

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 128

bast

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation

von

Manfred Boltze
Achim Reusswig

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

und

ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme an der
Technischen Universität Darmstadt

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 128

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, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

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

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 03.353/2002/DBG:

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation

Projektbetreuung:

Birgit Hartz

Herausgeber

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

Redaktion

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

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

ISSN 0943-9331

ISBN 3-86509-328-0

Bergisch Gladbach, Juli 2005

Kurzfassung – Abstract

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

An die Lichtsignalsteuerung richten sich hohe Qualitätsanforderungen, da ihr für einen sicheren und flüssigen Verkehrsablauf im Straßennetz eine wichtige Rolle zukommt. Um eine hohe Qualität der Lichtsignalsteuerung auch im wachsenden Altbestand von Anlagen zu gewährleisten, liegt es nahe, eine regelmäßige, systematische Überprüfung vorzunehmen, um Mängel frühzeitig erkennen und beheben zu können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine aufwandsoptimierte Verfahrensweise und die notwendigen Hilfsmittel für ein systematisches Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen (LSA) zu entwickeln.

Hierzu wurde zunächst die Lichtsignalsteuerung als Gegenstand des Qualitätsmanagements eingehend erörtert. Auf dieser Grundlage wurden Verfahrensweisen und EDV-gestützte Hilfsmittel entwickelt, mit denen die Güte des Verkehrsablaufs und die Verkehrssicherheit im Straßennetz und an einzelnen Knotenpunkten mit geringem Aufwand überprüft werden kann. Zur Qualitätsbewertung werden Unfalldaten, Prozessdaten und Betriebsdaten analysiert sowie der Verkehrsablauf vor Ort beobachtet.

Der Aufbau einer Wissensbasis diente dazu, den Kenntnisstand zu Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung an Lichtsignalanlagen für die Anwendung verfügbar zu machen. Hierin sind typische Qualitätsmängel an Lichtsignalanlagen mit Möglichkeiten der Abhilfe verknüpft. Ferner sind Prüfbedingungen der Eignung und Umsetzbarkeit der Maßnahmen hinterlegt. Mit Hilfe dieses Expertensystems können Maßnahmen identifiziert und bewertet werden.

Die Anwendung des Verfahrens an verschiedenen Knotenpunkten zeigt, dass der systematische und modulare Aufbau gut geeignet ist, aussagekräftige Informationen zur Qualität der Lichtsignalsteuerung zu erlangen und geeignete Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung zu identifizieren. Das Verfahren kann mit geringem Aufwand durchgeführt werden und kann daher einen Beitrag für die verbreitete Anwendung des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen leisten.

Der Originalbericht enthält folgende Anlagen:

- Zusammenstellung qualitätsrelevanter Inhalte in der RiLSA 92 (Anl. 1),
- Gegenüberstellung der prozessbezogenen und der produktbezogenen Qualitätsbetrachtungen an LSA (Anl. 2),
- Kenngrößen für die Qualitätsbewertung des Verkehrsablaufs (Anl. 3),
- Überblick der Systemelemente von LSA (Anl. 4),
- Ausprägung der Systemelemente von LSA (Anl. 5),
- Qualitätskenngrößen und Qualitätskriterien für die Auswertung der Datengruppen (Anl. 6),
- angepasste Ordnung der Unfalltypen (Anl. 7),
- diverse Ablaufschemata (Anl. 8–11),
- Protokoll für die Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und für die Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt (Anl. 12),
- Liste der Mängelaussagen (Anl. 13),
- Strategien und Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung (Anl. 14),
- Dokumentation der Wissensbasis (Anl. 15),
- tabellarische Übersicht über die Verfahrensschritte – Leitfaden (Anl. 16),
- RiLSA-Textentwurf „Qualitätsmanagement für LSA“ (Anl. 17),
- neun Beispielanwendungen (Anl. 18–26).

Auf die Wiedergabe dieser Anlagen wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf die Anlagen im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

Quality Management for Light Signal Systems

Requirements for the control of light signal systems are high, since they play a significant role in ensuring a safe flow of traffic in road networks. In order to ensure a high quality in light signal controls, also in view of a growing number of old systems, it would appear to be obvious that regular, systematic checks need to be done in order to determine any faults at an early stage and to rectify them.

The aim of the research project was to develop a procedure which was as inexpensive as possible and also to develop the vehicles required for the systematic quality management of light signal systems.

In order to do so the first step was to discuss in detail the aspect of controlling light signals as an item of quality management. On this basis procedures and computer-aided vehicles were developed with which the quality of the flow of traffic and traffic safety in the road networks and at individual important road junctions could be monitored at low cost. In order to evaluate the quality, accident data, process data and operating data were analyzed and the flow of traffic on the spot was observed.

Building up a knowledge base served the purpose of making available for use the level of knowledge on possibilities of improving the quality of light signal systems. This also involves typical quality deficiencies in respect of light signal systems and possibilities of remedying these deficiencies. In addition the test conditions are backed up by suitability and feasibility of the measures. Measures can be identified and evaluated with the help of this expert system.

Application of the procedure at various important traffic junctions shows that the systematic, modular structure is extremely effective in gaining relevant information on the quality of light signal controls and in identifying suitable measures to improve the quality. This procedure can be conducted at low cost and can therefore contribute towards a more widespread use of a quality management system for light signal systems.

The original report contains the following enclosures:

- comparison of process-related and product-related quality observations at light signal systems (Enc. 2),
- parameters for evaluating the quality of the flow of traffic (Enc. 3),
- overview of the system elements of light signal systems (Enc. 4),
- outlining the system elements of light signal systems (Enc. 5),
- quality parameters and quality criteria for evaluating the groups of data (Enc. 6),
- adjusted order of types of accidents (Enc. 7),
- various procedure diagrams (Enc. 8–11),
- report for the inspection of the design of space reserved for traffic and for the observation of the flow of traffic at important road junctions (Enc. 12),
- list of shortcomings (Enc. 13),
- strategies and measures for enhancing quality (Enc. 14),
- documentation of the knowledge base (Enc. 15),
- tabular overview of the steps in the procedure – manual (Enc. 16),
- RiLSA text draft on "quality management for light signal systems" (Enc. 17),
- nine sample applications (Enc. 18 – 26).

The publication presented here does not include these enclosures. They are available at the Federal Highway Research Institute where they can be inspected. References to the enclosures in the report were made for the information of readers.

- summary of contents relevant to quality in the RiLSA 92 (guidelines on light signal systems) (Enc. 1),

Inhalt	
1	Einleitung 9
1.1	Ausgangslage 9
1.2	Ziel der Untersuchung 10
1.3	Arbeitshypothesen 10
1.4	Vorgehensweise 11
1.5	Aufbau des Untersuchungsberichts . . . 12
2	Grundlagen 13
2.1	Begriffsbestimmungen 13
2.1.1	Qualität 13
2.1.2	Fehler und Mangel 14
2.1.3	Produkt, Prozess und Akteur 14
2.1.4	Weitere Differenzierungen des Qualitätsbegriffs 15
2.1.5	Qualitätssicherung und Qualitäts- management 16
2.2	Lichtsignalanlagen als Anwendungs- bereich des Qualitätsmanagements . . . 16
2.2.1	Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen 16
2.2.2	Elemente des Qualitätsmanagements an Lichtsignalanlagen 19
2.3	Produktbezogene Qualitäts- betrachtung 21
2.3.1	Allgemeines 21
2.3.2	Verkehrssicherheit 21
2.3.3	Güte des Verkehrsablaufs 22
2.3.4	Wechselwirkungen zwischen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs 24
2.3.5	Weitere Zielbereiche 24
2.4	Prozessbezogene Qualitäts- betrachtung 25
2.5	Systemelemente der Lichtsignal- anlage 27
2.6	Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung 28
2.7	Zusammenfassung 29
3	Verfahrensentwicklung 30
3.1	Verfahrensziele 30
3.1.1	Allgemeines 30
3.1.2	Effizienz 31
3.1.3	Flexibilität 32
3.1.4	Transparenz 32
3.1.5	Übertragbarkeit 32
3.2	Ablauf des Gesamtverfahrens 32
3.2.1	Überblick 32
3.2.2	Typisierung 34
3.2.3	Hilfsmittel 37
3.3	Gesamtbetrachtung der Licht- signalsteuerung in einem Straßennetz 37
3.3.1	Ziele und Grundsätze 37
3.3.2	Flächendeckende Unfallanalyse 38
3.3.3	Flächendeckende Analyse der Güte des Verkehrsablaufs 41
3.3.4	Technische, strategische und organisatorische Rahmen- bedingungen 42
3.4	Qualitätsanalyse einzelner Licht- signalanlagen 43
3.4.1	Datenerfassung und Datenanalyse 43
3.4.2	Qualitätsbewertung 53
3.5	Qualitätsverbesserung 54
3.5.1	Handlungsfeld 54
3.5.2	Verbesserungsstrategien 56
3.5.3	Identifikation geeigneter Maß- nahmen 61
3.5.4	Abschätzung der Wirkung von Verbesserungsmaßnahmen 63
3.5.5	Wirkungsmessung mit Vorher- Nachher-Untersuchung 67
3.5.6	Ermittlung der Maßnahmenkosten 67
3.5.7	Wissensmanagement 67
3.6	Dokumentation 70
3.7	Zusammenfassung 71
4	Anwendung 72
4.1	Handlungsleitfaden 72
4.1.1	Allgemeines 72
4.1.2	Tabellarische Übersicht 73
4.1.3	Formulierungsvorschlag für einen Abschnitt „Qualitätsmanagement“ in den RiLSA 74
4.2	Beispielhafte Anwendung des Verfahrens 75
4.2.1	Ziel 75
4.2.2	Umfang 75
4.2.3	Auswahl der Knotenpunkte 75
4.2.4	Durchführung 77

4.3	Methodische Bewertung	77
4.3.1	Allgemeines	77
4.3.2	Bewertung der Verfahrensschritte	78
4.3.3	Zusammenfassende Verfahrensbewertung	84
4.4	Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung	85
4.4.1	Allgemeines	85
4.4.2	Nutzen	85
4.4.3	Kosten	86
4.4.4	Nutzen-Kosten-Abwägung	87
4.5	Zusammenfassung	88
5	Ausblick	89
5.1	Allgemeines	89
5.2	Weitere Umsetzung des Qualitätsmanagements	90
5.2.1	Klärung der Verbindlichkeit von Forderungen im Richtlinienwerk	90
5.2.2	Betriebswirtschaftliche Wirksamkeit	90
5.3	Weiterentwicklung der Wissensbasis	90
5.3.1	Vorher-Nachher-Untersuchungen zur Absicherung von Wirkungsabschätzungen	90
5.3.2	Organisation der Wissensakquisition	91
5.3.3	Ergänzung einer Fallbasis	91
5.4	Konzeptionelle Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements	91
5.4.1	Stärkung der Nutzerorientierung	91
5.4.2	Musterhandbuch Qualitätsmanagement	92
5.4.3	Auditierung und Zertifizierung	92
Literatur		93

Glossar

Anforderung

Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist (ISO 9000:2000).

Anspruchsklasse

Kategorie oder Rang, die oder der den verschiedenen Qualitätsanforderungen an Produkte, Prozesse oder Systeme mit demselben funktionalen Gebrauch zugeordnet ist (ISO 9000:2000).

Aufzeichnung

Dokument, das erreichte Ergebnisse angibt oder einen Nachweis ausgeführter Tätigkeiten bereitstellt (ISO 9000:2000).

Bewertung

Tätigkeit zur Ermittlung der Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit der Betrachtungseinheit, festgelegte Ziele zu erreichen (ISO 9000:2000).

Dokument

Information und ihr Trägermedium (ISO 9000:2000).

Effizienz

Verhältnis zwischen dem erreichten Ergebnis und den eingesetzten Ressourcen (ISO 9000:2000).

Fähigkeit

Eignung einer Organisation, eines Systems oder eines Prozesses zum Realisieren eines Produkts, das die Anforderungen an dieses Produkt erfüllt (ISO 9000:2000).

Fehler

Nichterfüllung einer Anforderung (ISO 9000:2000).

Information

Daten mit Bedeutung (ISO 9000:2000).

Inspektion

Synonym zu Prüfung.

Konformität

Erfüllung einer Anforderung (ISO 9000:2000).

Korrektur

Maßnahme zur Beseitigung eines erkannten Fehlers (ISO 9000:2000). Zu unterscheiden von der Korrekturmaßnahme.

Korrekturmaßnahme

Maßnahme zur Beseitigung der Ursache eines erkannten Fehlers oder einer anderen, erkannten, unerwünschten Situation (ISO 9000:2000).

Lichtsignalsteuerung

Planmäßige Beeinflussung (Steuerung) des Verkehrsablaufs durch Lichtsignale (FGSV 2000); Bestandteil der Verkehrsregelung.

Mangel

Nichterfüllung einer Anforderung in Bezug auf einen beabsichtigten oder festgelegten Gebrauch (ISO 9000:2000). Im Gegensatz zum Fehler von rechtlicher Bedeutung.

Merkmal

Kennzeichnende Eigenschaft. Es können unterschieden werden:

- inhärente oder zugeordnete Merkmale,
- qualitative oder quantitative Natur,
- physische, sensorische, verhaltensbezogene, zeitbezogene, ergonomische oder funktionale Merkmale (ISO 9000:2000).

Produkt

Ergebnis eines Prozesses (ISO 9000:2000). Unterschieden werden vier Produktkategorien: Dienstleistungen, Software, Hardware, verfahrenstechnische Produkte. Produkte können demnach immateriell oder materiell sein.

Prozess

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkungen stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt (ISO 9000:2000).

Prüfung

Konformitätsbewertung durch Beobachten und Beurteilen, begleitet – soweit zutreffend – durch Messen, Testen oder Vergleichen (ISO 9000:2000).

Qualität

Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt (ISO 9000:2000).

Qualitätsfeld

In der ISO 9000:2000 nicht definierter Begriff. Er wird hier in allgemeinem Zusammenhang verwendet als zusammenfassende Bezeichnung für ein Qualitätsziel und die ihm zugeordneten Qualitätsmerkmalen („Qualitätsfeld Verkehrssicherheit“).

Qualitätslenkung

Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erfüllung von Qualitätsanforderungen gerichtet ist (ISO 9000:2000).

Qualitätsmanagement

Aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten

und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität (ISO 9000:2000).

Qualitätsmanagement-System

Managementsystem zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich der Qualität (ISO 9000:2000).

Qualitätsmerkmal

Inhärentes Merkmal eines Produkts, Prozesses oder Systems, das sich auf eine Anforderung bezieht (ISO 9000:2000).

Qualitätsplanung

Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Festlegen der Qualitätsziele und der notwendigen Ausführungsprozesse sowie der zugehörigen Ressourcen zur Erfüllung der Qualitätsziele gerichtet ist (ISO 9000:2000).

Qualitätssicherung

Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Erzeugen von Vertrauen darauf gerichtet ist, dass Qualitätsanforderungen erfüllt werden (ISO 9000:2000). Anmerkung: Qualitätssicherung konzentriert sich vor allem auf beabsichtigte Produkte (ISO 9000:2000).

Qualitätsverbesserung

Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erhöhung der Fähigkeiten zur Erfüllung der Qualitätsanforderungen gerichtet ist (ISO 9000:2000).

Qualitätsziel

Etwas bezüglich Qualität Angestrebtes oder zu Erreichendes (ISO 9000:2000).

Spezifikation

Dokument, das Anforderungen angibt (ISO 9000:2000).

Steuerung

Vorgang, bei dem einer Steuerkette in Abhängigkeit von gegebenen Eingangsgrößen gewisse Ausgangsgrößen gebildet werden, wobei die Ausgangsgrößen nicht auf die Eingangsgrößen zurückwirken (MEYERS).

System

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen (ISO 9000:2000).

Test

Ermitteln eines oder mehrerer Merkmale (Merkmalswerte) nach einem Verfahren (ISO 9000:2000).

Wirksamkeit

Ausmaß, in dem geplante Tätigkeiten verwirklicht

und geplante Ergebnisse erreicht werden (ISO 9000:2000).

Validierung

Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass die Anforderungen für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind (ISO 9000:2000).

Verfahren

Festgelegte Art und Weise, eine Tätigkeit oder einen Prozess auszuführen (ISO 9000:2000).

Verifizierung

Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass festgelegte Anforderungen erfüllt worden sind (ISO 9000:2000).

Verkehrsregelung

Gesamtheit aller Vorschriften, Maßnahmen und Einrichtungen zur Ordnung und Sicherung des Verkehrs (FGSV 2000). In Abgrenzung zur Lichtsignalsteuerung hier verwendet als Bezeichnung für die Dienstleistung am Verkehrsteilnehmer. Bestandteil der Verkehrsregelung sind u. a. die Lichtsignalsteuerung und die Verkehrsführung.

Zuverlässigkeit

Zusammenfassender Ausdruck zur Beschreibung der Verfügbarkeit und ihrer Einflussfaktoren Funktionsfähigkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft (ISO 9000:2000).

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Lichtsignalsteuerung ist ein wichtiges Instrument zur Verbesserung der Verkehrssicherheit und der Kapazität bei der Abwicklung von Verkehrsströmen an Knotenpunkten. Da insbesondere innerorts dem aus der weiterhin steigenden Verkehrsnachfrage wachsenden Anforderungsdruck aus städtebaulichen und finanziellen Gründen nicht allein mit einem weiteren Ausbau der Verkehrsinfrastruktur begegnet werden kann, kommt der effektiven Nutzung der vorhandenen Verkehrsanlagen eine immer größere Bedeutung zu. Mit der Anwendung der sich ständig verbessernden Möglichkeiten der elektronischen Datenkommunikation und Datenverarbeitung konnten in den zurückliegenden Jahren erhebliche Fortschritte in der Lichtsignalsteuerung erreicht werden. Steuerungsverfahren sind zunehmend in der Lage, auf das aktuelle Verkehrsgeschehen flexibel zu reagieren und so eine hohe Qualität des Verkehrsablaufs zu bewirken. Gleichzeitig hat die Verkehrsunfallforschung Zusammenhänge zwischen der Lichtsignalsteuerung und dem Unfallaufkommen mit typischem Unfallverlauf aufgedeckt (vgl. FGSV 2001b).

Dem Potenzial der dadurch verfügbaren Verbesserungsmöglichkeiten auf Seiten der Hardware und Software steht jedoch ein immer größerer Bestand an älteren Lichtsignalanlagen gegenüber. Bild 1 zeigt am Beispiel der Städte Darmstadt und Stuttgart die Altersverteilung der Steuergeräte als die für das Leistungspotenzial der Lichtsignalsteuerung in der Regel ausschlaggebende Systemkom-

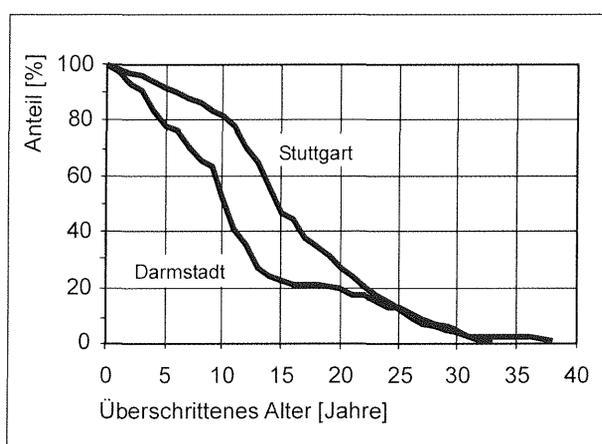


Bild 1: Alter von Steuergeräten an Lichtsignalanlagen in Darmstadt (Bezugsjahr: 2000) und Stuttgart (Bezugsjahr: 2002), Quellen: Stadt Darmstadt, Stadt Stuttgart

ponente. Mehr als die Hälfte der Steuergeräte ist demnach zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt älter als 10 Jahre, in Stuttgart liegt der Anteil sogar bei 82 %. Ein Alter von 20 oder mehr Jahren weisen in Darmstadt immer noch 19 %, in Stuttgart 28 % der Steuergeräte auf; die ältesten noch laufenden Geräte sind in beiden Städten über 30 Jahre alt. Dem steht nach FGSV (1988b) und erneut FGSV (1997) ein Abschreibungszeitraum von zehn Jahren gegenüber, der mit Blick auf die rasante Entwicklung der Mikroprozessortechnik als nicht zu kurz angesehen werden muss. Angesichts dieser Zahlen wird deutlich, dass allein in geräte-technischer Hinsicht ein erheblicher Teil der Anlagen den heutigen Anforderungen kaum noch zufrieden stellend genügen kann und erneuerungsbedürftig ist. Die hohe absolute Anzahl der Anlagen – grobe Schätzungen gehen von einem Erfahrungswert von derzeit einer Lichtsignalanlage pro 1.000 Einwohner in Städten aus¹ – würde bei einem turnusmäßigen Austausch aller Anlagen jedoch ein Investitionsvolumen erfordern, das viele Kommunen oder Bund und Land als Baulastträger finanziell überfordern würde.

Neben der Nichtausschöpfung technischer Potenziale führt die Alterung von Lichtsignalanlagen zum vermehrten Ausfall einzelner Komponenten wie Detektoren, Signalgeber oder Kabelverbindungen. Langfristige Veränderungen der Verkehrsnachfrage führen dazu, dass die Signalprogramme nicht mehr an das aktuelle Verkehrsaufkommen angepasst sind.² Überlagert werden diese Prozesse zudem von der Weiterentwicklung des baulichen Umfelds und den damit einhergehenden Nutzungsänderungen. Hieraus ergibt sich für die Gesamtheit der Lichtsignalanlagen eines Netzes ein spezifischer, vielen Einflüssen unterworfenen Erneuerungs- und Instandhaltungsbedarf.

Entscheidungen über Investitionen im Bereich der Lichtsignalsteuerung werden häufig beeinflusst

- durch akuten Handlungsbedarf, z. B. bei Anlagenausfall,

¹ In den beiden genannten Städten ist der Quotient noch höher: Darmstadt: 165 Lichtsignalanlagen auf 138.200 Einwohner; Stuttgart: 777 Lichtsignalanlagen auf 583.900 Einwohner; Quellen: Angaben der Stadt Darmstadt und der Stadt Stuttgart; Statistisches Bundesamt (2002).

² Zur Alterung von Lichtsignalprogrammen vgl. KÜLZER (1996)

- durch Ereignisse, z. B. ein erhebliches Unfallgeschehen, dessen Analyse gravierende Mängel aufdeckt,
- durch politischen Druck nach Beschwerden aus der Bürgerschaft oder von Interessensverbänden über zu lange Wartezeiten oder „rote Wellen“,
- durch außerverkehrliche Veränderungen, z. B. im Rahmen städtebaulicher Projekte, die eine Anpassung der Verkehrsregelung umfassen oder erforderlich machen, oder
- durch besondere finanzielle Anreize, z. B. Förderprogramme zur Beschleunigung des ÖV an Lichtsignalanlagen;

unter Umständen treten auch mehrere Einflüsse zeitgleich auf.

Um die Investitionsmittel effektiv einzusetzen, ist jedoch eine genaue Kenntnis der Qualität der Lichtsignalsteuerung sowie der Funktionsfähigkeit aller Systemkomponenten erforderlich. Sie ist Grundlage für die Abschätzung des Verbesserungspotenzials, das in der Sicherung der Funktionsfähigkeit der Komponenten oder in deren Erneuerung liegt. Für eine systematische, bestandsumfassende und turnusmäßige Qualitätsbewertung und eine darauf abgestimmte Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen an den Lichtsignalanlagen fehlen aber in der Praxis weitgehend geeignete Kriterien und einfach einzusetzende Werkzeuge.

Die Beauftragung eines Forschungsprojekts „Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“ durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) trägt der Bedeutung dieser Fragestellung Rechnung. Sie korrespondiert unter anderem mit der Diskussion in den einschlägigen Fachgremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) und findet dort ihren Ausdruck in einer ersten Aufnahme des Themas in den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) – Teilfortschreibung 2003 (FGSV 2003) sowie im Hinblick auf eine höhere Gewichtung der Fragestellung in der ab 2003 bearbeiteten vollständigen Neufassung der RiLSA 92 (FGSV 1992).

1.2 Ziel der Untersuchung

Vor dem Hintergrund des sich hieraus ergebenden Handlungsbedarfs sollen im Rahmen des For-

schungsprojekts „Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“ ein Verfahren und die erforderlichen Hilfsmittel entwickelt werden, mit denen die Betreiber von Lichtsignalanlagen in die Lage versetzt werden, auf einfache und schnelle Weise eine objektive Bewertung der Qualität der Lichtsignalanlagen durchzuführen und Hinweise zu gewinnen, mit welchen effektiv einzusetzenden Maßnahmen eine höhere Qualität der Lichtsignalsteuerung erreicht werden kann. Die Lichtsignalsteuerung soll somit zum Gegenstand des Qualitätsmanagements gemacht werden, bei dem die zu erzielende Qualität Ausgangspunkt einer systematischen qualitätsbezogenen Betrachtung und Behandlung aller relevanten Systemelemente und Handlungsabläufe ist.

Ein wichtiger Baustein bei der Entwicklung von Hilfsmitteln ist die Schaffung einer Wissensbasis, die sowohl die Erkennung von Mängeln auch unter Einbeziehung gestalterischer und planerischer Aspekte als auch die Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung und die Bewertung hinsichtlich ihres Nutzen-Kosten-Verhältnisses erleichtert. Dabei wird berücksichtigt, dass die Anwendung der Hilfsmittel für den Betreiber mit möglichst niedrigem Personal- und Zeitaufwand verbunden sein soll, da durch automatisierte oder EDV-basierte Abläufe der begutachtende Experte weit reichend unterstützt wird.

Resultierend aus den Erfahrungen mit der Anwendung der entwickelten Vorgehensweise an mehreren typischen Lichtsignalanlagen unterschiedlicher Lage und Anforderungen sollen Empfehlungen für eine turnusmäßige Überprüfung von Lichtsignalanlagen formuliert werden, die sich zur Übernahme in eine künftige Neufassung der RiLSA 92 und weiterer einschlägiger Regelwerke eignen.

1.3 Arbeitshypothesen

Für die Forschungsarbeit gelten die folgenden Arbeitshypothesen:

- Im Bereich der Lichtsignalsteuerung treten in der Praxis in unterschiedlichem Maß Mängel auf. Diese Mängel können zu einer erhöhten Unfallgefahr oder zu einer Verschlechterung des Verkehrsablaufs führen.
- Es besteht ein Bedarf an Informationen und Hilfsmitteln, die dem Betreiber Erkenntnisse über den Zustand seiner Lichtsignalanlagen liefern und die ihn bei der Identifikation von Män-

geln und der Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen gezielt unterstützen.

- Elemente des Qualitätsmanagements tragen in vielen Wirtschaftsbereichen dazu bei, Prozesse zu verbessern, die Qualität von Produkten zu steigern und dadurch die Akzeptanz der Produkte beim Kunden zu erhöhen. Mit der Anwendung solcher Elemente im Bereich der Lichtsignalsteuerung kann auch hier eine Qualitätsverbesserung erreicht und die Zufriedenheit beim Nutzer, dem Verkehrsteilnehmer, erhöht werden.
- Die Einführung und regelmäßige Anwendung von Instrumenten des Qualitätsmanagements erfordern einen finanziellen und personellen Aufwand. Dieser wird je durch verschiedene Nutzwerte überkompensiert. Volkswirtschaftliche Kosten werden durch eine Reduktion von Unfällen und Staus verringert. Fehlentscheidungen werden vermieden und Investitionsmittel können gezielter eingesetzt werden. Maßnahmen können durch Transparenz in der Entscheidungsfindung und durch eine Überprüfung der Wirkungen besser gegenüber der Öffentlichkeit und den Aufsichtsbehörden begründet werden.

1.4 Vorgehensweise

Die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete sind in Bild 2 dargestellt.

Ausgangspunkt der Forschungsarbeit (AP 1) war die Einordnung von Lichtsignalanlagen bzw. der Lichtsignalsteuerung in das begriffliche Umfeld des Qualitätsmanagements. Hierzu gehören die Klärung des Qualitätsverständnisses, das Aufzei-

AP 1	Darstellung der Grundlagen
AP 2	Entwicklung von Verfahrensweisen und Hilfsmitteln zur Bewertung der Qualität und zur Identifikation von Mängeln
AP 3	Zusammenstellung und Bewertung möglicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung
AP 4	Beispielhafte Anwendung der entwickelten Vorgehensweise
AP 5	Bewertung der Vorgehensweise und Darstellung der Ergebnisse
AP 6	Erstellen des Schlussberichts

Bild 2: Arbeitspakete der Forschungsarbeit

gen der anzuwendenden Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements, die Festlegung der Qualitätsziele, die Benennung der Bezugsgrößen für Qualitätsanforderungen und die Zusammenstellung der zu beurteilenden Qualitätsmerkmale. Die Elemente der Lichtsignalsteuerung wurden hierfür systematisiert und es wurde aufgezeigt, wie sich ihre möglichen Ausprägungen auf die Qualität der Verkehrsregelung auswirken können.

Diese Aufbereitung war die Grundlage für die Entwicklung von Verfahrensweisen und Hilfsmitteln zur Bewertung der Qualität und zur Identifikation von Mängeln (AP 2). Hierzu wurden die Merkmale und Anforderungen spezifiziert, anhand derer die Qualität der Lichtsignalsteuerung beurteilt werden kann und die Hinweise auf Mängel liefern. Diese Kriterien dienen zur EDV-unterstützten Auswertung der folgenden Datengruppen:

- Unfalldaten, die nach charakteristischen Kenngrößen aufbereitet werden, um mögliche ursächliche Zusammenhänge mit der Lichtsignalsteuerung zu erkennen;
- Prozessdaten der mikroskopischen Steuerung (Signalisierungszustände, Detektormeldungen etc. sowie die durch die Kombination dieser Daten zu ermittelnden Sachverhalte), die aus dem Steuergerät ausgelesen und zu Kenngrößen der Verkehrsqualität und des Steuerungsablaufs aufbereitet werden, um Mängel der Signalprogrammgestaltung zu identifizieren;
- Betriebsdaten wie Ausfallzeiten nach Häufigkeit und Dauer, Inanspruchnahme von Rückfallebenen, Einschaltzeitpunkte und Ausschaltzeitpunkte etc., die aus dem Verkehrsrechner ausgelesen werden, um Mängel in der Betriebszuverlässigkeit zu erkennen;
- Beobachtungen des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt, um Kenngrößen des Verkehrsablaufs zu ermitteln und um Randbedingungen (z. B. Knotenpunktgeometrie, Knotenpunkt Ausstattung) zu erkennen, die latente Unfallgefahren oder Mängel im Verkehrsablauf begünstigen.

Im AP 3 wurde eine mit den Hilfsmitteln abgestimmte Wissensbasis aufgebaut, die in der Lage ist, bestimmten Mängeltypen (ungeeignete Systemkomponenten, fehlerhafte Steuerungsparameter) geeignete Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung zuzuordnen. Für diese Maßnahmen wurden fortschreibungsfähige mittlere Kosten hinterlegt.

AP	Arbeitsschritt	Methoden
1	Qualitätsbegriff und Qualitätsmanagement: Grundlagen	Literaturrecherche
	Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen	Analoges Schlussfolgern
	Darstellung der Systemelemente von Lichtsignalanlagen	Literaturrecherche Systemanalyse
	Wirkungsbeziehungen zwischen Systemelementen und Qualitätsfeldern	Systemanalyse
2	Entwicklung von Verfahrensweisen zur Bewertung der Qualität und zur Identifikation von Mängeln	Heuristische Verfahren
3	Zusammenstellung und Bewertung möglicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung	Literaturrecherche Systemanalyse Brainstorming
4	Beispielhafte Anwendung der entwickelten Verfahrensweise	Auswertung empirischer Daten
5	Bewertung der Vorgehensweise und Darstellung der Ergebnisse	Evaluation Induktives Schlussfolgern, Reflexion

Tab. 1: Wissenschaftliche Methoden der Untersuchung

Die entwickelte Vorgehensweise wurde im AP 4 beispielhaft an verschiedenen Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage erprobt. Hierbei wurden die Anforderungskriterien durch die Anwendung der oben genannten Hilfsmittel überprüft und die zur Qualitätsverbesserung zu verändernden Systemkomponenten und Steuerungsparameter identifiziert. Der durch die Maßnahmen zu erwartende Nutzen wurde bestimmt und den Kosten gegenübergestellt.

Im abschließenden AP 5 wurde die Anwendung der Methode und der Hilfsmittel hinsichtlich der Effizienz des Verfahrens, der Flexibilität und Übertragbarkeit der Verfahrensschritte und der Transparenz der Entscheidungsfindung bewertet. Darauf aufbauend wurden Hinweise und Empfehlungen für eine sachgerechte und zielgerichtete turnusmäßige Durchführung des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen ausgesprochen und diese in einen Formulierungsvorschlag für eine künftige Neufassung der RiLSA 92 überführt.

Die im Rahmen des Forschungsprojekts angewandten wissenschaftlichen Methoden sind in der Tabelle 1 dargestellt.

1.5 Aufbau des Untersuchungsberichts

In Kapitel 2 werden die begrifflichen, systematischen und methodischen Grundlagen der Forschungsarbeit beschrieben. In Abschnitt 2.1 werden die grundlegenden Begriffe Qualität sowie die

hiervon abgeleiteten und hiermit korrespondierenden Begriffe unter Bezug auf die maßgebenden Normen ISO 9000 und ISO 9001 aufbereitet. In Abschnitt 2.2 wird das Feld der Lichtsignalsteuerung als Anwendungsgebiet des Qualitätsmanagements erläutert und die zuvor definierten Begriffe übertragen. Die Abschnitte 2.3 und 2.4 enthalten die Herleitung der Qualitätsziele, der Dimensionen von Qualitätsanforderungen sowie die Spezifizierungen der Qualitätsmerkmale, die für das Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen erforderlich sind. In Abschnitt 2.5 werden die Systemelemente der Lichtsignalsteuerung aufbereitet, die zu analysierenden Ausprägungen der einzelnen Elemente benannt sowie deren Wirkungsbeziehungen zu den relevanten Qualitätsfeldern der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage aufgezeigt.

Kapitel 3 dokumentiert die Ergebnisse der Verfahrensentwicklung in AP 2 sowie der Zusammenstellung von Verbesserungsmaßnahmen in AP 3. Hierzu werden in Abschnitt 3.1 zunächst Verfahrensziele benannt. Abschnitt 3.2 enthält einen Überblick über die Verfahrensbestandteile. Hier werden außerdem einige zur Vorstrukturierung und Vereinfachung des komplexen Handlungsfelds erforderliche Typisierungen vorgenommen. Die Frage nach der Einbindung der hier im Mittelpunkt stehenden Qualitätsbetrachtung am einzelnen Knotenpunkt in eine netzbezogene Gesamtbetrachtung wird in Abschnitt 3.3 behandelt. Hier werden Verfahrensweisen und Handlungsansätze dargestellt, wie eine angemessene Prioritätensetzung bei der Anwendung des Verfahrens an einzelnen Knotenpunkten gefunden werden kann. In Abschnitt 3.4 werden die einzelnen Verfahrensschritte samt der zugehörigen Hilfsmittel zur Datenerfassung und Datenanalyse beschrieben. Abschnitt 3.5 enthält die Aufarbeitung des Handlungsfelds zur Qualitätsverbesserung sowie die Vorgehensweise zur Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen einschließlich der dabei genutzten Wissensbasis. Am Ende des Kapitels wird in Abschnitt 3.6 die Dokumentation der Tätigkeiten des Qualitätsmanagements beschrieben.

Kapitel 4 enthält die Ergebnisse der beispielhaften Anwendung der Verfahrensweise in AP 4 sowie die Ergebnisse und die methodische Bewertung der Untersuchung (AP 5). Zunächst werden im Abschnitt 4.1 der Handlungsleitfaden mit der tabellarischen Übersicht über die Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements sowie der Textvorschlag für die Richtlinien für Lichtsignalanlagen vorangestellt.

Dadurch konnten im Abschnitt 4.2 die Dokumentation der Beispielanwendung sowie im Abschnitt 4.3 deren methodische Bewertung auf die Struktur der Verfahrensschritte zurückgreifen. Im Rahmen der Bewertung werden auch Hinweise für eine künftige Anwendung des Qualitätsmanagements gegeben, die in Abschnitt 4.4 schließlich in eine wirtschaftliche Gesamtbetrachtung mündet.

Kapitel 5 enthält einen Ausblick auf verbleibende offene Fragen, die einer zukünftigen Befassung bedürfen. Dabei wird in Abschnitt 5.1 zunächst auf die weitere Umsetzung des Qualitätsmanagements eingegangen. Abschnitt 5.2 enthält Hinweise zur Weiterentwicklung der Wissensbasis, und Abschnitt 5.3 beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der konzeptionellen Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements.

Der Anhang enthält – neben ergänzenden Darstellungen zu Aspekten des Textes – eine systematische Aufbereitung der qualitätsrelevanten Elemente der Lichtsignalanlage, eine zusammenfassende und erläuterte Darstellung der verwendeten Qualitätskenngrößen einschließlich der Bewertungsvorschriften, den Ablauf der Programmmodule zur Datenauswertung, die Offenlegung der Wissensbasis, den vollständigen Handlungsleitfaden, den Formulierungsvorschlag für die Neufassung der RiLSA 92 und die Dokumentationen der Verfahrensanwendungen.

Bestandteil des Forschungsergebnisses ist darüber hinaus die Software, welche die Hilfsmittel zur Datenanalyse und die Wissensbasis enthält.

2 Grundlagen

2.1 Begriffsbestimmungen^{3, 4}

2.1.1 Qualität

Der Begriff der Qualität wird in einer Vielzahl von unterschiedlichen Kontexten in der Gesellschaft, dem Wirtschaftsleben und der Wissenschaft verwendet. Dabei tritt ein weit gehend heterogenes

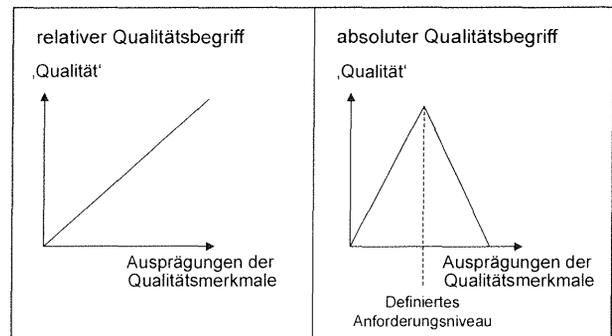


Bild 3: Schematische Darstellung von absolutem und relativem Qualitätsbegriff. Quelle: BLEES, BOLTZE, SPECHT (2002)

und diffuses Begriffsverständnis zutage. Im allgemeinsprachlichen Gebrauch wird der Begriff Qualität häufig a priori mit einem positiven Werturteil belegt und einem Objekt als Attribut positiver Eigenschaften beigelegt oder steht gar allein stellvertretend für „gute Eigenschaften“ („Qualitätswein“, „Wir bieten Qualität zu einem günstigen Preis“).

Semantisch ist der Begriff, der mit „Beschaffenheit“, „Güte“ oder „Wert“ übersetzt wird (Duden 2001), jedoch als wertneutral anzusehen. In seiner sprachlichen Herkunft aus dem Lateinischen („qualis“ – „wie beschaffen“) wird deutlich, dass Qualität mit bestimmten Merkmalen eines Bezugsobjekts korreliert und diese in den Kontext eines Werturteils bringt. Hierbei ist die Differenzierung zwischen einem relativen und einem absoluten Qualitätsbegriff bedeutsam, die in Bild 3 schematisch dargestellt ist.

Der im allgemeinsprachlichen Gebrauch vorherrschende relative Qualitätsbegriff dient dazu, mehrere gleichartige Objekte in Bezug auf ihre Gebrauchseigenschaften oder ihren Erlebniswert vergleichend zu bewerten. Dabei kann das Urteil aus einer ordinalen Reihung von Objekten mit der Angabe einer gemessenen oder empfundenen Qualitätsdifferenz bestehen. Eine Eigenart der relativen Begriffsverwendung ist, dass zu jeder erreichten Qualität eine weitere „Qualitätssteigerung“ denkbar ist, die zu einer noch positiveren Bewertung des Bezugsobjekts hinsichtlich seiner Güte führt. Ein Qualitätsoptimum kann im relativen Verständnis von Qualität folglich nicht erreicht werden.

Der im Qualitätsmanagement verwendete absolute Qualitätsbegriff wird in der Norm ISO 9000 als „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“ definiert. Hierbei beschreibt Merkmal eine „kennzeichnende Eigenschaft“ und

³ Als Quellengrundlagen und weiterführende Literatur zum Abschnitt „Begriffsbestimmungen“ sind neben der ISO 9000:2000 zu nennen: KAMISKE und BRAUER (1999), MASING (1999), BRUHN (2001), BLEES, BOLTZE, SPECHT (2002).

⁴ Wichtige Begriffe sind in einem Glossar zusammengestellt.

Anforderung eine „Erfordernis oder Erwartung, das bzw. die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“. Von einem Qualitätsmerkmal wird infolge dessen dann gesprochen, wenn es sich um ein „inhärentes Merkmal eines Produkts, Prozesses oder Systems, das sich auf eine Anforderung bezieht“, handelt. Eine auf dem gleichen Verständnis beruhende, aber etwas anschaulichere Definition liefert die Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V., indem sie Qualität als „die Gesamtheit von Merkmalen (und Merkmalswerten) einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“, versteht (nach BRUHN 2001).

Der absolute Qualitätsbegriff führt zu einer Beurteilung der Übereinstimmung zwischen den Anforderungen, die an eine Einheit gerichtet werden, und den Merkmalen, die sie aufweist. Das Maß der Übereinstimmung kann sowohl positiv als Übererfüllung als auch negativ als Untererfüllung der Anforderungen ausgeprägt sein; das Qualitätsoptimum wird bei vollständiger Übereinstimmung von Anforderungen und Eigenschaften erreicht.⁵

2.1.2 Fehler und Mangel

Die Nichterfüllung einer Anforderung wird in der ISO 9000:2000 als Fehler bezeichnet. Führt die Nichterfüllung zur Beeinträchtigung des beabsichtigten Gebrauchs einer Einheit, so wird von einem Mangel gesprochen. Von Bedeutung ist hierbei, dass die Feststellung eines Mangels im Gegensatz zu der eines Fehlers von haftungsrechtlicher Bedeutung sein kann.

Betrachtet man die Qualität einer Einheit in der zeitlichen Dimension, so kann eine Differenz zwischen Anforderungen und Eigenschaften grundsätzlich auf drei Arten entstehen:

- Die Merkmale der Einheit erfüllen zu keinem Zeitpunkt nach ihrer Erzeugung die Anforderungen;
- die Merkmale der Einheit erfüllen zum Zeitpunkt ihrer Erzeugung die Anforderungen. Sie verän-

dern sich aufgrund von Alterungsprozessen jedoch in einer Weise, dass sie zu einem späteren Zeitpunkt die Anforderungen nicht mehr erfüllen;

- die Merkmale der Einheit erfüllen zum Zeitpunkt ihrer Erzeugung die Anforderungen. Die Anforderungen unterliegen jedoch z. B. aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder verbesserter technischer Möglichkeiten einem dynamischen Wandel, sodass zu einem späteren Zeitpunkt die Merkmale der Einheit diese veränderten Anforderungen nicht mehr erfüllen.

2.1.3 Produkt, Prozess und Akteur

Die Anwendung des Begriffs „Qualität“ erfordert eine nähere Betrachtung des Bezugsobjekts von Qualitätsmerkmalen, das zuvor als „Produkt, Prozess oder System“ respektive „Einheit“ beschrieben worden ist. Die ISO 9000:2000 definiert Produkt als „Ergebnis eines Prozesses“ und unterscheidet vier Produktkategorien: Dienstleistungen, Software, Hardware und verfahrenstechnische Produkte. Produkte können demnach materiell oder immateriell sein. Ein Prozess wiederum ist ein „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkungen stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“. Die hierfür erforderlichen Eingaben können Anforderungen an das Ergebnis sowie materielle und immaterielle Rohstoffe sein (nach BLEES, BOLTZE, SPECHT 2002). Schließlich verbleibt noch der Begriff des Systems, das als „Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Elementen“ (ISO 9000:2000) definiert ist. Aus dieser Definition kann geschlossen werden, dass die Gesamtheit von Eingaben und Tätigkeiten als System angesehen werden kann. Somit kann innerhalb eines Systems ein Prozess betrieben werden, der ein Produkt erzeugt (vgl. Bild 4).

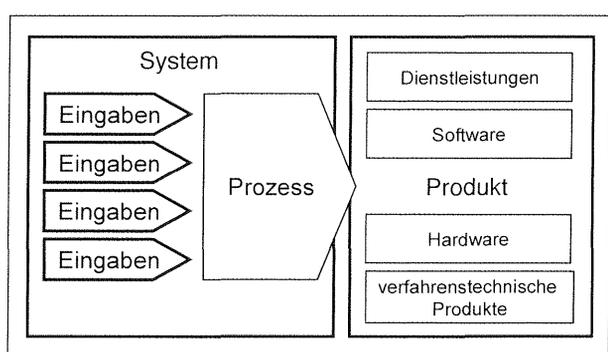


Bild 4: Darstellung der Erzeugung eines Produkts

⁵ Ungeachtet dessen ist in vielen Fällen das Werturteil über die Abweichung durchaus von deren Vorzeichen abhängig; eine Übererfüllung wird häufig eher toleriert als eine Untererfüllung, da die unerwünschten Folgen einer Übererfüllung in der Regel weniger gravierend sind (vgl. hierzu u. a. MASING 1999, S. 7).

Als Akteure im Zusammenhang mit der Herstellung und dem Gebrauch von Produkten benennt die ISO 9000:2000 den Lieferanten als „Organisation oder Person, die ein Produkt bereitstellt“, den Kunden als „Organisation oder Person, die ein Produkt empfängt“ und die interessierte Partei als „Organisation oder Person mit einem Interesse an der Leistung oder dem Erfolg einer Organisation“. Da mit dem Begriff „Kunde“ im herkömmlichen Sprachgebrauch vorwiegend eine wirtschaftliche Vertragsbeziehung assoziiert wird, soll hier der allgemeinere Begriff „Leistungsempfänger“ und aufgrund derselben Erwägungen statt „Lieferant“ der Begriff „Leistungserbringer“ verwendet werden.

2.1.4 Weitere Differenzierungen des Qualitätsbegriffs

Im Hinblick auf die spätere Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen kann dieser geeignet weiter differenziert werden:

- in den prozessbezogenen und den produktbezogenen Qualitätsbegriff⁶;
- in die unterschiedlichen Qualitätsbegriffe im Qualitätskreis (nach EN 13816) und
- in den schwächergerichteten und den stärkergerichteten Qualitätsbegriff.

Die produktbezogene Qualitätsbetrachtung bezieht sich auf das Ergebnis eines Herstellungsprozesses, das in der Regel eine Ware oder eine Dienstleistung ist. Diese Perspektive stellt die Ergebnisdimension der Qualität in den Mittelpunkt. Die Definition der Qualitätsanforderungen geht hier in der Regel vom Leistungsempfänger aus.

Der prozessbezogene Qualitätsbegriff fokussiert dagegen auf den Entstehungsprozess als solchen. Hierbei werden Handlungsabläufe und verwendete Hilfsmittel sowie das systematische Umfeld des Herstellungsprozesses in den Blick genommen (Prozessdimension). Es wird geprüft, inwieweit Spezifikationen der Bestandteile, der Vorprodukte und der Produktionsmittel geeignet sind, ein Endprodukt zu erzeugen, welches die an es gerichteten Qualitätsanforderungen erfüllt und damit den Kunden zufrieden stellt. Die Definition der Qualitätsanforderungen wird hier in der Regel vom

Leistungserbringer vorgenommen: Hierfür benötigt er Kenntnisse über die Abhängigkeiten zwischen den Qualitätsmerkmalen des Prozesses und des Produkts.

Die unterschiedlichen Perspektiven, die von Leistungserbringern und Leistungsempfängern bei Qualitätsbetrachtungen eingenommen werden, verdeutlicht auch der in Bild 5 dargestellte Qualitätskreis. Die unterschiedlichen Qualitätsdimensionen dienen beim Durchlaufen des Qualitätskreises gegenseitig als Anforderungsniveau; der Idealzustand tritt ein, wenn zwischen den einzelnen Qualitäten keine Differenzen mehr feststellbar sind.

Um dies zu überprüfen, werden zu zwei Qualitätsbezügen Qualitätsmessungen durchgeführt, wozu in der Regel unterschiedliche Messgrößen herangezogen werden. Zwei sind erforderlich, da eine Messgröße, die für den Leistungserbringer auf der rechten Seite des Qualitätskreises von großer Bedeutung und hohem Informationswert ist, für den Leistungsempfänger auf der linken Seite unverständlich oder bedeutungslos sein kann und somit auch für seine Qualitätsbewertung unwichtig ist. Zugleich dient eine Qualitätsmessgröße auf der linken Seite dem Leistungserbringer zwar als Indikator der Zufriedenheit des Nutzers, sie hilft ihm aber möglicherweise nicht, die Ursache für eine negative Qualitätsbewertung zu identifizieren.

Der schwächergerichtete Qualitätsbegriff erhält seine praktische Relevanz dadurch, dass für viele Produkte oder Prozessbestandteile Qualitätsanforderungen nur unbefriedigend definiert werden können oder dass aus unterschiedlichen Gründen keine Definitionen vorliegen. Auf einen Qualitätsmangel – also eine Beeinträchtigung des erwarteten Gebrauchswerts – wird man in solchen Fällen erst aufmerksam, wenn der Gebrauchswert der Einheit spürbar beeinträchtigt ist. Handlungen, die auf eine Behebung des Mangels abzielen, können

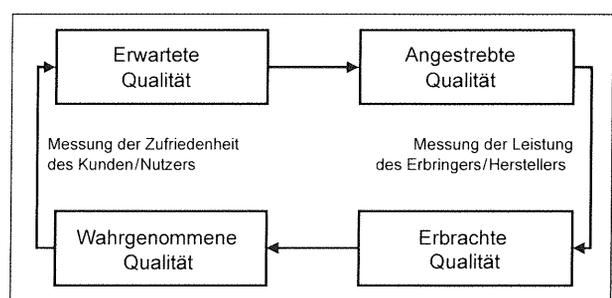


Bild 5: Qualitätskreis (nach EN 13816)

⁶ In der Literatur sind weitere Begriffsbeistellungen zu finden, vgl. u. a. KAMISKE und BRAUER (1999), S. 162.

somit auch nicht vorbeugend, sondern erst ex post eingeleitet werden.

Der stärkengerichtete Qualitätsbegriff fokussiert auf überdurchschnittliche Güteeigenschaften, durch die ein Produkt auffällt.

2.1.5 Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement

Alle Handlungen, die sich auf die Qualität von Prozessen und Produkten beziehen, können unter dem Begriff „Qualitätsmanagement“ zusammengefasst werden. Die Definition ergibt sich aus der Verknüpfung der Begriffe „Qualität“ und „Management“ zu „aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität“, wobei mit Organisation eine „Gruppe von Personen und Einrichtungen mit einem Gefüge von Verantwortungen, Befugnissen und Beziehungen“ beschrieben wird (ISO 9000:2000). Unter Bezugnahme auf die Ausführungen zur Qualität umfasst demnach Qualitätsmanagement alle Tätigkeiten, die erforderlich sind, um eine Balance des Qualitätskreises (Bild 5) herbeizuführen respektive zu sichern.

Die ISO 9000:2000 legt dem Qualitätsmanagement eine wirtschaftliche Veranlassung zugrunde: „Wegen sich ändernder Erfordernisse und Erwartungen der Kunden und aufgrund von Wettbewerbsdruck und technischer Vorteile werden Organisationen zur ständigen Verbesserung ihrer Produkte und Prozesse angespornt.“ Eine Verbesserung von Produkten oder Prozessen kann allerdings in vielerlei Zusammenhängen auch durch rechtliche oder ethische Gründe motiviert sein. Nach der ISO 9001:2000 können die Schritte des Qualitätsmanagements wie folgt beschrieben werden:

- Ermitteln der Erfordernisse und Erwartungen der Leistungsempfänger und anderer interessierter Parteien;
- Festlegen der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele der Organisation; hierbei beschreibt Qualitätspolitik die „übergeordneten Absichten und Ausrichtung einer Organisation zur Qualität“ und Qualitätsziel „etwas bezüglich Qualität Angestrebtes oder zu Erreichendes“. Im Gegensatz zu der auf ein einzelnes Merkmal eines Produkts oder Prozesses bezogenen Anforderung wird in einem Qualitätsziel eine Erwartungshaltung gegenüber der für die Leistungserbringung verantwortlichen Organisation formuliert;

- Festlegen der erforderlichen Prozesse und Verantwortlichkeiten, um die Qualitätsziele zu erreichen;
- Festlegen und Bereitstellen der erforderlichen Ressourcen, um die Qualitätsziele zu erreichen;
- Einführen von Methoden, um die Wirksamkeit und Effizienz jedes einzelnen Prozesses zu messen;
- Anwenden dieser Messungen zur Ermittlung der aktuellen Wirksamkeit und Effizienz jedes einzelnen Prozesses;
- Festlegen von Mitteln zur Verhinderung von Fehlern und zur Beseitigung ihrer Ursachen;
- Einführen und Anwenden eines Prozesses zur ständigen Verbesserung des Qualitätsmanagement-Systems.

Zu beachten ist, dass die sehr allgemeine Begriffsbedeutung des Qualitätsmanagements zu unterscheiden ist von der eines Qualitätsmanagement-Systems, das sich auf Festlegungen zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich der Qualität bezieht.

Der Begriff „Qualitätsmanagement“ ersetzt den bis Anfang der 90er Jahre in gleichem Verständnis gebrauchten Begriff „Qualitätssicherung“. Dieser wird heute in einem engeren Sinn auf die Qualitätsmanagement-Darlegung angewendet, die darauf gerichtet ist, Vertrauen in die Qualitätsfähigkeit einer Organisation zu erzeugen.⁷

2.2 Lichtsignalanlagen als Anwendungsbereich des Qualitätsmanagements

2.2.1 Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen

Nach MASING (1999) sind „nahezu jegliche vom Menschen geplanten, also zielgerichteten (d. h. mit Forderungen verbundenen) Tätigkeiten und Ergebnisse [...] mittels klarer Begriffe mit eindeutigen Benennungen und Definitionen einer Betrachtung be-

⁷ Im vorliegenden Kontext ist es daher angebracht, im Text von Qualitätsmanagement zu sprechen. Um Missverständnisse zu vermeiden, wird – den Empfehlungen der ISO 9000 folgend – auf eine Begriffsverwendung „Qualitätssicherung“ verzichtet.

züglich Qualität und Qualitätsmanagement zugänglich“. Die Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlagen ist zweifellos als eine solche zielgerichtete Tätigkeit anzusehen, sodass die grundsätzliche Anwendbarkeit von Begriffen und Elementen des Qualitätsmanagements hierauf postuliert werden kann. Zu erörtern ist dabei zunächst eine Charakterisierung von Lichtsignalanlagen respektive der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage als Bezugseinheit im begrifflichen Umfeld des Qualitätsmanagements.

Die Vielschichtigkeit des Qualitätsbegriffs tritt auch bei dessen Anwendung auf den Bereich der Lichtsignalsteuerung zutage. Es ist üblich, Qualitätsausagen sowohl auf technische Bestandteile der Lichtsignalanlage (z. B. die hohe Zuverlässigkeit eines Erfassungssystems) als auch auf die realisierte Verkehrsregelung (z. B. geringe Wartezeiten) zu beziehen. Eine hilfreiche Annäherung an diese Bedeutungsfacetten bietet die bereits erläuterte Unterscheidung zwischen der prozessbezogenen und der produktbezogenen Perspektive: Man kann davon sprechen, dass der Leistungserbringer mit Hilfe des Systems Lichtsignalanlage einen Prozess betreibt, dessen Ergebnis eine auf verschiedene Verkehrsteilnehmer als Leistungsempfänger gerichtete Verkehrsregelung ist.⁸

Merkmalsträger einer produktbezogenen Qualitätsbetrachtung ist die als Dienstleistung anzusehende Verkehrsregelung. Diese Dienstleistung besteht für den einzelnen Verkehrsteilnehmer in Unterscheidung zum Verkehrsablauf an einem nicht lichtsignalgeregelten Knotenpunkt darin, ihm in Form einer Handlungsanweisung eine weit gehend gesicherte Fortbewegung über den Knotenpunkt hinweg zu ermöglichen. Er wird von der Aufgabe entlastet, bevorrechtigte Verkehrsströme zu beobachten und selbstständig zu beurteilen, ob und wann diese

eine akzeptable Zeitlücke aufweisen, die er zur Fortsetzung seiner Bewegung in der gewünschten Richtung nutzen kann. Die Dienstleistung „Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage“ weist inhärente Merkmale hinsichtlich ihres Nutzwertes auf, die von dem Verkehrsteilnehmer explizit oder implizit wahrgenommen werden und den folgenden Kategorien zugeordnet werden können:⁹

- die Verringerung des Risikos, bei der erwünschten Verkehrsteilnahme geschädigt zu werden oder andere unbeabsichtigt zu schädigen,
- die Erleichterung der erwünschten Verkehrsteilnahme durch die Übernahme wichtiger kognitiver Prozesse und Entscheidungen,
- die Verringerung des Aufwands für die erwünschte Tätigkeit in Form von Zeit und Kosten.

Aus dieser Aufstellung kristallisieren sich die Merkmalsgruppen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs heraus, die Gegenstand einer Qualitätsmessung und Qualitätsbeurteilung sein können. Eine solche Sichtweise liegt gängigen, verkehrsteilnehmerorientierten Bewertungsverfahren der Qualität zugrunde, wie sie bezogen auf die Güte des Verkehrsablaufs ursprünglich im angelsächsischen Raum im Highway Capacity Manual (HCM, TRB 2000), beschrieben mit dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS, FGSV 2001a), auch in Deutschland verbindlich eingeführt wurden. Für das Qualitätsfeld der Verkehrssicherheit sind solche Betrachtungen z. B. mit dem Mittel der Unfalltypen-Steckkarte (vgl. Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1 (FGSV, 1998)), seit langem üblich und verpflichtend eingeführt.

Gegenstand der prozessbezogenen Qualitätsbetrachtung ist die Erzeugung eines abgestimmten Bündels von Steuerungseingriffen, das mit Hilfe des aus verschiedenen Elementen bestehenden Systems „Lichtsignalanlage“ durchgeführt wird. Im Vordergrund der Qualitätsbewertung stehen hierbei Merkmale des Herstellungsprozesses wie die Betriebssicherheit sowie die Wirtschaftlichkeit und die Umfeldverträglichkeit der eingesetzten Mittel und Betriebsaufwendungen. Eine solche systembezogene Sichtweise überwiegt im technischen Regelwerk wie den RiLSA 92 und anderen, korrespondierenden Richtlinien. Hierin sind die Qualitätsziele

⁸ Zum besseren Verständnis dient hier die Vorstellung, dass jeder einzelne Verkehrsteilnehmer eine individuelle Anweisung erhält, wie er sich am Knotenpunkt zu verhalten hat. Diese Anweisung besteht aus einer direkten, regelbezogenen Anordnung (Lichtsignal) sowie durch eine die angemessene Fahrweise (Fahrweg, Fahrgeschwindigkeit, ...) verdeutlichende Knotenpunktgestaltung (vgl. RAS-K-1, FGSV 1988a).

⁹ Nicht alle dieser Kategorien müssen notwendigerweise auf den einzelnen Verkehrsteilnehmer zutreffen. Zum Teil können auch Einbußen in einzelnen Kategorien möglich sein und der Gebrauchsnutzen gegenüber einem nicht signalisierten Knotenpunkt negativ sein.

und die Anforderungen beschrieben sowie Anweisungen oder Hinweise enthalten, mit welchen Handlungen und unter Anwendung welcher Kenngrößen diese Zustände zu erreichen sind. Anlage 1 enthält eine tabellarische Aufstellung der in den RiLSA 92 enthaltenen qualitätsrelevanten Aussagen. Die prozessbezogene Sichtweise berücksichtigt in besonderer Weise den Charakter der Lichtsignalsteuerung als komplexe Aufgabe mit einer Vielzahl beteiligter Akteure, Einflussfaktoren und Handlungsabläufe, wie sie in Bild 6 skizziert sind.

Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen erfordert die Berücksichtigung beider Sichtweisen aus den folgenden Gründen:

- Die produktbezogene Perspektive orientiert sich mit ihrer Qualitätsbewertung an den von den Leistungsempfängern (Verkehrsteilnehmern) wahrgenommenen Qualitätsmerkmalen, die sich in der Regel allein auf den Verkehrsablauf am Knotenpunkt, nicht jedoch auf dessen Voraussetzungen beziehen. Diese Sichtweise allein liefert aber keine Information, welches Element im Prozess der Erzeugung der Verkehrsregelung einen Qualitätsmangel aufweist, der zu beheben ist.

- Für die Identifikation von Mängeln im Produktionsprozess der Dienstleistung und von Verbesserungspotenzialen einzelner Systemelemente oder Handlungen ist die prozessbezogene Perspektive erforderlich. Diese allein ist jedoch nicht in der Lage, eine Information über die Bedeutung des Mangels für die vom Leistungsempfänger (Verkehrsteilnehmer) und von interessierten Parteien (z. B. Anwohner, Interessensverbände) wahrgenommene Qualität zu liefern. Sie kann ebenso nicht die Wirkung von Verbesserungsmaßnahmen bewerten, was für deren Nutzen-Kosten-Betrachtung unerlässlich ist.

Bereits in der Aufgabenbeschreibung des Forschungsprojekts sind Qualitätsfelder benannt, die sich einerseits auf inhärente Merkmale des Systems bzw. Prozesses (Betriebszuverlässigkeit), andererseits auch auf solche des Produkts (Verkehrssicherheit, Güte des Verkehrsablaufs) beziehen.

Um den Untersuchungsgegenstand mit dieser begrifflichen Polarität in den folgenden Ausführungen klar abzustimmen, wird im produktbezogenen Kontext von der Verkehrsregelung mit Lichtsignalan-

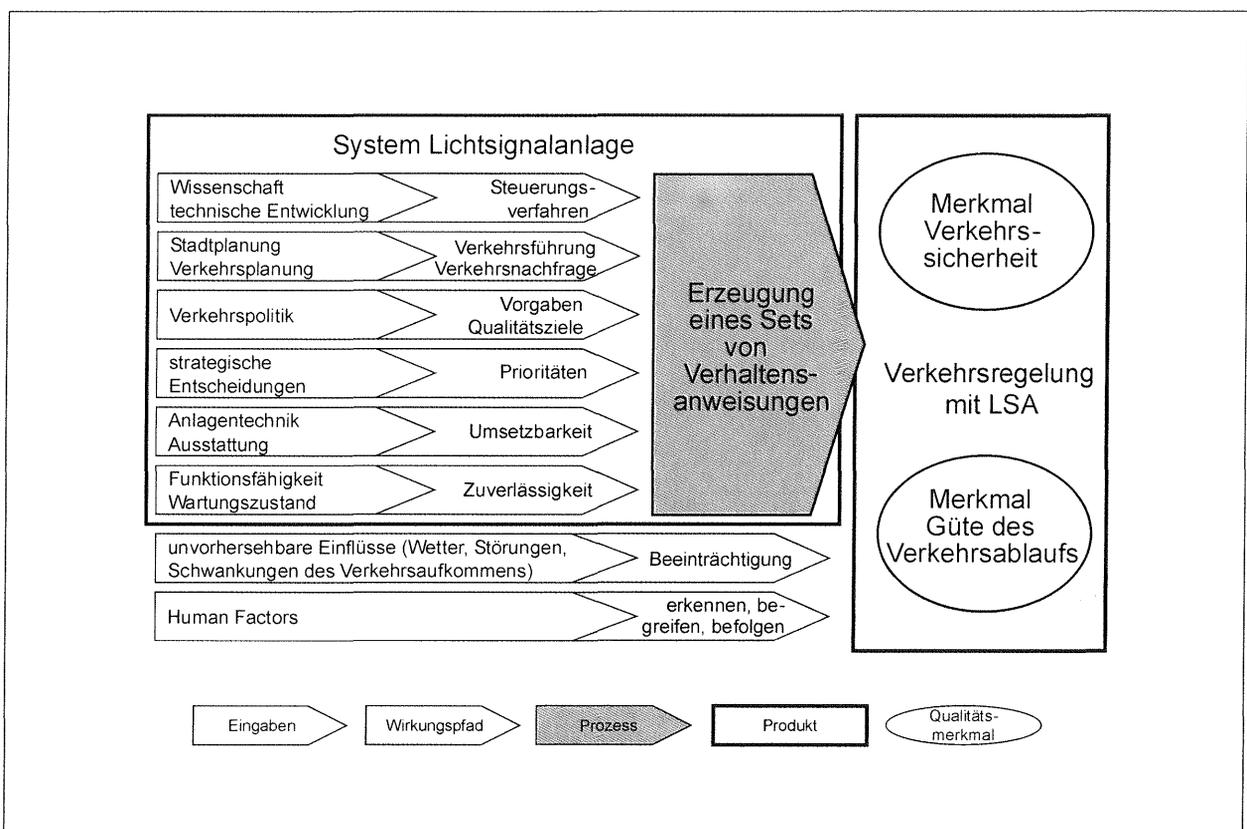


Bild 6: Einflussfaktoren und Wirkungsbeziehungen der Qualität der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage

ge, im prozessbezogenen Kontext vom System Lichtsignalanlage gesprochen. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale beider Sichtweisen sind in der Anlage 2 tabellarisch zusammengefasst.

2.2.2 Elemente des Qualitätsmanagements an Lichtsignalanlagen

2.2.2.1 Allgemeines

Für die Lichtsignalsteuerung ist derzeit kein geschlossenes Qualitätsmanagement-System verfügbar. Gleichwohl werden einzelne Schritte des Qualitätsmanagements wie die Festlegung von Zielen und Anforderungen sowie von Methoden der Qualitätsmessung und Qualitätsverbesserung bereits auf die übergeordnete Betrachtungseinheit des Straßennetzes angewendet. Solche Ansätze werden insbesondere in der Arbeit der Unfallkommission sowie im Verfahren des Sicherheitsaudits an Straßen verfolgt.

2.2.2.2 Verkehrssicherheitsarbeit in der Unfallkommission

Zur Verbesserung der Verkehrssicherheit schreibt die VwV-StVO zu § 44 eine örtliche Untersuchung der Straßenverkehrsunfälle vor, um die erforderlichen Erkenntnisse für eine Beseitigung von Unfallquellen zu erlangen. Hierzu werden u. a. Unfalldatentypen-Steckkarten geführt, die das Erkennen räumlicher Unfallhäufungen bestimmter Charakteristika erleichtern. Die festgestellten Problembereiche werden in einer regelmäßig tagenden Unfallkommission behandelt, die sich in der Regel aus Vertretern der Polizei, der Straßenverkehrsbehörde und des Baulastträgers sowie weiteren Experten zusammensetzt. Der Kommission obliegt die Aufgabe einer fachlichen Bewertung der Sicherheitslage anhand der Unfallsituation sowie der Identifikation geeigneter Maßnahmen im Straßenraum oder in der Verkehrsregelung zur Minderung der Unfallgefahr. Dazu führt sie regelmäßige Ortsbegehungen, sogenannte „Verkehrsschauen“, durch, bei denen die Knotenpunktgestaltung und die Verkehrsregelung in Augenschein genommen und überprüft werden.

Mit dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2 (FGSV 2001b) liegt für die Arbeit der Unfallkommission eine detaillierte Tätigkeitsbeschreibung vor, anhand derer ihre Arbeit effektiv und transparent gestaltet werden kann. Ziel und Arbeitsweise der Kommission weisen dabei

deutlich durch ihre standardisierte Bewertungsgrundlage und ihre regelmäßige und kooperative Arbeitsweise Elemente auf, die für Schritte des Qualitätsmanagements charakteristisch sind. Einschränkung ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Kommission eine rein ereignisbezogene Überprüfung vornimmt und sich ihre Qualitätsbewertung auf den Sicherheitsaspekt beschränkt.

2.2.2.3 Sicherheitsaudit für Straßen

In den zurückliegenden Jahren wurde in mehreren Ländern ein Sicherheitsaudit (Safety Audit) entwickelt und umgesetzt. Es handelt sich hierbei um ein formalisiertes, standardisiertes und unabhängiges Verfahren zur Beurteilung der verkehrssicheren Gestaltung eines Straßenentwurfs in allen Arbeitsschritten von der Vorplanung über Vorentwurf, Ausführungsentwurf und Verkehrsfreigabe. Mit dem Erscheinen der Empfehlungen für das Sicherheitsaudit an Straßen (ESAS, FGSV 2002a) erhielt es auch in Deutschland den Rang einer Handlungsempfehlung. Im Einführungserslass wird es explizit als Teil eines Qualitätsmanagement-Systems für Straßenplanungen charakterisiert. Kennzeichnend hierfür ist die Eigenständigkeit des Verfahrens, mit der parallel zur üblichen Entwurfstätigkeit die Sicherheitsaspekte gesondert einer nachweisfähigen Prüfung unterzogen werden. Dabei werden die Belange der Verkehrssicherheit innerhalb der Planungsstufen von einem unabhängigen Auditor anhand von standardisierten Checklisten in einem genau definierten Verfahren überprüft und das Ergebnis protokolliert.

In der in Deutschland eingeführten Form ist aus Gründen der Abgrenzung gegenüber der Arbeit der Unfallkommission kein Sicherheitsaudit für Straßen im Betrieb vorgesehen.

2.2.2.4 Ansätze zur Schaffung eines Qualitätsmanagement-Systems für Lichtsignalanlagen

Das Forschungsprojekt ist perspektivisch dahin ausgerichtet, mit Hilfe einer klaren, an der ISO 9000:2000 orientierten Terminologie die Begriffe des Qualitätsmanagements skizzenhaft inhaltlich zu füllen und so die künftige Entwicklung eines geschlossenen Qualitätsmanagement-Systems unter Anwendung des Verfahrens und der Hilfsmittel zu erleichtern. Gegenüber den vorstehend beschriebenen Verfahren sind die folgenden Unterscheidungsmerkmale relevant:

- Im zu entwickelnden Verfahren steht nur ein typisches Netzelement, nicht ganze Straßennetze im Mittelpunkt. Es kann daher auf die spezifischen Voraussetzungen und Anforderungen von Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage deutlich detaillierter eingegangen werden.
 - Das zu entwickelnde Verfahren richtet sich auf Anlagen im Betrieb und soll sich für eine turnusgemäße Anwendung eignen. Es schließt damit eine bestehende Lücke zwischen dem Sicherheitsaudit und der Arbeit der Unfallkommission.
 - Das Qualitätsfeld der Güte des Verkehrsablaufs ist sowohl in der Arbeit der Unfallkommission als auch beim Sicherheitsaudit nur indirekter Betrachtungsgegenstand.
- In Tabelle 2 wird dargelegt, welchen der in Abschnitt 2.1.5 eingeführten Schritte des Qualitätsmanagements durch die hier zu entwickelnden methodischen Ansätze vollständig oder teilweise entsprochen wird.

¹⁰ Vgl. hierzu auch Kapitel 5.

Schritte des Qualitätsmanagements	Bearbeitung im Rahmen des Forschungsprojekts	weiterführende Fragestellungen ¹⁰
Ermitteln der Erfordernisse und Erwartungen der Kunden und anderer interessierter Parteien.	Ermitteln und Aufbereiten von Anforderungen unter Bezugnahme auf rechtliche Grundlagen, technische Normen und Richtlinien sowie wissenschaftliche Erkenntnisse.	Integrieren von Verfahren zur nutzerorientierten Qualitätsmessung.
Festlegen der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele der Organisation.	Ermitteln und Aufbereiten der Zusammenhänge zwischen der Qualität der Verkehrsregelung und der Gestaltung des Systems Lichtsignalanlage.	Hinweise zur Vorgehensweise bei der Qualitätsplanung und zum Umgang mit Zielkonflikten. Benchmarking.
Festlegen der erforderlichen Prozesse und Verantwortlichkeiten, um die Qualitätsziele zu erreichen.	Entwickeln einer standardisierten Verfahrensweise sowie der erforderlichen Hilfsmittel für die Qualitätsmessung, Qualitätsbewertung und Identifikation von Verbesserungsvorschlägen. Entwickeln von Handlungsvorschlägen für eine turnusmäßige Anwendung der Verfahrensweise zur Integration in das technische Regelwerk.	Ermitteln von Voraussetzungen und Erfolgsfaktoren im Verwaltungshandeln. Entwickeln von Qualitätskenngrößen für das Controlling bei der Verwaltung von Lichtsignalanlagen.
Festlegen und Bereitstellen der erforderlichen Ressourcen, um die Qualitätsziele zu erreichen.	Gewinnen von Hinweisen auf den Investitionsbedarf für typische Verbesserungsmaßnahmen.	Erstellen eines Muster-Qualitätsmanagement-Handbuchs.
Einführen von Methoden, die Wirksamkeit und Effizienz jedes einzelnen Prozesses zu messen.	Entwickeln von Hilfsmitteln zur Analyse der Systemelemente hinsichtlich ihrer Ausprägungen und deren Wirkung auf die Qualität der Verkehrsregelung.	
Anwenden dieser Messungen zur Ermittlung der aktuellen Wirksamkeit und Effizienz jedes einzelnen Prozesses.	Erprobung des Verfahrens durch Anwendung an ausgewählten Knotenpunkten.	Langzeit-Beurteilung der Qualitätsverbesserung durch Einsatz der Instrumente des Qualitätsmanagements.
Festlegung von Mitteln zur Verhinderung von Fehlern und zur Beseitigung ihrer Ursachen.	Identifizieren geeigneter Maßnahmen mit Hilfe der Analysetools unter Nutzung der Wissensbasis.	
Einführen und Anwenden eines Prozesses zur ständigen Verbesserung des Qualitätsmanagement-Systems.	Abschließendes Bewerten des Verfahrens und Feststellung des weiteren Untersuchungsbedarfs. Überlegungen zu einer geeigneten Pflege der Hilfsmittel, insbesondere der Wissensbasis.	Aufbau eines Systems zur ständigen Verbesserung des Wissensbestandes.

Tab. 2: Anwendungsgrad der Schritte des Qualitätsmanagements nach ISO 9001:2000 im Rahmen des zu entwickelnden Verfahrens

2.3 Produktbezogene Qualitätsbe- trachtung

2.3.1 Allgemeines

Die wesentlichen Qualitätsziele der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage leiten sich aus ihrer Funktionsbestimmung her: „Lichtsignalanlagen werden in der Regel zur Erhöhung der Verkehrssicherheit oder zur Verbesserung der Qualität des Verkehrsablaufs eingerichtet“ (RiLSA 92; auch HBS). Die Motivation, diese Ziele zu verfolgen, lässt sich im Wesentlichen zurückführen

- auf die gesetzliche Verpflichtung zur Gefahrenabwehr, hier u. a. konkretisiert in der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und der zugehörigen Verwaltungsvorschrift (VwV-StVO), und
- auf die normative Anforderung der Vermeidung volkswirtschaftlichen Schadens, wozu Unfallkosten, Zeitkosten und der Mindernutzen durch eine nicht zufrieden stellende Wirkung von Investitionen in die Lichtsignalsteuerung zählen.

Der im Regelfall fiktive Bezugszustand für die zielgerichteten Termini „Erhöhung“ und „Verbesserung“ kann sowohl die Verkehrsregelung ohne Lichtsignalanlage als auch ein unbefriedigendes Qualitätsniveau der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage sein.

Beide Qualitätsziele korrespondieren mit dem Funktionsprinzip der zeitlichen Trennung von unverträglichen und gegebenenfalls von bedingt verträglichen Verkehrsströmen. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein mit Lichtsignalanlage gesteuerter Verkehrsablauf sicherer ist und in der Summe aller Bewegungsvorgänge mit geringfügigeren Behinderungen verbunden ist.

Neben den genannten Qualitätszielen werden im Zusammenhang mit Fragestellungen der Verkehrsplanung im Allgemeinen Zielvorstellungen der Wirtschaftlichkeit und die Umfeldverträglichkeit¹¹ genannt, die – je nach Aufgabenstellung – verbessert, gewährleistet oder so wenig wie möglich beeinträchtigt werden sollen. Auch die RiLSA 92 benennen als mögliche Einsatz- oder Bewertungskriterien für Lichtsignalanlagen neben den erstgenannten den Kraftstoffverbrauch, die Abgasemissionen und die Lärmemissionen.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Qualitätsfelder näher betrachtet.

2.3.2 Verkehrssicherheit

Das Qualitätsziel der Erhöhung der Verkehrssicherheit richtet sich mit seinen Anforderungen an eine Gestaltung der Verkehrsregelung, welche die objektive Gefährdung und das subjektive Gefährdungsempfinden der Verkehrsteilnehmer mindert und eine hinsichtlich der möglichen Bewegungsvorgänge am Knotenpunkt angemessene Verhaltensweise fördert. Damit soll das Auftreten von Personen- und Vermögensschäden vermieden werden. Die Nichterfüllung der hieraus resultierenden Anforderungen kann zu objektiven latenten Gefährdungen¹², Konflikten¹³ und schließlich zu Unfällen führen.

Verantwortlich für das Auftreten solcher unerwünschten Merkmale der Verkehrsregelung können Fehler in der signaltechnischen Bemessung, eine ungenügende Sicherung bedingt verträglicher Ströme oder eine unklare und unübersichtliche Verkehrsführung sein (Näheres hierzu in Abschnitt 2.5).

Unfälle sind Ereignisse, die ihrem Wesen nach relativ einfach zu erfassen sind. Sie unterscheiden sich damit von Konflikten, Gefährdungen und dem Unsicherheitsempfinden. Über das Unfallgeschehen steht eine weit gehend standardisierte und flächendeckend über einen längeren Zeitraum dokumentierte Datengrundlage zur Verfügung.

Daher wird in der Regel das Unfallgeschehen zur Bewertung der verkehrssicheren Gestaltung und Funktion einer Verkehrsanlage herangezogen. Dabei ist zwar zunächst zu berücksichtigen, dass „die meisten Straßenverkehrsunfälle [...] die Folge von Fehlern der Verkehrsteilnehmer [sind, d. Verf.], solche Fehler sind aber nicht selten die Folge besonderer Eigenarten der Straße, sodass sich in be-

¹¹ Umfeldverträglichkeit wird hier als Sammelbegriff für Umweltverträglichkeit, Sozialverträglichkeit, ästhetische und funktionale Integration in das bebaute Umfeld und Verträglichkeit mit den Anforderungen der Zukunft (Nachhaltigkeit) verwendet.

¹² Zum Begriff der „latenten Gefahren“ vgl. HÄCKELMANN (1976).

¹³ Zum Begriff des Konflikts und dessen Anwendung in der Verkehrssicherheitsarbeit existiert eine große Bandbreite an Literatur. Verwiesen sei hier besonders auf ERKE und GSTALTER (1985) und die u. a. in verschiedenen Aufsätzen in der Fachzeitschrift „Straßenverkehrstechnik“ dokumentierte Fachdiskussion.

stimmten Bereichen Unfälle in charakteristischer Weise häufen können“ (FGSV 2001b).

Das Auftreten von Konflikten und das Vorhandensein latenter Gefahren können jedoch nicht a priori von einer Betrachtung ausgeschlossen werden, da Unfälle statistisch sehr seltene Ereignisse sind¹⁴ und somit ein gehäuftes Auftreten zwar Hinweise auf einen Gestaltungsmangel liefert, das Ausbleiben von Unfällen jedoch kein hinreichender Nachweis dafür ist, dass keine sicherheitsrelevanten Mängel in der Verkehrsregelung vorhanden sind.

Zur Bewertung der Verkehrssicherheit wird das Unfallgeschehen nach Anzahl und Schwere der Ereignisse sowie bestimmter charakteristischer Merkmale aufbereitet. Zu Letzteren zählen Kenngrößen der kumulierten Unfallfolgen und des entstandenen Schadens sowie der Verteilung auf die Ausprägungen Unfallzeit, der Licht- und Straßenverhältnisse, der Unfallbeteiligten, der Unfallursache, des Unfalltyps und der Unfallart. Hierfür steht mit den beiden Teilen des Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen eine weithin standardisierte Arbeitsgrundlage zur Verfügung.

Tabelle 3 enthält die Kenngrößen der Bewertung der Verkehrssicherheit an Lichtsignalanlagen.

¹⁴ Auch bei geringer Auftretenswahrscheinlichkeit von Unfallereignissen ist es hier gerechtfertigt, von „wahrnehmbarer“ Qualität zu sprechen, da ein beteiligter Verkehrsteilnehmer von einem Unfallereignis sehr unmittelbar betroffen ist.

Kenngröße	Bezug
Unfalldichte	alle
Unfalldichte mit Personenschaden	alle
Unfalldichte mit schwerem Personenschaden	alle
Unfalldichte ÖV	ÖV
Unfalldichte Radverkehr	Rad
Unfalldichte Radverkehr mit Personenschaden	Rad
Unfalldichte Radverkehr mit schwerem Personenschaden	Rad
Unfalldichte Fußgängerverkehr	Fußgänger
Unfalldichte Fußgängerverkehr mit Personenschaden	Fußgänger
Unfalldichte Fußgängerverkehr mit schwerem Personenschaden	Fußgänger
Unfallrate	alle
Unfallrate mit Personenschaden	alle
Unfallkostendichte	alle
mittlere Unfallkostendichte je Unfall	alle
Unfallkostenrate	alle

Tab. 3: Kenngrößen zur Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Verkehrssicherheit

2.3.3 Güte des Verkehrsablaufs

Der Güte des Verkehrsablaufs an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage kommt besonders im innerörtlichen Verkehr eine erhebliche Bedeutung für die wahrgenommene Qualität im gesamten Straßennetz zu. Der regelnde Eingriff, der Verkehrsströme wechselweise sperrt und freigibt, ist für einen bestimmten Anteil der Verkehrsteilnehmer mit unvermeidlichen Zeitverlusten und Komforteinbußen gegenüber einer unbehinderten Durchfahrt verbunden, aber in vielen Fällen auch mit Zeitvorteilen für Verkehrsteilnehmer aus Verkehrsströmen, die an einem statisch vorfahrtgeregelten Knotenpunkt nachrangig wären. Eine Optimierung der Lichtsignalsteuerung hat zum Ziel, die Summe aller als negativ empfundenen Auswirkungen der Verkehrsregelung auf die Güte des Verkehrsablaufs gegenüber einer unbehinderten Durchfahrt zu minimieren.

Für die Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs stehen verschiedene, messbare Kenngrößen zur Verfügung. Sie können für die einzelnen Verkehrsmittel von unterschiedlicher Relevanz sein und auch innerhalb einer Verkehrsteilnehmergruppe je nach den räumlichen und zeitlichen Umständen sowie persönlicher Disposition individuell gewichtet in eine Qualitätsbewertung eingehen. Die wichtigsten quantitativen Merkmale sind die mittlere oder maximale Wartezeit, die Anzahl der Halte oder Durchfahrten, das Auftreten und die Länge von Rückstaus und die mittleren Reisegeschwindigkeiten im Netz (HBS). Es ist ersichtlich, dass diese Merkmale gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen, so können Rückstaulängen und Wartezeiten mit Hilfe von deterministischen und stochastischen Ansätzen voneinander abgeleitet werden. Neben den genannten Messgrößen bieten sich noch weitere, qualitative Kenngrößen für die Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs an. In der Tabelle 4 sind für eine Bewertung in Frage kommende Qualitätsmerkmale aufgelistet und den einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen zugeordnet. Nähere Erläuterungen zu den einzelnen Qualitätsmerkmalen werden in der Anlage 3 gegeben.

Zur anschaulichen und vergleichenden Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs wurde mit dem Erscheinen des HBS der im Ausland bereits seit längerem angewandte Ansatz der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV, engl. Level of Service – LOS) eingeführt. Diese Qualitätsstufen definieren Anspruchsniveaus an die Merkmale des Verkehrsablaufs und repräsentieren bestimmte Wertebereiche ausgewählter Kenngrößen, sodass mit Hilfe einer

einheitlichen Bewertungsfunktion (Stufen A bis F) die Verkehrsqualität mit unterschiedlichem Bezug (räumlicher Bereich, Typ der Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsmittel) auf standardisierte Weise dargestellt werden kann.

Der Vorteil dieser Methode ist ihr allgemein anerkannter Bewertungsansatz; die Schwierigkeit liegt jedoch in den relativ scharf formulierten Bereichsgrenzen, sodass zur genauen Zuordnung eine entsprechend genaue Messmethode erforderlich ist (vgl. Tabelle 5). Diese ist jedoch bei vielen Kriterien mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Beispielsweise kann die Wartezeit bei verkehrsabhängigen Steuerungen nicht mehr mit geschlossenen mathematischen Modellen bestimmt werden. Häufig lässt sich eine exakte Qualitätsbewertung nur mit Hilfe von Simulationen vornehmen.

Das HBS hat damit eine Reduktion auf lediglich ein einziges Qualitätsmerkmal je Verkehrsteilnehmer-

gruppe vollzogen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass dies mit der Absicht verbunden ist, zu einer weit gehenden Standardisierung und Vergleichbarkeit von Bewertungen auch unterschiedlicher Elemente des Verkehrsnetzes zu kommen.

Das Qualitätsmanagement erfordert hier jedoch eine größere Differenzierung der Qualitätsbeurteilung, um aus den unterschiedlichen Bedeutungsfacetten auch teilweise voneinander abhängiger Kenngrößen gezielt auf mögliche Ursachen von Qualitätsmängeln in der Systemgestaltung der Lichtsignalanlage schließen zu können. Daher finden bei der Verfahrensentwicklung alle der in der Tabelle 4 genannten Kriterien Berücksichtigung.

Frühere Pilotprojekte zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen, bei denen die Autoren die Qualitätsmessung und Qualitätsbewertung des Verkehrsablaufs allein durch Beobachtungen vor Ort durchgeführt haben, beschränkten sich darauf, festzustellen, ob das Anspruchsniveau an die Güte des Verkehrsablaufs erreicht worden ist. Es wurde also nicht zwischen Erfüllung und Übererfüllung unterschieden. Bezogen auf die im HBS verwendeten Kenngrößen bedeutet dies, dass geprüft wurde, ob eine mindestens akzeptable Qualitätsstufe (QSV A bis QSV D) oder eine ungenügende Qualitätsstufe (QSV E bis QSV F) vorliegt. Bei der hier vorgesehenen Analyse der genaueren Prozessdaten ergeben sich andere Voraussetzungen, die zu einem höheren Anspruchsniveau an die Messgenauigkeit führen können.

Kenngröße	Bezug
mittlere Wartezeit	MIV
mittlere Wartezeit	ÖV
mittlere/maximale Wartezeit	Fg.
mittlere/maximale Wartezeit	Rad
Anzahl erforderlicher Halte	MIV
Anzahl Durchfahrten ohne Halt in koordinierten Zufahrten	MIV
Anzahl erforderlicher Halte	ÖV
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg.
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Rad
Auftreten von Reststaus	MIV
Reststaulänge	MIV
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	MIV
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	ÖV

Tab. 4: Kenngrößen zur Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Güte des Verkehrsablaufs

¹⁵ Unter den praktischen Gegebenheiten der innerörtlichen Verkehrssteuerung mit Umlaufzeiten von bis zu 90 s in der Hauptverkehrszeit können die gegebenen Grenzwerte sehr häufig nicht eingehalten werden. In dieser für die Qualitätsbewertung relevanten Frage besteht Klärungsbedarf.

QSV	zulässige mittlere Wartezeit w [s]				Prozentsatz der Durchfahrten ohne Halt [%]
	Straßengebundener ÖPNV	Fahrradverkehr	Fußgängerverkehr ¹⁵	Kraftfahrzeugverkehr (nicht koordinierte Zufahrten)	Kraftfahrzeugverkehr (koordinierte Zufahrten)
A	≤ 5	≤ 15	≤ 15	≤ 20	≥ 95
B	≤ 15	≤ 25	≤ 20	≤ 35	≥ 85
C	≤ 25	≤ 35	≤ 25	≤ 50	≥ 75
D	≤ 40	≤ 45	≤ 30	≤ 70	≥ 65
E	≤ 60	≤ 60	≤ 35	≤ 100	≥ 50
F	> 60	> 60	> 60	> 100	> 50

Tab. 5: Grenzwerte für die Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen, Quelle: HBS (FGSV 2001a)

2.3.4 Wechselwirkungen zwischen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs

Aus systematischen Erwägungen ist es sinnvoll, die beiden Qualitätsfelder der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs gesondert zu betrachten. Dessen ungeachtet bestehen zwischen beiden wechselseitige Abhängigkeiten, die sich sowohl in gegenläufigen als auch in verstärkenden Wirkungen äußern können.

Im Bereich der Zielfestlegungen wird ein Konflikt zwischen den beiden Zielen im Zusammenhang mit gegenläufigen Festlegungen zur Steuerungslogik konzediert. Mit steigendem Grad der vollständigen Sicherung bedingt verträglicher Verkehrsströme geht eine Minderung der Kapazität einher, da die Signalsicherung zusätzliche, als Verlustzeiten anzusehende Zwischenzeiten erfordert.¹⁶ In jüngerer Zeit wird jedoch verstärkt darauf hingewiesen, dass dieser vorwiegend bei der Anwendung von Festzeitsteuerungen aufscheinende Konflikt durch die fortschreitende Entwicklung intelligenter Steuerungsverfahren aufgeweicht worden ist.

Im Betriebsablauf und somit in der wahrgenommenen Qualität der Verkehrsregelung bei gegebener Systemkonfiguration treten die verstärkenden Wirkungen in den Vordergrund:

- An Knotenpunkten, die überlastet sind und an denen lange Wartezeiten auftreten, kommt es zu Gefährdungen, da Unfälle im Längsverkehr häufig mit Rückstauereignissen oder dem unerwarteten Erfordernis eines erneuten Anhaltens eines Fahrzeugs wegen bevorzogter Ströme in Verbindung gebracht werden können.
- Lange Wartezeiten an nicht ausgelasteten Furten bergen die latente Gefahr, dass Fußgänger und Radfahrer die Signalisierung missachten und bei Rot die Fahrbahn queren.
- Stresssituationen können zu einer erhöhten Risikobereitschaft führen.
- Ein unübersichtlicher Verkehrsablauf kann zu Orientierungsproblemen führen oder die Konzentration der Verkehrsteilnehmer so binden, dass sie wichtige Signale aus dem Verkehrsgeschehen nicht mehr wahrnehmen.
- Im Zuge koordinierter Strecken kann das Auflaufen des Pulkendes auf Rot zu einer erhöhten Unfallgefahr führen.

Im umgekehrten Wirkungspfad führen häufige Unfälle zu Störungen durch die entstehenden Behinderungen und Fahrstreifenblockierungen, deren Auswirkungen bei hoher Anlagenauslastung über längere Zeit auch nach der Beseitigung der ursprünglichen Behinderung noch spürbar bleiben.

2.3.5 Weitere Zielbereiche

In Abschnitt 2.3.1 wurden die Verbesserung oder Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit sowie die Minimierung der Umfeldbeeinträchtigungen als weitere Qualitätsziele der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlagen genannt. Auch hinsichtlich dieser Qualitätsbereiche kann die Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlagen vergleichend oder absolut bewertet werden. Bei der Abwägung ihrer Einbeziehung in die Qualitätsbewertung sind jedoch die folgenden Einschränkungen zu berücksichtigen:

- Während die Verkehrssicherheit und die Güte des Verkehrsablaufs unmittelbar zur Qualitätswahrnehmung der Leistungsempfänger (Verkehrsteilnehmer) beitragen, sind von den Qualitätsbereichen der Umfeldverträglichkeit und der Wirtschaftlichkeit in erster Linie interessierte Parteien (Anwohner, Allgemeinheit) betroffen.¹⁷ Ihre Einbeziehung in eine Güteaussage bezüglich der Verkehrsregelung zieht eine Gewichtungproblematik nach sich.
- Ein bedeutender Anteil der in Frage kommenden Kenngrößen zur Qualitätsbewertung im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und Umfeldverträglichkeit, insbesondere sämtliche der in den RiLSA 92 genannten Kriterien, kann von Bewertungskriterien der Güte des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit direkt abgeleitet werden. Sie sind also nicht unabhängig, und da sie keine zusätzlichen Informationen für die Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen beinhalten, sind sie für eine Ergänzung des Kriterienkatalogs auch nicht bedeutsam. Bewertungskenngrößen des Kraftstoffverbrauchs und der Lärmemissionen können als Kombinationen

¹⁶ Vgl. hierzu u. a. KRÜGER (1985).

¹⁷ Als Ausnahme hiervon können die Kraftstoff- und Betriebskosten angesehen werden, die per se dem Verkehrsteilnehmer zugeordnet sind.

aus den Wartezeiten und den Anhalteerfordernissen gebildet werden, die der Abgasemissionen wiederum aus dem Kraftstoffverbrauch. Die volkswirtschaftliche Kenngröße der Unfallkosten dient bereits zur Bewertung der Verkehrssicherheit und ist somit berücksichtigt, Zeitverlustkosten leiten sich aus den Wartezeiten am Knotenpunkt ab.

- Die hiervon noch nicht erfassten Größen (z. B. Flächeninanspruchnahme) sind in der Regel statische Größen, die vornehmlich in der Entwurfsphase zu bewerten sind. Sie sind Gegenstand der prozessbezogenen Qualitätsbewertung, wenn im Fall erforderlicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung eine Nutzen-Kosten-Betrachtung oder eine Nutzwertanalyse durchgeführt wird.

2.4 Prozessbezogene Qualitätsbetrachtung

Die prozessbezogene Bewertung der Qualität einer Lichtsignalanlage ist für den Verkehrsteilnehmer als Leistungsempfänger von geringer Bedeutung, da dieser keine Veranlassung hat, sich mit den Ursachen für die von ihm wahrgenommene Qualität zu befassen. Die Bewertung dient daher in erster Linie dazu, Ursachen für Mängel aufzudecken und die Handlungspotenziale zu ihrer Verbesserung zu identifizieren. Die Qualitätsmerkmale des Produkts Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage (Verkehrssicherheit, Güte des Verkehrsablaufs) dienen als Indikatoren für das Vorhandensein eines Mangels. Sie ermöglichen außerdem Aussagen über den Grad der Optimierung der Lichtsignalsteuerung, z. B. gemessen mit der Anzahl der gesichert über den Knotenpunkt geführten Fahrzeuge pro Zeiteinheit. Die absolute Bewertung ist Ausdruck des Verhältnisses zwischen der realisierten Verkehrsleistung und der möglichen Verkehrsleistung unter den gegebenen Rahmenbedingungen des verkehrsplannerischen Konzepts, des Verkehrsraumangebots, der verfügbaren Anlagentechnik etc. Kenngrößen dieser Betrachtung sind die Nutzung des zur Verfügung stehenden Verkehrsraums, die Nutzung der

Freigabezeiten (Auslastung), die Abstimmung von Zufluss und Abfluss oder die Homogenität im Verkehrsfluss.

Als Qualitätsziel für die prozessbezogene Betrachtung des Systems Lichtsignalanlage kann zunächst abstrakt formuliert werden:

In allen Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage ist sicherzustellen,

- dass die nicht gesetzlich festgelegten Qualitätsansprüche an den realisierten Verkehrsablauf klar formuliert worden sind,
- dass auf Seiten des Betreibers und aller in seinem Auftrag tätigen Personen die erforderliche Fachkompetenz und Entscheidungsbefugnis vorhanden ist,
- dass alle maßgebenden Akteure (Politik, Fachbehörden, Polizei, ...) und Betroffene (Bürger) angemessen beteiligt und informiert werden,
- dass alle Festlegungen und ihre Veränderungen dokumentiert werden und die Dokumentation jederzeit verfügbar ist.

In der Phase der planerischen und technischen Projektierung ist sicherzustellen,

- dass die Anlagenplanung hinsichtlich der erforderlichen Festlegungen vollständig ist,
- dass die Zielvorgaben aus der Raumordnung, der Stadtplanung und der übergeordneten Verkehrsplanung verbindlich und vollständig dargestellt und in der Planung der Lichtsignalsteuerung berücksichtigt werden,
- dass die Festlegungen auf verkehrsplannerischen Eingangsdaten beruhen, die verlässlich, belastbar und aktuell sind,
- dass die einzelnen Festlegungen unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben, der technischen Regelwerke sowie von Erfahrungswerten fachlich korrekt von ausreichend geschultem Fachpersonal getroffen werden,
- dass sämtliche Festlegungen in den verkehrstechnischen Unterlagen in einer einheitlichen Terminologie nachvollziehbar dokumentiert werden.

In der Phase der Implementierung ist sicherzustellen,

- dass die im Steuergerät abgelegten Programme und die dem Rechner zur Verfügung stehenden Prozessdaten dem Ergebnis der planerischen und technischen Projektierung entsprechen und
- dass die Gerätetechnik in der Lage ist, die projektierte Steuerung in vollem Umfang zu realisieren.

Schließlich ist in der Phase des laufenden Betriebs sicherzustellen,

- dass die konzeptionellen Vorgaben aus dem übergeordneten Verkehrsmanagement noch gültig sind oder die Lichtsignalsteuerung an Veränderungen angepasst wird,
- dass die Anforderungen an die Gewährleistung der Verkehrssicherheit und die Optimierung des Verkehrsablaufs entsprechend der angestrebten Qualitätsstufe erfüllt werden,
- dass die technischen Anlagenkomponenten betriebsbereit sind und in vollem Umfang einwandfrei arbeiten.

¹⁸ Dieser Katalog von Voraussetzungen und Tätigkeiten orientiert sich an Ausführungen, die in einem Entwurf des Kapitels „Qualitätssicherung von Lichtsignalanlagen“ für die RiLSA-Teilfortschreibung 2003 enthalten waren, in der Endfassung aber nicht veröffentlicht wurden.

Bild 7: Handlungsfelder des Qualitätsmanagements in den Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage¹⁸

Ziel des Entwurfs und des Betriebs von Lichtsignalanlagen ist es, durch die Gestaltung aller in direktem funktionalen Bezug zu ihrer Zweckbestimmung stehenden Systemelemente zu gewährleisten, dass die gewünschte Qualität der Verkehrsregelung bei maximaler Effektivität des Mitteleinsatzes und verbunden mit minimalen unerwünschten Auswirkungen auf das Umfeld dauerhaft erreicht wird.

Das Attribut „dauerhaft“ verweist darauf, dass es erforderlich ist, die mit diesem Ziel korrespondierenden Anforderungen den dynamischen Veränderungsprozessen des verkehrlichen Umfelds, z. B. der Verkehrsnachfrage, in regelmäßigen Abständen anzupassen.¹⁹ Während der verschiedenen Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage sind daher die in Bild 7 dargestellten organisatorische Voraussetzungen zu schaffen und qualitätsbezogenen Tätigkeiten auszuführen.

Für die Gestaltung der einzelnen Systemelemente resultieren daraus Anforderungen, die sich auf die folgenden vier mit einer hierarchischen Ordnung versehenen Merkmalsdimensionen beziehen:

- das Vorhandensein,
- die funktionale Gestaltung,
- die Integration in das Gesamtsystem und
- die Verfügbarkeit im Betrieb.

¹⁹ Zur Alterung von Lichtsignalanlagen vgl. KÜLZER (1996), auch BELL (1983).

²⁰ Mit „Regelwerk“ ist hier die Gesamtheit aller gesetzlichen Grundlagen, Verordnungen, Richtlinien und Hinweise bezeichnet. Im Einzelfall – insbesondere hinsichtlich haftungsrechtlicher Belange – kann es erforderlich sein, den unterschiedlichen Grad der Verbindlichkeit einzelner Anforderungen zu berücksichtigen.

²¹ Fakultative Voraussetzungen ergeben sich aus Festlegungen unterhalb der Verbindlichkeit des Regelwerks, z. B. durch neue technische und wissenschaftliche Erkenntnisse oder ortsspezifische Vereinbarungen, die als Qualitätsanforderung definiert werden. Es ist zu erwarten, dass bei einer Vielzahl von zu beurteilenden Elementen keine expliziten Anforderungen verfügbar sind, sodass anhand sachlogischer Erwägungen eine Bewertung vorgenommen werden muss.

	positive Ausprägung	indifferente Ausprägung	negative Ausprägung	Indikator für die Erfüllung der Anforderung
Vorhandensein	Das Element ist erforderlich und vorhanden.	Das Element ist vorhanden, obwohl es nicht erforderlich ist.	Das Element ist erforderlich, aber es ist nicht vorhanden.	Vorliegen verbindlicher Voraussetzungen für die Erfordernis (gemäß Regelwerk ²⁰). Vorliegen fakultativer ²¹ Voraussetzungen.
Funktionale Gestaltung	Das Element ist so gestaltet, dass es die an es gerichteten funktionalen Anforderungen erfüllen kann.		Das Element ist nicht so gestaltet, dass es die an es gerichteten funktionalen Anforderungen erfüllen kann.	Gewährleistung funktionaler Gestaltungsmerkmale (Regelwerk, weitere Quellen).
Systemintegration	Das Element ist mit anderen Elementen so abgestimmt, dass es dazu beiträgt, dass das Gesamtsystem die an es gerichteten funktionalen Anforderungen erfüllen kann.	Das Element kann oder braucht seinem Wesen nach nicht mit anderen Elementen abgestimmt sein.	Das Element ist nicht mit anderen Elementen so abgestimmt, dass es dazu beiträgt, dass das Gesamtsystem die an es gerichteten funktionalen Anforderungen erfüllen kann.	Gewährleistung von Merkmalen der Abstimmung (Regelwerk). Abschätzung der Wechselwirkungen mit anderen Elementen anhand sachlogischer Erwägungen.
Verfügbarkeit	Das Element ist in vollem funktionalen Umfang verfügbar.	Das Element ist nicht in vollem funktionalen Umfang verfügbar. Seine Funktionen können jedoch durch andere Elemente substituiert werden.	Das Element ist nicht in vollem funktionalen Umfang verfügbar und seine Funktionen können nicht durch andere Elemente substituiert werden.	Ausfallhäufigkeit und Ausfalldauer: Erfüllung absoluter Anforderungen oder Analyse von Auffälligkeiten bei einer relativen Betrachtung.

Tab. 6: Mögliche Ausprägungen von Systemelementen

KenngroÙe
Unfalldichte nach Unfallschwere (an Knotenpunkten auÙer-orts)
Unfalldichte nach Typ (einstellige Schlüsselnummer)
Unfalldichte nach Typ (dreistellige Schlüsselnummer)
Unfallzeitpunkt (nach Programmschaltzeiten)
StraÙenverhältnisse (Anteile)
Lichtverhältnisse (Anteile)
Gestaltung Führung MIV
Gestaltung Führung ÖV
Gestaltung Führung Radfahrer
Gestaltung Führung Fußgänger
Befolgungsgrad Führung MIV
Befolgungsgrad Führung ÖV
Befolgungsgrad Führung Radverkehr
Befolgungsgrad Führung Fußgängerverkehr
Zustand der Signalgeber
Funktion der Hardware
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Signalisierung

Tab. 7: KenngroÙen zur Systemanalyse aus dem Qualitätsfeld Verkehrssicherheit

KenngroÙe
Auftreten von Behinderungen im Abfluss
Ausgewogenheit der Freigabezeituteilung
Freigabezeitmindernde Einflüsse
Koordinierungsprobleme
Fahrgeschwindigkeiten
Freigabezeitpunkte nach Anmeldung
Verzögerungen des Freigabezeitpunkts durch den ÖV
Koordinierung an Furten
Koordinierung Zugang Haltestellen

Tab. 8: KenngroÙen zur Systemanalyse aus dem Qualitätsfeld der Güte des Verkehrsablaufs

KenngroÙe	Bezug
Relative Ausfallhäufigkeit	1, 2, 3, 4, 5
Kumulierte Ausfalldauer	1, 2, 3, 4, 5
Mittlere Ausfalldauer je Ereignis	1, 2, 3, 4, 5
Gesamtausfall LSA je Ereignis	2, 3, 4, 5
Aktivierung Rückfallebenen	2, 3, 4, 5
Zwangsabmeldungen ÖV	2, 3
Manuelle Anmeldungen ÖV	3
Erläuterung: 1 = Gesamtanlage 2 = Steuergerät 3 = Erfassungseinrichtungen 4 = Signalgeber 5 = Kommunikation	

Tab. 9: KenngroÙen zur Systemanalyse aus dem Qualitätsfeld der Betriebssicherheit

Mögliche, auf die genannten Anforderungen bezogene Ausprägungen von Systemelementen sind in Tabelle 6 dargestellt.

In Tabelle 7 sind KenngroÙen aus dem Qualitätsfeld der Verkehrssicherheit aufgeführt, die für eine Analyse von Mängeln der Systemgestaltung herangezogen werden können. Tabelle 8 enthält solche KenngroÙen aus dem Qualitätsfeld der Güte des Verkehrsablaufs; Tabelle 9 aus dem der Betriebssicherheit.

2.5 Systemelemente der Lichtsignalanlage

Grundlage für die Entwicklung von Verfahrensweisen und Hilfsmitteln für eine umfassende Qualitätsbewertung ist die Systematisierung aller Elemente, die einen Einfluss auf die Prozessqualität der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage und damit mittelbar auf die vom Verkehrsteilnehmer empfundene Produktqualität haben.

Die Systemelemente, die hierzu einen Beitrag leisten, lassen sich in die drei Bereiche Knotenpunktentwurf, der Verkehrssteuerung und technische Infrastruktur untergliedern, die in enger wechselseitiger Abhängigkeit und Wirkungsbeziehung stehen. Die Ausprägungen der einzelnen Elemente werden in keiner verbindlichen Reihenfolge festgelegt, vielmehr erfolgt die Systemgestaltung in einem komplexen, iterativen Prozess.

Häufig richtet sie sich an bereits vorhandenen Systemelementen aus, die nicht oder nur geringfügig verändert werden sollen. Stets sind am einzelnen Knotenpunkt Rahmenbedingungen zu beachten, die sich

- aus strategischen und taktischen Festlegungen zur Lichtsignalsteuerung wie z. B. der Gewichtung von Anforderungen der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen,
- aus weiter gehenden verkehrsplanerischen Festlegungen wie der Führung der Hauptverkehrsströme und schließlich
- aus den Zielvorstellungen des Städtebaus und der Raumordnung

ergeben.

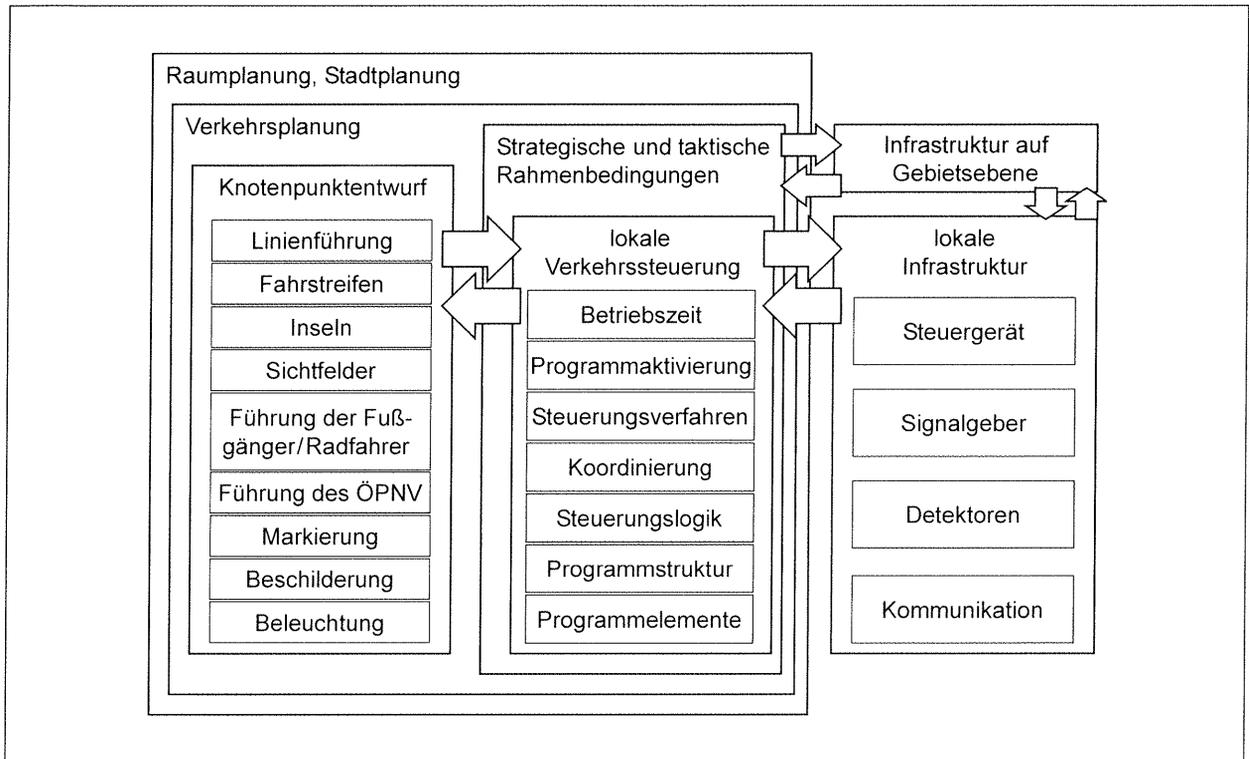


Bild 8: Übersicht über die Systemelemente einer Lichtsignalanlage an einem Knotenpunkt²²

Bild 8 zeigt eine Übersicht über die Systemelemente der Lichtsignalanlage. Erläuterungen zu den einzelnen Elementen sind in der Anlage 4 gegeben. Grundlage hierfür sind neben der RiLSA 92 die Richtlinien und Empfehlungen RAS-K-1 (FGSV 1988a), EAHV 93 (FGSV 1993), EAE 85/95 (FGSV 1995), ERA (FGSV 1995), RAS-Q (FGSV 1996), EFA (FGSV 2002b) sowie (FGSV 2001c).

2.6 Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung

Die Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung an Lichtsignalanlagen können unterschieden werden nach

- der Wirkungstiefe, d. h., wie weit reichend ein bestimmter Mangel durch eine Maßnahme gemindert oder behoben wird,
- der Wirkungsbreite, d. h., in welchem Umfang unterschiedliche Mängel durch eine Maßnahme gemindert oder behoben werden, und
- der Reaktionszeit, d. h. dem Zeitmaß, nach dem eine Minderung oder Behebung eines Mangels sichtbar oder messbar wird.

Diese Merkmale sind in der Regel nicht voneinander unabhängig.

Maßnahmen an Lichtsignalanlagen lassen sich wie folgt typisieren und weisen damit eine charakteristische Kombination der genannten Merkmale auf:

- **Wartungsmaßnahmen:** Diese Maßnahmen dienen lediglich dazu, einen Ist-Zustand zu erhalten oder wieder herzustellen. Änderungen an den Systemelementen, die über eine kleine technische Modernisierung hinausgehen, werden dabei nicht vorgenommen. Wartungsmaßnahmen beziehen sich typischerweise auf die Hardware (z. B. Instandsetzung von Detektorschleifen oder Erneuerung von Kabelwegen, Austausch von Leuchtmitteln der Signalgeber) und auf die Elemente der Knotenpunktausstattung (z. B. Erneuerung von vorhandenen Markierungen, ggf. auch die Anpassung von Markierungen und Beschilderung an neue Regelungen, ohne dass hierdurch eine Änderung der Verkehrssteuerung bewirkt wird, Erneuerung des Straßenbelags). Die Wartungsmaßnahmen sollen zeitnah nach der Entdeckung eines Man-

²² Die Verwendung der Begriffe der strategischen, taktischen und lokalen Ebene der Lichtsignalsteuerung orientiert sich hier an FRIEDRICH (1999).

gels durchgeführt werden. Der Planungsaufwand ist in der Regel gering. Einschränkend können sich hier jedoch die erheblichen Kosten z. B. für Erneuerungsmaßnahmen des Straßenbelags auswirken.

- **Parameteranpassungen:** Einzelne Parameter der Systemgestaltung werden verändert. Es handelt sich dabei in erster Linie um Steuerungsparameter (z. B. Schwellen- und Grenzwerte für Zeitlücken, minimale Freigabezeiten, späteste Anforderungszeitpunkte, Versatzzeiten). Maßnahmen beziehen sich in der Regel nur auf den betrachteten Knotenpunkt. Dabei sind nur Anpassungen an der Software erforderlich. Je nach Versorgungsart können die Parameterwerte in der Regel mit sehr geringem Aufwand verändert werden. Die Reaktionszeit ist daher entsprechend kurz.
- **Logikanpassungen:** Diese Maßnahmen greifen in die Logik der Verkehrssteuerung ein. Dabei müssen Bestandteile des Signalprogramms strukturell geändert werden. Insbesondere bei älteren Lichtsignalanlagen können diese Veränderungen in der Regel nur von der Signalbaufirma vorgenommen werden. Die erforderlichen Arbeiten zur Erstellung und Überprüfung der Logik bringen längere Reaktionszeiten mit sich.
- **Hardwareanpassungen:** Bei diesen Maßnahmen ist der Neubau, die Erneuerung oder die Umgestaltung von Hardwarekomponenten (Steuergerät, Signalgeber, Detektoren) erforderlich. Diese Maßnahmen können sich auf die Steuerungslogik und die Parameter auswirken. Da je nach Umfang der Anpassungen häufig auch Tiefbauarbeiten nötig sind, kann eine längere Planungsphase erforderlich sein und es ist mit hohen Kosten zu rechnen.
- **Bauliche Maßnahmen:** Sie umfassen alle Veränderungen an der Gestaltung des Straßenraums und an der Knotenpunktausstattung. Hierzu gehören Änderungen an der Markierung oder der Beschilderung; es können aber auch größere Baumaßnahmen erforderlich sein, die einen vollständigen Neubau der Lichtsignalanlage nach sich ziehen. Solche Maßnahmen benötigen einen sehr langen Vorlauf, bis die Planungsabläufe abgeschlossen und die Mittel bereitgestellt sind.
- **Übergeordnete planerische und strategische Maßnahmen:** Aus der Qualitätsbewertung und

Ursachenerforschung können sich Hinweise auf Festlegungen übergeordneter Steuerungsebenen oder auf planerische Rahmenbedingungen ergeben, die eine wesentliche Verbesserung der Lichtsignalsteuerung am Knotenpunkt mit Hilfe der übrigen Maßnahmentypen erschweren oder weit gehend unmöglich machen. Daher umfasst das Handlungsspektrum zur Qualitätsverbesserung an Lichtsignalanlagen auch planerische Entscheidungen wie die Verlagerung von Verkehrsströmen auf zu ertüchtigende Alternativrouten, städtebauliche Änderungen im Umfeld, die weit gehende bauliche Maßnahmen erst ermöglichen, oder grundsätzliche strategische Entscheidungen wie die Priorisierung von Verkehrsteilnehmergruppen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Empfehlungen sehr offen formuliert werden müssen, da die erforderlichen Voruntersuchungen für eine Konkretisierung nicht mehr im Rahmen des Qualitätsmanagements von Lichtsignalanlagen zu sehen sind. Typischerweise ist bei diesem Maßnahmentyp mit sehr langen Reaktionszeiten zu rechnen.

Mit steigender Komplexität der Maßnahmen nimmt auch die Inanspruchnahme mehrerer Handlungsbereiche zu, d. h., eine Änderung der Steuerungslogik wird auch Modifikationen der Parametrierung zur Folge haben und ein Umbau des Knotenpunkts wird Änderungen der Hardware und der Logik mit sich bringen.

2.7 Zusammenfassung

Qualität bezeichnet „die Gesamtheit von Merkmalen (und Merkmalswerten) einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“ (nach BRUHN 2001). Alle Handlungen, die sich auf die Qualität von Prozessen und Produkten beziehen, können unter dem Begriff des Qualitätsmanagements zusammengefasst werden. Qualitätsmanagement zielt darauf ab, zu gewährleisten, dass die Qualitätserwartungen und die Qualitätswahrnehmung der Nutzer in Bezug auf ein Produkt oder eine Dienstleistung miteinander im Einklang stehen. Daraus resultieren die Aufgaben, Qualitätsziele für die Produktion zu formulieren und das Erreichen dieser Ziele zu überwachen.

Die Begriffe und das Konzept des Qualitätsmanagements können auf die Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlagen angewandt werden. Einzelne

Instrumente des Qualitätsmanagements sind bereits eingeführt und werden verbreitet angewandt. Hierzu zählt unter anderem die Verkehrssicherheitsarbeit der Unfallkommission, die turnusmäßig die Sicherheitslage im Straßennetz begutachtet und dabei auch unfallauffällige Lichtsignalanlagen einbezieht. Einen präventiven Ansatz verfolgt hingegen das Sicherheitsaudit für Straßen, allerdings ist dieses Verfahren derzeit nicht für Anlagen im Betrieb vorgesehen. Es bietet sich an, beim Qualitätsmanagement die vorhandenen Ansätze mit einzubeziehen.

Der Qualitätsbegriff zeigt sich bei Lichtsignalanlagen vielschichtig, sodass es hilfreich ist, zwischen der produktbezogenen und der prozessbezogenen Qualitätsbetrachtung zu unterscheiden.

Bei der produktbezogenen Qualitätsbetrachtung stehen die Verhaltensanweisungen im Mittelpunkt, die dafür sorgen sollen, dass die Gesamtheit der Nutzer der Lichtsignalanlage den Knotenpunkt in der Summe möglichst zügig und frei von Gefährdungen befahren bzw. begehen kann. Die Güte des Verkehrsablaufs und die Verkehrssicherheit kristallisieren sich als die Merkmalsgruppen heraus, anhand derer die Produktqualität beurteilt werden kann. Die produktbezogene Qualitätsperspektive orientiert sich demnach an der von den Verkehrsteilnehmern wahrgenommenen Qualität.

Das gemeinhin verwendete Maß zur Beurteilung der Verkehrssicherheit ist das Unfallgeschehen. Es wird nach Anzahl und Schwere der Ereignisse sowie bestimmter charakteristischer Merkmale aufbereitet. Hierzu zählen unter anderem Kenngrößen der kumulierten Unfallfolgen und des entstandenen Schadens sowie der Verteilung auf die Ausprägungen Unfallzeit, Licht- und Straßenverhältnisse und des Unfalltyps.

Die wichtigsten quantitativen Merkmale der Güte des Verkehrsablaufs sind die mittlere oder maximale Wartezeit, die Anzahl der Halte oder Durchfahrten, das Auftreten und die Länge von Rückstaus und die mittleren Reisegeschwindigkeit im Netz. Die Bewertungsskala der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs gemäß des HBS beruht auf den Kenngrößen der mittleren Wartezeiten und des Anteils von Fahrzeugen, die in den Zufahrten anhalten müssen.

Die prozessbezogene Qualitätsbetrachtung richtet sich auf die Erzeugung des abgestimmten Bündels von Steuerungseingriffen, die mit Hilfe des aus ver-

schiedenen Elementen bestehenden Systems „Lichtsignalanlage“ durchgeführt wird. Dabei stehen inhärente Merkmale des Herstellungsprozesses wie Betriebssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umfeldverträglichkeit der eingesetzten Systemelemente im Mittelpunkt. Die prozessbezogene Betrachtung eignet sich zur Identifikation von Systemmängeln und Verbesserungspotenzialen, deren Ausschöpfung wiederum zu einer höheren Produktqualität führen kann.

Als Qualitätsziel für die prozessbezogene Betrachtung kann formuliert werden, dass die Elemente des Systems Lichtsignalanlage so zu gestalten sind, dass die gewünschte Qualität der Verkehrsregelung bei maximaler Effektivität des Mitteleinsatzes und verbunden mit minimalen unerwünschten Auswirkungen auf das Umfeld dauerhaft erreicht wird. Dabei ist es erforderlich, die mit diesem Ziel korrespondierenden Anforderungen den dynamischen Veränderungsprozessen des verkehrlichen Umfelds, z. B. der Verkehrsnachfrage, in regelmäßigen Abständen anzupassen.

Bei der Systemgliederung von Lichtsignalanlagen können die einzelnen Elemente des Knotenpunktentwurfs, der lokalen Verkehrssteuerung und der lokalen Infrastruktur unterschieden werden. Hinzu kommen übergeordnete Rahmenbedingungen aus der Stadt- und Verkehrsplanung sowie aus strategischen Vorgaben. Bei einer prozessbezogenen Qualitätsbewertung können alle Elemente auf ihr Vorhandensein, ihre funktionale Gestaltung, ihre Integration in das Gesamtsystem und ihre Verfügbarkeit im Betrieb überprüft werden. An Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung steht an Lichtsignalanlagen ein umfangreiches Repertoire zur Verfügung, das sich von Wartungsmaßnahmen über Anpassungen von Parametern, logischen Abläufen oder der Hardwareausstattung bis hin zu baulichen Maßnahmen erstreckt. Kann mit diesen Mitteln keine Verbesserung herbeigeführt werden, so müssen übergeordnete planerische oder strategische Festlegungen geprüft werden.

3 Verfahrensentwicklung

3.1 Verfahrensziele

3.1.1 Allgemeines

Um den Grundsätzen des Qualitätsmanagements und der Komplexität des Betrachtungsgegenstands gerecht zu werden, ist es erforderlich, bei

der Entwicklung von Verfahren und Hilfsmitteln zur Bewertung und Verbesserung von Lichtsignalanlagen einen systematischen, umfassenden und integrierten Ansatz zu verfolgen:

- systematisch, um die aus einer Vielzahl unterschiedlicher Elemente aufgebaute individuelle Struktur mit ihren vielfältigen inneren und äußeren Abhängigkeiten zu beschreiben, Mängel darin zu verorten und Ansatzpunkte für effektive Verbesserungen zu identifizieren;
- umfassend, um alle Qualitätswirkungen bei der Bewertung zu berücksichtigen und das Handlungspotenzial zur Qualitätsverbesserung voll auszuschöpfen; und
- integriert, um die Qualitätsziele sowohl in Bezug auf die Steuerungshierarchie – von der übergeordneten Planung über die strategischen Festlegungen im Netz bis hin zur lokalen Steuerung – als auch in Bezug auf die unterschiedlichen betroffenen Verkehrsteilnehmergruppen ausgewogen und sachgerecht zu berücksichtigen.

Als wichtige Verfahrensziele sind hierbei die Gewährleistung einer hohen Effizienz, Flexibilität, Transparenz und Übertragbarkeit zu benennen. Diese Verfahrensziele werden in den folgenden Abschnitten näher umrissen.

3.1.2 Effizienz

Für die Verbreitung des Qualitätsmanagements in der Praxis ist eine aufwandsoptimierte Verfahrensgestaltung wichtig. Unter angemessenem Einsatz von Ressourcen soll ein möglichst hoher Nutzen erreicht werden.

Die betriebswirtschaftliche und die volkswirtschaftliche Effizienz stehen dabei in einem engen Zusammenhang.²³ Bei der Verfahrensgestaltung steht zunächst das Ziel der Optimierung des Verhältnisses zwischen dem betriebswirtschaftlichen Aufwand (Personalkosten, Sachkosten) für die Durchführung des Verfahrens einerseits und dem in Form einer Verbesserung der Produktqualität volkswirtschaftlich messbaren Nutzens andererseits im Vordergrund.

Auf den betriebswirtschaftlichen Aufwand wirkt sich die Verfahrensgestaltung direkt aus. Wichtige Einflussgrößen sind hierbei

- die Datenverfügbarkeit,
- die Verständlichkeit des Verfahrens und
- die Dauer des Verfahrensablaufs einschließlich der Vor- und Nachbereitung.

Zur Aufwandsoptimierung ist es zweckmäßig, für das Verfahren möglichst weit gehend vorhandene Datenressourcen zu nutzen, da sich die Datenverfügbarkeit häufig als kritischer Faktor im Verhältnis zwischen Verfahrensaufwand und Ergebnisqualität erweist. Dies bedeutet im Grundsatz

- die Verwendung von bereits verfügbaren Daten, die ein Qualitätsmerkmal oder mehrere Qualitätsmerkmale beschreiben,
- die Analyse weiterer verfügbarer Daten, aus denen sich durch sachlogische Kombinationen qualitätsrelevante Informationen generieren lassen, sowie
- die gezielte und bedarfsgesteuerte zusätzliche Erhebung von Daten für ergänzende Analysen.

Zur Erleichterung der Datenhaltung, zur Erhöhung der Verfahrensverständlichkeit und zur Beschleunigung des Verfahrensablaufs ist es sinnvoll, weit gehend auf EDV-unterstützte Hilfsmittel zurückzugreifen.

Die volkswirtschaftliche Effizienz der Anwendung des Qualitätsmanagements hängt im konkreten Fall von Art und Maß der Mängelsituation und dem verfügbaren Handlungspotenzial zur Abhilfe ab. Wenn Anpassungen der Steuerungslogik, Verbesserungen der Hardware oder gar bauliche Maßnahmen zur Behebung von Mängeln erforderlich werden, kann davon ausgegangen werden, dass diese Instandhaltungs- und Investitionskosten die Aufwandskosten des Qualitätsmanagements bei weitem übersteigen.²⁴

Von der Güte des Verfahrens ist es jedoch abhängig, ob die erforderlichen Entscheidungsgrundlagen für eine sachgerechte Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen bereitgestellt werden. Die somit auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht anzustre-

²³ Auf die Fragestellung der volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Bewertung des Qualitätsmanagements wird in Abschnitt 4.3 ausführlich eingegangen.

²⁴ Vgl. Abschnitt 4.3.

bende Validität und Bedeutsamkeit der Ergebnisse des Verfahrens werden maßgeblich von der Güte der Eingangsdaten zur Analyse, der Güte des Analyseverfahrens sowie dem Zugriff und der Nutzung des erforderlichen Sachwissens beeinflusst.

3.1.3 Flexibilität

Die große Bandbreite an unterschiedlichen Organisationsstrukturen, gewachsenen Handlungsabläufen und auf der Ebene der Gesamtsteuerung verfügbaren technischen Möglichkeiten erfordert ein Verfahren, das flexibel an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden kann. Dies kann erreicht werden, indem

- verschiedene Verfahrensmodule zu Verfügung gestellt werden, die in Abhängigkeit von der Erfüllung bestimmter Voraussetzungen (insbesondere des Datenangebots aus unterschiedlichen Quellen) aktiviert werden können,
- die einzelnen Module den Daten- und Analysebedarf möglichst variabel auf die im Einzelfall gegebenen Voraussetzungen und die bereits erfassten Informationen abstimmen können, und
- die Verfahrenslogik und die Analysevorschriften fehlertolerant gestaltet sind und das Verfahren robust gegenüber Informationslücken ist, sodass es auch bei einzelnen Mängeln in der Datenqualität und Datenverfügbarkeit valide Ergebnisse liefert.

Da eine solche Flexibilität die Einsatzfähigkeit des Verfahrens bei unterschiedlichen Organisationsstrukturen und technischen Voraussetzungen gewährleistet, eignet es sich damit für eine flächendeckende, Betreiber-unabhängige Anwendung.

3.1.4 Transparenz

Aus Gründen des Haftungsrechts und der Sorgfaltspflicht verbleibt die Verantwortung für die Durchführung des Verfahrens und die Ergebnisse bei den jeweiligen handelnden Personen des Aufgabenträgers und kann nicht an ein standardisiertes und automatisiertes System übertragen werden. Relevante Zwischenergebnisse und Entscheidungswege des Verfahrens müssen daher gegenüber den handelnden Personen und deren kontrollierenden Instanzen transparent sein.

Dies wird erreicht, indem

- das Verfahren sich weitgehend an bereits erprobte und bekannte Verfahren anlehnt,

- der Verfahrensablauf systematisch dokumentiert ist, einschließlich der Ablaufschemata der EDV-unterstützten Hilfsmittel,
- die den Analysen und Bewertungen zugrunde liegenden Regeln und Parameter geeignet dokumentiert werden und eine Anpassung von Parametern einfach möglich ist,
- die Ergebnisse vollständig dokumentiert werden und
- die den Bewertungsurteilen und Maßnahmevorschlägen zugrunde liegenden Datenquellen benannt und Zwischenergebnisse in zweckmäßiger Weise verfügbar gemacht werden.

Um den Leistungsstand der Lichtsignalsteuerung auch gegenüber einer außerfachlichen Öffentlichkeit dokumentieren zu können, müssen die Ergebnisse in geeigneter Weise allgemein verständlich formuliert und veranschaulicht werden.

3.1.5 Übertragbarkeit

Vor dem Hintergrund der Vielzahl an Anforderungsprofilen und Gestaltungsmöglichkeiten der Lichtsignalsteuerung ist die Anwendbarkeit des Verfahrens für alle Knotenpunktformen und Steuerungsverfahren sicherzustellen. Das Verfahren muss darüber hinaus auch unabhängig von dem Schweregrad der Qualitätsmängel sowohl für bekannte Problemstellen als auch für bislang „unauffällige“ Knotenpunkte signifikante Ergebnisse liefern.

Voraussetzungen hierfür sind

- die systematische Aufbereitung, Darstellung und Typisierung des Betrachtungsgegenstands, seiner Wirkungsbeziehungen und des Verfahrensumfelds,
- die sachgerechte Auswahl zu untersuchender Kenngrößen mit allgemein gültiger Aussagekraft,
- die weit gehende Standardisierung des Verfahrens einschließlich der Eingangsgrößen und der Verfahrensergebnisse.

3.2 Ablauf des Gesamtverfahrens

3.2.1 Überblick

Das Verfahren zum Qualitätsmanagement von Lichtsignalanlagen an Einzelknotenpunkten besteht aus den folgenden Phasen:

Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten: Hierzu zählt

- die Erfassung und Analyse qualitätsrelevanter Daten zur Gewinnung von Bewertungskenngrößen der Produktqualität und von Kriterien zur Beurteilung der Systemgestaltung und
- die Qualitätsbewertung anhand von allgemeinen und knotenpunktspezifischen Anforderungsniveaus hinsichtlich der produktbezogenen Qualitätsfelder der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs sowie des prozessbezogenen Qualitätsfelds der Betriebssicherheit. Hierzu zählt auch die Feststellung eines Handlungsbedarfs zur Qualitätsverbesserung.

Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen: Zur Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung durch Beseitigung der Mängelursachen zählt auch eine Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen und des Nutzen-Kosten-Verhältnisses.

Die Ergebnisse sämtlicher Schritte sind zu dokumentieren. Das Zusammenwirken der einzelnen Schritte wird in Bild 9 gezeigt.

Die Verfahrensschritte zum Qualitätsmanagement von Lichtsignalanlagen entsprechen so den Grundzügen der allgemeinen Vorgehensweise bei Ver-

kehrsplanningen, wie sie im Leitfaden für Verkehrsplanungen (FGSV 2001d) dargestellt sind. Sie sieht vor, im Rahmen einer Problemanalyse den Zustand zu beschreiben und zu bewerten sowie Mängel zu identifizieren, für deren Beseitigung im nächsten Schritt Maßnahmen entwickelt und deren Wirkungen abgeschätzt werden.

Auch im Vergleich mit den allgemeinen Schritten des Qualitätsmanagements (vgl. Abschnitt 2.2.2.4) zeigt sich, dass die hierfür wesentlichen Schritte

- der Anwendung von Messungen zur Ermittlung der aktuellen Wirksamkeit sowie Effizienz jedes einzelnen Prozesses und
- die Festlegung von Mitteln zur Verhinderung von Fehlern und zur Beseitigung ihrer Ursachen vorhanden sind.

Besonders in städtischen Netzen, zunehmend aber auch in außerörtlichen Bereichen in den Ballungsräumen, bestehen zwischen den Lichtsignalanlagen wechselseitige Abhängigkeiten. Zudem sind Betreiber in der Regel gebietsbezogen für eine Vielzahl von Lichtsignalanlagen zuständig. Ein umfassendes und erfolgreiches Qualitätsmanagement muss daher nicht nur den Einzelknotenpunkt, sondern auch die Gesamtsteuerung in die Betrachtung mit einbeziehen.

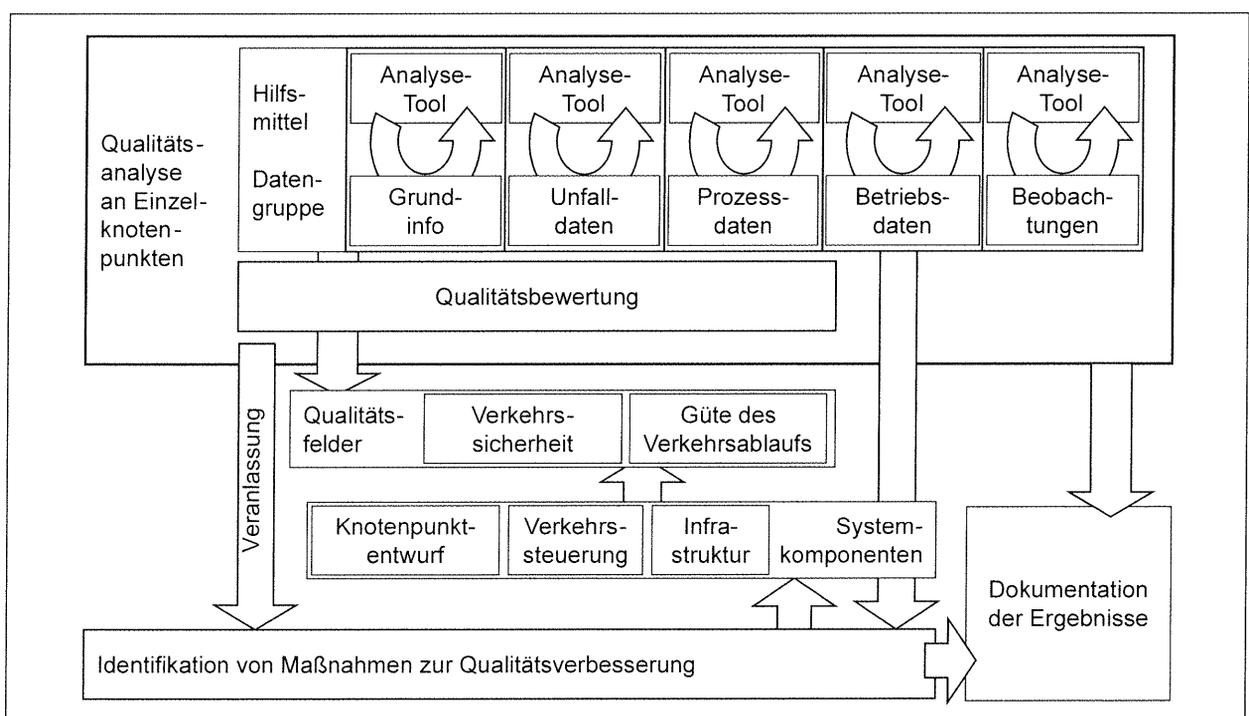


Bild 9: Verfahrensschritte am einzelnen Knotenpunkt

Es muss seinen Niederschlag in den generellen organisatorischen Voraussetzungen, strategischen Festlegungen und technischen Rahmenbedingungen der Systemarchitektur finden und auf einer Kenntnis der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs im gesamten Netz beruhen.

Bezieht sich die Anwendung des Qualitätsmanagements allein auf einzelne Knotenpunkte, besteht die Gefahr,

- dass wichtige Wechselwirkungen zwischen übergeordneten Festlegungen und der Qualität der einzelnen Anlage nicht berücksichtigt werden (Beispiel: Einpassung der Einzelsteuerung in einen koordinierten Streckenzug unter Inkaufnahme von Qualitätseinbußen an einem Knotenpunkt),
- dass mögliche Qualitätsrisiken in einem Netz von Lichtsignalanlagen nicht erkannt werden, die erst bei einem ungünstigen Zusammenwirken einzeln noch gut funktionierender Steuerungen zu Problemen führen (Beispiel: Folge von ÖV-Anforderungen entlang eines Streckenzugs),
- dass mögliche regional, historisch, in den handelnden Personen oder in institutionalisiertem Gewohnheitshandeln begründete charakteristische Merkmale der Lichtsignalsteuerung zu ähnlichen, stereotypen Mängeln führen (Beispiel: Auswahl und Platzierung von Detektoren und Signalgebern oder Führung von Fußgängern),
- dass Handlungsempfehlungen mit z. T. negativen Auswirkungen gegeben werden, die übergeordneten Zielen widersprechen oder die mit Maßnahmenwirkungen an benachbarten Knotenpunkten in Konflikt stehen (Beispiel: Verlängerung von Freigabezeiten, die zu einer Überschreitung der Kapazität in einem stromabwärts gelegenen Knotenpunkt führen).

Eine gebietsbezogene absolute oder relative Bewertung der Qualität gibt dem Aufgabenträger darüber hinaus die Möglichkeit, den Einsatz von Maßnahmen anhand von Prioritätensetzungen zu optimieren und damit die Effizienz des Qualitätsmanagements zu erhöhen. Zwar ist es ein Ziel, knotenpunktbezogene Verfahren mit geringem Aufwand turnusgemäß und flächendeckend einzusetzen. Für eine erste Qualitätsanalyse, aber auch im weiteren betrieblichen Alltag sind Fragen der Prioritätenset-

zung für Qualitätsmanagement-Maßnahmen jedoch immer wieder von Bedeutung.

Die Verfahrensweise zum Qualitätsmanagement von Einzelknotenpunkten wird daher so gestaltet, dass sie in ein zweistufiges Verfahren eingebunden werden kann, bei dem zunächst eine Gesamtbeurteilung der Lichtsignalsteuerung im Netz erfolgt und deren Ergebnisse dann für einzelne Knotenpunkte weiter differenziert werden (vgl. Bild 10).

3.2.2 Typisierung

3.2.2.1 Allgemeines

Die Einsatzbereiche und Systemgestaltungen von Lichtsignalanlagen weisen eine erhebliche Bandbreite auf. Hieraus ergeben sich ihrem Charakter nach sehr individuelle Aufgabenstellungen bei der Überarbeitung. In der Vergangenheit hat dies dazu geführt, dass in der Regel Einzellösungen gefunden werden mussten.

Um die Aufgabe des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen zu veranschaulichen und handhabbar zu machen, ist es zweckmäßig, das gesamte Handlungsfeld nach dem Betrachtungsgegenstand, den anzuwendenden Mitteln sowie den vorzuschlagenden Lösungen weit gehend zu typisieren. Ziel ist es, die Anzahl der zu betrachteten Möglichkeiten zu verringern, ohne dabei die erforderliche flexible Anpassung der Hilfsmittel zu beeinträchtigen. Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, dass eine Übertragung der vorgeschlagenen Lösung auf die einzigartige Situation in jedem Fall durch den Experten erfolgen muss.

Für eine Typisierung kommen die folgenden Prozesselemente in Frage:

- die Bestandteile des Systems Lichtsignalanlage,
- die Merkmale oder Merkmalskombinationen von Lichtsignalanlagen,
- die für die Qualitätsbewertung und die Qualitätsverbesserung auszuwertenden Datengruppen und
- die Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung.

Die Bestandteile des Systems Lichtsignalanlage sind in Abschnitt 2.5 und der zugehörigen Anlage dargestellt. Die Typisierung von Handlungsmöglichkeiten orientiert sich an den in Abschnitt 2.6 be-

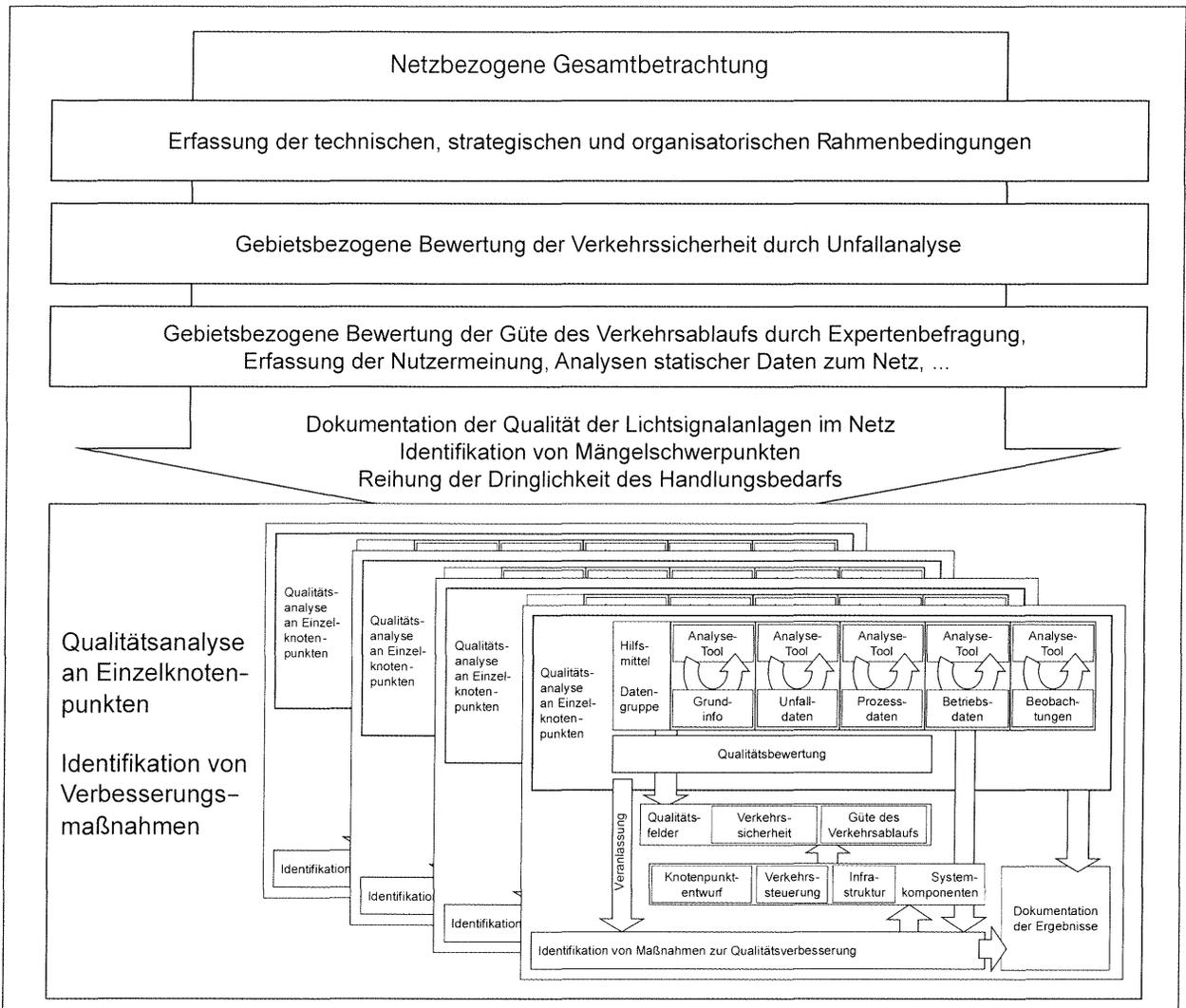


Bild 10: Zweistufiges Verfahren zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen in einem Netz

schriebenen Maßnahmengruppen. In den folgenden Unterabschnitten werden die Typisierungen der übrigen Prozesselemente dargestellt.

3.2.2.2 Merkmale von Lichtsignalanlagen

Nach Kapitel 2 können Lichtsignalanlagen durch eine Vielzahl von Systemelementen beschrieben werden. Die spezifische Ausgestaltung der Anlage wird im Wesentlichen bestimmt durch den Anforderungskatalog unter Würdigung der funktionalen Ansprüche, die sich am konkreten Einsatzort ergeben, die verfügbaren technischen Möglichkeiten zum Zeitpunkt der Realisierung und die Aufwendungen zur Anpassung der Anlage an veränderte Ansprüche sowie zur technischen Modernisierung seit der Inbetriebnahme.

Es erscheint daher zweckmäßig, bei einer Typisierung vorhandener Lichtsignalanlagen keinen sys-

temtheoretischen Ansatz zu wählen, welcher die möglichen Ausprägungen einzelner Anlagenelemente nach den Regeln der Kombinatorik zusammenstellt, sondern über die Definition unterschiedlicher Anspruchsmerkmale zu einer Beschreibung typischer Lösungen zu kommen. Diesen Lösungen ist zu Eigen, dass sie nicht trennscharf voneinander abgegrenzt werden können, sondern als Schwerpunkte von Clustern denkbarer ähnlicher Anlagen anzusehen sind.

Die Anspruchsmerkmale leiten sich in erster Linie aus der Verkehrsfunktion des Knotenpunkts und seiner Zuläufe für die verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen ab. Zudem spielen Anforderungen aus dem städtebaulichen bzw. landschaftlichen Umfeld des Knotenpunkts eine Rolle. Daher sind typische Anforderungsprofile sinnvoll aus der Lage der Knotenpunkte abzuleiten. Mögliche Ergebnisse

Typische LSA	Veralteter Einzelläufer	Moderner Einzelläufer	Moderne Anlage an einer Magistrale	Anlage mittleren Alters in erweiterter Innenstadt	Moderne Kernzonenanlage
Anforderungen					
Lage	außerorts	außerorts	Stadttrand	Innenstadt	Kernzone
Verkehrsfunktion	Verbindung	Verbindung	Verbindung	Verbindung/ Erschließung	Erschließung
Verkehrsstärke MIV	mäßig	mäßig	hoch	mäßig	hoch
Ausprägung einer Hauptlastrichtung	mäßig	mäßig	stark	mäßig	gering
Fußgängerverkehr	schwach	schwach	mäßig	mäßig	stark
Radverkehr	schwach	schwach	stark	mäßig	stark
Merkmale der LSA					
Detektoren-ausstattung	keine	teilweise	umfassend	teilweise	umfassend
Kommunikation	nicht möglich	ansprechbar	ständig	ständig	ständig
Steuerungs-verfahren	Festzeitprogramm	Signalprogramm-bildung	Signalprogramm-anpassung	Signalprogramm-anpassung	Signalprogramm-bildung
Eingriffsmöglichkeit des ÖV	keine	keine	hoch	mäßig	hoch
Abstimmung mit benachbarten Knotenpunkten	keine	keine	Strecken-koordinierung	Strecken-koordinierung	Netz-koordinierung

Tab. 10: Beispiele typischer Lichtsignalanlagen mit möglichen Ausprägungen von Anforderungen und Merkmalen

einer solchen Aufbereitung sind die in Tabelle 10 dargestellten „typischen Lichtsignalanlagen“. Dabei kann grundsätzlich zu allen Anforderungsprofilen eine „veraltete“ und eine „moderne“ Lösung beschrieben werden, was hier beispielhaft für einen außerörtlichen „Einzelläufer“ durchgeführt wird.

Diese Annäherung dient der Vereinfachung des Betrachtungsgegenstands bei der Erarbeitung der Verfahrensschritte und beim Aufbau der Wissensbasis. Bei der Untersuchung einzelner Lichtsignalanlagen stößt der Nutzen einer Typisierung von Anforderungsprofilen jedoch an seine Grenzen, da das Auftreten bestimmter Mängel von zu vielen spezifischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen abhängig ist und die Beschreibung pauschaler typischer Mängelsituationen in Bezug auf bestimmte Anlagen kaum erlaubt.

3.2.2.3 Datengruppen

Der Informationsbedarf für die Qualitätsanalyse der Lichtsignalsteuerung wird aus unterschiedlichen Datengruppen gedeckt, die mit Hilfe jeweils angepasster Verfahrensweisen und Hilfsmittel ausgewertet werden.

Wesentliche Datengruppen sind folgende:

- Planerische und verkehrstechnische Grundinformationen: Diese können in der Regel den vorbereitenden Projektierungsunterlagen zur Lichtsignalsteuerung und den verkehrstechnischen Unterlagen entnommen werden. Sie enthalten Informationen zu den Anforderungen und der Funktionszuweisung des Knotenpunkts sowie die detaillierten verkehrstechnischen Bestimmungen zum Steuerungsverfahren, zur Steuerungslogik, den Steuerungsparametern sowie zur eingesetzten Infrastruktur. Die Auswertung der Grundinformationen ist in Abschnitt 3.4.1.2 beschrieben.
- Unfalldaten: Sie werden bei der obligatorischen Überwachung des Unfallgeschehens erzeugt. Die Auswertung der Unfalldaten ist in Abschnitt 3.4.1.3 beschrieben.
- Prozessdaten: Sie werden im Regelungskreislauf der Lichtsignalsteuerung erzeugt und verarbeitet. Die Auswertung der Prozessdaten ist in Abschnitt 3.4.1.4 beschrieben.
- Betriebsdaten: Sie enthalten Informationen zu den Betriebszuständen der Lichtsignalanlage und ihrer technischen Komponenten sowie der aktivierten Verkehrssteuerung. Die Auswertung

der Betriebsdaten ist in Abschnitt 3.4.1.5 beschrieben.

- Visuelle Zustandsinformationen: Sie werden durch eine dialoggestützte Beobachtung des Verkehrsablaufs und der Knotenpunktgestaltung mit einem teilflexiblen Beobachtungsprogramm durch einen Experten erhoben. Die Erfassung und Auswertung visueller Zustandsinformationen ist in Abschnitt 3.4.1.6 beschrieben.

Die Informationsgehalte sämtlicher Datengruppen können hinsichtlich ihrer vornehmlichen Zweckbestimmung unterschieden werden in

- Kenngrößen zur Bewertung der Produktqualität (vgl. Abschnitt 2.3) und
- Kenngrößen zur Identifikation von Mängeln in der Systemgestaltung (vgl. Abschnitt 2.4).

3.2.3 Hilfsmittel

Die Hilfsmittel, die für die Anwendung der in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Verfahrensschritte entwickelt wurden, unterstützen die folgenden Tätigkeiten des Qualitätsmanagements:

- Datenerfassung, Datenaufbereitung und Datenanalyse durch die Bereitstellung der erforderlichen EDV-unterstützten Routinen zur Datenspeicherung und Datenauswertung.
- Ursachenforschung für Qualitätsmängel und Identifikation möglicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung durch ein EDV-unterstütztes Wissensmanagement.

Die Hilfsmittel der Datenerfassung liefern die erforderlichen Eingangsinformationen. Unter Nutzung implementierter Analysevorschriften wird die Qualität der Lichtsignalanlage bewertet. Zugleich werden unter Zugriff auf die Wissensbasis mögliche Verbesserungsmaßnahmen vorläufig identifiziert. Zur endgültigen Absicherung sind weitere Informationen erforderlich, die erneut durch die Datenerfassungsroutinen eingeholt werden, bevor der endgültige Katalog von Handlungsempfehlungen erarbeitet wird.

Neben der inhaltlichen Definition und Abgrenzung der Funktion der einzelnen Hilfsmittel ist deren technische Realisierung in Form von Softwaretools für eine an Aufwandsoptimierung, Transparenz und Validität orientierte Verfahrensentwicklung von großer Bedeutung. Hierbei sind die folgenden Anforderungen zu berücksichtigen:

- Es wird ausschließlich eine verkehrstechnische Fachterminologie verwendet.
- Es werden modulare Programmstrukturen mit Trennung von Logik und Parametern geschaffen.
- Es werden offene Schnittstellen zwischen den einzelnen Programmmodulen unter Verwendung einheitlicher Terminologien und Datenformate definiert.
- Es werden weit reichende Eingriffsmöglichkeiten für den Anwender eröffnet, z. B. zur Änderung von Parametern, zur Nachbearbeitung von Analyseergebnissen oder zur Substitution von Auswertungen, deren Ergebnisse aus anderen Quellen übernommen werden können.
- Es wird allgemein verbreitete Standardsoftware (hier: MS ACCESS) zur Erleichterung des Umgangs und zur Minimierung von Problemen bei der Anpassung von Formaten genutzt.
- Es werden Hardwarekomponenten verwendet, die anwendungsbezogen ausgewählt werden. Hierzu zählt vor allem die Durchführung von Vor-Ort-Beobachtungen auf geeigneten tragbaren Medien²⁵.

3.3 Gesamtbetrachtung der Lichtsignalsteuerung in einem Straßennetz

3.3.1 Ziele und Grundsätze

Mit der Gesamtbetrachtung der Lichtsignalsteuerung in einem Straßennetz werden die folgenden Ziele verfolgt:

- Knotenpunktübergreifende bzw. gebietsbezogene Festlegungen sowie allgemeine Rahmenbedingungen der Lichtsignalsteuerung sollen erörtert und in die Betrachtung mit einbezogen werden.
- Mängelschwerpunkte für eine Reihung der Dringlichkeit von Qualitätsmanagement-Maßnahmen sollen erkannt werden.

²⁵ Für die Datenmitschrift im Steuergerät eignet sich ein Notebook; zur Anwendung bei der Beobachtung vor Ort eignet sich ein Pocket-PC/Handheld.

- Anhand charakteristischer Merkmale sollen auch Verbesserungspotenziale identifiziert werden, die an weniger auffälligen Knotenpunkten verborgen sind und bei denen mit geringem Mitteleinsatz eine Verbesserung effizient herbeigeführt werden kann.
- Hinweise auf den zu erwartenden Nutzen und damit auf zeitliche und finanzielle Prioritäten bei der Anwendung weiterer Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements sollen gewonnen werden.

Ein besonders großer Nutzen ergibt sich,

- wenn viele Verkehrsteilnehmer von einer Verbesserung betroffen sind oder
- wenn gemessen am Mitteleinsatz ein großes Verbesserungspotenzial erschlossen werden kann, weil entweder erhebliche Qualitätsmängel beseitigt werden können oder erste Verbesserungen bereits mit geringem Aufwand erreichbar sind.

Die zweckmäßigen Untersuchungsturnusse der einzelnen Verfahrensschritte der netzbezogenen Gesamtbetrachtung unterscheiden sich. So sind die grundsätzlichen Festlegungen nur geringen Veränderungen unterworfen und brauchen im Wesentlichen nur einmalig erhoben werden. In Folgeanwendungen reicht die Überprüfung von Sachverhalten, die temporären Schwankungen unterliegen. Das Unfallgeschehen hingegen bedarf der jährlichen Prüfung, um zeitnah Fehlentwicklungen entgegen zu können.

Vor dem Ersteinsatz des Qualitätsmanagements ist eine allgemeine Betrachtung aller Bereiche sinnvoll, um die weiteren Schritte auf einer fundierten Grundlage planen zu können.

Im Qualitätsfeld Verkehrssicherheit liegt für eine gebietsbezogene Betrachtung ein standardisiertes und verbreitet angewandtes Verfahren für die flächendeckende Unfalluntersuchung vor, welches einfach an die vorliegenden Anforderungen anzupassen ist. Für die Güte des Verkehrsablaufs stehen solche etablierten Verfahren nicht zur Verfügung, sodass neue Ansätze entwickelt werden müssen.

3.3.2 Flächendeckende Unfallanalyse

3.3.2.1 Allgemeines

Die Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) schreibt vor, dass zur

Bekämpfung der Verkehrsunfälle eine örtliche Untersuchung des Unfallgeschehens in enger Zusammenarbeit zwischen Polizei, Straßenverkehrsbehörde und Straßenbaubehörde durchgeführt werden muss. Sie dient „vor allem dem Zweck, zu ermitteln, wo sich die Unfälle häufen, worauf diese gerade dort zurückzuführen sind und welche Maßnahmen als angezeigt erscheinen, um erkannte Unfallstellen zu beseitigen“ (VwV-StVO, § 44).

Aus dieser Pflichtaufgabe resultiert die Verfügbarkeit umfangreicher gespeicherter Informationen zum Unfallgeschehen im Straßennetz. Sämtliche der Polizei angezeigten Verkehrsunfälle werden nach Anzahl und Schwere erfasst, und es werden ihnen direkt Attribute der Unfallzeit, der Unfallfolgen, des entstandenen Schadens, der Licht- und Straßenverhältnisse, der Unfallbeteiligten, der Unfallursache, des Unfalltyps und der Unfallart zugeordnet. Dabei werden festgelegte und zumindest für größere Zuständigkeitsbereiche einheitliche Klassifizierungen verwendet (z. B. Straßenverhältnisse in „trocken“, „nass“ oder „winterglatt“).²⁶

Die Durchführung der Auswertung der Unfalldaten richtet sich nach Landesrecht. In den einzelnen Bundesländern orientiert sich die Erlasslage weitgehend am Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1, sodass das hierin beschriebene Verfahren als allgemein gültig anerkannt angesehen werden kann und in der vorliegenden Studie als Arbeitsgrundlage herangezogen wird. Das Merkblatt legt Begriffe, Kategorien, Grenzwerte und Verfahren für die Unfallanalyse fest.

Das Verfahren zur Auswertung von Straßenverkehrsunfällen gliedert sich in zwei Stufen mit einer unterschiedlicher Detaillierungsebene der Betrachtung:

- die „Voruntersuchung“, bei der innerhalb von in der Regel nach Gebietskörperschaften oder administrativen Belangen der Polizei abgegrenzten Untersuchungsgebieten unfallauffällige Bereiche erkannt, zeitliche Entwicklungen bewertet und Rangfolgen der Dringlichkeit für eine weiter gehende Betrachtung festgelegt werden, und
- die „weiter gehende Untersuchung“, bei der für die einzelnen Unfallschwerpunkte das Unfallge-

²⁶ Die Neugestaltung der Unfalldatenerhebung wird derzeit in den Gremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen beraten.

schehen nach strukturellen Gleichartigkeiten analysiert und mögliche Maßnahmen zur Entschärfung der Unfallsituation diskutiert und festgelegt werden.

Die im genannten Merkblatt beschriebenen Verfahrensziele einer vorgeschalteten flächendeckenden Untersuchung des Unfallgeschehens korrespondieren mit den Zielen der gebietsbezogenen Betrachtung von Lichtsignalanlagen als Bestandteil des Qualitätsmanagements. Daher sollen die Verfahrenselemente hier übernommen und im Folgenden näher erläutert werden.

Das Verfahren der weiter gehenden Untersuchung stellt die Grundlage für die detaillierte, knotenpunktbezogene Auswertung der Unfalldaten im Rahmen dieses Verfahrens dar. Die einzelnen Schritte hierzu werden im Abschnitt 3.4.1.3 näher erläutert.

Wichtiges Hilfsmittel der gebietsbezogenen Voruntersuchung des Unfallgeschehens gemäß dem genannten Merkblatt ist die Unfalltypen-Steckkarte. Sie dient zur Veranschaulichung der Häufung von Unfällen mit bestimmten charakteristischen Merkmalen im Netz. Sie greift zurück auf Informationen zu den einzelnen Unfällen, die ursprünglich im Unfallprotokoll festgehalten werden und die in einfacher Weise in einer Datenbank aufbereitet werden können.

Ein standardisierter Datensatz zu einem Unfall enthält die folgenden Angaben:

- Unfallzeitpunkt: Datum und Uhrzeit,
- Unfallort,
- Unfallbeteiligte: Anzahl und Art der Verkehrsteilnahme; ggf. besondere Hinweise (Betroffenheit von Kindern, Wildunfälle),
- Unfallfolgen: Anzahl Verletzte und Schweregrad der Verletzung (leicht verletzt, schwer verletzt, tödlich verletzt) sowie geschätzter Sachschaden,
- Unfallursache,
- Unfalltyp,
- Besonderheiten zu Lichtverhältnissen und Straßenverhältnissen zum Unfallzeitpunkt und
- Verwaltungsnotizen.

In einem ersten Schritt der Auswertung werden die Unfälle zunächst nach ihrer Unfallschwere katego-

risiert. Maßgebend ist hierbei die schwerste Unfallfolge, sodass unterschieden wird zwischen

- Unfällen mit schwerem Personenschaden U(SP),
- Unfällen mit leichtem Personenschaden U(LP),
- schwer wiegenden Unfällen mit Sachschaden U(SS) und
- sonstigen Unfällen mit Sachschaden U(LS).

In der Unfalltypen-Steckkarte werden die Unfälle räumlich im Straßennetz referenziert und mit Merkmalen der Unfallkategorie und des Unfalltyps gekennzeichnet. Dabei werden sieben Unfalltypen unterschieden:

- 1 – Fahrunfälle,
- 2 – Abbiege-Unfälle,
- 3 – Einbiegen-Kreuzen-Unfälle,
- 4 – Unfälle mit ruhendem Verkehr,
- 5 – Überschreiten-Unfälle,
- 6 – Unfälle im Längsverkehr und
- 7 – sonstige Unfälle.

Die Darstellung erfolgt in der Einjahreskarte aller polizeilich erfassten Unfälle, der Dreijahreskarte der Unfälle mit Personenschaden (P) sowie der Dreijahreskarte der Unfälle mit schwerem Personenschaden (SP), wobei einschränkend festzustellen ist, dass bei manueller Führung der Unfalltypen-Steckkarten in der Regel nur eine der genannten Dreijahreskarten verfügbar ist.

Da die Unfalltypen-Steckkarten lediglich ein Hilfsmittel zur Veranschaulichung der Datenanalyse sind, kann auf die Einsichtnahme in die physisch in der Regel nur bei der Polizei verfügbaren Steckkarten verzichtet werden, wenn vollständige Unfalllisten oder elektronische Datenbanken mit einer eindeutigen Zuordnung des Unfallorts im Straßennetz verfügbar sind.

Mit den Informationen der Unfalltypen-Steckkarte können zu jedem Zeitpunkt die folgenden Untersuchungen durchgeführt werden, die sich in drei Schritte gliedern lassen:

- Erkennen von unfallauffälligen Knotenpunkten,
- Bewerten der zeitlichen Entwicklung und
- Festlegen von Rangfolgen der Dringlichkeit.

3.3.2.2 Erkennen von unfallauffälligen Knotenpunkten

Zur Klassifizierung unfallauffälliger Stellen im Straßennetz dienen die Unfallhäufungsstellen-Kategorien. Zur Einordnung in eine Kategorie werden die Unfalldichten (Anzahl Unfälle) mit absoluten Grenzwerten verglichen. Die Unfalldichten werden hierbei getrennt nach Unfällen UD, Unfällen mit Personenschaden UD(P) (Teilmenge von UD) und Unfällen mit schwerem Personenschaden UD(SP) (Teilmenge von UD[P]) in den entsprechenden Einjahreskarten bzw. Dreijahreskarten betrachtet. Bei der Klassifizierung gelten die Grenzwerte für die Einjahreskarte für „gleichartige Unfälle“, worunter ein gleicher Unfalltyp oder andere gleichartige Merkmale wie die Beteiligung von Fußgängern und Radfahrern verstanden wird. In der Dreijahreskarte wird die Anzahl der Unfälle ohne Berücksichtigung weiterer Merkmale bewertet. Für Unfallhäufungsstellen gelten die in der Tabelle 11 dargestellten Grenzwerte.

Unfalltypen-Steckkarte	Grenzwerte Unfalldichte	Betrachtungszeitraum (Monate)
Einjahreskarte	5 (gleichartige)	12
Dreijahreskarte (P)	5	36
Dreijahreskarte (SP)	3	36

Tab. 11: Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen (UHS), Quelle: FGSV (1998)

Dabei ist zu beachten, dass diese Grenzwerte unabhängig von der Verkehrsstärke sind. Hiermit soll dem Umstand Rechnung getragen werden, dass typische, von Mängeln verkehrstechnischer oder baulicher Art begünstigte Unfallhäufungen oft unabhängig von der Verkehrsstärke auftreten. Für das Qualitätsmanagement ist darüber hinaus von Bedeutung, dass das Verkehrsaufkommen ein eigenständiges Bewertungskriterium für die Dringlichkeit von Maßnahmen ist und eine Doppelgewichtung über eine fahrleistungsbezogene Unfallkenngröße vermieden werden soll.

Die identifizierten Unfallhäufungsstellen werden anhand der Schwere des Unfallgeschehens den drei Unfallhäufungsstellen-Kategorien 1-Leicht, 2-Schwer und 3-Gemischt, gereiht nach steigender Unfallschwere, zugeordnet. Bei den Kategorien 1-Leicht und 3-Gemischt wird außerdem zwischen Massenhäufungsstellen und normalen Häufungsstellen unterschieden. Die Kategorien sowie die Kriterien ihrer Einstufung sind in Tabelle 12 dargestellt.

3.3.2.3 Bewertung der zeitlichen Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung des Unfallgeschehens an den Unfallhäufungsstellen wird bewertet, um aktuelle negative Trends zu erkennen und daraus Anhaltspunkte für die Dringlichkeit weiterer Untersuchungen herzuleiten. Dabei sollte ein Zeitraum von fünf Jahren beobachtet werden.

Die Unfallzahlen sind hierfür, unterschieden nach den Unfallkategorien (schwerste Unfallfolge), aufzulisten. Darüber hinaus werden schwere und leichte Unfälle anhand der jährlichen Unfallkosten betrachtet.²⁷

3.3.2.4 Festlegung von Rangfolgen der Dringlichkeit

Rangfolgen werden festgelegt, um die Unfallhäufungsstellen hinsichtlich der Dringlichkeit der Beseitigung von Mängeln und der Verbesserung der Verkehrssicherheit zu reihen. Damit kann eine begründete Entscheidung getroffen werden, welche Knotenpunkte unter Verkehrssicherheitsaspekten zuerst vertieft zu betrachten sind, um die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel effizient einzusetzen.

UHS-Kategorie	Merkmal
1 Leicht	Die Auffälligkeit kommt ausschließlich aus der Einjahreskarte, nicht aus den Dreijahreskarten. Es handelt sich also um eine Häufung überwiegend leichter Unfälle.
1.1 bis 15 U/a	Normale Häufungsstelle der Kategorie 1-Leicht
1.2 über 15 U/a	Massenhäufungsstelle der Kategorie 1-Leicht
2 Schwer	Die Auffälligkeit folgt ausschließlich aus einer der beiden Dreijahreskarten, ohne dass der Grenzwert für die Einjahreskarte erreicht wurde.
3 Gemischt	Die Auffälligkeit folgt aus der Einjahreskarte und mindestens einer Dreijahreskarte.
3.1 bis 15 U/a	Normale Häufungsstelle der Kategorie 3-Gemischt
3.2 über 15 U/a	Massenhäufungsstelle der Kategorie „3-Gemischt“

Tab. 12: Unfallhäufungsstellen-Kategorien sowie Unterscheidungen in Massenhäufungsstellen und normale Unfallhäufungsstellen, Quelle: FGSV (1998)

²⁷ Zur Bestimmung der Unfallkosten vgl. Tabelle 16, Abschnitt 3.4.1.3.

Die Bildung von Rangfolgen geschieht getrennt nach den unterschiedlichen Unfallhäufungsstellen-Kategorien. Dabei werden die Unfallhäufungsstellen der Kategorie 1-Leicht nach der Anzahl der gleichartigen Unfälle (U_g) bewertet. Die Unfallhäufungsstellen der Kategorie 2-Schwer sowie 3.1-Gemischt – Normale Häufungsstellen nach der Anzahl der Unfälle mit schwerem Personenschaden (U[SP]) (nachrangig: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden U[P]) bewertet. Für die Unfallhäufungsstellen der Kategorie 3.2-Gemischt – Massenhäufungsstelle – sind zwei getrennte Rangfolgen nach beiden Betrachtungsweisen zu erstellen.

Niedrige Rangziffern in den Reihungen bedeuten einen grundsätzlich hohen Handlungsbedarf, der mit Blick auf negative Trends in der zeitlichen Entwicklung der Unfallzahlen nachkorrigiert werden kann.

3.3.2.5 Bildung weiterer aggregierter Kenngrößen des Unfallgeschehens

Für gezielte weitere Untersuchungen, z. B. zur Ermittlung der Unfallschwerpunkte mit Beteiligung bestimmter Verkehrsteilnehmergruppen, kann das Unfallgeschehen nach strukturellen Auffälligkeiten und Gleichartigkeiten hin untersucht werden. Hierzu können die in Abschnitt 3.4.1.3 näher beschriebenen Kenngrößen für eine Gruppe von Knotenpunkten ermittelt und vergleichend bewertet werden. Wesentlich erleichtert werden derartige Auswertungen, wenn das Unfallgeschehen in Form elektronischer Datenbanken vorliegt.

3.3.3 Flächendeckende Analyse der Güte des Verkehrsablaufs

Für eine gebietsbezogene Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs kann in der Regel nur auf deutlich weniger aussagekräftige und vollständige Daten zurückgegriffen werden als für die Bewertung der Verkehrssicherheit. Verfügbare Informationen beziehen sich bestenfalls auf einen Streckenzug oder einen sehr eng gefassten Bereich. Soll jedoch ein abgestuftes Verfahren zum Einsatz kommen, so ist es zweckmäßig, auch eine alle Lichtsignalanlagen umfassende grobe Beurteilung der Güte des Verkehrsablaufs im Netz einzubeziehen, um dieses Qualitätsfeld angemessen zu gewichten.

Da in einer Voruntersuchung ein Qualitätsurteil für alle Knotenpunkte nicht mit vertretbarem Aufwand zu erhalten ist, wird der Schwerpunkt darauf ge-

legt, Knotenpunkte mit besonderem Handlungsbedarf ausfindig zu machen. Denkbare Vorgehensweisen hierzu sind im Folgenden benannt:²⁸

- Eine Verkehrsnetzanalyse, bei der die Straßen eines Netzes hinsichtlich ihrer Verkehrsfunktion (z. B. nach RAS-N, FGSV 1988c) kategorisiert werden und eine Rangordnung nach dem Kriterium der Wertigkeit der Verkehrsfunktion der kreuzenden Straßen ermittelt wird.
- Eine Analyse des Koordinierungsumfangs und der Koordinierungskonzepte im Straßennetz. Dabei können mögliche Probleme bereits anhand der Entwurfsunterlagen erkannt werden, wenn z. B. an einzelnen Knotenpunkten verschiedene in Konflikt stehende Anforderungen zusammentreffen.
- Eine gesonderte Analyse der Koordinierungsqualität durch Reisezeitmessungen auf Strecken. Hierbei können diejenigen Knotenpunkte ausgewählt werden, bei denen die Koordinierung häufig gestört wird.
- Die Nutzung des Erfahrungswissens der Betreiber. Hierzu sollte das Wissen in geeigneter Weise gespeichert und gesichert vorliegen, um nicht zu stark von momentanen Eindrücken beeinflusst zu sein.
- Die Nutzung von Hinweisen aus einem Beschwerdemanagement. Hierzu ist es erforderlich, dass eingehende Bürgerhinweise erfasst werden und abrufbar sind.
- Die Nutzung des Erfahrungswissens von Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmern durch Befragungen, in welchen Bereichen im Netz Qualitätsmängel wahrgenommen werden.
- Die Einbeziehung der Meinungen von Interessengruppen. Hierbei ist es hilfreich, wenn ein bestehendes Forum genutzt werden kann.
- Die statistische Auswertung des Alters von Steuergeräten, der verwendeten Steuerungsverfahren, der Detektorenausstattung oder des Alters von Signalprogrammen.

²⁸ Sofern bereits Kenntnisse und Untersuchungen zu den genannten Themenfeldern vorliegen, so sollen diese ausgewertet werden.

Die meisten dieser genannten Informationsquellen liefern nicht nur Hinweise auf die Güte des Verkehrsablaufs, sondern auch auf die Verkehrssicherheit. Die Ergebnisse können daher die mit der Unfalluntersuchung gewonnenen Ergebnisse ergänzen.

3.3.4 Technische, strategische und organisatorische Rahmenbedingungen

Für die Analyse erkannter Qualitätsdefizite beim Produkt Lichtsignalsteuerung ist die Kenntnis der Voraussetzungen und Randbedingungen für die Steuerung im Netz und am Einzelknotenpunkt erforderlich. Diese wird jedoch stark beeinflusst durch allgemeine Festlegungen auf verkehrspolitischer Ebene und auf übergeordneter Planungsebene, aber auch von unbewussten Gewichtungen und vom Gewohnheitshandeln auf Seiten der Betreiber.

Um Probleme besser verstehen und die Ansatzpunkte zur Abhilfe präziser identifizieren zu können, ist es zweckmäßig, im Rahmen einer allgemeinen Betrachtung die wichtigsten Festlegungen zu technischen, strategischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu erfassen und zu erkennen.²⁹

Zu den wichtigsten technischen Rahmenbedingungen der Lichtsignalsteuerung am Einzelknotenpunkt zählen folgende Punkte:

- Die Gestaltung der Datenverarbeitung und Steuerung. Hierzu gehören die Systemhierarchie der Verkehrssteuerung, ausgehend von einer Betriebsführungsebene mit zentralem Verkehrsrechner über die Ebene der Gebietsrechner bis hin zu den Steuergeräten am Knotenpunkt, mit Beschreibung des Grads ihrer Autonomie bzw. der Verteilung der Steuerungsintelligenz.
- Das Alter der Lichtsignalanlagen, insbesondere der Steuergeräte, und der Zeitpunkt der letzten Überarbeitung der Signalprogramme.
- Die Ausstattung der Knotenpunkte und ÖV-Fahrzeuge zur Realisierung der ÖV-Priorisierung.

- Generelle Festlegungen zur Gestaltung der Signalgeber (Einsatzbereiche unterschiedlicher Leuchtfeldgrößen, Kontrastblenden, Anzahl und Anordnung von Signalgebern je Zufahrt, taktile und akustische Signale, Sicherungssysteme).

Zu den wichtigsten strategischen und taktischen Vorgaben der Lichtsignalsteuerung zählen folgende Punkte:

- Die Berücksichtigung und Bevorrechtigungsstrategie von Fahrzeugen des ÖV. Hierzu zählen unter anderem die Auswahl der in eine Bevorrechtigung einzubeziehenden Knotenpunkte und die Kriterien für eine knotenpunktabhängige Wahl des Bevorrechtigungsgrads.
- Der Umfang und die Art der Realisierung von Koordinierungen (grünen Wellen) in Abhängigkeit von der Netzfunktion der Strecken, von der richtungsbezogenen Tagesganglinie der Verkehrsbelastung und von planerischen Belangen.
- Festlegungen zur Abwicklung von Fußgängern und Radfahrern. Hierzu zählen generelle Festlegungen zum Grad der Priorisierung, zur Führung im Knotenpunkt (z. B. über Rechtsabbiegefahrbahnen), zur anforderungsabhängigen Signalisierung an Furten oder zu maximalen Wartezeiten.
- Die Gewichtung der oben genannten Belange der koordinierten Führung im MIV, der ÖV-Bevorrechtigung und der Abwicklung von Fußgängern und Radfahrern an den Knotenpunkten untereinander bei auftretenden Zielkonflikten.
- Die netzweiten oder gebietsbezogenen Festlegungen zur makroskopischen Steuerung. Hierzu zählen das Auswahlverfahren der Signalprogramme (nachfrageabhängig/zeitplangesteuert) sowie die hierzu verwendeten Parameter.
- Die knotenpunktübergeordneten Festlegungen zur mikroskopischen Steuerung und zum Lichtsignalanlagenbetrieb. Hierzu zählen z. B. die Kriterien für eine Nachtabschaltung.

Schließlich sind bei den organisatorischen Rahmenbedingungen unter anderem folgende Punkte von Bedeutung:

²⁹ Das umfassende Verständnis eines Qualitätsmanagement-Systems beinhaltet, diese auch zu bewerten und ggf. Änderungen herbeizuführen. Hierzu ist jedoch weitere Forschungstätigkeit erforderlich, die über den Gegenstand dieser Untersuchung hinaus geht.

- Die Zuständigkeiten für Betrieb und Wartung von Lichtsignalanlagen sowie die damit zusammenhängenden Festlegungen zu turnusmäßigen und ereignisaktivierten Handlungen.
- Die Verfahrensweisen und Strukturen zur Kooperation der unterschiedlichen an der Verkehrssteuerung beteiligten und ggf. von ihr betroffenen Institutionen oder Personen.
- Die Festlegungen zum Daten- und Informationsmanagement von der Erfassung von Meldungen und Informationen über die Analyse bis zur Archivierung und Bereitstellung zu Analyse-zwecken.
- Die Abstimmung mit Behörden, die für räumlich benachbarte Bereiche zuständig sind (z. B. Lichtsignalsteuerung in Stadt und Region).
- Die vorhandenen Ansätze, Verfahrensweisen, personellen und finanziellen Ressourcen sowie die vorhandenen Förderungsmöglichkeiten für Tätigkeiten des Qualitätsmanagements.

3.4 Qualitätsanalyse einzelner Lichtsignalanlagen

3.4.1 Datenerfassung und Datenanalyse

3.4.1.1 Allgemeines

Die Verfahrensschritte der Erfassung und Analyse von Daten (im Folgenden zusammenfassend „Datenverarbeitung“ genannt) bedienen sich verschiedener Hilfsmittel. Sie sind modular aufgebaut und sind auf die in Abschnitt 3.2.2.3 vorgestellten Datengruppen abgestimmt.

Der Prozess der Datenverarbeitung lässt sich für die einzelnen Datengruppen jeweils in einen obligatorischen und einen fakultativen Teil untergliedern:

- Der obligatorische Teil bezieht sich auf grundsätzlich erforderliche Informationen. Sein Umfang ist allein vom verfügbaren Datenbestand abhängig.
- Der fakultative Teil bezieht sich auf solche Informationen, die – aufbauend auf die Ergebnisse der obligatorischen Datenanalyse – zur Bestätigung einer Schlussfolgerung oder zur Ermittlung von Mangelursachen und Einsatzvoraussetzungen für Maßnahmen erforderlich sind.

Bei der Betrachtung des Datenbedarfs und der Vorschriften zur Datenanalyse zeigt sich, dass die Datenauswertung vielfach mit der Datenerfassung rückgekoppelt ist. In einer aufwandsoptimierten Anwendung des Verfahrens können daher die Teilprozesse der Datenerfassung und der Datenanalyse nicht mehr voneinander getrennt werden. Zur Aufwandsminderung ist vordringlich zu beachten, dass die einzelnen Datengruppen möglichst selten einbezogen werden sollten, da bei den automatisierten Verfahren die Datenbereitstellung der kritische Faktor im Gesamtaufwand ist.

Durch die Inkaufnahme solcher Abstriche an einer systematisch ausgerichteten Verfahrensgestaltung bietet sich dem Anwender eine einfache Verfahrensstruktur mit nacheinander einzusetzenden bzw. verdeckt arbeitenden Hilfsmitteln, die sich jeweils auf einzelne Datengruppen beziehen. Auf der Grundlage dieser Überlegungen ergibt sich der in Bild 11 dargestellte allgemeine Verfahrensablauf bei der Datenverarbeitung.

In den folgenden Abschnitten werden die Erfassung und Analyse der in Abschnitt 3.2.2.3 eingeführten Datengruppen näher behandelt. Die hier getroffenen Festlegungen sind Grundlage für die programmiertechnische Realisierung der EDV-gestützten Hilfsmittel.

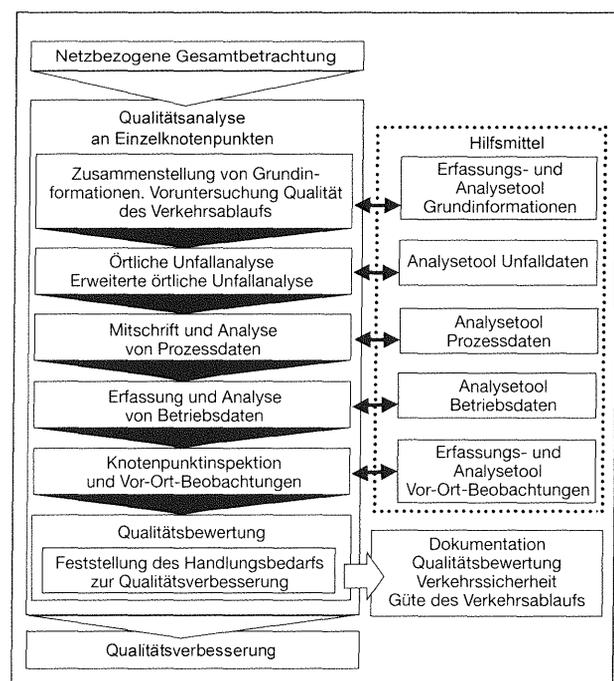


Bild 11: Allgemeiner Verfahrensablauf bei der Qualitätsprüfung von einzelnen Lichtsignalanlagen

3.4.1.2 Grundinformationen

Informationsgehalt

Zu den Grundinformationen zählen alle langfristig gültigen städtebaulichen, verkehrsplanerischen, auf den Knotenpunktentwurf bezogenen und verkehrstechnischen Voraussetzungen und Festlegungen, die sich auf die Verkehrssteuerung am Knotenpunkt auswirken. Die wesentlichen Informationen zu den vorhandenen Systemelementen, wie sie in Bild 8 dargestellt sind, sind in den Grundinformationen enthalten.

Zur Ermittlung dieser Informationen sind in der Regel die Planungsunterlagen und die signaltechnischen Unterlagen des Knotenpunkts auszuwerten; gegebenenfalls müssen weitere, allgemeine, auch gebietsbezogene Unterlagen ergänzend herangezogen werden.

Den Planungsunterlagen sind folgende Informationen zu entnehmen:

- Allgemeine Lage und Funktionszuweisung des Knotenpunkts und seiner Zulaufstrecken.
- Verkehrsbelastung, gewonnen aus Zählungen und Prognosen, sowie die erforderlichen Festlegungen zur zugrunde liegenden Bemessungsverkehrsstärke.
- Lageplan des Knotenpunktentwurfs mit den erforderlichen Festlegungen zur Gestaltung des Straßenraums und zur Führung des MIV, des ÖV, des Radverkehrs und des Fußgängerverkehrs im Knotenpunktbereich.

Diese Informationen sollten in der Regel bei der Errichtung der Lichtsignalanlage oder bei einer wesentlichen Umgestaltung erstellt und in der Folgezeit fortgeschrieben worden sein. Sie liegen beim Betreiber der Lichtsignalanlage vor.

Ihre Auswertung dient folgenden Zielen:

- Ermittlung grundsätzlicher Anforderungen an die Lichtsignalsteuerung.
- Ermittlung der nicht oder nur sehr langfristig veränderlichen Rahmenbedingungen der Lichtsignalsteuerung.
- Ermittlung wichtiger, ggf. auch aus dem knotenpunktübergeordneten Kontext herzuleitender Festlegungen der Führung von Verkehrsteilnehmergruppen.

- Ermittlung der elementaren Ausstattung des Knotenpunkts.

Die signaltechnischen Unterlagen umfassen alle wichtigen Informationen zur Lichtsignalsteuerung. Diese sind in der Regel die Folgenden:

- Grundlegende konzeptionelle Informationen zur Verkehrssteuerung, einschließlich der Festlegungen zu Art und Umfang der ÖV-Beschleunigung.
- Festlegungen zu Signalgebern, Detektoren und weiterer Infrastrukturausstattung.
- Parametersätze für die einzelnen Signalprogramme, Liste der Variablen und logische Bedingungen.
- Feindlichkeits- und Zwischenzeitenmatrices.
- Phasenfolgeplan.
- Signalpläne für die Festzeitsignalprogramme sowie für die Phasenübergänge, ggf. auch Phasenrahmenpläne.
- Ablaufdiagramme der verkehrsabhängigen Funktionen.

Die Grundinformationen sind geeignet, unter Bezugnahme auf die Auswertungsergebnisse anderer Module zur Absicherung von qualitätsbewertenden Aussagen beizutragen. Größere Bedeutung kommt ihnen jedoch bei der Abschätzung zu, ob für bestimmte Verbesserungsmaßnahmen die Voraussetzungen gegeben sind. Dies umfasst unter anderem die Prüfung,

- ob eine in Frage kommende Maßnahme bereits umgesetzt ist,
- ob eine in Frage kommende Maßnahme mit anderen Gegebenheiten in Konflikt steht oder
- ob die notwendigen Voraussetzungen für eine Maßnahme gegeben sind.

Hierbei wird auf den Datensatz zugegriffen, um das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein bestimmter Systemelemente sowie wesentliche Gestaltungsmerkmale der Systemelemente zu erfassen.

Datenerfassung

Zur Erfassung der Grundinformationen werden die geforderten Informationen den Planungsunterlagen sowie den signaltechnischen Unterlagen entnom-

men. Dabei wird nur ein geringer Teil der Informationen obligatorisch erhoben. Es handelt sich hierbei um Informationen, die in jedem Fall, aus Gründen einer vollständigen Dokumentation oder weil sie für die Qualitätsbewertung erforderlich sind, von Bedeutung sind. Alle weiteren Informationen werden bei entsprechendem Bedarf durch das Verfahren abgerufen, d. h. durch einen Dialog mit dem Nutzer abgefragt.

Voraussetzung für eine sachgemäße Informationsgewinnung ist hierbei, dass die Aktualität der Unterlagen, also die Übereinstimmung der in ihnen enthaltenen Informationen mit der Realität, geprüft und abgesichert wird. Liegen Ergebnisse einer allgemeinen Betrachtung des Informationsmanagements beim Betreiber vor, so können hieraus Anhaltspunkte für eine Beurteilung der Aktualität gewonnen werden. Gegebenenfalls sind hierzu auch die Verantwortlichen des Betreibers zu befragen, sofern die Begutachtung nicht durch den Betreiber selbst, sondern durch Dritte geschieht.

Das Verfahren kann eine automatische Überprüfung der Aktualität von Unterlagen nur sehr eingeschränkt leisten. Wenn keine korrekten Grundinformationen vorliegen, so kann sich dies auch auf andere Verfahrensschritte negativ auswirken. Es ist jedoch zu erwarten, dass bei der Einrichtung der Prozessdatenanalyse, spätestens aber bei der Beobachtung vor Ort, offensichtliche Diskrepanzen wie eine abweichende Verkehrsführung oder ein abweichendes Steuerungskonzept (z. B. Phaseneinteilung) bemerkt werden. Wird eine solche Feststellung getroffen, so ist die Aktualität der auszuwertenden Unterlagen insgesamt in Frage zu stellen. Es ist dann zunächst mit dem Betreiber zu klären, ob und wie die Datenbestände aktualisiert werden können; andernfalls sind die Grundinformationen durch eigene Recherchen neu zu erheben.

Datenanalyse

Bei den Grundinformationen handelt es sich um einen einzelnen umfangreichen Datensatz. Daher entfällt das Aggregieren von Daten. Die Einzelinformationen des Datensatzes liegen als boolesche, numerische oder verbale Daten vor. In der Regel ist die Anzahl möglicher Ausprägungen aus sachlogischen Gründen begrenzt; bei verbalen Informationen mit unbegrenzten Variationsmöglichkeiten ist es für die Auswertung erforderlich, eine Klassifizierung der möglichen Ausprägungen vorzunehmen

Rahmenbedingungen	Lage Netzfunktion Verkehrsbelastung Strategische Bindungen
Knotenpunktentwurf	Anzahl der Zufahrten Kreuzungswinkel/Einmündungswinkel Anzahl und Aufteilung der Fahrstreifen Führung des ÖV Führung des Radverkehrs Führung des Fußgängerverkehrs
Verkehrssteuerung	Steuerungsverfahren Koordination Gesicherte Führung der Linksabbieger Nicht signalisierte Ströme Vorhandensein von Rückfallebenen (Parameter, Programme)
Infrastruktur	Steuergerät Signalgeber Erfassungseinrichtungen Vorhandene Überwachungsfunktionen der Betriebssicherheit

Tab. 13: Liste der obligatorischen Grundinformationen

und diese dem Anwender in einer geschlossenen Liste vorzugeben. Solche Klassifizierungen dienen auch dazu, Datenlücken in den auszuwertenden Unterlagen durch Experteneinschätzungen einfacher schließen zu können. Bei den Klassifizierungen wird so weit möglich auf Richtlinien und gängige Vorgaben zurückgegriffen.

Ein Katalog der obligatorischen Grundinformationen, die im Rahmen des Verfahrens erhoben werden, ist in Tabelle 13 aufgelistet.

3.4.1.3 Unfalldaten

Informationsgehalt

In Abschnitt 2.3.2 wurde dargelegt, dass das Unfallgeschehen die wesentliche Informationsquelle für die Beurteilung der Verkehrssicherheit ist. Dabei werden die bei der Polizei vorliegenden Unfalldaten für den zu betrachteten Knotenpunkt hinsichtlich Unfallhäufungen und struktureller Auffälligkeiten analysiert, um Hinweise auf Mängel in der Gestaltung des Knotenpunktentwurfs oder der Verkehrssteuerung zu erhalten.

Aufgrund der relativ guten Verfügbarkeit und Standardisierung der Unfalldaten können diese bereits für eine flächendeckende Voruntersuchung im Straßennetz genutzt werden (vgl. Abschnitt 3.3.2). Die Auswertung untergliedert sich dann in Anlehnung an FGSV (1998) in die Voruntersuchung und die vertiefende Untersuchung. Liegen die Ergebnisse der Voruntersuchung vor, so sind im Rahmen der Auswertung der Unfalldaten lediglich die Schritte der vertiefenden Untersuchung durchzuführen.

Die Inhalte eines Unfalldatensatzes entstammen der bei der polizeilichen Unfallerfassung durchgeführten visuellen Beurteilung der Situation am Unfallort sowie der Befragung der Unfallbeteiligten sowie der Zeugen. Die Rohinformationen des Unfalldatensatzes sind daher auch bei erfahrener Erfassungspersonal mit systematischen Unsicherheiten behaftet. Übertragungsfehler bei der manuellen Weiterverarbeitung der Daten können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Bei begründeten Zweifeln an der Richtigkeit einzelner Informationen können ggf. weitere Nachforschungen, z. B. eine Einsichtnahme der Erfassungsprotokolle, zweckmäßig sein. Hier können die Daten anhand der Beschreibung des Unfallverlaufs und der Unfallskizze einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden.

Datum	Format	Vorgabe
Unfalldatum	Datum	keine
Unfallzeitpunkt	Zeit	keine
Unfallort	Text	keine
Anz. Getötete	Zahl	keine
Anzahl schwer Verletzte	Zahl	keine
Anzahl leicht Verletzte	Zahl	keine
Sachschaden	Zahl	keine
Beteiligung Fußgänger	ja/nein	keine
Beteiligung Radfahrer	ja/nein	keine
Beteiligung ÖV	ja/nein	keine
Beteiligung Kraftrad	ja/nein	keine
Alkoholeinfluss	ja/nein	keine
Beteiligung Kind	ja/nein	keine
Wildunfall	ja/nein	keine
Unfallursache	Kennziffer	Liste
Unfalltyp	Kennziffer	Liste
Lichtverhältnisse	Kennziffer	Liste
Straßenverhältnisse	Kennziffer	Liste
ggf. Bemerkungen	Text	keine

Tab. 14: Liste der Datenfelder eines Unfalldatensatzes

In der Tabelle 14 sind die Inhalte von Unfalldatensätzen zusammen mit Informationen zur Art der enthaltenen Merkmalsausprägungen dargestellt.

Datenerfassung

Für die Erfassung der Unfalldaten bieten sich – je nach Art der Datenhaltung – die folgenden Vorgehensweisen an:

- Zugriff auf einen umfassenden gebietsbezogenen Unfalldatenspeicher und Selektion der gewünschten Daten nach Unfallort (= betrachteter Knotenpunkt) und Analysezeitraum. Dies ist insbesondere dann einfach, wenn die Daten in einer elektronischen Datenbank oder in elektronischen Listen abgelegt sind. Die selektierten Daten können in das Analysemodul für die Unfalldaten eingelesen werden.
- Manuelle Erfassung der benötigten Informationen aus den bei den Polizeistationen gespeicherten Unfallprotokollen. Hierfür stellt das Analysemodul der Unfalldaten eine Eingabemaske zur Verfügung.

Da der Informationsgehalt der Datensätze beim vorliegenden Verfahren erhöht wird, ist es zweckmäßig, für künftige Überprüfungen den Aufbau eines Datenspeichers zu organisieren, sodass die Datenhaltung nur noch in regelmäßigen Abständen, z. B. jährlich, mit den neuen Unfalldaten ergänzt werden muss.

Aus der Vorgehensweise nach FGSV (1998) ergibt sich ein Datenbedarf über einen Zeitraum von fünf Jahren, um zeitliche Veränderungen des Unfallgeschehens beurteilen zu können. In den Voruntersuchungen hat sich dieser Analysezeitraum als zweckmäßig und praktikabel erwiesen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, ob in diesem Zeitraum Veränderungen am Knotenpunkt vorgenommen worden sind, die in der weiter gehenden Untersuchung wichtige Hinweise auf ursächliche Zusammenhänge mit dem Unfallgeschehen geben können. In Einzelfällen kann es zweckmäßig sein, den Analysezeitraum zu verlängern, um einen ausreichend großen Vorher-Zeitraum zu erhalten. Bei der Auswertung ist der dann größere Umfang der Datengrundlage entsprechend zu berücksichtigen, in dem Schwellenwerte angepasst werden.

Kenngroße	Zweck
Unfalldichte	Bewertung
Unfalldichte mit Personenschaden	Bewertung
Unfalldichte mit schwerem Personenschaden (außerorts)	Bewertung
Unfalldichte ÖV	Bewertung
Unfalldichte Radverkehr	Bewertung
Unfalldichte Radverkehr mit Personenschaden	Bewertung
Unfalldichte Radverkehr mit schwerem Personenschaden	Bewertung
Unfalldichte Fußgängerverkehr	Bewertung
Unfalldichte Fußgängerverkehr mit Personenschaden	Bewertung
Unfalldichte Fußgängerverkehr mit schwerem Personenschaden	Bewertung
Unfallrate	Bewertung
Unfallrate mit Personenschaden	Bewertung
Unfallkostendichte	Bewertung
mittlere Unfallkostendichte je Unfall	Bewertung
Unfallkostenrate	Bewertung
Unfalldichte nach Typ (einstellige Schlüsselnummer)	Analyse
Unfalldichte nach Typ (dreistellige Schlüsselnummer)	Analyse
Unfallzeitpunkt (nach Programmschaltzeiten)	Analyse
Straßenverhältnisse (Anteile)	Analyse
Lichtverhältnisse (Anteile)	Analyse

Tab. 15: Mit der Unfalldatenanalyse zu ermittelnde Kenngrößen

Datenanalyse

Das Unfallgeschehen der einzelnen Knotenpunkte wird in Anlehnung an die Voruntersuchung und die weiter gehende Untersuchung gemäß FGSV (1998) aufbereitet und analysiert. Ziel dieser Auswertungen ist es, die in Tabelle 15 aufgeführten Bewertungs- und Analysekenngroßen zu ermitteln. Weiter führende Erläuterungen und Berechnungsvorschriften sind der Anlage 6 zu entnehmen.

Zur Bildung von monetären Kenngrößen des Unfallgeschehens werden pauschale Unfallkosten herangezogen. Durch die Verwendung von festen Kostensätzen, die sich an der Unfallkategorie (schwerste Unfallfolge) orientieren, können Personen- und Sachschäden integriert betrachtet und zugleich zufällige extreme Ausprägungen der Unfallfolgen abgemildert werden. In Tabelle 16 sind die verwendeten Kostensätze nach ISK/GDV (2002) dargestellt.

Für die Verwendung der ebenfalls zur Verfügung stehenden angepassten Unfallkosten, welche spezifische Rahmenbedingungen der Unfallstelle berücksichtigen, sind sehr große auszuwertende Unfallkollektive erforderlich, die an der Mehrzahl einzelner Knotenpunkte nicht auftreten. Daher und aus Aufwandsgründen bleibt in dem Verfahren diese Kenngröße unberücksichtigt.

Ein wichtiger Baustein zur Erkennung von Mängeln in der Lichtsignalsteuerung ist die Identifikation einer Häufung gleichartigen Unfallgeschehens. Hierzu steht das Instrument der dreistelligen Schlüsselnummer des Unfalltyps nach FGSV (1998) zur Verfügung. Dieses geht von den schon in

Unfallkategorie (Schwerste Unfallfolge)		Unfallkostensätze WU [€/U]				
		außerorts		innerorts		
		Autobahn* (1)	Landstraße** (2)	Verkehrsstr. (3)	Erschl.str. (4)	Gesamt (5)
SP	Unfall mit Getöteten oder schwer Verletzten	300.000	270.000	160.000	130.000	145.000
LV	Unfall mit leicht Verletzten	31.000	18.000	12.500	10.000	11.000
P	Unfall mit Personenschaden	105.000	110.000	45.000	33.500	38.500
SS	Schwer wiegender Unfall mit Sachschaden	18.500	13.000	12.000	11.500	11.500
LS	Sonstiger Unfall mit Sachschaden	8.000	6.000	6.000	5.500	5.500
S	Unfall mit Sachschaden	10.500	7.000	6.500	5.500	6.000

* Zweibahnig planfrei geführte Außerortsstraße ** Einbahnige Außerortsstraße

Tab. 16: Pauschale Unfallkostensätze zum Preisstand 2002; Quelle: ISK/GDV (2002)

Abschnitt 3.3.2 benannten sieben Unfalltypen aus und differenziert sie anhand der geometrischen Ausrichtung der Unfallbeteiligten und der Gegebenheiten im Knotenpunkt in 288 dreistellige Schlüsselnummern weiter auf.

Da in der Praxis der Unfallaufnahme jedoch nur die einstellige Schlüsselnummer des Unfalltyps erfasst und in den Unfalllisten vermerkt wird, muss die Identifikation im Nachhinein erfolgen, sofern bei der Auswertung der einstelligen Schlüsselnummern eine auffällige Häufung erkannt wird.

Wenn für den Knotenpunkt Unfalldiagramme vorliegen, kann die dreistellige Schlüsselnummer durch einfachen Abgleich mit einem vollständigen Katalog der Kennziffern identifiziert werden. Ein größerer Aufwand ist erforderlich, wenn diese Informationen direkt aus den Unfallprotokollen entnommen werden. Für beide Anwendungen bietet das Hilfsmittel eine Eingabemaske an, in der grafisch unterstützt die dreistellige Schlüsselnummer identifiziert werden kann.

Da der Grad der Differenzierung zwischen den einzelnen Unfalltypen mit dreistelliger Schlüsselnummer sehr unterschiedlich ist, wird ein aufgabengerecht angepasster Katalog genutzt. In diesem sind aus sachlogischen Gesichtspunkten gleich zu behandelnde Unfalltypen zusammengefasst, wenn davon auszugehen ist, dass für sie identische Ursachen verantwortlich sind und auch mit identischen Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden kann. Der angepasste Unfalltypen-Katalog ist in Anlage 7 enthalten.

Mit diesem angepassten Unfalltypen-Katalog können „Unfallkollektive“ ermittelt werden. Unter einem Unfallkollektiv wird ein im Untersuchungszeitraum durchschnittlich mindestens jährlich aufgetretener Unfall gleichen Unfalltyps in derselben Zufahrt bzw. in der gleichen Konstellation verstanden. Bei besonders schweren Unfällen oder Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern kann dieser Schwellenwert unterschritten werden. Die Unfallkollektive werden beschrieben und räumlich zugeordnet und deren Unfallfolgen (Unfallkategorie, pauschale Unfallkosten) tabellarisch aufgelistet.

Das Ablaufschema für das Hilfsmittel zur Analyse von Unfalldaten ist in Anlage 8 dargestellt.

3.4.1.4 Prozessdaten

Informationsgehalt

An dem Prozess der Erzeugung einer Steuerungsinformation, also eines nach Art und Dauer festgelegten Signalbilds, sind unterschiedliche Systembestandteile beteiligt. Diese können in die drei Gruppen

- Erfassungseinrichtungen,
- Steuergerät (Regelungseinheit) und
- Signalgeber

unterschieden werden. Diese Gruppen erzeugen, verwenden und empfangen Daten, um aus Zustandsinformationen mit Hilfe festgelegter Algorithmen durch Akkumulation, Speicherung und logischer Verknüpfung zunächst verkehrstechnische Kenngrößen zu generieren, mit deren Hilfe wiederum Steuerungsentscheidungen begründet werden.

Diese Daten, die zunächst innerhalb des Regelkreislaufs der Lichtsignalsteuerung verbleiben, werden hier mit „Prozessdaten“ bezeichnet. Sie stellen ein erhebliches Informationspotenzial dar, das für die Qualitätsanalyse genutzt werden kann.

Das Maß der Erzeugung und Verwendung von Prozessdaten hängt von der Flexibilität des Steuerungsverfahrens ab, da mit steigendem Freiheitsgrad in der Regel der Informationsbedarf und damit auch die Datenmenge ansteigen. So weist die Liste der erforderlichen Prozessdaten einer einfachen Festzeitsteuerung lediglich eine Zeitmessung und die Ansteuerungsimpulse für Phasenwechsel und die jeweils geschalteten Signale auf. Eine verkehrsabhängige Steuerung hingegen erzeugt eine große Bandbreite an Detektorinformationen zur Anwesenheit von Fahrzeugen, aus denen sich verkehrstechnische Kenngrößen wie Verkehrsstärke, Belegungsgrad oder Geschwindigkeit ermitteln lassen.

Die qualitätsbezogene Auswertung der Prozessdaten dient der direkten und indirekten Erfassung wichtiger Kenngrößen der Güte des Verkehrsablaufs sowie der Ermittlung ursächlicher Zusammenhänge zu Mängeln in der Systemgestaltung.

Die Prozessdaten einer verkehrsabhängigen Steuerung bestehen in der Regel aus folgenden Rohdaten:

- Zeitstempel,
- aktivierte Phasen,

- aktivierte Signalisierungszustände der einzelnen Signalgruppen,
- Anwesenheits- oder Abwesenheitsmeldungen von Detektoren,
- Anforderungs-, Anmeldungs- oder Abmeldungsimpulse von Detektoren,
- Merker- und Zählerinformationen.

Datenerfassung

Die Möglichkeit, Prozessdaten abzurufen, ist von der Systemgestaltung der Lichtsignalsteuerung abhängig. Zunächst werden Prozessdaten in der Regel im Knotenpunktgerät verwaltet. Je nach Systemkonfiguration werden sie dort auch komprimiert und gespeichert oder an einen zentralen Verkehrsrechner übergeben. Bei modernen Systemen besteht darüber hinaus auch die Möglichkeit, vom Verkehrsrechner aus online einen Zugriff auf die Prozessdaten des Steuergeräts zu erhalten. Die sich hieraus ergebenden denkbaren Möglichkeiten der Datenmitschrift und eine Abschätzung ihrer Relevanz für den Gesamtbestand der Lichtsignalanlagen sind in Tabelle 17 gegeben.

Zur weiteren Analyse müssen die übernommenen Daten je nach Ausgangsformat zunächst in ein datenbankfähiges Format übertragen werden. Die einzelnen Datenfelder müssen dann durch den Anwender den Signalgruppen und Detektoren zugeordnet werden, damit die Auswerteroutine in der Lage ist, die Informationen zu interpretieren. Hierzu

Datenerfassung	Systemvoraussetzung	Relevanz
Offline-Datenübergabe aus dem Verkehrsrechner	vollständiger permanenter Datenverbund mit regulärer Speicherung im Verkehrsrechner oder reguläre Speicherung im Steuergerät mit Übergabemöglichkeit der gespeicherten Daten im Datenverbund	gering
Online-Datenmitschrift im Verkehrsrechner	vollständiger permanenter oder zeitweilig zuschaltbarer Datenverbund	zukünftig hoch (in modernen Systemen)
Offline-Datenübergabe am Steuergerät	reguläre Speicherung im Steuergerät ohne Möglichkeit der Übergabe an den Verkehrsrechner	gering
Online-Datenmitschrift im Steuergerät	ohne reguläre Speicherung im Steuergerät	hoch (Altanlagen, Einzelläufer)

Tab. 17: Möglichkeiten der Erfassung von Prozessdaten

werden die bei der Erfassung der Grundinformationen erzeugten und im Analysetool abgelegten Signalgruppen- und Detektorenlisten herangezogen und mit den Feldern der Prozessdaten verknüpft. Leerstellen, also nicht verfügbare Informationen, werden als solche erkannt und führen zur Deaktivierung der darauf zugreifenden Auswertungen.

Der Untersuchungszeitraum richtet sich aus verfahrenspraktischen Erwägungen nach den gegebenen Möglichkeiten der Datenübernahme. Um bei einer Online-Mitschrift sämtliche relevanten Belastungsfälle abzubilden, sollte im Idealfall der Zeitraum von Freitag bis Montag protokolliert werden. Bei der Analyse komprimierter gespeicherter Daten kann der Untersuchungszeitraum deutlich länger gewählt werden.

Datenanalyse

Ziel der Analyse von Prozessdaten ist es, die in der Tabelle 18 aufgeführten Bewertungs- und Analysekenngößen zu ermitteln.

Kenngroße	betroffene Gruppe	Zweck
mittlere Wartezeit	MIV	Bewertung
mittlere Wartezeit	ÖV	Bewertung
mittlere/maximale Wartezeit	Fg	Bewertung
mittlere/maximale Wartezeit	Rad	Bewertung
Anzahl erf. Halte	MIV	Bewertung
Anzahl Durchfahrten ohne Halt in koordinierten Zufahrten	MIV	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte	ÖV	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Rad	Bewertung
Auftreten von Reststaus	MIV	Bewertung
Reststaulänge	MIV	Bewertung
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	MIV	Bewertung Analyse
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	ÖV	Bewertung Analyse
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	Rad	Bewertung
Ausgewogenheit der Freigabezeit-zuteilung	MIV	Analyse
Freigabezeitmindernde Einflüsse	MIV	Analyse
Koordinierungsprobleme	MIV	Analyse
Fahrgeschwindigkeiten	MIV	Analyse
Freigabezeitpunkt nach Anmeldung	ÖV	Analyse
Freigabezeitpunkt nach Anmeldung	Fg Rad	Analyse
Verzögerungen des Freigabezeitpunkts durch den ÖV	MIV, Fg, Rad	Analyse
Koordinierung an Furten	Fg	Analyse
Koordinierung des Zugangs zu Haltestellen	Fg	Analyse

Tab. 18: Mit der Prozessdatenanalyse zu ermittelnde Kenngößen

Die Möglichkeiten der Auswertung werden von der Verfügbarkeit der erforderlichen Informationen determiniert. Es ist in der Regel nicht zu erwarten, dass sämtliche genannten Kenngrößen an einem Knotenpunkt ermittelt werden können.

Grundsätzlich gibt es für die Genauigkeit der Ermittlung einer Kenngröße die folgenden Erfüllungsniveaus:

- Exakte Ermittlung eines Messwerts der gesuchten Kenngröße.
- Nachweis, dass die gesuchte Kenngröße einen Schwellenwert zur Qualitätsbewertung nicht überschreitet bzw. nicht unterschreitet.
- Hinweis, dass die gesuchte Kenngröße vermutlich einen Schwellenwert zur Qualitätsbewertung nicht überschreitet/nicht unterschreitet.
- Keine Aussage.

Dementsprechend muss bei der Dokumentation der Qualitätsbewertung das erreichte Genauigkeitsniveau mit angegeben werden.

Weiter gehende Informationen zur den Analysevorschriften der Prozessdaten sind in Anlage 6 gegeben.

Das Ablaufschema für die softwaregestützte Analyse von Prozessdaten ist in Anlage 9 dargestellt.

3.4.1.5 Betriebsdaten

Informationsgehalt

Betriebsdaten enthalten Informationen zu den Betriebszuständen der Lichtsignalanlage und denen ihrer technischen Komponenten sowie der aktivierten Verkehrssteuerung. Die Informationen werden in der Regel als Aktivierungs- oder Deaktivierungsimpuls oder als Störungsmeldung erzeugt und protokolliert. Bei entsprechend moderner Ausstattung von Steuergerät und Verkehrsrechner können die Betriebsdaten automatisch übermittelt, überwacht und analysiert werden. Die Rohbetriebsdaten enthalten anlassbezogene Information, die bei bestimmten Betriebssituationen generiert werden. Hierzu zählen die folgenden Ereignisse:

- Einschalten der Anlage.
- Ausschalten der Anlage.
- Umschalten in ein bestimmtes definiertes Betriebsprogramm, darunter auch Ersatzprogramm bei Störungen.

- Störung einer Anlagenkomponente wie Detektor oder Signalgeber.
- Eingriffe auf der Grundlage automatisierter Plausibilitätsprüfungen, wie z. B. Zwangsabmeldungen „verlorener“ ÖV-Fahrzeuge durch die Folgezugsteuerung oder ein Zeitkriterium.
- Manuelle Eingriffe wie die Betätigung von Schlüsseltastern bei „verlorenen“ Anmeldungen.

Diese Informationen können protokolliert oder in Zustandspeichern abgelegt werden, sodass die aktuelle Information über den Betriebszustand der Lichtsignalanlage abgefragt werden kann.

Ihre Auswertung dient in erster Linie der Bewertung der Betriebszuverlässigkeit der Anlagenkomponenten sowie der Untersuchung von Ursachen für Qualitätsmängel im Verkehrsablauf, die auf eine momentane unzureichende anlagentechnische Funktion zurückzuführen sind.

Datenerfassung

Für die Übernahme der Betriebsdaten stehen dieselben Möglichkeiten wie zur Übernahme der Prozessdaten zur Verfügung. Hinzu kommt die manuelle Auswertung vorliegender Störungsprotokolle. Es ist jedoch zunächst zu erwarten, dass im Gesamtbestand der Lichtsignalanlagen zentrale Zugriffsmöglichkeiten auf Betriebsdaten weiter verbreitet sind als auf Prozessdaten, da aus Gründen der Betriebssicherung und begünstigt durch geringere Datenmengen deutlich mehr Lichtsignalanlagen eine automatische Übergabe von Betriebsmeldungen in eine zentralen Überwachungseinrichtung leisten. Zur Erleichterung der manuellen Auswertung von Störungsprotokolle wird eine Eingabemaske zur Verfügung gestellt.

Die Möglichkeiten der Übernahme von Betriebsdaten sind in Tabelle 19 aufgeführt.

Datenanalyse

Ziel der Aufbereitung und der Analyse von Betriebsdaten ist es, die in Tabelle 20 aufgeführten Kenngrößen zu erhalten.

Das Ablaufschema für die softwaregestützte Analyse von Betriebsdaten ist in Anlage 10 dargestellt.

Datenerfassung	Systemvoraussetzung	Relevanz
Offline-Datenübergabe aus dem Verkehrsrechner	vollständiger permanenter Datenverbund mit regulärer Speicherung im Verkehrsrechner oder reguläre Speicherung im Steuergerät mit Übergabemöglichkeit der gespeicherten Daten im Datenverbund	gering
Online-Datenmitschrift im Verkehrsrechner	vollständiger permanenter oder zeitweilig zuschaltbarer Datenverbund	zukünftig hoch (bei modernen Systemen)
Offline-Datenübergabe am Steuergerät	reguläre Speicherung im Steuergerät ohne Möglichkeit der Übergabe an den Verkehrsrechner	gering
Online-Datenmitschrift im Steuergerät	ohne reguläre Speicherung im Steuergerät	hoch (Altanlagen, Einzelläufer)
manuelle Auswertung von Störungsprotokollen	automatische oder manuelle Führung von Störungsprotokollen	hoch (Altanlagen)

Tab. 19: Möglichkeiten der Erfassung von Betriebsdaten

Kenngroße	Bezug
Relative Ausfallhäufigkeit	1, 2, 3, 4, 5
Kumulierte Ausfalldauer	1, 2, 3, 4, 5
Mittlere Ausfalldauer je Ereignis	1, 2, 3, 4, 5
Gesamtausfall LSA je Ereignis	2, 3, 4, 5
Aktivierung Rückfallebenen	2, 3, 4, 5
Zwangsabmeldungen ÖV	2, 3
Manuelle Anmeldungen ÖV	3
Erläuterung: 1 = Gesamtanlage 2 = Steuergerät 3 = Erfassungseinrichtungen 4 = Signalgeber 5 = Kommunikation	

Tab. 20: Mit der Betriebsdatenanalyse zu ermittelnde Kenngrößen

3.4.1.6 Vor-Ort-Beobachtungen

Informationsgehalt

Die Beobachtungen vor Ort beziehen sich auf eine Vielzahl unterschiedlicher Informationsgruppen. Sie umfassen sowohl qualitative und quantitative Kenngrößen des Verkehrsgeschehens als auch In-

Kenngroße	betroffene Gruppe	Zweck
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Signalisierung	alle	Analyse
Gestaltung Führung	MIV	Analyse
Gestaltung Führung	ÖV	Analyse
Gestaltung Führung	Rad	Analyse
Gestaltung Führung	Fg	Analyse
Befolgungsgrad Führung	MIV	Analyse
Befolgungsgrad Führung	ÖV	Analyse
Befolgungsgrad Führung	Rad	Analyse
Befolgungsgrad Führung	Fg	Analyse
Zustand der Signalgeber	alle	Analyse

Tab. 21: Mit der Vor-Ort-Beobachtung zu ermittelnde Kenngrößen des Qualitätsfelds Verkehrssicherheit

formationen zur Systemgestaltung. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen

- Originärinformationen, die von keiner anderen Datenquelle bereitgestellt werden (z. B. Sichtbeeinträchtigung durch Bewuchs, Ursachen für Behinderungen im Abfluss) oder aufgrund der vorliegenden Anlagenkonfiguration nicht geliefert werden können (z. B. wenn keine geeigneten Prozessdaten zur Verfügung stehen), und
- redundanten Informationen, die auch aus anderen Datenquellen bezogen werden können, bei denen aber die Beobachtung vor Ort zur weiteren Absicherung der ermittelten Sachverhalte beitragen soll.

Der Anteil redundanter Informationen hängt dabei in erster Linie von der Verfügbarkeit und Analysefähigkeit von Prozessdaten ab.

Gegenüber den anderen genannten Datengruppen haben visuelle Beobachtungen durch einen Experten den Vorteil, dass nicht nur Kenn- und Messgrößen erfasst, sondern auch Mängelursachen erkannt werden können. Ein Nachteil ist, dass sich diese differenzierte Informationserfassung in der Regel einer automatisierten Auswertung entzieht.

Die Beobachtung am Knotenpunkt bezieht sich auf die in den Tabellen 21 und 22 aufgeführten Kenngrößen.

Kenngroße	betroffene Gruppe	Zweck
mittlere Wartezeit	ÖV	Bewertung
maximale Wartezeit	Fg	Bewertung
maximale Wartezeit	Rad	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte	MIV	Bewertung
Anzahl Durchfahrten ohne Halt in koordinierten Zufahrten	MIV	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte	ÖV	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg	Bewertung
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Rad	Bewertung
Auftreten von Reststaus	MIV	Bewertung
Reststaulänge	MIV	Bewertung
Homogenität des Verkehrsflusses	MIV	Bewertung Analyse
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	ÖV	Bewertung Analyse
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	Rad	Bewertung
Ausgewogenheit der Freigabezeit-zuteilung	MIV	Analyse
Freigabezeitmindernde Einflüsse	MIV	Analyse
Koordinierungsprobleme	MIV	Analyse
Freigabezeitpunkt nach Anmeldung	ÖV	Analyse
Freigabezeitpunkt nach Anmeldung	Fg Rad	Analyse
Verzögerungen des Freigabezeitpunkts durch den ÖV	MIV, Fg, Rad	Analyse
Koordinierung an Furten	Fg	Analyse
Koordinierung Zugang Haltestellen	Fg	Analyse

Tab. 22: Mit der Vor-Ort-Beobachtung zu ermittelnde Kenngrößen des Qualitätsfelds Güte des Verkehrsablaufs

Datenerfassung

Für die Durchführung von Beobachtungen sind Erhebungsvorschriften erforderlich. Hierfür haben sich in Vorstudien Checklisten als zweckmäßig erwiesen, die zur Erleichterung der Anwendung als EDV-unterstützter Dialog auf einem portablen Medium realisiert werden können. Solche Anwenderdialoge können dynamisch auf gegebene Voraussetzungen und bereits erfasste Informationen reagieren. Durch eine solche Filterung kann die erforderliche Informationsmenge für eine vollständige Erhebung gegenüber einer statischen Checkliste minimiert werden. Die Fragestellungen können außerdem an die gegebene Situation besser angepasst, die Verständlichkeit erhöht und das Risiko von Irrtümern vermindert werden. Mit Hilfe einer grafischen Benutzeroberfläche können die Beobachtungen bei der Eingabe räumlich zugeordnet werden.

Die Inhalte des obligatorischen Teils des Beobachtungsprogramms sind in Tabelle 23 angegeben.

Teil	Inhalte
Allgemeine Beobachtungen der Gestaltung des Knotenpunkts	Begreifbarkeit, Erkennbarkeit und Begehrbarkeit der Fußgängerverkehrsflächen Begreifbarkeit, Erkennbarkeit und Befahrbarkeit der Radverkehrsflächen bzw. der zu befahrenden Mischflächen
Allgemeine Beobachtungen zum Verkehrsfluss im MIV	Überstauung von Fahrstreifen Überstauung von Knotenpunkten Rückstau in sensible Bereiche Freigabezeitverteilung ungleichmäßige Fahrstreifenauslastung Behinderungen im Zufluss Behinderungen im Abfluss
Auslastung und Reststau im MIV	Beobachtung des Verhältnisses zwischen wartenden und ankommenden Fahrzeugen sowie den abfließenden Fahrzeugen zur Feststellung von dauerhaftem Reststau (Dauer: 10 Signalumläufe)
Koordinierung im MIV	Ankunftszeitpunkt von Pulkspitzen (bezogen auf den Signalisierungszustand) Abbruch von Fahrzeugpuls durch zu frühes ROT (Dauer: 10 Signalumläufe)
Allgemeine Beobachtungen zum Verkehrsfluss im ÖV	Qualität der Bevorrechtigung Behinderungen beim Abfluss
Allgemeine Beobachtungen zum Verkehrsfluss im Radverkehr	Regelwidrige Befahrung der Verkehrsflächen Zeitbedarf für das Räumen des Knotenpunkts
Allgemeine Beobachtungen zum Verkehrsfluss im Fußgängerverkehr (und im gemeinsam geführten Radverkehr)	Gefährdungen durch bedingt verträgliche Verkehrsströme Auftreten langer Wartezeiten Koordinierung der Führung über mehrere hintereinander liegende Furten Akzeptanz der Verkehrsführung

Tab. 23: Inhalte des Beobachtungsprogramms für den obligatorischen Teil der Vor-Ort-Beobachtung

Aus Gründen der Aufwandsminimierung wird die Vor-Ort-Beobachtung zeitlich nach der Auswertung der Unfalldaten, Prozessdaten und Betriebsdaten durchgeführt, damit sowohl die obligatorischen als auch die fakultativen, auf den Analysen der anderen Datengruppen beruhenden Beobachtungen in einem Arbeitsschritt durchgeführt werden können.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass zur Ermittlung der Kenngrößen der Güte des Verkehrsablaufs Beobachtungen zu den Spitzenverkehrszeiten morgens und abends sowie zu den Normalverkehrszeiten erforderlich sind. Bedingt durch den Beobachtungsumfang sind hierbei jeweils Beobachtungszeiträume von ca. einer Stunde Dauer nötig.

Datenanalyse

Für die Auswertung der Beobachtungen zur Erlangung von Kenngrößen der Güte des Verkehrsablaufs (Reststaubildung, Pulkabfluss) werden einfache Auswertevorschriften verwendet. Sie erlauben eine qualitative und teilweise quantitative Ermittlung der Kenngrößen, die beim Fehlen adäquater Informationen aus der Prozessdatenanalyse geeignet sind, diese zu ersetzen, andernfalls zu ergänzen und zu bestätigen.

Bei Beobachtungen, die sich mit der qualitativen Erfassung von Behinderungen im Verkehrsfluss beschäftigen, ist die Ursachenforschung integriert. Hier kann die Beobachtung direkt zur weiteren Maßnahmenidentifikation genutzt werden.

Die Beurteilung der Gestaltung der Führung der verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen am Knotenpunkt wird in erster Linie durch den geschulten Blick eines Experten gesichert. Zur Unterstützung können mit einer einfachen, datenbankbasierten Hilfefunktion wichtige Informationen zu den gültigen Regelungen angeboten werden.

Das Ablaufschema für die softwaregestützte Vor-Ort-Beobachtung ist in Anlage 11 dargestellt. In Anlage 12 ist das vollständige Beobachtungsprotokoll für eine händische Erfassung mittels einer Checkliste dokumentiert.

3.4.2 Qualitätsbewertung

3.4.2.1 Überblick

Der Verfahrensschritt der Qualitätsbewertung umfasst zwei Tätigkeiten:

- Die Ermittlung von Kenngrößen, mit denen die erreichte Produktqualität hinsichtlich der Qualitätsfelder der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs beschrieben wird.
- Die Feststellung von Mängeln der Systemgestaltung (Prozessqualität) und die Formulierung von aussagekräftigen Mängelaussagen.

Beide Teilbereiche der Qualitätsbewertung sind eng mit den Schritten der Datenerfassung und der Datenanalyse verschränkt. Einzelne Kenngrößen und Mängelhinweise werden z. B. bei der Vor-Ort-Beobachtung häufig direkt erhoben; bei umfangreicheren Datenmengen bedarf es nach der Datenanalyse lediglich eines Abgleichs der Mess- und Beobachtungswerte mit einem Schwellenwert oder einem geforderten Zustand.

Die Ergebnisse beider Teilbereiche der Bewertung werden in einer Datenbank gespeichert und stehen dort für die folgenden Schritte der Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung und für die abschließende Zusammenstellung in einer Dokumentation zur Verfügung.

Im Rahmen der Qualitätsbewertung wird kein globales Gesamturteil über die Lichtsignalanlage gefällt, da hierfür eine umfassende Bewertungsvorschrift fehlt. Eine Gewichtung zwischen den Qualitätsfeldern der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs kann nicht sachgerecht hergeleitet werden, zumal zwischen diesen Qualitätsfeldern auch keine Mängelkompensation herbeigeführt werden kann. Der Handlungsbedarf zur Qualitätsverbesserung ergibt sich demnach gesondert für jedes Qualitätsfeld beim Überschreiten der Schwellenwerte oder bei der Nichterfüllung der gestalterischen Anforderungen.

Durch die enge Verbindung der Qualitätsbewertung mit der Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung können für eine Beurteilung der Dringlichkeit der Mängelbeseitigung auch die tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten einbezogen werden.

3.4.2.2 Kenngrößen der Qualität der Verkehrsregelung

Der Bewertung der Qualität der Verkehrsregelung liegen die in Abschnitt 2.3 und Anlage 6 dargestellten Kenngrößen zugrunde.

Für einen Teil der Kenngrößen stehen Bewertungsvorschriften zur Verfügung. Bei diesen werden die Messwerte mit Schwellenwerten verglichen, die wiederum mit Qualitätsaussagen verbunden sind, wie z. B. die Anzahl gleichartiger Unfälle oder mittlere Wartezeiten zur Ermittlung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV).

Wenn keine Bewertungsvorschriften zur Verfügung stehen, z. B. für die mittlere Unfallschwere, so kann eine Bewertung nur vergleichend unter Zugriff auf die Kenngrößen anderer Lichtsignalanlagen erfolgen. Wenn Ergebnisse einer flächendeckenden Untersuchung vorliegen, kann so festgestellt werden, ob die Kenngröße dem Durchschnitt entspricht oder wesentlich davon abweicht.

Hinsichtlich der zu erreichenden Genauigkeit der Qualitätsaussage ist zu unterscheiden zwischen

- quantifizierbaren Kenngrößen, deren Messwerte so hinreichend genau ermittelt werden kön-

nen, dass die vorhandenen Bewertungsvorschriften damit angewandt werden können,

- quantifizierbaren Kenngrößen, die aus Gründen des Aufwands oder der Datenverfügbarkeit jedoch nur qualitativ erhoben werden können und bei denen daher auf eine Abschätzung oder sachlogische Annäherung an die Bewertungsvorschrift zurückgegriffen werden muss,
- qualitativen Kenngrößen, bei denen vorhandene oder zu schaffende Zuordnungsvorschriften in Form von Klassifizierungen genutzt werden, um eine Qualitätsaussage zu erhalten.

Die ermittelten Aussagen zur Produktqualität werden als Datensatz in einem Speicher abgelegt. Dabei werden neben der qualitätsrelevanten Aussage die folgenden Informationen gespeichert:

- Kenngröße bzw. Qualitätsaussage,
- Einheit,
- räumlicher Bezug (Zufahrt/Verkehrsstrom) und
- Datenquelle.

3.4.2.3 Feststellung von Mängeln der Systemgestaltung

Die Feststellung von Mängeln bezieht sich auf die in der Anlage 5 beschriebenen Ausprägungen von Systemelementen. Sie können identifiziert werden

- durch direkte Beobachtung, z. B. in Bezug auf die Verkehrsführung am Knotenpunkt oder die Erkennbarkeit der Signalisierung,
- durch die Auswertung der Betriebsdaten mit Hilfe der in Anlage 6 genannten Kenngrößen und Bewertungsvorschriften,
- durch Verknüpfungen zwischen verschiedenen Qualitätsaussagen zur Verkehrsregelung, z. B. Reststau in unterschiedlichen Zufahrten, oder
- durch Verknüpfungen zwischen Qualitätsaussagen und weiteren Beobachtungen und Auswertungen, z. B. Feststellen des Vorliegens einer ÖV-Anforderung beim Auftreten hoher Wartezeiten im Fußgängerverkehr.

Die Aussagen zu Systemmängeln greifen auf einen Katalog von Aussagen zurück, der in Anlage 13 enthalten ist.

Die ermittelten Aussagen zu Mängeln in der Systemgestaltung werden als Datensatz in einem

Speicher abgelegt. Dabei werden neben der Mängelaussage die folgenden Informationen gespeichert:

- räumlicher Bezug (Zufahrt/Verkehrsstrom) und
- Datenquelle.

3.5 Qualitätsverbesserung

3.5.1 Handlungsfeld

Im Abschnitt 2.6 wurden die unterschiedlichen Maßnahmentypen benannt, welche das Spektrum der Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung von Lichtsignalanlagen umfassen:

- Wartungsmaßnahmen,
- Parameteranpassungen,
- Logikanpassungen,
- Hardwareanpassungen,
- bauliche Maßnahmen und
- übergeordnete planerische und strategische Maßnahmen.

Zudem wurden als Merkmalsgruppen der Maßnahmenwirkung

- die Wirkungsbreite,
- die Wirkungstiefe und
- die Reaktionszeit

unterschieden und den Maßnahmentypen zugeordnet.

Bei der inhaltlichen Ausgestaltung des so kategorisierten Handlungsfelds sind die folgenden Anforderungen zu berücksichtigen:

- Zur Gewährleistung der Übertragbarkeit und Allgemeingültigkeit des Verfahrens ist die Orientierung am Systemaufbau der Lichtsignalanlage erforderlich (vgl. Anlage 5).
- Zur Gewährleistung eines hohen praktischen Nutzens ist ein möglichst hohes Maß der Konkretisierung erforderlich, damit die resultierende Handlungsempfehlung hinreichend gut an die vorhandene Problemlage angepasst werden kann.

Aus diesen beiden Anforderungen resultiert eine detailliert gegliederte Aufbereitung des Maßnahmenspektrums. Ihre Handhabung wird durch den

Einsatz geeigneter Hilfsmittel (vgl. Abschnitt 3.5.7) einfach und nachvollziehbar gestaltet.

Das Handlungsfeld der Qualitätsverbesserung kann mit Hilfe zweier verschiedener Ansätze erschlossen werden:

- Ein prozessorientierter Ansatz geht von denkbaren zu behebenden Problemlagen aus. Innerhalb bestimmter Strategiebereiche werden zielorientierte Verbesserungsstrategien definiert, welche geeignet sind, die Problemlagen zu beseitigen. Diesen Strategien können jeweils mehrere Einzelmaßnahmen zugeordnet werden. Der prozessorientierte Ansatz führt zu einer umfassenden Darstellung von Mangel-Ursache-Beziehungen, die zum Aufbau einer Wissensbasis erforderlich ist (vgl. Abschnitt 3.5.7). Er korrespondiert mit der deduktiven Problemlösungsfindung durch einen Experten und dient auch als Grundlage für Wirkungsermittlungen.
- Ein systemorientierter Ansatz geht davon aus, dass jede Änderung an einem Systemelement der Lichtsignalanlage (vgl. Anlage 5) eine mögliche Einzelmaßnahme darstellt, die einem Maßnahmentyp zugeordnet werden kann und die

spezifische Merkmale der Maßnahmenwirkung aufweist. Diese Darstellungsweise vereinfacht die Ermittlung notwendiger Begleit- und Folgemaßnahmen, die sich nicht direkt aus dem Problembezug ergeben. Es lassen sich außerdem Zielkonflikte durch gegenläufige und konkurrierende Einzelmaßnahmen erkennen, die vor der Zusammenstellung einer abschließenden Handlungsempfehlung der Abwägung bedürfen. Dieser Ansatz korrespondiert mit der Informationsverarbeitungsstruktur von Datenbanksystemen und dient als Grundlage für die Ermittlung von Aufwandswerten für die Umsetzung der Maßnahmen.

Zur Identifikation eines abgestimmten Handlungsvorschlags ist es erforderlich, beide Ansätze miteinander zu verknüpfen. Der Prozess, zielführende Veränderungen an Systemelementen (Einzelmaßnahmen) ausfindig zu machen, setzt daran an, mit einer Problemlösungsstrategie die Ursache für Qualitätsmängel zu entdecken und dann aus einer umfassenden Liste jene Einzelmaßnahmen zu selektieren, die zu dieser Problemlösung beitragen.

Die Integration beider Ansätze ist in Bild 12 veranschaulicht. Sie führt zu einer Verknüpfung von ziel-

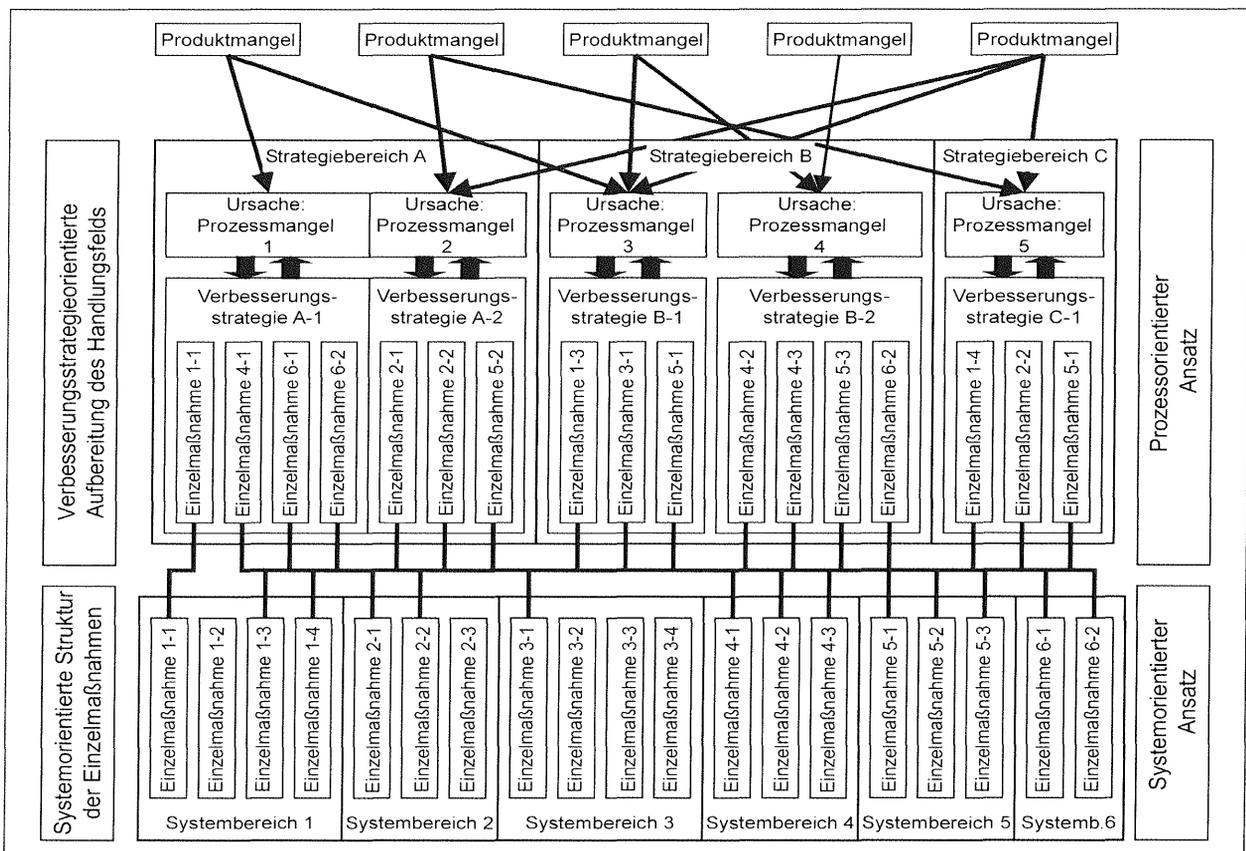


Bild 12: Prinzipskizze der Verknüpfung von Produktmängeln zu Einzelmaßnahmen

orientierten, zu Strategiebereichen gruppierten Verbesserungsstrategien bis hin zu den nach Systemelementen gegliederten Einzelmaßnahmen. Mit ihrer Hilfe lässt sich jeweils der Analysepfad der Qualitätsverbesserung vom identifizierten Mangel bis hin zum anzupassenden Systemelement nachvollziehen

3.5.2 Verbesserungsstrategien

3.5.2.1 Überblick

Die Strategien zur Qualitätsverbesserung an Lichtsignalanlagen sind zu acht Strategiebereichen der lokalen Ebene und einem Strategiebereich mit Bezug auf übergeordnete Rahmenbedingungen gebündelt. Diese sind:

- Verbessern der Rahmenbedingungen für die lokale Verkehrssteuerung,
- Verbessern der Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts,
- Verbessern der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung,
- Verbessern der Erkennbarkeit der Signalisierung,
- Verbessern der Befahrbarkeit und Begehrbarkeit des Knotenpunkts,
- Erhöhen der Kapazität des Knotenpunkts mit Lichtsignalanlage,
- Verbessern der Freigabezeitbemessung,
- Verbessern der Ausnutzung der Freigabezeit und
- Verbessern der Koordinierung mit benachbarten Knotenpunkten.

Hinzu kommt gesondert der Bereich der Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit. Die Definition von Strategiebereichen orientiert sich an grundsätzlichen Gestaltungszielen und Funktionsprinzipien des Knotenpunktentwurfs und der Lichtsignalsteuerung. Sie sind in der Regel vornehmlich entweder auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit oder auf die Verbesserung des Verkehrsablaufs gerichtet, können aber ungeachtet dessen identische Einzelmaßnahmen beinhalten. In den folgenden Abschnitten werden die Strategiebereiche mit Blick auf die beabsichtigte Wirkung und die angewandten Maßnahmentypen sowie die zugehörigen Strategien beschrieben. Eine Liste der Einzelmaßnah-

men einschließlich ihrer Variationen enthält Anlage 14.³⁰

3.5.2.2 Verbessern der Rahmenbedingungen für die lokale Verkehrssteuerung

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen ab

- auf eine Verringerung der Verkehrsnachfrage am Knotenpunkt,
- auf eine Verringerung kritischer Verkehrsströme am Knotenpunkt und
- auf eine Verringerung von Ziel- und Interessenskonflikten unter den Verkehrsteilnehmergruppen.

Änderungen der Rahmenbedingungen sind vor allem dann in Erwägung zu ziehen, wenn die Problemlage am Knotenpunkt so komplex oder so weit reichend ist, dass die Strategien und Maßnahmen der anderen Bereiche nicht einsetzbar oder nicht wirksam sind. Durch eine Verringerung der allgemeinen Verkehrsnachfrage oder eine Veränderung strategischer und taktischer Festlegungen können Kapazitäten am Knotenpunkt geschaffen werden, die es ermöglichen, dass die Lichtsignalsteuerung ihre Ziele wieder erfüllen kann.

Diese Strategien dienen damit in erster Linie der Verbesserung des Verkehrsablaufs, weil die Knotenpunktauslastung sinkt. Durch die Minderung des Konfliktpotenzials sind jedoch auch positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit am Knotenpunkt zu erwarten. Wirkungen von Maßnahmen dieser Gruppe können jedoch nur im netzweiten Kontext bewertet werden, d. h. es ist zu untersuchen, ob infolge der Maßnahmen an anderer Stelle unerwünschte Wirkungen auftreten, welche den Nutzen kompensieren oder sogar überkompensieren.

Maßnahmentypen

Zur Minderung von Konflikten und zur Verringerung der verkehrlichen Anforderungen kommen

³⁰ Die Zusammenstellung von Verbesserungsstrategien und Maßnahmen in der Anlage 14 Listen von Maßnahmen wurde mit dem Ziel erstellt, eine große Bandbreite an Möglichkeiten abzudecken. Trotz aller Sorgfalt kann jedoch nicht gewährleistet werden, dass jeder Spezialfall berücksichtigt ist.

hauptsächlich übergeordnete planerische und strategische Maßnahmen in Frage, welche gegebenenfalls durch lokale bauliche Maßnahmen umgesetzt oder unterstützt werden.

Strategien

- Verringern der Verkehrsnachfrage am Knotenpunkt.
- Ändern der Knotenpunktform.
- Verringern der Summe maßgebender Konfliktstrombelastungen.
- Anpassen strategischer Festlegungen.

3.5.2.3 Verbessern der Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, den Verkehrsteilnehmern die Verkehrsführung zu verdeutlichen und die Aufmerksamkeit für die möglichen Konfliktpunkte und Konfliktsituationen zu erhöhen. Hierzu zählen

- die Verbesserung der Linienführung im Zufahrtbereich,
- die Verbesserung der Sichtverhältnisse,
- die Verdeutlichung von Konfliktbereichen und
- die Verdeutlichung der Haltepflicht für nicht signalisierte Ströme.

Mit diesen Strategien soll es den Verkehrsteilnehmern erleichtert werden, die Verkehrssituation am Knotenpunkt richtig zu beurteilen und sich selbst vorausschauend und adäquat zu verhalten. Sie dienen damit zunächst der Erhöhung der Verkehrssicherheit. Eine allgemeine Verbesserung der Orientierung am Knotenpunkt und die Vereinfachung von Verkehrsvorgängen können jedoch auch zu einer Verbesserung des Zu- und Abflusses und somit zu einer Erhöhung der Kapazität beitragen.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der Erkennbarkeit und der Übersichtlichkeit des Knotenpunkts tragen hauptsächlich bauliche Maßnahmen bei, die von Änderungen der Knotenpunktausstattung bis hin zu umfangreicheren Umbauarbeiten reichen können.

Strategien

- Verdeutlichen der Lage des Knotenpunkts.
- Verdeutlichen der vorgesehenen Bewegungslinie über den Knotenpunkt.
- Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Radverkehr.
- Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr.
- Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.
- Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.
- Erleichtern der Orientierung und der Vorgänge des Einordnens in der Zufahrt.
- Verringern der Beeinträchtigungen durch störende Verkehrsvorgänge in Knotenpunktnähe.
- Verdeutlichen der Lage von Konfliktflächen.
- Einbeziehen von nicht signalisierten Strömen in die Signalisierung.
- Verbessern der Erkennbarkeit des Konflikts bei nicht signalisierten Strömen.

3.5.2.4 Verbessern der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, Gefahrenpotenziale der Verkehrssteuerung abzubauen und den Verkehrsteilnehmern die richtige Verhaltensweise durch eine nachvollziehbare und verständliche Verkehrssteuerung zu erleichtern. Hierzu tragen unter anderem bei

- eine Minderung steuerungsbedingter Konflikte, z. B. mit bedingt verträglichen Verkehrsströmen,
- eine Verringerung der vom Verkehrsteilnehmer zu verarbeitenden Informationen und
- eine Vermeidung des Auftretens ungewohnter Situationen.

Diese Strategien dienen direkt der Verbesserung der Verkehrssicherheit. Durch eine allgemeine Ver-

einfachung von Verkehrsvorgängen kann es jedoch auch zu einer Verbesserung des Abflusses und dadurch zu einer Erhöhung der Kapazität kommen.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung kommen Parameteranpassungen, Logikanpassungen, Hardwareanpassungen und bauliche Maßnahmen in Frage.

Strategien

- Einrichten eines 24-Stunden-Betriebs der Lichtsignalanlage.
- Sichern links abbiegender Verkehrsströme.
- Sichern von Fußgängern und Radfahrern gegenüber abbiegenden Fahrzeugen.
- Vermeiden unplausibler Signalisierungszustände.
- Vermeiden unerwarteter Signalbildänderungen.
- Sichern von Verkehrsvorgängen des ÖV.
- Sichern links abbiegender Radfahrer.
- Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Radfahrer.
- Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Fußgänger.
- Überprüfen der verwendeten Parameter für die Zwischenzeitenberechnung.
- Durchsetzen einer angepassten Fahrgeschwindigkeit.
- Verhindern von Rotlichtüberfahrungen.

3.5.2.5 Verbessern der Erkennbarkeit der Signalisierung

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, sicherzustellen, dass die vollständige Steuerungsinformation vom Signalgeber zum Verkehrsteilnehmer übermittelt wird und dieser so in die Lage versetzt wird, sich korrekt zu verhalten.

Die Strategien dienen damit zunächst der Erhöhung der Verkehrssicherheit, da Fehlwahrnehmungen direkt zu Gefährdungen führen können. Die Sicherung und Erleichterung der Informationsübermittlung können jedoch auch zu einer Verminderung von Zeitverlusten führen und somit den Verkehrsablauf verbessern.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der Erkennbarkeit der Signalisierung kommen hauptsächlich Hardwareanpassungen an den Signalgebern und bauliche Maßnahmen geringeren Umfangs in Frage.

Strategien

- Vermeiden des Übersehens der Signalisierung.
- Vermeiden der Verwechslung der Signalgruppe.
- Vermeiden von Beeinträchtigungen der Erkennbarkeit des Lichtsignals durch optische Effekte.

3.5.2.6 Verbessern der Befahrbarkeit und Begehbarkeit des Knotenpunkts

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf, die Verkehrsvorgänge durch die Bereitstellung eines ausreichend großen, nach fahrgeometrischen Anforderungen gestalteten und in ordnungsgemäßem Zustand befindlichen Verkehrsraums sicher und effektiv zu ermöglichen. Sie dienen damit zunächst der Erhöhung der Verkehrssicherheit, können jedoch auch die praktische Kapazität der Lichtsignalsteuerung erhöhen, indem der Verkehrsfluss verbessert wird.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der Befahrbarkeit und Begehbarkeit kommen hauptsächlich bauliche Maßnahmen in Frage.

Strategien

- Verbessern der fahrgeometrischen Gegebenheiten.
- Verbessern der Oberflächeneigenschaften des Verkehrsraums.

3.5.2.7 Erhöhen der Kapazität des Knotenpunkts mit Lichtsignalanlage

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, Verlustzeiten zu verringern, um den einzelnen Verkehrsströmen einen möglichst großen Zeitraum für den Fahrzeugabfluss zur Verfügung stellen zu können.

Die Strategien dienen zunächst der Verbesserung des Verkehrsablaufs. Durch die Minderung von Staus und erforderlichen Haltevorgängen tragen sie mittelbar zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit bei.

Maßnahmentypen

Zur Erhöhung der Kapazität des Knotenpunkts mit Lichtsignalanlage kommen Parameteranpassungen, Logikanpassungen, Hardwareanpassungen und bauliche Maßnahmen in Frage.

Strategien

- Verringern von Verlustzeiten.
- Anpassen der Umlaufzeit.

3.5.2.8 Verbessern der Freigabezeitbemessung

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, die verfügbaren Freigabezeiten den einzelnen Verkehrsströmen so zuzuordnen, dass sie den vorhandenen Bedarf möglichst gut abdecken können und dass nicht genutzte Freigabezeiten vermieden werden. Hierzu können

- die bessere Anpassung der Freigabezeituteilung an den jeweiligen Bedarf der einzelnen Ströme bei der Planung,
- die flexiblere Anpassung der dynamischen Freigabezeituteilung an den aktuellen Bedarf der einzelnen Ströme und
- die Vermeidung von nicht ausgelasteten (Mindest-)Freigabezeiten

beitragen.

Die Strategien dienen zunächst der Verbesserung des Verkehrsablaufs. Durch die Minderung von Staus und erforderlichen Haltevorgängen tragen

sie mittelbar zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit bei.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der bedarfsgerechten Freigabezeitbemessung kommen Parameteranpassungen, Logikanpassungen, Hardwareanpassungen und bauliche Maßnahmen in Frage. Der Schwerpunkt liegt bei Änderungen des Signalprogramms.

Strategien

- Verbessern der Anpassung der Freigabezeitbemessung an den Bedarf.
- Erhöhen der Flexibilität der Abwicklung des ÖV.
- Verbessern einer bedarfsorientierten Berücksichtigung des Radverkehrs und Fußgängerverkehrs.
- Verbessern der Erfassung von Verkehrsströmen.

3.5.2.9 Verbessern der Ausnutzung der Freigabezeit

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen auf eine Erhöhung des Fahrzeugabflusses während der Freigabezeit ab. Dies kann unter anderem erreicht werden

- durch eine gleichmäßige Verteilung und Verdichtung des Zuflusses, um das Auftreten von größeren Zeitlücken zu vermeiden, und
- durch eine Verringerung von Störeinflüssen im Abfluss, um die Abflussgeschwindigkeit zu erhöhen.

Die Strategien dienen zunächst der Verbesserung des Verkehrsablaufs. Durch die Minderung von Staus und erforderlichen Haltevorgängen tragen sie mittelbar zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit bei.

Maßnahmentypen

Zur Verbesserung der Ausnutzung der Freigabezeit kommen Parameteranpassungen, Logikanpassungen, Hardwareanpassungen und bauliche Maßnah-

men in Frage. Der Schwerpunkt liegt bei baulichen Maßnahmen.

Strategien

- Erhöhen der Sättigungsverkehrsstärke.
- Verringern von Beeinträchtigungen des Zuflusses durch Störungen in der Zulaufstrecke,
- Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden und rechts abbiegenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.
- Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden und links abbiegenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.
- Verringern der Beeinträchtigungen durch störende Verkehrsvorgänge im Umfeld des Knotenpunkts.

3.5.2.10 Verbessern der Koordinierung mit benachbarten Knotenpunkten

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, die Freigabezeiten mit den benachbarten Knotenpunkten so abzustimmen, dass beim Befahren mehrerer Knotenpunkte in Folge eine möglichst geringe Anzahl an Halten erforderlich wird. Dies kann unter anderem erreicht werden durch

- die Verbesserung der Geschlossenheit von Fahrzeugpulk im Zufluss,
- die Gewährleistung eines ungehinderten Zuflusses des Pulkanfangs auf eine freigegebene und geräumte Zufahrt und
- die Vermeidung von Freigabezeitabbrüchen während des laufenden Pulkabflusses.

Die Strategien dienen zunächst der Verbesserung des Verkehrsablaufs. Durch die Minderung von erforderlichen Haltevorgängen wird das Gefährdungspotenzial verringert, sodass mittelbar zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit beigetragen wird.

Maßnahmentypen

Die Bandbreite der in Frage kommenden Maßnahmen zur Verbesserung der Koordinierung reicht von übergeordneten strategischen Festlegungen über bauliche Maßnahmen bis hin zu Logik- und Parameteranpassungen.

Strategien

- Verbessern der Abstimmung der Signalisierung mit benachbarten Knotenpunkten.
- Verbessern des Pulkzusammenhalts in der Zulaufstrecke.
- Vermeiden der Beeinträchtigung durch Rückstau oder wartende Abbieger.
- Verbessern der Abstimmung des Freigabezeitbeginns an die Fahrzeugankunft.
- Anpassen des Freigabezeitendes an die tatsächliche Durchfahrt des Pulkendes.
- Verringern der Möglichkeit störender Eingriffe in die Koordinierung.

3.5.2.11 Erhöhen der Betriebssicherheit

Wirkungen

Strategien dieses Bereichs zielen darauf ab, die dauerhafte Verfügbarkeit der vorgesehenen Anlagenfunktionen sicherzustellen und die negativen Auswirkungen des Ausfalls einzelner Funktionen zu minimieren. Hierzu dienen insbesondere

- Maßnahmen der technischen Ausfallvorsorge und Ausfallsicherung und
- die Bereitstellung geeigneter Rückfallebenen für die Verkehrssteuerung.

Die Strategien tragen mittelbar zur Verbesserung des Verkehrsablaufs und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei, indem außergewöhnliche Betriebszustände mit einer nicht vollständigen Funktionalität der Anlage vermieden werden.

Maßnahmentypen

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit tragen Wartungsmaßnahmen, aber auch Parameteranpassungen, Logikanpassungen und Hardwareanpassungen bei.

Strategien

- Verringern der Ausfallhäufigkeit von Systemelementen.
- Erhöhen der Robustheit der Verkehrssteuerung gegenüber Systemelementausfällen.

3.5.3 Identifikation geeigneter Maßnahmen

3.5.3.1 Überblick

Die Identifikation und Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung nimmt ihren Ausgang bei der Qualitätsbewertung und der Feststellung des Handlungsbedarfs einschließlich der Beschreibung der Problemlage mit Hilfe der in Abschnitt 3.4.2 beschriebenen Aussagen zu Produktmängeln und Prozessmängeln. Daran schließen sich die in Bild 13 dargestellten und in den folgenden Abschnitten näher erläuterten Schritte an.

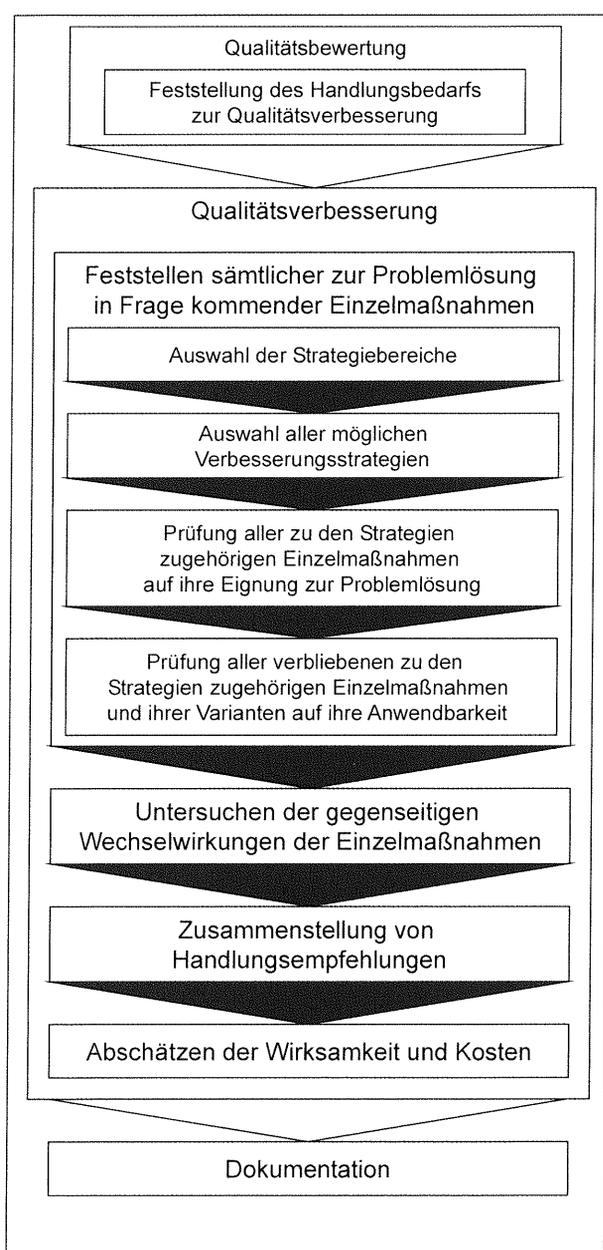


Bild 13: Schritte der Qualitätsverbesserung

3.5.3.2 Feststellen der in Frage kommenden Einzelmaßnahmen

Die Feststellung der in Frage kommenden Einzelmaßnahmen ist in die in Bild 13 ebenfalls dargestellten Einzelschritte nochmals untergliedert. Das Durchlaufen dieser vier Schritte kann generell mit Hilfe von herkömmlichen Checklisten und Fragenkatalogen erfolgen. Aufgrund der Vielzahl möglicher Einzelmaßnahmen und zu prüfender Auswahlkriterien, Einsatzbedingungen und Anwendungsvoraussetzungen erweist sich allerdings die Unterstützung durch ein geeignetes IT-basiertes Hilfsmittel des Wissensmanagements als zweckmäßig (vgl. Abschnitt 3.5.7). Bild 14 stellt die Identifikation von Einzelmaßnahmen beispielhaft in Form eines Ablaufdiagramms dar.

Auswahl der Strategiebereiche

Die Auswahl der in Abschnitt 3.5.2 beschriebenen Strategiebereiche liefert eine erste Handlungsorientierung. Welche Strategiebereiche bei den einzelnen Problemlagen in Frage kommen, ist der Anlage 15 zu entnehmen.

Auswahl aller möglichen Verbesserungsstrategien

In der nächsten Konkretisierungsstufe werden innerhalb der Strategiebereiche alle in Frage kommenden Verbesserungsstrategien benannt. Zu ihrer Identifikation können erste Bedingungen formuliert werden, die zu überprüfen sind. Die Verknüpfung zwischen Problemlagen und Verbesserungsstrategien ist in Anlage 15 dargestellt.

Prüfung aller zugehörigen Einzelmaßnahmen auf ihre Eignung zur Problemlösung

Sämtliche Einzelmaßnahmen, die den ausgewählten Strategien zugeordnet sind, werden auf ihre Eignung zur Behebung der Problemursachen hin überprüft. Hierzu sind in der Regel weitere Informationen über die vorliegende Problemlage erforderlich, die durch Prüffragen erfasst werden. Die Prüffragen sind zusammen mit den Einzelmaßnahmen hinterlegt und werden in Abhängigkeit von der Mängelsituation formuliert. Die Prüffragen der Maßnahmeignung sind der Anlage 15 zu entnehmen.

Prüfung aller verbliebenen Einzelmaßnahmen auf ihre Anwendbarkeit

Die verbliebenen, zur Problemlösung geeigneten Einzelmaßnahmen werden abschließend daraufhin

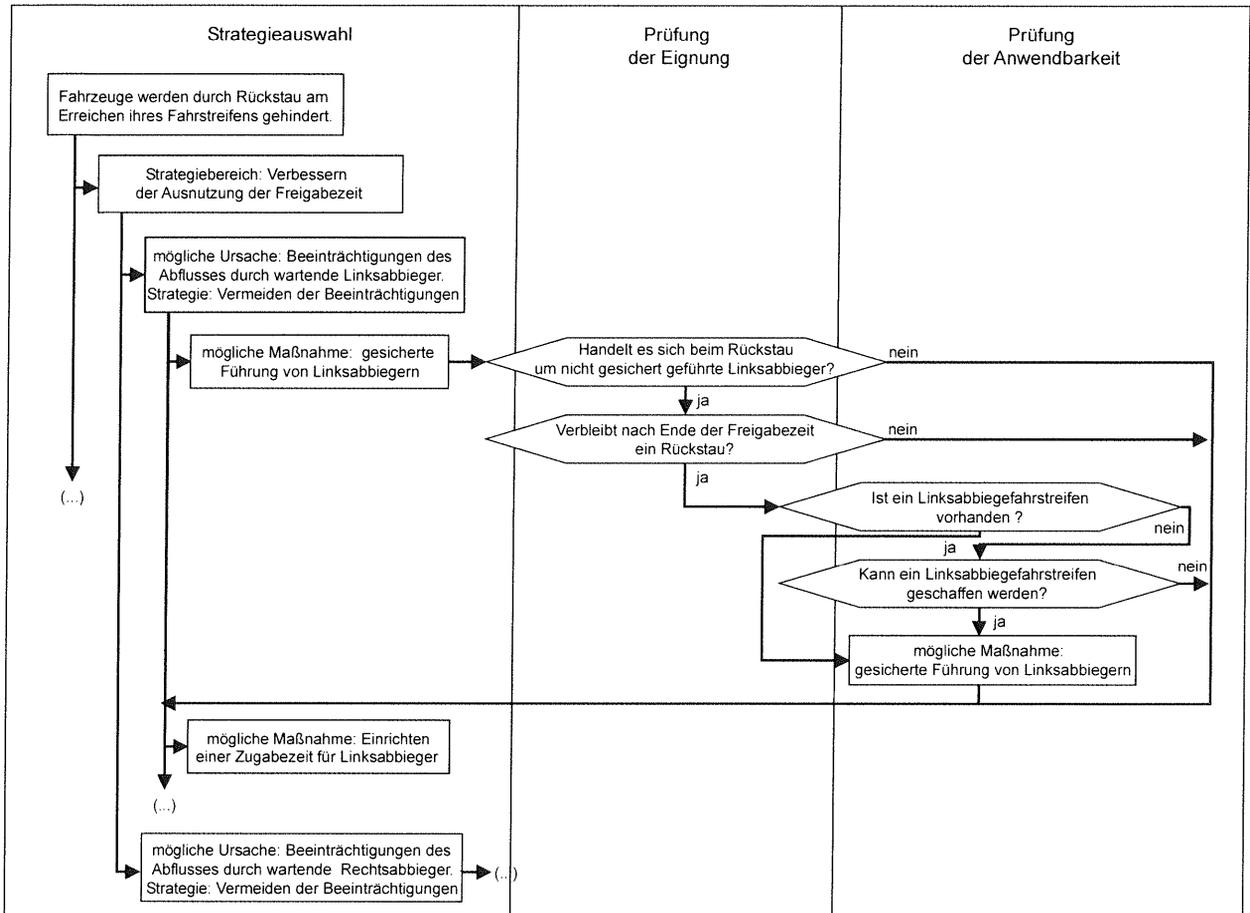


Bild 14: Abgestufte Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Beispiel)

überprüft, ob die notwendigen Voraussetzungen seitens der Systemgestaltung vorliegen, damit sie sinnvoll und sachgerecht eingesetzt werden können. Hierzu sind in der Regel weitere Informationen zur Systemgestaltung erforderlich, die durch Prüfungen erfasst werden. Die Prüfungen der Anwendbarkeit von Maßnahmen sind der Anlage 14 zu entnehmen.

Sämtliche jetzt noch verbliebenen Einzelmaßnahmen sind als grundsätzlich geeignet zur Lösung eines oder mehrerer Teilprobleme qualifiziert.

3.5.3.3 Wirkungsbeziehung zwischen Maßnahmen

Zur Beseitigung einer Problemlage kommen in der Regel mehrere Maßnahmen in Frage. Auch kann das Ergreifen mehrerer Maßnahmen zweckmäßig oder notwendig sein, um eine ausreichende Wirksamkeit zu erzielen. In einigen Fällen ist eine Verknüpfung von Maßnahmen aus technischen und verkehrstechnischen Gründen sogar zwingend erforderlich. Bei bestimmten Problemen kann der re-

sultierende Katalog von Handlungsmöglichkeiten daher sehr umfangreich sein.

Bei den in der Praxis auftretenden komplexeren Problemlagen mit unterschiedlichen Mängeln ist außerdem zu berücksichtigen, dass Maßnahmen, die zur Behebung verschiedener Problemlagen beitragen sollen, sich gegenseitig in ihrer Wirkung aufheben oder zusammen sogar zu einer Verschlechterung der Situation führen können. Zugleich können sich auf diesem Wege aber auch Synergien ergeben.

Daher ist ein weiterer Schritt erforderlich, um die Wirkungsbeziehungen zwischen den einzelnen Maßnahmen der Vorschlagsliste erkennen und aufzeigen zu können, damit dem Bearbeiter für die abschließende Zusammenstellung eines abgestimmten Handlungsvorschlags die erforderlichen Entscheidungsgrundlagen geliefert werden können.

Auf der Grundlage einer bestehenden Wirkungsbeziehung können zwei jeweils geeignete Einzelmaßnahmen eine der folgenden Verknüpfungseigenschaften aufweisen:

- Die gemeinsame Anwendung der Maßnahmen ist ausgeschlossen: Die Maßnahmen können nicht in einen Vorschlag integriert werden, da sie sich aus verkehrstechnischen oder technischen Gründen zwingend ausschließen.
- Die gemeinsame Anwendung der Maßnahmen ist nicht sinnvoll: Die Maßnahmen sollten nicht gemeinsam in einen Vorschlag integriert werden, da sie entgegengesetzte Wirkungen auf die Systemeigenschaften der Lichtsignalanlage entfalten.
- Die gemeinsame Anwendung der Maßnahmen ist sinnvoll: Die Maßnahmen sind geeignet, sich in ihrer Gesamtwirkung zur Beseitigung eines Mangels zu verstärken. Es sollte daher ihre gemeinsame Umsetzung erwogen werden.
- Die gemeinsame Anwendung der Maßnahmen ist erforderlich: Die Umsetzung einer der beiden Maßnahmen erfordert aus zwingenden verkehrstechnischen oder technischen Gründen auch die Umsetzung der anderen Maßnahme (Folgemaßnahme oder Komplementärmaßnahme).

Trifft für ein Maßnahmenpaar keine der genannten Verknüpfungsbedingungen zu, so besteht keine beeinträchtigende oder verstärkende Wechselwirkung. Ein solches Maßnahmenpaar bietet eine unabhängige Alternative; die Entscheidung darüber, welche Maßnahme ausgewählt wird oder ob beide Maßnahmen angewandt werden sollen, muss im Einzelfall und auf der Grundlage der Abschätzung der Wirkungen und der Ermittlung der Kosten erfolgen.

Die Verknüpfungseigenschaften zwischen den einzelnen Detailmaßnahmen sind in einer Verknüpfungsmatrix abgelegt.

Der nach diesem Schritt verbliebene Katalog einzelner oder verknüpfter Maßnahmen stellt den Handlungsrahmen dar, welcher der Auswahl eines Handlungsvorschlags zugrunde liegt.

3.5.3.4 Zusammenstellung von Handlungsempfehlungen

Die resultierenden Handlungsempfehlungen bestehen in der Regel aus einer Auswahl der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen, die unter den Gesichtspunkten einer hohen Effektivität bei der Beseitigung der Mängel und einer hohen Effizienz in Bezug auf die eingesetzten Ressourcen individuell zusammengestellt werden. Diese Auswahl wird in enger Abstimmung und Rückkopplung mit der in

den beiden folgenden Abschnitten dargestellten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgen.

Um einer Problemlage gerecht werden zu können, die ein schnelles Handeln erforderlich macht, wird es in den meisten Fällen sinnvoll sein, zwischen Sofortmaßnahmen und langfristigen Sanierungsmaßnahmen zu unterscheiden:

- Sofortmaßnahmen können mit relativ geringem Mitteleinsatz zeitnah umgesetzt werden, um schnell erste Verbesserungen zu erreichen. Hierzu gehören aber auch aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht unaufschiebbare Maßnahmen, die zur Behebung eines gravierenden Mangels geeignet sind und daher dringend umgesetzt werden müssen.
- Sanierungsmaßnahmen benötigen wegen ihres Umfangs unter Umständen eine längere Planungsphase und sind mit erheblichem Mitteleinsatz verbunden. Diese Maßnahmen müssen daher in eine längerfristige Investitionsplanung eingestellt werden. Die volle Wirksamkeit der Behebung von Problemursachen wird in der Regel erst mit den Sanierungsmaßnahmen erreicht.

3.5.4 Abschätzung der Wirkung von Verbesserungsmaßnahmen

3.5.4.1 Allgemeines

Um eine Aussage über die Veränderungen der Produktqualität infolge einer oder mehrerer Verbesserungsmaßnahmen zu treffen, stehen zwei grundsätzliche Ansätze zur Verfügung:

- Die Wirkungsabschätzung a priori: Diese dient vor einer zu ergreifenden Maßnahme ihrer Rechtfertigung, indem eine erwartete Wirkung begründet dargelegt und qualitativ oder quantitativ beschrieben wird.
- Die Wirkungsmessung mit Vorher-Nachher-Untersuchung: Diese kann herangezogen werden, um nach der Umsetzung von Maßnahmen die Wirksamkeit zu überprüfen.

In der Regel ist eine Schätzung a priori erforderlich, da nur in Ausnahmefällen und bei Maßnahmen mit geringem Aufwand die Möglichkeit besteht, diese an Knotenpunkten vor der Entscheidung zu ihrer endgültigen Umsetzung hinsichtlich ihrer Wirkungen zu testen. Ein solcher Feldversuch führt zudem

bestenfalls im Qualitätsfeld der Güte des Verkehrsablaufs zu zeitnah nachweisbaren Wirkungen.

In beiden Verfahren werden Qualitätskenngrößen eines Systemzustands vor der Umsetzung einer Maßnahme mit dem Zustand nach der Umsetzung verglichen. Die Wirkung einer Maßnahme oder eines Maßnahmenbündels kann somit durch eine positiv gerichtete Veränderung einer oder mehrerer Qualitätskenngrößen ausgedrückt werden.

3.5.4.2 Wirkungsabschätzung ex ante

Die Abschätzung der Wirkung von Maßnahmen auf Qualitätskenngrößen ist mit Unsicherheiten behaftet, die darauf zurückzuführen sind, dass identische Maßnahmen bei unterschiedlichen Voraussetzungen und Einsatzbedingungen unterschiedlich wirken können. Zudem kann der tatsächliche Wirkungseintritt unvorhersehbaren Einflüssen unterworfen sein. Dennoch ist es erforderlich und zweckmäßig, mit einer Wirkungsabschätzung entscheidungsrelevante Hinweise auf den zu erwartenden Nutzen von Maßnahmen zu erlangen.

Um Aussagen über die Wirksamkeit von Maßnahmen zu erhalten, gibt es unterschiedliche Ansätze mit jeweils spezifischer Aussagetiefe sowie zugehörigem Erhebungs- und Darstellungsaufwand:

- Nicht quantifizierte Feststellung, dass eine Maßnahme oder ein Bündel von Maßnahmen grundsätzlich geeignet ist, einen Beitrag zur Veränderung einer oder mehrerer Qualitätskenngrößen in einer gewünschten Wirkungsrichtung zu leisten: Damit werden grundsätzlich zweckmäßige Maßnahmen identifiziert. Eine solche Abschätzung liegt der Zusammenstellung und Zuordnung von Maßnahmen gemäß Abschnitt 3.5.1 und Abschnitt 3.5.2 bereits implizit zugrunde.
- Qualitative Abschätzung der Wirkungstiefe einer Maßnahme oder eines Bündels von Maßnahmen auf eine oder mehrere Qualitätskenngrößen: Hierbei wird eine verbale oder relative Zuweisung von Wirkungsattributen, die in einzelnen Fällen auch durch quantitative Informationen gestützt werden können, vorgenommen, um eine Reihung alternativer Maßnahmen vorzunehmen. Eine zusammenfassende Wirkungsaussage kann beim Vorliegen eines geeigneten Bewertungssystems sowie von Gewichtungen getroffen werden. Ein verbreitetes Beispiel für

diesen Ansatz ist die vereinfachte Nutzwertanalyse.

- Quantitative Ermittlung der Wirkungstiefe einer Maßnahme oder eines Bündels von Maßnahmen hinsichtlich einer oder mehrerer quantitativer Qualitätskenngrößen: Hiermit ist es möglich, eine erreichte Zielerfüllung in Bezug auf eine Zielgröße anzugeben. Durch eine Linearkombination einzelner Kenngrößen kann eine zusammenfassende Wirkungsaussage gemacht werden. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist die Ermittlung eines Performance Index (PI) für Lichtsignalsteuerungen in Netzen als Kombination aus Kenngrößen der Wartezeit unterschiedlicher Verkehrsteilnehmergruppen, der Anzahl von Haltevorgängen und weiterer Kenngrößen (ROBERTSON, 1969). Eine solche Linearkombination eignet sich grundsätzlich als Optimierungszielgröße bei der Untersuchung unterschiedlicher Maßnahmenvarianten.

Der letztgenannte Ansatz liegt den gängigen Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung zugrunde. Hierbei werden geeignete Qualitätskenngrößen monetarisiert, und der so beschriebene Nutzen von Maßnahmen wird dem Aufwand gegenübergestellt.

Für die beabsichtigte Gegenüberstellung mit den Kosten ist es grundsätzlich erforderlich, quantifizierte Aussagen über die zu erwartende Maßnahmenwirkung zu treffen. Bei der Wahl der Vorgehensweise zur Ermittlung dieser Kenngrößen ist – analog zur Qualitätsbewertung – zwischen den Qualitätsfeldern der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs zu unterscheiden.

Verkehrssicherheit

Der Nutzen höherer Verkehrssicherheit lässt sich in Form vermiedener Unfälle im Vergleich zwischen einem Planungsfall mit umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen und dem Bezugszustand ohne Verbesserungsmaßnahmen ausdrücken. Es wird also unterstellt, dass durch wirksame Maßnahmen die Rahmenbedingungen der Verkehrsabläufe so geändert werden, dass das Unfallrisiko verringert wird und infolge dessen weniger Unfälle zu erwarten sind. Zur zusammenfassenden Betrachtung von Unfalldichte und Unfallschwere eignet sich hierbei die Kenngröße der pauschalen Unfallkosten gemäß Tabelle 16, zumal sie direkt den Maßnahmenkosten bei einer volkswirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Rechnung gegenübergestellt werden kann.

Das Maß, in dem das Niveau der Verkehrssicherheit bei gegebener Problemlage erhöht werden kann, lässt sich in Form eines Reduktionspotenzials von Unfallkosten ausdrücken. Dieses kann jedoch nicht a priori ermittelt werden, da aufgrund der hohen Komplexität von Einflussgrößen und der daher vielfach nicht klar zu isolierenden Wirkungspfade kein geschlossenes analytisches und auch kein allgemein gültiges empirisches³¹ Verfahren zur Verfügung steht. Es muss daher auf überschlägige Erfahrungswerte zurückgegriffen werden.

Bezogen auf die pauschalen Unfallkosten hat das Institut für Straßenverkehr des GDV (2002) das Reduktionspotenzial in Abhängigkeit von den Unfalltypen bei der Anwendung geeigneter Maßnahmen wie in Tabelle 24 angegeben beziffert.

Die genannten Reduktionspotenziale gelten zunächst bei der Anwendung auf das gesamte Unfallgeschehen des entsprechenden Unfalltyps. In Voruntersuchungen hat sich gezeigt, dass gerade an innerörtlichen Knotenpunkten mit erheblichem und häufig diffusem Unfallgeschehen mehrere Unfallhäufungen desselben Unfalltyps (einstellige Kennziffer) mit unterschiedlichem Ortsbezug (Zufahrt, Fahrtrichtung) auftreten können. Da sich bestimmte Maßnahmen nicht in gleichem Umfang positiv auf alle Unfallkollektive auswirken, erweist es sich als sinnvoll, die Reduktionspotenziale gezielt auf diejenigen nach Abschnitt 3.4.1.3 ermittelten Unfallkollektive anzuwenden, für die durch den Handlungsvorschlag eine wesentliche Verbesserung der Situation erwartet wird.

Die gegenüber dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2, hier stärker ausgeprägte Bezugnahme auf bestimmte Unfallkollektive führt dazu, dass der Gesamtnutzen von Maßnahmen eher unterschätzt wird, die Verlässlichkeit eines so ermittelten positiven Nutzen-Kosten-Verhältnis allerdings steigt.

In bestimmten Fällen kann es erforderlich sein, ein geringeres Reduktionspotenzial anzunehmen, um

Unfalltyp	Reduktionspotenzial
Unfalltyp 2 – Abbiege-Unfälle	50 %
Unfalltyp 3 – Einbiegen-Kreuzen-Unfälle	80 %
Unfalltyp 4 – Überschreiten-Unfälle	50 %
Unfalltyp 6 – Unfälle im Längsverkehr ³²	20 %

Tab. 24: Reduktionspotenzial von Unfällen nach Unfalltypen, Quelle: ISK/GDV, 2002

eine Überschätzung der Wirkungen zu vermeiden. Grundlage hierfür können Erfahrungen mit Maßnahmen bei ähnlicher Problemlage sein, bei denen ein abweichender Unfallrückgang beobachtet wurde.

Wenn an einer Lichtsignalanlage unterschiedliche Problemlagen festgestellt wurden und sich die Teile des Handlungsvorschlags diesen klar zuordnen lassen, sollten für diese jeweils gesonderte Wirkungsabschätzungen vorgenommen werden.

Auf rein vorbeugende Maßnahmen, die ergriffen werden, ohne dass eine Unfallhäufung aufgetreten ist, kann das Verfahren nicht angewendet werden. Hierzu fehlen Mess- und Bewertungsvorschriften, mit deren Hilfe ein bestehendes Risiko erfasst und der Nutzen einer Risikominderung systematisch ermittelt und monetarisiert werden könnte. Über die im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht festgelegten und bindenden Grundsätze hinaus lässt das Richtlinienwerk im Detail einen Abwägungsspielraum für den Maßnahmeneinsatz. Aus den Grundsätzen des Qualitätsmanagements zur Fehlervermeidung und zur ständigen Verbesserung ergibt sich jedoch die Verantwortung, alle bekannt gewordenen Gefährdungspotenziale zu dokumentieren und nach Möglichkeiten ihrer Verringerung zu suchen. Maßnahmen, die vornehmlich einem solchen Zweck dienen und sich daher einer Nutzen-Kosten-Gegenüberstellung entziehen, sollten daher dessen ungeachtet mit einem entsprechenden Vermerk im Handlungsvorschlag verbleiben.

Güte des Verkehrsablaufs

Auch zur Bewertung der Veränderungen von Kenngrößen der Güte des Verkehrsablaufs wird ein Pla-

³¹ Das empirische Schätzverfahren der EWS (FGSV 1997, S. 33 ff.) für die Veränderung des Unfallgeschehens in Straßennetzen, bei dem Unfallkenngrößen einer „durchschnittlich sicheren Straßengestaltung“ als Vergleichswert herangezogen werden können, kann explizit nicht auf einzelne Unfallstellen und Knotenpunkte übertragen werden.

³² Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) werden aufgrund der geringeren Unfallschwere üblicherweise vernachlässigt, können aber – sofern ein plausibler Zusammenhang mit den örtlichen Randbedingungen anzunehmen ist – im Einzelfall ebenfalls mit einem Reduktionspotenzial von ca. 50 % der Unfallkosten berücksichtigt werden. Da im hier vorgeschlagenen Verfahren die Reduktionspotenziale nicht auf das gesamte, möglicherweise indifferente Unfallgeschehen bezogen werden, sondern gezielt auf bestimmte Unfallkollektive, kann der Ansatz des genannten Reduktionspotenzials gerechtfertigt werden.

nungsfall mit Umsetzung von Maßnahmen dem Bezugsfall ohne Maßnahmen gegenübergestellt.

Es gibt für die Ermittlung der Qualitätskenngrößen des Planungsfalls mehrere Verfahrensweisen:

- Analytische oder empirische Berechnungsverfahren wie z. B. nach HBS: Hierbei können Qualitätskenngrößen wie die mittlere Wartezeit, Staulängen und die Anzahl von Haltevorgängen ermittelt werden. Um eine Aussage über das Maß der Veränderungen zu treffen, müssen dieselben Berechnungsverfahren sowohl auf den Planfall als auch den Bezugszustand angewandt werden. Ein Nachteil ist, dass dieses Verfahren nur bei Festzeitsignalprogrammen angewendet werden kann, ein entsprechendes Verfahren für verkehrsabhängige Steuerungsverfahren liegt nicht vor.
- Simulationen: Hierbei können mikroskopische und mesoskopische Verkehrsmodelle verwendet werden, die den Verkehrsablauf am Knotenpunkt abbilden und die gesuchten Qualitätskenngrößen direkt ermitteln. Dabei können die Wirkungen der Veränderung von Parametern unter sonst gleich bleibenden Bedingungen ermittelt werden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass zur Kalibrierung des Modells Verkehrsmessungen notwendig sind und auch für die Modellierung der Verkehrssteuerung einiger Aufwand erforderlich ist. Die Anwendung der Simulation wird daher auf besondere Fälle beschränkt bleiben, in denen weit reichende Maßnahmen eine detaillierte Planung erforderlich machen, die über das Verfahren zum Qualitätsmanagement hinaus geht.
- Messversuche mit Hilfe temporär eingesetzter provisorischer Maßnahmen: Sofern die vorgeschlagene Maßnahme für eine provisorische Umsetzung mit einfachen Hilfsmitteln geeignet ist, können die Änderungen versuchsweise vorgenommen und über einen geeigneten Zeitraum beobachtet werden. Denkbar ist dies beispielsweise bei Parameteränderungen der Lichtsignalsteuerung, einfachen ordnungsrechtlichen Maßnahmen wie der versuchsweisen Anordnung eines Haltverbots oder einfacher baulicher Änderungen wie der Wegnahme oder Umwidmung von Fahrstreifen. Die Auswertung der Ergebnisse eines solchen Feldversuchs kann belastbare Informationen über die zu erwartenden Maßnahmenwirkungen liefern. Nachteile sind, dass ein Feldversuch nicht für den kompletten

Handlungsspielraum in Frage kommt und dass er für die Durchführung im Rahmen einer turnusmäßigen Qualitätsprüfung in der Regel immer noch zu aufwändig ist. Sein Einsatz bleibt daher – ebenso wie die Simulation – auf besondere Fälle und weiter gehende Untersuchungen beschränkt.

Alle genannten Verfahren stellen hohe Anforderungen an die Qualität von Eingangsdaten, die in den meisten Fällen nicht im gewünschten Maß zur Verfügung stehen. Ungeachtet dessen, dass solche Verfahren in besonderen Einzelfällen bei gegebener oder zu schaffender Datenqualität eingesetzt werden können, erweist es sich für den allgemeinen Anwendungsfall als zweckmäßig, die Wirkungsabschätzung über die Darstellung des erreichbaren Nutzens durch die Systemertüchtigung vorzunehmen. Dabei wird für den Planfall das Ziel definiert, dass eine Mindestqualitätsanforderung nach dem Einsatz geeigneter Maßnahmen wieder erfüllt wird. Diese Mindestqualitätsanforderung kann im Regelfall als „stabiler Verkehrszustand“ im Sinne der Qualitätsstufe C des HBS (S. 2–12) angesehen werden. Bei einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage bedeutet dies bezogen auf den motorisierten Verkehr, dass „nahezu alle während der Sperrzeit ankommenden Verkehrsteilnehmer [...] in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren [können, d. Verf.]“ und damit das Kapazitätskriterium erfüllt ist. Um die Wirkung in Form verringerter Zeitverluste grob abzuschätzen, können die bei der Qualitätsanalyse festgestellten mittleren Wartezeiten mit dem Grenzwert zur geforderten Qualitätsstufe C (≤ 50 s) verglichen werden.

Die überschlägige Wirkungsabschätzung erfordert die folgenden Eingangsgrößen, die aus den Grundinformationen entnommen, mit Hilfe der Prozessdatenanalyse erhoben oder im Rahmen der Vor-Ort-Beobachtung abgeschätzt werden müssen:

- die Anzahl der betroffenen Fahrzeuge oder Fußgänger,
- die Zeitdauer, innerhalb derer die Qualitätsstufe C nicht erreicht wird, und
- die Differenz der Zeitverluste zwischen dem überlasteten Zustand und dem Zielzustand mit der Qualitätsstufe C.

Beispiele für eine solche Schätzung werden im Rahmen der beispielhaften Praxisanwendung an den Knotenpunkten erprobt und dokumentiert.

Treten die gewünschten Maßnahmenwirkungen ein, so sind die ermittelten vermiedenen Zeitverluste als Mindestwerte anzusehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den betroffenen Strömen eine bessere Qualitätsstufe als C erreicht worden sein kann und dass auch andere, nicht überlastete Ströme von den Verbesserungsmaßnahmen profitieren haben können. Dies wirkt sich weiter begünstigend auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis aus. Es ist allerdings auch zu beobachten, ob die Maßnahmen bei anderen Strömen zu erheblichen Qualitätsminderungen führen, welche die positive Gesamtbilanz verschlechtern.

Zur Monetarisierung der Wirkungen der Qualitätsverbesserung werden die vermeidbaren Zeitverluste mit Hilfe geeigneter Kostensätze zu Zeitverlustkosten umgerechnet. Für Nutzen-Kosten-Ermittlungen ist in Deutschland die Verwendung der in den EWS (FGSV 1997) niedergelegten Kostensätze vorgesehen; in der Literatur finden sich jedoch auch abweichende, häufig deutlich höhere Kostensätze (vgl. FRANK und SUMPFF 1994; KELLER et al. 1998).

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass der weitaus größte Anteil der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten von Überlastungen auf die Zeitverlustkosten entfällt (MAENNING et al. 1997, KELLER et al. 1998). Die weiteren in den EWS (FGSV 1997) genannten Kostenanteile erreichen in der Regel weniger als ein Zehntel der Summe der Zeitverlustkosten. Es ist ersichtlich, dass sich deren absolute Höhe innerhalb des Genauigkeitsbereichs der Zeitverlustkostenschätzung bewegt und diese daher vernachlässigt werden kann.

3.5.5 Wirkungsmessung mit Vorher-Nachher-Untersuchung

Die Wirkungsmessung nach der Umsetzung von Maßnahmen ist neben den analytischen und systemtheoretischen Überlegungen die wesentliche Quelle für den Kenntnisstand über die Eignung bestimmter Maßnahmen zur Behebung von Problemlagen. Explizit durchgeführt oder implizit beobachtet repräsentieren sie den Erfahrungsschatz bei der Anwendung von Verbesserungsmaßnahmen.

Vorher-Nachher-Untersuchungen nehmen eine besondere Bedeutung für die ständige Überwachung und Pflege des Wissensbestands über Verbesserungsmöglichkeiten ein. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse können dazu führen, dass Strategien und Einzelmaßnahmen in den Katalog neu eingeführt, angepasst oder aus ihm gelöscht werden

müssen. Um also die Verfahrensweise und die Hilfsmittel zum Qualitätsmanagement selbst in ihrer Qualität zu sichern, müssen die Maßnahmenwirkungen regelmäßig im Nachhinein beobachtet und die Ergebnisse in den regelbasierten Wissensbestand eingepflegt werden. Bei einer regelmäßigen Anwendung der Instrumente des Qualitätsmanagements können diese Nachuntersuchungen mit den nächsten turnusmäßig anstehenden Qualitätsprüfungen verbunden werden.

3.5.6 Ermittlung der Maßnahmenkosten

Als Kosten von Maßnahmen definiert die EWS (FGSV 1997) sämtliche durch sie verursachten zusätzlichen Kosten der Baulast. Dabei wird unterschieden zwischen Investitionskosten und laufenden Kosten.

Bezogen auf das vorliegende Handlungsfeld umfassen Investitionskosten alle Kosten, die bei der Änderung von Systemelementen der Lichtsignalanlage anfallen. Die der Maßnahme zuzurechnenden laufenden Kosten errechnen sich aus der Differenz zwischen den zu erwartenden Betriebs- und Wartungskosten im Planungsfall und im Vergleichsfall.

Um diese Kosten in einen zeitlichen Bezug zu den Wirkungen stellen zu können, müssen sie über einen Abschreibungszeitraum verzinst werden und zu jährlichen Kosten umgerechnet werden.

Die systemorientierte Aufbereitung der denkbaren Einzelmaßnahmen erlaubt für das vorliegende Verfahren die Angabe pauschaler mittlerer Maßnahmenkosten, sodass sich die Kosten für den kompletten Handlungsvorschlag als Summe der Kosten über alle Einzelmaßnahmen ergeben. Bei komplexen und außergewöhnlichen Maßnahmen sowie bei besonderen Voraussetzungen am Knotenpunkt können weitere konkretisierende Berechnungen erforderlich sein.

Die überschlägigen Kostenansätze für die Einzelmaßnahmen beruhen auf eigenen Ermittlungen zum gegenwärtigen Preisstand. Sie sind in der Liste der Einzelmaßnahmen hinterlegt und können angepasst werden.

3.5.7 Wissensmanagement

3.5.7.1 Allgemeines

Als geeignetes Hilfsmittel für das erforderliche Wissensmanagement wird ein regelbasiertes Expertensystem aufgebaut. Dieses besteht im Kern aus

einer Wissensbasis, welche die Informationen zur Verknüpfung zwischen Mängeln von Lichtsignalanlagen und Maßnahmentypen zur Qualitätsverbesserung enthält, sowie aus einer Inferenzkomponente, die zur Auswertung des gespeicherten Wissens dient, und einer Dialogkomponente, die für die Kommunikation mit dem Anwender sorgt.³³

Die Nutzung einer Wissensbasis bietet für den vorliegenden Anwendungsfall die folgenden Vorteile:

- Das in der Literatur vorhandene und der praktischen Anwendung zugrunde liegende Wissen über die Wirkungsbeziehungen zwischen der Systemgestaltung der Lichtsignalanlage einerseits sowie den Kenngrößen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs andererseits ist sehr umfangreich. Die Wissensbasis bietet die Möglichkeit, dieses Wissen geeignet zu strukturieren und nachvollziehbar darzustellen.
- Sie ermöglicht eine anwenderunabhängige Nutzung dieses Wissens, unabhängig von persönlichem Kenntnisstand, Erfahrungswissen und Gewohnheitshandeln. Das Finden von „ungewöhnlichen“, bislang vielleicht nicht in die Abwägung einbezogenen Lösungen wird dadurch vereinfacht.
- Neue Erkenntnisse können dank der einfachen logischen Struktur einer Wissensbasis mit geringem Aufwand eingepflegt werden; ebenso können gegebenenfalls Informationen, die aufgrund der technischen Weiterentwicklung als veraltet anzusehen sind, eliminiert werden.
- Die Wissensbasis eignet sich aufgrund ihrer Datenstruktur für die Kommunikation mit automatisierten Datenbanksystemen zur Erfassung und Analyse von Daten.
- Durch die einfache Struktur der Wissensbasis lässt sich die geforderte Transparenz gegenüber dem Anwender gewährleisten, da sämtliche sachlogischen Schlüsse nachvollzogen werden können. Der Aufgabenträger kann somit seine Letztverantwortung für die auszuwählenden Maßnahmen wahrnehmen, das Hilfsmittel arbeitet nicht als „Black Box“.

3.5.7.2 Aufbau

Der strukturelle Aufbau der Wissensbasis stellt eine Abbildung der in Abschnitt 3.5.3 beschriebenen Vorgehensweise bei der Identifikation von Maßnahmen dar. Sie besteht in ihrer vereinfachten Grundstruktur aus einer zweidimensionalen Matrix, in der Verknüpfungen zwischen einer Liste möglicher Mängel in der Systemgestaltung der Lichtsignalanlage und einer Liste möglicher Maßnahmentypen in Form von booleschen Informationen (Ja/Nein) niedergelegt sind. Diese Matrix ist dreifach geschichtet:

- Die Grundschrift enthält die Aussage zur grundsätzlichen Eignung einer Verbesserungsstrategie zur Mangelbehebung.
- Die erste Filterschicht enthält Kriterien, mit denen jede den identifizierten Verbesserungsstrategien zugeordnete Einzelmaßnahme daraufhin geprüft wird, ob sie bei näherer Betrachtung zur Mangelbehebung geeignet ist.
- Die zweite Filterschicht enthält Kriterien, mit denen die erforderlichen Voraussetzungen der örtlichen und technischen Gegebenheiten für den Einsatz der verbliebenen Einzelmaßnahmen geprüft werden, um deren Anwendbarkeit zu bestätigen.

Aus den beiden Filterschichten resultiert weiterer Informationsbedarf, der aus den Datengruppen mit Hilfe der Auswerteroutinen befriedigt werden kann.

Neben diesen Strukturen enthält die Wissensbasis weitere Informationsspeicher:

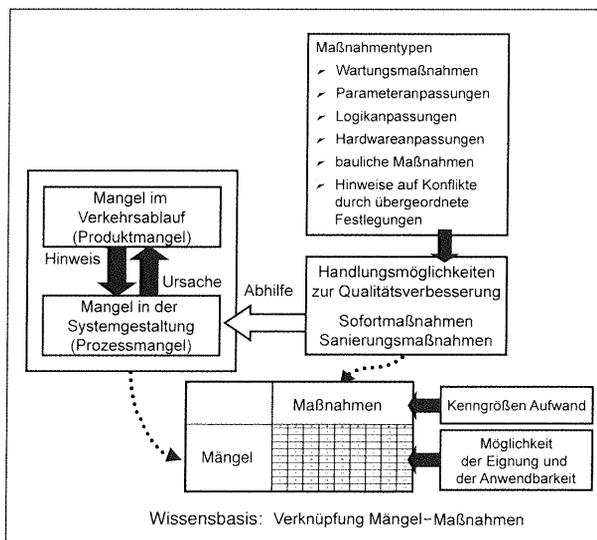


Bild 15: Aufbau der Wissensbasis

³³ Zu einem vollständigen Expertensystem gehört nach PUPPE (1991) und anderen Autoren noch eine Wissensakquisitionskomponente, die in der vorliegenden Version noch nicht enthalten ist. Siehe hierzu Abschnitt 5.4.2.

- In einer Verknüpfungs-Matrix sind die unterschiedlichen Wirkungsbeziehungen zwischen den Einzelmaßnahmen, wie in Abschnitt 3.5.3.3 beschrieben, abgelegt.
- In einer Datenbank sind die Informationen zu den Kosten der einzelnen Maßnahmen hinterlegt.

Einen Überblick über den Aufbau der Wissensbasis gibt Bild 15.

3.5.7.3 Einsatz der Wissensbasis

Die Auswahl von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung findet in engem Zusammenwirken und teilweise zeitgleich mit der Datenerfassung und Datenanalyse statt. Durch die offene Kommunikation zwischen den Hilfsmitteln, die diese Verfahrens-

schritte unterstützen, erscheinen sie für den Anwender des Verfahrens nicht mehr getrennt. Grund hierfür ist die Aufwandsoptimierung, weil so erreicht wird, dass die einzelnen Teilschritte der Auswertung von Datengruppen nicht mehrfach durchlaufen werden müssen.

Das enge Zusammenwirken zwischen den einzelnen Verfahrensschritten ist in Bild 16 dargestellt.

Ergebnis der Auswertung mit Hilfe der Wissensbasis ist die Ausgabe einer nach Verbesserungsstrategien geordneten Liste der möglichen Maßnahmen einschließlich der Informationen über den Mangel, welchen die Maßnahme beheben soll, die Wechselwirkungen mit anderen Maßnahmen und die Maßnahmenkosten.

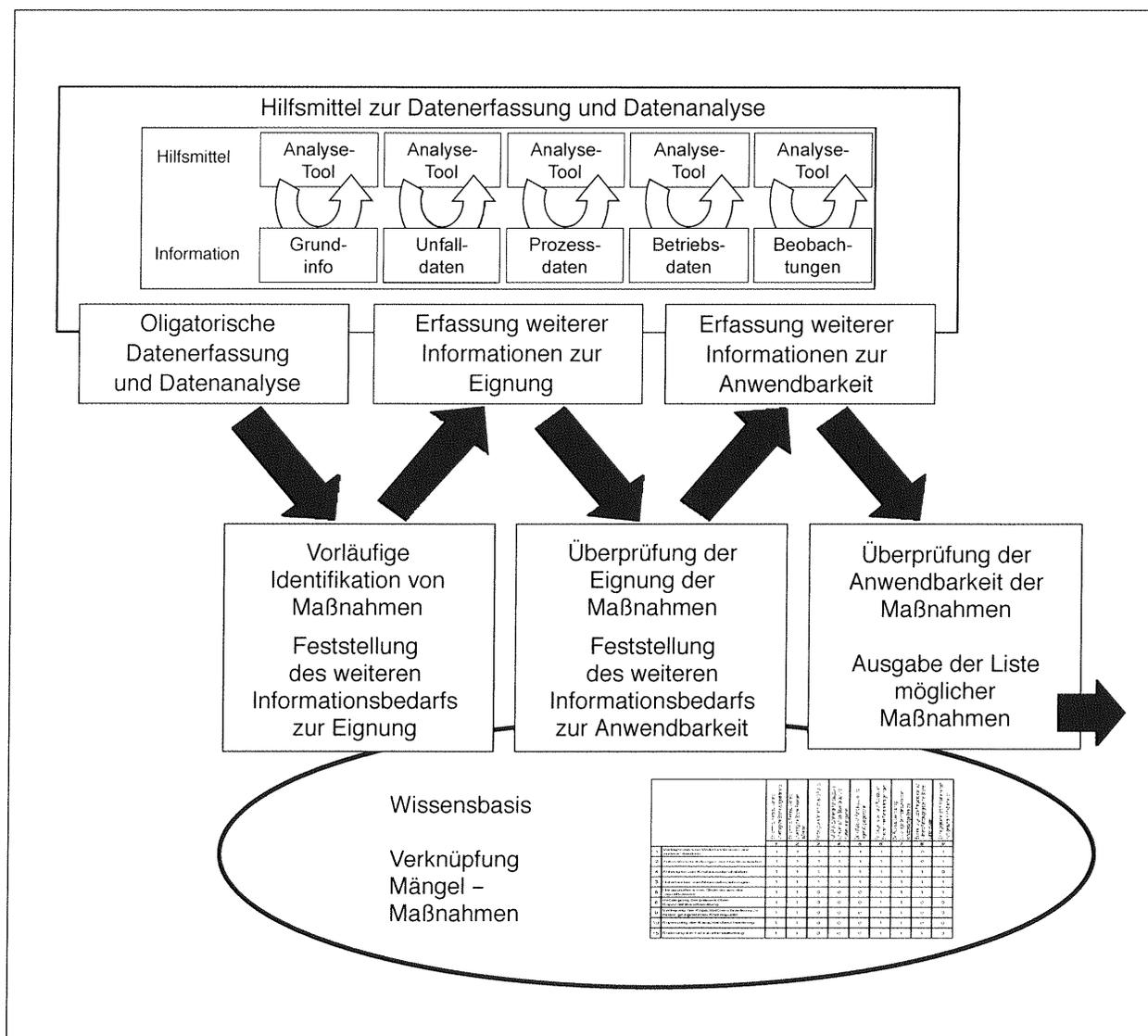


Bild 16: Zusammenwirken zwischen Datenerfassung, Datenanalyse und Maßnahmenauswahl

3.5.7.4 Pflege und Verbesserung der Wissensbasis

Um den Nutzen der Wissensbasis und die Qualität der mit ihrer Hilfe ermittelten Ergebnisse zu sichern, ist es erforderlich, den Wissensbestand regelmäßig zu überprüfen und fortlaufend neue Erkenntnisse einzupflegen. Diese können sich auf folgende Sachverhalte beziehen:

- Neue Maßnahmen, die zur Problemlösung herangezogen werden können. Sie können durch den technischen Fortschritt, die Fortschreibung von Richtlinien oder durch verkehrsrechtliche Änderungen ermöglicht worden sein oder durch neue positive Erkenntnisse zur Wirksamkeit in Betracht kommen.
- Änderungen oder Löschungen von Maßnahmen, über deren mangelnde Wirksamkeit Informationen bekannt werden.
- Ergänzungen oder Änderungen an Einsatzbedingungen oder Anwendungsvoraussetzungen, die sich aus neuen Erkenntnissen oder Erfahrungen ergeben.
- Anpassungen von Kostensätzen, die aufgrund der allgemeinen Preisentwicklung oder anderer besonderer Entwicklungen erforderlich werden.

3.6 Dokumentation

Die Erstellung der Dokumentation schließt die Tätigkeiten des Qualitätsmanagements am Einzelknotenpunkt ab. Sie dient dazu, die Ergebnisse der Tätigkeiten des Qualitätsmanagements anschaulich aufzubereiten und die erforderliche Transparenz für die Fachaufsicht wahrnehmenden Behörden und die interessierte Öffentlichkeit herzustellen.

Die Dokumentation ist aus praktischen Erwägungen, zur Erhöhung der Verständlichkeit und zur Erleichterung der Vergleichbarkeit einheitlich zu strukturieren. Sie besteht aus den folgenden Teilbereichen:

- Darstellung der ausgewerteten Datengrundlagen (Quellen und Beobachtungszeiträume, Datenlücken).
- Liste der Sachverhalte, die geprüft werden konnten, und Liste der Sachverhalte, die nicht geprüft werden konnten (mit Begründung).

- Allgemeine Informationen und Lageplan des Knotenpunkts.
- Informationen zur Knotenpunktausstattung in Anlehnung an die aus Grundinformationen gewonnenen Erkenntnisse (vgl. Abschnitt 3.4.1).
- Ergebnisse der Bewertung der Produktqualität in Bezug auf die Verkehrssicherheit und die Güte des Verkehrsablaufs (vgl. Abschnitt 3.4.2).
- Ergebnisse der Bewertung der Prozessqualität (Mängelaussagen zur Systemgestaltung, vgl. Abschnitt 3.4.2).
- Die Feststellung des Handlungsbedarfs.
- Ergebnisse der Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung (vgl. Abschnitt 3.4.3).

Die Inhalte der einzelnen Bereiche ergeben sich aus den jeweiligen Verfahrensschritten der Datenanalyse, der Qualitätsbewertung und der Maßnahmenidentifikation.

Besonders anschaulich ist eine Darstellungsweise, bei welcher der Lageplan des Knotenpunkts genutzt wird, um die Aussagen zu Qualitätskriterien und zu Mängeln in der Systemgestaltung, vor allem in Bezug auf die Knotenpunktgestaltung, geeignet zu verorten.

Der erforderliche Grad der Anschaulichkeit ergibt sich im Einzelfall auch aus dem Adressaten der Ergebnisse. Werden die Untersuchungen turnusgemäß im Rahmen einer festgelegten Verwaltungsroutine überwiegend zum „Eigenbedarf“ vorgenommen und durch den Anwender selbst ausgewertet, so sind die Anforderungen an den Aufwand für die Dokumentation geringer. Sie sind hingegen höher, wenn die Untersuchung im Rahmen eines Auftrags an Dritte mit Berichtspflicht an die politisch Verantwortlichen beim Aufgabenträger vorgenommen wird. Grundsätzlich ist aber darauf zu achten, dass die Dokumentation selbsterklärend ist und eine standardisierte Terminologie unter weit gehender Vermeidung betreiber- oder herstellerbezogener Spezifika verwendet.

Bei der beispielhaften Verfahrensanwendung an Lichtsignalanlagen wird eine mögliche Dokumentationsweise der Ergebnisse dargestellt (vgl. Anlagen 18 bis 26).

3.7 Zusammenfassung

Bei der Entwicklung eines systematischen, modularen und integrierten Verfahrens zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen stehen die Verfahrensziele einer hohen Effizienz in betriebswirtschaftlicher Sicht, einer hohen Flexibilität und Übertragbarkeit in Bezug auf unterschiedliche Rahmenbedingungen und Gestaltungsformen sowie einer hohen Transparenz und Nachvollziehbarkeit im Mittelpunkt.

Der Ablauf der Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements geht aus von der Datenerfassung und es schließt sich die Datenanalyse zur Gewinnung von Qualitätskenngrößen an. Mit diesen Kenngrößen wird eine Qualitätsbewertung durchgeführt, um bei festgestelltem Handlungsbedarf Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung zu identifizieren und deren Wirksamkeit abzuschätzen. Über alle Schritte ist eine Dokumentation anzufertigen.

Als Datenquellen werden planerische und verkehrstechnische Grundinformationen, Unfalldaten, Prozessdaten, Betriebsdaten und visuelle Informationen über den Zustand der Lichtsignalanlage sowie den Verkehrsablauf genutzt.

Um gebietsbezogene Festlegungen und übergeordnete Rahmenbedingungen einzubeziehen und um Mängelschwerpunkte im Netz erkennen zu können, ist zunächst eine netzbezogene Gesamtbetrachtung hinsichtlich der Qualität der Lichtsignalsteuerung durchzuführen.

Mit einer flächendeckenden Unfallanalyse, die sich an der Vorgehensweise des Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1, Teil Voruntersuchung, orientiert, werden unfallauffällige Knotenpunkte erkannt und charakteristische Besonderheiten des Unfallgeschehens ermittelt. Zur Analyse werden die bei der Polizei vorliegenden Unfalldaten erfasst und stehen danach auch für die vertiefende Betrachtung an einzelnen Lichtsignalanlagen zur Verfügung.

Zur flächendeckenden Analyse der Güte des Verkehrsablaufs ist bislang kein entsprechend systematisches und standardisiertes Verfahren etabliert, zumal hierfür in der Regel auf deutlich weniger qualitätsrelevante Daten zugegriffen werden kann. Es sind verschiedene Vorgehensweisen denkbar, um Lichtsignalanlagen mit großem Handlungsbedarf ausfindig zu machen. Hierzu zählen die Aus-

wertung von Expertenwissen der Betreiber, die Erhebung der Einschätzungen von Verkehrsteilnehmern oder Reisezeitmessungen auf Hauptstrecken.

Die Qualitätsanalyse an einzelnen Lichtsignalanlagen nimmt ihren Ausgang an den Ergebnissen der netzweiten Gesamtbetrachtung. Die Analyse von Grundinformationen, Unfalldaten, Prozessdaten, Betriebsdaten und Vor-Ort-Beobachtungen führt zu einem umfassenden und geschlossenen Qualitätsprofil der Lichtsignalanlage und erlaubt die angepasste Auswahl von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung.

Zu den Grundinformationen zählen alle langfristig gültigen städtebaulichen, verkehrsplanerischen, auf den Knotenpunkt bezogenen und verkehrstechnischen Festlegungen. Sie sind in der Regel den Planungsunterlagen und den signaltechnischen Unterlagen zu entnehmen. Die Informationen werden in Form einer Datenbank erfasst und liegen dann für die anderen Verfahrensschritte nutzbar vor.

Die Auswertung von Unfalldaten schließt an die Ergebnisse der netzweiten Untersuchung direkt an. Im Vordergrund steht die Erkennung gleichartigen Unfallgeschehens, für das zu überprüfen ist, welche Zusammenhänge mit der Gestaltung des Knotenpunkts und der Lichtsignalsteuerung erkennbar sind. Sie richtet sich ebenfalls nach dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1, und greift zur Beschreibung der Unfallhäufungen auf eine angepasste Liste der Unfalltypen mit dreistelliger Schlüsselnummer zurück.

Prozessdaten sind Informationen zu den Signalisierungszuständen und Detektormeldungen bei verkehrsunabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen. Die Daten gehen im Steuergerät ständig ein oder werden von diesem erzeugt. Sie werden mitgeschrieben und analysiert, um Kenngrößen der Verkehrsqualität zu ermitteln und um Mängel im Steuerungsablauf aufzudecken.

Betriebsdaten enthalten Informationen zu den Betriebszuständen der Lichtsignalanlage, insbesondere zu Störungen von Anlagenkomponenten und Anlagenausfällen. Ihre Analyse dient der Bewertung der Betriebszuverlässigkeit; darüber hinaus können Hinweise auf mögliche Ursachen für Qualitätsmängel im Verkehrsablauf gewonnen werden.

Die Beobachtungen vor Ort dienen zur qualitativen Erfassung der Güte des Verkehrsablaufs sowie der Gestaltung und Ausstattung des Knotenpunkts. Hierzu werden in Hauptverkehrszeiten systematische Erfassungen der Reststauentwicklung in den Zufahrten, des Zuflusses und Abflusses von Fahrzeugpuls und zu anderen Merkmalen und Phänomenen des Verkehrsablaufs durchgeführt. Außerdem können zusätzliche Informationen gewonnen werden, die bereits zur Prüfung der Eignung von Verbesserungsmaßnahmen dienen.

Bei der anschließenden Qualitätsbewertung wird eine Aussage mit Hilfe der zusammengestellten Kenngrößen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs formuliert. Je nach Datenverfügbarkeit und Vorliegen geeigneter Analyseverfahren können die Kenngrößen quantitativer oder qualitativer Natur sein.

Die Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung nimmt ihren Ausgang bei der Feststellung des Handlungsbedarfs einschließlich der Beschreibung der Problemlage mit Hilfe eines standardisierten Katalogs von Mängelaussagen.

Dabei werden zunächst in Frage kommende Verbesserungsstrategien aus neun Strategiebereichen ausgewählt:

- Verbessern der Rahmenbedingungen für die lokale Verkehrssteuerung,
- Verbessern der Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts,
- Verbessern der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung,
- Verbessern der Erkennbarkeit der Signalisierung,
- Verbessern der Befahrbarkeit und Begehbarkeit des Knotenpunkts,
- Erhöhen der Kapazität des Knotenpunkts mit Lichtsignalanlage,
- Verbessern der Freigabezeitbemessung,
- Verbessern der Ausnutzung der Freigabezeit und
- Verbessern der Koordinierung mit benachbarten Knotenpunkten.

Hinzu kommen Maßnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit.

Nach der Überprüfung aller Maßnahmen auf ihre Eignung zur Problemlösung und ihre Anwendbarkeit verbleibt eine Maßnahmenliste, deren Elemente auf Wechselwirkungen untersucht und zu Handlungsvorschlägen zusammengestellt werden. Hierbei wird zwischen kurzfristigen Sofortmaßnahmen und langfristigen Sanierungsmaßnahmen unterschieden.

Das Ergebnis wird einer Wirkungsabschätzung unterzogen. Dabei wird den Investitionskosten für die Umsetzung der Maßnahmen der monetäre Nutzen in Form von vermiedenen Unfallkosten und Zeitverlustkosten gegenübergestellt. Die vermiedenen Unfallkosten werden mit Bezug auf die vorliegende Unfallsituation und Schätzwerten des Unfallreduktionspotenzials ermittelt.

Das Maß der Verbesserung des Verkehrsablaufs kann in Einzelfällen mit analytischen Berechnungsverfahren bestimmt werden. Denkbar, aber aufwändig, sind zu diesem Zweck durchgeführte Simulationsrechnungen.

Auf der Grundlage der bei der Qualitätsanalyse gewonnenen Informationen können aber auch ausreichend abgesicherte Schätzungen des Nutzens vorgenommen werden.

4 Anwendung

4.1 Handlungsleitfaden

4.1.1 Allgemeines

Um eine breite Anwendung des in Kapitel 3 dargestellten Verfahrens in der Praxis zu erleichtern, sind die Schritte des Qualitätsmanagements zu einem Handlungsleitfaden zusammengefasst worden. Dieses Kompendium enthält eine Auflistung aller Arbeitsabläufe und des erforderlichen Datenbedarfs, an der sich bei den Untersuchungen rezeptartig orientiert werden kann.

Für eingehende Betrachtungen ist dann auf die ausführlicheren Inhalte dieses Berichts sowie auf die einschlägigen Richtlinien und Merkblätter zurückzugreifen.

Der Handlungsleitfaden besteht aus zwei Teilen:

- einer tabellarischen Übersicht, welche alle Schritte und die zu ihrer Durchführung erforderlichen Informationen stichpunktartig aufführt, und
- einen Erläuterungstext, der in die Arbeitsschritte einführt, die Voraussetzungen nennt und ebenfalls in knapper Weise die tabellarische Darstellung ergänzt.

Da es ebenfalls ein Ziel dieser Untersuchung ist, auf der Grundlage der Ergebnisse Textbausteine für eine Behandlung des Themas „Qualitätsmanagement“ in einer künftigen Neufassung der RiLSA zu formulieren, wurde es als sinnvoll erachtet, den vorgenannten Handlungsleitfaden und die richtlinientaugliche Formulierung ineinander zu integrieren.

4.1.2 Tabellarische Übersicht

In der tabellarischen Übersicht sind die Schritte des Qualitätsmanagements in knapper und strukturierter Form aufgelistet. Die Tabelle gliedert sich dabei in drei Phasen; diese sind die netzbezogene Gesamtbetrachtung, die Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten und die Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen.

Die Reihenfolge der einzelnen Schritte bildet deren idealtypische zeitliche Folge ab. Wenn es den Rahmenbedingungen der Anwendung entsprechend sinnvoll ist und keine sachlogischen Gründe entgegenstehen, können die Schritte innerhalb einer Phase jedoch im Einzelfall auch abweichend angeordnet werden.

Die tabellarische Übersicht enthält zu jedem Schritt die folgenden Informationen:

- eine Angabe zur Verbindlichkeit der Durchführung,
- eine Angabe zum Turnus der Anwendung,
- die Benennung des Arbeitsschritts,
- das Ziel des Arbeitsschritts,
- die zu erfassende und auszuwertende Daten-Gruppe, vgl. Abschnitt 3.2.2.3,
- den Datenbedarf für die Anwendung des Schritts,

- die Handlungsanweisung für den Arbeitsschritt und
- das Hilfsmittel, mit dem der Anwender bei der Durchführung des Arbeitsschritts unterstützt werden kann.

In der Frage der Verbindlichkeit ist zu unterscheiden zwischen Schritten, die für eine grundständige Qualitätsanalyse erforderlich sind und daher als verpflichtend anzusehen sind, und weiter gehenden Untersuchungen, die einer vertiefenden Betrachtung im besonderen Fall dienen. Kriterien für die Durchführung weiter gehender Untersuchungen sind

- ein besonderer Handlungsbedarf, der aufgrund der Ergebnisse der vorangegangenen Schritte festgestellt wird, und
- das Vorliegen der erforderlichen Daten oder die Möglichkeit, diese verfügbar zu machen.

Die erweiterte örtliche Unfallanalyse kann sich jedoch aus der örtlichen Unfallanalyse ebenfalls als verbindlich ergeben (vgl. Abschnitt 3.4.1.2). Die Anwendung der anderen weiter gehenden Schritte ist im Einzelfall mit Blick auf den zu erwartenden Erkenntnisgewinn abzuwägen.

Bei der Festlegung des Turnus wird von einer jährlichen Anwendung ausgegangen, was den regelmäßigen Abläufen beim Analysieren von Unfalltypen-Steckkarten (gemäß FGSV 1998) und der Arbeit von Unfallkommissionen sowie bei Verkehrsschauen entspricht.

Für die Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten kommt für alle Schritte auch eine ereignisorientierte Anwendung in Frage, wenn aufgrund externer verkehrswirksamer Ereignisse anzunehmen ist, dass sich die Güte des Verkehrsablaufs oder die Verkehrssicherheit geändert haben.

Es ist dabei nicht erforderlich, nach der ereignisorientierten Anwendung in den ursprünglichen Turnus zurückzukehren, sofern hieraus keine Vorteile bei der Arbeitsplanung resultieren. Ein längerer Turnus kann bei Arbeitsschritten angemessen sein, die eine vertiefende Betrachtung oder spezielle Verfahrensweisen mit erhöhtem Aufwand umfassen.

Die vollständige tabellarische Übersicht ist in der Anlage 16 dokumentiert, Tabelle 25 enthält die Kurzfassung hierzu.

Phase	Schritt Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Arbeitsschritt
Netz- bezogene Gesamt- betrachtung	1.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von netzbezogenen Grundinformationen
	1.2	verbindlich	jährlich	Überprüfung der netzbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen
	1.3	verbindlich	jährlich	Flächendeckende Unfallanalyse
	1.4	verbindlich	jährlich	Flächendeckende Einschätzung der Güte des Verkehrsablaufs
	1.5	weiter führend	mehrfährig	Erweiterte flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs
	1.6	verbindlich	jährlich	Prioritätenreihung
Qualitäts- analyse an Einzel- knoten- punkten	2.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen
	2.2	weiter führend	einmalig	Voruntersuchung Qualität des Verkehrsablaufs
	2.3	verbindlich	jährlich	Überprüfung der knotenpunktbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen
	2.4	verbindlich	jährlich	Örtliche Unfallanalyse
	2.5	weiter führend	jährlich	Erweiterte örtliche Unfallanalyse
	2.6	weiter führend	mehrfährig	Mitschrift und Analyse von Prozessdaten zur Ermittlung der Güte des Verkehrsablaufs
	2.7	verbindlich	jährlich	Analyse von Betriebsdaten
	2.8	verbindlich	einmalig	Inspektion der Verkehrsraumgestaltung (Sicherheitsaudit)
	2.9	verbindlich	jährlich	Inspektion der veränderlichen Sachverhalte der Verkehrsraumgestaltung
	2.10	verbindlich	jährlich	Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt
Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen	3.1	verbindlich	jährlich	Analyse der Mängelursachen und Zusammenstellung eines Katalogs möglicher Verbesserungsmaßnahmen
	3.2 (a)	verbindlich	jährlich	Qualitative Bewertung möglicher Verbesserungsmaßnahmen
	3.2 (b)	weiter führend	jährlich	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen
	3.3	verbindlich	jährlich	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung

Tab. 25: Übersicht über die Schritte des Qualitätsmanagements

4.1.3 Formulierungsvorschlag für einen Abschnitt „Qualitätsmanagement“ in den RiLSA

Der Aufbau des Formulierungsvorschlags für die RiLSA orientiert sich an den in der tabellarischen Übersicht genannten Handlungsschritten. Dabei wird jedoch detailliert auf die Zielsetzung und die Rahmenbedingungen der Anwendung eingegangen. Die Kurzfassung der tabellarischen Übersicht (Tabelle 25) ist Bestandteil des Textvorschlags; ergänzend hierzu sollte die ausführliche Version (Anlage 16) in einer Anlage bereitgestellt werden.

Zusätzlich zu den Verfahrensschritten enthält der RiLSA-Text Hinweise zu Voraussetzungen, die für eine sachgerechte Anwendung des Qualitätsmanagements beachtet werden müssen. Dazu zählen vor allem

- die Festlegung von Steuerungszielen und strategische Festlegungen,
- die technischen Standards einschließlich der Schnittstellen,
- die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten in den beteiligten Behörden,
- das Informationsmanagement,
- der Datenfluss.

In den Formulierungsvorschlag wurden diejenigen Teile des Anhangs „Qualitätssicherung für Lichtsignalanlagen“ der RiLSA-Teilfortschreibung 2003 integriert, die sich mit der Phase der Projektierung und Implementierung von Lichtsignalanlagen beschäftigen. Diese waren nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung; sie sollten aber weiterhin

berücksichtigt werden, um eine umfassende Darstellung des Qualitätsmanagements in den RiLSA zu gewährleisten. Die entsprechenden Textteile wurden dabei weitgehend unverändert übernommen, lediglich der Terminus „Qualitätssicherung“ wurde aus eingangs erwähnten begrifflichen Gründen³⁴ durch „Qualitätsmanagement“ ersetzt. Darüber hinausgehende redaktionelle Anpassungen sollten im Rahmen der weiteren Behandlung des Textvorschlags jedoch noch vorgenommen werden, um Einheitlichkeit in Struktur, Duktus und Terminologie zu gewährleisten.

Der vollständige RiLSA-Text ist in Anlage 17 als Synopse mit der Anlage M der RiLSA-Teilfortschreibung 2003 wiedergegeben.

4.2 Beispielhafte Anwendung des Verfahrens

4.2.1 Ziel

In Beispielanwendungen wurden die Verfahrensschritte gemäß dem in Abschnitt 4.1 dargestellten Handlungsleitfaden an Einzelknotenpunkten angewandt, um Erfahrungen mit der Durchführung der Verfahrensschritte in der Praxis zu sammeln und die Güte der Ergebnisse zu beurteilen.

Um die Erfüllung der in Abschnitt 3.1 benannten Verfahrensziele zu bewerten, war die beispielhafte Anwendung auf folgende Leitfragen ausgerichtet:

Effizienz

- Liefert das Verfahren brauchbare und aussagekräftige Ergebnisse, die zu einem Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Qualität der Lichtsignalsteuerung führen und auf deren Grundlage eine Qualitätsverbesserung erreicht werden kann?
- Welcher Aufwand ist erforderlich, um das Verfahren durchzuführen?
- Wie ist das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand volkswirtschaftlich und betriebswirtschaftlich zu bewerten?

Flexibilität und Übertragbarkeit

- Ist das Verfahren geeignet, bei unterschiedlichen Lichtsignalanlagen und den damit zusammenhängenden verschiedenen Anforderungsprofilen und technischen Voraussetzungen gleichermaßen aussagekräftige Ergebnisse zu liefern?
- Liefert das Verfahren auch beim Wegfall einzelner Verfahrensschritte oder beim Auftreten von Datenlücken noch brauchbare Ergebnisse?
- Inwieweit kann von der Reihenfolge der Arbeitsschritte abgewichen werden, wenn die Rahmenbedingungen dies erfordern?

Transparenz

- Führt die Anwendung des Verfahrens zu einem nachvollziehbaren Analysefortschritt und zu gut begründeten Ergebnissen?
- Können die Ergebnisse der Verfahrensanwendung geeignet dokumentiert werden?

4.2.2 Umfang

Im Mittelpunkt der Beispielanwendung stand die Untersuchung an Einzelknotenpunkten. Dem entsprechend wurden aus dem Handlungsleitfaden die Phasen der Qualitätsanalyse von Einzelknotenpunkten (Schritte 2.1 bis 2.10) und der Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Schritte 3.1 bis 3.4) durchgeführt. Die netzbezogene Gesamtbetrachtung für die vier beteiligten Städte hätte den Rahmen der Untersuchung gesprengt. Gleichwohl liegen hierzu Erkenntnisse aus einer Pilotstudie in der Stadt Darmstadt vor, welche in die Formulierung der allgemeinen Ergebnisse eingeflossen sind.

4.2.3 Auswahl der Knotenpunkte

Für die Untersuchung wurden insgesamt neun Lichtsignalanlagen ausgewählt, die von den Städten Darmstadt, Frankfurt am Main, Stuttgart und Mannheim betrieben werden.

Da in Frankfurt, Mannheim und Stuttgart keine Prioritätenreihung aus einer netzbezogenen Gesamtbetrachtung vorlag, wurden die Knotenpunkte des Untersuchungskollektivs in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Mitarbeitern der städtischen Ämter ausgewählt. Dabei stand nicht im Vordergrund, Lichtsignalanlagen mit einem möglichst

³⁴ Vgl. Fußnote 7, S. 16.

hohen, bereits erkannten Handlungsbedarf in die Untersuchung einzubeziehen, sondern ein Kollektiv unterschiedlicher Anforderungsprofile zusammenzustellen.

In einer ersten Anfrage wurden die Städte gebeten, jeweils fünf grundsätzlich geeignete Knotenpunkte zu benennen. Diese sollten die folgenden Merkmale aufweisen:

- ein Alter des Steuergeräts der LSA zwischen 3 und 15 Jahren,
- ein Signalprogramm, das in den vergangenen drei Jahren nicht mehr wesentlich überarbeitet worden ist,

- die Möglichkeit der Mitschrift von Betriebsdaten (Störungsmeldungen, Ein-, Aus- und Umschaltmeldungen); im Optimalfall am Verkehrsrechner, ersatzweise im Steuergerät,
- die Möglichkeit der Mitschrift von Prozessdaten am Verkehrsrechner oder direkt im Steuergerät (wünschenswert, aber nicht erforderlich bei festzeitgesteuerten Anlagen) und
- die Möglichkeit des Zugriffs auf Unfalldaten (Unfalllisten, ggf. Unfallpunktuntersuchungen; Verfügbarkeit der Unfallerefassungsbögen).

Darüber hinaus sollten weitere Merkmale benannt werden, anhand derer ein Untersuchungskollektiv

Knotenpunkt	Baujahr des Steuergeräts Letzte Überarbeitung des Programms	Steuerungsverfahren gemäß RiLSA 92) ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Ortslage Besondere Anforderungen im Fußgängerverkehr Besondere Anforderungen im Radverkehr
Darmstadt A 45 Neckarstraße Heidelberger Straße Hügelstraße	1990 1990	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: innerorts/Kernbereich Fußgängerverkehr: hohes Aufkommen Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Darmstadt A 70 Rhönring Spessarttring Kranichsteiner Straße	1996 1994	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: innerorts/Kernbereichs Fußgängerverkehr: ÖV-Haltestelle (Schulweg) Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Darmstadt A 94 Gräfenhäuser Straße Langener Straße	1998 1998	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: außerorts Fußgängerverkehr und Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Frankfurt am Main B 6 Bockenheimer Landstraße Palmengartenstraße Beethovenstraße	1998 1998	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: innerorts/außerhalb des Kernbereichs Fußgängerverkehr: ÖV-Haltestelle Radverkehr: hohes Aufkommen
Frankfurt am Main OL 4 Offenbacher Landstraße Lettigkautweg	1992 1994	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung (StraB) Koordinierung	Lage: innerorts/außerhalb des Kernbereichs Fußgängerverkehr: ÖV-Haltestelle Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Mannheim 557 Bürstadter Straße Spinnereistraße Priebuser Straße	1996 1994	Signalprogrammanpassung keine ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: verkehrsrechtlich innerorts; außerhalb geschlossener Bebauung Fußgängerverkehr und Radverkehr: keine besonderen Anforderungen
Mannheim 143 Luisenring Jungbuschstraße	1992 1998	Festzeitsteuerung keine ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: innerorts/Kernbereich Fußgängerverkehr: hohes Aufkommen Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Stuttgart 1.170 Immenhofer Straße Filderstraße Olgastraße	1984 1995	Festzeitsteuerung keine ÖV-Beschleunigung Koordinierung	Lage: innerorts/Kernbereich Fußgängerverkehr und Radverkehr: keine besondere Anforderungen
Stuttgart 1.735 Neckarstraße Hackstraße	1995 1998	Signalprogrammanpassung ÖV-Beschleunigung (StraB) keine Koordinierung	Lage: innerorts/Kernbereich Fußgängerverkehr: ÖV-Haltestelle, sehr hohes Aufkommen Radverkehr: keine besonderen Anforderungen

Tab. 26: Merkmalsausprägungen der Knotenpunkte

zusammengestellt wurde, welches möglichst viele Ausprägungen umfasst. Zu diesen Merkmalen zählten

- das Baujahr des Steuergeräts,
- der Hersteller des Steuergeräts,
- der Zeitpunkt der letzten Überarbeitung des Signalprogramms,
- die Lage des Knotenpunkts (im städtischen Kernbereich, in einer anderen Lage innerorts oder außerorts),
- das Steuerungsverfahren,
- das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer ÖV-Beschleunigung,
- die Einbindung oder Nichteinbindung in eine grüne Welle,
- das Vorliegen oder Nichtvorliegen besonders hoher Anforderungen im Fußgängerverkehr,
- das Vorliegen oder Nichtvorliegen besonders hoher Anforderungen im Radverkehr.

Zudem wurde den Städten offeriert, eine eigene Prioritätenreihung vorzunehmen, die nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollte. Damit sollte der praktische Nutzen für die beteiligten Städte als Gegenleistung für die Unterstützung bei der Beschaffung von Daten und Informationen maximiert werden.

Da für die Stadt Darmstadt aus einem Pilotprojekt Erkenntnisse über die Gesamtlage der Lichtsignalsteuerung im Netz vorlagen, wurden die Knotenpunkte auf der Grundlage ihrer Bedeutung im Netz sowie spezieller Aspekte der Verkehrssicherheit sowie des Verkehrsablaufs aus eigener Anschauung gemeinsam mit der Stadt Darmstadt ausgewählt. Es handelt sich hierbei um drei Knotenpunkte, die im Pilotprojekt noch nicht detailliert betrachtet worden sind. In Darmstadt wurden somit insgesamt bereits 13 Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage einer Untersuchung unterzogen.

Die Auswahl der Knotenpunkte wurde im Mai 2003 vorgenommen. Das gesamte Untersuchungskollektiv ist mit seinen Merkmalsausprägungen in Tabelle 26 dargestellt.

4.2.4 Durchführung

Die Untersuchungen der Lichtsignalanlagen wurden im Zeitraum März bis Juni 2004 durchgeführt.

Dabei wurde die Bearbeitungsdauer der einzelnen Schritte aufgezeichnet, um eine Einschätzung zum Aufwand vornehmen zu können, sowie Auffälligkeiten und Besonderheiten bei der Durchführung der Untersuchungen erfasst.

Die städtischen Behörden unterstützten die Untersuchungen durch die Zusammenstellung der erforderlichen signaltechnischen Unterlagen, die Bereitstellung von Unfalldaten sowie Betriebs- und Störungsaufzeichnungen, die Mitschrift und Übergabe von Prozessdaten sowie durch die Bereitschaft zur Klärung von Rückfragen. Hierbei sind zusätzliche Aufwendungen entstanden, die bei der Erfassung des Aufwands berücksichtigt worden sind.

Die Datenauswertungen und Vor-Ort-Beobachtungen wurden von wissenschaftlichen Mitarbeitern (Dipl.-Ing.) und studentischen Hilfskräften durchgeführt, deren Erfahrungen in Bezug auf die Handhabung und Verständlichkeit der Hilfsmittel aufgenommen wurden.

Die Dokumentationen zu den beispielhaften Anwendungen sind in den Anlagen 18 bis 26 enthalten.

4.3 Methodische Bewertung

4.3.1 Allgemeines

Die methodische Verfahrensbewertung bezieht sich auf die zuvor beschriebenen beispielhaften Anwendungen.

Hierbei werden zunächst Umfang und Besonderheiten der Anwendung der einzelnen Verfahrensschritte beschrieben, um anschließend eine kritische Bewertung vorzunehmen, bei der die in Abschnitt 4.2.1 genannten Fragestellungen im Mittelpunkt stehen. Dabei werden auch die sich hieraus ergebenden Hinweise für die künftige Anwendung des Qualitätsmanagements aufgezeigt.

Bei der Betrachtung werden jeweils solche Schritte zusammengefasst, deren Anwendung miteinander in engem Zusammenhang steht oder in einen Handlungsablauf integriert ist.

Hieran schließt sich eine zusammenfassende Betrachtung des gesamten Verfahrens hinsichtlich der Flexibilität und Übertragbarkeit sowie der Transparenz an. Abschließend wird die Bewertung der Effizienz in eine wirtschaftliche Gesamtbeurteilung eingeordnet.

4.3.2 Bewertung der Verfahrensschritte

4.3.2.1 Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen (Schritte 2.1 bis 2.3)

Anwendung

Bei allen Lichtsignalanlagen wurden aus den verkehrstechnischen Unterlagen sowie aus weiteren Planungsunterlagen die Grundinformationen nach Tabelle 13 (Abschnitt 3.4.1.2) erfasst.

Informationen über die Verkehrsstromstärken waren nur für fünf Knotenpunkte verfügbar. Für diese Fälle wurden die Voruntersuchungen der Qualität des Verkehrsablaufs durchgeführt, wobei aus Aufwandsgründen auf Simulationen verzichtet wurde.

Da es sich bei allen Knotenpunkten um Erstuntersuchungen im Rahmen des Qualitätsmanagements handelt, ist der Schritt der Überprüfung der Grundinformationen auf Veränderungen hinfällig.

Bewertung

Die Zusammenstellung der Grundinformationen liefert nicht nur die Sachinformationen, die zur Weiterarbeit benötigt werden; ihre Analyse macht den bearbeitenden Experten auch mit der Gestaltung und Steuerung der Lichtsignalanlage vertraut.

Folgende Punkte erwiesen sich als problematisch:

- In vielen Fällen liegen keine aktuellen Verkehrsstärken aus Zählungen oder Verkehrsmodellen vor, so dass Bewertungen mit analytischen Berechnungsverfahren nicht möglich sind.
- Bei der Nutzung von Zähldaten von den Detektoren der Lichtsignalanlagen ist zu berücksichtigen, dass diese lediglich im nicht ausgelasteten Zustand die Verkehrsstärke wiedergeben; im ausgelasteten Zustand hingegen beschreiben sie die aktuelle Kapazität der Lichtsignalanlage.

Außerdem haben Untersuchungen gezeigt, dass die Zuverlässigkeit dieser Zähldaten noch nicht immer zufrieden stellend ist (u. a. bei HOFMANN 2004).

Es kann daher erforderlich sein, eigene Verkehrszählungen durchzuführen.

4.3.2.2 Örtliche Unfallanalyse (Schritte 2.4 und 2.5)

Anwendung

An allen Lichtsignalanlagen wurde die Unfallanalyse in ihrer erweiterten Form durchgeführt (Schritte 2.4 und 2.5), obwohl sich an einigen Knotenpunkten aus der Anzahl der Unfälle keine Notwendigkeit der erweiterten Betrachtung ergab. Bei der örtlichen Unfallanalyse wurde grundsätzlich ein Untersuchungszeitraum von fünf Jahren betrachtet; bei der erweiterten Unfallanalyse mindestens ein Zeitraum von drei Jahren. Für die Knotenpunkte in Darmstadt reichen die vorliegenden Unfalldaten bis ins Jahr 1995 zurück und wurden in die Analyse einbezogen; hingegen sind hier für das Jahr 2001 wegen einer Umstellung der Zuständigkeit keine detaillierten Unfallauswertungen (Unfalldiagramme) sowie Unfallprotokolle verfügbar.

Die Unfalldaten aller Fallbeispiele mussten per Hand in die Unfalldatenbank eingegeben werden, da sie nicht elektronisch vorlagen oder übergeben werden konnten. Zum Teil waren die Daten bereits nach den einschlägigen Merkmalen tabellarisch aufbereitet, in anderen Fällen mussten die Informationen direkt aus den Unfallprotokollen entnommen werden. Unfalldiagramme lagen nur vereinzelt vor. Wurden bei der Untersuchung Häufungen gleichartigen Unfallgeschehens festgestellt, wurden die Diagramme in vereinfachter Form zur Veranschaulichung für die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse erstellt.

Die Datenaufbereitung erlaubte die Analyse charakteristischer Auffälligkeiten des Unfallgeschehens wie ein erhöhtes Aufkommen von Unfällen bei unterschiedlichen Licht- und Straßenverhältnissen oder Programmschaltzeiten. Alle Knotenpunkte konnten auf Häufungen gleichartigen Unfallgeschehens hin untersucht werden, die durch den Unfalltyp mit dreistelliger Schlüsselnummer gekennzeichnet wurden.

Bewertung

Die örtliche Unfallanalyse an den Knotenpunkten erwies sich erwartungsgemäß als unproblematisch. Die Vorgehensweise auf der Grundlage des Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1, als standardisierte, erprobte und verbreitet umgesetzte Verfahrensweise ist ein-

fach anzuwenden und liefert aufschlussreiche Ergebnisse. Erkenntnisse über die Verkehrssicherheit an den Lichtsignalanlagen auch in verschiedenen Städten sind auf der Grundlage dieser Daten grundsätzlich vergleichbar.

Bei der Unfallanalyse gelten jedoch die folgenden systematischen Einschränkungen:

- Es werden Sicherheitsmängel im Verkehrsablauf nur dann erfasst, wenn sie bereits zum Unfallereignis geführt haben. Konflikte („Beinahe-Unfälle“) bleiben unberücksichtigt. Dieses Problem kann auch nur bedingt gemindert werden, indem regelwidriges und somit potenziell gefährliches Verhalten bei den Beobachtungen des Verkehrsablaufs erfasst wird, wenn es zufällig während der Beobachtungszeiträume auftritt.
- Die Erfassungspraxis schließt in der Regel Unfälle mit leichtem Sachschaden aus, bei denen die Unfallbeteiligten die Schadensregelung ohne Hinzuziehen der Polizei vornehmen. Dabei kann es dazu kommen, dass eine tatsächliche Unfallhäufung unentdeckt bleibt, weil die Unfallschwere bei der überwiegenden Anzahl der Ereignisse unterhalb der Erfassungsschwelle liegt und möglicherweise wenige Ereignisse mit schweren Folgen nicht als Häufung erkannt werden.

Die in einigen Fällen notwendige direkte Erfassung von Unfalldaten aus den polizeilichen Unfallerfassungsbögen vergrößert den Gesamtaufwand für die Analyse erheblich. Bei der flächendeckenden Unfallanalyse im Rahmen einer netzweiten Betrachtung (Schritt 1.3) fallen hierbei große Datenmengen an.

Eine zeitnah nach dem Eingang des Unfallprotokolls vorgenommene Erfassung in einem elektronischen Datenbanksystem erleichtert die spätere Verwendung beim Qualitätsmanagement und führt schon zuvor zu einer höheren Datenverfügbarkeit z. B. beim Erstellen von Unfalltypen-Steckkarten oder bei der Arbeit der Unfallkommission.

Bei der regelmäßigen Anwendung des Qualitätsmanagements werden die Ergebnisse der Unfallanalyse jährlich fortgeschrieben. Der Aufwand der Folgeuntersuchungen ist dann erheblich geringer als die notwendige Analyse über einen Untersuchungszeitraum von mehreren Jahren, die bei der Erstanwendung zu leisten ist.

Hinweis

Bei der Erfassung von Unfalldaten wird in der Regel die Ortsangabe nur in Form der Bezeichnung eines (Knoten-)Punktes im Straßennetz erfasst. Mit dieser Angabe ist es zwar möglich, Unfallschwerpunkte zu erkennen. Für die Identifikation von Ursachen für das Unfallgeschehen ist an Knotenpunkten in der Regel auch die Kenntnis der Zufahrt erforderlich, in der sich die verunfallten Fahrzeuge befinden, bzw. die Fahrtrichtung, in welche diese fahren. Wenn kein Unfalldiagramm vorliegt und in den Zusammenstellungen von Unfalldaten (Unfalllisten) die Fahrtrichtung nicht vermerkt ist, muss diese Information aufwändig aus den Unfallerfassungsbögen nacherhoben werden. Bei der Unfallerfassung sollte die Information über die Zufahrt, in der der Unfall aufgetreten ist oder aus der die beteiligten Verkehrsteilnehmer gekommen sind, mit übertragen werden.

4.3.2.3 Mitschrift und Analyse von Prozessdaten (Schritt 2.6)

Anwendung

Die Mitschrift und Analyse von Prozessdaten wurden an den sieben verkehrabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen durchgeführt. Dabei wurde an fünf Knotenpunkte jeweils mehrere Tage unter Einschluss aller relevanten Verkehrsbelastungsverhältnisse (werktäglicher Haupt- und Normalverkehr, Schwachverkehrszeiten am Wochenende und Nachts) aufgezeichnet. An den Knotenpunkten in Frankfurt war die Langzeitaufzeichnung nicht erfolgreich, da die Mitschrift bei mehreren Versuchen jeweils nach wenigen Stunden ohne erkennbaren Grund unterbrochen wurde.

Da bei den beiden festzeitgesteuerten Anlagen keine Verkehrserfassungseinrichtungen existieren und der nicht veränderliche Signalplan aus den verkehrstechnischen Unterlagen entnommen werden konnte, war eine Mitschrift von Prozessdaten nicht sinnvoll.

Zur Mitschrift wurde in allen Fällen jeweils eine beim Betreiber in Lizenz vorliegende Protokollsoftware der jeweiligen Signalbaufirma bzw. des Steuerungsverfahrens genutzt. Hierzu wurde ein tragbarer PC im Steuergerät angeschlossen und von diesem die in sekundlichen Zeitschritten übergebenen Informationen protokolliert. Das Ergebnis der Mitschrift ist zunächst in der Regel eine Text-

datei im ASCII-Format, die mit Hilfe des Analyseprogramms in ein Datenbankformat überführt und dort weiterbearbeitet wird. Alternativ könnte die Textdatei auch in einem Tabellenkalkulationsprogramm manuell bearbeitet werden.

Die Kapazität der sekundlichen Übergabe von Datensätzen ist in der Regel software- oder hardwarebedingt beschränkt. Bei Lichtsignalanlagen, die eine große Anzahl an Signalgruppen und Erfassungseinrichtungen besitzen, konnten daher nicht alle im Steuergerät verarbeiteten Informationen ausgelesen werden. Zum Teil konnte die Anzahl der benötigten Datenfelder durch redundante Informationen substituiert und so auf die Aufzeichnung einiger Signalgruppen verzichtet werden, wenn bei einem phasenorientierten Verfahren die Information über die aktuell geschaltete Phase bzw. den Phasenübergang sowie deren aktuelle Laufzeit verfügbar war. Hierzu war es aber erforderlich, in einer Voruntersuchung zu überprüfen, ob die Schaltung der Signale den Signalplänen zuverlässig entspricht.

Im Rahmen der Untersuchung war es nicht möglich, neben den Daten zum Detektorzustand (Belegung, Anforderung, Abwesenheit) auch die Zählwerte der Detektorschleifen mitzuschreiben. Diese Werte werden von der Auswertungseinheit der Detektorschleifen über andere Ausgabekanäle bereitgestellt, die nicht zeitgleich protokolliert werden können. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf, um die vorliegende Auswertungsroutine für die mit diesen Informationen zu ermittelnden Kenngrößen zu testen.

Wenn die von den Detektoren erfassten Verkehrsstärken an einen Verkehrsrechner weitergegeben werden, geschieht dies in der Regel in aggregierter Form. Es ist dann zwar möglich, die Zählwerte zeitparallel am Verkehrsrechner zu erfassen, diese können jedoch nicht sekundenscharf den Signalisierungszuständen oder Detektorenzuständen zugeordnet werden. In einem Fall war es jedoch möglich, die zu Fünf-Minuten-Intervallen aggregierten Zählwerte zeitgleich zur Aufzeichnung mitzuschreiben und auszuwerten.

Bewertung

Es zeigt sich, dass eine Mitschrift und Analyse von Prozessdaten möglich sind und einen Erkenntnisfortschritt gegenüber den Beobachtungen darstellen. Insbesondere können die verkehrsabhängigen

Reaktionen des Signalprogramms nachvollzogen werden, um Ursachen für Qualitätsmängel und Ansätze für deren Behebung zu identifizieren. Mit Hilfe von statistischen Analysen können Qualitätskenngrößen wie maximale Wartezeiten nach Anforderung über längere Zeiträume ermittelt werden, was über Messungen nur mit einem erheblichen Aufwand erreicht werden kann. Ebenso können Prozesskenngrößen wie die Verteilung von Freigabezeiten auf die unterschiedlichen Phasen und Signalgruppen oder die anteilige Inanspruchnahme einer Phase durch Verkehrsströme dargestellt werden. Unplausible und ungünstige Steuerungszustände können dadurch erkannt werden.

Da in allen untersuchten Fällen zur Datenaufzeichnung eine physische Verbindung eines tragbaren PC zum Steuergerät hergestellt werden muss, ist die Mitschrift von Prozessdaten zumindest im vorliegenden Altbestand von Lichtsignalanlagen aufwändig. Außerdem kann die störungsfreie Mitschrift über einen längeren Zeitraum nicht gewährleistet werden, wofür vermutlich Probleme mit der geräteseitigen Auslesesoftware verantwortlich sind.

Derzeit noch als Hemmnis erweist sich bei der Übernahme der Daten, dass die erzeugten Textdateien je nach verwendeter Auslesesoftware gleiche Sachverhalte unterschiedlich darstellen. Zum Import der unterschiedlichen Textdateien muss daher ein Satz von Übergabeparametern erstellt werden; in Einzelfällen sind auch Anpassungen der Auswerterroutinen im Quellcode erforderlich. Für Folgeanwendungen stehen diese Parametersätze und Routinen jedoch zur Verfügung, sodass dieser Arbeitsschritt daher nur bei der Erstanwendung erledigt werden muss, sofern sich das Ausgabeformat der Rohmitschrift nicht ändert. Im Zuge weiterer praktischer Anwendungen kann auf diese Weise eine Bibliothek von Importobjekten entstehen, die eine Analyse aller gängigen Formate erlaubt.

Hinweis

In Zukunft werden Systeme, bei denen eine Online-Aufschaltung von einem Verkehrsrechnerarbeitsplatz auf das Steuergerät möglich ist, einen Beitrag zur Verringerung des Aufwands zur Datenerfassung leisten. Da jedoch über einen Zeitraum von mehreren Tagen ein lückenloser Datenbestand erforderlich ist, müssen die Daten in der Regel im Steuergerät zwischengespeichert werden. Wie für die meisten Betriebsüberwachungs- und Qualitäts-

sicherungsfunktionen ist hierfür eine Kompatibilität zwischen Verkehrsrechner und Steuergerät notwendig, die entweder durch herstellerhomogene Systemarchitektur oder durch die Nutzung der OCIT-Schnittstelle gewährleistet wird.

4.3.2.4 Analyse von Betriebsdaten (Schritt 2.7)

Anwendung

Bei der Analyse der Betriebsdaten trat das Problem auf, dass die regelmäßigen Betriebszustandsinformationen (Programmumschaltungen, planmäßige Aus- und Einschaltungen der Anlage) rückwirkend nicht mehr oder nur mit sehr großem Aufwand verfügbar gemacht werden konnten, da sie entweder nur in schriftlicher Form protokolliert und nicht gespeichert werden oder die elektronischen Daten nicht übergeben werden können.

Für die Knotenpunkte in Mannheim konnten die Betriebsüberwachungsdaten für die untersuchten Anlagen selektiert und ausgedruckt werden. Die händische Analyse dieser Protokolle ist jedoch mit sechs bis acht Arbeitsstunden je Knotenpunkt und Jahr sehr aufwändig.

In Darmstadt werden Informationen zu Ein-, Aus- und Umschaltzeitpunkten aller Lichtsignalanlagen derzeit lediglich in gedruckter Form chronologisch protokolliert. Die händisch durchzuführende Selektion der Informationen zu einer bestimmten Lichtsignalanlage über einen längeren Zeitraum ist nicht praktikabel; die Protokolle dienen derzeit lediglich dazu, nachträglich den Betriebszustand der Anlage zu einem bestimmten Zeitpunkt feststellen zu können. Die regelmäßigen Betriebsmeldungen können zwar bei der Prozessdatenmitschrift mit erfasst werden, für eine zweckmäßige Analyse ist hier der Untersuchungszeitraum jedoch zu kurz.

In Frankfurt, Stuttgart und Mannheim werden Betriebsstörungsmeldungen bei allen Knotenpunkten in der Regel über mehrjährige Zeiträume aufgezeichnet und konnten ausgewertet werden. Es handelt sich dabei um ein Protokoll der Fehlermeldung als Fehlercode aus einer vordefinierten Fehlerliste mit Datum und Uhrzeit sowie – sofern erforderlich – den Eingriff oder die Maßnahme zur Fehlerbehebung. Ein Rückschluss darauf, welche Anlagenfunktionen in Zusammenhang mit dem Fehler nicht mehr verfügbar waren, lässt sich allerdings aus den Aufzeichnungen direkt nicht ziehen. In der Regel muss dies aus sachlogischen Zusammenhängen ermittelt werden.

In Darmstadt werden Meldungen über außerplanmäßige Betriebszustände oder Betriebsstörungen in einem Ringspeicher abgelegt, um die Informationen für eventuelle polizeiliche Ermittlungen nach Unfallereignissen verfügbar zu machen. Die Speicherkapazität ist jedoch auf wenige Ereignisse beschränkt, sodass die Informationen nach sehr kurzen Zeiträumen wieder überschrieben werden und für eine langfristige Analyse nicht mehr zur Verfügung stehen. Hier ist nach der Inbetriebnahme eines neuen Verkehrsrechners mit einer wesentlichen Verbesserung der Datenverfügbarkeit zu rechnen.

Für die Untersuchung konnte zurzeit daher nur auf die Störungsbücher der Anlage zurückgegriffen werden. Hierbei handelt es sich um handschriftlich geführte Aufzeichnungen, die alle störungsbedingten Eingriffe, die vor Ort am Steuergerät durch das Wartungspersonal vorgenommen wurden, über mehrere Jahre hinweg dokumentieren. Hieraus können Informationen zu solchen Ereignissen gewonnen werden, die so schwer wiegend waren, dass eine Klärung und Abhilfe vor Ort erforderlich waren.

Bewertung

Die ständige Überwachung der Betriebsdaten und die Verarbeitung von Störungsmeldungen gehören zum Routinehandeln bei der Wartung und im Betrieb von Lichtsignalanlagen. Die Erfassung der Informationen ist jedoch derzeit deutlich darauf ausgerichtet, durch schnelle Eingriffe eine Wiederherstellung des geplanten Betriebszustands zu erreichen. Das Unterlassen der dafür nicht unbedingt erforderlichen Langzeitspeicherung der Daten führt bisher dazu, dass die Informationen rückwirkend nicht mehr verfügbar gemacht werden können.

Da die Betriebsdatenanalyse aber systematisch auf historische Daten zurückgreifen muss, stößt die Erfassung der in Tabelle 20 genannten Kenngrößen vor allem bei einer Erstuntersuchung oder in Systemumgebungen, die solche Daten nicht automatisch speichern, an ihre Grenzen.

Allerdings liefert die Auswertung der Informationen über Störungen ein Indiz, in welchem Umfang regelmäßige Betriebsfunktionen zeitweilig nicht verfügbar gewesen sind. Die sorgfältige und lückenlose Führung von elektronischen, zumindest aber händischen Störungsbüchern ist daher derzeit wichtig, um Häufungen auch über längere Zeiträume

me hinweg rekonstruieren und geeignete Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Hinweis

Bei einer regelmäßigen Anwendung des Qualitätsmanagements ist künftig darauf zu achten, dass die Informationen dauerhaft und analysegeeignet gespeichert werden und in elektronischer Form zu Analysezwecken übergeben werden können. Deshalb müssen schon bei der Konfiguration der Speichersysteme die besonderen Informationsbedürfnisse des Qualitätsmanagements berücksichtigt werden.

4.3.2.5 Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und Beobachtung des Verkehrsablaufs (Schritte 2.8 bis 2.10)

Anwendung

Die Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und die Beobachtung des Verkehrsablaufs wurden an allen untersuchten Lichtsignalanlagen durchgeführt. Da es sich in allen Fällen um die Erstanwendung des Verfahrens handelte, wurden jeweils sowohl die unveränderlichen als auch die veränderlichen Sachverhalte der Verkehrsraumgestaltung begutachtet.

Der Verkehrsablauf wurde zu mindestens zwei Zeitpunkten, jeweils zur morgendlichen und zur nachmittäglichen Hauptverkehrszeit, beobachtet. Bei keiner Lichtsignalanlage lagen Anhaltspunkte dafür vor, dass die kritischen Belastungen zu anderen Zeiten als den werktäglichen Belastungsspitzen auftreten. Dennoch wurde an zwei Knotenpunkten der Verkehrsablauf auch während der Schaltzeit des Tagesprogramms beobachtet, unter anderem, um an einem Knotenpunkt eine mangelhafte Koordinierungsqualität ohne den Einfluss einer möglichen Überlastung auf der Strecke zu überprüfen.

In allen Fallbeispielen wurde das Beobachtungsprotokoll – soweit es die Sachverhalte zuließen – vollständig abgearbeitet. Planmäßig nicht beobachtet wurden an einigen Lichtsignalanlagen diejenigen Sachverhalte, die eine Ankunft der Fahrzeuge in Fahrzeugpulks voraussetzen, wenn diese nicht gegeben war. Gleichmaßen waren nicht an allen Knotenpunkten oder in allen Zufahrten Beobachtungen zur Qualität des Fußgängerverkehrs und Radverkehrs möglich, da das Aufkommen dort zu gering war.

Zusätzlich zur ursprünglich vorgesehenen Vorgehensweise wurde jedoch der Abfluss von Fahrzeugpulks auch dann beobachtet, wenn sie in einer Zufahrt erkennbar auftreten, auch wenn diese nicht (geplant) koordiniert sind.

Bewertung

Die mit Hilfe von Checklisten durchgeführten Inspektionen führen zur strukturierten Erfassung der relevanten Sachverhalte. Checklisten vermeiden hierbei, dass möglicherweise interessante Informationen übersehen werden. Die Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt liefert wesentliche Erkenntnisse über die Qualität der Lichtsignalsteuerung und erweist sich daher als unverzichtbares Element des Qualitätsmanagements. Zum Verständnis des Verkehrsablaufs, aber auch zur Absicherung von Ergebnissen aus den anderen Verfahrensschritten und zum Erkennen von ursächlichen Zusammenhängen leistet der visuelle Eindruck einen bedeutenden Beitrag.

Dabei ist die Beobachtung einfach, mit geringem personellen Aufwand und kurzfristig ohne technische Vorarbeiten durchzuführen. Die Einweisung von Beobachtern bei einer Erstanwendung erweist sich ebenfalls als unproblematisch, wobei zu beachten ist, dass es sich um Erhebungspersonal handeln muss, das mit verkehrstechnischen Abläufen vertraut ist. Die zu beantwortenden Fragen beziehen sich auf anschauliche Beobachtungen des Verkehrsablaufs und verzichten weitgehend auf quantitative Messungen bzw. Angaben. Dadurch ist gewährleistet, dass die relevanten Sachverhalte von einer Person vollständig erfasst und dokumentiert werden können.

Durch die zunächst nicht vorgesehene Beobachtung von Fahrzeugpulks in Fällen, in denen keine geplante Koordinierung vorliegt, kann eine fehlende, aber möglicherweise zweckmäßig einzurichtende Koordinierung erkannt werden. Dieser Sachverhalt wurde daher in das Beobachtungsprogramm aufgenommen.

Die Auswahl des Zeitpunkts zur Durchführung von Erhebungen, insbesondere von kurzzeitigen Beobachtungen des Verkehrsablaufs, kann Zufallseinflüssen unterliegen. Die mittel- und kurzfristigen Schwankungen in den Verkehrsstärken bergen das Risiko einer Fehlbewertung, da gegebenenfalls eine vergleichsweise zu niedrige oder zu hohe Verkehrsbelastung während des Untersuchungszeit-

raums vorliegt und die Auswirkungen daher untypisch sind. Eine ausreichende Sicherheit lässt sich nur durch eine hohe Anzahl von Beobachtungen erreichen, was jedoch zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führt. Die Durchführung von Voruntersuchungen zur Identifikation der genauen Zeitlage der Hauptverkehrszeiten sowie das Heranziehen von aktuellen Vergleichsdaten (z. B. Online-Ganglinien aus Dauerzählstellen) können hierbei zwar Abhilfe schaffen, allerdings erhöht dies aber wiederum den Untersuchungsaufwand erheblich. Sie sollten daher nur in begründeten Fällen in Betracht gezogen werden.

Hinweis

Bei der regelmäßigen und netzweiten praktischen Anwendung des Verfahrens wird es nicht immer möglich sein, den optimalen Zeitpunkt für die Beobachtung des Knotenpunkts zu wählen. Bei der Gesamtplanung des Qualitätsmanagements ist daher darauf zu achten, dass diejenigen Lichtsignalanlagen, deren Güte des Verkehrsablaufs nach den netzweiten Voruntersuchungen als kritisch einzuschätzen ist, bevorzugt unter optimalen Bedingungen untersucht werden.

4.3.2.6 Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Schritte 3.1 bis 3.3)

Anwendung

Für alle Lichtsignalanlagen wurden dem Ablauf der Verfahrensschritte entsprechend zunächst alle in Frage kommenden Einzelmaßnahmen zur Behebung der identifizierten Mängel unter Nutzung der Wissensbasis zusammengestellt. Nach der Prüfung auf Anwendbarkeit und Eignung wurden die sich hieraus ergebenden Handlungsvorschläge beschrieben.

Da die Lichtsignalanlagen nicht auf der Grundlage einer Prioritätenreihung als Ergebnis einer netzweiten Betrachtung für die Untersuchung ausgewählt worden sind, wurden erwartungsgemäß nicht an allen Lichtsignalanlagen gravierende Mängel des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit festgestellt. Dies führt dazu, dass für einige Anlagen keine weitreichenden Handlungsvorschläge formuliert werden konnten.

Dennoch konnten auch hier Verbesserungsmaßnahmen ermittelt werden, welche präventiv Verkehrsgefährdungen mindern und den Verkehrsab-

lauf verbessern können, auch wenn (noch) keine spürbaren negativen Auswirkungen verzeichnet werden.

Die Ermittlung der Wirkungen der Handlungsvorschläge wurde in Abhängigkeit von einer möglichen Monetarisierung des Nutzens alternativ in Form einer Nutzen-Kosten-Berechnung oder einer qualitativen Abschätzung vorgenommen.

Auf der Grundlage der Wirkungsbewertung wurde für alle Anwendungsbeispiele eine der Mängelsituation und dem Verbesserungspotenzial angemessene Maßnahmenauswahl getroffen und diese in kurzfristig und langfristig umzusetzende Maßnahmen gegliedert.

Bewertung

Die Schritte der Maßnahmenidentifikation sind geeignet, der Mängelsituation entsprechende Potenziale der Qualitätsverbesserung aufzuzeigen und die gezielt zu ergreifenden Maßnahmen zu benennen, um diese auszuschöpfen. Zugleich schließt das Verfahren ungeeignete Maßnahmen begründet aus. Der Nutzen liegt darin, dass der Anwender

- eine Vielzahl von Vorschlägen aus unterschiedlichen Handlungsfeldern aufgezeigt bekommt, die er unter Umständen nicht in Betracht gezogen hätte, und
- diese durch die erkennbaren Mangel-Maßnahme-Verknüpfungen hinsichtlich ihrer Wirkungen auf einzelne oder mehrere Mängel untermauert werden können.

Das Erkennen, dass an bestimmten Lichtsignalanlagen eine zufrieden stellende Produktqualität vorliegt und kein weitreichender Handlungsbedarf besteht, ist dabei als ebenso bedeutsames Ergebnis des Qualitätsmanagements anzusehen wie die Entwicklung eines umfangreichen Maßnahmenprogramms in den Fällen, in denen dies erforderlich ist. An diesen Lichtsignalanlagen kann dennoch – häufig mit geringem Einsatz von Mitteln – eine Verbesserung herbeigeführt werden und ein guter Zustand der Anlage gewährleistet werden, bevor es zu negativen Wirkungen kommt.

Es zeigt aber auch, dass besonders bei sehr begrenzten Ressourcen eine netzweite Gesamtbetrachtung zweckmäßig ist, um den Schwerpunkt der Betrachtungen auf Anlagen zu legen, an denen erkennbar schwere Qualitätsmängel behoben werden müssen.

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass die Maßnahmenbewertung in vielen Fällen nur mit einer groben Abschätzung des Maßnahmennutzens vorgenommen werden kann. Für die Zukunft sind genauere Aussagen auf Grundlage von umfassenden Vorher-Nachher-Untersuchungen oder vergleichenden Analysen unterschiedlicher Gestaltungsformen wünschenswert (vgl. hierzu Abschnitt 5.4).

4.3.3 Zusammenfassende Verfahrensbewertung

Das Verfahren wird im Folgenden anhand der in Abschnitt 4.2.1 formulierten Leitfragen zur Flexibilität und Übertragbarkeit sowie zur Transparenz bewertet.

4.3.3.1 Flexibilität und Übertragbarkeit

Ist das Verfahren geeignet, bei unterschiedlichen Lichtsignalanlagen und den damit zusammenhängenden verschiedenen Anforderungsprofilen und technischen Voraussetzungen gleichermaßen aussagekräftige Ergebnisse zu liefern?

Die Knotenpunkte wiesen erwartungsgemäß unterschiedliche Voraussetzungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten auf. Im Rahmen der Beispielanwendungen konnte aber gezeigt werden, dass dennoch eine für alle Lichtsignalanlagen vergleichbar genaue Qualitätsbewertung und eine Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden konnten. Dabei trägt aufgrund unterschiedlicher Datenverfügbarkeit nicht jeder einzelne Verfahrensschritt in jeweils gleichem Maß zu den Gesamtergebnissen bei. Es ist jedoch in jedem Fall möglich, auf der Grundlage der Beobachtungen des Verkehrsablaufs und der Unfallanalyse verlässliche Aussagen über die Kenngrößen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs zu treffen und prozessbezogene Analysen zur Ermittlung von Mängelursachen durchzuführen.

Liefert das Verfahren auch beim Wegfall einzelner Verfahrensschritte oder beim Auftreten von Datenlücken noch brauchbare Ergebnisse?

Es konnten nicht an allen Lichtsignalanlagen sämtliche Verfahrensschritte vollständig durchgeführt werden. So entfiel bei zwei Lichtsignalanlagen der Schritt der Mitschrift und Analyse von Prozessdaten, dennoch konnten auch hier mit Hilfe der Beobachtungen des Verkehrsablaufs Aussagen zu dessen Güte gewonnen werden.

Die Erfahrungen weisen aber auch bestimmte Verfahrensschritte als absolut unverzichtbar auf, weil die Informationen nicht anderweitig bereitgestellt werden können. Dies gilt z. B. für die Unfallanalyse oder die Beobachtung des Verkehrsablaufs.

4.3.3.2 Transparenz

Führt die Anwendung des Verfahrens zu einem nachvollziehbaren Analysefortschritt und zu gut begründeten Ergebnissen?

In der Dokumentation der Verfahrensergebnisse ist erkennbar,

- welche Qualitätskenngrößen zur Feststellung eines Mangels und zur Identifikation eines Handlungsbedarfs geführt haben,
- welche Verbesserungsstrategien und zugeordneten Maßnahmen zur Abhilfe grundsätzlich denkbar sind, welche davon bei näherer Betrachtung der vorliegenden Situation noch in Frage kommen bzw. begründet ausgeschlossen werden können und schließlich
- welche Handlungsvorschläge nach einer abschließenden Abwägung der Wirkungen und einer Nutzen-Kosten-Abschätzung hieraus resultieren.

Damit wird der Prozess von der Qualitätsmessung bis zur Qualitätsverbesserung transparent und nachvollziehbar. Das Ergebnis kann fundiert belegt, diskutiert und gegebenenfalls auch korrigiert werden, wenn ergänzende relevante Informationen mit einbezogen werden.

Können die Ergebnisse der Verfahrensanwendung geeignet dokumentiert werden?

Die standardisierte Verfahrensweise mit vorab definierten zu untersuchenden Sachverhalten begünstigt eine einheitlich aufgebaute Dokumentation, die bei einer regelmäßigen Verfahrensanwendung fortgeschrieben und in einer Datenbank verwaltet und gepflegt werden kann.

Ein so strukturierter Informationsbestand erlaubt eine vergleichende Analyse mehrerer Lichtsignalanlagen eines Betreibers und auch im Rahmen eines interkommunalen Vergleichs. Außerdem ist eine Verwertung der Ergebnisse zu wissenschaftlichen Zwecken möglich (vgl. Abschnitt 5.3).

4.4 Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung

4.4.1 Allgemeines

Die wirtschaftliche Gesamtbetrachtung der Anwendung von Qualitätsmanagement basiert auf der Bewertung der Verfahrensanwendung hinsichtlich der Effizienz mit Hilfe der in Abschnitt 4.2.1 formulierten Leitfragen.

4.4.2 Nutzen

Liefert das Verfahren brauchbare und aussagekräftige Ergebnisse, die zu einem Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Qualität der Lichtsignalsteuerung führen und auf deren Grundlage eine Qualitätsverbesserung erreicht werden kann?

Der Forschungsarbeit liegt die Hypothese zugrunde, dass mit der Anwendung von Elementen des Qualitätsmanagements eine Qualitätsverbesserung erreicht werden kann. Nach der Herleitung und beispielhaften Anwendung solcher Elemente lässt sich aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht ein Nutzen des Qualitätsmanagements in Form einer Qualitätsverbesserung konstatieren.

Grundlage einer gezielten Verbesserung ist die Kenntnis und Bewertung des Zustands. Die Untersuchungen haben zunächst gezeigt, dass mit dem Verfahren Erkenntnisse zur Produktqualität an Lichtsignalanlagen und Hinweise zur Prozessqualität auf der Grundlage einer standardisierten Verfahrensweise mit Hilfe allgemein gültiger Kenngrößen und Systembeschreibungen gewonnen werden können. Auch wenn die Kenngrößen überwiegend nicht so genau ermittelt werden, wie dies bei einer verkehrstechnischen Detailuntersuchung z. B. im Vorlauf der Neueinrichtung einer Lichtsignalanlage mit Hilfe von Simulationsrechnungen geschieht, erlauben sie für den Einzelknotenpunkt eine ausreichend fundierte Qualitätsbewertung.

Angesichts der Möglichkeit, dass bei einer rein ereignisbezogenen Überprüfung von Lichtsignalanlagen viele Anlagen über längere Zeiträume ohne eine Überprüfung ihrer verkehrlichen Wirkung betrieben werden, ergibt sich durch das Qualitätsmanagement eine erhebliche Verbesserung des Gesamtkennnisstands über die Lichtsignalsteuerung im Netz.

Bei der wirtschaftlichen Beurteilung des Nutzens der Qualitätsverbesserung muss zwischen der

volkswirtschaftlichen und der betriebswirtschaftlichen Sichtweise unterschieden werden.

Wenn davon ausgegangen wird, dass sich der volkswirtschaftliche Nutzen des Qualitätsmanagements als Summe aus den Nutzen der Verbesserung der einzelnen Lichtsignalanlagen ergibt, resultiert der Gesamtnutzen auf der Grundlage der Überlegungen in Abschnitt 3.5.4 im Wesentlichen aus

- den vermiedenen Unfallkosten,
- den vermiedenen Zeitverlustkosten und
- den vermiedenen Emissionsschäden (Schadstoffe, Lärm).

Bei einer betriebswirtschaftlichen Beurteilung des Qualitätsmanagements sind die folgenden Vorteile zu berücksichtigen:

- Qualitätsmanagement ermöglicht eine gezieltere Lenkung von Investitionen an die Stellen, an denen der größte Nutzen auftritt, da es die Kenntnis des derzeitigen Qualitätsniveaus und der Verbesserungspotenziale ermöglicht. Dadurch wird die Effektivität des Einsatzes verfügbarer Investitionsmittel optimiert, wobei diese Wirkungen wiederum hauptsächlich volkswirtschaftlich spürbar werden.
- Ein systematisches Qualitätsmanagement vereinfacht die Systempflege. Standardisierte Arbeitsabläufe verringern den Einarbeitungsaufwand; neue Mitarbeiter können leichter einbezogen werden, die Vergabe von Leistungen nach außen ist auch fallweise möglich. Außerdem kann durch die Anwendung IT-unterstützter, (teil-)automatisierter Auswertungen der Arbeitsaufwand für Routineaufgaben verringert werden. Diese Vorteile werden dann wirksam, wenn auf der Grundlage der bestehenden gesetzlichen Verpflichtung (Verkehrssicherungspflicht) oder aus politischen Gründen (Leistungsnachweis gegenüber der Öffentlichkeit) überhaupt regelmäßige Systempflege mit Qualitätsprüfungen betrieben wird.
- Die sukzessive einstellende Modernisierung des Bestands der Lichtsignalanlagen führt dazu, dass die Systeme weniger störanfällig sind und zuverlässiger arbeiten. Somit können Instandhaltungskosten eingespart werden.
- Der technische Fortschritt bringt auch im Bereich der Lichtsignalanlagen eine höhere Effizienz

enz des Energieeinsatzes mit sich. Einsparungspotenzial bietet sich derzeit besonders durch den Einsatz der LED-Technologie.

- Verstärkte Bemühungen um die Standardisierung der technischen Systemkomponenten von Lichtsignalanlagen, hier insbesondere im Rahmen der OCIT-Initiative, führen in einem modernen Anlagenbestand zunehmend zur Unabhängigkeit von Lösungen einzelner Systemanbieter. Dadurch kann bei der Erneuerung flexibel auf Lösungen unterschiedlicher Anbieter zurückgegriffen werden, die untereinander im Wettbewerb stehen. Es ist damit zu rechnen, dass dies für die Betreiber zu Preisvorteilen führt.
- Die im Rahmen regelmäßigen Qualitätsmanagements entstehende Dokumentation ermöglicht es, dass bei kurzfristigem Informationsbedarf, z. B. seitens der Politik, der Öffentlichkeit oder wegen Sonderprüfungen, auf aktuelle aufbereitete Daten zurückgegriffen werden kann und aufwändige Ad-hoc-Erhebungen vermieden werden können.
- Für die Oberste Straßenverkehrsbehörde ergibt sich durch den Zugriff auf einen umfassenden Bestand qualitätsrelevanter Daten eine verbesserte Möglichkeit zur Gewährleistung der Dienstaufsichtspflicht. Der wirtschaftliche Nutzen in Form verringerten Aufwands und erweiterter Handlungsmöglichkeiten wird somit auch auf höherer Ebene der Straßenverkehrsverwaltung wirksam.

4.4.3 Kosten

Die im Rahmen des Qualitätsmanagements entstehenden Kosten müssen unterschieden werden in

- Kosten für die Durchführung der Verfahrensschritte, und
- Investitionskosten für die erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung.

Als Folge der Verfahrensgestaltung gemäß der in Abschnitt 3.1 benannten Leitlinien konnte der Aufwand für die Durchführung der Verfahrensschritte gemessen am Informationsumfang relativ gering gehalten werden.

In der Tabelle 27 ist auf der Grundlage der Erfahrungen der Verfahrensanwendung eine Aufwandschätzung für die einzelnen Verfahrensschritte vorgenommen worden. Es handelt sich hierbei um Ansätze, die sich jeweils auf eine durchschnittliche Aufgabenstellung beziehen. Sie geht davon aus, dass die Schritte durch eingearbeitete, mit der Materie vertraute Experten durchgeführt werden.

Die Höhe der erforderlichen Aufwendungen für das Qualitätsmanagement hängt ab von

- der Komplexität der verkehrlichen Aufgabenstellung sowie der vorhandenen verkehrstechnischen Lösung am Knotenpunkt,

Phase/Arbeitsschritt ³⁵		[h]
2. Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten		
2.1	Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen	4
2.2	Voruntersuchung der Qualität des Verkehrsablaufs	2
2.3	Überprüfung der knotenpunktbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen	1
2.4	Örtliche Unfallanalyse	2
2.5	Erweiterte örtliche Unfallanalyse	2
2.6	Mitschrift und Analyse von Prozessdaten	5
2.7	Analyse von Betriebsdaten	2
2.8	Inspektion der Verkehrsraumgestaltung (Sicherheitsaudit)	1
2.9	Inspektion der veränderlichen Sachverhalte der Verkehrsraumgestaltung	1
2.10	Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt	4
3. Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen		
3.1	Analyse der Mängelursachen und Zusammenstellung eines Katalogs möglicher Verbesserungsmaßnahmen	
3.2 (a)	Qualitative Bewertung möglicher Verbesserungsmaßnahmen	4
3.2 (b)	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen	+
3.3	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung	4
Summen		
einmalige Tätigkeiten		5
jährliche, verpflichtende Untersuchungen		14
weitergehende Untersuchungen		13
Gesamt		32
Personalaufwandssumme in € (Ingenieur, bei einzelnen Aufgaben auch entsprechend eingewiesene Techniker)		500–1.500 € je nach Umfang

Tab. 27: Aufwandsschätzung für die Schritte des Qualitätsmanagements; Aufwand in Arbeitsstunden je Anlage

³⁵ Da die Phase 1 von der Größe des Betrachtungsraums (Netz) abhängig ist, kann hierfür keine Abschätzung vorgenommen werden.

- der Problemlage, also der Anzahl und Wirkungstiefe, der zu erwartenden und festgestellten Mängel,
 - dem Stand des Informationsmanagements, das sich in der Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Aktualität der erforderlichen Daten ausdrückt,
 - dem Grad der Automatisierung und der Zuverlässigkeit von nutzbaren Routinen, etwa der elektronischen Unfalldatenverarbeitung oder der Erfassung von Verkehrsdaten an den Knotenpunkten,
 - der Ortskenntnis, dem Erfahrungswissen und dem Grad der Einarbeitung der mit den Verfahrensweisen zum Qualitätsmanagement betrauten Bearbeiter,
 - dem Stand der Etablierung des Qualitätsmanagements hinsichtlich sachlicher und persönlicher Widerstände und der organisatorischen Voraussetzungen.
- Wie in Kapitel 3 ausgeführt, systematisiert das Qualitätsmanagement Tätigkeiten, die bei den Aufgabenträgern derzeit ereignisorientiert anfallen. Es ist damit zu rechnen, dass in durchaus vergleichbarem Umfang auch derzeit Arbeitszeit für Tätigkeiten verwandt wird, die durch ein systematisches Qualitätsmanagement abgedeckt werden.
 - Wegen seines integrierten Ansatzes in Bezug auf den Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage deckt das Qualitätsmanagement Teilaufgaben ab, die derzeit anderen Abteilungen der Verwaltung zugeordnet sind, z. B. die Überwachung der Beschilderung und Markierung. Bei geeigneter Zuweisung von Verantwortlichkeiten, klaren Organisationsstrukturen und einem systematischen Daten- und Informationsmanagement können Synergien genutzt und der Gesamtaufwand eingespart werden. Voraussetzung ist eine problemorientierte Denkweise bei allen Beteiligten.
 - Die standardisierte Verfahrensstruktur ermöglicht es, Tätigkeiten des Qualitätsmanagements auch von Dritten durchführen zu lassen. Damit kann auch dann ein Qualitätsmanagement ermöglicht werden, wenn kurzfristig keine ausreichenden Personalressourcen zur Verfügung gestellt werden können. Diese Möglichkeit ist für Kommunen interessant, die die Aufgaben des Betriebs der Lichtsignalanlagen weitgehend an Dritte vergeben haben. Eine sachgerechte betreiberseitige Einordnung des Aufwand für das Qualitätsmanagement kann daher nur betriebswirtschaftlich unter Einschluss der Personalkosten, Betriebskosten und Verwaltungskosten für die Lichtsignalsteuerung erfolgen.

Bei der Kostenentwicklung über die Zeit ist zu erwarten, dass bei einer Erstanwendung des Qualitätsmanagements zunächst ein erhöhter Aufwand anfällt. Dieser ist vor allem auf die notwendigen organisatorischen und technischen Vorarbeiten, die Erfassung und Aufbereitung des Grunddatenbestands und die erforderlichen netzweiten Untersuchungen (Schritte 1.1 bis 1.8) zurückzuführen. Von den hier erbrachten Leistungen profitiert jedoch die weitere regelmäßige Anwendung des Qualitätsmanagements, sodass nach einer Anschubphase mit einem deutlich geringeren Aufwand zu rechnen ist.

Bei einem in solcher Weise eingespielten Qualitätsmanagement ist mit einem Aufwand von zwei bis drei Arbeitstagen je Lichtsignalanlage zu rechnen. Hieraus resultiert z. B. für eine Großstadt mit 100 Lichtsignalanlagen etwa der Bedarf einer Personalstelle für das Qualitätsmanagement. Vor dem Hintergrund des Investitionsvolumens und des Vermögenswertes von Lichtsignalanlagen, der sicherheitsrelevanten Bedeutung für die Verkehrssteuerung und des Maßes der Betroffenheit der Verkehrsteilnehmer und verglichen mit entsprechenden Aufwänden bei anderen technischen Einrichtungen und Anlagen ist dieser Aufwand nicht als zu hoch einzuschätzen.

Bei der Beurteilung müssen außerdem die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

4.4.4 Nutzen-Kosten-Abwägung

Mit der Gegenüberstellung der Kosten für die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen einerseits und des zu erreichenden Nutzens durch die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse andererseits kann nachgewiesen werden, dass aus volkswirtschaftlicher Sicht mit dem Qualitätsmanagement ein erheblicher Nutzen für die Allgemeinheit erreicht werden kann. Die Nutzen-Kosten-Werte sind in einer Höhe anzusiedeln sind, dass sie den Aufwand für die Verfahrensanwendung bei weitem überkompensieren.

Bei den Beispielanwendungen konnte für die Knotenpunkte, an denen Mängel festgestellt wurden

und ein Handlungsbedarf der Verbesserung besteht, Nutzen-Kosten-Faktoren bis zu einem Wert von 10:1 ermittelt werden. In vorangegangenen Untersuchungen, die sich mit Lichtsignalanlagen an Unfallschwerpunkten und mit bekannten Mängeln des Verkehrsablaufs befasst haben, konnten Nutzen-Kosten-Verhältnisse in einer Bandbreite von 5:1 bis 25:1 bei der Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen abgeschätzt werden. Dabei handelte es sich sowohl um kostengünstige Maßnahmen wie geringfügige Änderungen an der Beschilderung oder der Markierung bis hin zu umfangreichen Umbauarbeiten an der Lichtsignalsteuerung mit der Ergänzung von Detektoren und zusätzlichen Signalgebern. Umfangreiche Erfahrungen mit der Verbesserung der Lichtsignalsteuerung sind in den USA dokumentiert, wo nach SUNKARI (2004) bei der Überarbeitung von Signalprogrammen entlang von koordinierten Strecken bei Fallbeispielen Nutzen-Kosten-Verhältnisse von 40:1 ermittelt wurden.

Die Erfahrungen zeigen, dass ein besonders günstiges Nutzen-Kosten-Verhältnis in der Regel dann entsteht, wenn ein Knotenpunkt hohe Unfallkosten aufweist, die durch eine bessere Gestaltung der Lichtsignalanlagen zum Teil vermieden werden können, oder wenn es durch eine verbesserte Steuerung seltener zu Staus kommt.

Da im Bereich der Lichtsignalsteuerung wegen der fehlenden Markt- und Konkurrenzsituation kein betriebswirtschaftlich messbarer Rückfluss eines solchen volkswirtschaftlichen Nutzens stattfindet, scheinen diese wesentlichen Nutzenkomponenten des Qualitätsmanagements in der betriebswirtschaftlichen Betrachtung der Aufgabenträger nicht auf. Die Umsetzung des Qualitätsmanagements hängt daher in erster Linie davon ab, ob die Kommunen – durchaus verkehrspolitisch motiviert – die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse zum Nutzen der Verkehrsteilnehmer aus Bürgerschaft und Wirtschaft mit Nachdruck zu erreichen suchen und sich dann die in Abschnitt 4.4.2 beschriebenen Effektivitätsvorteile eines systematischen Qualitätsmanagements zunutze machen, um die Investitionsmittel effektiv einzusetzen.

Um jedoch allgemein zu einer verbreiteten Umsetzung des Qualitätsmanagements zu kommen, müssen die Aufgabenträger bei klar belegtem volkswirtschaftlichem Nutzen grundsätzlich in die Lage versetzt werden, die resultierenden Empfehlungen in angemessener Weise umzusetzen. Hier-

zu müssen gegebenenfalls auch zusätzliche Ressourcen bereitgestellt werden.

Es müssen Mechanismen gefunden werden, die Hemmnisse aus einer rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise bei den Betreibern von Lichtsignalanlagen zu überwinden. Denkbare Instrumente, um die Anwendung eines systematischen Qualitätsmanagements zu fördern, sind grundsätzlich

- die rechtlich verbindliche Verankerung des Qualitätsmanagements in die Aufgabenbeschreibung des Betriebs von Lichtsignalanlagen, z. B. durch eine geeignete Festlegung in der Neufassung der RiLSA und deren verbindliche Einführung per Erlass,
- geeignete Förderinstrumente vor allem in Bezug auf die aus einem Qualitätsmanagement resultierenden Investitionskosten, z. B. durch die Aufnahme der Verfahrensdurchführung und der Verbesserungsmaßnahmen an Lichtsignalanlagen in den Katalog der förderfähigen Maßnahmen nach dem GVFG – Gemeindeverkehrswegefinanzierungsgesetz, und
- andere Anreizsysteme wie z. B. Bonus-Malus-Regelungen auf Grundlage einer unabhängigen Qualitätsbewertung oder eines Benchmarkings, ebenfalls mit finanzieller Auswirkung.

4.5 Zusammenfassung

Für die Durchführung des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen wurde ein knapper und übersichtlicher Handlungsleitfaden in tabellarischer Form erstellt, der die einzelnen Verfahrensschritte mit dem erforderlichen Datenbedarf und den einzelnen Arbeitsabläufen enthält. Es wurde ferner ein Formulierungsvorschlag für die Neufassung der RiLSA erstellt, in dem die Ziele und die Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte erläutert werden und in dem zudem grundsätzliche Zusammenhänge, Voraussetzungen und Verpflichtungen formuliert sind.

Das Verfahrenskonzept der Bewertung von Einzelknotenpunkten und der Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen wurde an neun Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen angewendet. Die Knotenpunkte unterschieden sich hinsichtlich der an sie gerichteten verkehrlichen Anforderungen und der technischen Ausstattung und des Maßes des Auftretens von Mängeln. Für diese Knotenpunkte

wurde eine Bewertung der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs vorgenommen, und es wurden an den Handlungsbedarf angepasste Maßnahmenvorschläge zusammengestellt, mit deren Hilfe angepasste Mängel beseitigt, eine Anpassung an die Anforderungen vorgenommen und Gefährdungen vermieden werden können.

Bei der Beispielanwendung erwies sich das vorgeschlagene Verfahrenskonzept als geeignet, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Vor dem Hintergrund einer sehr unterschiedlichen Datenverfügbarkeit konnten mit Hilfe standardisierter Werkzeuge und bei einem für regelmäßige Anwendungen angemessenen Aufwand die erforderlichen Informationen erfasst und analysiert werden, um Aussagen zur Mängelsituation und eine Einschätzung des Handlungsbedarfs zu gewinnen und daraus die erforderlichen Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die methodische Bewertung der einzelnen Verfahrensschritte zeigt, dass die Datenverfügbarkeit in vielen Fällen der kritische Faktor bei der Verfahrensanwendung ist. Für die Etablierung eines erfolgreichen Qualitätsmanagements kommt der regelmäßigen und zweckorientierten und aufwandsoptimierten Datenerfassung und Datenspeicherung eine besondere Bedeutung zu. Für einen zukünftigen verbreiteten praktischen Einsatz von Verfahrensweisen des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen sind demnach noch organisatorische und technische Potenziale der Vereinfachung auszuschöpfen. Zukünftige Investitionen in Steuerungssysteme sollten daher die Anforderungen und den Datenbedarf des Qualitätsmanagements unbedingt berücksichtigen.

Die Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten des Qualitätsmanagements zeigt, dass seine verbreitete Anwendung einen erheblichen volkswirtschaftlichen Nutzen erschließt, sofern die Verbesserungsmaßnahmen gezielt umgesetzt werden und sich dadurch Unfälle und Wartezeiten verringern lassen. Da derzeit ein volkswirtschaftlicher Nutzen beim Aufgabenträger nicht oder nur in wesentlich geringerem Umfang betriebswirtschaftlich wirksam wird, sind Mechanismen zu entwickeln, die eine verbreitete Umsetzung des Qualitätsmanagements zum Nutzen aller Verkehrsteilnehmer fördern. Hierzu zählen neben der Herstellung einer rechtlichen Verbindlichkeit durch entsprechende Festlegungen in den RiLSA geeignete Förder- und Anreizsysteme, die noch geschaffen werden müssen.

5 Ausblick

5.1 Allgemeines

In der vorstehenden Untersuchung wurde das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen im Betrieb systematisch aufgearbeitet, ein Verfahren zur Anwendung von Elementen des Qualitätsmanagements entwickelt und hierzu eine praxisorientierte Handlungsanleitung formuliert. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, dass Lichtsignalanlagen den Verkehr unter Berücksichtigung der Interessen aller Verkehrsteilnehmergruppen dauerhaft so steuern, dass eine hohe Verkehrssicherheit und ein guter Verkehrsablauf gewährleistet sind.

Ebenso wie es sich bei dem Qualitätsmanagement um einen Prozess mit dem Ziel kontinuierlicher Verbesserung handelt, so bedürfen auch die Instrumente des Qualitätsmanagements selbst sowie deren technische und organisatorische Voraussetzungen ständiger Pflege und unentwegter Verbesserung.

Einige der in dieser Untersuchung dargestellten Verfahrensschritte greifen auf Routinen zurück, die weithin erprobt und bekannt sind. Andere Teilbereiche wurden neu entwickelt und konnten teilweise nur einführend behandelt werden. Hier verbleiben für die Zukunft weitere Aufgaben zur Absicherung und Weiterentwicklung auf Grundlage umfassenderer Erfahrungen.

Wesentlich für das künftige Handeln auf dem Gebiet des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen erscheinen folgende Punkte:

- Förderung der weiteren Umsetzung, insbesondere Klärung der Verbindlichkeit von Forderungen im Richtlinienwerk sowie Maßnahmen zur Überwindung von Hemmnissen aus einer betriebswirtschaftlichen Betrachtungsweise.
- Weiterentwicklung der Wissensbasis auf Grundlage von Vorher-Nachher-Untersuchungen zur Absicherung von Wirkungsabschätzungen, einer weiter gehenden Organisation der Wissensakquisition sowie einer Ergänzung des bisher regelbasierten Wissens um die Kenntnisse aus einer Vielzahl von Fallbeispielen.
- Konzeptionelle Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements durch stärkere Orientierung auf die Straßennutzer in der Bewertung, durch ein Musterhandbuch zum Qualitätsmanage-

ment sowie durch die Instrumente der Auditierung und Zertifizierung.

Einige Gedanken zu diesen Punkten sind im Folgenden dargestellt, bedürfen aber sicher weiterer Forschung und Diskussion in den zuständigen Gremien.

5.2 Weitere Umsetzung des Qualitätsmanagements

5.2.1 Klärung der Verbindlichkeit von Forderungen im Richtlinienwerk

Der in Abschnitt 4.1.3 entwickelte Formulierungsvorschlag für die RiLSA enthält Aussagen zur Verbindlichkeit und zum Turnus der durchzuführenden Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements. Es ist nun erforderlich, diese Aussagen in den zuständigen Fachgremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) und mit den für die Einführung und Umsetzung der RiLSA verantwortlichen behördlichen Stellen weiter zu diskutieren. Dabei ist die Frage sorgfältig zu behandeln, welche Festlegungen zu treffen sind, sodass eine möglichst verbreitete Anwendung erreicht werden kann. Hierbei ist zu berücksichtigen, welche Konsequenzen für alle Beteiligten, insbesondere die Betreiber von Lichtsignalanlagen, aus der gewählten Formulierung erwachsen und wie mit diesen adäquat umgegangen werden kann. Eine Rückbindung an die wirtschaftlichen Überlegungen (Abschnitt 4.4) ist geboten, und eine Festlegung sollte mit der Diskussion um die Möglichkeit finanzieller oder anderer Anreize einhergehen.

Im Nachgang zu einer Regelung sollte deren Umsetzung beobachtet werden. Die Erfahrungen der Anwender und der Betreiber, aber auch die verkehrlichen und wirtschaftlichen Wirkungen sollten in geeigneter Weise erfasst und ausgewertet werden.

5.2.2 Betriebswirtschaftliche Wirksamkeit

Das grundsätzliche Problem der betriebswirtschaftlichen Rentabilität der Anwendung von Qualitätsmanagement in der Lichtsignalsteuerung bleibt derzeit ohne abschließende Antwort. Diese offene Frage stellt ein Hemmnis für die breite Anwendung des Qualitätsmanagements dar und bedarf daher eines weiteren Konsultations- und Diskussionsprozesses zwischen Politik, Verwaltung und Wissenschaft. Es ist deutlich, dass eine volks-

wirtschaftliche Betrachtung den Nutzen eines systematischen Qualitätsmanagements zweifellos belegen kann, da Unfallkosten und Zeitverlustkosten reduziert und Investitionen gezielt vorgenommen werden können. In einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung tauchen diese Nutzenfaktoren – wie in Abschnitt 4.4.3 gezeigt – jedoch nur bedingt auf.

In der aktuellen Diskussion werden Erwartungen geäußert, durch die Privatisierung von Teilaufgaben des Betriebs von Lichtsignalanlagen zu einer Verringerung der Kosten zu kommen. Zur Kontrolle der erbrachten Leistungen ist die Anwendung von Instrumenten des Qualitätsmanagements seitens der Auftragnehmer wie der Städte unabdingbar. Die Aufwendungen hierzu sind dann in die gesamtbetriebswirtschaftliche Kalkulation einzubeziehen.

Die zukünftige Diskussion über Kostenstrukturen im Verkehrswesen muss sich damit auseinandersetzen, wie der volkswirtschaftliche Nutzen der Verbesserung von Lichtsignalanlagen auch bei den Betreibern betriebswirtschaftlich wirksam werden kann. Es ist zu erwarten, dass im Zusammenhang mit der Diskussion um Straßenbenutzungsgebühren die Frage nach der betriebswirtschaftlichen Rentabilität von Qualitätsmanagement ebenso aufscheinen wird, zumindest wenn die Erhebung von Gebühren an die Erbringung von mit Qualitätsattributen beschriebenen Leistungen gebunden sein wird.

5.3 Weiterentwicklung der Wissensbasis

5.3.1 Vorher-Nachher-Untersuchungen zur Absicherung von Wirkungsabschätzungen

Die regelmäßige Anwendung eines weit gehend standardisierten Untersuchungsprogramms bietet das Potenzial und einen Ansatzpunkt für eine umfassende Sammlung an strukturierten und vergleichbaren Informationen darüber,

- welche Verbesserungsmaßnahmen bei bestimmten Mangelsituationen in Betracht gezogen und ausgewählt werden und
- welche Verbesserungswirkungen nach der Umsetzung von Maßnahmen beobachtet werden können.

Wenn diese Informationen durch eine umsetzungsbegleitende Untersuchung wissenschaftlich erhö-

ben werden, kann der Wissensbestand über die Praktikabilität und Wirkung von Verbesserungsmaßnahmen kontinuierlich weiterentwickelt werden. Es könnte dadurch ein erheblicher Erkenntnisfortschritt zur Wirkung einzelner Maßnahmentypen und Maßnahmen erreicht werden, für deren Absicherung derzeit noch wenig Informationen vorliegen. Zugleich könnten Nutzen-Kosten-Analysen durch genauere Informationen zum Wirkungsmaß hinsichtlich ihrer Validität und Differenzierung verbessert werden. Schätzungen zum Reduktionspotenzial von Unfallkosten könnten beispielsweise auf diesem Weg genauer werden, weil relevante Umfeldbedingungen einbezogen werden können.

Zur Vorbereitung einer solchen Sammlung von Erfahrungen ist es erforderlich,

- die Anwender des Qualitätsmanagements zur Mitwirkung zu motivieren, da nur durch eine große Anzahl von Fallbeispielen eine hohe statistische Sicherheit erreicht werden kann,
- Festlegungen zum Informationsfluss über umgesetzte Verbesserungsmaßnahmen zu treffen und
- Verfahrensweisen zu entwickeln, wie die Wirkungen der Maßnahmen standardisiert erhoben werden können.

5.3.2 Organisation der Wissensakquisition

In Abschnitt 3.5.7.4 wurde die Bedeutung der Pflege und Verbesserung der Wissensbasis angesprochen. Mit der Ergänzung einer Komponente zur Wissensakquisition kann das hier vorliegende Wissensmanagement zu einem vollständigen Expertensystem ausgebaut werden. Diese Komponente soll es ermöglichen, die Wissensbasis durch neue Fakten zu verbessern, ohne dass der Entwickler selbst in die Programmstruktur eingreifen muss. Dabei geht es nicht allein um die Ergänzung neuer Fakten (Mängel und Maßnahmen) und Regeln (Verknüpfungen), sondern auch um die Pflege des Wissensbestands durch die Änderung von Regeln.

Eine Wissensakquisitionskomponente stellt hierfür eine Routine zur Erfassung und Implementierung des zusätzlichen Wissens bereit. Dabei ist jedoch durch eine adäquate Einbindung von menschlichen Experten sicherzustellen, dass zu ergänzendes Wissen dem Stand der Wissenschaft und Technik entspricht und somit auch bestimmten Anforderungen hinsichtlich der Absicherung genügt. (Wissensakquisition unter Expertenassistenz).

5.3.3 Ergänzung einer Fallbasis

Ergänzend zum vorliegenden regelbasierten Wissensmanagement ist der Aufbau einer Fallbasis zu erwägen. Eine Fallbasis enthält formalisierte Datensätze zu umgesetzten Verbesserungsmaßnahmen. Bei Vorgabe einer Aufgabenstellung (Mängelsituation) sucht das Expertensystem anhand bestimmter Merkmale nach ähnlichen Fällen und bietet die dort umgesetzte Lösung dem Anwender an. Dadurch können praktische Erfahrungen mit bestimmten Problemlösungen für nachfolgende Anwendungen erschlossen und verfügbar gemacht werden. Mit jedem neu aufgenommenen Fall wachsen der Wissensbestand und somit auch die empirische Absicherung der Maßnahmenvorschläge. Eine Fallbasis dient somit nicht nur dem Anwender als zusätzliche Informationsquelle, sondern führt auch zu einer kontinuierlichen Absicherung der regelbasierten Wissensbasis.

Für den Aufbau einer Fallbasis sind vornehmlich grundsätzliche Fragen zur Struktur des Datenbestands, zu den Qualitätsanforderungen an die zu erfassenden Sachverhalte sowie zur Vorgehensweise bei der kontinuierlichen Akquisition und Pflege der Fallbeispiele zu klären.

5.4 Konzeptionelle Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements

5.4.1 Stärkung der Nutzerorientierung

Die direkte Integration der auf Seiten der Verkehrsteilnehmer wahrgenommenen Qualität (vgl. Qualitätskreis, Abschnitt 2.1.4, Bild 6) in die Qualitätsmessung ist eine weithin in der Praxis noch nicht beantwortete Frage (vgl. BLEES et al. 2003).

Die Sicht der Nutzer wurde in indirekter Weise in die vorliegende Untersuchung einbezogen, indem deren erwartete Qualitätsanforderungen und vermutete Qualitätswahrnehmungen auf die den Verfahrensschritten zugrunde liegenden Qualitätskriterien übertragen wurden. Doch für eine direkte Einbindung der Nutzersicht liegen nach wie vor nur vereinzelte Ansätze vor, mit denen die Verfahrensweisen einer kundenorientierten Qualitätsmessung, die vor allem im Dienstleistungssektor und zwischenzeitlich auch im öffentlichen Verkehr verbreitet sind, auf den Individualverkehr übertragen werden können.

Im Rahmen des Verfahrensschritts 1.5 „Erweiterte flächendeckende Bewertung der Güte des Ver-

kehrsablaufs“ werden systematische Befragungen der Nutzer benannt, mit deren Hilfe im Zusammenspiel mit anderen konventionellen Messverfahren sowie Experteninterviews eine Identifikation von Mängelschwerpunkten im Netz erfolgen soll.

Es besteht weiterer Untersuchungsbedarf darüber, wie dieses Instrument zweckmäßig und effektiv eingesetzt werden kann. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

- Wie kann eine nutzerorientierte Befragung unter Wahrung des wissenschaftlichen Anspruchs so effizient durchgeführt werden, dass ihre Anwendung im Rahmen des regelmäßigen Qualitätsmanagements vertretbar ist?
- Wie kann ein Befragungsmedium für eine solche nutzerorientierte Qualitätsmessung aussehen?
- Wie kann eine Abstimmung zwischen möglicherweise unterschiedlichen Ergebnissen der nutzerorientierten und der verkehrstechnischen Qualitätsmessung vorgenommen werden?

5.4.2 Musterhandbuch Qualitätsmanagement

Mit seinem an der ISO 9001:2000 orientierten Ansatz ist das entwickelte Verfahren perspektivisch auf eine künftige Entwicklung eines geschlossenen Qualitätsmanagement-Systems ausgerichtet. Der Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems, in das die Produktprüfung und Produktverbesserung eingebettet sind, umfasst die folgenden Schritte:

- das Klären von Erfordernissen und Erwartungen,
- das Festlegen von Qualitätszielen und der Qualitätspolitik,
- das Festlegen von Prozessen und Verantwortlichkeiten und
- das Bereitstellen von Ressourcen.

Die Ergebnisse dieser Schritte werden mit Bezug auf das spezifische Produkt und den Produzenten in einem Qualitätsmanagement-Handbuch niedergelegt. Für die Lichtsignalsteuerung sind hierbei u. a. folgende Festlegungen vorzunehmen:

- die Verfahrensweise zur Ermittlung der Erwartungen der Verkehrsteilnehmer,
- die Verfahrensweise zur Festlegung der Qualitätsziele und der Qualitätspolitik der Betreiber,

- die Verfahrensweise zum Umgang mit Zielkonflikten: Abwägung der Interessen der Verkehrsteilnehmergruppen untereinander, Abwägung dieser Interessen mit denen der Anwohner,
- der Turnus der regelmäßigen Qualitätsprüfungen,
- die Definition von Anlässen für ereignisbezogene Prüfungen,
- die Bestimmungen zur Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen (z. B. Frist, Verpflichtung zur Stellungnahme, ...),
- die Verfahrensweise bei der Dokumentation und beim Datenmanagement.

Die Erarbeitung eines Qualitätsmanagement-Musterhandbuchs auf der Grundlage der geltenden Richtlinien und der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung könnte die Einführung von Qualitätsmanagement-Systemen in den Städten und Gemeinden erleichtern.

5.4.3 Auditierung und Zertifizierung

Im Zusammenhang mit Qualitätsmanagement-Systemen liegt die Frage nach einem Qualitätsaudit und einer Zertifizierung nahe. In jüngerer Zeit werden diese Instrumente auch für den Bereich der Lichtsignalsteuerung diskutiert.

Beim Qualitätsaudit wird überprüft, ob ein Qualitätsmanagement-System in Übereinstimmung mit der ISO 9001:2000 implementiert ist. Hierbei muss nachgewiesen werden,

- dass alle erforderlichen Festlegungen erfolgt und dokumentiert sind,
- dass die benötigten Ressourcen für das Qualitätsmanagement bereitstehen,
- dass das Qualitätsmanagement-Handbuch und alle notwendigen Dokumentationen vollständig vorliegen,
- dass die Prozesse zur Qualitätsprüfung und Qualitätsverbesserung implementiert sind und wie vorgesehen durchgeführt werden und
- dass die Wirksamkeit des Qualitätsmanagement-Systems überwacht wird.

Das Zertifikat bescheinigt die Qualitätsfähigkeit des Betreibers von Lichtsignalanlagen.

Es wird zu diskutieren sein, welche Erwartungen an ein Qualitätsaudit und eine Zertifizierung des Betriebs von Lichtsignalanlagen gerichtet werden und welcher Nutzen den Betreibern, den Straßenverkehrsbehörden und den Verkehrsteilnehmern hieraus erwachsen kann.

Literatur

- BELL, M.: A Survey of the Methods used in the UK to Define and Change Signal Plans, Transport Operations Research Group, Research Report No. 50, Newcastle upon Tyne 1983
- BLEES, V., BOLTZE, M., SPECHT, G.: Chancen und Probleme der Anwendung von Qualitätsmanagement in Verkehrsplanungsprozessen, Darmstadt 2002
- BLEES, V., KÜHNEL, C., REUSSWIG, A.: Kundenbezogene Qualitätsmessung im Individualverkehr. In: Internationales Verkehrswesen 55 (2003), Heft 7 + 8, S. 334–337
- BRUHN, M.: Qualitätsmanagement für Dienstleistungen, Heidelberg 2001
- DUDEN: Fremdwörterbuch, Mannheim 2001
- EN 13816: Transport – Logistik und Dienstleistungen – Öffentlicher Personenverkehr
- ERKE, H., GSTALTER, H.: Verkehrskonflikttechnik, Schriftenreihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 52, Bergisch Gladbach 1985
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA – Teilfortschreibung 2003, Köln 2003
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für das Sicherheitsaudit an Straßen (ESAS), Köln 2002a
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA), Köln 2002b
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Köln 2001a
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen, Köln 2001b
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Hinweise zu Verkehrsrechnern als Bestandteil der innerörtlichen Lichtsignalsteuerung, Köln 2001c
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Leitfaden für Verkehrsplanungen, Köln 2001d
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb, Köln 2000
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen; Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten, Köln 1998
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – EWS, Köln 1997
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Querschnitte (RAS-Q), Köln 1996
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen (EAE 85/95), Köln 1995
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Radverkehrsanlagen – EAHV, Köln 1995
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstraßen – EAHV, Köln 1993
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RiLSA, Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr, Köln 1992
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt über Detektoren für den Straßenverkehr, Köln 1991
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Knotenpunkte (RAS-K), Ab-

- schnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte, RAS-K-1, Köln 1988a
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Merkblatt für die Bewertung städtischer Verkehrsleitsysteme mit Hilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse, Köln 1988b
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N), Köln 1988c
- FRANK, D., SUMPF, J.: Abschätzung der volkswirtschaftlichen Verluste durch Stau im Straßenverkehr, München 1994
- FRIEDRICH, B.: Ein adaptives Verfahren zur Steuerung von Lichtsignalanlagen, München 1999
- HÄCKELMANN, P.: Steuerung des Fußgängerverkehrs an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen, Darmstadt 1976
- HOFMANN, M.: Ermittlung von Verkehrszuständen im innerstädtischen Straßennetz, Darmstadt 2004
- Institut für Straßenverkehr Köln (ISK/GDV): Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten, Empfehlungen Nr. 11 (CD), Köln 2002
- ISO 9000:2000: Qualitätsmanagement-Systeme – Grundlagen und Begriffe
- ISO 9001:2000: Qualitätsmanagement-Systeme – Anforderungen
- KAMISKE, G., BRAUER, J.: Qualitätsmanagement von A bis Z, München, Wien 1999
- KELLER, M., ITEN, R., AEBI, C., ALTHEER, S., FRICK, R.: Staukosten im Straßenverkehr, Zürich 1998
- KRÜGER, J.: Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage in Abhängigkeit von der Anzahl der Phasen, Darmstadt 1985
- KÜLZER, B.: Untersuchung zum Alterungsprozess von Lichtsignalanlagen, Darmstadt 1996
- MAENNING, W., SAMES, M., TULLIUS, K.: Verkehrsstaus im urbanen Raum – Kosten und Lösungskonzepte am Beispiel Hamburgs. In: Internationales Verkehrswesen 49 (1997), Heft 11, S. 561–568
- MASING, W. (Hrsg.): Handbuch Qualitätsmanagement, München, Wien 1999
- Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften, Mannheim, 1969
- PUPPE, F.: Einführung in Expertensysteme, Berlin, Heidelberg 1991
- ROBERTSON, D. I.: TRANSYT – A Traffic Network Study Tool. Crowthorne 1969
- Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden 2002
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO), Dortmund 1997
- SUNKARI, S.: The Benefits of Retiming Traffic Signals. In: ITE Journal (2004), Heft 4, S. 26
- Transportation research board: Highway Capacity Manual (HCM), Washington D. C. 2000
- VDE 0832-100: Straßenverkehrs-Signalanlagen, Berlin 2002

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

1999

- V 61: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1997 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Nierhoff, Palm, Regniet, Schmidt € 19,00
- V 62: Führung von Nahverkehrsfahrzeugen in Hauptverkehrsstraßen
Schnüll, Johannsmeier, Albers, Etzold, Kloppe, Sporbeck, Wilms € 20,50
- V 63: Gestaltungskriterien von Landstraßenkurven
Weise, Steyer € 15,00
- V 64: Querschnittsbreiten einbahniger Außerortsstraßen und Verkehrssicherheit und Sonderuntersuchung zum Querschnittstyp b2+1
Palm, Schmidt € 14,50
- V 65: Auswirkungen unterschiedlicher zulässiger Höchstgeschwindigkeiten auf städtischen Straßen
Retzko, Korda € 14,50
- V 66: Umweltauswirkungen abstumpfender Streustoffe im Winterdienst – Literaturanalyse
Moritz € 14,50
- V 67: Sicherheitseigenschaften außerörtlicher Knotenpunkte
Kölle, Schnüll € 17,50
- V 68: Städtischer Wirtschaftsverkehr und logistische Knoten
Sonntag, Meimbresse, Eckstein, Lattner € 17,00
- V 69: Stadtverträgliche Bedien- und Parkkonzepte für Reisebusse in der Stadttouristik
Kube € 16,00
- V 70: Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformations- und -leitsystemen unter Nutzung neuer Technologien
Zackor, Lindenbach, Keller, Tsavachidis, Bogenberger € 11,00
- V 71: Flächenansprüche von Fußgängern
Alrutz, Bohle, Gugel, Kiegeland, Niemeyer, Schmidt, Vohl € 15,50
- V 72: Rechtsabbiegen bei Rot mit Grünpfeil
Albrecht, Brühning, Frenzel, Krause, Meewes, Schnabel, Topp € 10,50
- V 73: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1998 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Regniet, Schmidt € 18,50

2000

- V 74: Einsatzbereiche von Angebotsstreifen
Hupfer, Böer, Huwer, Jacob, Nagel € 13,50
- V 75: Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung
Baier, Hebel, Peter, Schäfer € 15,00
- V 76: Radverkehrsführung an Haltestellen
Angenendt, Blase, Bräuer, Draeger, Klöckner, Wilken € 14,00
- V 77: Folgerungen aus europäischen F+E-Telematikprogrammen für Verkehrsleitsysteme in Deutschland
Philipps, Dies, Richter, Zackor, Listl, Möller € 18,50
- V 78: Kennlinien der Parkraumnachfrage
Gerlach, Dohmen, Blochwitz, Engels, Funke, Harman, Schmidt, Zimmermann € 15,50

2001

- V 79: Bedarf für Fahrradabstellplätze bei unterschiedlichen Grundstücksnutzungen
Alrutz, Bohle, Borstelmann, Krawczyk, Mader, Müller, Vohl € 15,50
- V 80: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 1998
Lensing € 13,50
- V 81: Emissionen beim Erhitzen von Fahrbahnmarkierungsmaterialien
Michalski, Spyra € 11,50
- V 82: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 1999 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 19,50
- V 83: Verkehrssicherheit in Einbahnstraßen mit gegengerichtetem Radverkehr
Alrutz, Gündel, Stellmacher-Hein, Lerner, Mättig, Meyhöfer, Angenendt, Draeger, Falkenberg, Klöckner, Abu-Salah, Blase, Rühle, Wilken € 17,00
- V 84: Vereinfachtes Hochrechnungsverfahren für Außerorts-Straßenverkehrszählungen
Lensing, Mavridis, Täubner € 16,00
- V 85: Erstellung einer einheitlichen Logik für die Zielführung (Wegweisung) in Städten
Siegener, Träger € 14,50
- V 86: Neue Gütekriterien für die Beleuchtung von Straßen mit gemischtem Verkehr und hohem Fußgängeranteil
Carraro, Eckert, Jordanova, Kschischenk € 13,00
- V 87: Verkehrssicherheit von Steigungsstrecken – Kriterien für Zusatzfahrstreifen
Brilon, Breßler € 18,50

2002

- V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr
Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50
- V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre
Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50
- V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen
Bürkle, Berg € 16,50
- V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen
Mattheis € 15,50
- V 92: Nahverkehrsbevorzugung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs
Friedrich, Fischer € 14,00
- V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen
Brilon, Bäumer € 17,00
- V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen
Lemke, Moritz € 17,00
- V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren
Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00
- V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung
Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00
- V 97: Linksparken in städtischen Straßen
Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50
- V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland
Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00

V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

2003

V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage
Brilon, Miltner € 17,00

V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse
Lensing € 13,50

V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen
Kniß € 12,50

V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten
Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossè, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00

V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen
Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00

V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international
Brühning, Löhe € 12,00

V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317
Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50

V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst
Moritz, Wirtz € 12,50

V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen
Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00

V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr
Weber, Löhe € 13,00

2004

V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00

V 112: Einsatzkriterien für Betonschutzwände
Steinauer, Kathmann, Mayer, Becher vergriffen

V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Hacken € 15,00

V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00

V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50

V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00

V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarer Säugetiere
Surkus, Tegethof € 13,50

V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

2005

V 111: Autobahnverzeichnis 2004
Kühnen € 21,50

V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00

V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50

V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50

V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50

V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik
Lensing € 15,50

V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50

V 125: PM₁₀-Emissionen an Außerortstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen
Düring, Bössinger, Lohmeyer in Vorbereitung

V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen
Baier, Heidemann, Klemps, Schäfer, Schuckließ in Vorbereitung

V 127: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003
Fitschen, Koßmann € 24,50

V 128: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation
Boltze, Reusswig € 17,00

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.