alle zu bewertenden Informationen (z. B. Reisezeiten für alle Elemente einer Weg-Zeit-Matrix bzw. Streckensegment-Zeitintervall-Matrix), die – ohne Berücksichtigung der Aktualität – ein Kriterium erfüllen, auch die zuvor gelisteten Kriterien erfüllen, also eine Teilmenge sind. D. h., eine Information kann nur dann genau sein, wenn sie auch korrekt, konsistent, vollständig und verfügbar ist. Eine Ausnahme bildet hier die Aktualität. So kann eine Information z. B. vollständig aber nicht mehr aktuell sein, da sie den Endnutzer zu spät erreicht hat.

Diese Definition hilft den Aufwand für die Bewertung der Qualität von IVS-Diensten zu minimieren. Wenn z. B. eine Information nicht vollständig ist bzw. ein Wert mindestens einer zugehörigen Qualitätskennzahl unter dem festgelegten Schwellenwert liegt, müssen die Qualitätskennzahlen zu den nachfolgend gelisteten Qualitätskriterien Konsistenz, Korrektheit und Genauigkeit gar nicht mehr ermittelt werden. Dies ist insbesondere dahingehend von Vorteil, da die Genauigkeit, welche i. d. R. aufwendigere referenzierende Verfahren zur Ermittlung der zugehörigen Qualitätskenngrößen erfordert, am Ende der Liste steht. Bei Anwendung dieser Vorgehensweise kann die Qualität eines IVS-Dienstes sukzessive – Qualitätskriterium für Qualitätskriterium – bewertet und verbessert werden.

2.8 Qualitätskriterien und Prozesse

Eine weitere Reduzierung des Aufwands ist dadurch möglich, dass beim Aufbau eines IVS-Dienstes die Qualitätskriterien sukzessive für die einzelnen aufeinander aufbauenden Prozesse beginnend bei der Erfassung, über die Verarbeitung und Übertragung bis letztendlich zur Darstellung angewandt werden. D. h., erst wenn die Qualität der Erfassung den festgelegten Qualitätsanforderungen entspricht, kann auch die Qualität der nachfolgenden Prozesse und des gesamten IVS-Dienstes den Qualitätsanforderungen entsprechen.

Damit können Qualitätsprobleme sukzessive für die Qualitätskriterien Verfügbarkeit bis Genauigkeit und die Prozesse Erfassung bis Darstellung identifiziert und (nacheinander) behoben werden.

2.9 Vergleich der definierten Qualitätskriterien mit den Qualitätsbegriffen der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962

Für den Prozess zur Bereitstellung von Echtzeitverkehrsinformationen nennt die Delegierte Verordnung (EU) 2015/962 zunächst keine Qualitätskriterien im wörtlichen Sinne, sondern führt eine Liste von Begriffen auf, die als wünschenswert bzw. erforderlich angesehen werden:

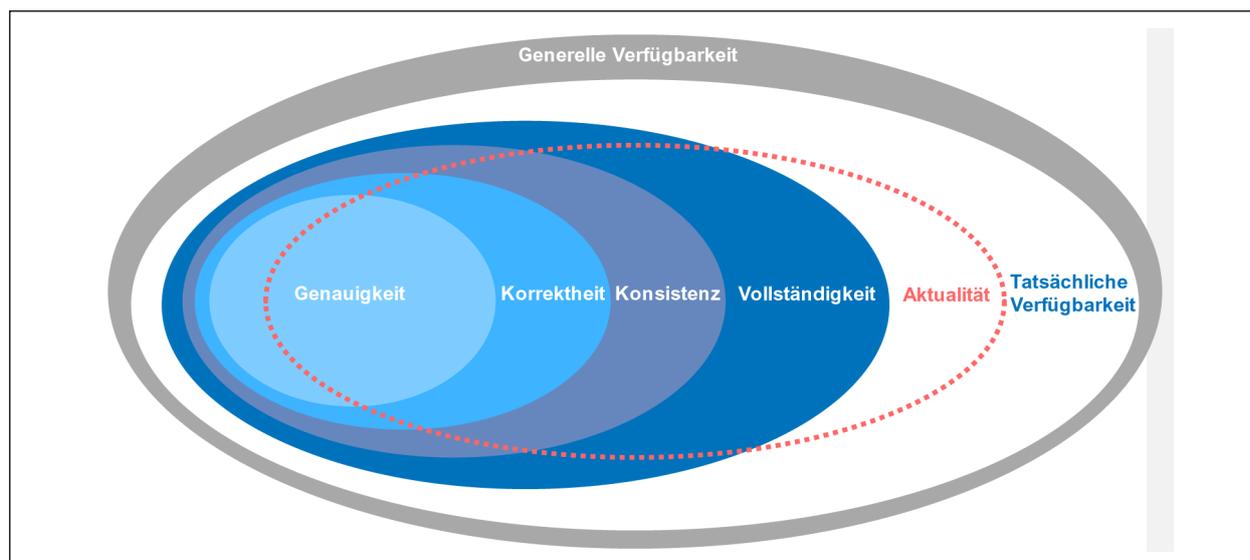


Bild 35: Mengendarstellung der Qualitätskriterien

- Kompatibilität
- Interoperabilität
- Kontinuität
- Zugänglichkeit
- Anonymität
- Datenqualität gemessen mittels Qualitätsindikatoren
 - Vollständigkeit
 - Genauigkeit
 - Aktualität

Dabei werden diese Begriffe im Regelfall nicht näher definiert. Die mit dem Begriff Qualitätsindikatoren bezeichneten Terme (Vollständigkeit, Genauigkeit, Aktualität) werden nur als Beispiele genannt, um die beschriebene Konzepte zu illustrieren. Dementsprechend ist die Liste potenzieller Qualitätsindikatoren nicht auf diese drei Ausdrücke beschränkt. Es ist anzumerken, dass die in der Delegierten Verordnung bezeichneten Qualitätsindikatoren am ehesten den hier definierten Qualitätskriterien entsprechen. Auch diesen Begriffen sind nicht weiter definiert.

Trotz der fehlenden präzisen Begriffsdefinitionen wird in Bild 36 versucht, die in der Delegierten Verordnung verwendeten Qualitätsbegriffe den zuvor definierten Qualitätskriterien zuzuordnen. Dies ist

nicht immer möglich. So wird in der Verordnung explizit gefordert, dass „... die Anonymität der von den Endnutzern oder ihren Fahrzeugen übermittelten Daten zu gewährleisten.“ Hierbei stellt sich allerdings die Frage inwieweit Anonymität als Qualitätskriterium betrachtet werden kann. Letztendlich ist es an dieser Stelle vor allem der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Andere Qualitätskriterien tauchen direkt in der Verordnung auf: Vollständigkeit, Aktualität und Genauigkeit. Eine Unterscheidung zwischen Genauigkeit und Korrektheit wird in der Verordnung nicht thematisiert. Dementsprechend wird hier angenommen, dass die Delegierten Verordnung eine Unschärfe gegenüber den im Bericht vorgeschlagenen Qualitätskriterien aufweist. Der Begriff der Aktualität wird dagegen in beiden Fällen sehr ähnlich verwendet, da beide Texte Aktualität explizit auf das Thema der Rechtzeitigkeit beziehen. Das Kriterium der Vollständigkeit wird in der Delegierten Verordnung nicht nur durch den Qualitätsindikator Vollständigkeit beschrieben, sondern des Öfteren auch mittels des Begriffs der Kontinuität adressiert. Die Verordnung gibt als Ziel einen kontinuierlich arbeitenden Informationsdienst aus, d. h. es wird (gemäß der in diesem Bericht verwendeten Definition von Vollständigkeit) eine zeitliche Vollständigkeit postuliert.

Schlussendlich legt die Delegierte Verordnung erheblichen Wert auf die Zugänglichkeit von Daten-

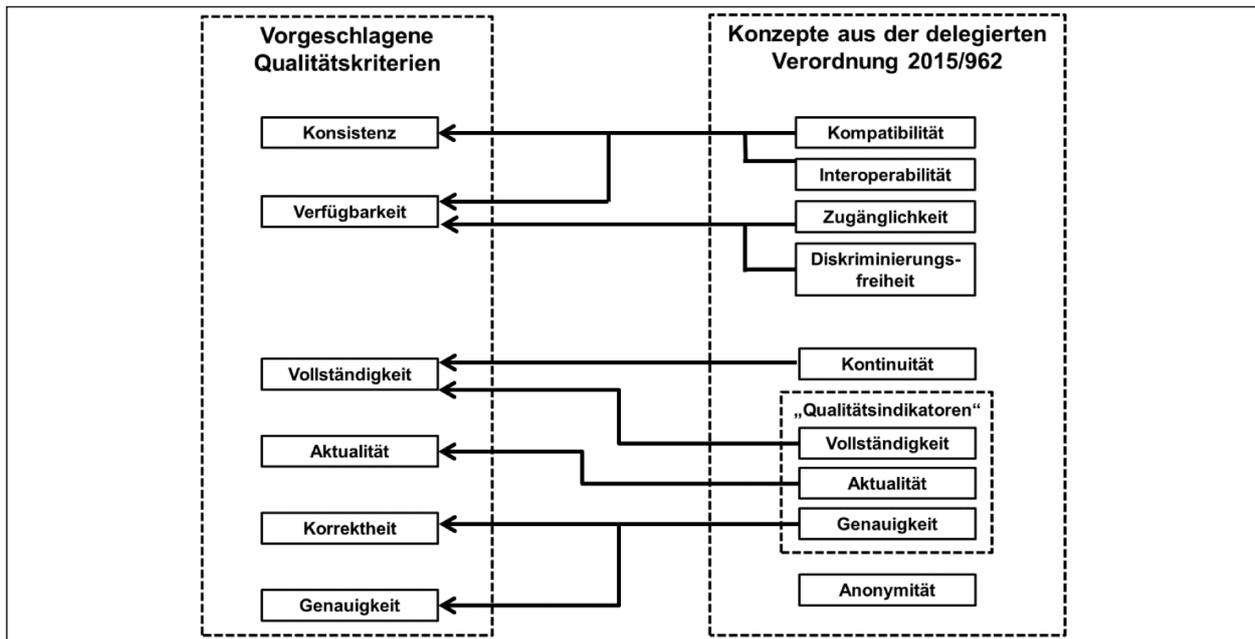


Bild 36: Gegenüberstellung und Zuordnung der definierten Qualitätskriterien und der Qualitätsbegriffe der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962

diensten. Dieses Themenfeld wird im oberen Teil der Grafik behandelt. Begriffe, die in diesem Zusammenhang in der Verordnung genannt werden, sind (neben der Zugänglichkeit als solcher) Kompatibilität, Interoperabilität und Diskriminierungsfreiheit. Diese vier Begriffe beschreiben, wenn auch nicht scharf getrennt, ein Themenfeld, welches insbesondere dem Qualitätskriterium der Verfügbarkeit zugeordnet werden kann. Kompatibilität und Interoperabilität können darüber hinaus auch noch dem Qualitätskriterium der Konsistenz zugeordnet werden, da ohne das Übereinstimmen von ausgestrahlten Daten mit einem entsprechenden Datenmodell weder Kompatibilität noch ein Zusammenarbeiten verschiedenerer Parteien (= Interoperabilität) gesichert werden kann.

2.10 Vergleich der definierten Qualitätskriterien mit den Qualitätsbegriffen der EIP+

Die European ITS Platform (EIP) gibt Empfehlungen zur Qualität von sicherheitsrelevanten oder verkehrsdatenbasierten Informationen europäischer Dienste. Es werden darüber hinaus Empfehlungen für die Beurteilung der Qualität bei der Evaluation von Diensten gegeben.

Es werden Kriterien definiert, die für RTTI (real time traffic information) und SRTI (safety related traffic information) angewendet werden können. Die Kriterien werden nach ihrer Zugehörigkeit zu Level of Service (Geographical coverage und Availability) und Level of Quality (alle übrigen Kriterien) unterschieden. Für jedes Kriterium liegt eine exakte Definition vor. Die Anwendbarkeit der Kriterien wird nachgeordnet nach deren Anwendbarkeit für Ereignisse (event information) und Informationen, die sich auf den Status einer Meldung beziehen, (status oriented information) unterschieden.

In Bild 37 ist eine Zuordnung der Qualitätsbegriffe der EIP+ zu den zuvor definierten Qualitätskriterien dargestellt. Für die vorgeschlagenen Qualitätskriterien Konsistenz und Vollständigkeit gibt es in der EIP+ keine äquivalenten Qualitätsbegriffe. Es wird vermutet, dass diese Kriterien in der EIP+ grundsätzlich vorausgesetzt werden und daher nicht separat in den Katalog der Kriterien für RTTI und SRTI aufgenommen wurden. Fehler bei der Konsistenz und Vollständigkeit können somit nur indirekt z. B. bei der Event coverage festgestellt werden, wenn mangels unvollständiger oder inkonsistenter Daten Ereignisse nicht gemeldet werden.

Die Kriterien Geographical coverage, Availability und Report Coverage können dem Kriterium der Verfügbarkeit zugeordnet werden.

Geographical coverage beschreibt den Anteil des durch den Dienst abgedeckten Teils des Straßennetzes. Das Kriterium ist vergleichbar mit der generellen Verfügbarkeit. Availability bezieht sich hingegen auf den Anteil der Zeit, für die der Service Informationen tatsächlich bereitstellt und verfügbar ist und kann daher mit der tatsächlichen zeitlichen Verfügbarkeit verglichen werden. Report coverage beschreibt laut EIP+ für einen gewählten Zeithorizont den Anteil von Örtlichkeiten, für die eine Statusmeldung vorliegt. Es kann ein Bezug zur generellen räumlichen Verfügbarkeit hergestellt werden.

Der Aktualität können die Kriterien (in unserem Konzept Kenngrößen) Timeliness (start), Reporting period, Timeliness (update) und Latency (content side) zugeordnet werden. Timeliness ist als zeitlicher Versatz oder Pünktlichkeit zu verstehen, mit der der Beginn oder das Update einer Meldung in Bezug zum tatsächlichen Ereignis gemeldet wird. Timeliness (start) kann als Erfassungszeitpunkt verstanden werden, Timeliness (update) als Aktualisierungszeitpunkt. Latency beschreibt den zeitlichen Versatz zwischen der ersten Detektion eines Ereignisses und der Bereitstellung der Information. Das Kriterium Reporting period ist das Zeitintervall in dem die Meldungen aktualisiert definiert.

Die Kriterien (bzw. nach unserem Konzept Kenngrößen) Error rate und Event coverage bei EIP+ können dem Kriterium Korrektheit zugeordnet werden. Als Error rate wird der Anteil von veröffentlichten, aber nicht korrekten Meldungen definiert. Er kann als Falschalarmrate verstanden werden. Als Event coverage wird der Anteil von tatsächlich auftretenden und korrekt detektierten und veröffentlichten Ereignissen beschrieben. Er kann als Detektionsrate verstanden werden.

Die Location accuracy, die relative Genauigkeit einer Örtlichkeit in Bezug zur tatsächlichen Örtlichkeit, und die Reporting accuracy, die relative Genauigkeit von erfassten Quantitäten wie Geschwindigkeiten oder Reisezeiten in Bezug zu tatsächlichen

Werten, können der Genauigkeit zugeordnet werden. In einem übereinstimmenden Verständnis werden metrische Abweichungen beziffert. Die EIP+ unterteilt im Gegensatz zum vorgeschlagenen Konzept der Genauigkeit jedoch zwei Kriterien, die sich zum Einen auf Örtlichkeiten und zum Anderen auf Messgrößen beziehen.

Es ist abschließend festzustellen, dass die Kriterien der EIP+ stärker eventbezogen angelegt sind. Es werden Informationen nach der Art des Events, wie Start oder Update des Status, unterteilt und Kriterien auch dementsprechend dieser Unterteilung zugeordnet. Des Weiteren sind die Kriterien der EIP+ von höherem Bestimmtheitsgrad, während die vorgeschlagenen Kriterien aufgrund ihrer allgemeineren Definition und dem Vorhalten von einer Vielzahl von nachgeordneten Kenngrößen eine breitere Fächerung und Flexibilität zur Bestimmung der Qualität von IVS-Diensten beinhalten. Für Konsistenz und Vollständigkeit konnten im Konzept der EIP+ keine vergleichbaren Kriterien gefunden werden.

3 Qualitätskenngrößen

3.1 Entwicklung einer Systematik zur Messung von Qualitätskriterien

Anhand von Qualitätskenngrößen können die definierten Qualitätskriterien gemessen werden. Aus einer Vielzahl von Elementen, die innerhalb einer Information definiert sind, kann jedes Element zugleich mehreren Qualitätskriterien zugeordnet werden. Es sind daher Qualitätskenngrößen zu definieren, die jeweils die Zuordnung von einzelnen Elementen unter Angabe einer Prüfungsart zu einzelnen Qualitätskriterien umfassen. Nachfolgend sollen daher grundsätzliche Qualitätskenngrößen für Baustellen- und Reisezeitinformationen formuliert werden, die die Basis zur Entwicklung eines Prüfungssystems bilden.

Eine nach den übergeordneten Qualitätskriterien gegliederte, zusammenfassende Übersicht der Qualitätskenngrößen für Baustelleninformationen und Reisezeitinformationen enthält Anhang V Qualitäts-

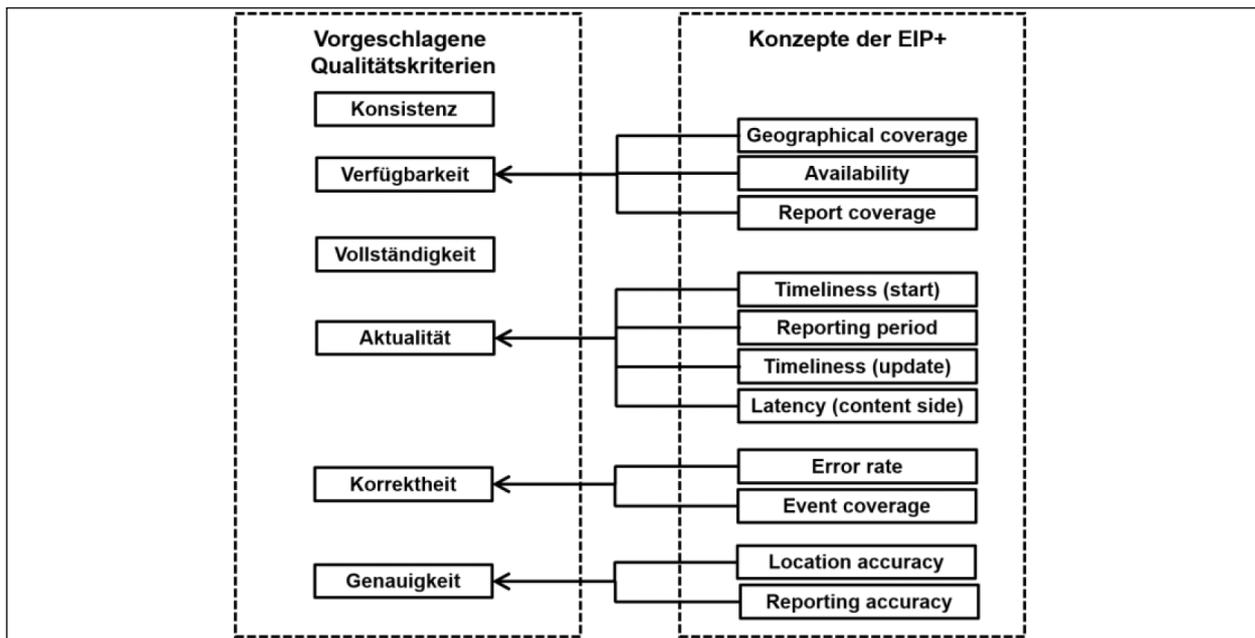


Bild 37: Gegenüberstellung und Zuordnung der definierten Qualitätskriterien und der Qualitätsbegriffe der EIP+

kenngrößen. Dort wird zusätzlich hinter jeder Qualitätskenngröße angegeben:

- ob diese für jede Instanz (einzelne Meldung oder einzelne Element einer Meldung) (instance) oder übergeordnet (z. B. für einen Zeitraum und/oder ein Gebiet) (generic) zu ermitteln ist,
- ob diese ohne zusätzliche Referenz (Ground Truth) automatisiert aus den Inhalten der Meldung ermittelt werden kann (referenzfrei) oder ob eine zusätzliche Referenz erforderlich ist (referenzierend),
- die Einheit (z. B. [m]) oder der Wertebereich (z. B. [0; 1]).

3.2 Qualitätskenngrößen für Baustelleninformationen

3.2.1 Qualitätskenngrößen zu Verfügbarkeit

Die generelle Verfügbarkeit von Baustelleninformationen kann anhand folgender Qualitätskenngrößen ex-ante gemessen werden (z. B. Zusage eines Dienstbieters):

- Sind Baustelleninformationen für ein oder mehrere Gebiete (z. B. Bundesländer), generell vorhanden? [0; 1]

- Sind Baustelleninformationen für einen oder mehrere Straßenkategorien (z. B. Functional Road Class 1 = Autobahn) generell vorhanden? [0; 1]
- Sind Baustelleninformationen für eine oder mehrere Straßen (Straßennummern oder –namen wie z. B. A9, B13) generell vorhanden? [0; 1]
- Sind Baustelleninformationen für ein oder mehrere Streckensegmente (z. B. TMC-Location, Koordinaten oder Bezug zu Referenzpunkten oder Anschlussstellen) generell vorhanden? [0; 1]
- Waren Baustelleninformationen für konkrete Fahrbahnteile (z. B. Fahrtrichtung) generell vorhanden? [0; 1]

Entsprechend kann die tatsächliche Verfügbarkeit von Baustelleninformationen anhand folgender Qualitätskenngrößen ex-post gemessen werden:

- Waren Baustelleninformationen für ein oder mehrere Gebiete (z. B. Bundesländer) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Baustelleninformationen für einen oder mehrere Straßenkategorien (z. B. Functional Road Class 1 = Autobahn) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Baustelleninformationen für eine oder mehrere Straßen (Straßennummern oder -namen wie z. B. A9, B13) tatsächlich vorhanden? [0; 1]

- Waren Baustelleninformationen für ein oder mehrere Streckensegmente (z. B. TMC-Location, Koordinaten oder Bezug zu Referenzpunkten oder Anschlussstellen) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Baustelleninformationen für konkrete Fahrbahnteile (z. B. Fahrtrichtung) tatsächlich vorhanden? [0; 1]

Es sind aber auch Kombinationen von verschiedenen Ortsklassifizierungen möglich, wie z. B. generelle bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Baustelleninformationen für Autobahnen in einem Bundesland. Des Weiteren könnten anstatt der einfachen binären Klassifizierung [0; 1] auch Anteile [0...1] angegeben werden (z. B. Anteil Streckenkilometer für die Baustelleninformationen generell vorhanden sind bzw. tatsächlich vorhanden waren).

Die Messung der tatsächlichen Verfügbarkeit kann ex-post z. B. referenzfrei durch die Ermittlung und Visualisierung/Vergleich der Häufigkeiten von Baustelleninformationen für verschiedenen Orte (ggf. auf Streckenkilometer normiert) über einen längeren Zeitraum erfolgen. Dabei sagt ein Häufigkeitswert größer Null für einen Ort aus, dass Baustelleninformationen für diesen Ort im betrachteten Zeitraum tatsächlich vorhanden waren. Ein Häufigkeitswert gleich Null für einen Ort sagt aber nicht aus, dass für diesen Ort generell keine Baustelleninformationen vorhanden sind, sondern nur, dass für diesen Ort im betrachteten Zeitraum tatsächlich keine Baustelleninformationen vorhanden waren. Dies kann aber auch daran liegen, dass es auch tatsächlich keine Baustellen gab. Hier könnten Plausibilitätsprüfungen, wie z. B. der Vergleich der Häufigkeiten von Baustelleninformation für benachbarte Streckensegmente, und/oder die gezielte Prüfung, ob es für Orte ohne Baustelleninformationen im betrachteten Zeitraum auch tatsächlich keine Baustellen gab, helfen. Für letztere Prüfung ist jedoch eine Referenz erforderlich. Außerdem geht diese Prüfung bereits in Richtung Korrektheit.

3.2.2 Qualitätskenngrößen zu Aktualität

Die Aktualität von Baustelleninformationen kann am einfachsten durch die Meldungsfrequenz gemes-

sen werden. Hier kann wie bei der Verfügbarkeit auch wieder zwischen genereller (mit Lieferanten vereinbarter) und tatsächlicher Meldungsfrequenz unterschieden werden. Die tatsächliche Meldungsfrequenz kann ex-post aus den `publicationTimes` beliebiger direkt aufeinanderfolgender Meldungen ermittelt werden. Voraussetzung dafür ist, dass die `publicationTimes` vollständig vorhanden, konsistent und korrekt sind.

Die Meldungsfrequenz ist als alleinige Qualitätskenngröße für die Aktualität von Baustelleninformationen aber nicht ausreichend, da es bei niedriger Meldungsfrequenz (z. B. einmal pro Woche) und kurzfristiger Genehmigung von Baustellen (z. B. zur schnellstmöglichen Behebung eines sicherheitsrelevanten Unfallschadens an der Infrastruktur) dazu kommen kann, dass Baustellen innerhalb eines Meldungsintervalls genehmigt und begonnen aber zu spät gemeldet werden. Diese Fälle können ex-post durch den Vergleich der `publicationTime` und der `overallStartTime` ermittelt werden (`publicationTime > overallStartTime`).

Die Aktualisierungsfrequenz von Baustelleninformationen wird im Gegensatz zur Meldungsfrequenz aus der Differenz der `situationRecordVersionTimes` von direkt aufeinanderfolgenden Meldungen (Aktualisierungen), die denselben Bauabschnitt (`situationRecord`) betreffen, ermittelt (vergleiche auch das Vorgehen in (KIM & COIFMAN, 2014)).

Bei sehr dynamischen Informationen (mit hoher Aktualisierungsfrequenz), wie z. B. der Position von Wanderbaustellen, können außerdem – je nach zu bewertendem Prozessschritt – Erfassungs-, Verarbeitungs-, Übertragungs- und Darstellungszeiten (→ Dauer bzw. Verzögerung) eine Rolle spielen:

- Erfassungszeit = Zeitpunkt der Erfassung (`situationRecordVersionTime`) – tatsächlicher Zeitpunkt der Änderung
- Verarbeitungszeit = Startzeitpunkt der Übertragung* – Zeitpunkt der Erfassung (`situationRecordVersionTime`)
- Übertragungszeit = Endzeitpunkt der Übertragung* – Startzeitpunkt der Übertragung*

- Darstellungszeit = Zeitpunkt der Darstellung* – Endzeitpunkt der Übertragung*
- Gesamtzeit = Summe = Zeitpunkt der Darstellung* – tatsächlicher Zeitpunkt der Änderung

Der tatsächliche Zeitpunkt der Änderung (z. B. Ende einer Wanderbaustelle) kann nur durch Referenzmessungen (z. B. durch Personal vor Ort, evtl. aus FCD¹⁷) erhoben werden. Die mit Stern (*) gekennzeichneten Zeitpunkte sind in der Baustelleninformation (DATEX II) nicht enthalten, könnten aber softwaretechnisch protokolliert werden.

Diese absoluten Werte (Ist) können durch den Vergleich mit festzulegenden Schwellenwerten (Soll) zwecks Aggregation zu einer Gesamtqualitätskenngröße in binäre Werte [0; 1] umgewandelt werden.

3.2.3 Qualitätskenngrößen zu Vollständigkeit

Zur Messung der Vollständigkeit einer Baustelleninformation wird überprüft, ob alle laut Definition festgelegten Elemente enthalten sind [0; 1]. Der Ansatz, dass eine Baustelleninformation nur dann weiterverarbeitet oder bewertet wird, wenn alle Elemente enthalten sind, würde in der Praxis wahrscheinlich dazu führen, dass nahezu alle Baustelleninformationen ausgeschlossen werden. Deshalb muss vorab festgelegt werden, welche Elemente zwingend erforderlich sind und auf welche Elemente ggf. verzichtet werden kann. Nur die zwingend erforderlichen Elemente werden dann bei der Bewertung berücksichtigt [0; 1].

Eine besondere Herausforderung stellt dabei die durch den Datengeber gewählte Art der Verortung (z. B. über AlertC, ASB-konforme Stationierung) dar. Während einzelne Angaben innerhalb der gewählten Art der Verortung zwingend erforderlich sind, ist die Angabe von Elementen der nicht gewählten Verortungsvariante nicht mehr erforderlich. Demnach besteht eine innere Logik des Kriteriums Vollständigkeit, die bei Prüfungen beachtet werden muss.

¹⁷Die erzielbare Genauigkeit der Referenz ist von der Häufigkeit/Frequenz der Anwesenheit von Floating Cars abhängig.

Einen auf FREUDENSTEIN basierender Vorschlag, welche Elemente zwingend erforderliche sind, enthält die letzte Spalte in Anhang I (Wert 1 und grün hinterlegt).

3.2.4 Qualitätskenngrößen zu Konsistenz

Zunächst sollte die Konsistenz der XML-Datei (Container) und dann die Konsistenz der enthaltenen Baustelleninformationen überprüft werden.

Zur Messung der Konsistenz der Baustelleninformationen wird zusätzlich zur Vollständigkeit überprüft, ob die einzelnen Elemente den Vorgaben entsprechen hinsichtlich:

- Datentyp (Boolean, Enumeration, Float, Integer, Zeichenfolge, Zeitstempel)
- Einheit (z. B. m, km/h)
- Format (z. B. yyyy-mm-dd hh:mm:ss.ms+hh:00)

Neben der Prüfung auf formatbezogene Konsistenz sind die folgenden weiteren Prüfungen denkbar:

- Gehören die angegebenen Informationen einer Auswahl einer vorab definierten Liste an? (referenzierende Prüfung, z. B. CountryCode, TableNumber und TableVersion bei AlertC-Verortung, Art der Baumaßnahme, Straßennamen und -nummern) [0; 1]
- Erfüllt die Angabe einer Information die Bedingung Element > 0? (z. B. numerische Elemente: Geschwindigkeitsbegrenzung oder Längenabschnitt der Baustelle > 0 und Text-Elemente: Kommentar nicht leer) [0; 1]

3.2.5 Qualitätskenngrößen zu Korrektheit

Die Korrektheit beinhaltet nach unserer Definition insbesondere die Plausibilität der Baustelleninformation [0, 1].

Referenzfreie Plausibilitätsprüfungen sind z. B. (Bedingungen müssen zutreffen, sonst unplausibel):

- Element₁ < oder > Element₂
 - publicationTime ≥ situationRecordVersionTime [0; 1]

- $\text{situationRecordVersionTime} \geq \text{situationRecordCreationTime}$ [0; 1]
- $\text{overallEndTime} > \text{overallStartTime}$ [0; 1]
- $\text{Element}_1 = \text{Element}_2 - \text{Element}_3$
- $\text{lengthAffected} = |\text{distanceAlong in Element fromPoint} - \text{distanceAlong in Element toPoint}|$ [0; 1]¹⁸
- $\text{Schranke}_{\text{unten}} < \text{Element} < \text{Schranke}_{\text{oben}}$
- $40 \text{ km/h} \leq \text{temporarySpeedLimit} \leq 130 \text{ km/h}$ [0; 1]
- Koordinaten innerhalb Deutschland: $\text{min}_{\text{Deutschland}} \leq \text{latitude} \leq \text{max}_{\text{Deutschland}}$ und $\text{min}_{\text{Deutschland}} \leq \text{longitude} \leq \text{max}_{\text{Deutschland}}$ (z. B. PointCoordinates nach WGS 84) [0; 1]
- minimale Durchfahrtshöhe und -breite in Bezug zu Grenzwerten: $\text{min} \leq \text{ResidualHeight} \leq \text{max}$ bzw. ∞ und $\text{min} \leq \text{ResidualRoadWidth} \leq \text{max}$ bzw. ∞ [0; 1]

Referenzierende Prüfungen sind z. B.:

- Entspricht die gemeldete Geschwindigkeitsbeschränkung (temporarySpeedLimit) der tatsächlichen Geschwindigkeitsbegrenzung? [0; 1]
- Binäre Klassifikatoren (Tatsächliche Baustelle gemeldet? Gemeldete Baustelle tatsächlich vorhanden?) [0; 1]

Mögliche Quellen für Referenzen sind:

- Spezielle Befahrung mit GPS und Video, manuelle Auswertung (aufwendig, kleine Stichprobe)
- Nutzung von XFCD (Fahrzeuge mit GPS und automatischer Erkennung der Baustellenbeschilderung mittels Video)

Großräumige Baustellen umfassen mitunter mehrere räumliche Bauabschnitte und zeitliche Bauphasen. In Baustellenmeldungen kann es daher vorkommen, dass einzelne Bauabschnitte einzeln und bzw. oder die Gesamtmaßnahme explizit beschrieben wird. Eine Überprüfung auf korrekte Angabe von x Bauabschnitten hinsichtlich derer zeitlicher und räumlicher Merkmale bei ergänzender Angabe

¹⁸Diese Prüfung schlägt auch bei vorhandenen Sprüngen und Richtungswechseln in der Kilometrierung an.

einer Gesamtmaßnahme kann dahingehend erfolgen, falls zum einen überprüfbare Referenzen vorliegen und zum anderen eine eindeutige Identifikation der einzelnen zusammenhängenden Meldungen möglich ist.

Des Weiteren wird für jede Meldung eine ID vergeben, die je nach Bundesland ein anderes Format aufweist. Idealerweise ist diese ID ein eindeutiger Marker für über längere Zeiträume wiederkehrende Meldungen. Beispielsweise bestand eine ortsfeste Baustelle 43 Tage bis zu ihrer Fertigstellung und bekam die ID 45500 an Tag 1. Die Baustelleninformation erfolgte demnach an 43 aufeinanderfolgenden Tagen. Es wäre dann zu überprüfen, inwieweit diese Baustelle über eine sogenannte stabile ID verfügt. Richtigerweise behält die Baustelle über den gesamten Zeitraum von 43 Tagen die ID bei. Eine Prüfung könnte über einen Pool von überprüfbaren und wiederkehrenden Merkmalskombinationen realisiert werden. Die Prüfung bei beispielsweise nicht-ortsfesten Baustellen wird durch variierende Verortungen und Variationen an durchgeführten Maßnahmen (z. B. Wechsel von Ausbau von Fahrstreifen zu Arbeiten am Brückenbauwerk) recht schnell komplex.

3.2.6 Qualitätskenngrößen zu Genauigkeit

Zur Messung der Genauigkeit einer Baustelleninformation ist immer eine Referenz erforderlich. Mögliche Qualitätskenngrößen sind:

- Lagegenauigkeit
 - Lagegenauigkeit Startposition = $|\text{tatsächliche Startposition} - \text{gemeldete Startposition}|$ [m]
 - Lagegenauigkeit Endposition = $|\text{tatsächliche Endposition} - \text{gemeldete Endposition}|$ [m]
 - Genauigkeit Länge = $|\text{tatsächliche Länge} - \text{gemeldete Länge}|$ [m]
- Genauigkeit der Zeitangaben
 - Genauigkeit der Startzeit = $|\text{tatsächliche Startzeit} - \text{gemeldete Startzeit}|$ [s]
 - Genauigkeit der Endzeit = $|\text{tatsächliche Endzeit} - \text{gemeldete Endzeit}|$ [s]

Während sich die Referenz für die Lagegenauigkeit auch bei kleinen Stichproben sehr gut mittels Be-

fahrungen und XFCD ermitteln lässt, lässt sich Referenz für die Genauigkeit der Zeitangaben nur sehr schwer ermitteln (sehr hohe FCD-Dichte erforderlich, evtl. Baustelle an niedrigerer Geschwindigkeit im Contourplots aus Daten stationärer Detektoren erkennbar, sofern diese während der Baumaßnahme in Betrieb sind und brauchbare Daten liefern?).

Durch den Vergleich der ermittelten Genauigkeiten (Ist) mit festzulegenden Schwellenwerten (Soll) können die Qualitätskenngrößen zwecks Aggregation zu einer Gesamtqualitätskenngröße wieder in binäre Werte umgewandelt werden [0; 1].

3.3 Qualitätskenngrößen für Reisezeitinformationen

Baustellen sind planbare, bis auf die genaue aktuelle Position (Location) von Wanderbaustellen relativ statische Ereignisse. Die Qualität von Baustelleninformationen lässt sich daher durch die Definition und strikte Einhaltung von organisatorischen Prozessen optimieren (GRZEBELLUS & RADIKE, 2015). Die aktuelle Position (Location) von Wanderbaustellen kann z. B. anhand von mit GPS und entsprechenden Kommunikationsmöglichkeiten ausgestatteten Baustellensicherungsfahrzeugen/Leitanhänger genau erfasst werden.

Im Gegensatz zu Baustellen werden Reisezeiten sehr stark vom Verkehrsaufkommen und zufälligen Ereignissen, wie z. B. Verkehrsunfällen beeinflusst. Außerdem sind Reisezeiten nicht nur ereignisbedingt, sondern für alle Streckensegmente und Zeitintervalle (Matrix) zu liefern. Eine besondere Schwierigkeit stellt dabei die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit der Datenerfassung dar. Infrastrukturbasierte Detektoren (z. B. Bluetooth, Automatic Number Plate Recognition – ANPR) liefern zwar rund um die Uhr Daten, sind aber meist nur auf stark belasteten Streckenabschnitten vorhanden. Floating Cars (FC) sind zwar örtlich unabhängig, aufgrund der (noch) relativ geringen Durchdringung (vor allem Lkw-Flotten) aber auch nur auf stark belasteten (Autobahn-)Streckenabschnitten und das auch nur zur Hauptverkehrszeit in größerem Umfang vorhanden. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Datenlage ist daher die Nutzung und Fusion mehrerer Datenquellen. Eine weitere Schwierigkeit ist die modellbasierte Re-

konstruktion und Prognose der Reisezeiten. Letztere ist vor allem bei großen Korridoren/langen Netzmaschen von Bedeutung.

Trotz der genannten Unterschiede und Schwierigkeiten können für die Bewertung der Qualität von Reisezeitinformationen viele der zuvor für Baustelleninformationen definierten Qualitätskenngrößen zur Messung der Qualität von Reisezeitinformationen eingesetzt werden.

3.3.1 Qualitätskenngrößen zu Verfügbarkeit

Die generelle Verfügbarkeit von Reisezeitinformationen kann anhand folgender Qualitätskenngrößen ex-ante gemessen werden (z. B. Zusage eines Dienstansbieters):

- Sind Reisezeitinformationen für ein oder mehrere Gebiete (z. B. Bundesländer), generell vorhanden? [0; 1]
- Sind Reisezeitinformationen für einen oder mehrere Straßenkategorien (z. B. Functional Road Class 1 = Autobahn) generell vorhanden? [0; 1]
- Sind Reisezeitinformationen für eine oder mehrere Straßen (Straßennummern oder -namen wie z. B. A9, B13) generell vorhanden? [0; 1]
- Sind Reisezeitinformationen für ein oder mehrere Streckensegmente (z. B. TMC-Locations) generell vorhanden? [0; 1]
- Welche Datenquellen stehen generell zur Verfügung?
 - Stationäre Detektoren
 - z. B. Bluetooth, ANPR zur direkten Erfassung von Reisezeiten [0, 1]
 - z. B. Induktivschleifen, Radar zur Erfassung lokaler Verkehrskenngrößen wie z. B. Verkehrsstärke und Geschwindigkeit, aus denen mittels eines Verkehrsmodells (z. B. Anisotrope Interpolation) und virtueller FC Reisezeiten ermittelt werden können [0, 1]
 - FC [0, 1]
 - historische Reisezeitganglinien [0, 1]
 - ...

- Bei Verwendung von stationären Detektoren (z. B. Bluetooth, ANPR): durchschnittlicher Abstand der Messquerschnitte? [m]
- Bei Verwendung von FC:
 - Wie viele FC stehen durchschnittlich zur Verfügung (ggf. örtlich und zeitlich differenziert)? [FC/(km*h)]
 - Wie hoch ist der zeitliche Abstand [s] bzw. die Meldefrequenz [1/s] der Trackpoints?
 - Wie groß ist der durchschnittliche Anteil FC an allen Fahrzeugen? [%]
- Wie hoch war der tatsächliche zeitliche Abstand [s] bzw. die tatsächliche Meldefrequenz [1/s] der Trackpoints?
- Wie groß war der tatsächliche durchschnittliche Anteil FC an allen Fahrzeugen (durch Vergleich der Anzahl FC mit Zählwerten an einem stationären Messquerschnitt)? [%]

Entsprechend kann die tatsächliche Verfügbarkeit von Reisezeitinformationen anhand folgender Qualitätskenngrößen ex-post gemessen werden:

- Waren Reisezeitinformationen für ein oder mehrere Gebiete (z. B. Bundesländer), tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Reisezeitinformationen für einen oder mehrere Straßenkategorien (z. B. Functional Road Class 1 = Autobahn) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Reisezeitinformationen für eine oder mehrere Straßen (Straßennummern oder -namen wie z. B. A9, B13) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Waren Reisezeitinformationen für ein oder mehrere Streckensegmente (z. B. TMC-Locations) tatsächlich vorhanden? [0; 1]
- Welche Datenquellen wurden tatsächlich genutzt (z. B. werden bei fehlenden aktuellen Daten häufig historischen Daten/Ganglinien als Ersatzwerte bzw. zur Ermittlung von Ersatzwerten verwendet → Kennzeichnung von Ersatzwerten)? [0; 1]
- Bei Verwendung von stationären Detektoren (z. B. Bluetooth, ANPR): Wie viele Fahrzeuge (verschlüsselte Bluetooth-ID bzw. Nummernschilder) wurden wiedererkannt (Anzahl Fahrzeuge)? [Fz] Falls möglich, Anteil der erkannten Fahrzeuge an alle Fahrzeugen am Querschnitt. [0...1]
- Bei Verwendung von FC:
 - Wie viele FC waren tatsächlich für das Weg-Zeit-Element vorhanden (FC-Anzahl)? [FC]. Hieraus lässt sich auch die Verfügbarkeit zu unterschiedliche Zeiten (z. B. nachts) ableiten.

Es sind aber auch Kombinationen von verschiedenen Ortsklassifizierungen möglich, wie z. B. generelle bzw. tatsächliche Verfügbarkeit von Reisezeitinformationen für Autobahnen in einem Bundesland. Des Weiteren könnten anstatt der einfachen binären Klassifizierung [0; 1] auch Anteile [0...1] angegeben werden (z. B. Anteil Streckenkilometer für die Reisezeitinformationen generell vorhanden sind bzw. tatsächlich vorhanden waren). Umgekehrt können absoluten Werte (Ist) durch den Vergleich mit festzulegenden Schwellenwerten (Soll) zwecks Aggregation zu einer Gesamtqualitätskenngröße in binäre Werte [0; 1] umgewandelt werden.

Die tatsächliche Verfügbarkeit von kontinuierlich für alle Weg-Zeit-Elemente zu liefernde Reisezeitinformationen kann – im Gegensatz zur tatsächlichen Verfügbarkeit von ereignisbezogenen Baustelleninformationen – relativ einfach durch Aufzeichnung/Protokollierung der gelieferten Informationen (ggf. an verschiedenen Stellen der Prozesskette) ermittelt werden, da die Anzahl der zu liefernden Informationen bekannt ist (Anzahl Streckensegmente x Anzahl fester Zeitintervalle).

3.3.2 Qualitätskenngrößen zu Aktualität

Die einfachste Qualitätskenngröße zur Messung der Aktualität von Reisezeitinformationen ist wie bei Baustelleninformationen die Meldungsfrequenz. Im Gegensatz zu ereignisbezogenen Baustelleninformationen muss bei kontinuierlich für alle Weg-Zeit-Elemente zu liefernden Reisezeitinformationen aber nicht explizit zwischen Meldungs- und Aktualisierungsfrequenz unterschieden werden. Auch hier kann wieder zwischen genereller (mit Lieferanten vereinbarter) und tatsächlicher Meldungsfrequenz unterschieden werden.

Die tatsächliche Meldungsfrequenz von Reisezeitinformationen kann wie die tatsächliche Verfügbarkeit

relativ einfach durch Aufzeichnung/Protokollierung der gelieferten Informationen (ggf. an verschiedenen Stellen der Prozesskette) ermittelt werden.

Da Reisezeitinformationen sehr dynamisch sind, spielen – je nach zu bewertendem Prozessschritt – Erfassungs-, Verarbeitungs-, Übertragungs- und Darstellungszeiten (→ Dauer bzw. Verzögerung) eine wichtige Rolle:

- Die Erfassungszeit ist bei Reisezeitinformationen maßgeblich von der Länge des zu erfassenden Streckensegments (bei FCD) bzw. vom Abstand der stationären Detektoren (z. B. Bluetooth, ANPR) abhängig, da sich das Fahrzeug zur Messung der Reisezeit durch das gesamte Segment bewegen bzw. an zwei stationären Detektoren erfasst werden muss. (Auch bei der modellgestützten Ermittlung der Reisezeit aus lokalen Verkehrsdaten herkömmlicher stationärer Detektoren (z. B. Induktivschleifen) ist die Erfassungszeit maßgeblich vom Abstand der Detektoren abhängig, da sich die verkehrlichen Auswirkungen (z. B. Geschwindigkeitseinbruch) eines Ereignisses (z. B. Unfall) erst bis zu einem Messquerschnitt ausbreiten muss. (Zusätzlich hat bei herkömmlichen Detektoren die Verkehrsnachfrage, die Anzahl der betroffenen/gesperrten Fahrstreifen und die Lage des Ereignisses/der Abstand zu den Detektoren einen Einfluss darauf, ob und wie schnell das Ereignis erkannt werden kann.)
- Verarbeitungszeit = Startzeitpunkt der Übertragung – Ende des Erfassungszeitintervalls
- Übertragungszeit = Endzeitpunkt der Übertragung – Startzeitpunkt der Übertragung
- Darstellungszeit = Zeitpunkt der Darstellung – Endzeitpunkt der Übertragung
- Gesamtzeit = Summe = Zeitpunkt der Darstellung – Beginn des Erfassungszeitintervalls

Diese absoluten Werte (Ist) können durch den Vergleich mit festzulegenden Schwellenwerten (Soll) zwecks Aggregation zu einer Gesamtqualitätskenngröße in binäre Werte [0; 1] umgewandelt werden.

3.3.3 Qualitätskenngrößen zu Vollständigkeit

Zur Messung der Vollständigkeit einer Reisezeitinformation wird überprüft, ob alle laut Definition fest-

gelegten Elemente enthalten sind [0; 1]. Auch hier muss wie bei Baustelleninformationen wieder vorab festgelegt werden, welche Elemente zwingend erforderlich sind und auf welche Elemente ggf. verzichtet werden kann. Nur die zwingend erforderlichen Elemente werden dann bei der Bewertung berücksichtigt [0; 1].

3.3.4 Qualitätskenngrößen zu Konsistenz

Zunächst sollte die Konsistenz der XML-Datei (Container) und dann die Konsistenz der enthaltenen Reisezeitinformationen überprüft werden.

Zur Messung der Konsistenz der Reisezeitinformationen wird zusätzlich zur Vollständigkeit überprüft, ob die einzelnen Teilinformationen den Vorgaben entsprechen hinsichtlich:

- Datentyp (Boolean, Enumeration, Float, Integer, Zeichenfolge, Zeitstempel)
- Einheit (z. B. m, km/h)
- Format (z. B. yyyy-mm-dd hh:mm:ss.ms+hh:00)
- Wertebereich (z. B. vordefinierte zulässige Begriffe)

3.3.5 Qualitätskenngrößen zu Korrektheit

Die Korrektheit beinhaltet nach unserer Definition insbesondere die Plausibilität der Reisezeitinformation [0, 1].

- Die Reisezeit darf einen durch eine maximale Geschwindigkeit und die Streckenlänge definierten Schwellenwert nicht unterschreiten [0, 1].

3.3.6 Qualitätskenngrößen zu Genauigkeit

Zur Messung der Genauigkeit einer Reisezeitinformation ist immer eine Referenz erforderlich. Die meisten existierenden Kenngrößen und Verfahren zur Bewertung der Qualität von Reisezeitinformationen (Qbench, UNIETD, SIMPE und TTD (HEINRICH, GRZEBELLUS, HUBER, POLLESCH, & STAPELFELD, 2014)) dienen primär der Ermittlung und Bewertung der Genauigkeit von Reisezeitinfor-

mationen. Indirekt werden aber auch alle anderen Qualitätskriterien bzw. -indikatoren mitbewertet, so z. B. die tatsächliche Verfügbarkeit, wenn eine Reisezeitinformation mangels aktueller Daten nur auf historischen Daten beruht und dadurch ungenau ist.

4 Aggregation

Durch folgende Berechnungsvorschrift kann die Qualität für jede einzelne Information, jedes einzelne Qualitätskriterium, jeden einzelnen Prozess und auch das Gesamtsystem oder beliebige Aggregationen berechnet werden. Dies ermöglicht eine automatisierte Berechnung und Visualisierung der Qualitätskenngrößen und somit eine systematische Erkennung von Qualitätsproblemen und Eingrenzung von deren Ursachen.

Die einzelnen Qualitätskenngrößen KPI_x können über mehrere Informationen i als – ggf. gewichteter – Mittelwert berechnet werden.

Als Gewicht einer Qualitätskenngröße für eine Baustelleninformation kann z. B. das Produkt aus der Länge L und der Dauer T einer Baustelle verwendet werden.

Als Gewicht einer Qualitätskenngröße für eine Reisezeitinformation wird das Produkt aus der Länge L des Segmentes und Dauer T des Zeitintervalls (aus Meldungsfrequenz) vorgeschlagen.

$$KPI_x = \frac{\sum_i L_i T_i KPI_{xi}}{\sum_i L_i T_i}$$

Um dabei die Länge im ausgewogenen Verhältnis zur Dauer zu berücksichtigen, wird des Weiteren vorgeschlagen, die Dauer mittels der zugehörigen Geschwindigkeit V_i in eine Länge umzurechnen: $T_i = L_i / V_i$. Als Geschwindigkeit kann die tatsächliche Geschwindigkeit (Ground Truth Speed) oder – falls diese nicht bekannt ist – vereinfachend z. B. die Freiflussgeschwindigkeit oder die zulässige Höchstgeschwindigkeit verwendet werden. Somit ergibt sich die aggregierte Qualitätskenngröße wie folgt:

$$KPI_x = \frac{\sum_i \frac{L_i^2}{V_i} KPI_{xi}}{\sum_i \frac{L_i^2}{V_i}}$$

Mehrere Qualitätskenngrößen KPI_x können als Produkt z. B. für ein übergeordnetes Qualitätskriterium k oder die Gesamtqualität g zusammengefasst werden. Auch hier wäre eine Gewichtung der einzelnen Qualitätskenngrößen möglich.

$$KPI_g = \prod_k KPI_k = \prod_k \prod_x KPI_{kx} = \prod_k \prod_x \frac{\sum_i \frac{L_i^2}{V_i} KPI_{kxi}}{\sum_i \frac{L_i^2}{V_i}}$$

AP 3 Organisatorisches QM

1 Einleitung

Das Arbeitspaket 3 beschäftigt sich mit dem organisatorischen Qualitätsmanagement. Dabei wird in den nachfolgenden Kapiteln auf die folgenden Punkte eingegangen:

- Identifizierung der mit Erfassung, Prozessieren, Monitoring und Weitergabe der Daten befassten organisatorischen Einheiten
- Darstellung und Optimierung der Prozesskette
- Ableiten von organisatorischen Qualitätsstandards angelehnt an die DIN EN ISO/IEC 17025
- Erstellen eines Soll-Konzeptes inklusive Regelkonzept zur Selbstoptimierung
- Beschreibung der durchzuführenden Maßnahmen
- Aufzeigen der Vorgehensweise zur Standardisierung auf nationaler und europäischer Ebene

2 Prozesse bei der Meldung von Baustelleninformation

Anhand von Audits werden die aktuellen Prozesse in verschiedenen Verkehrsmanagementzentralen (Organisationen) erfasst. Dabei liegt der Schwerpunkt bei der Errichtung von Baustellen (Planung, Durchführung, Bildu), die Meldung/Weitergabe von Baustelleninformationen und der elektronischen Datenverarbeitung. Die Audits wurden an-

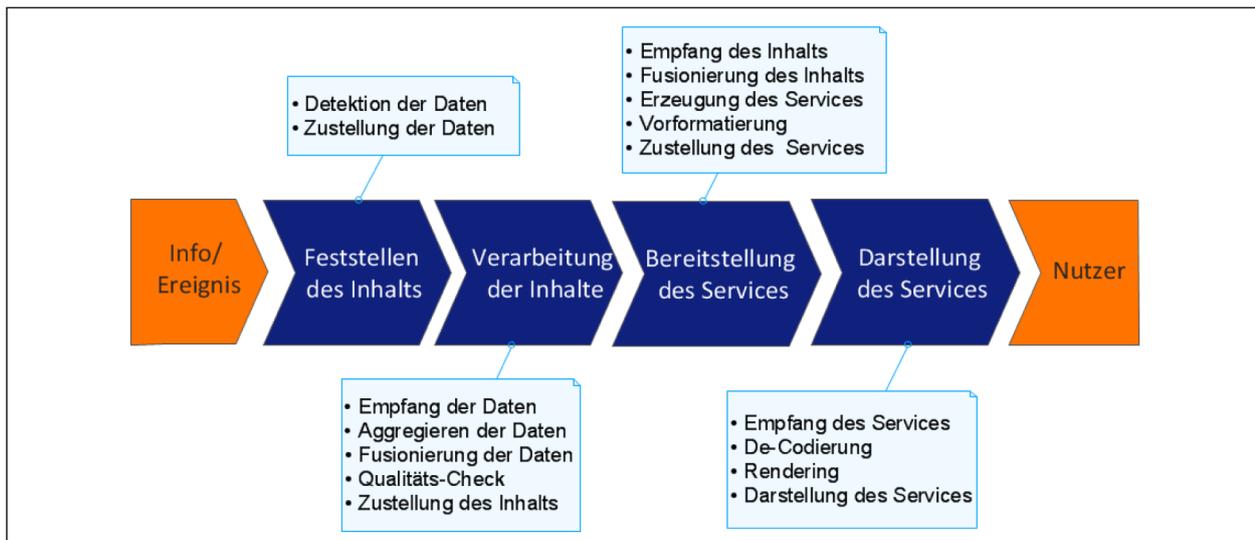


Bild 38: Prozesskette / Wertschöpfungskette (Verkehrsinformationen)

hand der im Anhang IV angefügten Checkliste durchgeführt.

2.1 Autobahndirektion Südbayern – Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM)

Die Autobahndirektion Südbayern (ABDSB), mit Sitz in München betreibt das südbayerische Autobahnnetz mit einer Streckenlänge von ca. 1200 km und einige Bundesstraßen mit ca. 50 km. Die Zentralstelle Verkehrsmanagement ist für das Thema Baustellenkoordination auf den Streckennetzen zuständig.

2.1.1 Baustellen (-planung)

Die Definition einer Baustelle ist abhängig vom Streckennetz und der Dauer. Bei der ADSB spricht man von Baustellen, wenn die Maßnahme länger als zwei Tage dauert. Die Baustellen werden dann an den MDM gemeldet und in der Reiseauskunft (Kapitel 2.1.3) verfügbar gemacht. Für die Weitergabe an den MDM werden CSV-Dateien im BIS-Client nach DATEX II konvertiert, wobei für die Netzreferenzierung eine Überführung interner Kennungen in LCL-Codes erfolgt.

Die Datenpflege der Baustelleninformationen erfolgt durch die Baustellenkoordinatoren auf EXCEL-

Basis. Diese werden innerhalb von 2 Tagen für die Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt und die Datenverarbeitungssysteme 1x wöchentlich aktualisiert (z. B. MDM).

Die Planung / Ausführung einer Baustelle ist abhängig von mehreren organisatorischen Zuständigkeiten. Dazu zählen die Bearbeiter, Koordinatoren, Verkehrsbehörden, Baubehörden und zuständige Ämter.

Um die geplanten / vorhandenen Baustellen zu koordinieren und die Weitergabe der Information zu gewährleisten wird das neu eingeführte Arbeitsstellenintegrationssystem (Kapitel 2.1.2) von den Mitarbeitern verwendet, welches die bisherigen Excel-Tabellen ersetzt.

2.1.2 Arbeitsstellenintegrationssystem

Im Arbeitsstellenintegrationssystem (ArbIS) werden alle Baustellen verwaltet. Das Verfahren zur Planung einer Baustelle gestaltet sich gemäß dem Ablaufdiagramm (Bild 39) der Autobahndirektion Südbayern wie folgt:

Eine Baustelle wird örtlich vorgeplant. Die Planung übernimmt der Baustellenkoordinator, ebenso die Prüfung und Einhaltung von Auflagen. Sofern eine geprüfte Baustellenabsicht vorliegt, muss für eine Baustelle eine Verkehrsrechtliche Anordnung (VRA) erteilt werden. Mit der VRA werden auch die Prozesse zur Datenweitergabe in Gang gesetzt.

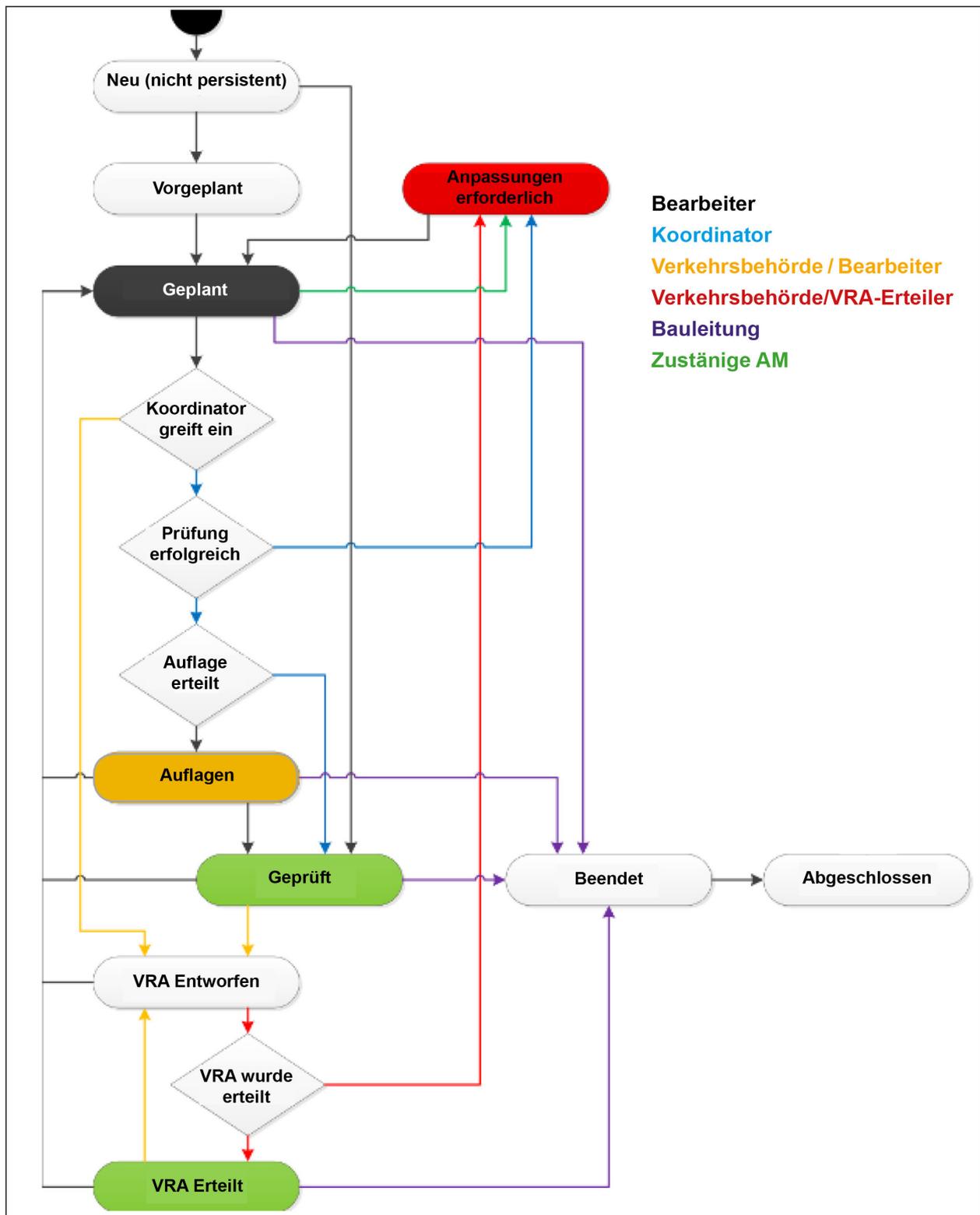


Bild 39: Ablaufdiagramm (interner Workflow) ArbIS (Quelle: Autobahndirektion Südbayern)

In der Ausführungsphase übernimmt der Bauleiter sämtliche Planungen. Dieser entscheidet direkt, ob eine Baustelle aktiv, ausgesetzt oder beendet ist. Nur nach Erteilung einer VRA wird die Maßnahme durchgeführt.

Informationen zu Baustellen und anderen Verkehrsinformationen werden über TMC, der Reiseauskunft (siehe Kapitel 2.1.3) oder über Schilderbrücken dem Verkehrsteilnehmer direkt übermittelt.

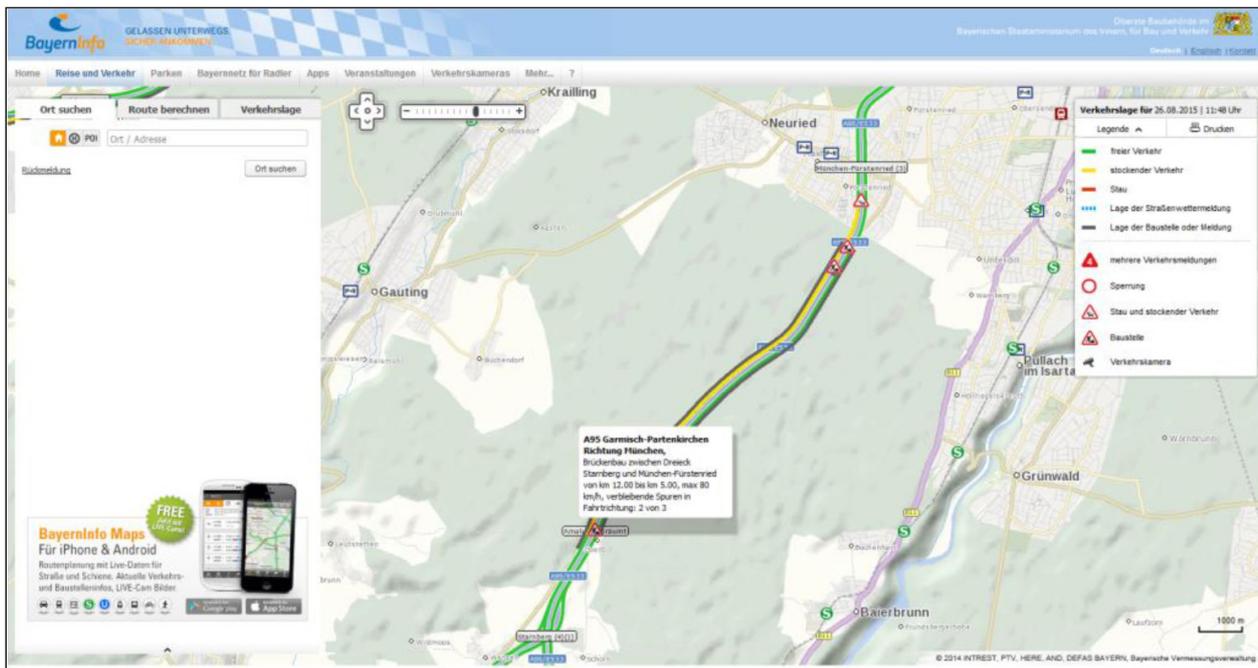


Bild 40: Homepage BayernInfo (Quelle: <http://www.bayerninfo.de>)

2.1.3 Reiseauskunft Bayern mit Verkehrslage

Das Reiseauskunftssystem BayernInfo enthält alle Meldungen zu Baustellen auf den BAB. Die Baustellen werden in Betriebskilometer angegeben und enthalten fahrtrichtungsgenaue Angaben, welche in den Eingangsdaten vorliegen. Die Überprüfung/Freigabe der einzelnen Meldungen erfolgt über die Verkehrsredakteure (siehe Bild 40).

2.2 Straßen.NRW – Landesbetrieb Straßenbau NRW – Baustellenmanagement

Straßen.NRW betreut den größten Teil des Nordrhein-Westfälischen Netzes von Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen. Darüber hinaus betreut Straßen.NRW rund 1.000 Kilometer Kreisstraßen. Für die nicht von Straßen.NRW betreuten Strecken sind größtenteils Kreise, Städte und Kommunen zuständig.

Straßen.NRW besteht aus dem Betriebssitz, vier Regionalleitungen mit insgesamt 10 Niederlassungen, 85 Straßen- und Autobahnmeistereien und einer Verkehrszentrale.

2.2.1 Vorbereitung / Ablauf Baumaßnahmen

Baustellen längerer Dauer (> 1 Tag) werden in der Regel von langer Hand geplant: In einem Bauprogramm werden einmal im Jahr alle geplanten Baumaßnahmen der nächsten Jahre zusammengefasst und hinsichtlich ihrer verkehrlichen und baulichen Kriterien koordiniert.

Vor Abschluss der Ausschreibungsphase werden die Baumaßnahmen erneut hinsichtlich Ihrer verkehrlichen Auswirkungen betrachtet und bei Bedarf angepasst. Wenige Wochen vor Baubeginn erfolgt eine abschließende Verkehrsbesprechung, an der neben dem Landesbetrieb auch Baufirma, der Verkehrssicherer, die Bezirksregierung/Polizei und die betroffenen Kommunen und Behörden teilnehmen. Ziel der Verkehrsbesprechung ist eine Festlegung des genauen Baubeginns und eine Feinabstimmung der Umleitungsplanung.

Der Ablauf des Planungsprozesses ist in Bild 41 dargestellt.

Die relevanten Daten für das Baustellenmanagement sowie Baustelleninformationen werden im Baustelleninformationssystem „NWBIS“ vorgehalten, worüber dann die Informationen an verschiedene Empfänger weitergegeben werden.

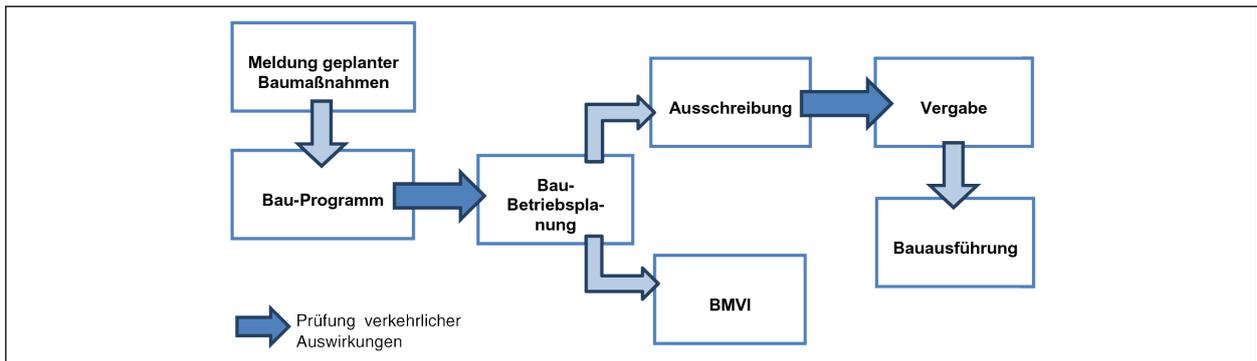


Bild 41: Ablaufschema Planungsprozess

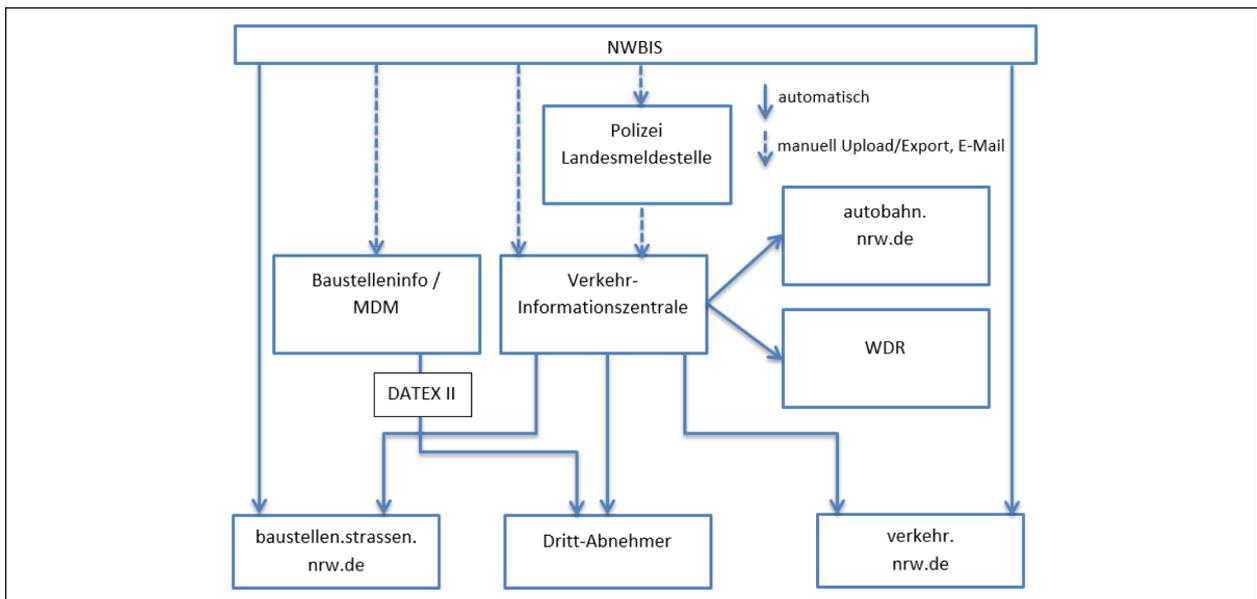


Bild 42: Datenfluss Baustellenmeldungen (bis Ende 2015)

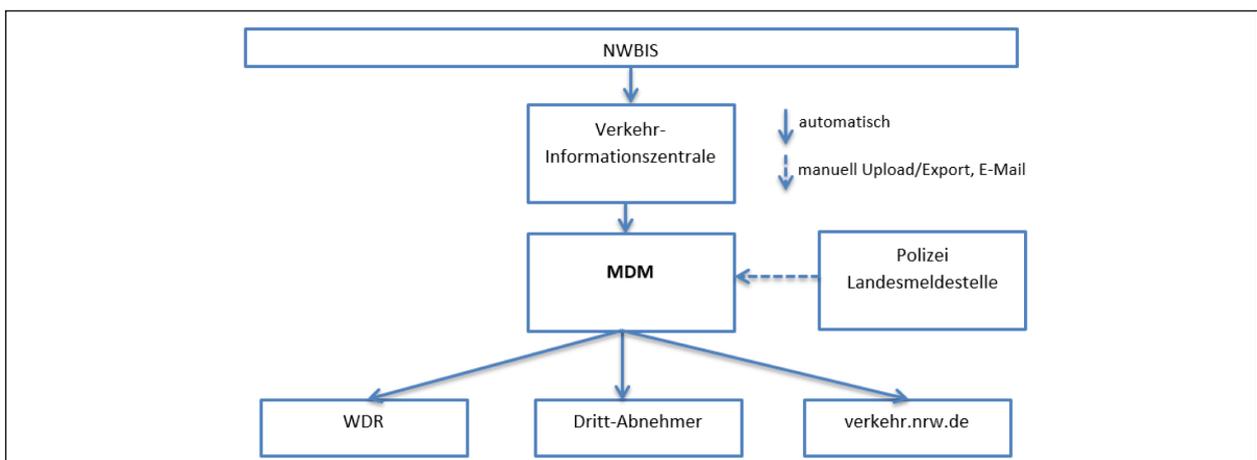


Bild 43: Datenfluss Baustellenmeldungen (ab 2016 geplant)

2.2.2 Baustelleninformationssystem

Straßen.NRW nutzt das „Baustelleninformationssystem Nordrhein-Westfalen“ (NWBIS), welches folgende Funktionalitäten bietet:

- System mit allen Arbeitsstellendaten (für Koordination der Baustellen)
- Basis: Betriebskilometrierung (BKM) + Netzknoten

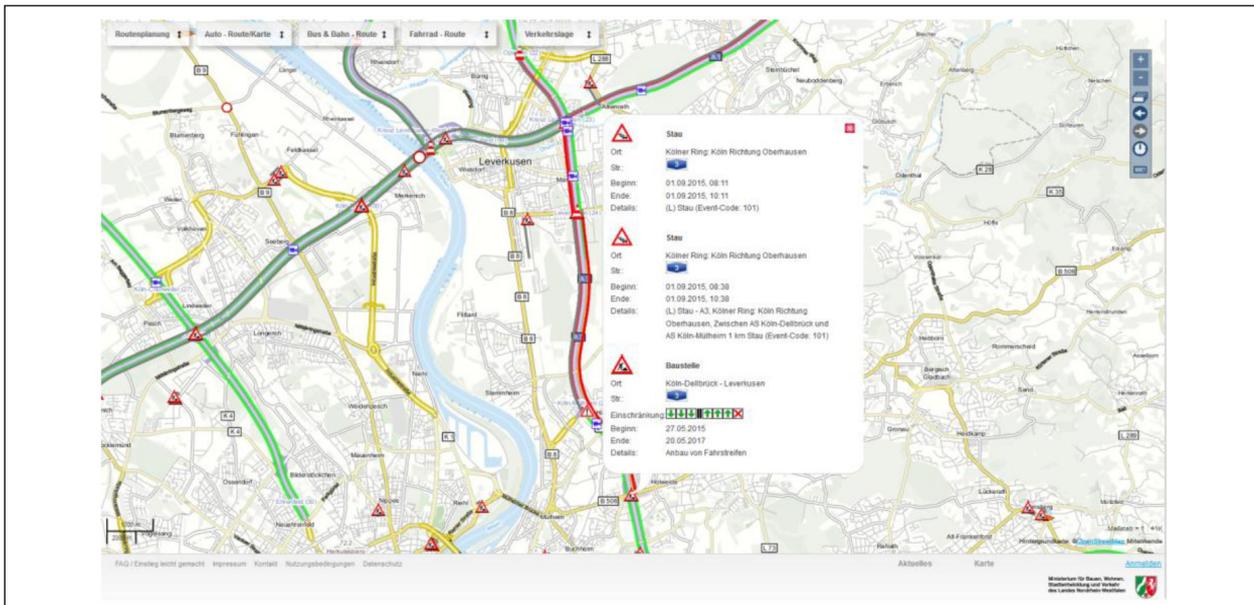


Bild 44: Homepage VERKEHR.NRW (Quelle: <http://www.verkehr.nrw.de>)

- Enthält Dauer-, Tagesbaustellen
- Dient u. a. der Betriebsplanung und Berichterstattung
- Grafische Darstellung und Verortung der Arbeitsstellen im BAB-Netz
- Straßendatenbank von Navteq
- Umfangreiche Detailinformationen zu den Baustellen
- Zusammenführung von weiteren Informationen aus Verkehrsrechnerzentrale (Verkehrslage, Stauprognose, usw.)
- Export (*.csv) und DATEX II über Mobilitätsdatenmarktplatez (MDM) des Bundes
- Darstellung der Baustellendaten intern (Intranet)/ extern (Internet)

2.2.3 Weitergabe Baustellenmeldungen

Aktuelle und geplante Baustellen in NRW sind im NWBIS vorhanden und werden an verschiedene Abnehmer verteilt. Zu den Empfängern der Baustelleninformationen zählen: MDM, Polizei, Verkehrszentralen, WDR, verschiedene *.nrw.de –Webseiten und Drittanbieter wie INRIX, TomTom usw.

Die Daten werden in unterschiedlichen Datenformaten, mit verschiedenen Inhalten und Detaillie-

rungsgraden weitergegeben. Dazu werden Daten manuell oder automatisiert übermittelt. Zudem erfolgt in einigen Fällen eine manuelle Bearbeitung und Anpassung der Datensätze. Diese Zusammenhänge basieren auf historisch gewachsenen Anforderungen. Dadurch kommt es derzeit noch bis zum Abschluss des einheitlichen Exports zu heterogenen Angaben bei ein und derselben Baustelle, wenn die Daten über verschiedene Wege zu einem Empfänger gelangen (Bild 42).

Diese Problematik von nicht identischen Datensätzen ist bekannt und soll ab 2016 durch eine geänderte und einheitliche Datenweitergabe über den MDM angepasst werden (Bild 43). Ein weiterer Vorteil ist, dass alle Meldungen von Verkehrsredakteuren freigegeben werden und somit zur Qualitätssicherung beitragen.

2.2.4 Verkehrsinformationssystem NRW

Die Daten des NWBIS werden verwendet um Baustellen- und Verkehrsinformationen an die Verkehrsteilnehmer über das Internet bereitzustellen. Es wird eine vergleichbare Detaillierung wie bei den anderen in diesem Dokument betrachteten Ländern erzielt.

2.3 Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr

2.3.1 Baustellenmeldungen der NLStBV

Seit der Schaffung des Mobilitäts-Daten-Marktplatzes (MDM) seitens des BMVI werden durch die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV) wie auch durch alle anderen Länder Baustelleninformationen auf dem MDM-Portal digital publiziert. Wie auch für alle anderen Bundesländer zutreffend werden die auf dem MDM hinterlegten BIS-Daten u. a. von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in eine benutzerfreundliche Kartendarstellung aufbereitet und auf der BASt-Webseite der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Baustellenmeldungen / -Informationen werden in Niedersachsen dezentral von den 13 regionalen Geschäftsbereichen der Straßenbauverwaltung durch verschiedene Fachbereiche und Verkehrsbehörden u. a. im Meldesystem Baustelleninfo erfasst. Bei diesem Meldesystem handelt es sich nicht um ein echtes Baustellenmanagementsystem (BMS), wie es beispielsweise in NRW zur Anwendung kommt. Vielmehr wurde das Meldesystem primär für Genehmigungsprozesse von Großraum- und Schwerlasttransporten konzipiert. In Niedersachsen werden zurzeit unterschiedliche und getrennt voneinander arbeitende Programme / Systeme zur Verarbeitung von Baustellenmeldungen verwendet.

Es gibt verschiedene Akteure, Listen, Datenbanken und Meldewege zu Baustelleninformationen, welche mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden vorliegen. Die Datenweitergabe der Arbeitsstellenmeldungen an das BMVI erfolgt gemäß des Leitfadens Arbeitsstellenmanagement im Rahmen der koordinierten Baubetriebsplanung. Die Meldungen an den MDM/BASt erfolgen vorgabengemäß für Arbeitsstellen auf BAB und mautpflichtigen 4-streifigen Bundesstraßen mit einer Dauer ≥ 4 Tagen sowie bei Vollsperrungen einer Anschlussstelle oder bei Vollsperrungen im Zuge einer BAB in täglicher Aktualisierung.

Um zukünftig Baustelleninformationen in höherer Güte bereitstellen zu können und sämtliche arbeitsstellenbedingte Prozesse, wie Planung, Koordination, verkehrliche Auswirkungen oder Qualitätssicherung, etc. verlustfrei in einem System verarbeiten zu können, wäre die Einführung eines Baustellenmanagementsystems ein geeignetes Werkzeug. Sowohl organisatorische als auch technische Hürden sind zu überwinden und Prozesse aufeinander abzustimmen. Diese Punkte wurden bereits von der NLStBV erkannt, können jedoch auch aufgrund der fehlenden Ressourcen nicht realisiert werden. Seitens der NLStBV wird darüber hinaus abgewartet, inwieweit das durch die BASt in der Entwicklung befindliche Verkehrsanalyse-System (VAS) ein geeignetes System darstellen könnte, um daraus ein BMS zu entwickeln bzw. Teile davon zu integrieren.

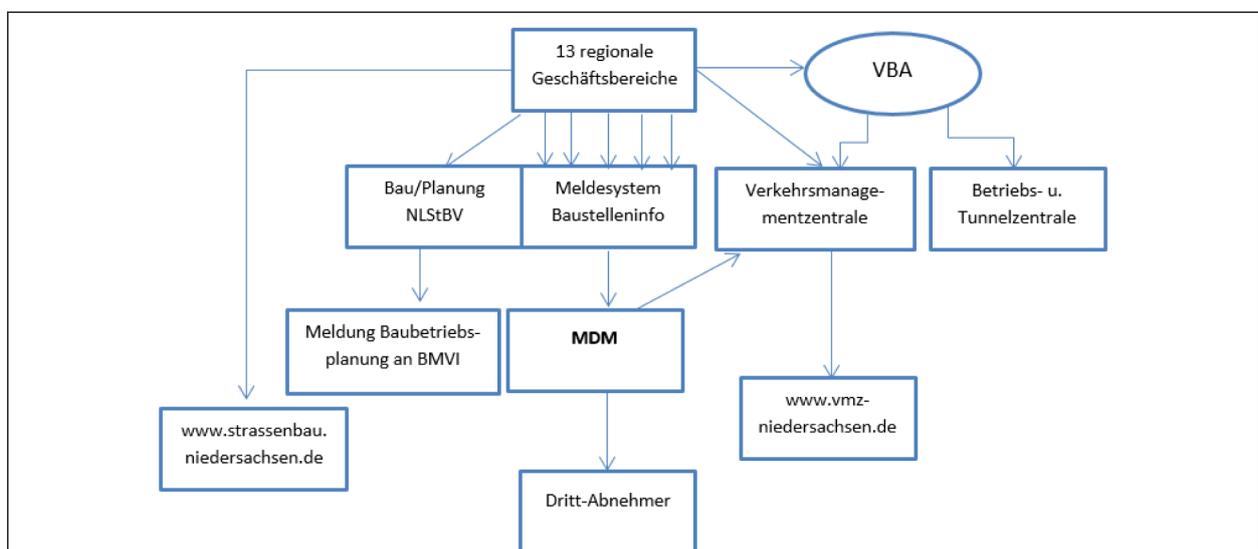


Bild 45: Weitergabe Baustellenmeldungen der NLStBV (gekürzt)

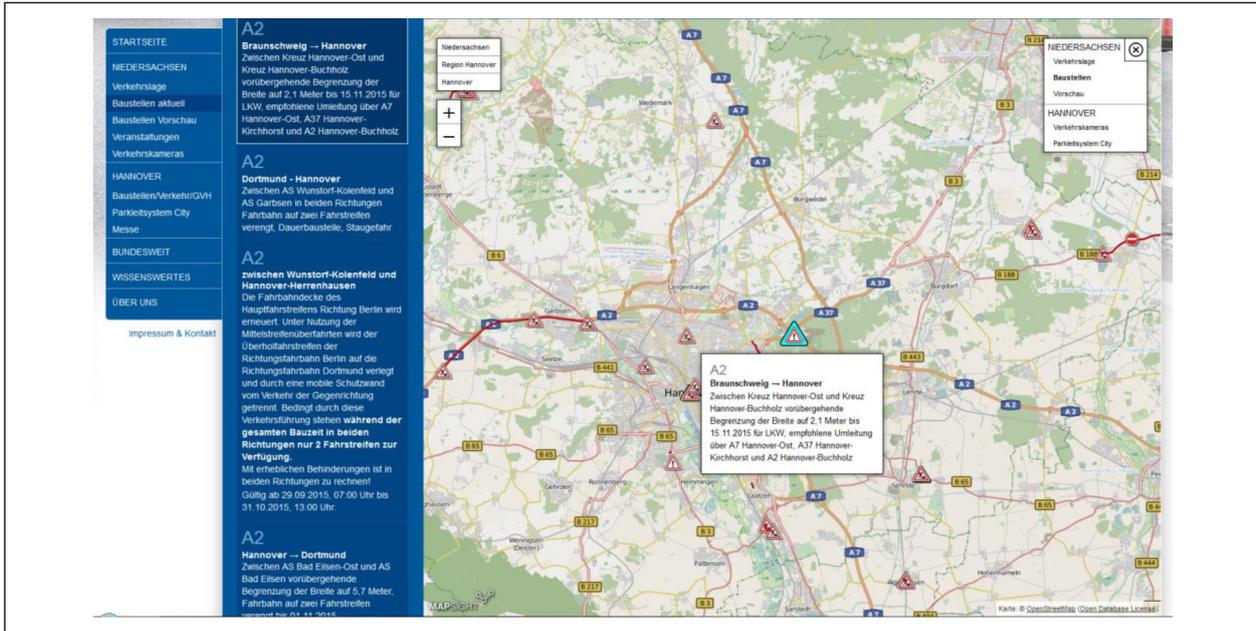


Bild 46: Homepage der Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen (Quelle: <http://www.v mz-niedersachsen.de/niedersachsen/baustellen-aktuell/>)



Bild 47: Homepage der Bast (Quelle: <http://www.bast.de/DE/FB-F/Baustelleninformation/baustelleninformation.html>)

2.3.2 Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen / Region Hannover (VMZ)

Als Landesmeldestelle für den Verkehrswarndienst ist die VMZ Niedersachsen u.a. dafür zuständig, dass alle eingehenden Verkehrsmeldungen über besondere Gefahrensituationen und allgemeine Meldungen über Unfälle, Staus, Straßensperrungen an Radiosender geleitet werden. Polizeidirektionen, Fachabteilungen der NLStBV oder die unteren Verkehrsbehörden von Kommunen informieren dazu die VMZ. Diese Meldungen werden digital (codiert) weitergegeben und können somit von den Rundfunkanstalten verlesen, sowie als TMC (Traffic Message Channel) Meldungen in Navigationsgeräte und Radios mit RDS (Radio Data System) empfangen und für Routenempfehlungen automatisiert verarbeitet werden.

Die dargestellten Baustellen bei der VMZ Niedersachsen sind das Ergebnis einer aufwendigen redaktionellen Arbeit mit Auswertung verschiedener Datenquellen. Sie können jedoch kein vollständiges und qualitätsgesichertes Bild aller Baumaßnahmen in Niedersachsen wiedergeben, da ein standardisierter Datenfluss von Informationen nicht lückenlos gegeben ist.

2.3.3 Weitergaben an das Baustelleninformationssystem des Bundes und der Länder

Das Baustelleninformationssystem des Bundes/BAST, indem alle Arbeitsstellenmeldungen der Bundesländer zusammengefasst dargestellt werden, basiert auf einem Straßennetz, welches aus der Location Code List (LCL) generiert wird. In der niedersächsischen Straßenbauverwaltung wird die NWSIB als Straßeninformationsdatenbank auf Basis der Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) als Straßennetzgrundlage für Arbeitsstellen genutzt.

Die Arbeitsstellen werden auf Basis von Betriebs-Kilometern (BKM) und Stationierung erfasst und von der NLStBV verwaltet. Die Lagen der Arbeitsstellen sind dabei auf Meter genau bekannt. Ein Problem entsteht u.a. bei der Weitergabe und Umwandlung von BKM auf LCL-Knoten, die nicht in der NWSIB hinterlegt sind, wodurch die Baustellenlängen in der Darstellung des Bundes virtuell erhöht werden (Ver-

lust Genauigkeit). Die Basis hierfür sind, als kleinste Gemeinsamkeit, die Anschlussstellen (AS). So entstehen Genauigkeitsverluste auf Basis der unterschiedlichen Bezugssysteme. Zudem werden wichtige, vorhandene Freitextinformationen (zusätzliche Angaben wie z. B. Sperrung einzelner Spuren) in den Daten über die genutzten Schnittstellen beim Import/Export verworfen.

2.4 Straßen- und Verkehrsmanagement in Hessen

Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement, ehemals die Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung, ist für das gesamte außerörtliche Straßennetz von Hessen verantwortlich.

In Bezug zu den Baustelleninformationen nutzt Hessen Mobil eine eigene Datenhaltung (auf Basis von BKM) im Baustellenmanagementsystem (BMS). Das System wird für die gesamte Baustellenverwaltung von Planung bis Abschluss von Baustellen verwendet. Zukünftig ist die Einführung eines Baustellenmeldesystems (TIC) geplant.

Aktuell wird für die Weitergabe von Baustellenmeldungen an den Bund/die BAST der sogenannte „BIS-Client“ verwendet. Dieses Softwaretool wird von vielen Bundesländern verwendet, um eine Datenweitergabe an den MDM zu ermöglichen, wenn entsprechende Softwareschnittstellen der jeweils verwendeten Meldesysteme nicht vorhanden oder korrekt umgesetzt worden sind. Die Baustelleninformationen (längerer Dauer) werden aus Hessen manuell und anlassbezogen eingegeben. Vor Bereitstellung an den MDM werden die eingegebenen Daten durch den BIS-Client in DATEX II überführt.

In Hessen sind zwei Dezernate (Hessen Nord/Süd) für die Eingabe und Weitergabe der Baustellen im BMS verantwortlich. Der Prozess im Baustellenmanagementsystem ist nach den folgenden Punkten gegliedert:

- Planung
- Anordnung
- Durchführung
- Abschluss

Mit der verkehrsrechtlichen Anordnung von Baustellen (über den Fachbereich „Verkehr“ / Baustellenkoordinator) wird auch die Datenweitergabe an Bund/BASt über den BIS-Client, sowie über die eigene Internetpräsentation (mobil.hessen.de) an die Verkehrsteilnehmer eingeleitet. Bisher gibt es keine graphische Darstellung dieser Meldungen, sondern nur entsprechende Textmeldungen an die Nutzer.

03.12.2015 – Pressemitteilung

A 45: Arbeiten zum Ersatzneubau der Talbrücke Münchholzhausen bei Wetzlar

Hessen Mobil: Teilspernung der Anschlussstelle Wetzlar-Süd am 9. und 10. Dezember

Im Zuge der Bauarbeiten zum Ersatzneubau der Talbrücke Münchholzhausen auf der A 45 zwischen den Anschlussstellen Wetzlar-Süd und Gießen-Lützellinden wird am Mittwoch, 9. Dezember, und Donnerstag, 10. Dezember, an der Anschlussstelle Wetzlar-Süd die Auffahrt in Richtung Dortmund gesperrt.

Die Sperrung gilt jeweils nur tagsüber im Zeitraum von ca. 8.30 bis 15 Uhr.

Eine Besonderheit ist das Slot-Management für Baustellen kürzerer Dauer durch ein zusätzliches System. Das System prüft anhand einer Anbindung an das BMS automatisch, wann eine weitere Baustelle errichtet werden kann und ermittelt so für beabsichtigte Arbeiten auf Autobahnen geeignete Zeitfenster.

Bezüglich des Prozesses zur Baustelleninformationsverarbeitung kann es vorkommen, dass Informationen (z. B. bei Bild von Baustellen) im BMS fehlen oder verzögert weitergegeben werden. Die Aktualisierung im BMS erfolgt dann aktiv über manuelle Informationserfassung, wie Kameras oder Meldungen von Nutzern, sowie Mitarbeitern der Autobahnmeistereien. Eine Qualitätsprüfung bei der Dateneingabe in das BMS wird dabei nach dem 4-Augen-Prinzip als Freigabeformalität realisiert.

2.5 Prozessverallgemeinerung in den Organisationen

In den vier betrachteten Organisationen findet man stark divergierende Prozesse in Bezug auf die Datenqualität und –Weitergabe von Baustelleninformationen. In Tabelle 7 ist eine Einordnung der beteiligten Bereiche gemäß der Bild 38 aufgezeigt.

Die wesentlichen Unterschiede liegen vor allem bei:

- der Anzahl der beteiligten Stellen (intern/extern),
- den verwendeten Verarbeitungssystemen (teilw. in Umsetzung / nicht vorhanden),
- der Art der Servicebereitstellung und Qualitätsprüfungen und
- der Zusammenführung von verschiedenen Informationsquellen bis zu Darstellung.

2.6 Generell identifizierte Herausforderungen bis zur Weitergabe von Baustelleninformationen

Nach WILTSCSKO, T. (2004) wird eine Einteilung der Qualitätsmerkmale in Zuverlässigkeit, Integrität und Genauigkeit vorgenommen. Bei einer vollständigen Baustelleninformations-Weitergabe sind genau diese Punkte als Datenlieferant zu berücksichtigen.

1. Zuverlässigkeit
 - a) Verfügbarkeit
 - I. räumliche Abdeckung
 - II. zeitliche Abdeckung
 - III. Datendichte
 - b) Aktualität
 - I. zeitlicher Versatz zwischen Ereignis und Meldung
2. Integrität
 - a) Vollständigkeit
 - b) Konsistenz
 - c) Korrektheit
 - I. Qualitätskennziffer [QKZ]
 - II. subjektive Kenngrößen

	ABDSB	Strassen.NRW	NLSIBV	Land mit Nutzung BIS Client z. B. Hessen
Info/Ereignis			Baustelle	
Inhaltsfeststellung	Baustellenkoordinator/ Bearbeiter 1 Baubehörde	Baustellenkoordinator/ Bearbeiter 4 Regionale Niederlassungen	Baustellenkoordinator/ Bearbeiter 13 Regionale Geschäftsbereiche	Baustellenkoordinator/ Bearbeiter 2 Dezernate (HE-Nord / HE-Süd)
Inhaltsverarbeitung	ArBIS	NWBIS / NWSIB	Meldesystem	Baustellenmanagementsystem
Service- bereitstellung	ArBIS Verkehrsredakteure	NWBIS Verkehrsinformationszentralen (VIZ) Landesmeldestelle Polizei	Meldesystem Verkehrsmanagementzentrale	Baustellenmanagementsystem
Service-darstellung	bayerninfo.de	verkehr.nrw.de baustellen.strassen.nrw.de autobahn.nrw.de WDR	vmz-niedersachsen.de	mobil.hessen.de (nur TEXT-Meldungen)
Weitergabe an MDM	CSV Dateien (wöchentl.) Formatwandlung nach DATEX II durch BIS-Client	CSV Dateien (tägl.) Formatwandlung nach DATEX II durch den BIS-Client	Aus Meldesystem in DATEX II (tägl.)	Manuelle Eingabe über BIS-Client (nach Bedarf) Formatwandlung nach DATEX II durch den BIS-Client
Datenvermittler	MDM http://service.mdm-portal.de/			
Nutzer	Baustelleninformationssystem des Bundes/ BAST http://www.bast.de/DE/Fahrzeugtechnik/Baustelleninformation/baustelleninformation.html (Dritt-Abnehmer)			

Tab. 7: Prozesskette in den Organisationen

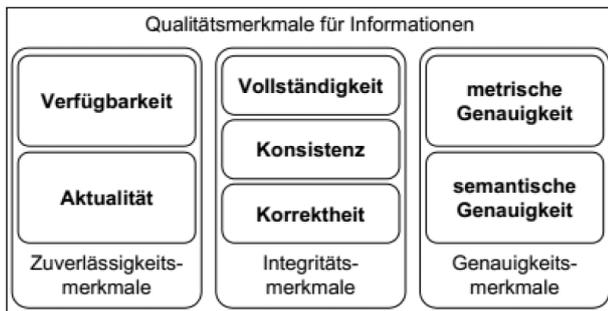


Bild 48: Qualitätskriterien für Informationen (WILTSCHKO, 2004)

3. Genauigkeit

a) metrisch

- I. räumliche Auflösung (Segmentlänge)
- II. zeitliche Auflösung (Intervalllänge)
- III. Qualitätsindikatoren für verwendete Signale

b) semantisch

Der Datenfluss von der Baustelle über Informations-Zentren und MDM, bis zum Verkehrsteilnehmer ist mehrfach unterbrochen. Der Bruch erfolgt durch Wechsel des Übertragungs-Mediums und manuelle Bearbeitung.

Auch die Datenbasis ist sehr unterschiedlich. Dies bedeutet nicht, dass die Daten nicht verfügbar sind, sondern dass eine Vielzahl an vorhandenen und detaillierten Informationen nicht weitergegeben bzw. generalisiert werden.

Ein weiteres Problem sind die strukturellen und organisationsspezifischen Abhängigkeiten, die eine konsistente Datenweitergabe blockieren.

An den folgenden Beispielen wird gezeigt, was mögliche Hindernisse sind.

- Der Datenfluss ist durch viele manuelle Schritte gehemmt.
- Die interne Organisatorische Aufstellung berücksichtigt nicht die Anforderungen der Fachabteilungen (Bottom up), welche für einen durchgehenden Managementprozess von Baustellen erforderlich ist (z. B. klare Verantwortlichkeiten, techn. Ausstattung, usw.).
- Die Datenweitergabe der Baustellen erfolgt nicht ausreichend zeitnah, sondern nur zu festgelegten Zeitpunkten (z. B. wöchentlich), so dass ggf.

Veränderungen erst nach Eintreten veröffentlicht werden.

- Baustellenmeldungen werden über verschiedene Kommunikationskanäle gemeldet, dadurch entstehen Meldungen für dieselbe Baustelle mit unterschiedlichen und zum Teil widersprüchlichen Dateninhalten.
- In den Straßenbehörden wird mit unterschiedlichen Bezugssystemen zur Verortung (z. B. „intern bekannte“ Betriebskilometer) gearbeitet. Das Basisknotennetz des Bundes (LCL-Netz) kann als Grundlage für die Datenweitergabe verwendet werden, da diese Referenz auch für Externe bekannt ist, während bei ASB-konformen Daten ein eindeutiger geografischer Bezug für externe nicht abgeleitet werden kann.
- Die Datenfreigabe ist nicht qualitätsgesichert (manuelle Eingaben werden nicht kontrolliert, für automatisierte Prozesse existiert kein formales Freigabeverfahren).
- Das Informationssystem stößt an Grenzen, wenn verschiedene Baustellen zwischen den Anschlussstellen liegen.
- Spurgenaue Informationen (z. B. Sperrung einzelner Spuren) werden in den seltensten Fällen weitergegeben.
- Es gibt keine gesteuerte Kooperation mit Landratsämtern (evtl. freiwillige Koordinierung) für das nachgeordnete Straßennetz, so dass ggf. Baustellen auf Ausweichstrecken nicht abgestimmt werden.

3 Anforderungen an Organisation und Qualitätsmanagement gemäß DIN EN ISO/IEC 17025

In der DIN EN ISO / IEC 17025 sind Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem für Labore vorgegeben. Die Erstellung / Durchführung einer Baustelleninformationseinrichtung kann als Labortätigkeit angesehen werden. Es werden Messungen durchgeführt und die Qualität der Messungen soll sichergestellt werden. Daher ist es sinnvoll diese Anforderungen des Standards als Basis für die Beurteilung der Qualität zu nehmen.

Laut dem informativen Anhang B der Norm „Leitlinien für die Erstellung von Anforderungen für besondere Gebiete“ kann es erforderlich sein, die in der Norm allgemein formulierten Anforderungen, zu erläutern. Der Begriff „Laboratorium“ in der DIN EN ISO/IEC 17025 bezeichnet das Unternehmen, welches den Laboratoriumsbetrieb realisiert.

In der ISO 17025 sind unter „Anforderungen an das Management“ die zu betrachtenden Kapitel beschrieben, welche für ein funktionierendes Qualitätsmanagementsystem erforderlich sind. Die wesentlichen Anforderungen mit den Zuordnungen zu den einzelnen Kapiteln und der vollständigen Beschreibung sind in Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. für die Umsetzung eines QMS aufgeführt. Dazu zählen die folgenden Punkte:

- 4.1 Organisation
- 4.2 Managementsystem
- 4.3 Lenkung der Dokumente
- 4.4 Prüfung von Anfragen, Angeboten und Verträgen
- 4.5 Vergabe von Prüfungen und Kalibrierungen im Unterauftrag
- 4.6 Beschaffung von Dienstleistungen und Ausrüstungen
- 4.7 Dienstleistung für den Kunden
- 4.8 Beschwerden
- 4.9 Lenkung bei fehlerhaften Prüf- und Kalibrierarbeiten
- 4.10 Verbesserung
- 4.11 Korrekturmaßnahmen
- 4.12 Vorbeugende Maßnahmen
- 4.13 Lenkung von Aufzeichnungen
- 4.14 Interne Audits
- 4.15 Managementbewertungen

Die Punkte, die sich speziell auf Prüf- und Kalibrierarbeiten beziehen, werden nicht für dieses Projekt herangezogen.

4 Konzept zur Selbstoptimierung

Für die Weitergabe von Baustelleninformationen ist ein einheitlicher, standardisierter Verfahrensablauf unabdingbar. In Bild 38 wurde ein Konzept dargestellt, welches bei den Straßenbehörden bundesweit eingeführt und angewendet werden sollte.

Dafür ist es erforderlich, dass die Organisationen ein QM-System aufbauen, in welchem die einzelnen Schritte der Prozesskette gemäß Bild 37 für die verschiedenen Prozesse definiert werden:

1. Datenerfassung (Feststellen des Inhalts)
2. Verarbeitung der Inhalte
3. Bereitstellung des Service
4. Darstellung des Service

Am Beispiel der Erfassung und Weitergabe aktueller Baustelleninformationen bei Einrichtung einer Baustelle sind die in Bild 49 dargestellten Schritte zur Aktualisierung der bereits in der Planungsphase bereitgestellten Daten notwendig.

1. (Vor-Ort) **Erfassung** bundeseinheitlicher Datensätze nach entsprechendem Daten-Katalog und sofortige elektronische Weitergabe (Baustellenkoordinator)
2. **Verarbeitung** der elektronisch übermittelten und manuell erfassten Datensätze mit Qualitäts-Check durch Verkehrsredakteure und deren Freigabe innerhalb eines zu definierenden Zeitraumes
3. Weitergabe der Baustelleninformationen durch **Bereitstellung** im DATEX II Format an MDM über einheitliches Profil
4. Verteilung / Online Abruf (Push Services) an Dritt-Abnehmer vom MDM automatisiert möglich, um sofortige **Weitergabe an End-Nutzer durch Dienstleister zu unterstützen**

Bild 49: Erfassung und Weitergabe von Baustelleninformationen (erforderliche Schritte in der Wertschöpfungskette)

Die im Beispiel genannte Baustellenerfassung nach TISA-Prozesskette dient als übergeordnete, durchzuführende Prozessbeschreibung.

Die Erstellung von QM-Handbüchern und Aufbau eines den Anforderungen definierten QM-Systems obliegt den Organisationen (Straßenbehörden). In diesem System müssen sämtliche Prozesse sowie die Rollen der verantwortlichen Mitarbeiter (im Beispiel Baustellenkoordinator und Verkehrsredakteur) festgelegt werden.

Im Rahmen eines Zertifizierungsprozesses werden die vorhandenen Qualitätsmaßnahmen durch die Organisationen vorgestellt und Prozessdokumentationen in Vor-Audits gesichtet, um das QM-System beurteilen zu können. Es folgen Abstimmungen zum weiteren Vorgehen mit den Organisationen und zur sinnvollen Durchführung von erforderlichen organisatorischen Maßnahmen.

4.1 Beschreibung der durchzuführenden Maßnahmen

Die Standards für das QM-System folgen dem PDCA-Zyklus. PDCA bedeutet Plan-Do-Check-Act (Planen-Ausführen-Überprüfen-Anpassen).

Der PDCA-Zyklus ist einfach anzuwenden, lässt sich in allen Unternehmensbereichen sinnvoll nutzen und muss lediglich in der Anwendung auf die spezifische Aufgabenstellung hin angepasst werden. Die Basis für den Prozess bildet die DIN EN ISO/IEC 17025 mit Anlehnung an die Vorgaben der TISA. Für die Umsetzung des übergeordneten Konzeptes nach Bild 49 sind interne Prozesse der Straßenbehörden zu optimieren, sowie eine Anpassung bei der Erfassung, Bearbeitung und Weitergabe der Daten vorzunehmen.

Die wesentlichen Anforderungen dazu sind:

- (Voll-) Elektronische, einheitliche Dateneingabe bei der Erfassung
 - Überprüfung und Einhaltung der Qualitätssicherungsmaßnahmen
 - Nutzung standardisierter Datenschnittstellen
- Einführung eines gesicherten Qualitätsmanagements in Organisationen (Straßenbehörden)

Einhergehend ist die Entwicklung eines neuen Standards für Verkehrsmanagementzentralen auf Basis

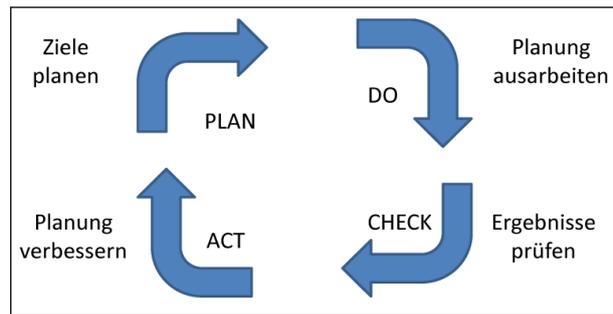


Bild 50: PDCA-Zyklus

DIN EN ISO/IEC 17025 u. a. mit folgenden Inhalten erforderlich:

- Verbesserung der vorhandenen Prozesse
- Umsetzung von Korrekturmaßnahmen
- Durchführung von internen Audits
- Erstellung einer Anweisung zur einheitlichen Datenweitergabe und -Verarbeitung

Es erfolgt eine externe Überwachung des eingeführten Qualitätsmanagementsystems, dass eine permanente Prozessoptimierung beinhaltet und so zu einem höheren Qualitätslevel der Daten führt.

Die Bestimmung der Datenqualität kann nicht nur durch Ground Truth erfolgen, sondern insbesondere über die direkte Rückmeldung der Nutzer. Diese Rückkoppelung ist eine wesentliche Einflussgröße bei der Selbstoptimierung von Organisationen.

4.2 Exemplarische Anwendung des PDCA-Zyklus

Die Anwendung des PDCA-Zyklus auf den in Bild 50 vorgestellten Weitergabeprozess von Baustelleninformationen kann wie folgt aussehen:

1. Ziele planen

Aus der Prozessbeschreibung lassen sich direkt zwei Qualitätsindikatoren ableiten. Der erste befasst sich mit dem Ergebnis des Reviewprozesses. Dafür wird ein Wert festgelegt, der angibt, wie viele Fehler im Reviewprozess erkannt werden dürfen für einen definierten Zeitraum. So kann initial ein Wert von 6 erkannten Inkonsistenzen / Fehlern für einen Zeitraum von 3 Monaten als Schwellwert definiert werden. Der Reviewprozess und die Weitergabe

der Daten soll innerhalb eines definierten Zeitraumes erfolgen und dafür kann initial ein Schwellwert von 24 Stunden definiert werden.

Die Qualität kann ohne verfügbare Ground Truth Daten nicht weiter validiert werden außer über die Anzahl der Rückmeldungen der Nutzer. Daher kann ein dritter Qualitätsindikator definiert werden, der die Anzahl der Rückmeldungen/Beschwerden erfasst. Dafür kann als Schwellwert basierend auf Erfahrungswerten 8 Ereignissen für einen Zeitraum von einem Quartal festgelegt werden.

2. Planung ausarbeiten

Es wird eine Arbeitsanweisung erstellt, in der festgelegt wird, wie die Messung der Qualitätsindikatoren erfolgt, wie diese dokumentiert werden und wann, wie und durch wen eine Überprüfung stattfindet.

3. Ergebnisse prüfen

Es finden regelmäßig Audits statt, in denen die gemessenen Qualitätsindikatoren mit den definierten Schwellwerten verglichen werden. Unabhängig davon, ob der Schwellwert unterschritten oder überschritten wurde, wird analysiert, wie der Fehler entstanden ist. Die Zielsetzung bei der Analyse ist es, eine Optimierung des Prozesses zu ermöglichen.

4. Planung verbessern

Basierend auf der im vorigen Schritt durchgeführten Analyse werden erkannte Schwachstellen beseitigt. Dieses kann durch eine Schulung der Mitarbeiter, eine Verbesserung der Arbeitsanweisung oder durch eine Änderung der Arbeitsumgebung / -mittel erfolgen.

Dann beginnt der PDCA Zyklus wieder von vorne, indem im ersten Schritt wieder Ziele zu planen sind. Beim erneuten Durchlaufen des Zyklus sollten die eingeleiteten Maßnahmen zu einer Verbesserung der Qualität führen, so dass die Ziel typischerweise anspruchsvoller gesetzt werden können. Teilweise ergeben sich durch die Analyse der Ursachen weitere kritische Aspekte, die gemessen werden können und zu einem zusätzlichen Qualitätsindikator führen.

So führt die wiederholte Anwendung zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Qualität und ermög-

licht der Organisationseinheit eine messbare Selbstoptimierung durchzuführen.

5 Standardisierung auf nationaler und europäischer Ebene

Mindestanforderungen an ein weltweit anerkanntes Qualitätsmanagementsystem sind in der DIN EN ISO 9001:2015 beschrieben und unterliegen einem ständigen Verbesserungsprozess. Es gibt eine Reihe von branchenspezifischen Normen und Spezifikationen zum Qualitätsmanagement, wie z. B. die ISO/IEC 17025 für Laboratorien, ISO/TS 16949 in der Automobilindustrie oder CEN/TS 16157-5 für ITS (DATEX II). Für das Gesundheitsmanagement wird gerade ein neuer Standard ISO 45001 erarbeitet, der Mitte 2016 verabschiedet werden soll. In diesen Standards stehen die behandelten prozessorientierten Betrachtungsweisen der Unternehmensabläufe im Vordergrund. Es werden Unternehmensprozesse in einer Prozesslandschaft gesehen, in der es Wechselwirkungen und Schnittstellen gibt, die das Qualitätsmanagementsystem erkennen, abbilden und regeln muss. Auch die Schnittstellen nach außen sind festzulegen. Der Standard unterscheidet zwischen kundenorientierten Prozessen, unterstützenden Prozessen und Managementprozessen.

Die allgemeinen Grundsätze des Qualitätsmanagements sind:

1. Kundenorientierung
2. Führung
3. Einbeziehung der beteiligten Personen
4. Prozessorientierter Ansatz
5. Ständige Verbesserung
6. Sachbezogener Ansatz der Entscheidungsfindung
7. Lieferbeziehung zum gegenseitigen Nutzen

Im Bereich der Verkehrsmanagement Prozesse gibt es z. Z. keinen Standard. Daher werden die QM Grundsätze insbesondere, Verbesserungs-, Korrekturmaßnahmen und Durchführung von Audits

gemäß des PDCA Zyklus genutzt, um eine entsprechende Selbstoptimierung in den Organisationen zu erreichen.

Es wird ein eigener Standard für Qualitätsmanagementsysteme für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste erarbeitet, der über DIN in die entsprechenden internationalen Standardisierungsgremien eingebracht werden kann. Da die Erarbeitung und Verabschiedung eines Standards über DIN und ISO mehr als sieben Jahre dauert, wird parallel ein firmeninterner Standard entwickelt. Dieser kann als Vorläufer eingesetzt werden, um die Prozesse bei der Meldung von Baustelleninformationen kurzfristig zu optimieren. Dieser Standard kann allen Beteiligten bereits nach einem Jahr zur Verfügung gestellt werden.

Zusammenfassung

In der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962 der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern wird von den Mitgliedsstaaten neben der Einrichtung nationaler Zugangspunkte zu Straßen- und Verkehrsdaten auch die gemeinsame Definition von Datenqualitätsindikatoren (-kenngrößen) und Methoden zur Qualitätsbewertung und -kontrolle der verschiedenen Datenarten gefordert.

Ziel dieses Projektes war es daher ein Qualitätsmanagementsystem für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste zu entwickeln und für die Datenarten Baustelleninformationen“und Reisezeitinformationen zu spezifizieren.

Dazu wurde im Arbeitspaket (AP) 1 der Stand der Wissenschaft und Technik im Bereich der Qualitätssicherung von Daten für IVS-Dienste recherchiert. Dies beinhaltete relevante Richtlinien und Standards, Gremien, Forschungsprojekte, Qualitätsbegriffe, IVS-Dienste, Prozesse und Prozessketten, vorhandene Qualitätskriterien und -kenngrößen so-

wie Verfahren zur Qualitätsbewertung und Qualitätsmonitoring-Systeme.

Das Ergebnis der Recherche war, dass hauptsächlich referenzierende Verfahren zur Qualitätssicherung von Reisezeitinformationen existieren, die entweder aufwendige und somit teure Referenzmessungen (z. B. spezielle Befahrungen) erfordern oder nur in Bereichen mit ausreichender stationärer Detektion (z. B. im Bereich von Streckenbeeinflussungsanlagen auf Autobahnen) anwendbar sind. Diese Verfahren sind daher nur eingeschränkt für eine zeitlich (kontinuierliche) und räumlich (netzweite) umfassende Qualitätssicherung von Reisezeitinformationen geeignet. Die beschriebenen Verfahren wurden von TRANSVER im Rahmen des CEDR-Projektes UNIETD untersucht, erweitert, prototypisch implementiert und angewandt. Die Ergebnisse können im Projektbericht nachgelesen werden, der in Kürze veröffentlicht wird.

In der Literatur nicht beschrieben sind dagegen referenzierende und referenzfreie Verfahren zur Qualitätssicherung von Baustelleninformationen und referenzfreie Verfahren für Reisezeitinformationen. Die Entwicklung solcher Verfahren bildete daher den Schwerpunkt von AP 2. Da über den MDM (noch) keine Reisezeitinformationen angeboten werden (es existiert noch kein entsprechendes DATEX II Profil) wurde ein Teil der entwickelten Verfahren für Baustelleninformationen prototypisch implementiert und anhand einer Stichprobe auf Praxistauglichkeit getestet. Bei den angewandten Prüfungen zeigten sich keine Fehler für die Verfügbarkeit, die formelle Konsistenz und die Vollständigkeit. Fehler traten bei der inhaltlichen Konsistenz und der Korrektheit auf. Die genauere Analyse der Fehler hat ergeben, dass nur wenige Prüfungen angeschlagen haben und dass die Fehler meist gehäuft/systematisch für einzelne Bundesländer und konkrete Fehlertypen (Prüfungsarten) aufgetreten sind. Diese Fehler könnten durch die Implementierung und Anwendung der Prüfungen bereits bei der Eingabe/Erfassung der Meldungen von vornherein abgefangen/vermieden werden.

Die im AP 2 entwickelten Verfahren sind allerdings nur Qualitätswerkzeuge, deren Anwendung im Rahmen eines organisatorischen Qualitätsmanage-

ments sichergestellt werden muss. Ein entsprechendes organisatorisches Qualitätsmanagement wurde im AP 3 erarbeitet. Dazu wurden zunächst durch die Befragung von Datengebern und -nehmern die Probleme bei der Erfassung, Verarbeitung, Bereitstellung und Darstellung der Baustelleninformationen über den MDM erfasst. Dabei wurden vor allem organisatorische Aspekte identifiziert, die für eine Verbesserung der Qualität der bereitgestellten Informationen geändert werden müssen:

- Die Baustellendaten liegen in den verschiedenen Bundesländern (zur Genehmigung/verkehrsrechtlichen Anordnung) in heterogener Art und Weise (Papierform bis hin zu komplexen Baustellenmanagementsystemen) vor, werden aber mangels (automatisierter) Schnittstellen, Prozessen, Zuständigkeiten, Personal und/oder Bewusstsein nicht in der erforderlichen Qualität auf dem MDM bereitgestellt.
- Es gibt in den meisten Ländern kein Qualitätsmanagementsystem für die Erfassung, Bearbeitung und Weitergabe der entsprechenden Informationen.

Außerdem wurden technische Aspekte identifiziert, die ebenfalls durch die Einführung des erarbeiteten Qualitätsmanagementsystems positiv beeinflusst werden können:

- Teilweise werden die DATEX II Elemente unterschiedlich/falsch interpretiert und dementsprechend falsch versorgt.
- Wechselnde ID bei Meldungen (Aktualisierungen), welche dieselbe Gesamtmaßnahme (Situation) betreffen.
- Fünf verschiedene Methoden für die Verortung (Georeferenzierung).
- Unvollständige Meldungen (verpflichtende Elemente leer).
- Die Baumaßnahmen stimmen in der Realität nicht mit den Planungen überein (z. B. früherer Beginn). Keine dynamische Erfassung.
- Fehlende Qualitätsinformationen.

Derzeit wird die Qualitätssicherung der Daten sehr aufwendig und manuell von den Datenabnehmern(!) durchgeführt. Fehlende oder unplausible Daten

müssen aufwendig nacherhoben werden (z. B. durch telefonische Nachfrage beim Datengeber). Wenn dies nicht möglich ist, müssen die unplausiblen Daten verworfen werden und sind somit nicht nutzbar, was zu fehlenden Informationen (z. B. nicht gemeldeten Baustellen) führt.

Durch die Einführung, Anwendung und regelmäßige Prüfung (AP 4) des im Rahmen dieses Projektes entwickelten und im zugehörigen Leitfaden (AP 5) beschriebenen Qualitätsmanagementsystems, das sowohl einen organisatorischen Rahmen als auch Qualitätskenngrößen und Verfahren zur Prüfung der Qualität enthält, kann seitens der Datengeber ein Großteil der o. g. Probleme erkannt und behoben werden.

Wesentliche Maßnahmen sind dabei,

- die eindeutige Übertragung der Verantwortung für die Qualität der bereitgestellten Informationen auf die Datengeber,
- die Bereitstellung (Finanzierung), regelmäßige Schulung und Motivation von zuständigem Personal mit ausreichendem Zeitbudget,
- die Bereitstellung von DATEX II Profil-konformen Systemen zur Eingabe und Übertragung der Meldungen, welche unvollständige, inkonsistente oder falschen Meldungen bereits bei der Eingabe durch automatisierte Prüfungen verhindern,
- die bereits begonnene Überarbeitung der DATEX II Profile (z. B. die Festlegung einer verpflichtenden Methode zur Georeferenzierung) und
- die Lieferung von Qualitätskennzahlen mit den Informationen.

Literatur

- ACKAAH, W., HUBER, G., & BOGENBERGER, K. (2015). Quality Evaluation Method for Variable Speed Limit Systems. 94rd Annual Meeting of the Transportation Research Board. Wahsington, D.C.
- ARGOTE, J., CHRISTOFA, E., XUAN, Y., & SKABARDONIS, A. (2011). Estimation of Measures of Effectiveness Based on Connected Vehicle Data. 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), S. 1767-1772.
- BELZOWSKI, B., & EKSTROM, A. (2013). Stuck in Traffic: Analyzing Real Time Traffic Capabilities of Personal Navigation Devices and Traffic Phone Applications. (University of Michigan: Transportation Research Institute) Abgerufen am 29. 04 2015 von <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/102509/102984.pdf>
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, B. u. (2011). Status und Rahmenbedingungen für intelligente Verkehrssysteme (IVS) in Deutschland.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, B. u. (2012). Information an die EU-Kommission - IVS-Maßnahmen, die für den folgenden Fünfjahreszeitraum geplant sind.
- BOGENBERGER, K. (2001). Adaptive Fuzzy Systems for Traffic Responsive and Coordinated Ramp Metering. Dissertation am Fachgebiet Verkehrstechnik und Verkehrsplanung der Technischen Universität München.
- BOGENBERGER, K. (2003). Qualität von Verkehrsinformationen. Straßenverkehrstechnik, Volume 47, Issue 10.
- BOGENBERGER, K., & HAUSCHILD, M. (2009). QFCD – A microscopic model for measuring the individual quality of traffic information. ITS World Congress 2009. Stockholm, Sweden.
- BOGENBERGER, K., BUSCH, F., GROSANIC, S., DINKEL, A., SCHIEFERSTEIN, A., & STADLER, M. (2010). Begleitforschung und Ergänzung des Merkblatts 'Ermittlung der Wirksamkeit von Verkehrsbeeinflussungsanlagen'. Bundesanstalt für Straßenwesen.
- BREITENBERGER, S., GRÜBER, B., NEUHERZ, M., & KATES, R. (2004). Traffic information potential and necessary penetration rates. (L. Hemming Group, Hrsg.) Traffic Engineering & Control(45), S. 396-401. Abgerufen am 22. 05 2015 von http://www.bmwgroup.com/e/0_0_www_bmwgroup_com/forschung_entwicklung/mobilitaet_verkehr/verkehrsforschung/ExtendedFloatingCarData_Paper.pdf
- BRILON, W., GROSSMANN, M., & BLANKE, H. (1994). Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes auf Strassen (Bd. 669 FGSV). Bonn-Bad Godesberg: Bundesminister für Verkehr, Abt. Strassenbau.
- BUSCH, F., DINKEL, A., LEONHARDT, A., ZIEGLER, J., KIRSCHFINK, H., & PETERS, J.-C. (2006). Benchmarking für Verkehrsdatenerfassungs- und Verkehrssteuerungssysteme. Heft 949 der Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Bonn.
- CHU, L., RECKER, W., LIU, X. H., & ZHANG, H. M. (2004). Performance Evaluation of Adaptive Ramp Metering Algorithms Using Microscopic Traffic Simulation Model. Journal of Transportation Engineering, 130(3), 330-338.
- DIN EN ISO 9000. (12 2005). Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Beuth-Verlag.
- FENG, W., BIGAZZI, A. Y., KOTHURI, S., & BERTINI, R. L. (2010). Assessing the Impacts of Freeway Sensor Spacing and Probe Vehicle Penetration on Travel Time Prediction and Estimation Accuracy for Traveler Information and Traffic Management. 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, DC.
- FGSV. (2001) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) (2009 Ausg., Bd. 299 FGSV). Köln: FGSV-Verlag.
- FGSV. (2008). Hinweise zur Wirksamkeitsschätzung und Wirksamkeitsberechnung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (Bd. 311). Köln: FGSV-Verlag.

- FGSV. (2010). Hinweise zur Erfassung und Nutzung von Umfelddaten in Streckenbeeinflussungsanlagen.
- FGSV. (2010). RiLSA – Richtlinien für Lichtsignalanlagen – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr; FGSV-Nr. 321.
- FGSV. (2014). Hinweise zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen (H QML). FGSV.
- FREUDENSTEIN, J. (2012). Datenmodell für das Baustelleninformationssystem des Bundes (BIS) im Rahmen des Mobilitäts-Daten-Marktplatzes (MDM), Version 02-00-00.
- FRIEDRICH, B., KUTZNER, R., HOFFMANN, S., POHLMANN, T., & BARTELS, S. (2008). Leitfaden Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen. Hannover, München.
- GRZEBELLUS, M., & RADIKE, N. (2015). Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste, Zwischenbericht zum FE 03.0505/2012/IRB, AP 3 Organisatorisches QM . unveröffentlicht.
- HEINRICH, T., CORNWELL, I., FOURATI, W., HUBER, G., STAMATAKIS, I., & UNGUREANU, T. (2015). UNIETD D2.1 Description of Methodologies.
- HEINRICH, T., GRZEBELLUS, M., HUBER, G., POLLESCH, I., & STAPELFELD, M. (2014). Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste, Zwischenbericht zum FE 03.0505/2012/IRB, AP 1 Stand der Wissenschaft und Technik. unveröffentlicht.
- HERRERA, J., WORK, D. B., HERRING, R., BAN, X., JACOBSON, Q., & BAYEN, A. M. (2010). Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*(18), S. 568-583.
- Highway Agency. (2004). M25 Controlled Motorways: Summary Report. Department of Transport. United Kingdom: Highway Agency.
- HOOGENDOORN, S., LANDMAN, R., VAN KOOTEN, J., SCHREUDER, M., & ADAMS, R. (2015). Design and Implementation of an Integrated Network Management Methodology in a Regional Network. 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington D.C., United States.
- HOROWITZ, R., MAY, A., SKABARDONIS, A., VARAIYA, P., ZHANG, M., GOMES, G., . . . SUN, D. (2005). Design, Field Implementation and Evaluation of Adaptive Ramp Metering Algorithms. California PATH Research Report, University of California, Berkeley.
- HUBER, G., & BOGENBERGER, K. (2013). A Quality Evaluation Model for Real-Time-Traffic-Information. ITSC 2013, (S. 2126-2131).
- HUBER, G., BOGENBERGER, K., & BERTINI, R. (2014). New Methods for Quality Assessment of Real-Time Traffic Information, Paper Number 14-2918. 93rd Annual Meeting of Transportation Research Board.
- KELLERMANN, A., POLLESCH, P., & HASPEL, U. (30. 03 2015). Qualitätsbewertung von Verkehrsinformationsdiensten, Die QUANTIS-Methodik. Von www.optitraf.de: http://www.optitraf.de/mediapool/73/733673/data/Quantis/2010-11-10_Veroeffentlichung_QUANTIS-1.4.pdf abgerufen
- KERNER, B. (2004). *The Physics of Traffic*. Berlin, New York: Springer.
- KERNER, B. S. (2009). *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- KIM, S., & COIFMAN, B. (2014). Comparing INRIX speed data against concurrent loop detector stations over several months. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*(49), S. 59-72.
- LI, D., & RANJITKAR, P. (2013). Assessing Ramp Metering and Variable Speed Limits Strategies for Auckland Motorway. In E. A. *Studies* (Hrsg.), *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9. <http://east.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/>

- P352.pdf. Abgerufen am 08. 05 2015 von Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies: <http://easts.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P352.pdf>
- LOTZ, C., HERB, T., SCHINDHELM, R., & VIERKÖTTER, M. (2014). Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme (IVS) im Straßenverkehr (Bd. Fahrzeugtechnik F 97). (B. f. Straßenwesen, Hrsg.) Bergisch Gladbach: Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH.
- LUX, C. (2011). QBench - Evaluation of Traffic Flow Quality. Proceedings of BAST colloquium "Quality of on-trip road traffic information".
- MAZARÈ, P.-E., TOSSAVAINEN, O.-P., BAYEN, A. M., & WORK, D. B. (2012). Trade-offs between inductive loops and GPS probe vehicles for travel time estimation: A Mobile Century case study. 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, DC.
- NETTEN, B., HEGYI, A., WANG, M., SCHAKEL, W., YUAN, Y., SCHREITER, T., . . . ALKIM, T. (2013). Improving moving jam detection performance with V2I communication. Proceedings 20th World Congress on Intelligent Transport Systems.
- NEUMANN, T., DALAFF, C., & NIEBEL, W. (09 2014). Was ist eigentlich Qualität? - Versuch einer begrifflichen Konsolidierung und systematik im Verkehrsmanagement. Straßenverkehrstechnik, S. 601-606.
- NISSAN, A. (2010). Evaluation of Variable speed Limits: Empirical Evidence and Simulation Analysis of Stockholm's Motorway Control System (Bd. PhD Thesis). Stockholm: Sweden: Royal Institute of Technology.
- OFFERMANN, F. (2016). UR:BAN Meilensteinbericht 4.
- PALMER, J., REHBORN, H., & GRUTTADAURIA, I. (2011). Reconstruction Quality of Congested Freeway Traffic Patterns Based on Kerner's Three-Phase Traffic Theory. International Journal on Advances in Systems and Measurements 3&4(4).
- PAPAMICHAIL, I., KOSMATOPOULOS, E., PAPA-GEORGIOU, M., CHRYSOULAKIS, I., GAFFNEY, J., & VONG, V. (2010). HERO Coordinated Ramp Metering Implemented at the Monash Freeway. 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington D.C., United States: Transportation Research Board.
- PIAO, J., & MCDONALD, M. (2008). Safety Impact of Variable Speed Limits - A Simulation Study. Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, (S. 833-837). Beijing, China.
- POSCHINGER, A. (2000). Netzbeeinflussung auf Autobahnen mit dynamischen Sollwerten im Entscheidungsalgorithmus. München: Technische Universität München - Veröffentlichungen des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung.
- REHBORN, H. (2011). How can we determine the quality of traffic information? Proceedings of BAST colloquium "Quality of on-trip road traffic information".
- REZAEI, K., ABDULHAI, B., & ABDELGAWAD, H. (2015). Decentralized Coordinated Optimal Ramp Metering: Application to the Gardiner Expressway in Downtown Toronto. 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington D.C., United States: Transportation Research Board.
- SACHSE, T. (2000). Alternativroutensteuerung in Autobahnnetzen auf Basis einer erweiterten Analyse des Verkehrsablaufs. München: Technische Universität München - Veröffentlichung des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung.
- SCHMULDERS, S. (1990). Control of Freeway Traffic Flow by Variable Speed Signs. Transportation Research Part B(24 (2)), S. 111-132.
- Status und Rahmenbedingungen für intelligente Verkehrssysteme (IVS) in Deutschland; ITS initial report germany. (2011). Von http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/doc/2011_its_initial_report_germany.pdf. abgerufen

- TISA. (18. 10 2012). EO12013 : Terms and Definitions for the Traffic and Travel Information Value Chain.
- Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual (5 Ausg.). Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- TREIBER, M., & HELBING, D. (2002). Reconstructing the Spatio-Temporal Traffic Dynamics from Stationary Detector Data. *Cooperative Transportation Dynamics* 1, 3.1-3.24.
- VAN DEN HOOGEN, E., HEIDEMIJ, A., & SMULDERS, S. (1994). Control by variable speed signs: results of the Dutch experiment. *Seventh International conference on Road Traffic Monitoring and Control*, (S. 145-149). London.
- VUKANOVIC, S. (2007). Intelligent Link Control Framework with Empirical Objective Function: INCA. München: Technische Universität München: Lehrstuhl für Verkehrstechnik.
- WEIKL, S., BOGENBERGER, K., & BERTINI, R. L. (2013). Traffic Management Effects of Variable Speed Limit Systems on a German Autobahn: Empirical Assessment Before and After System Implementation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, S. 48-60.
- WILTSCSKO, T. (2004). Sichere Information durch infrastrukturgestützte Fahrerassistenzsysteme zur Steigerung der Verkehrssicherheit an Straßenknotenpunkten (Bde. Reihe 12, Nr. 570). Stuttgart: VDI Verlag.
- ## Bilder
- Bild 1:** Vorgehensweise
- Bild 2:** Prozessablauf
- Bild 3:** Darstellung der Qualitätsbegriffe im Prozessablauf
- Bild 4:** Beispiel Qualitätsbewertung
- Bild 5:** Prozessablauf Straßenverkehrstelematik (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)
- Bild 6:** Prozessablauf öffentliche Verkehrsinformationsdienste (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)
- Bild 7:** Prozessablauf private Verkehrsinformationsdienste (LOTZ, HERB, SCHINDHELM, & VIERKÖTTER, 2014)
- Bild 8:** High-level Prozesskette zur Bereitstellung von Verkehrsinformation (TISA, 2012)
- Bild 9:** Detailliertere Prozesskette (TISA, 2012)
- Bild 10:** Qualitätsdiagramm
- Bild 11:** Qualitätsdiagramm mit Verfahrenskarakteristik
- Bild 12:** Larson-Nomogramm
- Bild 13:** Fundamentaldiagramm mit Schaltungen
- Bild 14:** Fundamentaldiagramm mit Schaltauslösern
- Bild 15:** Geschwindigkeitsverteilung bei Harmonisierungsschaltung (120 km/h)
- Bild 16:** Gemeinsame Darstellung Befahungsdaten und zugehöriger SBA-Schaltungen
- Bild 17:** Qualitätskriterien für Informationen (WILTSCSKO, 2004)
- Bild 18:** Überlagerung realer und gemeldeter Staubereiche innerhalb des QKZ-Verfahrens
- Bild 19:** Ermittlung der Qualitätskenngrößen QKZ1 und QKZ2
- Bild 20:** Ermittlung der Qualitätskenngrößen QFCD1 und QFCD2
- Bild 21:** Mobile Endgeräte mit verschiedenen Verkehrsinformationsdiensten montiert an den hinteren Seitenscheiben des Testfahrzeugs.

- Bild 22:** Bedienoberfläche des Excel-Makros zur manuellen Aufzeichnung des subjektiven tatsächlichen LOS und weiterer Informationen durch den Beifahrer (Heinrich)
- Bild 23:** Bedienoberfläche des Excel-Makros zur manuellen Aufzeichnung der gemeldeten LOS durch Beifahrer (Heinrich)
- Bild 24:** Zeitsynchrone Aufzeichnung von Fotos und GPS-Koordinaten (Heinrich)
- Bild 25:** Konzept zur Beurteilung der Qualität von Verkehrsinformationen
- Bild 26:** Virtuelle Trajektorien durch die TVLR
- Bild 27:** Grafische Darstellung der Q-bench Funktion
- Bild 28:** Ausschnitt aus (KIM & COIFMAN, 2014).
- Bild 29:** LOTRAN-DQ Benutzeroberfläche
- Bild 30:** TRANSAID Benutzeroberfläche
- Bild 31:** LOTRAN-Info Benutzeroberfläche
- Bild 32:** Bisherige Situation: mehrere Implementierungen einzelner Verfahren
- Bild 33:** UNIETD Toolkit: Integration mehrerer Verfahren
- Bild 34:** CONSYST Viewer Benutzeroberfläche
- Bild 35:** Mengendarstellung der Qualitätskriterien
- Bild 36:** Gegenüberstellung und Zuordnung der definierten Qualitätskriterien und der Qualitätsbegriffe der Delegierten Verordnung (EU) 2015/962
- Bild 37:** Gegenüberstellung und Zuordnung der definierten Qualitätskriterien und der Qualitätsbegriffe der EIP+
- Bild 38:** Prozesskette / Wertschöpfungskette (Verkehrsinformationen)
- Bild 39:** Ablaufdiagramm (interner Workflow) ArbIS (Quelle: Autobahndirektion Südbayern)
- Bild 40:** Homepage BayernInfo (Quelle: <http://www.bayerninfo.de>)
- Bild 41:** Ablaufschema Planungsprozess
- Bild 42:** Datenfluss Baustellenmeldungen (bis Ende 2015)
- Bild 43:** Datenfluss Baustellenmeldungen (ab 2016 geplant)
- Bild 44:** Homepage VERKEHR.NRW (Quelle: <http://www.verkehr.nrw.de>)
- Bild 45:** Weitergabe Baustellenmeldungen der NLStBV (gekürzt)
- Bild 46:** Homepage der Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen (Quelle: <http://www.vmz-niedersachsen.de/niedersachsen/baustellen-aktuell/>)
- Bild 47:** Homepage der BAST (Quelle: <http://www.bast.de/DE/FB-F/Baustelleninformation/baustelleninformation.html>)
- Bild 48:** Qualitätskriterien für Informationen (WILTSCSKO, 2004)
- Bild 49:** Erfassung und Weitergabe von Baustelleninformationen (erforderliche Schritte in der Wertschöpfungskette)
- Bild 50:** PDCA-Zyklus

Tabellen

- Tab. 1:** Qualitätskriterien (data quality objects) und -indikatoren (meta data parameters) nach ISO/TR 21707
- Tab. 2:** Qualitätskriterien (-objekte) und -kenngrößen (-parameter) für Verkehrslageinformationen nach QUANTIS
- Tab. 3:** Wahrheitsmatrix
- Tab. 4:** Qualitätsmessverfahren Verkehrslageinformation (Übersicht)
- Tab. 5:** Eigenschaften von Qualitätsmessverfahren für Verkehrslageinformation
- Tab. 6:** Bewertung (Vor- und Nachteile) von Qualitätsmessverfahren für Verkehrslageinformation
- Tab. 7:** Prozesskette in den Organisationen

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2011

F 81: Potential aktiver Fahrwerke für die Fahrsicherheit von Motorrädern

Wunram, Eckstein, Rettweiler € 15,50

F 82: Qualität von on-trip Verkehrsinformationen im Straßenverkehr – Quality of on-trip road traffic information – BAST-Kolloquium 23. & 24.03.2011

Lotz, Luks € 17,50

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

2012

F 83: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung – Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe

Gasser, Arzt, Ayoubi, Bartels, Bürkle, Eier, Flemisch, Häcker, Hesse, Huber, Lotz, Maurer, Ruth-Schumacher, Schwarz, Vogt € 19,50

F 84: Sicherheitswirkungen von Verkehrsinformationen – Entwicklung und Evaluation verschiedener Warnkonzepte für Stauendwarnungen

Bogenberger, Dinkel, Totzke, Naujoks, Mühlbacher € 17,00

F 85: Cooperative Systems Stakeholder Analysis

Schindhelm, Calderaro, Udin, Larsson, Kernstock, Jandrisits, Ricci, Geißler, Herb, Vierkötter € 15,50

2013

F 86: Experimentelle Untersuchung zur Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für ältere Kraftfahrer

Hoffmann, Wipking, Blanke, Falkenstein € 16,50

F 87: 5th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 88: Comparative tests with laminated safety glass panes and polycarbonate panes

Gehring, Zander € 14,00

F 89: Erfassung der Fahrermüdigkeit

Platho, Pietrek, Kolrep € 16,50

F 90: Aktive Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit

Nuß, Eckstein, Berger € 17,90

F 91: Standardisierungsprozess für offene Systeme der Straßenverkehrstelematik

Kroen € 17,00

F 92: Elektrofahrzeuge – Auswirkungen auf die periodisch technische Überwachung

Beyer, Blumenschein, Bönninger, Grohmann, Lehmann, Meißner, Paulan, Richter, Stiller, Calker € 17,00

2014

F 93: Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren

Buld, Will, Kaussner, Krüger € 17,50

F 94: Biokraftstoffe – Fahrzeugtechnische Voraussetzungen und Emissionen

Pellmann, Schmidt, Eckhardt, Wagner € 19,50

F 95: Taxonomie von Fehlhandlungen bei der Fahrzeugführung

Oehme, Kolrep, Person, Byl € 16,50

F 96: Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von Pkw

Schönemann, Henze € 15,50

F 97: Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme (IVS) im Straßenverkehr

Matrix of alternative implementation approaches of Intelligent Transport Systems (ITS) in road traffic

Lotz, Herb, Schindhelm, Vierkötter

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 98: Absicherungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme mit Umfeldwahrnehmung

Weitzel, Winner, Peng, Geyer, Lotz Sefati € 16,50

F 99: Study on smoke production, development and toxicity in bus fires

Hofmann, Dülsen € 16,50

2015

F 100: Verhaltensbezogene Kennwerte zeitkritischer Fahrmanöver

Powelleit, Muhrer, Vollrath, Henze, Liesner, Pawellek € 17,50

F 101: Altersabhängige Anpassung von Menschmodellen für die passive Fahrzeugsicherheit

Wagner, Segura, Mühlbauer, Fuchs, Peldschus, Freßmann € 19,00

F 102: 6th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 103: Technische Möglichkeiten für die Reduktion der CO2-Emissionen von Nutzfahrzeugen

Süßmann, Lienkamp

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 104: Abbiege-Assistenzsystem für Lkw – Grundlagen eines Testverfahrens

Schreck, Seiniger € 14,50

F 105: Abgasverhalten von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung

Schmidt, Georges € 14,50

F 105b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – In-service conformity

Schmidt, Johannsen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 106: Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Austauschkatalsatoren

Schmidt, Johannsen € 13,50

F 106b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – Replacement catalytic convertersSchmidt, Johannsen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 107: Sicherheitsaspekte beim Laden von Elektrofahrzeugen**

Vogt, Link, Ritzinger, Ablingyte, Reindl € 16,50

F 108: Interoperabilität zwischen öffentlichem Verkehrsmanagement und individuellen Navigationsdiensten – Maßnahmen zur Gewährleistung

von der Ruhren, Kirschfink, Ansoerge, Reusswig, Riegelhuth, Karina-Wedrich, Schopf, Sparmann, Wöbbeking, Kannenberg € 17,50

F 109: Ermittlung des Umfangs von Abweichungen bei Durchführung der Abgasuntersuchung zwischen Messung am Auspuff und Abfrage des On-Board-DiagnosesystemsSchröder, Steickert, Walther, Ranftl
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 110: Wahrnehmung und Bewertung von Fahrzeugaußen-geräuschen durch Fußgänger in verschiedenen Verkehrssituationen und unterschiedlichen Betriebszuständen**Altinsoy, Landgraf, Rosenkranz, Lachmann, Hagen, Schulze, Schlag
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 111: Geräuschminderung von Dünnschichtbelägen**Schulze, Kluth, Ruhnau, Hübelt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**2016****F 112: Ersatz von Außenspiegeln durch Kamera-Monitor-Systeme bei Pkw und Lkw**

Schmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach, Frey, Gail, Lotz-Keens € 17,50

F 112b: Final Report Camera-Monitor-Systems as a Replacement for Exterior Mirrors in Cars and TrucksSchmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach, Frey, Gail, Lotz-Keens
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 113: Erweiterung der Software TREMOD um zukünftige Fahrzeugkonzepte, Antriebe und Kraftstoffe**

Bergk, Heidt, Knörr, Keller € 15,50

F 114: Barrierefreiheit bei Fernlinienbussen

Oehme, Berberich, Maier, Böhm € 17,50

F 115: Statischer und dynamischer Fahrsimulator im Vergleich – Wahrnehmung von Abstand und GeschwindigkeitFrey
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**2017****F 116: Lang-Lkw – Auswirkung auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt**Süßmann, Förg, Wenzelis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 117: 7th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference 2016 at Hannover Medical School**Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 118: Bedeutung kompensativer Fahrerstrategien im Kontext automatisierter Fahrfunktionen**

Voß, Schwalm € 16,50

F 119: Fahrzeugtechnische Eigenschaften von Lang-LkwFörg, Süßmann, Wenzelis, Schmeiler
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 120: Emissionen von über 30 Jahre alten Fahrzeugen**Steven, Schulte, Hammer, Lessmann, Pomsel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 121: Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw**Pellmann, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 122: Revision der Emissionsmodellierung für leichte Nutzfahrzeuge – Bedarfsanalyse auf Basis einer Vorstudie**Auf der Maur, Strassburg, Knörr, Heidt, Wuethrich
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.**F 123: Motorradhelme – Identifizierung ihres Verbesserungspotenzials unter Berücksichtigung des Motorradunfallgeschehens**

Pollak, Schueler, Bourdet, Deck, Willinger € 19,50

2018**F 124: Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für die Erfassung und Weiterverarbeitung von Daten für IVS-Dienste**Heinrich, Pollesch, Schober, Stamatakis, Grzebellus, Radike, Schneider, Stapelfeld, Huber
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax+(0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de