



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Fachgebiet
Verkehrsplanung
und Verkehrstechnik

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

Achim Reußwig

D 17



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

**Fachgebiet Verkehrsplanung
und Verkehrstechnik
Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze**

Institut für Verkehr

**Fachbereich 13
Bauingenieurwesen
und Geodäsie**

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

**Dipl.-Ing. Achim Franz Reußwig
aus Hanau.**

Referent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich

Tag der Einreichung: 28. Januar 2005

Tag der mündlichen Prüfung: 11. März 2005

Darmstadt 2005

D 17

Herausgeber:

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Petersenstraße 30
64287 Darmstadt
www.tu-darmstadt.de/verkehr
fgvv@verkehr.tu-darmstadt.de

Schriftenreihe des Instituts für Verkehr
Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Heft V 16

ISSN 1613-8317

Darmstadt 2005

Vorwort

Viele Menschen haben zu dieser Arbeit beigetragen. Ihnen allen gilt meine aufrichtige Wertschätzung und mein herzlicher Dank.

Die Arbeit entstand während der Zeit meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt. Der Leiter des Fachgebiets Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze, gab den Anstoß zur Bearbeitung der Fragestellung und übernahm die Betreuung der Dissertation. Er förderte die Arbeit mit wichtigen inhaltlichen Impulsen, konstruktiver Kritik, der Vermittlung von Kontakten und der Eröffnung von Gelegenheiten zum wissenschaftlichen Diskurs. Das Vertrauen, dass er in mich als jungen Ingenieur gesetzt hat, war mir stets ein großer Ansporn.

Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich vom Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau an der Universität Hannover übernahm das Korreferat und unterstützte die Arbeit mit wertvollen Beiträgen und Anregungen.

Herr em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Hans-Georg Retzko weckte zu Studienzeiten bereits früh mein Interesse am Verkehrswesen und beeinflusste dadurch wesentlich meinen Werdegang. Er begleitete die Arbeit mit stetigem Interesse und manchem hilfreichen Ratschlag.

Mit meinen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Verkehr und am ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme verband mich eine offene und freundschaftliche Zusammenarbeit. In unterschiedlicher Weise, durch aufschlussreiche Diskussionen, Beiträge und Rückmeldungen trugen vor allem Dr.-Ing. Volker Blees, Dipl.-Ing. Matthias Bohlinger, Dr.-Ing. Rainer Stephan, Dr.-Ing. Petra Schäfer, Dipl.-Ing. Stefan Krampe, Dipl.-Ing. Uli Vietor und Dipl.-Ing. Christine Breser zu der Arbeit bei. Annita Eastman und Johanna Nagy-Blohberger halfen mir bei den administrativen Aufgaben. Viele studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterstützten mich engagiert bei Datenauswertungen und Verkehrsbeobachtungen, und zum Schluss behielt Bastian Krönung bei Programmierarbeiten den Durchblick.

Die für die Lichtsignalsteuerung verantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Städte Darmstadt, Mannheim, Stuttgart und Frankfurt am Main ermöglichten die Beispielanwendungen durch die Bereitstellung von Daten und Informationen.

Die Arbeit entstand zu großen Teilen im Rahmen eines Forschungsauftrags des BMVBW. Die reibungslose Projektabwicklung durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), vertreten durch Frau Dr.-Ing. Birgit Hartz, und die konstruktive Begleitung durch den Betreuerkreis (Mitglieder: Dr.-Ing. Peter Häckelmann, Dipl.-Geophys. Jörg Lange und Prof. Dr.-Ing. Herbert Stadt) waren weitere wichtige Erfolgsfaktoren.

Letztlich hätte diese Arbeit nicht gelingen können ohne den verlässlichen Rückhalt in meinem privaten Umfeld. Insbesondere meiner Frau Nicole Krönung habe ich viel Geduld und Verständnis abverlangt. Für alle ideelle und praktische Unterstützung und die stetige Ermutigung gebührt ihr sowie meinen Eltern Ernst Reußwig und Erika Reußwig, meiner Schwester Stefanie Reußwig, meiner ganzen Familie und meinen Freundinnen und Freunden mein besonderer Dank.

Hanau, im Mai 2005

Achim Reußwig

Kurzfassung

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 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 diene 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.

Abstract

Since traffic signal control substantially contributes to road traffic safety and effectiveness, high quality standards are expected from it. In order to fulfill those requirements, particularly facing a stock of old traffic signals that continues to grow, a regular comprehensive quality review should be conducted which enables the recognition and elimination of defects at an early stage.

The research project aimed at developing an expenditure-optimised procedure and associated tools to systematically apply quality management for traffic signals.

Initially traffic signal control is discussed in detail under the terms of quality management standard ISO 9000. The procedure concept based on this consists of evaluations of accident data, process data and operating monitoring data as well as on-site observations. The results are used to assess traffic flow quality and traffic safety in the road network and at single intersections.

To identify adequate measures for quality improvement, an extensive knowledge base is utilized together with the acquired information. Such IT-based knowledge management is assembled to provide the expertise on how to eliminate typical defects concerning intersection layout, traffic control and infrastructure. Criteria to verify suitability and applicability are incorporated.

When being tested at different intersections, the modular structure of the procedure has been proven to yield valid information on the current level of quality as well as to compile a catalogue of action recommendations for quality improvement. The procedure can be applied with moderate expenditure and thus may promote common application of quality management for traffic signals in the future.

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ziel der Untersuchung	2
1.3	Erwartungen	3
1.4	Vorgehensweise	3
1.5	Aufbau des Untersuchungsberichts.....	5
2	Grundlagen	6
2.1	Begriffsbestimmungen	6
2.1.1	Qualität.....	6
2.1.2	Fehler und Mangel.....	7
2.1.3	Produkt, Prozess und Akteur	7
2.1.4	Weitere Differenzierungen des Qualitätsbegriffs	8
2.1.5	Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement	9
2.2	Lichtsignalanlagen als Anwendungsbereich des Qualitätsmanagements	10
2.2.1	Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen.....	10
2.2.2	Elemente des Qualitätsmanagements an Lichtsignalanlagen.....	12
2.3	Produktbezogene Qualitätsbetrachtung	15
2.3.1	Allgemeines	15
2.3.2	Verkehrssicherheit	15
2.3.3	Güte des Verkehrsablaufs	17
2.3.4	Wechselwirkungen zwischen der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs	18
2.3.5	Weitere Zielbereiche.....	19
2.4	Prozessbezogene Qualitätsbetrachtung.....	20
2.5	Systemelemente der Lichtsignalanlage.....	23
2.6	Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung	24
2.7	Zusammenfassung	25
3	Verfahrensentwicklung	27
3.1	Verfahrensziele.....	27
3.1.1	Allgemeines	27
3.1.2	Effizienz	27
3.1.3	Flexibilität	28
3.1.4	Transparenz.....	28
3.1.5	Übertragbarkeit	29

3.2	Ablauf des Verfahrens	29
3.2.1	Überblick	29
3.2.2	Typisierung	32
3.2.3	Hilfsmittel	35
3.3	Gesamtbetrachtung der Lichtsignalsteuerung in einem Straßennetz	35
3.3.1	Ziele und Grundsätze	35
3.3.2	Flächendeckende Unfallanalyse.....	36
3.3.3	Flächendeckende Analyse der Güte des Verkehrsablaufs	39
3.3.4	Technische, strategische und organisatorische Rahmenbedingungen.....	40
3.4	Qualitätsanalyse einzelner Lichtsignalanlagen	42
3.4.1	Datenerfassung und Datenanalyse	42
3.4.2	Qualitätsbewertung.....	55
3.5	Qualitätsverbesserung.....	57
3.5.1	Handlungsfeld.....	57
3.5.2	Verbesserungsstrategien.....	59
3.5.3	Identifikation geeigneter Maßnahmen	66
3.5.4	Abschätzung der Wirkung von Verbesserungsmaßnahmen.....	69
3.5.5	Wirkungsmessung mit Vorher-Nachher-Untersuchung.....	73
3.5.6	Ermittlung der Maßnahmenkosten	73
3.5.7	Wissensmanagement	73
3.6	Dokumentation.....	75
3.7	Handungsleitfaden	76
3.7.1	Allgemein	76
3.7.2	Tabellarische Übersicht	77
3.7.3	Formulierungsvorschlag für einen Abschnitt „Qualitätsmanagement“ in den <i>RiLSA</i>	78
3.8	Zusammenfassung	79
4	Beispielanwendungen	82
4.1	Ziel	82
4.2	Auswahl der Lichtsignalanlagen	82
4.3	Durchführung	83
4.4	Methodische Bewertung	84
4.4.1	Allgemeines	84
4.4.2	Bewertung der Verfahrensschritte	85
4.4.3	Gesamtbewertung	91
4.5	Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung.....	92
4.5.1	Allgemeines	92
4.5.2	Nutzen	92
4.5.3	Kosten.....	93
4.5.4	Nutzen-Kosten-Abwägung.....	95
4.6	Zusammenfassung	96

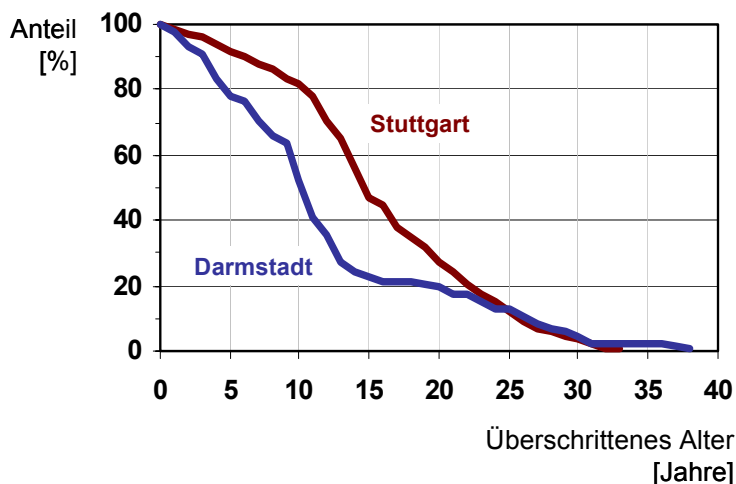
5	Ausblick	98
5.1	Allgemeines	98
5.2	Weitere Umsetzung des Qualitätsmanagements	98
5.2.1	Klärung der Verbindlichkeit von Forderungen im Richtlinienwerk	98
5.2.2	Betriebswirtschaftliche Wirksamkeit.....	99
5.3	Weiterentwicklung der Wissensbasis	99
5.3.1	Vorher-Nachher-Untersuchungen zur Absicherung von Wirkungsabschätzungen	99
5.3.2	Organisation der Wissensakquisition	99
5.3.3	Ergänzung einer Fallbasis.....	100
5.4	Konzeptionelle Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements.....	100
5.4.1	Stärkung der Nutzerorientierung.....	100
5.4.2	Musterhandbuch Qualitätsmanagement	101
5.4.3	Auditierung und Zertifizierung.....	101
	Literatur	102
	Anlagenverzeichnis	107
	Bildverzeichnis	108
	Tabellenverzeichnis	109
	Abkürzungsverzeichnis	110

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 2001^b).

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 der für das Leistungspotenzial der Lichtsignalsteuerung in der Regel ausschlaggebenden Systemkomponente. 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 (1988^b) 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 gerätetechnischer 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 1000 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.

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

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).

Neben der Nichtausschöpfung technischer Potenziale führt die Alterung von Lichtsignalanlagen zum vermehrten Ausfall einzelner Komponenten wie Detektoren und Signalgebern. Langfristige Veränderungen der Verkehrsnachfrage führen dazu, dass die Signalprogramme nicht mehr an das aktuelle Verkehrsaufkommen angepasst sind². 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 unterworfenener Erneuerungs- und Instandhaltungsbedarf.

Entscheidungen über Investitionen im Bereich der Lichtsignalsteuerung werden häufig beeinflusst

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

1.2 Ziel der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen des Forschungsauftrags „Qualitätssicherung für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) entstanden. Sie verfolgt das Ziel, einen Verfahrensvorschlag vorzulegen, der es den Betreibern von Lichtsignalanlagen ermöglicht, auf einfache 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 für die Verfahrensanwendung ist der Aufbau einer Wissensbasis, die sowohl die Erkennung von Mängeln auch unter Einbeziehung gestalterischer und planerischer Aspekte als auch die Identifikation von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung und deren 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 weitreichend 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.

² Zur Alterung von Lichtsignalprogrammen vgl. KÜLZER (1996), auch BELL (1983).

1.3 Erwartungen

Die Untersuchung ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass Elemente des Qualitätsmanagements in vielen Wirtschaftsbereichen dazu beitragen, Prozesse zu verbessern, die Qualität von Produkten zu steigern und dadurch deren Akzeptanz beim Kunden zu erhöhen. Mit der Anwendung solcher Elemente im Bereich der Lichtsignalsteuerung wird die Erwartung verbunden, dass auch hier eine Qualitätsverbesserung erreicht und die Zufriedenheit beim Nutzer, dem Verkehrsteilnehmer, erhöht werden kann.

Die Einführung und regelmäßige Anwendung von Instrumenten des Qualitätsmanagements erfordert einen finanziellen und personellen Aufwand. Es besteht jedoch die Erwartung, dass dieser durch verschiedene Nutzwerte überkompensiert wird. Volkswirtschaftliche Kosten können durch eine Reduktion von Unfällen und Staus verringert werden, Fehlentscheidungen können vermieden und Investitionsmittel 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.

Das wissenschaftliche Umfeld der vorliegenden Untersuchung ist geprägt von der eingehenden Diskussion der Fragestellung in den einschlägigen Fachgremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Sie findet dort ihren Ausdruck in einer ersten Aufnahme des Themas in den *Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) – Teilfortschreibung 2003* (FGSV 2003) sowie in der vorgesehenen höheren Gewichtung der Fragestellung in der seit 2003 bearbeiteten vollständigen Neufassung der *RiLSA 92* (FGSV 1992).

1.4 Vorgehensweise

Die Inhalte der einzelnen Arbeitspakete der Untersuchung sind in **Bild 2** dargestellt.

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

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

Bild 2: Arbeitspakete der Forschungsarbeit

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-gestützten 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, Knotenpunktausstattung) zu erkennen, die latente Unfallgefahren oder Mängel im Verkehrsablauf begünstigen.

Im **AP 3** wurde eine mit den Hilfsmitteln abgestimmte Wissensbasis aufgebaut, welche die notwendigen Informationen liefert, um bestimmten Mängeltypen (ungeeignete Systemkomponenten, fehlerhafte Steuerungsparameter) geeignete Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung zuzuordnen.

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 Rahmen der Arbeiten zu **AP 2** und **AP 3** wurden Prototypen der EDV-gestützten Hilfsmittel entwickelt und im **AP 4** eingesetzt.

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.

Tabelle 1: Wissenschaftliche Methoden der Untersuchung

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

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. Es 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. In **Abschnitt 3.6** wird die Dokumentation der Tätigkeiten des Qualitätsmanagements beschrieben. Das Kapitel wird abgeschlossen durch dem Handlungsleitfaden mit der tabellarischen Übersicht über die Verfahrensschritte des Qualitätsmanagements sowie dem Textvorschlag für die Behandlung des Qualitätsmanagements im Rahmen der Neufassung der *Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA)*.

In **Kapitel 4** wird die beispielhafte Anwendung der Verfahrensweise an Einzelknotenpunkten (**AP 4**) beschrieben und es werden die Ergebnisse der methodischen Bewertung (**AP 5**) dargestellt. Orientiert an den einzelnen Verfahrensschritten enthalten die **Abschnitte 4.1** bis **4.3** die Dokumentation der Beispielanwendungen sowie **Abschnitt 4.4** deren methodische Bewertung. In **Abschnitt 4.5** wird detailliert auf wirtschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit der Anwendung des Verfahrens eingegangen.

Kapitel 5 enthält einen Ausblick auf verbleibende offene Fragen, die einer zukünftigen Befassung bedürfen. Dabei wird in **Abschnitt 5.1** zunächst auf die weitere Entwicklung des Umfelds für die Anwendung von Qualitätsmanagement eingegangen. **Abschnitt 5.2** enthält Hinweise zur Weiterentwicklung der Wissensbasis, und in **Abschnitt 5.3** werden Aspekte der konzeptionellen Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements benannt.

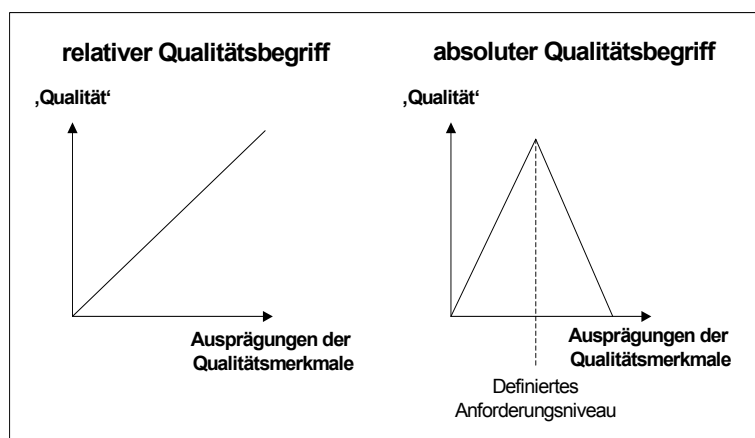
Der **Anhang** enthält die systematische Aufbereitung der qualitätsrelevanten Elemente der Lichtsignalanlage, die Zusammenstellung der verwendeten Qualitätskenngrößen einschließlich der Bewertungsvorschriften, den Katalog der Verbesserungsmaßnahmen und die Offenlegung der Wissensbasis zu ihrer Identifikation, den vollständigen Handlungsleitfaden, sowie den Formulierungsvorschlag für die Neufassung der *RiLSA 92* und abschließend die Dokumentation der Verfahrensanwendungen.

2 Grundlagen

2.1 Begriffsbestimmungen³⁴

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 weitgehend heterogenes und diffuses Begriffsverständnis zu Tage. 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.

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

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 **Anforderung** ein „Erfordernis oder Erwartung, das bzw. die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist“. Von einem Qualitätsmerkmal wird in Folge 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“,

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 am Ende des Berichts zusammengestellt.

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 erreicht⁵.

2.1.2 Fehler und Mangel

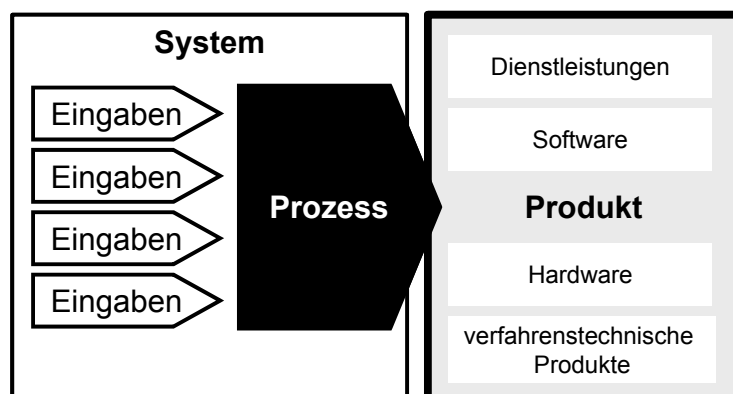
Die Nichterfüllung einer Anforderung wird in der ISO 9000:2000 als **Fehler** bezeichnet. Führt die Nichterfüllung zur Beeinträchtigung des beabsichtigten Gebrauchs einer Einheit, so wird von einem **Mangel** gesprochen. Von Bedeutung ist hierbei, dass die Feststellung eines Mangels im Gegensatz zu der 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 verändern sich auf Grund 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. auf Grund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder verbesserter technischer Möglichkeiten einem dynamischen Wandel, so dass 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 allgemeine Begriff „Leistungsempfänger“ und auf Grund derselben Erwägungen statt „Lieferant“ der Begriff „Leistungserbringer“ verwendet werden.

2.1.4 Weitere Differenzierungen des Qualitätsbegriffs

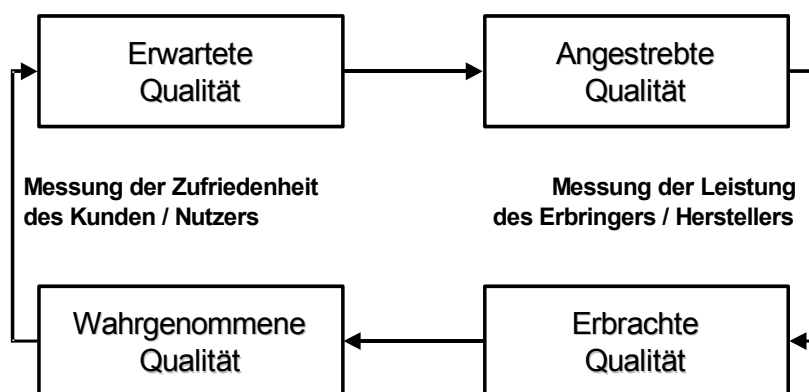
Im Hinblick auf die spätere Anwendung des Qualitätsbegriffs auf Lichtsignalanlagen kann dieser geeignet weiter differenziert werden:

- in den prozessbezogenen und den produktbezogenen Qualitätsbegriff⁶;
- in die unterschiedlichen Qualitätsbegriffe im Qualitätskreis (nach EN 13816); und
- in den schwächengerichteten und den stärkengerichteten 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.

Bild 5: Qualitätskreis (nach EN 13816)

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

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

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

Der **stärkergerichtete 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 zu Grunde: „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 90-er Jahre in gleichem Verständnis gebrauchten Begriff **Qualitätssicherung**. Dieser wird heute in einem engeren Sinn auf die Qualitäts-

management-Darlegung angewendet, die darauf gerichtet ist, Vertrauen in die Qualitätsfähigkeit einer Organisation zu erzeugen⁷.

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 bezüglich Qualität und Qualitätsmanagement zugänglich.“ Die Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlagen ist zweifellos als eine solche zielgerichtete Tätigkeit anzusehen, so dass 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, Qualitätsaussagen 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* ist⁸

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 weitgehend 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 können⁹:

- 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 erwünschten 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 zu Grunde, wie sie bezogen auf die Güte des Verkehrsablaufs ursprünglich im angelsäch-

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.

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 1988^a).

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.

sischen Raum im Highway Capacity Manual (HCM, TRB 2000) beschrieben mit dem *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen* (HBS, FGSV 2001^a) 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 eingeführt.

Gegenstand der **prozessbezogenen Qualitätsbetrachtung** ist die Erzeugung eines abgestimmten Bündels von Steuerungseingriffen, die 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 und die Anforderungen beschrieben sowie Anweisungen oder Hinweise enthalten, mit welchen Handlungen und unter Anwendung welcher Kenngrößen diese Zustände zu erreichen sind. 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.

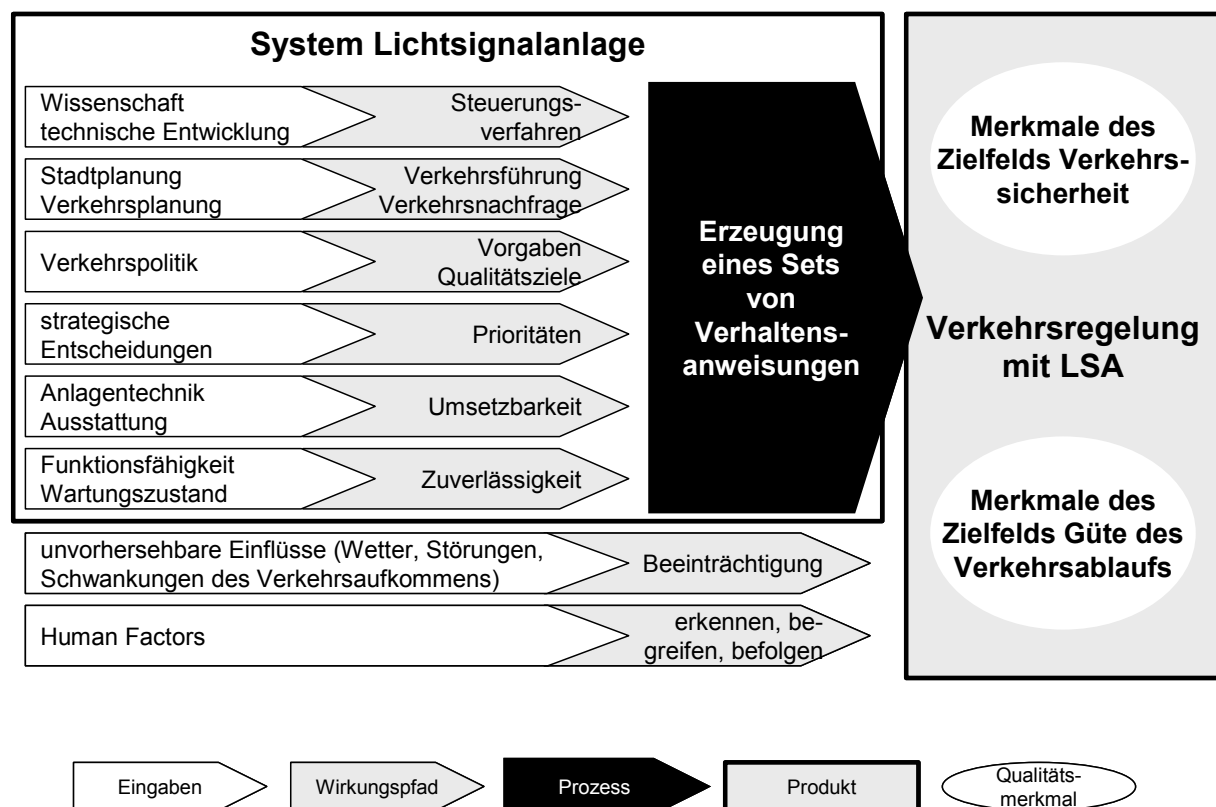


Bild 6: Einflussfaktoren und Wirkungsbeziehungen der Qualität der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage

Tabelle 2: Gegenüberstellung der prozessbezogenen und der produktbezogenen Qualitätsbetrachtung an Lichtsignalanlagen

Betrachtungsgegenstand	produktbezogene Sichtweise	prozessbezogene Sichtweise
Bezugseinheit	Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage	Lichtsignalanlage
Träger der Qualitätsdefinition	Leistungsempfänger: Verkehrsteilnehmer	Leistungserbringer: Betreiber der Lichtsignalanlage
Qualitätsziele	Erhöhung der Verkehrssicherheit. Verbesserung des Verkehrsablaufs.	Gewährleistung, dass die gewünschte Qualität der Verkehrsregelung bei maximaler Effektivität des Mitteleinsatzes und verbunden mit minimalen unerwünschten Auswirkungen auf das Umfeld dauerhaft erreicht wird.
Qualitätsmerkmale	Kenngroßen des Unfallgeschehens (z.B. Anzahl und Schwere der Unfälle) Kenngroßen der Güte des Verkehrsablaufs (z.B. Wartezeiten, Anzahl der Halte)	Vorhandensein der Systemelemente. Funktionale Gestaltung der Systemelemente. Integration der Systemelemente in das Gesamtsystem. Verfügbarkeit der Systemelemente im Betrieb.
Rahmenbedingungen der Qualitätsprüfung	Die Qualitätsmerkmale sind in der Regel einer Überprüfung mit Hilfe weniger quantitativ, qualitativ oder deskriptiv zu erfassender Kenngrößen zugänglich.	Es ist eine Vielzahl einzelner Systemelemente zu überprüfen. Hierfür sind spezifische Hilfsmittel und Bewertungsvorschriften erforderlich.

- 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 Lichtsignalanlage, im prozessbezogenen Kontext vom System Lichtsignalanlage gesprochen. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale beider Sichtweisen sind in der **Tabelle 2** 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 u. a. in der Arbeit der Unfallkommission sowie im Verfahren des Sicherheitsaudit 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. Unfalltypen-Steckkarten geführt, die das Erkennen räumlicher Unfalldüpfungen bestimmter Charakteristik 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, so genannte „Verkehrsschauen“ durch, bei denen die Knotenpunktgestaltung und die Verkehrsregelung in Augenschein genommen und überprüft wird.

Mit dem *Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2* (FGSV 2001^b) 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 2002^a) erhielt es auch in Deutschland den Rang einer Handlungsempfehlung. Im Einführungserlass 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 darauf ausgerichtet, mit Hilfe einer an der ISO 9000:2000 orientierten Terminologie die Begriffe des Qualitätsmanagements skizzenhaft inhaltlich zu füllen und so die künftige Entwicklung eines geschlossenen Qualitätsmanagement-Systems 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 3** 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.

Tabelle 3: Anwendungsgrad der Schritte des Qualitätsmanagements nach ISO 9001:2000 im Rahmen des in dieser Untersuchung entwickelten Verfahrens

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 unter Nutzung der Hilfsmittel und 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, v. a. der Wissensbasis.	Aufbau eines Systems zur ständigen Verbesserung des Wissensbestandes.

¹⁰ Vgl. hierzu auch **Kapitel 5**

2.3 Produktbezogene Qualitätsbetrachtung

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 der Verkehrsablauf bei der Steuerung mit einer Lichtsignalanlage sicherer und mit in der Summe aller Bewegungsvorgänge geringeren Behinderungen verbunden ist als bei einer Vorfahrtregelung ohne Lichtsignalanlage.

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 Qualitätsziele 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 latenten Gefährdungen¹², Konflikten¹³ und schließlich zu Unfällen führen. Verantwortlich hierfür können z. B. Fehler in der signaltechnischen Bemessung, eine ungenügende Sicherung bedingt verträglicher Ströme oder eine unklare und unübersichtliche Verkehrsführung sein.

Unfälle sind Ereignisse, die ihrem Wesen nach relativ einfach zu erfassen sind. Sie unterscheiden sich damit von Konflikten, Gefährdungen und dem subjektiven Unsicherheitsempfinden. Mit den Aufzeichnungen über das Unfallgeschehen steht eine weitgehend 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

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.

herangezogen. Dabei ist zwar 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, so dass sich in bestimmten Bereichen Unfälle in charakteristischer Weise häufen können“ (FGSV 2001^b).

Zur Bewertung der Verkehrssicherheit wird das Unfallgeschehen nach Anzahl und Schwere der Ereignisse sowie bestimmter charakteristischer Merkmale aufbereitet. Zu letzteren zählen Kenngrößen der akkumulierten Unfallfolgen und des entstandenen Schadens sowie der Verteilung auf die Ausprägungen des Unfallzeitpunkts, der Licht- und Straßenverhältnisse, der Unfallbeteiligten, der Unfallursache, des Unfalltyps und der Unfallart. Für die Erfassung und Aufbereitung der Daten steht mit den beiden Teilen des *Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen* (FGSV 1998 und 2001^b) eine weithin standardisierte Handlungsanleitung zur Verfügung.

Tabelle 4: Kenngrößen zur produktbezogenen Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Verkehrssicherheit

Kenngröße ¹⁴	
Unfalldichte	UD
<i>geschichtet nach Unfallkategorie: ohne Personenschaden</i>	
<i>mit Personenschaden</i>	UD (P)
<i>mit schwerem Personenschaden</i>	UD (SP)
Unfalldichte mit Beteiligung des ÖV *)	UD _{ÖV}
Unfalldichte mit Beteiligung von Radverkehr *)	UD _{Rad}
Unfalldichte mit Beteiligung von Fußgängern *)	UD _{Fg}
Unfallrate *)	UR
Unfallkostendichte *)	UKD
Unfallkostenrate *)	UKR
mittlere Unfallkosten je Unfall	
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (einstellige Schlüsselnummer)	

*) *geschichtet wie Unfalldichte*

Tabelle 4 enthält die Kenngrößen der Bewertung der Verkehrssicherheit an Lichtsignalanlagen.

Das Maß der Betroffenheit der Verkehrsteilnehmer von Konflikten und latenten Gefahren kann nicht a priori von einer Betrachtung der Verkehrssicherheit ausgeschlossen werden, da Unfälle statistisch sehr seltene Ereignisse sind¹⁵. Ein gehäuftes Auftreten von Unfällen weist zwar auf einen Gestaltungsmangel hin, das Ausbleiben von Unfällen ist jedoch kein hinreichender Nachweis dafür, dass keine sicherheitsrelevanten Mängel in der Verkehrsregelung vorhanden sind. Für eine vollständige Beurteilung der Verkehrssicherheit ist es daher erforderlich, im Rahmen einer prozessbezogenen Qualitätsbetrachtung durch eine Begutachtung des Knotenpunkts und eine Beobachtung des Verkehrsablaufs Konfliktpotenziale und latente Gefahren zu erfassen (näheres hierzu im **Abschnitt 2.4**).

¹⁴ Zur Definition der Unfallkenngrößen vgl. FGSV 1998. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Begriff der Dichte bei der Anwendung auf Punkte im weiteren Sinne (Knotenpunkt) auch ohne Streckenbezug (Länge in km) verwendet wird. Die Unfalldichte wird hier mit Bezug auf einen bestimmten Knotenpunkt ausgedrückt als Anzahl Unfälle pro Zeiteinheit.

¹⁵ 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.

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 Knotenpunkt mit statischer Vorfahrtregelung 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 Güte des Verkehrsablaufs stehen verschiedene 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 Messgrößen 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*). Diese Kenngrößen weisen gegenseitige Abhängigkeiten auf und können mit Hilfe von deterministischen und stochastischen Ansätzen teilweise voneinander abgeleitet werden.

Tabelle 5: Kenngrößen zur produktbezogenen Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Güte des Verkehrsablaufs

Kenngröße	Bezug
mittlere Wartezeit	MIV, ÖV, Fg, Rad
maximale Wartezeit	Fg, Rad
maximale Anzahl erforderlicher Halte je Fahrzeug	MIV
Anteil Durchfahrten ohne Halt	MIV, ÖV
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg, Rad
Auftreten von Reststau	MIV
Rückstaulänge	MIV
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	MIV, ÖV

In der **Tabelle 5** sind für eine Bewertung in Frage kommende Qualitätskenngrößen aufgelistet und den einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen zugeordnet. Nähere Erläuterungen zu den einzelnen Qualitätskenngrößen werden in der **Anlage 3** gegeben.

Zur standardisierten 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, so dass mit Hilfe einer einheitlichen Bewertungsfunktion (Stufen A bis F) die Verkehrsqualität auch bei unterschiedlichem Anlagentyp (räumlicher Bereich, Typ der Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsmittel) vergleichbar dargestellt werden kann.

Der Vorteil dieser Methode ist ihr allgemein anerkannter Bewertungsansatz; die Schwierigkeit liegt jedoch in den relativ scharf formulierten Bereichsgrenzen, so dass zur genauen Zuordnung eine entsprechend genaue Messmethode erforderlich ist (vgl. **Tabelle 6**) Diese ist jedoch bei vielen Kenngrößen mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Beispielsweise kann die Wartezeit bei verkehrshängigen Steuerungen nicht mehr mit geschlossenen mathematischen Modellen bestimmt werden. Häufig lässt sich eine exakte Qualitätsbewertung nur mit Hilfe von Simulationen vornehmen.

Das *HBS* bezieht die Bewertung lediglich auf ein einziges Qualitätsmerkmal je Verkehrsteilnehmergruppe. Dies ist mit der Absicht verbunden, auf einfache Weise zu einer weitgehenden Standardisierung und Vergleichbarkeit von Bewertungen auch unterschiedlicher Elemente des Verkehrsnetzes zu kommen.

Tabelle 6: Grenzwerte für die Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen.
Quelle: *HBS* (FGSV 2001^a)

QSV	zulässige mittlere Wartezeit w [s]				Prozentsatz der Durchfahrten ohne Halt [%]
	Straßengebundener ÖPNV	Fahrradverkehr	Fußgängerverkehr ¹⁶	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	> 35	> 100	< 50

Das Qualitätsmanagement erfordert an dieser Stelle 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 5** genannten Kriterien Berücksichtigung.

Bei Pilotprojekten zum Qualitätsmanagement an Lichtsignalanlagen, bei denen die Qualitätsmessung und Qualitätsbewertung des Verkehrsablaufs allein mit Hilfe von Beobachtungen des Verkehrsablaufs durchgeführt wurde, wurde sich darauf beschränkt, festzustellen, ob ein definiertes Anspruchsniveau der 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 D) oder eine ungenügende Qualitätsstufe (QSV E bis F) vorliegt. Bei der Einbeziehung weiterer Datenquellen kann ein höheres Anspruchsniveau an die Messgenauigkeit gerichtet werden.

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. Ungeachtet dessen bestehen wechselseitige Abhängigkeiten, die sich sowohl in gegenläufigen als auch in verstärkenden Wirkungen äußern können.

¹⁶ Unter den praktischen Gegebenheiten der innerörtlichen Verkehrssteuerung mit Umlaufzeiten von bis zu 90s in der Hauptverkehrszeit können die gegebenen Grenzwerte sehr häufig nicht eingehalten werden. In dieser für die Qualitätsbewertung relevanten Frage besteht Klärungsbedarf.

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 erfordert¹⁷. In jüngerer Zeit wird jedoch verstärkt darauf hingewiesen, dass dieser vorwiegend bei der Anwendung von Festzeitsteuerungen aufscheinende Konflikt durch die fortschreitende Entwicklung intelligenter Steuerungsverfahren entschärft 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 bevorrechtigter 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 Informationen und 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) betroffen¹⁸. Ihre Einbeziehung in eine Güteaussage bezüglich der Verkehrsregelung zieht eine Gewichtungssproblematik 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, können von Bewertungskriterien der Güte des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit direkt abgeleitet werden, sind also nicht unabhängig. Bewertungskenngrößen des Kraftstoffverbrauchs und der Lärmemissionen können als Kombinationen aus den Wartezeiten und den Anhalteerfordernissen gebildet werden, die der Abgasemissionen wiederum aus dem Kraftstoffverbrauch. Die volkswirtschaftliche Kenngröße der Unfallkosten dient als solche bereits zur Bewertung der Verkehrssicherheit. Zeitverlustkosten leiten sich aus den Wartezeiten am Knotenpunkt ab. Die genannten Kenngrößen liefern zudem keine zusätzlichen Informationen für die Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen.

¹⁷ Vgl. hierzu u. a. KRÜGER (1985).

¹⁸ Als Ausnahme hiervon können die Kraftstoff- und Betriebskosten angesehen werden, die per se dem Verkehrsteilnehmer zugeordnet sind.

- 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 Beurteilung der Qualität einer Lichtsignalanlage ist für den Verkehrsteilnehmer als Leistungsempfänger zunächst von geringer Bedeutung, da die Qualität des Systems Lichtsignalanlage – im Gegensatz zu den produktbezogenen Kenngrößen – nicht im Zentrum seiner Qualitätswahrnehmung steht.

Die prozessbezogene Bewertung dient in erster Linie dazu, Ursachen für Mängel aufzudecken und die Handlungspotenziale zur Qualitätsverbesserung zu identifizieren. Die Qualitätsmerkmale des Produkts Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage fließen in die Bewertung als Indikatoren für den erreichten Grad der Optimierung sowie für das *Vorhandensein* von Mängeln ein. Die absolute Bewertung ist Ausdruck des Verhältnisses zwischen der realisierten und der möglichen Verkehrsleistung unter den gegebenen Rahmenbedingungen des verkehrsplanerischen Konzepts, des Verkehrsraumangebots, der verfügbaren Anlagentechnik etc. Sie verdichten sich zu neuen systembezogenen Kenngrößen wie die Nutzung des zur Verfügung stehenden Verkehrsraums, die Nutzung der Freigabezeiten (Auslastung) oder die Abstimmung von Zufluss und Abfluss.

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 Betroffenen (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 verkehrsplanerischen 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.

Bild 7: Handlungsfelder des Qualitätsmanagements in den einzelnen Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage
Dieser Katalog von Voraussetzungen und Tätigkeiten orientiert sich an einem unveröffentlichten Manuskript für das Kapitel „Qualitätssicherung von Lichtsignalanlagen“ der RiLSA-Teilfortschreibung 2003.

Tabelle 7: Mögliche Ausprägungen von Systemelementen

	positive Ausprägung	indifferente Ausprägung	negative Ausprägung	Indikator für die Erfüllung der Anforderung
Vorhanden-sein	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 das Erfordernis (gemäß Regelwerk ¹⁹). Vorliegen fakultativer ²⁰ 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).
System-integration	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.

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

Die Gestaltung aller in direktem funktionalen Bezug zur Zweckbestimmung der Lichtsignalanlage stehenden Systemelemente verfolgt das Ziel zu gewährleisten, dass die gewünschte Qualität der Verkehrsregelung bei maximaler Effizienz 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. des Verkehrsnachfrage, in regelmäßigen Abständen anzupassen.

Während der verschiedenen Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage sind daher die in **Bild 7** dargestellten organisatorische Voraussetzungen zu schaffen und qualitätsbezogenen Tätigkeiten auszuführen.

¹⁹ 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.

²⁰ 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, so dass anhand sachlogischer Erwägungen eine Bewertung vorgenommen werden muss.

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.

Mögliche, auf die genannten Anforderungen bezogene Ausprägungen von Systemelementen sind in **Tabelle 7** dargestellt.

In **Tabelle 8** sind quantitative Messgrößen und qualitative Beschreibungsgrößen aufgelistet, die zur prozessbezogenen Qualitätsbetrachtung und zur Analyse von Mängeln der Systemgestaltung herangezogen werden können. Es finden sich darunter einerseits Kenngrößen, die einem der produktbezogenen Zielbereiche Verkehrssicherheit und Güte des Verkehrsablaufs zuzuordnen sind, als auch solche, die den originär systembezogenen Zielbereich der Betriebssicherheit beschreiben.

Tabelle 8: Kenngrößen zur Systemanalyse

Kenngrößen im Zielfeld Verkehrssicherheit	Bezug
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (dreistellige Schlüsselnummer)	MIV, ÖV, Fg, Rad
Anteilige Unfalldichte nach Unfallzeitpunkt	MIV, ÖV, Fg, Rad
Anteilige Unfalldichte nach Straßenverhältnissen	MIV, ÖV, Fg, Rad
Anteilige Unfalldichte nach Lichtverhältnissen	MIV, ÖV, Fg, Rad
Sichtverhältnisse	MIV, ÖV, Fg, Rad
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrsführung	MIV, ÖV, Fg, Rad
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung	MIV, ÖV, Fg, Rad
Akzeptanz der Verkehrsführung und Verkehrssteuerung	Fg, Rad
Kenngrößen im Zielfeld Güte des Verkehrsablaufs	Bezug
Ausgewogenheit der Freigabezeituteilung	MIV
Kapazitätsverluste	MIV, ÖV
Reaktionszeit der Steuerung nach Anforderung	MIV, ÖV, Fg, Rad
Güte der Koordinierung zwischen den Knotenpunkten	MIV
Güte der Koordinierung an Furten	Fg, Rad
Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten	MIV
Kenngrößen im Zielfeld Betriebssicherheit	Bezug
Robustheit des Systems	2, 3, 4, 5
Ausfallhäufigkeit	1, 2, 3, 4, 5
Verfügbarkeit	1, 2, 3, 4, 5
mittlere Ausfalldauer je Ereignis	1, 2, 3, 4, 5
Inanspruchnahme von Rückfallebenen	2, 3
<i>Erläuterung:</i> 1 = Gesamtanlage 3 = Erfassungseinrichtungen 5 = Kommunikation 2 = Steuergerät 4 = Signalgeber	

2.5 Systemelemente der Lichtsignalanlage

Grundlage der 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 der Gewichtung von Anforderungen der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen,
 - aus weitergehenden verkehrsplanerischen Festlegungen wie der Führung der Hauptverkehrsströme und schließlich
 - aus den Zielvorstellungen des Städtebaus und der Raumordnung
- ergeben.

Bild 8 zeigt eine Übersicht über die Systemelemente der Lichtsignalanlage. **Anlage 1** enthält nähere Erläuterungen zu den einzelnen Systemelementen auf der Grundlage der *RiLSA 92* sowie der Richtlinien und Empfehlungen RAS-K-1 (FGSV 1988^a), EAHV 93 (FGSV 1993^a), EAE 85/95 (FGSV 1995), ERA (FGSV 1995), RAS-Q (FGSV 1996), EFA (FGSV 2002^b) sowie (FGSV 2001^c).

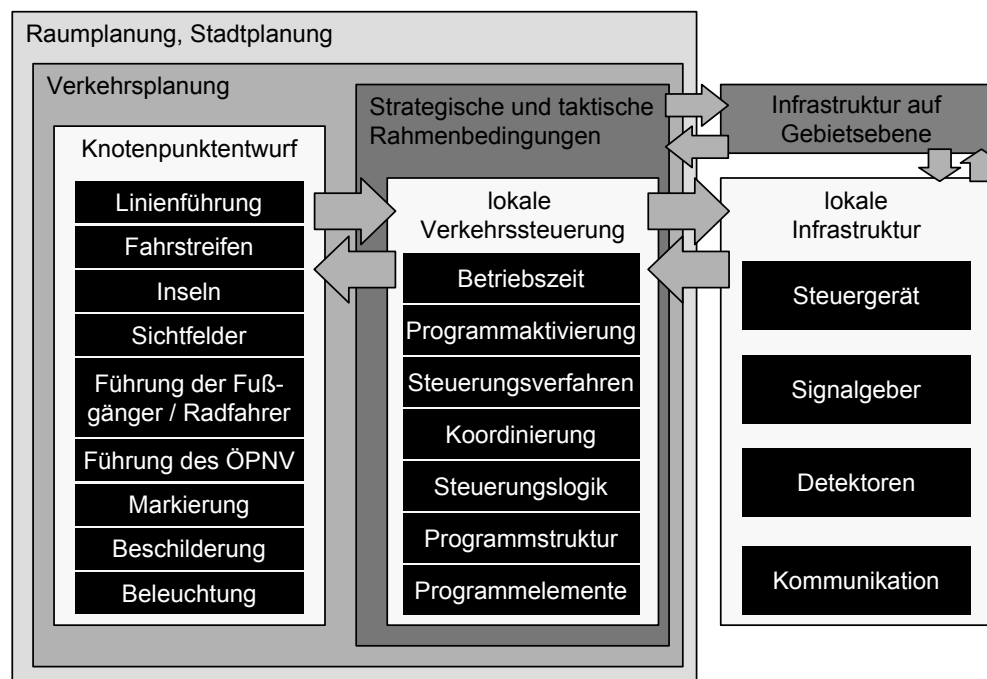


Bild 8: Übersicht über die Systemelemente einer Lichtsignalanlage an einem Knotenpunkt²¹

²¹ Die Verwendung der Begriffe der strategischen, taktischen und lokalen Ebene der Lichtsignalsteuerung orientiert sich hier an FRIEDRICH (1999).

2.6 Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung

Die Handlungsmöglichkeiten zur Qualitätsverbesserung an Lichtsignalanlagen können unterschieden werden nach

- der Wirkungstiefe, d. h. wie weitreichend 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 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 Markierung 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 Mangels 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. Vor allem 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 weitgehend 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 weitgehende 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, so dass 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 können. 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 verschiedenen 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 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 Zusammenhang²². 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 weitgehend 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.

²² Auf die Fragestellung der volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Bewertung des Qualitätsmanagements wird in **Abschnitt 4.5** ausführlich eingegangen.

Zur Erleichterung der Datenhaltung, zur Erhöhung der Verfahrensverständlichkeit und zur Beschleunigung des Verfahrensablaufs ist es sinnvoll, weitgehend auf EDV-gestützte 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.²³

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 anzustrebende Validität und Bedeutsamkeit der Ergebnisse des Verfahrens wird 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 auf 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, so dass 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 flächenhafte, 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 können 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-gestützten Hilfsmittel,
- die den Analysen und Bewertungen zu Grunde 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 Maßnahmenvorschlägen zu Grunde liegenden Datenquellen benannt und Zwischenergebnisse in zweckmäßiger Weise verfügbar gemacht werden.

²³ Vgl. **Abschnitt 4.3.**

Um den Leistungsstand der Lichtsignalsteuerung auch gegenüber einer außerfachlichen Öffentlichkeit dokumentieren zu können, müssen die Ergebnisse in geeigneter Weise allgemeinverständlich 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 allgemeingültiger Aussagekraft,
- die weitgehende Standardisierung des Verfahrens einschließlich der Eingangsgrößen und der Verfahrensergebnisse.

3.2 Ablauf des Verfahrens

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 Verkehrsplanungen, wie sie im Leitfaden für Verkehrsplanungen (FGSV 2001^d) 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. **Tabelle 3**) 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.

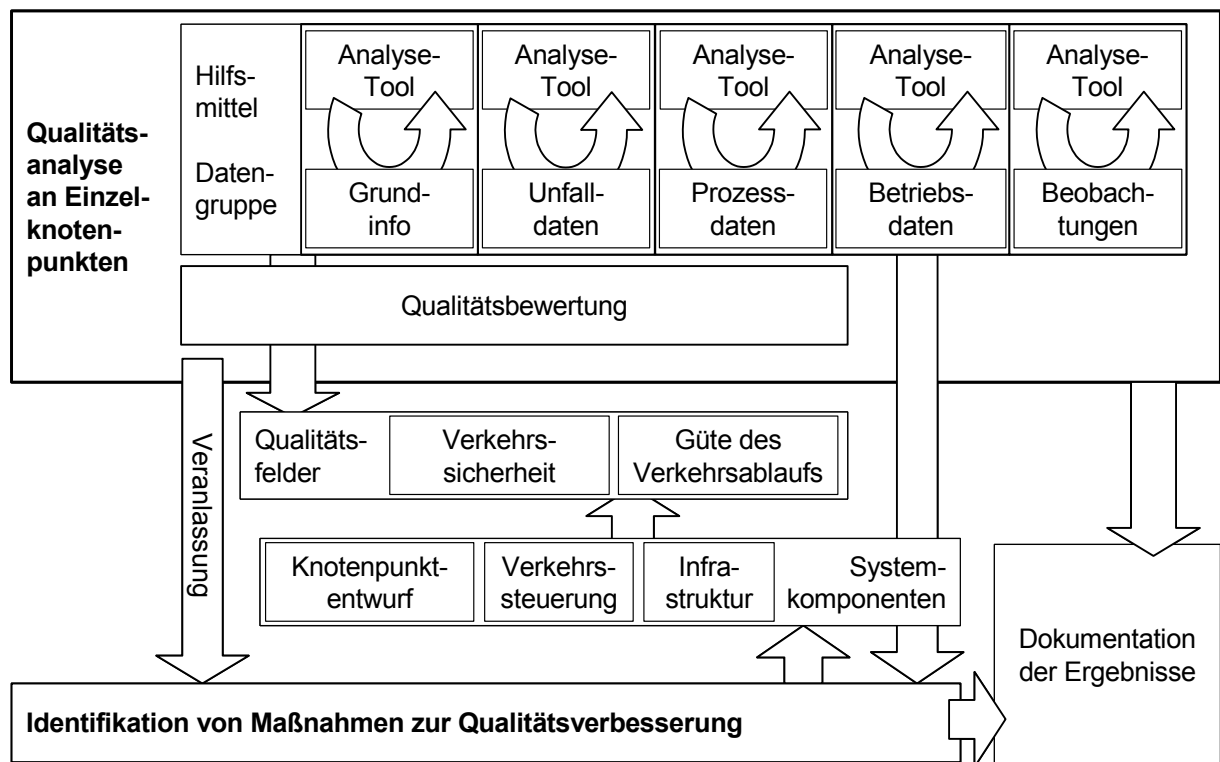


Bild 9: Verfahrensschritte am einzelnen Knotenpunkt

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 wirkungsvolles Qualitätsmanagement sollte daher über die Einzelknotenpunkte hinaus auch die Gesamtsteuerung in die Betrachtung einbeziehen.

Es beruht auf der Kenntnis der Verkehrssicherheit und der Güte des Verkehrsablaufs im gesamten Netz und richtet sich auf generelle organisatorische Voraussetzungen, strategische Festlegungen und technische Rahmenbedingungen der Systemarchitektur.

Mit einer netzbezogenen Betrachtung kann vermieden werden,

- 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 einzelner 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 Gewohnheitshandeln begründete charakteristische Merkmale der Lichtsignalsteuerung zu stereotypen Mängeln führen (Beispiel: Auswahl und Platzierung von Detektoren und Signalgebern oder Führung von Fußgängern); dies gilt in besonderer Weise bei der Durchführung durch Dritte, oder
- 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).

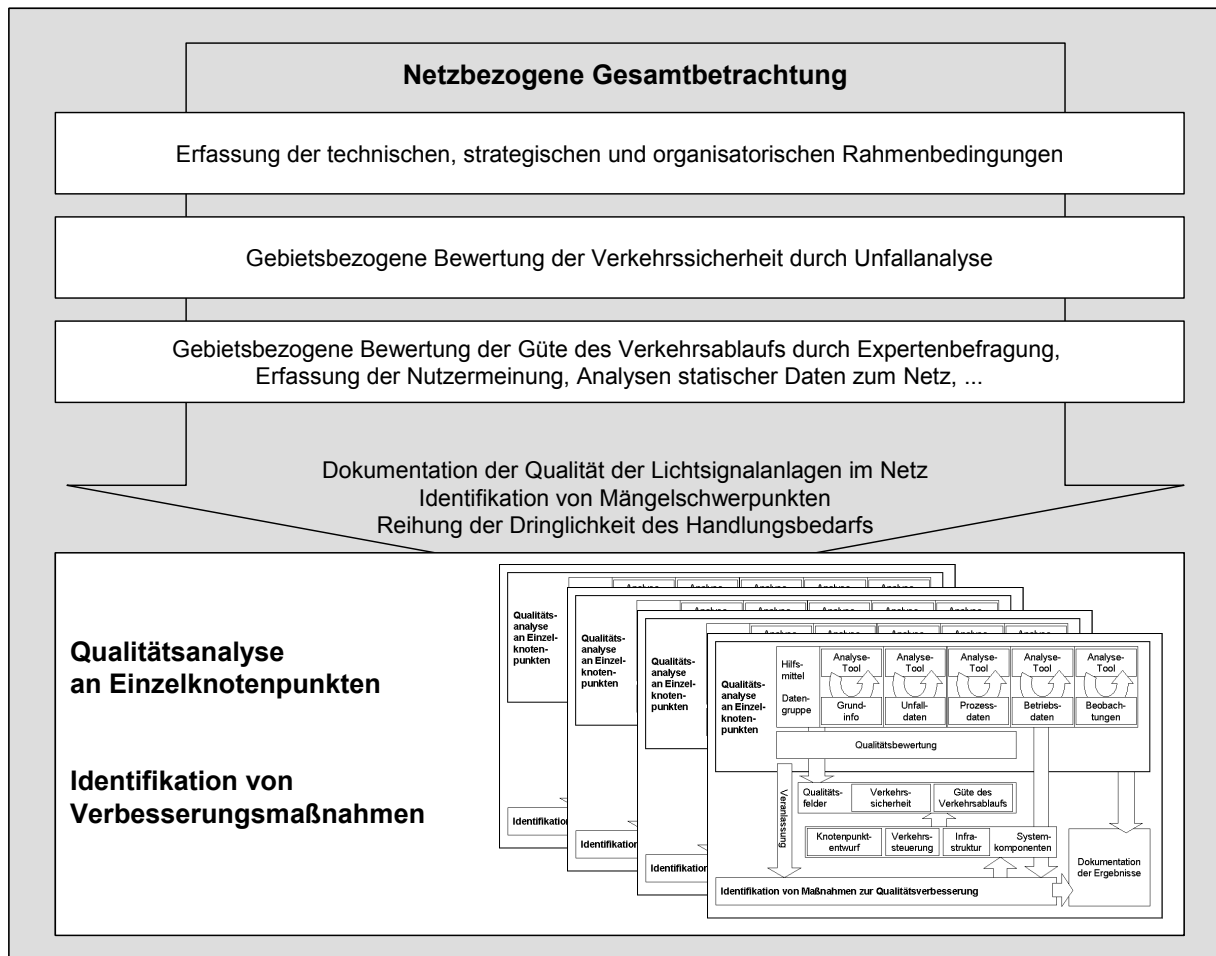


Bild 10: Zweistufiges Verfahren zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen in einem Netz

Eine gebietsbezogene absolute oder relative Bewertung der Qualität gibt dem Aufgabenträger darüber hinaus die Möglichkeit, einzuschätzen, an welchen Lichtsignalanlagen der größte Handlungsbedarf besteht, und auf dieser Grundlage Prioritäten für den Einsatz von Maßnahmen zu setzen. Dies ist besonders bei der ersten Einführung des Qualitätsmanagements von Bedeutung, um die turnusmäßige Betrachtung von Einzelknotenpunkten effizient zu planen. Auch im weiteren betrieblichen Alltag sind Fragen der Prioritätensetzung immer wieder von Bedeutung.

Die Verfahrensweise zum Qualitätsmanagement von Lichtsignalanlagen wird daher ungeachtet der Möglichkeit, es an Einzelknotenpunkten mit umfassendem Ergebnis anwenden zu können, so gestaltet, dass sie in ein zweistufiges Verfahren eingebunden werden kann, bei dem zunächst eine Gesamtbetrachtung 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 die Möglichkeiten der Systemgestaltung von Lichtsignalanlagen weisen eine erhebliche Bandbreite auf. Hieraus ergeben sich ihrem Charakter nach sehr individuelle Aufgabenstellungen bei der Überarbeitung.

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 weitgehend 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** beschriebenen 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, den verfügbaren technischen Möglichkeiten zum Zeitpunkt der Realisierung und den Anwendungen zur Anpassung der Anlage an veränderte Ansprüche sowie zur technischen Modernisierung seit der Inbetriebnahme.

Es ist daher zweckmäßig, bei einer Typisierung vorhandener Lichtsignalanlagen keinen systemtheoretischen 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 einer solchen Aufbereitung sind die in **Tabelle 9** beispielhaft dargestellten „typischen Lichtsignalanlagen“. Dabei kann grundsätzlich zu allen Anforderungsprofilen eine „veraltete“ und eine „moderne“ Lösung beschrieben werden, was hier für einen außerörtlichen „Einzelläufer“ durchgeführt wird.

Diese Annäherung dient der Veranschaulichung und Vereinfachung des Betrachtungsgegenstands bei der Erarbeitung der Verfahrensschritte und beim Aufbau der Wissensbasis²⁴. Bei der Untersuchung einzelner Lichtsignalanlagen ist der Nutzen einer Typisierung von Anforderungsprofilen jedoch begrenzt, da das Auftreten bestimmter Mängel von zu vielen spezifischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen anhängig ist und die Beschreibung pauschaler typischer Mängelsituationen in Bezug auf bestimmte Anlagen kaum erlaubt.

²⁴ Bei einem möglichen Aufbau einer Fallbasis (Beispieldatenbank) kann eine solche Typisierung zudem als Grundstruktur zur Erkennung von „ähnlichen Fällen“ dienen; vgl. hierzu **Abschnitt 5.3.3**.

Tabelle 9: Beispiele typischer Lichtsignalanlagen mit möglichen Ausprägungen von Anforderungen und Merkmalen

Typische Lichtsignalanlagen	Veralteter Einzelläufer	Moderner Einzelläufer	Moderne Anlage an einer Magistrale	Anlage mittleren Alters in erweiterter Innenstadt	Moderne Kernzonenanlage
Anforderungen					
Lage	außerorts	außerorts	Stadtrand	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 Lichtsignalanlage					
Detektorenausstattung	keine	teilweise	umfassend	teilweise	umfassend
Kommunikation	nicht möglich	ansprechbar	ständig	ständig	ständig
Steuerungsverfahren	Festzeitprogramm	Signalprogrammgebung	Signalprogramm-anpassung	Signalprogramm-anpassung	Signalprogrammgebung
Eingriffsmöglichkeit des ÖV	keine	keine	hoch	mäßig	hoch
Abstimmung mit benachbarten Knotenpunkten	keine	keine	Strecken-koordinierung	Strecken-koordinierung	Netzkoor-dinierung

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-gestützte Routinen zur Datenspeicherung und Datenauswertung.
- Ursachenforschung für Qualitätsmängel und Identifikation möglicher Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung durch ein EDV-gestütztes 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 können, bevor der endgültige Katalog von Handlungsempfehlungen erarbeitet wird.

Bei der softwaretechnischen Realisierung der Hilfsmittel sind die folgenden Anforderungen zu berücksichtigen:

- Verwendung einer verkehrstechnischen Fachterminologie in Benutzeroberfläche und Programmcode,
- Definition offener Schnittstellen zwischen den Modulen,
- Schaffung modularer Programmstrukturen,
- Trennung von Logik und Parametern und Schaffung weitreichende Eingriffsmöglichkeiten für den anwendenden Ingenieur, z. B. zur Änderung von Parametern oder zur Nachbearbeitung von Analyseergebnissen,
- Verwendung von anwendungsbezogen ausgewählten Hardwarekomponenten, hierzu zählt vor allem die Durchführung der Beobachtungen am Knotenpunkt mit Hilfe geeigneter tragbarer 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.
- 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.

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

- 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 zu 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, so dass 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* (FGSV 1998), so dass das hierin beschriebene Verfahren als allgemeingültig 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 einer weitergehende Betrachtung festgelegt werden, und

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

- die „weitergehende Untersuchung“, bei der für die einzelnen Unfallschwerpunkte das Unfallgeschehen nach strukturellen Gleichartigkeiten analysiert und mögliche Maßnahmen zur Entschärfung der Unfallsituation diskutiert und festgelegt werden.

Die im 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 weitergehenden 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 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 kategorisiert. Maßgebend ist hierbei die schwerste Unfallfolge, so dass unterschieden wird zwischen

- Unfällen mit schwerem Personenschaden U(SP),
- Unfällen mit leichtem Personenschaden U(LP),
- schwerwiegenden 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 – Fahrurfälle,
- 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 10** dargestellten Grenzwerte.

Tabelle 10: Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen (UHS), Quelle: FGSV (1998)

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

Tabelle 11: Unfallhäufungsstellen-Kategorien sowie Unterscheidungen in Massenhäufungsstellen und normale Unfallhäufungsstellen, Quelle: FGSV (1998)

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“

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

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 11** 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.

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.

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 (Ug) 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

²⁷ Zur Bestimmung der Unfallkosten vgl. **Tabelle 15, Abschnitt 3.4.1.3**.

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 gelegt, Knotenpunkte mit besonderem Handlungsbedarf ausfindig zu machen. Denkbare Vorgehensweisen hierzu sind im Folgenden benannt²⁸:

- Eine Verkehrsnetzanalyse, bei der die Straßen eines Netzes hinsichtlich ihrer Verkehrsfunktion (z. B. nach RAS-N, FGSV 1988^c) 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 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.

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 erkennen²⁹.

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

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

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.

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, vor allem 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 Nachtabstaltung.

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

- 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 Analysezwecken.
- 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** eingeführten 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 ist.

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.

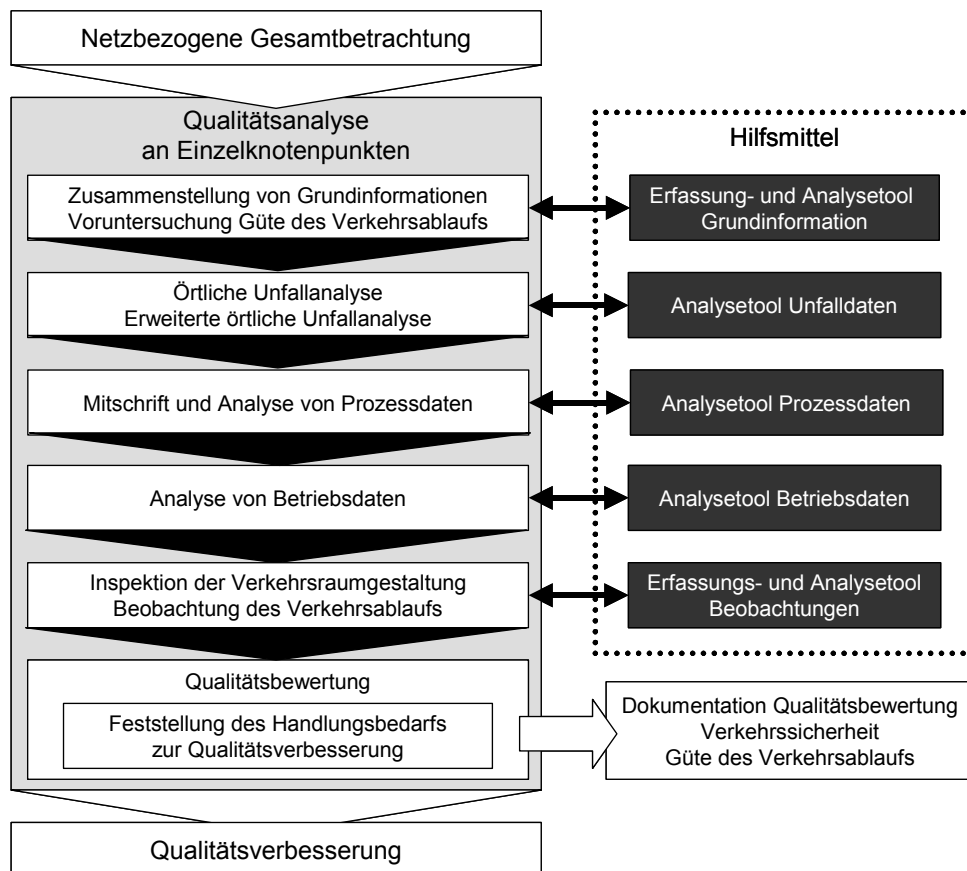


Bild 11: Allgemeiner Verfahrensablauf bei der Qualitätsprüfung von einzelnen Lichtsignalanlagen

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 wird 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.

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 zu Grunde 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 die signaltechnischen Unterlagen entnommen. 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. Phaseinteilung) 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 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 soweit möglich auf Richtlinien und gängige Vorgaben zurückgegriffen.

Tabelle 12 enthält einen Katalog der Grundinformationen, die im Rahmen des Verfahrens obligatorisch erhoben werden.

Tabelle 12: Liste der Grundinformationen, die obligatorisch erfasst werden.

Systembereich	Grundinformation
Rahmenbedingungen	Lage Netzfunktion Verkehrsmengen Strategische Bindungen und Festlegungen
Knotenpunktentwurf	Knotenpunktgeometrie Anzahl und Aufteilung der Fahrstreifen Führung des ÖV Führung des Radverkehrs Führung des Fußgängerverkehrs
Verkehrssteuerung	Steuerungsverfahren Koordinierung Sicherung bedingt verträglicher Ströme Nicht signalisierte Ströme Vorhandensein von Rückfallebenen (Parameter, Programme)
Infrastruktur	Steuergerät Signalgeber Erfassungseinrichtungen Vorhandene Betriebsüberwachungsfunktionen

3.4.1.3 Unfalldaten

Informationsgehalt

Unfalldaten sind als Informationsquelle für die Beurteilung der Verkehrssicherheit wesentlich. 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.

Auf Grund 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.

In der **Tabelle 13** 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 dann besonders 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, so dass 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 weitergehenden 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, indem Schwellenwerte angepasst werden.

Datenanalyse

Das Unfallgeschehen der einzelnen Knotenpunkte wird in Anlehnung an die Voruntersuchung und die weitergehende Untersuchung gemäß FGSV (1998) aufbereitet und analysiert. Ziel dieser Auswertungen ist es, die in der **Tabelle 14** aufgeführten Bewertungs- und Analysekenngößen zu ermitteln. Weiterführende Erläuterungen und Berechnungsvorschriften sind der **Anlage 3** 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 15** 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.

Tabelle 13: Liste der Datenfelder eines Unfalldatensatzes

Datum	Format	Vorgabe
Unfalldatum	Datum	keine
Unfallzeitpunkt	Zeit	keine
Unfallort	Text	keine
Anzahl Getötete	Zahl	keine
Anzahl Schwerverletzte	Zahl	keine
Anzahl Leichtverletzte	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

Tabelle 14: Mit der Unfalldatenanalyse zu ermittelnde Kenngrößen

Kenngröße	*)
Unfalldichte, <i>geschichtet nach Unfallkategorie: ohne Personenschaden, mit Personenschaden, mit schwerem Personenschaden</i>	A
Unfalldichte mit Beteiligung des ÖV +)	A
Unfalldichte mit Beteiligung von Radverkehr +)	A
Unfalldichte mit Beteiligung von Fußgängern +)	A
Unfallrate +)	A
Unfallkostendichte +)	A
Unfallkostenrate +)	A
mittlere Unfallkosten je Unfall	A
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (einstellige Schlüsselnummer)	A
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (dreistellige Schlüsselnummer)	B
Anteilige Unfalldichte nach Unfallzeitpunkt	B
Anteilige Unfalldichte nach Straßenverhältnissen	B
Anteilige Unfalldichte nach Lichtverhältnissen	B

+) *geschichtet wie Unfalldichte**) A: *produktbezogene Betrachtung (Qualitätsbewertung)*B: *prozessbezogene Betrachtung (Systemanalyse)***Tabelle 15:** Pauschale Unfallkostensätze zum Preisstand 2002; Quelle: ISK / GDV (2002)

Unfallkategorie (Schwerste Unfallfolge)		Unfallkostensätze WU [€/U]				
		außerorts		innerorts		
		Autobahn* (1)	Landstraße** (2)	Verkehrsstr. (3)	Erschl.str. (4)	Gesamt (5)
SP	Unfall mit Getöteten oder Schwerverletzten	300.000	270.000	160.000	130.000	145.000
LV	Unfall mit Leichtverletzten	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	Schwerwiegender 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

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 in **Abschnitt 3.3.2** benannten sieben Unfalltypen aus und differenziert sie anhand der geometrischen Ausrichtung der Unfallbeteiligten und den 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 4** 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.

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 ansteigt. 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 der **Tabelle 16** gegeben

Tabelle 16: Möglichkeiten der Erfassung von Prozessdaten

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	zukünftighoch (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)

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 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 17** aufgeführten Bewertungs- und Analysekenngößen zu ermitteln.

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.

Tabelle 17: Mit der Prozessdatenanalyse zu ermittelnde Kenngrößen

Kenngröße	Bezug	*)
mittlere Wartezeit	MIV, ÖV, Fg, Rad	A
maximale Wartezeit	Fg, Rad	A
maximale Anzahl erforderlicher Halte je Fahrzeug	MIV	A
Anteil Durchfahrten ohne Halt	MIV, ÖV	A
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg, Rad	A
Auftreten von Reststau	MIV	A
Rückstaulänge	MIV	A
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	MIV, ÖV	A
Richtlinienkonforme Signalisierungszustände	alle	B
Ausgewogenheit der Freigabezeitteilung	MIV	B
Kapazitätsverluste	MIV, ÖV	B
Reaktionszeit der Steuerung nach Anforderung	MIV, ÖV, Fg, Rad	B
Güte der Koordinierung zwischen den Knotenpunkten	MIV	B
Güte der Koordinierung an Furten	Fg, Rad	B
Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten	MIV	B

*) A: produktbezogene Betrachtung (Qualitätsbewertung) B: prozessbezogene Betrachtung (Systemanalyse)

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.

Weitergehende Informationen zur den Analyse- und Bewertungsvorschriften der Prozessdaten sind in **Anlage 3** gegeben. Eine Übersicht über die Datenverarbeitung der Prozessdatenanalyse gibt **Anlage 5**.

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 Ersatzprogramme 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, so dass die aktuelle Information über den Betriebszustand der Lichtsignalanlage abgefragt werden kann.

Tabelle 18: Möglichkeiten der Erfassung von Betriebsdaten

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)

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 Betriebssicherheit und begünstigt durch geringere Datenmengen deutlich mehr Lichtsignalanlagen eine automatische Übergabe von Betriebsmeldungen in einer zentralen Überwachungseinrichtung leisten. Zur Erleichterung der manuellen Auswertung von Störungsprotokollen wird eine Eingabemaske zur Verfügung gestellt.

Die Möglichkeiten der Übernahme von Betriebsdaten sind in **Tabelle 18** aufgeführt.

Datenanalyse

Ziel der Aufbereitung und der Analyse von Betriebsdaten ist es, die in der **Tabelle 19** aufgeführten Kenngrößen zu erhalten.

Tabelle 19: Mit der Betriebsdatenanalyse zu ermittelnde Kenngrößen

Kenngröße	Bezug +)	*)
Robustheit des Systems	2, 3, 4, 5	2
Ausfallhäufigkeit	1, 2, 3, 4, 5	2
Verfügbarkeit	1, 2, 3, 4, 5	2
mittlere Ausfalldauer je Ereignis	1, 2, 3, 4, 5	2
Inanspruchnahme von Rückfallebenen	2, 3	2

- +) 1 = Gesamtanlage
2 = Steuergerät
3 = Erfassungseinrichtungen
4 = Signalgeber
5 = Kommunikation

- *) A: produktbezogene Betrachtung (Qualitätsbewertung)
B: prozessbezogene Betrachtung (Systemanalyse)

3.4.1.6 Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und Beobachtungen des Verkehrsablaufs

Informationsgehalt

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

Tabelle 20: Mit der Beobachtung am Knotenpunkt zu ermittelnde Kenngrößen

Kenngröße	Bezug	*)
Sichtverhältnisse	MIV, ÖV, Fg, Rad	B
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrsführung	MIV, ÖV, Fg, Rad	B
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung	MIV, ÖV, Fg, Rad	B
Akzeptanz der Verkehrsführung und Verkehrssteuerung	Fg, Rad	B
mittlere Wartezeit	ÖV	A
maximale Wartezeit	Fg, Rad	A
maximale Anzahl erforderlicher Halte je Fahrzeug	MIV	A
Anteil Durchfahrten ohne Halt	MIV, ÖV	A
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	Fg, Rad	A
Auftreten von Reststau	MIV	A
Rückstaulänge	MIV	A
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	MIV, ÖV	A
Ausgewogenheit der Freigabezeituteilung	MIV	B
Kapazitätsverluste	MIV, ÖV	B
Reaktionszeit der Steuerung nach Anforderung	MIV, ÖV, Fg, Rad	B
Güte der Koordinierung zwischen den Knotenpunkten	MIV	B
Güte der Koordinierung an Furten	Fg, Rad	B
Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten	MIV	B

*) A: produktbezogene Betrachtung (Qualitätsbewertung)
B: prozessbezogene Betrachtung (Systemanalyse)

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. Nachteile sind, dass sich diese differenzierte Informationserfassung in der Regel einer automatisierten Auswertung entzieht und dass aus Aufwandsgründen der Beobachtungszeitraum relativ kurz ist und daher in der Regel keine statistisch belastbaren Messergebnisse, sondern nur Hinweise auf Zustände erhoben werden können.

Die Beobachtung am Knotenpunkt bezieht sich auf die in der **Tabelle 20** aufgeführten Kenngrößen.

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-gestützter 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.

Die Inhalte des obligatorischen Teils des Beobachtungsprogramms sind in **Tabelle 21** aufgeführt.

Tabelle 21: Inhalte des obligatorischen Teils der Inspektion der Verkehrsraumgestaltung sowie der Beobachtung des Verkehrsablaufs

Teil	Inhalte	
Sichtverhältnisse	Knotenpunkt und Konfliktflächen andere Verkehrsströme	
Fahrraumgestaltung und Knotenpunkt-ausstattung	Befahrbarkeit von Verkehrsflächen Erkennbarkeit und verkehrssichere Gestaltung von Einrichtungen im Verkehrsraum	
Signalisierung	Erkennbarkeit und Begreifbarkeit Anordnung von Detektoren	
Allgemeine Verkehrsführung	Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrsführung im Zulauf und im Innenbereich des Knotenpunkts Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der wegweisenden Beschilderung	
Fußgängerverkehr und Radverkehr	Befahrbarkeit / Begehbarkeit der Flächen Erkennbarkeit, Begreifbarkeit und sichere Gestaltung der Verkehrsführung Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung	
Auslastung und Reststau im MIV	Beobachtung des Verhältnisses zwischen wartenden und ankommenden Fahrzeugen sowie den abfließenden Fahrzeugen zur Feststellung von dauerhaftem Reststau	
Koordinierung im MIV	Ankunftszeitpunkt von Pulkspitzen (bezogen auf den Signalisierungszustand) Abbruch von Fahrzeugpuls durch zu frühes ROT	
Allgemeine Beobachtungen zum Verkehrsablauf im MIV	Überstauung von Fahrstreifen Überstauung von Knotenpunkten Freigabezeitverteilung ungleichmäßige Fahrstreifenauslastung	Behinderungen im Zufluss Behinderungen im Abfluss Plausibilität der Steuerung
Beobachtungen zum Verkehrsablauf im ÖV	Nutzung der Freigabezeit Behinderungen beim Abfluss	
Beobachtungen zum Verkehrsablauf im Fußgängerverkehr und Radverkehr	Gefährdungen durch bedingt verträgliche Verkehrsströme Auftreten langer Wartezeiten Koordinierung der Führung über mehrere hintereinander liegende Furten Akzeptanz der Verkehrsführung und Verkehrssteuerung Regelwidrige Befahrung der Verkehrsflächen	

Aus Gründen der Aufwandsminimierung werden Inspektion und Beobachtung zeitlich nach der Auswertung der Unfalldaten, Prozessdaten und Betriebsdaten durchgeführt, damit die Erfassung sowohl die obligatorischen als auch der fakultativen, aus den Analysen der anderen Datengruppen als erforderlich hervorgehenden Informationen 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 für das Grundprogramm 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 bietet sich an, mit einer einfachen, datenbankbasierten Hilfsfunktion wichtige Informationen zu den gültigen Regelungen bereitzustellen.

In **Anlage 6** ist das vollständige Beobachtungsprotokoll für eine händische Erfassung mittels einer Checkliste dokumentiert.

3.4.1.7 Aussagegüte

Bei der Zusammenstellung der Verfahrensschritte stellt sich die Frage nach der Aussagegenauigkeit und -sicherheit. Diese wird hauptsächlich von zwei Faktoren bestimmt:

- dem Umfang der Erhebung und
- der geeigneten Auswahl des Untersuchungszeitraums; hierbei ist es in der Regel maßgeblich, bestimmte periodisch auftretende kritische Zeiträume, vor allem Belastungsspitzen, einzubeziehen.

Innerhalb des Verfahrens kommen hinsichtlich des Erhebungsumfangs aus statistischer Sicht unterschiedlich zu bewertende Erhebungsmethoden zum Einsatz:

- Bei der Unfallanalyse und der Betriebsdatenanalyse wird eine vollständige Erfassung aller relevanten Ereignisse³⁰ angestrebt (Vollerhebung). Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn die betrachteten Ereignisse seltener Natur sind. Bei Vollerhebungen ist gewährleistet, dass das gemessene Ergebnis die Realität vollständig abbildet, sofern keine systematischen Messfehler vorliegen. Die Vollerhebung stellt zudem sicher, dass alle kritischen Zeiträume erfasst werden.
- Bei der Prozessdatenanalyse wird in der Regel während eines bestimmten längeren Untersuchungszeitraums eine Vollerhebung durchgeführt. Da der Untersuchungszeitraum jedoch nur einen Teil der Betriebszeit umfasst (z. B. ein Tag), bezieht sich die Untersuchung auf eine Stichprobe, deren Größe die statistische Sicherheit gegen zufallsbedingte Abweichungen vom wirklichen Wert bestimmt. Bei einer ausreichenden Länge des Untersuchungszeitraums kann jedoch das Erfassen periodisch auftretender kritischer Zustände weitgehend sichergestellt werden.

³⁰ Die Bezeichnung „relevantes Ereignis“ bezieht sich auf individuelle, variable Festlegungen. So werden systematisch nur polizeilich gemeldete Unfälle ausgewertet, während die nicht polizeilich gemeldeten Unfälle als irrelevant betrachtet werden. Ebenso ist im System der Betriebsüberwachung festgelegt, welche vom Normalzustand abweichenden Systemzustände als Störung zu klassifizieren sind und entsprechend verzeichnet werden. Diese Festlegungen können selbst Gegenstand einer Überprüfung sein.

- Die Beobachtungen des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt können aus Aufwandsgründen im Allgemeinen nur einen kurzen Untersuchungszeitraum umfassen. Statistisch belastbare Aussagen sind auf dieser Grundlage in der Regel nicht möglich³¹, insbesondere da sich ein Großteil der bei Beobachtungen erhobenen Kenngrößen auf signalisierungsbezogene Zeitintervalle beziehen (z. B. Anteilswerte von Umläufen mit Überlastung). Bedeutender Einflussfaktor der Aussagegüte ist daher eine geeignete Wahl des Untersuchungszeitraums, der darauf abzielt, die Beobachtungen gezielt auf die maßgebenden Verkehrssituationen zu fokussieren (vgl. hierzu **Abschnitt 4.5.2.5**).

Für viele der Qualitätskenngrößen liegen mehrere Mess- bzw. Bewertungsvorschriften vor, die sich in Datenbedarf, Aussagegenauigkeit und Untersuchungsaufwand unterscheiden. In **Anlage 3** sind die einzelnen Varianten der Erhebung diesen Merkmalen zugeordnet und erlauben eine situationsgerechte Anpassung des Verfahrens. Die mit geringem Aufwand verbundenen Schritte stellen zusammen genommen ein Kernprogramm dar, welches bereits einen umfassenden Überblick über die Qualitätsmerkmale erlaubt. Dieses kann anforderungsgerecht um die mit erhöhtem Datenbedarf und Aufwand verbundenen, dafür aber genauere Ergebnisse liefernden Verfahrensweisen verknüpft werden.

3.4.2 Qualitätsbewertung

3.4.2.1 Überblick

Mit der Qualitätsbewertung werden zwei Absichten verfolgt:

- Die Einschätzung, Abschätzung oder Erfassung 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).

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

3.4.2.2 Produktbezogene Qualitätsbewertung

Der produktbezogenen Bewertung der Qualität der Verkehrsregelung liegen die in **Abschnitt 2.3** und **Anlage 3** dargestellten Kenngrößen zu Grunde.

Für einen Teil der Kenngrößen stehen Bewertungsvorschriften mit Schwellenwerten (Anspruchsniveaus) zur Verfügung. Hierzu zählen z. B. die Anzahl gleichartiger Unfälle oder mittlere Wartezeiten zur Ermittlung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV). Grundsätzlich können jedoch für alle Kenngrößen Anspruchsniveaus unter Einbeziehung örtlicher Randbedingungen und Zielvorstellungen definiert und der Bewertung zu Grunde gelegt werden, wenn sie zuvor definiert worden sind. Dabei können Schwellenwerte unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorschriften auch von den in der **Anlage 3** genannten Größen abweichen.

Wenn keine Schwellenwerte vorliegen, 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 des Modus (qualitativ/quantitativ) und des Genauigkeitsgrades kann die Ermittlung der Qualitätskenngrößen unterschieden werden in

- die quantitative Erfassung oder analytische Herleitung einer Kenngröße, mit der vorhandene Bewertungsvorschriften genau angewandt werden können;

³¹ Vgl. hierzu HERZ et al. (1992).

- die quantitative Abschätzung einer Kenngröße, die aus Aufwandsgründen oder aus Gründen mangelnder Datenverfügbarkeit nicht messtechnisch genau erfasst werden können,
- die qualitative Einschätzung einer Kenngröße, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme von Klassifizierungen.

3.4.2.3 Prozessbezogene Qualitätsbewertung

Die Feststellung von Mängeln der Systemgestaltung als prozessbezogene Qualitätsbewertung bezieht sich auf die in der **Anlage 2** 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 3** genannten Kenngrößen und Bewertungsvorschriften,
- durch Verknüpfungen zwischen verschiedenen produktbezogenen Qualitätsaussagen, z. B. Reststau, während andere Ströme nicht ausgelastet sind, 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 Beschreibung der Mängel der Systemgestaltung und ihrer unerwünschten Auswirkungen auf die Güte der Verkehrsregelung greift auf einen Katalog von allgemeinen, typischen qualitativen Mängelaussagen zurück, der in **Anlage 7** enthalten ist. Diese Aussagen sind Ausgangspunkt für die Identifikation von Maßnahmenvorschlägen. Sie können als Datensatz in einem Speicher abgelegt werden. Hierbei sollten Informationen über den räumlichen Bezug (Zufahrt, Verkehrsstrom) und die Datenquelle ergänzt werden.

3.4.2.4 Zusammenfassende Beurteilung

Während der Planungsphase von Lichtsignalanlagen oder im laufenden Betrieb – hier besonders bei adaptiven Steuerungsverfahren – können Optimierungsaufgaben auftreten, die sich einer mathematisch formulierten Bewertungsfunktion unter Einbeziehung verschiedener Qualitätskenngrößen bedienen. In diesem Fall ist es erforderlich, Bewertungsvorschriften auf gemeinsamer Bezugsbasis (z. B. in monetärer Form) für alle relevanten Kenngrößen zu erstellen und diese untereinander zu gewichten, so dass eine zusammenfassende Qualitätsaussage errechnet werden kann.

Im Rahmen des Qualitätsmanagements steht hingegen im Vordergrund, einen Handlungsbedarf der Qualitätsverbesserung bereits anhand einzelner als nicht zufrieden stellend bewerteter Kenngrößen zu identifizieren und auf diese Weise gezielt diejenigen Systemelemente oder Prozesse ausfindig zu machen, die einer Verbesserung bedürfen. Ein Globalurteil kann zu diesem Ziel nur eingeschränkt beitragen und ist aufgrund der Gewichtungproblematik für bestehende Lichtsignalanlagen nicht in allgemeiner Form sachgerecht zu ermitteln. Für eine kleine Gruppe von Anlagen mit spezifischen, vergleichbaren Anforderungen kann indes eine solche Festlegung in Einzelfällen sinnvoll sein.

Für die Regelanwendung erscheint eine vereinfachte, die Aspekte der Produktqualität sowie der Prozessqualität umfassende Bewertungsvorschrift zur Feststellung des Handlungsbedarfs ausreichend. Sie nimmt auf die in der **Anlage 3** beschriebenen Bewertungsvorschriften dahingehend Bezug, dass das Auftreten von mit „-“ (ungenügend) bewerteten produktbezogenen Qualitätskenngrößen sowie die mit „auffälligem“ Ergebnis behafteten prozessbezogenen Kenngrößen näher betrachtet werden. Der Handlungsbedarf ergibt sich nach **Tabelle 22**.

Tabelle 22: Zusammenfassende Qualitätsbewertung

Fall	Bewertung der Produktqualität	Bewertung der Prozessqualität	Handlungsbedarf zur Qualitätsverbesserung
1	positiv	positiv	Es besteht kein Handlungsbedarf.
2	positiv	negativ	Es besteht möglicherweise Handlungsbedarf. Hierfür ist einzuschätzen, ob (vorbeugende) Maßnahmen verhindern können, dass die Systemmängel zukünftig negativ auf die Produktqualität wirken. Dies ist besonders bei Sicherheitsrisiken relevant.
3	negativ	positiv	Es besteht Handlungsbedarf, sofern nicht unveränderliche Rahmenbedingungen für die Mängel im Verkehrsablauf verantwortlich sind. Andernfalls kann es erforderlich sein, den Systemzustand über das allgemeine Anforderungsniveau hinaus zu verbessern.
4	negativ	negativ	Es besteht Handlungsbedarf. Zur Identifizierung geeigneter Maßnahmen sind kausale Zusammenhänge zwischen den Produktmängeln und den Prozessmängeln zu untersuchen. Da es sich bei Fall 4 aus (teilweise) um eine Kombination der Fälle 2 und 3 ohne kausalen Zusammenhang handeln kann, sind die dort aufgeführten Untersuchungen ebenfalls notwendig.

Erläuterung

Produktqualität	positiv =	Alle Kenngrößen sind mit „+“ bewertet. Alle Kenngrößen sind mindestens mit „o“ bewertet, wobei mit „o“ bewertete Kenngrößen unmittelbar durch spezifische Randbedingungen begründet sind und toleriert werden können.
Prozessqualität	positiv =	Es wurden keine Auffälligkeiten identifiziert.

3.4.2.5 Dokumentation

Die Messwerte oder Beschreibungen zu den Kenngrößen der Produktqualität und der Prozessqualität sind gebündelt darzustellen und zu speichern. Hierfür bietet sich die Ablage als standardisierter Datensatz an, in dem neben der qualitätsrelevanten Aussage Informationen zum räumlichen Bezug (Zufahrt, Verkehrsstrom) und die Datenquelle gespeichert werden.

Die Dokumentation der Qualitätsbewertung dient dazu,

- die gewonnenen Qualitätsinformationen in strukturierter Weise für eine vergleichende Bewertung – mit anderen Anlagen oder im zeitlichen Verlauf – bereitzustellen, und
- eine Datenbasis für die Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen zu schaffen.

Der letztgenannte Zweck richtet besonders bei einer EDV-gestützten Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten besondere Anforderungen an die Informationsaufbereitung. Um die Informationen zu nicht zufrieden stellenden Qualitätszuständen vereinfacht aufzubereiten, kann auf einen Katalog von standardisierten Mängelaussagen zurückgegriffen werden. Die in **Anlage 7** den Qualitätskenngrößen zugeordneten Aussagen haben überwiegend qualitativen Charakter, so dass auch bei vereinfachter Datenanalyse – z. B. wenn keine Prozessdaten zur Verfügung stehen – die Mängelsituation bei Produktqualität und Prozessqualität hinreichend beschrieben werden kann.

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 umfasst:

- 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 2**).
- 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.

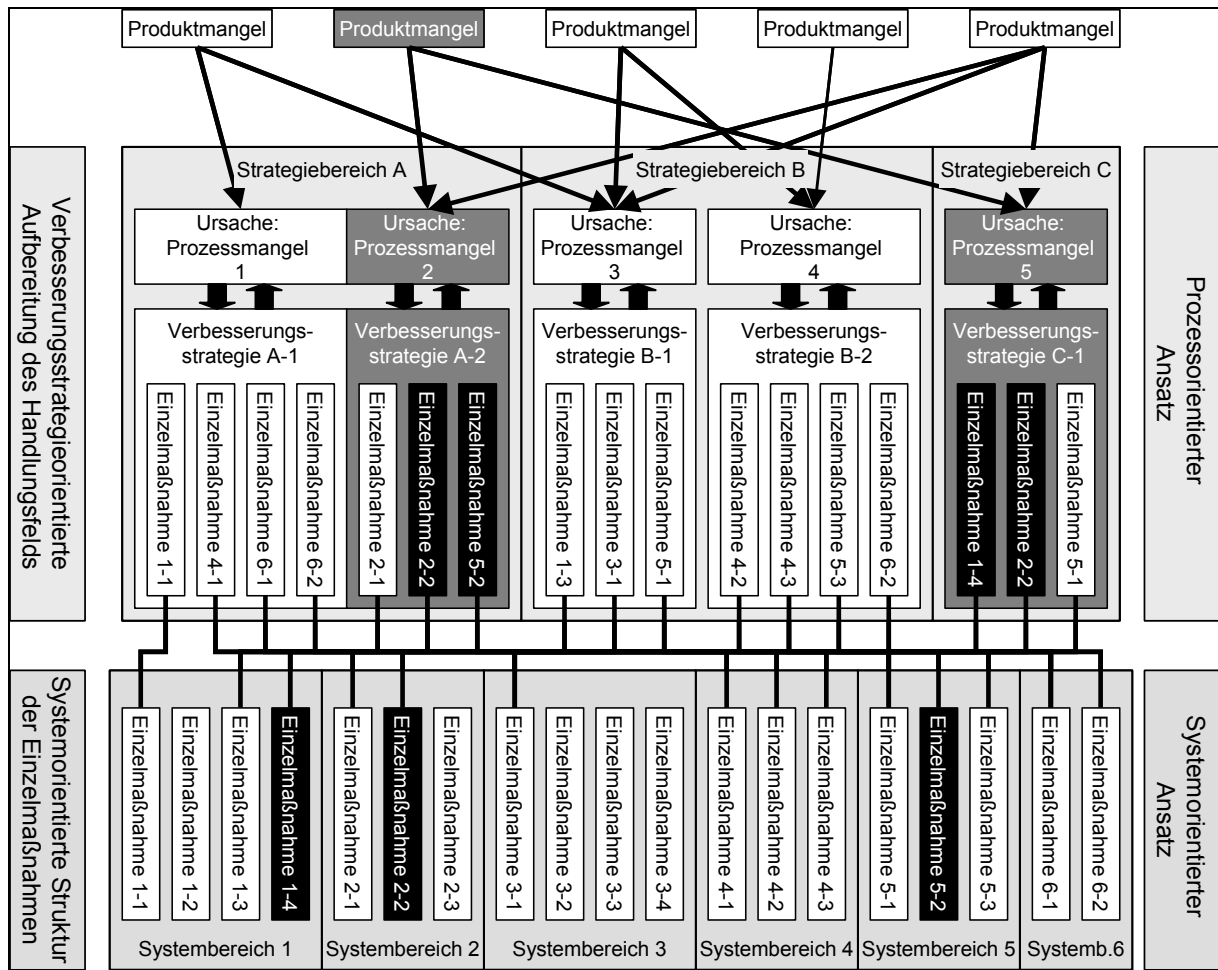
Aus diesen beiden Anforderungen resultiert eine detailliert gegliederte Aufbereitung des Maßnahmenpektrums. Ihre Handhabung wird durch den Einsatz geeigneter Hilfsmittel einfach und nachvollziehbar gestaltet.

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

- Ein **prozessorientierter Ansatz** geht von denkbaren zu behebbenden 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 2**) 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, um 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 zielorientierten, 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.



Erläuterung: Erkennbar ist, wie von einem identifizierten Produktmangel (dunkelgrau) auf zwei mögliche Prozessmängel geschlossen werden kann. Mit diesen korrespondiert jeweils eine Verbesserungsstrategie, die sich verschiedener Maßnahmen bedienen kann. Hieraus sind geeignete Maßnahmen auszuwählen (schwarz; prozessorientierter Ansatz). In der unteren Zeile ist erkennbar, dass sich die in Frage kommenden Maßnahmen auf unterschiedliche Systembereiche beziehen können.

Bild 12: Prinzipskizze der Verknüpfung von Produktmängeln zu Einzelmaßnahmen

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 Einzelmaßnahmen enthält **Anlage 8**³².

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 weitreichend ist, dass die Strategien und Maßnahmen der anderen Bereiche nicht einsetzbar oder nicht wirksam sind. Durch eine Verringerung der allgemeinen Verkehrsnachfrage oder einer 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 in Folge 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 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.

³² Die Zusammenstellung von Verbesserungsstrategien und Maßnahmen in der Anlage 8 verfolgt das Ziel, eine große Bandbreite an Möglichkeiten abzudecken. Notwendigerweise kann dabei nicht jede denkbare Möglichkeit enthalten sein. Je nach Voraussetzungen sind grundsätzlich weitere Maßnahmen denkbar, die geeignet sind, das gleiche oder ein ähnliches Gestaltungsziel zu erfüllen.

Die Zusammenstellung des Maßnahmenkatalogs und die Verknüpfung mit Qualitätsmängeln beruht im Wesentlichen auf den systemanalytischen Betrachtungen zum Aufbau der Lichtsignalanlage und ist auf die in **Abschnitt 2.5** genannten Quellen zurückzuführen, ergänzt durch vielfältige Erfahrungen und Anregungen von Betreibern und weiteren Experten. Als weitere Quellen sind zu nennen: ITE 2003, HUBACHER UND ALLENBACH 2002, FGSV 1993^b.

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 Zufahrtsbereich,
- 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. Die Erleichterung der Orientierung am Knotenpunkt und die Vereinfachung von Verkehrsvorgängen kann 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 Vereinfachung 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, Logik-
anpassungen, 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 kann 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 der einzelnen Ströme 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 Maßnahmen 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, so dass 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.

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 EDV-gestütztes 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 8** zu entnehmen.

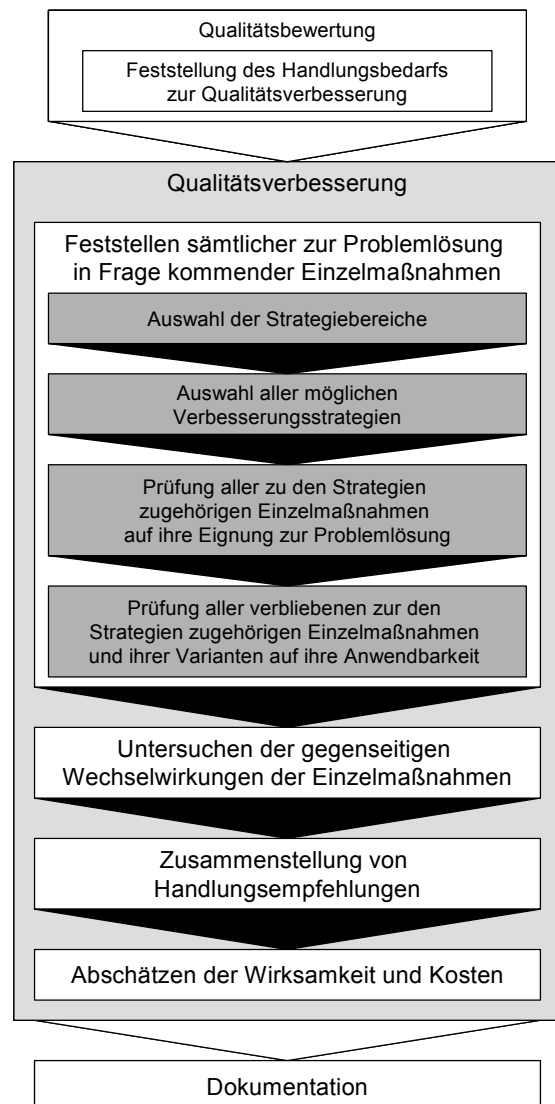


Bild 13: Schritte der Qualitätsverbesserung

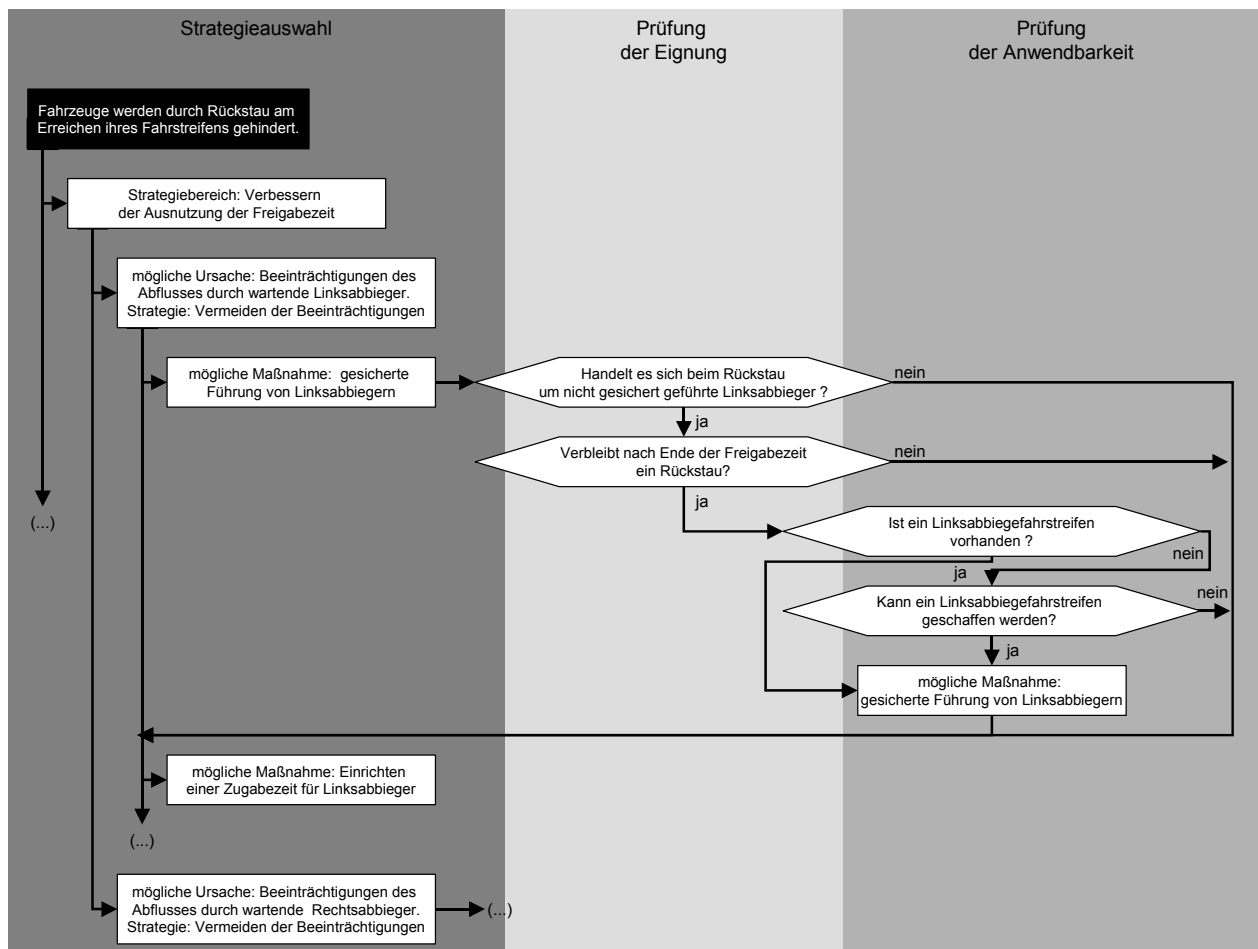


Bild 14: Abgestufte Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Beispiel)

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 8** 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 Maßnahmeneneignung sind der **Anlage 8** zu entnehmen.

Prüfung aller verbliebenen Einzelmaßnahmen auf ihre Anwendbarkeit

Die verbliebenen, zur Problemlösung geeigneten Einzelmaßnahmen werden abschließend daraufhin 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 Prüffragen erfasst werden. Die Prüffragen der Anwendbarkeit von Maßnahmen sind der **Anlage 8** 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 resultierende 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 zu Grunde 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 in Folge 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 zu Grunde.
- **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 zu Grunde. Hierbei werden geeignete Qualitätskenngrößen monetarisiert, und der so beschriebene Nutzen von Maßnahmen wird dem Aufwand gegenüber gestellt.

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 in Folge dessen weniger Unfälle zu erwarten sind. Zur zusammenfassenden Betrachtung von Unfalldichte und Unfallschwere eignet sich hierbei die Kenngröße der pauschalen Unfallkosten gemäß **Tabelle 15**, 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 den daher vielfach nicht klar zu isolierenden Wirkungspfaden kein geschlossenes analytisches und auch kein allgemeingültiges empirisches³³ 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 23** 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.

Tabelle 23: Reduktionspotenzial von Unfällen nach Unfalltypen, Quelle: ISK/GDV, 2002

Unfalltyp	Reduktionspotenzial
Unfalltyp 2 – Abbiege-Unfälle	50 %
Unfalltyp 3 – Einbiegen-Kreuzen-Unfälle	80 %

³³ 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.

Unfalltyp 4 – Überschreiten-Unfälle	50 %
Unfalltyp 6 – Unfälle im Längsverkehr ³⁴	20 %

Die gegenüber FGSV (2001^b) 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 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 eine 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 Planungsfall 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 weitreichende Maßnahmen eine detaillierte Planung erforderlich machen, die über das Verfahren zum Qualitätsmanagement hinaus geht.

³⁴ Unfälle im Längsverkehr (Unfalltyp 6) werden auf Grund der geringeren Unfallschwere üblicherweise vernachlässigt, können aber - sofern ein plausibler Zusammenhang mit den örtlichen Randbedingungen anzunehmen ist - im Einzelfall ebenfalls mit einem Reduktionspotential 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.

- **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 die versuchsweise Anordnung eines Haltverbots oder einfacher baulicher Änderungen wie die 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 weitergehende 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 ($\leq 50s$) verglichen werden.

Die überschlägige Wirkungsabschätzung erfordert die folgenden Eingangsgrößen, die aus den Grundinformationen entnommen, mit Hilfe der Prozessdatenanalyse erhoben oder im Rahmen der Beobachtung am Knotenpunkt 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 profitiert 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 können.

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, so dass 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 sorgt³⁵.

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

- Das in der Literatur vorhandene und der praktischen Anwendung zu Grunde liegende Wissen über die Wirkungsbeziehungen zwischen der Systemgestaltung der Lichtsignalanlage einerseits sowie

³⁵ 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**.

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 Grundschicht enthält die Aussage zur grundsätzlichen Eignung einer Verbesserungsstrategie zur Mangelbehebung.
- Die erste Filterschicht enthält Kriterien, mit denen jede der 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 Auswerterroutinen befriedigt werden kann.

Neben diesen Strukturen enthält die Wissensbasis weitere Informationsspeicher:

- 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 Verfahrensschritte 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.

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.

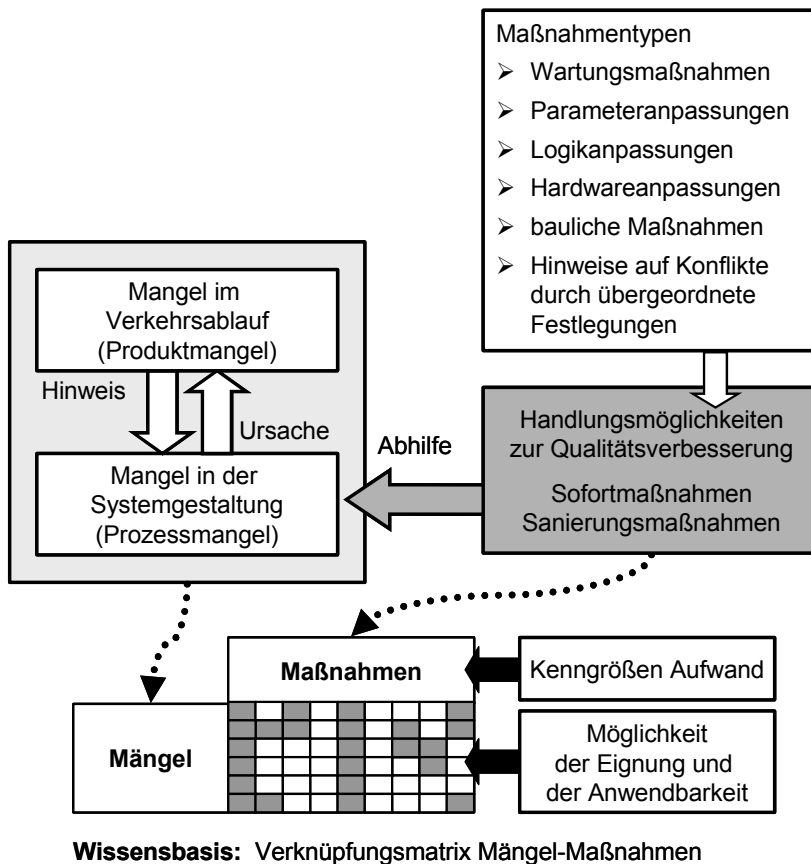


Bild 15: Aufbau der Wissensbasis

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 gegen den die Fachaufsicht wahrnehmenden Behörden und der interessierten 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 Knotenpunkt Ausstattung 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 ist 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 weitgehender Vermeidung von betreiber- oder herstellerbezogener Spezifika verwendet.

3.7 Handlungsleitfaden

3.7.1 Allgemein

Um eine breite Anwendung des in den vorangegangenen Abschnitten 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.

Bei der Formulierung des Handlungsleitfadens wurde darauf geachtet, dass er sich als Grundlage für die Behandlung des Themas „Qualitätsmanagement“ in einer künftigen Neufassung der *RiLSA* eignet.

3.7.2 Tabellarische Übersicht

In der tabellarischen Übersicht sind die Schritte des Qualitätsmanagement 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 Datengruppe, 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 weitergehenden Untersuchungen, die einer vertiefenden Betrachtung im besonderen Fall dienen. Kriterien für die Durchführung weitergehender 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 weitergehenden Schritte ist im Einzelfall mit Blick auf den zu erwartenden Erkenntnisgewinn abzuwägen.

Bei der Festlegung des Turnus wird grundsätzlich von einer jährlichen Anwendung ausgegangen. Dies entspricht den regelmäßigen Abläufen beim Analysieren von Unfalltypen-Steckkarten (gemäß FGSV 1998) und der Arbeit von Unfallkommissionen sowie bei Verkehrsschauen. Ähnliche Forderungen an die Häufigkeit der Überprüfung werden auch zur Sicherung der Güte des Verkehrsablaufs erhoben (vgl. PARSONSON 1992) und werden auch von Verantwortlichen auf Seiten der Betreiber als notwendig erachtet. Eine weitergehende Differenzierung, auch zwischen den verbindlichen und weitergehenden Schritten des Verfahrens, ist auf örtlicher Ebene zu leisten (vgl. **Abschnitt 5.4.2**).

Für die Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten kommt für alle Schritte auch eine ereignisorientierte Anwendung in Frage, wenn sich 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 9** dokumentiert, **Tabelle 24** enthält die Kurzfassung hierzu.

Tabelle 24: Übersicht über die Schritte des Qualitätsmanagements

Phase	Schritt Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Arbeitsschritt
Netzbezogene Gesamtbetrachtung	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	weiterführend	mehr-jährig	Erweiterte flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs
	1.6	verbindlich	jährlich	Prioritätenreihung
Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten	2.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen
	2.2	weiterführend	einmalig	Voruntersuchung Qualität des Verkehrsablaufs
	2.3	verbindlich	jährlich	Überprüfung der knotenpunktbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen
	2.4	verbindlich	jährlich	Örtliche Unfallanalyse
	2.5	weiterführend	jährlich	Erweiterte örtliche Unfallanalyse
	2.6	weiterführend	mehr-jährig	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)	weiterführend	jährlich	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen
	3.3	verbindlich	jährlich	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung

3.7.3 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 24**) ist Bestandteil des Textvorschlags; ergänzend hierzu die sollte die ausführliche Version (**Anlage 9**) in einer Anlage bereit gestellt 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 strategischen 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 Gründen³⁶ durch „Qualitätsmanagement“ ersetzt. Darüber hinaus gehende 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 10** wiedergegeben.

3.8 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* (FGSV 1998), 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 Auswertung 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 und Betriebsdaten sowie die Beobachtungen am Knotenpunkt ergänzen sich zu einer umfassenden Qualitätsbeschreibung der Lichtsignalanlage und erlauben die angepasste Auswahl von Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung.

³⁶ Vgl. Fußnote 7, S. 9.

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 FGSV (1998) und greift zur Beschreibung der Unfalhäufungen auf eine angepasste Liste der Unfalltypen mit dreistelliger Schlüsselnummer zurück.

Prozessdaten sind Informationen zu den Signalisierungszuständen und Detektormeldungen bei verkehrsabhängig 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 am Knotenpunkt 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 Fahrzeugpulk 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 Analysevorschriften 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 ein 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 werden 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.

Für die Durchführung des Qualitätsmanagements für Lichtsignalanlagen wurde eine knapper und übersichtliche 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.

4 Beispielanwendungen

4.1 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.

Im Mittelpunkt der Beispielanwendung stand die Untersuchung an Einzelknotenpunkten. Dabei wurden die Phasen der Qualitätsanalyse von Einzelknotenpunkten (Schritte 2.1 bis 2.10) und der Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Schritte 3.1 bis 3.4) des Handlungsleitfadens durchgeführt. Die netzbezogene Gesamtbetrachtung für die vier beteiligten Städte hätte den Rahmen der Untersuchung gesprengt. Erkenntnisse aus einer vom Verfasser durchgeführten Pilotstudie (ZIV 2002) liegen hierzu jedoch vor und sind in die Formulierung der allgemeinen Ergebnisse eingeflossen.

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 Auswahl der Lichtsignalanlagen

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 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 Lichtsignalanlage zwischen 3 und 15 Jahren,
- ein Signalprogramm, das in den vergangenen drei Jahren nicht mehr wesentlich überarbeitetet 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 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 andere 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.

Das Untersuchungskollektiv ist mit seinen Merkmalsausprägungen in **Tabelle 25** dargestellt.

4.3 Durchführung

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

Tabelle 25: Merkmalsausprägungen der Knotenpunkte

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

Die Datenauswertungen und 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 11 bis 19** enthalten.

4.4 Methodische Bewertung

4.4.1 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 Gesamtbetrachtung eingeordnet.

4.4.2 Bewertung der Verfahrensschritte

4.4.2.1 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 12 (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.

4.4.2.2 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* (FGSV 1998) als standardisierte, erprobte und verbreitet umgesetzte Verfahrensweise ist einfach 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.

4.4.2.3 Mitschrift und Analyse von Prozessdaten (Schritt 2.6)

Anwendung

Die Mitschrift und Analyse von Prozessdaten wurde an den sieben verkehrabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen durchgeführt. Dabei wurden 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 Textdatei 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 ist und einen Erkenntnisfortschritt gegenüber den Beobachtungen darstellt. Die verkehrsabhängigen Reaktionen des Signalprogramms können 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, so dass 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 eine lückenloser Datenbestand erforderlich ist, müssen die Daten in der Regel im Steuergerät zwischengespeichert werden. Wie für die meisten Betriebsüberwachungs- und Qualitätssicherungsfunktionen ist hierfür eine Kompatibilität zwischen Verkehrsrechner und Steuergerät notwendig, die entweder durch herstellerhomogene Systemarchitektur oder durch die Nutzung der OCIT-Schnittstelle gewährleistet wird.

4.4.2.4 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 nur 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 – der 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, so dass 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 schwerwiegend waren, dass eine Klärung und Abhilfe vor Ort erforderlich war.

Bewertung

Die ständige Überwachung der Betriebsdaten und die Verarbeitung von Störungsmeldungen gehört zum Routinehandeln bei der Wartung und im Betrieb von Lichtsignalanlagen. Die Erfassung der Informationen ist jedoch derzeit deutlich darauf ausgerichtet, durch schnelle Eingriffe eine Wieder-

herstellung des geplanten Betriebszustands zu erreichen. Das Unterlassen der dafür nicht unbedingt erforderliche 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 19** genannten Kenngrößen vor allem bei einer Erstanwendung 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. Der sorgfältigen und lückenlosen Führung von elektronischen, zumindest aber händischen Störungsbüchern ist daher derzeit wichtig, um Häufungen auch über längere Zeiträume 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.

4.4.2.5 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 – so weit 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. Gleichermaßen 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 ist.

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 Fahrzeugpuls 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, besonders 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 Untersuchungszeitraums vorliegt und die Auswirkungen daher untypisch sind. Eine ausreichende Sicherheit lässt sich nur durch eine hohe Anzahl von Beobachtungen erreichen, was jedoch zu einem unvermeidbar 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) kann hierbei zwar Abhilfe schaffen, allerdings erhöht dies aber wiederum den Untersuchungsaufwand erheblich. Sie sollte 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.

4.4.2.6 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 Verkehrsablauf 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**).

4.4.3 Gesamtbewertung

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

4.4.3.1 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 Lichtsignalanlagen wiesen erwartungsgemäß unterschiedliche Voraussetzungen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Daten auf. Im Rahmen der Beispielanwendungen konnte dennoch eine für alle Anlagen hinreichend genaue und vergleichbare Qualitätsbewertung durchgeführt und Verbesserungsmaßnahmen identifiziert werden. Dabei trägt auf Grund 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 zum Beispiel für die Unfallanalyse oder die Beobachtung des Verkehrsablaufs.

4.4.3.2 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**).

4.5 Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung

4.5.1 Allgemeines

Die wirtschaftliche Gesamtbetrachtung der Anwendung von Qualitätsmanagement basiert auf der Bewertung der Verfahrensanwendung hinsichtlich der Effizienz mit Hilfe der in **Abschnitt 4.1** formulierten Leitfragen.

4.5.2 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 zu Grunde, dass mit der Anwendung von Elementen des Qualitätsmanagement eine Qualitätsverbesserung erreicht werden kann. Nach der Herleitung und beispielhaften Anwendung solcher Elemente lässt sich aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht ein Nutzen des Qualitätsmanagement 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 allgemeingültiger 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 Gesamtkennntnisstands 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 gezielte Lenkung von Investitionen an die Stellen, an denen der größte Nutzen auftritt, da es die Kenntnis des derzeitigen Qualitätsniveaus und der Verbesserungspotenziale verbessert. 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 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 vor allem 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.

4.5.3 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.

Tabelle 26: Aufwandsschätzung für die Schritte des Qualitätsmanagements;
Aufwand in Arbeitsstunden je Anlage

Phase / Arbeitsschritt ³⁷		[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	4 + 4
3.2 (a)	Qualitative Bewertung möglicher Verbesserungsmaßnahmen	
3.2 (b)	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen	
3.3	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung	
Summen		
einmalige Tätigkeiten		5
jährliche, verpflichtende Untersuchungen		14
weitergehende Untersuchungen		13
Gesamt		32
Personalaufwandssumme (Ingenieur, bei einzelnen Aufgaben auch entsprechend je nach Umfang eingewiesene Techniker)		500-1500 €

In der **Tabelle 26** ist auf der Grundlage der Erfahrungen der Verfahrenanwendung 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,
- der Problemlage, also der Anzahl und Wirkungstiefe der zu erwartenden und festgestellten Mängel,
- dem Stand des Informationsmanagement, das sich in der Verfügbarkeit, Vollständigkeit und Aktualität der erforderlichen Daten ausdrückt,

³⁷ Da die Phase 1 von der Größe des Betrachtungsraums (Netz) abhängig ist, kann hierfür keine Abschätzung vorgenommen werden.

- 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 Verfahrenswesen zum Qualitätsmanagement betrauten Mitarbeiter,
- dem Stand der Etablierung des Qualitätsmanagements hinsichtlich sachlicher und persönlicher Widerstände und der organisatorischen Voraussetzungen.

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, so dass 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 zum Beispiel 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 dem Maß 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:

- 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 alle Qualitätsaspekte des Knotenpunkts 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 Aufwands für das Qualitätsmanagement kann daher nur betriebswirtschaftlich unter Einschluss der Personalkosten, Betriebskosten und Verwaltungskosten für die Lichtsignalsteuerung erfolgen.

4.5.4 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, 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 rund 10:1 ermittelt werden. In vorangegangenen Untersuchungen, bei denen sich der Verfasser mit Lichtsignalanlagen an Unfallschwerpunkten und mit bekannten Mängeln des Verkehrsablaufs befasst hat, konnten Nutzen-Kosten-Verhältnisse für Verbesserungsmaßnahmen in einer Bandbreite von 5:1

bis 25:1 abgeschätzt werden (ZIV 2002). 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 Qualitätsmanagement 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 zu Nutzen machen, um die Investitionsmittel effektiv einzusetzen.

Um jedoch allgemein zu einer verbreiteten Umsetzung des Qualitätsmanagements zu kommen, müssen die Aufgabenträger bei klar belegtem volkswirtschaftlichen Nutzen grundsätzlich in die Lage versetzt werden, die resultierenden Empfehlungen in angemessener Weise umzusetzen. Hierzu 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 Benchmarking o. Ä., ebenfalls mit finanzieller Auswirkung.

4.6 Zusammenfassung

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 dem Maß 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 Qualitätsmanagement kommt der regelmäßigen und zweckorientierten und aufwands-optimierten 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 Qualitätsmanagement 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 vorliegenden Untersuchung wurde das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen im Betrieb systematisch aufgearbeitet, ein Verfahren zur Anwendung von Elementen des Qualitätsmanagement 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 eine 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, besonders die Klärung der Verbindlichkeit von Forderungen im Richtlinienwerk sowie Anstrengungen 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 Qualitätsmanagement 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 3.7** 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, so dass eine möglichst verbreitete Anwendung des Verfahrens erreicht werden kann. Hierbei ist zu berücksichtigen, welche Konsequenzen für alle Beteiligten, vor allem die Betreiber von Lichtsignalanlagen, aus der gewählten Formulierung erwachsen und wie mit diesen adäquat umgegangen werden kann. Eine Rückbindung an die wirtschaftlichen Überlegungen (**Abschnitt 4.5**) 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 volkswirtschaftliche 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 4.5.2** 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 weitgehend 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 erhoben 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 Qualitätsmanagement 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 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 (vgl. hierzu WEINERT 1999; STRIEGL 2003). 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 wächst 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 und 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 5**) 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 zu Grunde liegenden Qualitätskriterien übertragen wurden. Doch für eine direkte Einbindung der Nutzersicht liegen nach wie vor nur vereinzelt Ansätze vor, mit denen die Verfahrenswesen 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 Verkehrsablaufs“ 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 spezifische Festlegung von Anspruchsniveaus der Qualitätskenngrößen,
- die Bestimmungen zur Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen (z. B. Frist, Verpflichtung zur Stellungnahme,...) und
- 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 bereit stehen,
- 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
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 2002^a

FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA)
Köln 2002^b

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)
Köln 2001^a

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen
Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen
Köln 2001^b

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN

Hinweise zu Verkehrsrechnern als Bestandteil der innerörtlichen Lichtsignalsteuerung
Köln 2001^c

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN
Leitfaden für Verkehrsplanungen
Köln 2001^d

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 – ERA
Köln 1995

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN
Empfehlungen für die Anlage von Hauptverkehrsstraßen – EAHV
Köln 1993^a

FGSV – FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN
Hinweise zur Bevorrechtigung des öffentlichen Personennahverkehrs bei der Lichtsignalsteuerung
Köln 1993^b

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), Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte, RAS-K-1
Köln 1988^a

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN
Merkblatt für die Bewertung städtischer Verkehrsleitsysteme mit Hilfe einer
Kosten-Nutzen-Analyse
Köln 1988^b

FGSV - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN
Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS)
Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N)
Köln 1988^c

FRANK, D., SUMPFF, 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

HERZ, R., SCHLICHTER, H., SIEGENER, W.
Angewandte Statistik für Verkehrs- und Regionalplaner
Düsseldorf 1992

HOFMANN, M.
Ermittlung von Verkehrszuständen im innerstädtischen Straßennetz
Diplomarbeit, Darmstadt 2004

HUBACHER, M, ALLENBACH, R.
Lichtsignalanlagen – Anlagespezifische Untersuchung sicherheitsrelevanter Aspekte von vierarmigen Kreuzungen im Innerortsbereich
Bern 2002

INSTITUT FÜR STRASSENVERKEHR KÖLN (ISK/GDV)
Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten
Empfehlungen Nr. 11 (CD)
Köln 2002

INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS (ITE)
Making Intersections Safer: A Toolbox of Engineering Countermeasures to Reduce Red-Light Running
Washington 2003

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
Meyers Lexikon der Technik und der exakten Naturwissenschaften
Mannheim 1969
- PARSONSON, P.
Signal Timing Improvement Practices
Washington 1992
- 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
- STRIEGL, F.
Automatisierte Unterstützung der Maßnahmenfindung im Rahmen der Qualitätssicherung von Lichtsignalanlagen
Diplomarbeit, Darmstadt 2003
- STVO
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. 26-28
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD
Highway Capacity Manual (HCM)
Washington 2000

VDE 0832-100
Straßenverkehrs-Signalanlagen
Berlin 2002

WEINERT, R.
Entschärfung innerörtlicher Unfallstellen mit einem fallbasierten Expertensystem.
Bochum 1999

ZIV – ZENTRUM FÜR INTEGRIERTE VERKEHRSSYSTEME
Qualitätssicherung für Lichtsignalanlagen – Entwicklung einer Methodik und Anwendung an
Knotenpunkten in Darmstadt (unveröffentlicht) 2002

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1:** Überblick der Systemelemente von Lichtsignalanlagen
- Anlage 2:** Systemelemente von Lichtsignalanlagen und ihre Qualitätsbezüge
- Anlage 3:** Zusammenstellung der Qualitätskenngrößen
- Anlage 4:** Angepasste Ordnung der Unfalltypen
- Anlage 5:** Datenverarbeitung der Prozessdatenanalyse
- Anlage 6:** Protokoll für die Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und für die Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt
- Anlage 7:** Liste der Mängelaussagen zur Maßnahmenidentifikation
- Anlage 8:** Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung
- Anlage 9:** Tabellarische Übersicht über die Verfahrensschritte – Leitfaden
- Anlage 10:** *RiLSA*-Textentwurf „Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“
- Anlage 11:** Beispielanwendung 1 – Darmstadt (A 45):
Neckarstraße – Heidelberger Straße – Hügelstraße
- Anlage 12:** Beispielanwendung 2 – Darmstadt (A 70):
Rhönring – Spessartring – Kranichsteiner Straße
- Anlage 13:** Beispielanwendung 3 – Darmstadt (A 94):
Gräfenhäuser Straße – Langener Straße
- Anlage 14:** Beispielanwendung 4 – Frankfurt am Main (OL 4):
Offenbacher Landstraße - Lettigkautweg
- Anlage 15:** Beispielanwendung 5 – Frankfurt am Main (B 6):
Bockenheimer Landstraße – Palmengartenstraße - Beethovenstraße
- Anlage 16:** Beispielanwendung 6 – Mannheim (143):
Luisenring – Jungbuschstraße
- Anlage 17:** Beispielanwendung 7 – Mannheim (557):
Bürstadter Straße – Spinnereistraße – Priebuser Straße
- Anlage 18:** Beispielanwendung 8 – Stuttgart (1.170):
Immenhofer Straße – Filderstraße – Olgastraße
- Anlage 19:** Beispielanwendung 9 – Stuttgart (1.735):
Neckarstraße – Hackstraße

Glossar

Bildverzeichnis

Bild 1:	Alter von Steuergeräten an Lichtsignalanlagen in Darmstadt und Stuttgart	1
Bild 2:	Arbeitspakete der Forschungsarbeit	3
Bild 3:	Schematische Darstellung von absolutem und relativem Qualitätsbegriff.....	6
Bild 4:	Darstellung der Erzeugung eines Produkts	7
Bild 5:	Qualitätskreis	8
Bild 6:	Einflussfaktoren und Wirkungsbeziehungen der Qualität der Verkehrsregelung mit Lichtsignalanlage.....	11
Bild 7:	Handlungsfelder des Qualitätsmanagements in den Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage	20
Bild 8:	Übersicht über die Systemelemente einer Lichtsignalanlage an einem Knotenpunkt.....	23
Bild 9:	Verfahrensschritte am einzelnen Knotenpunkt	30
Bild 10:	Zweistufiges Verfahren zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen in einem Netz...	32
Bild 11:	Allgemeiner Verfahrensablauf bei der Qualitätsprüfung von einzelnen Lichtsignalanlagen..	42
Bild 12:	Prinzipskizze der Verknüpfung von Produktmängeln zu Einzelmaßnahmen	59
Bild 13:	Schritte der Qualitätsverbesserung.....	66
Bild 14:	Abgestufte Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen (Beispiel)	67
Bild 15:	Aufbau der Wissensbasis.....	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wissenschaftliche Methoden der Untersuchung.....	4
Tabelle 2:	Gegenüberstellung der prozessbezogenen und der produktbezogenen Qualitätsbetrachtung an Lichtsignalanlagen	12
Tabelle 3:	Anwendungsgrad der Schritte des Qualitätsmanagements nach ISO 9001:2000 im Rahmen des in dieser Untersuchung entwickelten Verfahrens	14
Tabelle 4:	Kenngößen zur produktbezogenen Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Verkehrssicherheit.....	16
Tabelle 5:	Kenngößen zur produktbezogenen Qualitätsbewertung im Qualitätsfeld Güte des Verkehrsablaufs.....	17
Tabelle 6:	Grenzwerte für die Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen. ..	18
Tabelle 7:	Mögliche Ausprägungen von Systemelementen.....	21
Tabelle 8:	Kenngößen zur Systemanalyse	22
Tabelle 9:	Beispiele typischer Lichtsignalanlagen mit möglichen Ausprägungen von Anforderungen und Merkmalen	34
Tabelle 10:	Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen (UHS).....	38
Tabelle 11:	Unfallhäufungsstellen-Kategorien sowie Unterscheidungen in Massenhäufungsstellen und normale Unfallhäufungsstellen	38
Tabelle 12:	Liste der Grundinformationen, die obligatorisch erfasst werden.....	45
Tabelle 13:	Liste der Datenfelder eines Unfalldatensatzes.....	46
Tabelle 14:	Mit der Unfalldatenanalyse zu ermittelnde Kenngößen	47
Tabelle 15:	Pauschale Unfallkostensätze zum Preisstand 2002	47
Tabelle 16:	Möglichkeiten der Erfassung von Prozessdaten	49
Tabelle 17:	Mit der Prozessdatenanalyse zu ermittelnde Kenngößen	50
Tabelle 18:	Möglichkeiten der Erfassung von Betriebsdaten.....	51
Tabelle 19:	Mit der Betriebsdatenanalyse zu ermittelnde Kenngößen	51
Tabelle 20:	Mit der Beobachtung am Knotenpunkt zu ermittelnde Kenngößen	52
Tabelle 21:	Inhalte des obligatorischen Teils der Inspektion der Verkehrsraumgestaltung sowie der Beobachtung des Verkehrsablaufs.....	53
Tabelle 22:	Zusammenfassende Qualitätsbewertung.....	57
Tabelle 23:	Reduktionspotenzial von Unfällen nach Unfalltypen	70
Tabelle 24:	Übersicht über die Schritte des Qualitätsmanagements	78
Tabelle 25:	Merkmalsausprägungen der Knotenpunkte	84
Tabelle 26:	Aufwandsschätzung für die Schritte des Qualitätsmanagements.....	94

Abkürzungsverzeichnis

BAK	Beobachtung des Verkehrsablaufs und Inspektion des Verkehrsraums am Knotenpunkt
BDA	Betriebsdatenanalyse
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
Fg	Fußgänger, Fußgängerverkehr
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
g	Sättigungsgrad
GrInf	Grundinformationen
GrInf-N	netzbezogene Grundinformationen
GrInf-K	knotenpunktbezogene Grundinformationen
h	Halteanteil
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, FGSV 2001 ^a
IV	Individualverkehr
LP	leichter Personenschaden
LS	leichter Sachschaden
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	motorisierter Individualverkehr
N _{GE}	Stau bei Grünende (Reststau)
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	öffentlicher Verkehr
P	Personenschaden (LP+SP)
QSV	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs
PDA	Prozessdatenanalyse
Rad	Radverkehr
RILSA	Richtlinien für Lichtsignalanlagen, FGSV 1992
SP	schwerwiegender Personenschaden
SS	schwerwiegender Sachschaden
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
UD	Unfalldichte
UDA	Unfalldatenanalyse
UHS	Unfallhäufungsstelle
UK	Unfallkosten
UKD	Unfallkostendichte
UKR	Unfallkostenrate
UR	Unfallrate
VwV-StVO	Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung
w	Wartezeit

Anlage 1

Überblick der Systemelemente von Lichtsignalanlagen

1 Rahmenbedingungen aus der Stadtplanung und Verkehrsplanung

Die Gestaltungsmerkmale des Systems Lichtsignalanlage korrespondieren mit den Zielen der Verkehrsplanung als Fachplanung der Raum- und Stadtplanung. Die Verkehrsplanung kann sich der Lichtsignalsteuerung als strategisches Instrument zur Umsetzung ihrer Ziele bedienen, indem sie aktiv zur Beeinflussung von Verkehrsströmen genutzt wird. Andererseits kann auch eine schlecht oder gar „zu gut“ funktionierende Lichtsignalsteuerung verkehrsplanerischen Zielen entgegenwirken, etwa durch die Erzeugung von Ausweichverkehr in einem sensiblen Umfeld durch überlastete Knotenpunkte auf der vorgesehenen Hauptverkehrsstraße. Kenngrößen zur Bewertung der Erfüllung verkehrsplanerischer Anforderungen können grundsätzlich nur an Hand einer netzweiten Betrachtung der Auswirkungen durch eine neue oder veränderte Lichtsignalsteuerung gewonnen werden. Die hierbei erkannten Qualitätsdefizite können sowohl von einer mangelhaften strategischen Planung oder ihrer mangelhaften Umsetzung verursacht sein. Konkret bedeutet dies, dass z. B. die Auswirkungen der Entscheidung, wie der Knotenpunkt in eine Koordinierung einzubeziehen ist, auf das umliegende Straßennetz nicht richtig eingeschätzt worden sind, oder dass die Koordinierung nicht wie vorgesehen wirkt.

Mit den Leitvorstellungen der Stadtplanung stehen die verkehrsbezogenen Qualitätsanforderungen häufig in einem direkten Zielkonflikt. Offen zutage treten diese, wenn für eine Kapazitätssteigerung des Knotenpunkts der Flächenbedarf erhöht wird und somit die Räume anderen städtebaulich erwünschten Nutzungen entzogen werden müssen. Messbare Kenngrößen einer Integration in städtebauliche Leitvorstellungen können kaum angegeben werden, da keine allgemeingültigen Bezugsgrößen (z. B. optimale Flächenzuweisung gemessen an der Verkehrsstärke und den Umfeldnutzungen) vorliegen. Mängel werden hier, so weit sie nicht in Verbindung zu Defiziten in anderen Qualitätsfeldern stehen (Unterschreitung von Mindestbreiten an Radverkehrsanlagen, lange Querungswege für Fußgänger), im Allgemeinen durch ein ästhetisches Urteil festgestellt und entziehen sich somit weitgehend einer quantitativen Messwerterfassung.

2 Knotenpunktentwurf

2.1 Knotenpunktform

Knotenpunkte im Straßenverkehr lassen sich nach ihrer Lage (außerhalb oder innerhalb bebauter Gebiete), nach der angrenzenden Bebauung (anbau-frei oder angebaut) und ihrer maßgebenden Funktion (Verbindung, Erschließung, Aufenthalt) unterscheiden.

2.2 Fahrraumgestaltung

2.2.1 Linienführung und Fahrraumbegrenzung

Außerhalb bebauter Gebiete sollen Knotenpunkte aus einer Entfernung, die etwa der Überholsichtweite entspricht, wahrnehmbar sein.

Innerhalb bebauter Gebiete liegen häufig örtliche Zwangspunkte vor, die Unstetigkeiten und Mindestwerte in der Linienführung nicht immer vermeiden lassen. Hier muss davon ausgegangen werden, dass diese aus Gründen der städtebaulichen Einpassung und Raumbildung oder auch der Geschwindigkeitsdämpfung im Kraftfahrzeugverkehr sogar zweckmäßig sein können.

Die Linienführung im Knotenpunktbereich kann durch die Fahrraumbegrenzung (Bebauung, Bepflanzung) und durch Leiteinrichtungen unterstützt und verdeutlicht werden.

2.2.2 Sichtfelder

2.2.2.1 Allgemeines

Aus Sicherheitsgründen müssen Knotenpunkte aus einer gewissen Entfernung erkennbar sein. Diese Entfernung muss es den Kraftfahrern ermöglichen, gegebenenfalls vor ein- und abbiegenden Kraftfahrzeugen, vor Radfahrern und Fußgängern anzuhalten.

2.2.2.2 Haltesicht

Steht die angegebene Haltesichtweite zur Verfügung, so ist ein Anhalten von Kraftfahrzeugen möglich. Die Haltesicht ist eine für die Sicherheit der Straßenverkehrsanlage notwendige Mindestanfor-

derung. Somit muss in den Knotenpunktzufahrten das der Haltesicht entsprechende Sichtfeld freigehalten werden. Damit ist auch sichergestellt, dass die Vorfahrtregelung respektive Lichtsignalsteuerung rechtzeitig zu erkennen ist. Unter Umständen werden unterstützende Maßnahmen wie Geschwindigkeitsbeschränkungen erforderlich.

2.2.2.3 Anfahrsicht

Als Anfahrsicht wird die Sicht bezeichnet, die ein Kraftfahrer haben muss, der mit einem Abstand von 3 m vom Fahrbahnrand der übergeordneten Straße wartet, um mit einer zumutbaren Behinderung bevorrechtigter Kraftfahrzeuge aus dem Stand in die übergeordnete Straße einfahren zu können. Dies ist gewährleistet, wenn Sichtfelder freigehalten werden, deren Schenkellänge in der übergeordneten Straße zu entnehmen sind. Lassen sich die erforderlichen Sichtfelder für die Anfahrsicht insbesondere innerhalb bebauter Gebiete nicht erreichen, sind flankierende Maßnahmen (z. B. Halteverbot, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Einbeziehung des Stroms in die Lichtsignalsteuerung) erforderlich.

2.2.2.4 Annäherungssicht

Die Annäherungssicht ist die Sicht, die ein Kraftfahrer benötigt, um gegebenenfalls ohne Halten in die übergeordnete Straße einfahren zu können. Sie muss aus größerer Entfernung vom Rand zur übergeordneten Straße vorhanden sein.

Innerhalb bebauter Gebiete wird auf die Freihaltung einer Annäherungssicht in der Regel verzichtet (städtebauliche Gesichtspunkte, parkende Fahrzeuge am Straßenrand). Außerhalb bebauter Gebiete soll das Sichtfeld der Annäherungssicht aus einem Abstand von 10 m vom Fahrbahnrand der übergeordneten Straße freigehalten werden.

2.3 Verkehrsführung des MIV

Bei der Verkehrsführung des MIV ist zu unterscheiden zwischen der Führung geradeausfahrender Ströme auf durchgehenden Fahrstreifen und der Führung abbiegender Verkehrsströme auf eigenen oder gemischten Fahrstreifen. Für die Wahl der Anzahl und Aufteilung der Fahrstreifen sind im außerörtlichen Bereich in der Regel Sicherheitsaspekte, im innerörtlichen Bereich hingegen Randbedingungen der Flächenverfügbarkeit und der Fahrgeometrie maßgeblich.

2.4 Führung des ÖV

2.4.1 Allgemeines

Die öffentlichen Verkehrsmittel können an Lichtsignalanlagen besonders berücksichtigt werden, da sie eine besondere Bedeutung für die Funktionsfähigkeit der Städte und hohen Anteil am Personenverkehrsaufkommen haben. Hierzu sind geeignete Voraussetzungen in der Gestaltung des Knotenpunkts erforderlich.

2.4.2 Lage von Haltestellen

Um Verlustzeiten für die öffentlichen Verkehrsmittel zu reduzieren oder zu vermeiden, ist die Lage der Haltestellen im Knotenpunktbereich von besonderer Bedeutung. Die Anordnung der Haltestellen kann vor und hinter des signalisierten Knotenpunkts als sinnvoll erweisen.

2.4.3 Einrichtung von Zeitinseln

Ist die Anordnung von Haltestelleninseln für Straßenbahnhaltestellen vor dem Knotenpunkt nicht möglich, dann können durch zusätzliche Signalgeber Zeitinseln eingerichtet werden. Durch die Signalisierung wird der Haltestellenbereich rechtzeitig für das Ein- und Aussteigen der Fahrgäste freigemacht oder freigehalten.

2.4.4 Ausfahrhilfen aus Sonderfahrstreifen und Haltestellen für Busse

Sofern Bushaltestellenbuchten und Sonderfahrstreifen für Busse unmittelbar vor Lichtsignalanlagen enden, ist die Weiterfahrt der Linienbusse durch gestaute Kraftfahrzeuge häufig mit Problemen verbunden. Hier kann eine signaltechnische Vorgabezeit dem Bus das Ausfahren für kurze Zeit ermöglichen.

2.5 Führung der Fußgänger und Radfahrer

Fußgänger (insbesondere ältere Menschen, Behinderte) und Radfahrer sind die schwächsten und am meisten gefährdeten Verkehrsteilnehmer. Sie sind empfindlich gegenüber Umwegen und zeigen eine relativ geringe Wartebereitschaft beim Überqueren von Fahrbahnen. Es treten häufig Zielkonflikte zwischen einer fußgänger- und einer radfahrerfreundlichen Gestaltung auf, da die Anforderung der beiden Verkehrsteilnehmer sehr unterschiedlich sind.

In Abhängigkeit der Funktion der im Knotenpunkt zusammentreffenden Straßen und Verkehrsstärken kann die Notwendigkeit von Gehwegen und Überquerungsstellen für Fußgänger und Radfahrer abge-

leitet werden. Hierbei spielt auch die Bildung und Sicherung von zusammenhängenden Netzen unter Berücksichtigung der wichtigsten Quellen und Ziele des Fußgänger- und Radverkehrs (z. B. Einkaufsbereiche, Schulen, Kindergärten, Freizeiteinrichtungen) eine wesentliche Rolle.

2.6 Bauliche und sonstige Ausstattung

2.6.1 Inseln

2.6.1.1 Allgemeines

Inseln dienen generell der Führung der Fahrzeugströme sowie als Standorte für Verkehrseinrichtungen (Verkehrszeichen, Lichtsignalgeber, Wegweiser) und gegebenenfalls Bepflanzung.

Innerhalb bebauter Gebiete dienen sie vorwiegend dem Schutz von Fußgängern und Radfahrern, da diesen Verkehrsteilnehmern das Überqueren der Fahrbahn erleichtert wird. Da Inseln zu kürzeren Teilfurten für Fußgänger und Radfahrer führen, können sie wegen der kürzeren Räumzeiten auch die Kapazität erhöhen, allerdings in der Regel unter Inkaufnahme eines erneuten Wartens auf der Mittelinsel.

Außerhalb bebauter Gebiete dienen sie vorwiegend der Verdeutlichung der Wartepflicht in untergeordneten Knotenpunktzufahrten im Fall einer ausgeschalteten Lichtsignalanlage.

Grundsätzlich müssen Inseln sich deutlich von der Fahrbahn abheben. Hier können unterstützende Maßnahmen zur Erkennbarkeit z. B. durch einleitende Markierungen, Verkehrszeichen, Poller, Leitplatten, Wegweiser, Lichtsignalgeber, Beleuchtung, Bäume und niedrige, nicht sichtbehindernde Bepflanzung getroffen werden.

2.6.1.2 Fahrbahnteiler

Innerhalb bebauter Gebiete an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage ergibt sich die Notwendigkeit von Fahrbahnteilern vorrangig aus der Phasenfolge. Die Breite von Fahrbahnteilern hängt von den notwendigen Einrichtungen und den seitlichen Sicherheitsräumen zum Fahrbahnrand ab. Die Wartefläche muss eine Mindestbreite von 2,5 m besitzen. Dient der Fahrbahnteiler nur der Unterbringung von Verkehrszeichen und Signalgebern, so ist eine Breite von 1,6 m ausreichend.

In übergeordneten Netzen werden aus Gründen der Verkehrssicherheit keine Fahrbahnteiler eingerichtet.

2.6.1.3 Dreiecksinseln

Dreiecksinseln dienen in Verbindung mit einem Ausfahrkeil oder einem Rechtsabbiegestreifen dem zügigen Herausführen von rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen. Diese biegen häufig außerhalb der Lichtsignalsteuerung aus der übergeordneten Straße ab. Dies ist insbesondere auf schnell befahrenen Straßen außerhalb bebauter Gebiete von Vorteil, sofern Radfahrer und Fußgänger ohne Bedeutung sind.

2.6.2 Markierung

Markierungen dienen der optischen Führung des Verkehrs, der Ordnung des Verkehrs durch die Aufteilung der Verkehrsflächen und der Verkehrsregelung. Sie fördern damit die Verkehrssicherheit, die Leichtigkeit des Verkehrs und die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte. Für den Kraftfahrzeugführer muss die Markierung übersichtlich und klar sein. Gerade bei beengten Platzverhältnissen kommt der Markierung eine besondere Rolle zu.

2.6.3 Beschilderung

2.6.3.1 Allgemeines

Für die Beschilderung an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen sind insbesondere folgende Zeichen von Bedeutung: Vorfahrtzeichen, Fahrtrichtungsgebote, Ankündigung von Lichtsignalanlagen und Geschwindigkeitsbeschränkungen. Neben diesen können Angaben zu verkehrsberuhigten Bereichen gemacht werden. Außerdem muss die wegweisende Beschilderung mit der Knotenpunktgestaltung und ggf. übergeordneten verkehrsplanerischen Belangen im Einklang stehen.

2.6.3.2 Vorfahrtzeichen

Damit auch bei ausgefallener oder abgeschalteter Lichtsignalanlage die Voraussetzungen für einen sicheren Verkehrsablauf bestehen, müssen hier immer positive und negative Vorfahrtzeichen aufgestellt werden. Die Verkehrszeichen 205 und 206 StVO sollen unter oder neben dem Signalgeber am Mast rechts neben der Fahrbahn angebracht werden. Bei breiten Straßen bzw. neben Richtungsfahrbahnen empfiehlt es sich, die Vorfahrtzeichen auf der linken Straßenseite bzw. auf dem Mittelstreifen zu wiederholen. Die Zeichen müssen auch bei Dunkelheit erkennbar sein.

2.6.3.3 Fahrtrichtungsgebote

Darf aus einer Knotenpunktzufahrt nicht in alle Richtungen weitergefahren werden, sind die erlaubten Fahrtrichtungen durch Zeichen 209 bis 216 StVO vorzuschreiben. Zeichen 209 oder 210 StVO (vor-

geschriebene Fahrtrichtung Rechts oder Links) sollte nur zusammen mit Richtungssignalen verwendet werden.

2.6.3.4 Ankündigung von Lichtsignalanlagen

Außerhalb bebauter Gebiete können Lichtsignalanlagen durch Zeichen 131 StVO angekündigt werden. Innerhalb bebauter Gebiete ist Zeichen 131 StVO nur dann aufzustellen, wenn die Kraftfahrer die Lichtsignalanlage nicht rechtzeitig erkennen können oder vorübergehend, wenn eine neue Lichtsignalanlage in Betrieb genommen wird.

2.6.3.5 Geschwindigkeitsbeschränkungen

Beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit mehr als 70 km/h, so sollten keine Lichtsignalanlagen eingerichtet werden. Ist die Einrichtung einer Lichtsignalanlage aus bestimmten Gründen erforderlich, so ist die Geschwindigkeit in ausreichender Entfernung zu beschränken. Der Abstand der Verkehrszeichen von der Lichtsignalanlage richtet sich nach den Geschwindigkeiten, die auf der Straße gefahren werden.

2.7 Beleuchtung

Knotenpunkte werden an Straßen der Kategoriengruppe C immer, an Straßen der Kategoriengruppe B in der Regel und an Straßen der Kategoriengruppe A nur in Ausnahmefällen mit einer Straßenbeleuchtung ausgestattet. Wesentliche Bedeutung für die technische Güte der Beleuchtung sind Leuchtdichte (Beleuchtungsstärke), Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung und die Blendungsbegrenzung von wesentlicher Bedeutung. Durch eine größere Leuchtdichte können Knotenpunkte und Überquerungsstellen (wie Fußgängerschutzanlagen) verdeutlicht werden. Beispielsweise ist auch eine Abweichung in der Lichtfarbe möglich. In manchen Fällen ist die Betonung von Knotenpunkten mit lichttechnischen Mitteln besonders wichtig, wenn die Erkennbarkeit mit anderen Mitteln nicht erreicht werden kann.

3 Lokale Verkehrssteuerung

3.1 Allgemeines

In der Verkehrssteuerung können die strategische, taktische und lokale Verkehrssteuerung unterschieden werden. Die mikroskopische Verkehrsregelung am Knotenpunkt wird dabei auf der lokalen Ebene realisiert, wobei auf taktischer Ebene Rahmenpro-

gramme vorgegeben werden, welche bei verkehrsadaptiven Steuerungsverfahren aus der aktuellen Kenntnis des Verkehrszustands im Netz und bei Festzeitsteuerungen aus historischen Informationen resultieren. Die taktische Ebene bestimmt zudem die Bindungen zwischen einzelnen lokalen Steuerungen im Zuge von Koordinierungen. Auf strategischer Ebene schließlich werden die Zielvorgaben der Lichtsignalsteuerung im Netz auf der Grundlage verkehrspolitischer Festlegungen abgestimmt. Hierzu zählt zum Beispiel die Gewichtung der Belange der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen. Festlegungen der strategischen Ebene werden in der Regel für das Gesamtnetz (Verkehrrechner), die der taktischen Ebene in Netzbereichen (Gebietsrechner) und schließlich die der lokalen Ebene für den einzelnen Knotenpunkt festgelegt (Steuergerät). Sämtliche Ebenen stehen in enger Wechselbeziehung zueinander. Aus der Qualitätsprüfung der lokalen Ebene kann auf Konflikte und Mängel bei den Festlegungen der übergeordneten Ebenen geschlossen werden.

3.2 Betriebszeit

Lichtsignalanlagen können aus Gründen der Energieeinsparung und zur Vermeidung von Wartezeiten zu Schwachverkehrszeiten abgeschaltet werden. Insbesondere aus Gründen der Verkehrssicherheit läuft der überwiegende Anteil der Lichtsignalanlagen jedoch im 24-Stunden-Betrieb.

3.3 Signalprogrammaktivierung

In der Regel werden an Knotenpunkten unterschiedliche, den verkehrlichen Situationen angepasste Signalprogramme geschaltet, die entweder zeitplanabhängig oder verkehrsabhängig ausgewählt werden. Die Programmaktivierung wird dabei von unterschiedlichen taktischen Randbedingungen beeinflusst: die Beschleunigung öffentlicher Verkehrsmittel, Betriebsmerkmale bestimmter Strecken (z. B. Grüne Welle), Unterstützung der Verkehrsführung und verkehrliche Sondersituationen wie Veranstaltungsverkehre.

Bei der zeitplanabhängigen Aktivierung sind die Belastungszustände zeitlich vorhersehbar (z. B. Tages- oder Wochenverlauf). Die verkehrsabhängige Aktivierung beruht auf der Verbindung zwischen den aktuell gemessenen Verkehrsdaten und den verfügbaren Signalprogrammen.

3.4 Steuerungsverfahren

3.4.1 Steuerung mit festen Freigabezeiten

Das einfachste Steuerungsverfahren besteht darin, ein Programm mit festen Freigabezeiten zu verwenden. Es sind in der Regel mehrere Signalprogramme vorhanden, die den Belastungsverhältnissen angepasst sind.

3.4.2 Steuerung mit veränderbaren Freigabezeiten

Bei der Steuerung mit veränderbaren Freigabezeiten wird die Freigabezeit verkehrsabhängig an die wechselnden Verkehrsstärken angepasst. Zur Erfassung der Fahrzeuge werden Detektoren eingesetzt.

Mit Hilfe der Steuerungsverfahren können die Verlustzeiten der öffentlichen Verkehrsmittel an Lichtsignalanlagen reduziert werden. Hier sind mehrere Verfahren möglich, insbesondere mikroskopische Steuerungsverfahren, die auf den Einzelfall zugeschnittene Signalprogrammanpassung oder -bildungen erlauben.

3.5 Koordinierung

Durch die Koordinierung benachbarter Knotenpunkte können die Mehrzahl der ankommenden Fahrzeuge unter Einhaltung einer bestimmten Geschwindigkeit mehrere Knotenpunkte ohne Halt passieren (Grüne Welle). Dabei werden die Freigabezeiten in Fahrtrichtung hintereinanderliegender Knotenpunkte durch Freigabezeitversätze aufeinander abgestimmt. Die Festlegung der zu koordinierenden Ströme wirken sich auf die Steuerungslogik, auf die Programmstruktur und die einzelnen Programmelemente aus.

3.6 Steuerungslogik

Die Steuerungslogik ist erforderlich zur Darstellung und Dokumentation der verkehrsabhängigen Steuerung eines Knotenpunkts und als eindeutige unmissverständliche Vorgabe zum Programmieren der Geräte-Software. Die Festlegung in der Steuerungslogik erfolgt sekundengenau und lückenlos. Zusätzlich wird das verkehrsplanerische Konzept, die Randbedingungen und der verkehrsabhängige Ablauf der Steuerung verbal beschrieben.

Weiterhin sind Festlegungen zu treffen über: Maßnahmen bei Detektorstörungen (Ersatzfunktion oder Umschalten auf Festzeitsignalprogramm), Besonderheiten bei der Umschaltung, Einschaltung oder Ausschaltung von Signalprogrammen, das Löschen

von gespeicherten Anforderungen, den Beginn der aktuellen Stau- und Zeitlückenmessungen.

Im Phasenfolgeplan werden die für die verkehrsabhängige Steuerung zweckmäßigen Phasen und Phasenfolgen dargestellt. Der Wechsel zwischen den Phasen wird im Phasenübergang genau definiert und ebenfalls nachvollziehbar dargestellt.

3.7 Programmstruktur

3.7.1 Phaseneinteilung und Phasenanzahl

Als Phase wird ein Teil des Signalprogramms bezeichnet, während dessen ein bestimmter Grundzustand der Signalisierung unverändert bleibt. Bei der Phaseneinteilung sind verträgliche Verkehrsströme und nichtverträgliche Verkehrsströme zu unterscheiden. Verträgliche Verkehrsströme haben keine gemeinsamen Konfliktflächen.

Verträgliche Verkehrsströme können in einer Phase zusammengefasst werden. Nichtverträgliche Verkehrsströme werden in der Regel getrennt signalisiert, mit Ausnahme nicht gesondert signalisierter Abbiegeströme. Werden Abbiegeströme nicht gesondert signalisiert werden sie als bedingt verträgliche Ströme bezeichnet und es gelten die Vorrangregeln.

Für die Phaseneinteilung ergeben sich aus der räumlichen Zusammenfassung von Fahrzeugströmen folgende Zwangsbedingungen: Gleichzeitig müssen Fahrzeuge dann fließen, wenn sie räumlich nicht getrennt sind (kombiniert genutzte Fahrstreifen). Sind die Fahrzeugströme unterschiedlicher Fahrtrichtung räumlich getrennt, so können sie zeitlich nacheinander fließen (z. B. geradeausfahrende und abbiegende Kraftfahrzeuge auf einem eigenen Fahrstreifen).

Wird ein Verkehrsstrom durch einen Richtungspfeil freigegeben, so sind alle übrigen Verkehrsströme, die mit diesem gemeinsame Konfliktflächen haben, zu sperren.

Die Anzahl der Phasen folgt aus der Phaseneinteilung. Für die Steuerung des Verkehrsablaufs mit Lichtsignalanlage sind an einem Knotenpunkt mindestens zwei Phasen erforderlich. Dabei sind abbiegende Verkehrsströme gegenüber entgegenkommenden und in gleicher Richtung seitlich oder in Mittellage geführten Verkehrsströmen signaltechnisch nicht gesichert.

Eine vollständig gesicherte Signalsteuerung aller Verkehrsströme kann nur erreicht werden, wenn keine bedingt verträglichen Abbiegevorgänge ermöglicht werden. Bei Einmündungen sind dann in

der Regel mindestens drei, bei Kreuzungen mindestens vier Phasen erforderlich.

3.7.2 Phasenfolge

Die Phasenfolge ist von verschiedenen Gesichtspunkten abhängig. Bei komplexen Knotenpunkten kann die Phasenfolge durch die Bedingung festgelegt sein, dass bestimmte Verkehrsrichtungen nacheinander ablaufen müssen, damit im Knotenpunkt keine Behinderungen durch gestaute Fahrzeuge auftreten.

Weiterhin sind Verkettungen möglich, welche die Wahl der Phasenfolge einschränken. Diese entstehen, wenn einzelne Ströme während aufeinanderfolgender Phasen durchgehend freigegeben werden sollen. Um die Qualität des Verkehrsablaufs zu verbessern, können bestimmte Verkehrsarten oder einzelne Verkehrsströme innerhalb eines Umlaufs mehrfach freigegeben werden, wodurch die Wahl der Phasenfolge ebenfalls eingeschränkt wird. Die günstigste Phasenfolge wird aus der Summe der erforderlichen Zwischenzeiten und maßgebenden Freigabezeiten bestimmt, die zur kürzesten Umlaufzeit führen.

3.7.3 Phasenübergänge

Der Wechsel zwischen den Phasen wird im Phasenübergang dargestellt. Der Phasenübergang ist die Zeitdauer zwischen dem Signalbild der Signalgruppe der endenden Phase, deren Freigabezeit zuerst endet, und dem Signalbild der Signalgruppe der beginnenden Phase, deren Freigabezeit zuletzt beginnt.

Hier sind mindestens die für den Phasenwechsel erforderlichen Zwischenzeiten enthalten Teilweise werden auch Randbedingungen für Freigabe- und Sperrzeiten aufgenommen.

3.8 Programmelemente

3.8.1 Übergangszeiten

Für Kraftfahrzeugströme wird der Wechsel von der Freigabezeit zur Sperrzeit aus fahrdynamischen Gründen durch das Übergangssignal GELB vor ROT angezeigt. Die Übergangszeit GELB richtet sich nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in der Zufahrt. In den einzelnen Knotenpunktzufahrten können daher die Gelbzeiten unterschiedlich lang sein.

3.8.2 Zwischenzeiten

Die Zwischenzeit ist die Zeitdauer zwischen dem Ende der Freigabezeit eines Verkehrsstroms und

dem Beginn der Freigabezeit eines anschließend kreuzenden oder einmündenden Verkehrsstroms. Die von beiden Verkehrsströmen gemeinsam benutzte Knotenpunktfläche wird als Konfliktfläche bezeichnet.

3.8.3 Randbedingungen für Freigabezeiten und Sperrzeiten

Für Verkehrsströme sind Mindestfreigabezeiten einzuhalten. Die Ermittlung der Freigabezeiten bei Festzeitsteuerungen bzw. der Kernfreigabezeiten bei verkehrsabhängigen Steuerungen richtet sich nach der Belastungsverteilung der einzelnen Zufahrten.

3.8.4 Zusammenstellung des Signalprogramms

Aus den ermittelten Zwischenzeiten und Freigabezeiten wird das Signalprogramm zusammengestellt. Bei Signalprogrammen mit festen Signalzeiten ist die Umlaufzeit festgelegt. Bei der verkehrsabhängigen Signalsteuerung sind einzelne oder mehrere Signalprogrammelemente veränderbar, so dass eine Umlaufzeit im oben genannten Sinn nicht immer definiert werden kann.

4 Lokale Infrastruktur

4.1 Allgemeines

Zum Bereich der lokalen Infrastruktur zählen Steuergeräte, Signalgeber, Detektoren und sonstige Kommunikationseinrichtungen. Diese befindet sich teilweise am Knotenpunkt oder in einer Zentrale zur Verkehrsüberwachung und -steuerung. Die lokale Infrastruktur korrespondiert mit der Infrastruktur auf Gebietsebene (Gebietsrechner) und auf der Ebene des Gesamtnetzes (Verkehrsrechner, Bedieneinrichtungen).

Verkehrsrechner werden hierbei in erster Linie zur Betriebsüberwachung von Lichtsignalanlagen genutzt. Weitere Grundfunktionen sind die Erfassung von Verkehrszuständen und die Dokumentation von Betriebszuständen. In der Regel ist eine Systemdatenbank zur Archivierung integriert. Der Server ermöglicht die Kommunikation mit den Gebietsrechnern und Steuergeräten. Der Rechner übernimmt die Überwachung und Koordinierung von Steuergeräten und erstellt Meldungsprotokolle über den Betriebszustand.

Die im Verkehrsrechner gesammelten Daten können für verkehrsplanerische und verkehrstechnische Anwendungen, aber auch für Verkehrsmanage-

mentssysteme im Rahmen kollektiver und individueller Leitsysteme genutzt werden. An dieser Stelle ist auch die Integration von Geografischen Informationssystemen (GIS) möglich.

4.2 Steuergeräte

Im Steuergerät sind die Signalprogramme und die Steuerlogiken abgelegt. Hier laufen die Meldungen von den Detektoren zusammen; die Software des Steuergeräts spricht die Signalgruppen am Knotenpunkt an und erzeugt die Signalisierung. Weiterhin wird über das Steuergerät die Priorisierung des öffentlichen Nahverkehrs realisiert. Zur Kommunikation mit anderen Steuergeräten sowie zur Fernversorgung mit Daten und Programmen besitzt es Schnittstellen zum Verkehrsrechner.

4.3 Signalgeber

4.3.1 Allgemeines

Signalgeber sind mit unterschiedlichem Signalfelddurchmesser sowie optischen Systemen verfügbar, die an die spezifischen Anforderungen der Erkennbarkeit und Sichtbarkeit angepasst werden können.

4.3.2 Sinnbilder

Die Sinnbilder sind in einer Bildbank festgelegt und müssen von allen Herstellern gleichermaßen benutzt werden, um ein gleichartiges Erscheinungsbild zu gewährleisten. Es gibt Pfeile in Kraftfahrzeugsignalen (Wechsellichtzeichen; Richtungspfeile oder Kombinationspfeile), Fußgängersignale (stehen / schreitend), Radfahrersignale (Regelausführung oder mit Richtungspfeil), kombinierte Signale für Fußgänger und Radfahrer, Signale für Straßenbahnen und Linienbusse und Sinnbilder im gelben Blinklicht.

Signale für den öffentlichen Verkehr verwenden zur Anzeige der Sperrzeit einen waagerechten weißen Lichtbalken. Die Signalgeber zur Anzeige der Freigabezeit zeigen weiße Lichtbalken, senkrecht bzw. rechts oder links steigend, bei verkehrstechnisch gesicherter Führung oder wenn keine bevorrechtigten, ebenfalls freigegebenen Verkehrsströme zu beachten sind. Eine Übergangszeit ist durch einen weißen Lichtpunkt mit der Bedeutung „Halt zu erwarten“ anzuzeigen.

4.3.3 Blenden an Signalgebern

Um die Signalgeber vor einfallendem Licht zu schützen, werden diese mit Abschirmblenden (sog. Schuten) ausgerüstet. Weiterhin können Sichtblen-

den angebracht werden, um eine Irritation oder Fehlreaktion der Verkehrsteilnehmer zu verhindern.

4.3.4 Anbringung der Signalgeber

Signalgeber sollen so angebracht sein, dass sie den signalisierten Verkehrsströmen eindeutig zugeordnet sind und von den Verkehrsteilnehmern nicht mit anderen Signalgebern verwechselt werden können. Signalgeber werden in der Regel an Masten, Auslegermasten oder Auslegern angebracht. Bei der Anbringung der Signalgeber sind Sicherheitsmaße einzuhalten, um die Verkehrsteilnehmer nicht zu blenden.

4.4 Detektoren

Detektoren dienen der Gewinnung von Informationen über den Verkehr. Für die verschiedenen Gruppen von Verkehrsteilnehmern werden unterschiedliche Arten von Detektoren eingesetzt. Häufig verwendete Arten sind nachstehend aufgeführt:

Induktivschleifen- und Infrarot-Detektoren für Kraftfahrzeuge und Fahrräder; Fahrdrat und Schienenschalter für Schienenfahrzeuge; Anforderungstaster für Fußgänger und Radfahrer. Weiterhin besteht die Möglichkeit der Videodetektion.

Die Detektoren erfassen verschiedene Kennwerte, die dann zur Steuerung der Lichtsignalanlagen genutzt werden. Neben der Erfassung der Anwesenheit (Belegung) und Geschwindigkeit von Fahrzeugen können Detektoren auch zur Verkehrszählung genutzt werden. Weiterhin kann die Fahrzeugart und die Fahrtrichtung erfasst werden. Das Steuergerät erhält diese Informationen über die Schnittstelle.

4.5 Kommunikation

Die Kommunikation zwischen Geräten, Systemen oder technischen Prozessen geschieht mittels Datenleitung (sog. Feldbus). Sender ist im einfachsten Fall ein Sensor, Empfänger z. B. ein Ventil oder ein Motor. Durch die offene OCIT-Schnittstelle (Open Communication Interface for Road Traffic Control Systems) können verschiedene Systeme miteinander gekoppelt werden.

Anlage 2

Systemelemente von Lichtsignalanlagen und ihre Qualitätsbezüge

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
1	Knotenpunktentwurf						
1.1	Fahrraumgestaltung						
1.1.1	Linienführung und Fahrraumbegrenzung Bebauung Bepflanzung		Erkennbarkeit Begreifbarkeit			Sicherung durch opti- sche Führung Geschwindig- keitsbeein- flussung	
1.1.2	Haltesichtfelder		Haltesicht- weite		Sicherung gegenüber Beeinträch- tigung durch zweckfremde Nutzung	Ermöglichung rechtzeitigen Anhaltens vor dem Konflikt- bereich	
1.1.3	Anfahrsichtfelder		Schenkel- länge des Sichtdreiecks		Sicherung gegenüber Beeinträch- tigung durch zweckfremde Nutzung	Gewähr- leistung aus- reichender Sicht auf be- vorrechtigte Ströme	
1.1.4	Annäherungssichtfelder		Schenkel- länge des Sichtdreiecks		Sicherung gegenüber Beeinträch- tigung durch zweckfremde Nutzung		Ermöglichung der Weiter- fahrt ohne Halt im nicht bevorrechtig- ten Strom
1.1.5	Fahrbahnoberfläche		Ebenheit/Ent- wässerung Befahrbarkeit Griffigkeit			Sicherung vor Gefährdung	
1.2	Allgemeine Verkehrsführung						
1.2.1	Geradeaus fahrender Verkehr	Anzahl Fahrstreifen	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Fahrstreifen- aufteilung entsprechend Belastungs- aufteilung Abstimmung mit der Sig- nalisierung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Geschwindig- keitsbeein- flussung	Bereitstellung der erforderlichen Kapazität
1.2.2	Linksabbieger Linksabbiege- fahrstreifen Aufstellfläche im Knotenpunkt Blockumfahrung	Auswahl der Führungsart abhängig von Programm- struktur und gemäß der Voraus- setzungen nach RAS-K1 bzw. EAHV	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Fahrstreifen- aufteilung entsprechend Belastungs- aufteilung Abstimmung mit der Sig- nalisierung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Sicherung wartender Fahrzeuge Ermöglichung einer gesicherten Führung	Bereitstellung der erforderlichen Kapazität Homogenität des Ver- kehrsflusses

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
1.2.3	Rechtsabbieger Eckausrundung Aufstellfläche Ausfahrkeil Rechtsabbiege- fahrstreifen	Auswahl der Führungsart abhängig von Programm- struktur und gemäß der Voraus- setzungen nach RAS-K1 bzw. EAHV	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Fahrstreifen- aufteilung entsprechend Belastungs- aufteilung Abstimmung mit der Sig- nalisierung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Sicherung wartender Fahrzeuge Ermöglichung einer gesicherten Führung	Bereitstellung der erforderlichen Kapazität Homogenität des Ver- kehrsflusses
1.2.4	Rechtseinbieger Einfädelungstreifen für Rechtseinbieger	Erfordernis in Abhängigkeit von der Programm- struktur	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit		Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Sicherung des Einfahr- vorgangs	Erhöhung der Kapazität im Rechtseinbie- gestrom
1.3	Besondere Verkehrs- führung des ÖV Besonderer Bahnkörper Sonderfahrstreifen Mischverkehr	Erfordernis in Abhängigkeit von verkehrs- planerischen Vorgaben und der Programm- struktur	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrs- steuerung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Vermeidung von Konflikten durch Trennungs- prinzip	Kapazitäts- erhöhung im ÖV Ermöglichung wirksamer Bescheuni- gungsmaß- nahmen
1.4	Besondere Verkehrsführung des Radverkehrs						
1.4.1	Geradeaus fahrende Radfahrer Radweg oder getrenn- ter Geh- und Radweg Gemeinsamer Geh- und Radweg Radfahrstreifen Angebotsstreifen Mischverkehr auf der Fahrbahn	Auswahl gemäß der Voraus- setzungen der ERA	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrs- steuerung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Beeinflus- sung der Gefährdung durch Tren- nungsprinzip oder Misch- prinzip Akzeptanz der Verkehrs- führung	Beeinflus- sung der Kapazität durch Behin- derungen und durch Verän- derung der Zwischenzeit
1.4.2	Links abbiegende Radfahrer direkte Führung direkte Führung mit Radfahrtschleuse indirekte Führung	Auswahl gemäß der Voraus- setzungen der ERA	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrs- steuerung	Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Beeinflus- sung der Gefährdung durch Tren- nungsprinzip oder Misch- prinzip Akzeptanz der Verkehrs- führung	Beeinflus- sung der Kapazität durch Behin- derungen und durch Verän- derung der Zwischenzeit
1.5	Verkehrsführung des Fußgängerverkehrs						
1.5.1	Gehwege alleinige Nutzung Mischnutzung	Erfordernis in Abhängigkeit der Funktion für den Fußgänger- verkehr	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit		Beeinträch- tigung der Verfügbarkeit aufgrund zweckfrem- der Nutzung	Vermeidung von Konflik- ten durch Trennungs- prinzip Sicherheits- empfinden	Komfort- kriterien (Breite)
1.5.2	Fußgängerfurten	Erfordernis in Abhängigkeit von den Verkehrs- beziehungen	Erkennbarkeit Übersicht- lichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrs- steuerung		Gewährlei- stung der Akzeptanz der Verkehrs- führung	

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
1.5.3	Fußgängerüberwege	Erfordernis in Abhängigkeit von den Verkehrsbeziehungen und in Abstimmung mit den Verkehrsstärken	Gestaltung gemäß R-FGÜ 2001	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung		Indifferente Wirkung je nach Alternative	Verringerung von Wartezeiten
1.6	Bauliche und sonstige Ausstattung des Knotenpunkts						
1.6.1	Inseln						
	Fahrbahnsteiler	Erfordernis	Erkennbarkeit Übersichtlichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung		Schutz von Fußgängern und Radfahrern Verdeutlichung der Verkehrsführung	Erhöhung der Kapazität durch Verkürzung von Querungslängen der Fußgänger
	Dreiecksinseln	Erfordernis	Erkennbarkeit Übersichtlichkeit Begreifbarkeit Befahrbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung		Gefährdung durch zügigere Führung Gefährdung durch nicht signalisierte Ströme	Erhöhung der Kapazität durch Verkürzung von Querungslängen der Fußgänger Ermöglichung frei abfließender Verkehrsströme
1.6.2	Leit- und Absperr- einrichtungen Poller, Leitpfosten Leit tafeln, Leitbaken Leitmale, Schranken Ketten, Gitter Geländer, Hecken Hochborde, Zäune Pflanzbeete	Erfordernis zur Gefahrenabwehr	Gestaltung gemäß RAS-Q, EAHV Auswahl Anordnung Erkennbarkeit	Abstimmung mit der Verkehrsführung		Verdeutlichung der Verkehrsführung Geschwindigkeitsbeeinflussung Trennung von Verkehrsströmen	Erhöhung der Kapazität durch Vermeidung von Fehlnutzungen des Verkehrsraums
1.6.3	Markierung						
	Fahrstreifenbegrenzungen	Erfordernis in Abhängigkeit von der Straßenkategorie und der Fahrstreifenaufteilung	Anordnung Beschaffenheit			Sicherung des Verkehrsablaufs durch optische Führung Ermöglichung der Trennung von Verkehrsströmen	Vermeidung von Behinderungen durch Flächenzuweisung Ermöglichung der Trennung von Verkehrsströmen
	Sperrflächen	Erfordernis in Abhängigkeit von der Fahrgeometrie	Anordnung Beschaffenheit			Sicherung des Verkehrsablaufs durch optische Führung	Optimierung des Verkehrsflusses durch optische Führung
	Haltlinien	generell erforderlich	Anordnung Abrückung Beschaffenheit	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung und der Infrastruktur		Vermeidung von Konflikten durch optische Führung	Vermeidung von Behinderungen auf Grund fahrgeometrischer Randbedingungen (Abrückung)

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
	Wartelinien	Erfordernis in Abhängigkeit von der Knotenpunktgeometrie und der Verkehrssteuerung	Anordnung Beschaffenheit	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung		Vermeidung von Konflikten durch optische Führung	
	Furtmarkierungen	generell erforderlich, sofern Furten vorhanden	Anordnung Beschaffenheit	Abstimmung mit der Verkehrssteuerung und der Infrastruktur		Vermeidung von Konflikten durch optische Führung	
	Richtungspfeile	Erfordernis in Abhängigkeit von der Fahrstreifenaufteilung	Anordnung Beschaffenheit			Vermeidung von Konflikten durch Verbesserung der Orientierung	Optimierung des Verkehrsablaufs durch Verbesserung der Orientierung
1.6.4	Beschilderung						
	Vorfahrtregelnde Zeichen Vorschriftzeichen 205, 206 StVO Richtzeichen 301, 306 StVO	generell erforderlich	Erkennbarkeit Begreifbarkeit			Vermeidung von Konflikten durch Verkehrsregelung	Kapazität bei abgeschalteter Lichtsignalanlage
	Vorschriftzeichen zur Fahrtrichtung Vorschriftzeichen 209, 211, 214 StVO	Erfordernis in Abhängigkeit von der Verkehrsführung	Erkennbarkeit Begreifbarkeit	Abstimmung mit der Infrastruktur (Sinnbilder)		Vermeidung von Konflikten durch Unterbinden von Fahrbeziehungen	Erhöhung der Kapazität durch Unterbinden von Fahrbeziehungen
	Vorschriftzeichen zur Vorbeifahrt Vorschriftzeichen 222 StVO	Erfordernis in Abhängigkeit von der Verkehrsführung	Erkennbarkeit Begreifbarkeit			Vermeidung von Konflikten durch Verbesserung der Orientierung	Optimierung des Verkehrsablaufs durch Verbesserung der Orientierung
	Halt- und Parkverbote Vorschriftzeichen 283, 286 StVO	Erfordernis in Abhängigkeit von der Verkehrsführung	Standort Wirkungs- bereich	Abstimmung mit der Fahrstreifenaufteilung und Verkehrssteuerung		Vermeidung von Störungen durch Ordnung des ruhenden Verkehrs	Vermeidung von Behinderungen im Abfluss durch Ordnung des ruhenden Verkehrs
	Ankündigung von Lichtsignalanlagen Gefahrzeichen 131 StVO zusätzlich mit Gelbblinker	Erfordernis gemäß VwV-StVO	Erkennbarkeit Begreifbarkeit			Erhöhung der Aufmerksamkeit der Fahrer	
	Geschwindigkeitsbeschränkung Vorschriftzeichen 274 StVO	Erfordernis gemäß VwV-StVO	Erkennbarkeit Begreifbarkeit			Vermeidung von Gefährdungen Gewährleistung der Anhaltebereitschaft und Anhaltefähigkeit	

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrssicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
	wegweisende Beschilderung Richtzeichen 415, 418, 419, 432, 434, 436, 438, 439 StVO	Erfordernis gemäß Netz- funktion des Knotenpunkts	Standort und Gestaltung gemäß VwV- StVO			Vermeidung von Konflik- ten durch Verbesser- ung der Ori- entierung und Vermeidung plötzlicher Fahrstreifen- wechsel	Erhöhung der Kapazität und der Homoge- nität des Ver- kehrsflusses durch Ver- besserung der Orientie- rung
1.6.5	Beleuchtung	Erfordernis insbesondere in Abhängig- keit von nicht signalisierten Querungs- stellen von Fußgängern und Rad- fahrern	Leuchtdichte Leuchtstärke Lichtfarbe Gleichmäßig- keit der Aus- leuchtung Blendungs- begrenzung Standort und Montage		Ausfall des Leuchtmittels	Verbesser- ung der Er- kennbarkeit von anderen Verkehrsteil- nehmern und Hindernissen	
1.7	Zusätzliche Verkehrseinrichtungen im Knotenpunktfeld						
1.7.1	Haltestellen des ÖV Haltestelle auf besonderem Bahnkörper / an abgesetzter ÖV-Trasse Haltestelle mit Haltestellenbucht Haltestelle ohne Haltestellenbucht			Auswirkun- gen auf den Verkehrsab- lauf Verknüpfung mit der Ver- kehrsführung der Fuß- gänger		Gefährdung von Fahr- gästen in Abhängigkeit von der Weg- führung	Behinderung en im Ver- kehrsfluss durch Ein- und Ausfahr- vorgänge an der Halte- stelle Kapazitäts- minderung durch Halt auf der Fahrbahn
1.7.2	Zufahrten und Ausfahrten von Grundstücken			Auswirkun- gen auf den Verkehrs- ablauf		Gefährdung durch nicht gesicherte Zufahrten im Knotenpunkt bereich	Behinderung des Ver- kehrsflusses durch ein- oder ausfahr- ende Fahr- zeuge
1.7.3	Park- und Ladeflächen Parkstände Ladezonen	Erfordernis gemäß Nut- zung im Knotenpunkt umfeld	Anordnung Gestaltung des Zugangs	Auswirkun- gen auf den Verkehrs- ablauf		Vermeidung von Störun- gen durch Ordnung des ruhenden Verkehrs	Vermeidung von Behin- derungen im Abfluss durch Ordnung des ruhenden Verkehrs
2	Lokale Verkehrssteuerung						
2.1	Betriebszeit Nachtabschaltung keine Nachtabschaltung		Festlegung gemäß der Kriterien des Regelwerks und unter Beachtung von Rand- bedingungen der Verkehrs- sicherheit			Erhöhtes Un- fallrisiko bei Abschaltung	Verringerung der Warte- zeiten in Schwach- lastzeiten
2.2	Signalprogrammaktivierung zeitplanabhängige Programmauswahl verkehrsabhängige Programmauswahl	Auswahl ge- mäß ver- kehrsplaneri- schen und strategischen Vorgaben	Festlegung der Zeit- punkte oder Schwellen- werte			Erhöhung der Akzeptanz durch Anpas- sung an das Verkehrs- geschehen	Verringerung der Warte- zeiten

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
2.3	Steuerungsverfahren Steuerung mit festen Freigabezeiten Steuerung mit veränderbaren Freigabezeiten	Auswahl unter Berücksichtigung der Auswahl- kriterien der RiLSA	Festlegung des Grads der Veränder- barkeit			Erhöhung der Akzeptanz durch Anpassung an das Verkehrsgeschehen Vermeidung von Rotlicht- verstößen	Verringerung der Warte- zeiten Verringerung der Anzahl von Halten Vermeidung von Reststau
2.4	Koordinierung Netzkoordinierung Streckenkoordinierung - in nur einem Richtungspaar - in mehreren Rich- tungspaaren (Verknüpfungspunkt von Koordinierungen) Einzellaufender Knotenpunkt	Einrichtung gemäß verkehrs- planerischen und strategischen Vorgaben	Bevorzugte Ströme Progressions- geschwindigkeit	Abstimmung mit dem Kno- tenpunktent- wurf Bindung weiterer Elemente der Verkehrs- steuerung		Erhöhtes Un- fallrisikos bei Pulkabrissen Erhöhung des Unfall- risikos durch ungünstige Beeinflus- sung der Ge- schwindigkeit Geringere Gefährdung bei homoge- nem Ver- kehrsfluss	Verringerung der Anzahl der Halte Verringerung der Summe der Warte- zeiten
2.5	Steuerungslogik veränderbare Signal- programmbestandteile Festlegungen zur Gewichtung der einzelnen Verkehrs- teilnehmergruppen logische Bedingungen Parametrierung Rückfallebenen	Vollständig- keit der Festlegungen	Auswahl und Gestaltung der Parameter: Schwellen- werte, logische Bedingungen	Abstimmung mit dem Knotenpunkt- entwurf Abstimmung mit der Infrastruktur	Robustheit der Steue- rungslogik	Erhöhung der Akzeptanz durch Anpassung an das Verkehrsgeschehen Vermeidung von Rotlicht- verstößen	Verringerung der Warte- zeiten Verringerung der Anzahl von Halten Vermeidung von Reststau
2.6	Programmstruktur ¹						
2.6.1	Phasenanzahl		Berücksichtigung von Randbedin- gungen der Koordinierung sowie übergeordneter Fest- legungen	Abstimmung mit der Ver- kehrsführung		Vermeidung von Konflik- ten durch gesicherte Führung von Verkehrs- strömen	Erhöhung der Kapazität durch geringe Phasen- anzahl und effektives Zwischen- zeiten- management
2.6.2	Phaseneinteilung Einbeziehung von Strömen in die Signalisierung gemeinsame Signalisierung bedingt verträglicher Ströme getrennte Signalisierung bedingt verträglicher Ströme		Festlegung unter Berücksichtigung von Randbedin- gungen der Koordinierung sowie des Knotenpunkt- entwurfs	Abstimmung mit der Ver- kehrsführung und der Infrastruktur			

¹ Die Gliederung geht hier aus Gründen der Vereinfachung von einer phasenbezogenen Programmstruktur aus. Bei nicht phasenbezogenen Programmen sind abweichende Festlegungen zu treffen.

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
2.6.3	Phasenfolge		Erwartungs- konformität Berücksich- tigung der Koordinie- rung sowie übergeord- neter Fest- legungen				
2.7	Programmelemente						
2.7.1	Lichtzeichenfolge Grün-Gelb-Rot-Rot und Gelb-Grün Dunkel-Gelb-Rot- Dunkel Grün-Rot-Grün	Auswahl gemäß StVO					
2.7.2	Umlaufzeit		Berücksicht- ung der Min- dest- und Maximalwerte der RiLSA Berücksichtig- ung von Vor- gaben aus der Koordinie- rung			Vermeidung von Rotlicht- verstößen	Bereitstellung der erforderlichen Kapazität
2.7.3	Freigabezeiten Mindestfreigabezeit zugeteilte Freigabezeit		Berücksicht- igung der Festlegungen der RiLSA	Zuteilung der Freigabezei- ten gemäß Belastungs- verteilung Berücksich- tigung der Vorgaben aus der Koordinie- rung		Begreifbarkeit der Signali- sierung	Bereitstellung der erforderlichen Kapazität
2.7.4	Besondere Anpassungen der Freigabezeit Vorgabezeit Zugabezeit Freigabezeitversatz	Berücksicht- igung der Vorausset- zungen der RiLSA	Berücksicht- igung der Festlegungen der RiLSA	Berücksicht- igung der Vorgaben aus der Ko- ordinierung		Ermöglichung einer besseren Sicherung bedingt verträglicher Ströme	Erhöhung der Kapazität
2.7.5	Sperrzeiten Mindestsperrzeit		Berücksicht- igung der Festlegungen der RiLSA			Begreifbarkeit der Signali- sierung	
2.7.6	Übergangszeiten Rot und Gelb Gelb		Bestimmung gemäß RiLSA			Begreifbarkeit der Signali- sierung Konfliktver- meidung	Erhöhung der Kapazität
2.7.7	Zwischenzeiten	Berück- sichtigung sämtlicher Konfliktfälle	Bestimmung gemäß RiLSA	Wechselwir- kung mit der Knotenpunkt- gestaltung		Sicherung unverträgli- cher Ver- kehrsströme	Erhöhung der Kapazität durch effek- tives Zwi- schenzeiten- management

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehrs- sicherheit	Güte des Verkehrs- ablaufs
3	Lokale Infrastruktur						
3.1	Steuergerät		Leistungs- merkmale in Abstimmung mit der Ver- kehrssteue- rung	Gewähr- leistung der Kommunika- tion mit dem Verkehrs- rechner	System- ausfall System- überwachung	Ermöglichung einer flexiblen Verkehrs- steuerung	Ermöglichung einer flexiblen Verkehrs- steuerung
3.2	Signalgeber						
3.2.1	Signalgeber für den Kraftfahrzeugverkehr	Anzahl je Signalgruppe	Anordnung Ausrichtung Signalfeld- durchmesser Optik Blenden Signalbild (Richtungs- pfeil) Leuchtmittel	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Leuchtmittels	Vermeidung von Fehlinter- pretationen des Signali- sierungszu- stands	
3.2.2	Signalgeber für den ÖV	Erfordernis in Abhängigkeit vom Steuer- verfahren und der Steuerungs- logik	Anordnung Ausrichtung Signalfeld- durchmesser Optik Blenden Leuchtmittel	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Leuchtmittels	Vermeidung von Fehlinter- pretationen des Signali- sierungszu- stands	
3.2.3	Signalgeber für den Fußgängerverkehr	Erfordernis in Abhängigkeit von der Fußgänger- führung	Anordnung Ausrichtung Signalfeld- durchmesser Optik Blenden Sinnbild Leuchtmittel	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Leuchtmittels	Vermeidung von Fehlinter- pretationen des Signali- sierungszu- stands	
3.2.4	Signalgeber für den Radverkehr	Erfordernis in Abhängigkeit von der Radverkehrs- führung	Anordnung Ausrichtung Signalfeld- durchmesser Optik Blenden Sinnbild Leuchtmittel	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Leuchtmittels	Vermeidung von Fehlinter- pretationen des Signali- sierungszu- stands	
3.2.5	Hilfssignalgeber zur Warnung vor be- vorrechtigten Strömen zur Warnung an Que- rungsstellen über be- sondere Bahnkörper	Erfordernis in Abhängigkeit von der Ver- kehrs- steuerung	Anordnung Ausrichtung Signalfeld- durchmesser Optik Blenden Sinnbild Leuchtmittel	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Leuchtmittels	Warnung vor Konflikten	
3.2.6	Taktile und akustische Signale	Erfordernis	Ausführung	Abstimmung mit anderen Signalgebern	Ausfall des Signals	Vermeidung von Fehlinter- pretationen des Signali- sierungszu- stands	

Systemelement Ausprägungen		Prozessqualität: Prüfung bezüglich				Wirkungsbezug zur Produktqualität	
		Vorhanden- sein	Gestaltung	System- integration	Verfügbar- keit	Verkehr- sicherheit	Güte des Verkehr- ablaufs
3.3	Detektoren						
3.3.1	Detektoren mit passivem Funktionsprinzip zur Steuerung Induktionsschleifen Infrarotdetektoren Videodetektoren Funkbaken	Erfordernis in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Detektionsverfahren Lage Anbringung	Gesamtkonfiguration in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Ausfall der Detektion Ausfall der Übertragung des Meldeimpulses		Verminderung der Kapazität bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen
3.3.2	Detektoren mit aktivem Funktionsprinzip zur Steuerung Anforderungstaster Schlüsseltaster	Erfordernis in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Detektionsverfahren Lage Anbringung	Gesamtkonfiguration in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Ausfall der Detektion Ausfall der Übertragung des Meldeimpulses	Verminderung der Akzeptanz bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen	Verminderung der Kapazität bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen
3.3.3	Überwachungseinrichtungen						
	Rotlichtüberwachung	Erfordernis in Abhängigkeit vom Unfallgeschehen	Detektionsverfahren Messpunkt Aufstellung der Kamera		Ausfall der Detektion Messzeiträume Messgenauigkeit	Verbesserung der Akzeptanz der Signalisierung	
	Geschwindigkeitsüberwachung	Erfordernis in Abhängigkeit vom Unfallgeschehen und den gefährlichen Geschwindigkeiten	Detektionsverfahren Wahl der Messstelle Aufstellung der Messeinheit und der Kamera		Ausfall der Detektion Messzeiträume Messgenauigkeit	Verringerung der Reaktionswege Minderung von Unfallfolgen	Verbesserung des Verkehrsflusses
3.4	Kommunikation						
3.4.1	Datenleitung	Erfordernis in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Gestaltung in Abhängigkeit von der Knotenpunkt-ausstattung	Gesamtkonfiguration in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Ausfall der Detektion Ausfall der Übertragung des Meldeimpulses	Verminderung der Akzeptanz bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen	Verminderung der Kapazität bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen
3.4.2	Sender	Erfordernis in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Gestaltung in Abhängigkeit von der Knotenpunkt-ausstattung	Gesamtkonfiguration in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Ausfall der Detektion Ausfall der Übertragung des Meldeimpulses	Verminderung der Akzeptanz bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen	Verminderung der Kapazität bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen
3.4.3	Schnittstellen	Erfordernis in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Gestaltung in Abhängigkeit von der Knotenpunkt-ausstattung	Gesamtkonfiguration in Abhängigkeit von Steuerungsverfahren und Steuerungslogik	Ausfall der Detektion Ausfall der Übertragung des Meldeimpulses	Verminderung der Akzeptanz bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen	Verminderung der Kapazität bei Ausfall verkehrsunabhängiger Steuerungsfunktionen

Anlage 3

Zusammenstellung der Qualitätskenngößen

Erläuterung: Die Spalte **Code** enthält die in der folgenden Tabelle aufgeführten Informationen.

Information	Code	Bedeutung
Art / Genauigkeit der Ermittlung der Kenngrößen	[1]	qualitative Einschätzung einer Kenngröße (qualitative Beschreibungsgröße)
	[2]	quantitative Abschätzung einer Kenngröße (quantitative Messgröße)
	[3]	quantitative Erfassung / Berechnung einer Kenngröße (quantitative Messgröße)
Datengruppe	GrInf	Grundinformationen
	UDA	Unfalldaten
	PDA	Prozessdaten
	BDA	Betriebsdaten
	BAK	Beobachtung des Verkehrsablaufs und Inspektion des Verkehrsraums am Knotenpunkt
Aufandswert	(a)	Daten sind in der Regel leicht zugänglich; Kenngröße ist mit geringem Aufwand zu ermitteln. (Grundprogramm)
	(b)	Daten sind in der Regel leicht zugänglich; Kenngröße ist jedoch mit erhöhtem Aufwand zu ermitteln. (erweitertes Programm)
	(c)	Daten sind nur unter bestimmten Voraussetzungen verfügbar; Kenngröße ist möglicherweise nur mit hohem Aufwand zu ermitteln. (besondere Fragestellungen)

Kenngrößen zur Bewertung der Produktqualität

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Unfalldichte			
UD (P) UD (SP) UD nach Typ (einstellige Schlüsselnummer)	[3] (a) UDA	Akkumulation der Unfalldaten, geschichtet nach Unfallkategorie und Unfalltyp	Grenzwert zur Identifikation als Unfallhäufungsstelle wird + innerhalb der zurückliegenden letzten fünf Untersuchungsjahre nicht erreicht. o innerhalb der zurückliegenden letzten fünf Untersuchungsjahre erreicht, nicht jedoch im letzten Jahr. - im letzten Untersuchungsjahr erreicht (in diesem Fall Einstufung gemäß FGSV 1998). vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Unfalldichte ÖV			
UD _{ÖV}	[3] (a) UDA	Akkumulation der Unfalldaten mit Beteiligung des ÖV, geschichtet nach Unfallkategorie	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Unfalldichte Radverkehr			
UD _{Rad} UD _{Rad} (P) UD _{Rad} (SP)	[3] (a) UDA	Akkumulation der Unfalldaten mit Beteiligung von Radfahrern, geschichtet nach Unfallkategorie	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Unfalldichte Fußgänger			
UD _{Fg} UD _{Fg} (P) UD _{Fg} (SP)	[3] (a) UDA	Akkumulation der Unfalldaten mit Beteiligung von Fußgängern, geschichtet nach Unfallkategorie	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Unfallrate			
Unfallrate UR UR (P) UR (SP)	[3] (a) GrInf UDA	Akkumulation der Unfalldaten, geschichtet nach Unfallkategorie, bezogen auf den DTV	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Unfallkostendichte			
Summe Mittelwert je Unfall	[3] (a) GrInf UDA	Akkumulation der pauschalen Unfallkosten gemäß ISK/GDV 2002, Bildung eines jährlichen Mittelwerts	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Unfallkostenrate			
	[3] (a) UDA	Akkumulation der pauschalen Unfallkosten gemäß ISK/GDV 2002, bezogen auf den DTV	vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten
Wartezeit MIV			
mittlere Wartezeit	[3] (a) GrInf	Berechnung nach <i>HBS</i> <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Fahrzeugankunft.	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[1] (a) BAK	Einschätzung durch indirekte Beobachtung aus der Anzahl erforderlicher Halte bzw. dem Auftreten von Reststau	+ Mehrfachhalte treten in der Regel nicht auf (→ mittlere $w <$ Umlaufzeit). o Mehrfachhalte treten vereinzelt auf. - Mehrfachhalte treten in der Regel auf (→ mittlere $w >$ Umlaufzeit).
	[2] (c) PDA	Abschätzung aus Signalzeitenmitschrift in Anlehnung an <i>HBS</i> ; Bildung von Mittelwerten über Zeitintervalle (15/10/5 min) <i>Einschränkung:</i> geringe Auslastung ($g < 0,65$) und zufällige Fahrzeugankunft	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[2] (c) PDA	Abschätzung über Erfassung der Zeitdauer zwischen Ankunftszeitpunkten und Abflusszeitpunkten mit Hilfe eines Warteschlangenmodells <i>Einschränkung:</i> nicht überlasteter Zustand, haltlinienferne, nicht überstaute Detektoren und Übergabe von Überfahrtzeitpunkten von Einzelfahrzeugen	
Wartezeit ÖV			
mittlere Wartezeit	[3] (a) GrInf	Berechnung nach <i>HBS</i> <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Fahrzeugankunft	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung der Zeitverluste von ÖV-Fahrzeugen <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung	+ Überfahrt ohne Halt oder nach maximal kurzer Aufenthaltszeit. o stark schwankende Zeitverluste. - in der Regel spürbare Zeitverluste.
	[3] (b) PDA	Erfassung der Zeitdauer zwischen Anmeldung und Abmeldung <i>Einschränkung:</i> nur für ÖV-Fahrzeuge, die sich an- und abmelden	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
Wartezeit Radverkehr			
mittlere Wartezeit	[3] (a) GrInf	Berechnung nach <i>HBS</i> <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Ankunft	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[2] (b) PDA	Abschätzung aus Signalzeitenmitschrift: Bildung von Mittelwerten über Zeitintervalle (15/10/5 min) <i>Einschränkung:</i> zufällige Ankunft	
maximale Wartezeit	[3] (a) GrInf	Ermittlung aus Signalzeitenplan (Sperrzeit) <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung, kein nennenswerter Rückstau im Radverkehr, $t_U \geq 110$ s	+ $\max w \leq 60$ s ¹ o $\max w \leq 100$ s ohne plausiblen Grund (belegte Konfliktfläche) - $\max w > 100$ s
	[1] (a) BAK	Einschätzung der Zumutbarkeit und Plausibilität von Wartezeiten	+ Die auftretenden Wartezeiten sind kurz und in der Regel plausibel o Es treten spürbare, aber in der Regel plausible Wartezeiten auf - Es treten spürbare, häufig nicht plausible Wartezeiten auf

¹ Der für die maximale Wartezeit im Radverkehr gewählte untere Grenzwert (60 s) orientiert sich am entsprechenden Grenzwert der *RiLSA* für Fußgänger. Der obere Grenzwert (100 s) gewährleistet rechnerisch ein Erreichen der Qualitätsstufe D anhand der mittleren Wartezeit im Radverkehr.

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Wartezeit Radverkehr (Fortsetzung)			
maximale Wartezeit (Fortsetzung)	[3] (b) BAK	Erfassung durch Einzelmessung	+ max w < 60 s o max w < 100 s ohne plausiblen Grund (belegte Konfliktfläche) - max w ≥ 100 s
	[3] (b) PDA	Erfassung durch Signalzeitenmitschrift (Sperrzeit) <i>Einschränkung:</i> kein nennenswerter Rückstau im Radverkehr, $t_j \geq 110$ s	
	[3] (b) PDA	Erfassung der Zeitdauer zwischen Anforderung und Freigabe <i>Einschränkung:</i> gesonderte Detektoren für den Radverkehr	
Wartezeit Fußgänger			
mittlere Wartezeit	[3] (a) GrInf	Berechnung nach HBS <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Ankunft	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[2] (b) PDA	Abschätzung aus Signalzeitenmitschrift: Bildung von Mittelwerten über Zeitintervalle (15/10/5 min)	
maximale Wartezeit	[3] (a) GrInf	Ermittlung aus Signalzeitenplan (Sperrzeit) <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung	+ max w ≤ 60 s o gelegentlich max w > 60 s, aber mit plausiblen Grund - häufig max w > 60 s
	[1] (a) BAK	Einschätzung der Zumutbarkeit und Plausibilität von Wartezeiten	+ Die auftretenden Wartezeiten sind kurz und in der Regel plausibel. o Es treten spürbare, aber in der Regel plausible Wartezeiten auf. - Es treten spürbare, häufig nicht plausible Wartezeiten auf.
	[3] (b) BAK	Erfassung durch Einzelmessung	+ max w ≤ 60 s o gelegentlich max w > 60 s, aber mit plausiblen Grund - häufig max w > 60 s
	[3] (b) PDA	Erfassung durch Signalzeitenmitschrift (Sperrzeit)	
	[3] (b) PDA	Erfassung der Zeitdauer zwischen Anforderung und Freigabe <i>Einschränkung:</i> bei Anforderung	
Anzahl erforderlicher Halte im MIV			
maximale Anzahl Halte pro Fahrzeug	[1] (a) BAK	Einschätzung des Erfordernisses von Mehrfachhalten bis zum Überfahren der Haltlinie über die Beobachtung von Reststau	+ Es verbleibt kein Reststau; max $n_{\text{Halt}} = 1$. o Es verbleibt ein geringer Reststau, der jedoch weniger als die Hälfte der bei Grünbeginn wartenden Fahrzeuge umfasst; max $n_{\text{Halt}} = 2$. - Es verbleibt ein regelmäßiger Reststau, der mehr als die Hälfte der bei Grünbeginn wartenden Fahrzeuge umfasst; max $n_{\text{Halt}} > 2$.
Durchfahrt von Fahrzeugpuls	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung des Abfluss- verhaltens ankommender Fahrzeugpuls <i>Einschränkung:</i> bei erkennbaren Pulks im Zufluss in koordinierten Zufahrten	+ Die Pulksankunft erfolgt bei GRÜN und der Pulk kann vollständig oder nahezu vollständig abfließen. o Wie oben, jedoch durch ÖV-Eingriffe wird der Abfluss von Pulks in einzelnen Umläufen erheblich gestört. o Die Pulkankunft erfolgt bei ROT, die Freigabe erfolgt jedoch kurze Zeit später. - Die Pulkankunft erfolgt bei ROT. - Mehr als ein Viertel der Fahrzeugedes geschlossenen Pulks können in der Regel nicht mehr abfließen.

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Anzahl erforderlicher Halte im MIV (Fortsetzung)			
Anteil Durchfahrten ohne Halt	[3] (b) BAK	Erfassung am Knotenpunkt <i>Einschränkung:</i> in koordinierten Zufahrten bzw. bei Fahrzeugankunft in Pulks	+ QSV A bis C o QSV D - QSV E bis F
	[3] (c) PDA	Erfassung von Ankunftszeitpunkten und Abgleich mit dem Signalisierungszustand mit Hilfe eines Ankunfts-/ Abflussmodells <i>Einschränkung:</i> in koordinierten Zufahrten bzw. bei Fahrzeugankunft in Pulks, nicht überlasteter Zustand, haltlinienferne, nicht überstaute Detektoren und Übergabe von Überfahrzeitpunkten von Einzelfahrzeugen	
Anzahl erforderlicher Halte im ÖV			
Anteil Durchfahrten ohne Halt	[3] (b) BAK	Erfassung am Knotenpunkt <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung ohne Haltestelle vor dem Knotenpunkt	+ ÖV-Fahrzeuge können regelmäßig ohne Halt durchfahren (> 90 %). - ÖV-Fahrzeuge können nicht regelmäßig ohne Halt durchfahren (< 90%).
	[3] (c) PDA	Erfassung von Ankunftszeitpunkten und Abgleich mit dem Signalisierungszustand mit Hilfe eines Ankunfts-/ Abflussmodells <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung ohne Haltestelle vor dem Knotenpunkt	
Anzahl erforderlicher Halte im Radverkehr und im Fußgängerverkehr			
Überquerungen von Folgefurten ohne Halt	[3] (a) GrInf	Analyse der Freigabezeiten an hintereinander folgenden Furten im Signalzeitenplan <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung	Während der Mindestfreigabezeit an der ersten Furt startende Fußgänger / Radfahrer können... + die Folgefurt ohne Halt überqueren. - die Folgefurt nicht ohne Halt überqueren.
	[2] (a) BAK	Abschätzung durch Beobachtung am Knotenpunkt	Während der Mindestfreigabezeit ² an der ersten Furt startende Fußgänger / Radfahrer können...
	[3] (b) BAK	Erfassung am Knotenpunkt	+ die Folgefurt regelmäßig ohne Halt überqueren (≥ 90% der Umläufe). o die Folgefurt nicht regelmäßig ohne Halt überqueren (≥ 50% der Umläufe). - die Folgefurt in der Regel nicht ohne Halt überqueren (< 50% der Umläufe).
	[3] (b) PDA	Erfassung aus Signalzeitenmitschrift	
Auftreten von Reststau im MIV			
	[3] (a) GrInf	Berechnung des Staus bei Grünende (N_{GE}) nach HBS <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Fahrzeugankunft	+ $N_{GE} = 0$ o $N_{GE} > 0$, konstant - $N_{GE} \gg 0$, wachsend
	[3] (a) BAK	Erfassung am Knotenpunkt	+ nach Ende der Grünzeit verbleibt in der Regel kein Reststau ($\leq 10\%$ der Umläufe) o nach Ende der Grünzeit verbleibt gelegentlich ein geringer Reststau ($> 10\%$ der Umläufe) - nach Ende der Grünzeit verbleibt gelegentlich oder häufig ein Reststau ($> 50\%$ der Umläufe)
	[2] (c) PDA	Einschätzung über die Abwesenheit von Reststau beim Auftreten von Zeitlücken vor Freigabezeitende <i>Einschränkung:</i> haltliniennahe Detektoren	+ zum Ende der Freigabezeit treten in der Regel längere Zeitlücken auf. o Freigabezeiten werden gelegentlich oder häufig vollständig genutzt.
Rückstaulänge im MIV			
Überschreitung kritischer Staulängen	[3] (a) GrInf	Berechnung der statistischen Sicherheit gegen Überstauung (Staulänge bei Sperrzeitende) nach HBS <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung und zufällige Fahrzeugankunft	Rückstaulängen, die zu Behinderungen anderer Fahrzeugströme (in der Zufahrt, in die Zulaufstrecke querenden Straßen) führen, treten... + in der Regel nicht auf ($\leq 10\%$ der Umläufe) - gelegentlich oder häufig auf. ($> 10\%$ der Umläufe).

² Die Mindestfreigabezeit wird hier angesetzt, weil ansonsten eine Optimierung der Freigabezeit der ersten Furt gegebenenfalls zu einer schlechteren Qualitätsbewertung führt, obwohl Fußgänger / Radfahrer nur einmalig anhalten müssen. Wenn der Aufenthalt auf der Mittelinsel auf Grund der räumlichen Bedingungen vermieden werden sollte, ist statt der Mindestfreigabezeit die tatsächliche Freigabezeit zu betrachten.

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Rückstaulänge im MIV			
Überschreitung kritischer Staulängen	[2] (a) BAK	Abschätzung durch Beobachtung am Knotenpunkt	Rückstaulängen, die zu Behinderungen anderer Fahrzeugströme (in der Zufahrt, in die Zulaufstrecke querenden Straßen) führen, werden... + in der Regel nicht beobachtet ($\leq 10\%$ der Umläufe). o gelegentlich beobachtet ($> 10\%$ der Umläufe). - häufig beobachtet ($> 50\%$ der Umläufe).
	[2] (c) PDA	Abschätzung über die Erfassung von Ankunftszeitpunkten und Abflusszeitpunkten mit Hilfe eines Warteschlangenmodells <i>Einschränkung:</i> nicht überlasteter Zustand, haltlinienferne, nicht überstaute Detektoren und Übergabe von Überfahrtzeitpunkten von Einzelfahrzeugen	Rückstaulängen, die zu Behinderungen anderer Fahrzeugströme (in der Zufahrt, in die Zulaufstrecke querenden Straßen) führen, treten... + in der Regel nicht auf ($\leq 10\%$ der Umläufe). o gelegentlich auf ($> 10\%$ der Umläufe). - häufig auf ($> 50\%$ der Umläufe).
	[3] (c) PDA	Ermittlung durch Analyse von Dauerbelegungen der Detektoren <i>Einschränkung:</i> bei Detektoren zur Stauraumüberwachung	
Auftreten von Behinderungen im Abfluss des MIV			
Häufigkeit von Fahrstreifenwechseln	[1] (a) BAK	Einschätzung der Homogenität des Verkehrsflusses anhand erzwungener Fahrstreifenwechsel	Fahrstreifenwechsel, die durch wartende Fahrzeuge und andere Störungen erzwungen werden, treten... + in der Regel nicht auf. o gelegentlich oder häufig auf.
Anteil Umläufe mit Behinderung im Abfluss	[2] (a) BAK	Abschätzung über die Beobachtung von regelmäßig oder häufig auftretenden Behinderungen von Fahrzeugen nach dem Überfahren der Haltlinie auf Grund bevorzogter Verkehrsströme (Gegenverkehr, Fußgänger, Radfahrer) oder anderer Einflüsse (z. B. Grundstückseinfahrten, ruhender Verkehr, ÖV-Haltestellen)	Nach dem Überfahren der Haltlinie werden Fahrzeuge an der Weiterfahrt... + in der Regel nicht gehindert ($\leq 10\%$ der Umläufe). o gelegentlich oder häufig gehindert ($< 10\%$ der Umläufe), wobei die Behinderung in der Regel auf die nicht gesicherte Führung von Verkehrsströmen zurückzuführen ist. - gelegentlich oder häufig gehindert, ($< 10\%$ der Umläufe), wobei die Behinderung in der Regel auf andere Einflüsse zurückzuführen ist.
Auftreten geringer Abflusszahlen	[1] (c) PDA	Einschätzung über den Abgleich von Abflusszahlen (Zeitbedarfswerten) und Belegungsgraden <i>Einschränkung:</i> haltliniennahe Detektoren und Übergabe von Überfahrtzeitpunkten von Einzelfahrzeugen	+ Hohe Belegungsgrade sind in der Regel mit hohen Abflusszahlen verbunden. o Es treten hohe Belegungsgrade bei geringen Abflusszahlen auf.
Auftreten von Behinderungen im Abfluss des ÖV			
Anteil von Fahrzeugen mit Behinderung im Abfluss	[2] (a) BAK	Abschätzung durch Beobachtung von regelmäßig oder häufig auftretenden Behinderungen von ÖV-Fahrzeugen nach dem Überfahren der Haltlinie auf Grund bevorzogter Verkehrsströme (Gegenverkehr, Fußgänger, Radfahrer) oder anderer Einflüsse (z. B. Grundstückseinfahrten, ruhender Verkehr) <i>Einschränkung:</i> bei ÖV-Bevorzugung und / oder gesonderter Führung des ÖV	Nach dem Überfahren der Haltlinie werden ÖV-Fahrzeuge an der Weiterfahrt... + in der Regel nicht gehindert ($\leq 10\%$ der Fahrzeuge). - gelegentlich oder häufig gehindert ($> 10\%$ der Fahrzeuge).
	[3] (c) PDA	Erfassung der Zeitdauer zwischen Freigabezeitpunkt und Abmeldung und Vergleich mit einem Toleranzwert Toleranzwert: zu erwartende behinderungsfreie Fahrzeit zuzüglich 2-3 s Zeitzuschlag <i>Einschränkung:</i> bei ÖV-Bevorzugung, gesonderter Führung des ÖV und geeigneter Lage des Abmeldepunkts	Der Toleranzwert wird... + in 90% der Fälle nicht überschritten o in mehr als 10%, jedoch weniger als 50% der Fälle überschritten - in mehr als 50% der Fälle überschritten

Kenngrößen zur Bewertung der Prozessqualität

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Unfalldichte nach Typ (dreistellige Schlüsselnummer)			
UD nach Typ (dreistellige Schlüsselnummer)	[3] (b) UDA	Akkumulation der Unfalldaten, geschichtet nach Unfallkategorie	Auffälligkeit bei Konzentration des Unfallgeschehens auf bestimmte Unfalltypen in gleicher räumlicher Konstellation (möglicher Schwellenwert: $UD \geq a$ (Untersuchungszeitraum [Jahr])).
Anteilige Unfalldichte nach Unfallzeitpunkt			
UD/UD _{ges} nach Programmschaltzeiten UD/UD _{ges} während Nachtabschaltung UD/UD _{ges} während HVZ	[3] (b) UDA	Akkumulation der Unfalldaten	Auffälligkeit bei Häufung während einer bestimmten Programmschaltzeit. Auffälligkeit bei Häufung während Nachtabschaltung (insbesondere Unfalltyp 3). Auffälligkeit bei Anteil ≥ 50 % zwischen 6-9 sowie 16-19 Uhr (FGSV 2001 ^b , Schwellenwert ist ggf. anzupassen).
Anteilige Unfalldichte nach Straßenverhältnissen			
UD/UD _{ges} bei Nässe oder Winterglätte	[3] (b) UDA	Akkumulation der Unfalldaten	Auffälligkeit bei 30 % (40% außerorts) bei Nässe oder Winterglätte (Schwellenwert ist ggf. anzupassen).
Anteilige Unfalldichte nach Lichtverhältnissen			
UD/UD _{ges} bei Dunkelheit oder Dämmerung	[3] (b) UDA	Akkumulation der Unfalldaten	Auffälligkeit bei 25 % (30% außerorts) bei Dunkelheit oder Dämmerung (Schwellenwert ist ggf. anzupassen).
Sichtverhältnisse			
Sichtbarkeit des Knotenpunkts, der Knotenpunkteinrichtungen und der Konfliktflächen Sichtbarkeit anderer Verkehrsströme	[1] (a) GrInf BAK	Vorprüfung anhand der Planungsunterlagen Überprüfung durch Beobachtung am Knotenpunkt	Auffälligkeit bei Vorhandensein von Mängeln (Gestaltungsfehler, Unterschreitung von Richtwerten) mit möglicher negativer Wirkung, insbesondere, wenn sie nicht auf Grund der äußeren Gegebenheiten unvermeidlich oder nur unter erheblichem Aufwand zu beheben sind.
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrsführung			
Fahrstreifen-einteilung Verkehrsführung im Knotenpunkt-bereich wegweisende Beschilderung Verkehrinseln, Haltestellen und andere Einrichtungen Führung Rad, Fg	[1] (a) GrInf BAK	Vorprüfung anhand der Planungsunterlagen Überprüfung durch Beobachtung am Knotenpunkt	Auffälligkeit bei Vorhandensein von Mängeln (Gestaltungsfehler, Unterschreitung von Richtwerten) mit möglicher negativer Wirkung, insbesondere, wenn sie nicht auf Grund der äußeren Gegebenheiten unvermeidlich oder nur unter erheblichem Aufwand zu beheben sind.
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung			
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Signalisierung			
Richtlinienkonforme Signalisierungszustände			
Lichtsignale (Signalgeber, Signalbilder, Signalfolge) Hilfssignale Signalisierung ÖV, Rad, Fg Vorfahrtregelung an nicht signalisierten Furten	[1] GrInf (a) BAK (a) PDA (b)	Vorprüfung anhand der Planungsunterlagen Überprüfung durch Beobachtung am Knotenpunkt und durch Auswertung der Signalzeitenmitschrift	Auffälligkeit bei Vorhandensein von Mängeln (nicht erlaubte Signale, Signalfolgen oder Signalbilder, Gestaltungsfehler mit möglicher negativer Wirkung, letztere insbesondere, wenn sie nicht auf Grund der äußeren Gegebenheiten unvermeidlich oder nur unter erheblichem Aufwand zu beheben sind).
Akzeptanz der Verkehrsführung und Verkehrssteuerung			
Befolgungsgrad der Verkehrsführung und Signalisierung Rad, Fg	[1] (a) BAK	Beobachtung des Verkehrsablaufs	Auffälligkeit bei der Beobachtung häufiger Missachtungen, insbesondere wenn sie durch ungünstige / unzumutbare Sachverhalte gefördert werden.

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Ausgewogenheit der Freigabezeitverteilung			
Sättigungsgrade	[3] (a) GrInf	Ermittlung und Vergleich der Sättigungsgrade der maßgebenden Zufahrten je Phase <i>Einschränkung:</i> Festzeitsignalprogramm	Auffälligkeit bei stark voneinander abweichenden maximalen Sättigungsgraden an maßgebenden Signalgruppen.
Auftreten nicht ausgelasteter Freigabezeiten	[1] (a) BAK	Beobachtung des Auftretens und der Verteilung von nicht ausgelasteten Freigabezeiten	Auffälligkeit bei regelmäßigem Auftreten nicht ausgelasteter Freigabezeiten in bestimmten Zufahrten, bei hoher Auslastung feindlicher Freigabezeiten.
Sättigungsgrade	[3] (c) PDA	Ermittlung und Vergleich der Sättigungsgrade der maßgebenden Zufahrten je Phase, Akkumulation zu 15(10/5)-min-Werten aus Signalzeitenmitschrift und Fahrzeugzählung <i>Einschränkung:</i> Erfassung aller Fahrzeugströme über Detektoren	Auffälligkeit bei stark voneinander abweichenden maximalen Sättigungsgraden an maßgebenden Signalgruppen.
Kapazitätsverluste			
Auftreten von Zeitreserven trotz Auslastung	[1] (a) GrInf	Einschätzung nicht zur Verfügung gestellter Kapazitäten durch Beobachtung von Zeitlücken auf Konfliktflächen	Auffälligkeit, wenn zwischen ausgelasteten Fahrzeugströmen große Zeitreserven auf den Konfliktflächen auftreten.
Beeinträchtigung der Freigabezeitnutzung des MIV und ÖV	[1] (a) GrInf	Einschätzung durch Analyse der Planungsunterlagen hinsichtlich potenzieller Störeinflüsse durch verkehrliche und außerverkehrliche Umfeldnutzung, insbesondere im ruhenden Verkehr, an Grundstückszufahrten oder an ÖV-Haltestellen (MIV)	Auffälligkeit, wenn eine regelmäßige Störung des ungehinderten Zuflusses zur Haltlinie zu erwarten ist.
	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung des Auftretens von Störungen im Verkehrsablauf, die einen ungehinderten Zufluss zur Haltlinie beeinträchtigen, insbesondere im ruhenden Verkehr, an Grundstückszufahrten oder an ÖV-Haltestellen (MIV)	Auffälligkeit, wenn der Fahrzeugstrom auf Grund von nicht unmittelbar zum Verkehrsablauf am Knotenpunkt zählenden Einflüssen die Haltlinie nicht ungehindert erreichen können (Grundstückszufahrten, ruhender Verkehr).
Ungleichmäßige Auslastung der Fahrstreifen	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung von ungleichmäßiger Auslastung in die gleiche Richtung führender Fahrstreifen	Auffälligkeit, wenn auf einzelnen Fahrstreifen eine hohe Auslastung oder Überlastung (Reststau) auftritt, auf anderen Fahrstreifen in gleicher Fahrtrichtung jedoch Reserven vorhanden sind.
	[2] (b)	Abschätzung des Vorhandenseins von ungleichmäßiger Auslastung in die gleiche Richtung führender Fahrstreifen durch Vergleich der Belegungsgrade <i>Einschränkung:</i> gesonderte Erfassung des Verkehrs auf einzelnen Fahrstreifen	
Beeinträchtigung der Freigabezeitnutzung des MIV durch den ÖV	[2] (c) PDA	Abschätzung nicht nutzbarer Freigabezeiten des MIV wegen des Aufenthalts von ÖV-Fahrzeugen an Haltestellen in der Zufahrt über den Abgleich der Signalzeitenmitschrift mit den Anmelde- und Abmeldezeitpunkten des ÖV, ggf. ergänzt durch Detektormeldungen <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung, Haltestelle auf der Fahrbahn in der Zufahrt	Auffälligkeit bei regelmäßigem Auftreten potenziell nicht genutzter von Freigabezeiten während bestehender ÖV-Anmeldungen, die auf einen Haltestellenaufenthalt schließen lassen.
	[3] (c) PDA	Ermittlung nicht genutzter Freigabezeiten des MIV wegen des Aufenthalts von ÖV-Fahrzeugen an Haltestellen in der Zufahrt über den Abgleich von Detektormeldungen <i>Einschränkung:</i> bei redundanten Detektoren (haltliniennahe und haltlinienferne Detektoren)	Auffälligkeit bei gleichzeitigem Auftreten von längeren Zeitlücken an den haltliniennahen Detektoren und Dauerbelegung / hohen Belegungsgraden an haltlinienfernen Detektoren.
Nutzung der Freigabezeit des ÖV	[1] (a) BAK	Einschätzung des Vorhandenseins nicht genutzter Freigabezeiten des ÖV <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung	Auffälligkeit, wenn dem ÖV häufig zu Lasten wartender Verkehrsströme Freigabezeiten zur Verfügung gestellt werden, die dieser nicht oder nur stark verzögert nutzt.
	[3] (c) PDA	Ermittlung nicht genutzter Freigabezeiten des ÖV über den Abgleich der Signalzeitenmitschrift mit den An- und Abmeldezeitpunkten des ÖV <i>Einschränkung:</i> ÖV-Bevorrechtigung	

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Reaktionszeit der Steuerung nach Anforderung			
MIV (NR) ÖV Rad Fg	[1] (a) BAK	Einschätzung der Reaktionszeit auf Anforderungen im Abgleich mit erkennbaren Verzögerungsgründen <i>Einschränkung:</i> verkehrsabhängige Steuerung bei geringer Auslastung	Auffälligkeit, wenn das Signalprogramm auf Anforderungen erst nach langer Reaktionszeit reagiert, obwohl keine erkennbaren Gründe dafür vorliegen (Vorhandensein höher gewichteter Verkehrsströme).
	[3] (c) PDA	Ermittlung der Dauer zwischen Anmeldezeitpunkt und Freigabezeitpunkt und Abgleich mit dem Belegungszustand von Detektoren feindlicher Ströme <i>Einschränkung:</i> verkehrsabhängige Steuerung	
Güte der Koordinierung zwischen den Knotenpunkten			
Absicherung der Grünbandführung	[1] (b) GrInf	Einschätzung durch Analyse der Grünbänder sowie der Steuerungslogik hinsichtlich möglicher Eingriffen durch Anforderungen anderer Verkehrsströme	Auffälligkeit bei (ungünstiger) Unstetigkeit in der Grünbandführung (Verringerung der Grünbandbreite). Auffälligkeit bei weitreichenden Eingriffsmöglichkeiten in die Grünbandführung durch die Verkehrsabhängigkeit.
Durchfluss von Fahrzeugpulk	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung des Ankunftszeitpunkts des Pulkbeginns sowie des Pulkendes und Abgleich mit dem Signalisierungszustand	Auffälligkeit bei schlechter oder stark schwankender Güte der Abstimmung des Freigabezeitbeginns auf die Ankunft des Pulkbeginns oder des Freigabezeitendes auf die Ankunft des Pulkendes.
	[2] (b) PDA	Abschätzung des Ankunftszeitpunkts des Pulkbeginns durch Analyse der Signalzeitenmitschrift stromaufwärts liegender Knotenpunkte	Auffälligkeit bei schlechter oder stark schwankender Güte der Abstimmung des abgeschätzten Freigabezeitbeginns auf die Ankunft des Pulkbeginns.
	[2] (c) PDA	Abschätzung des Ankunftszeitpunkts des Pulkbeginns durch Mustererkennung von Fahrzeugankünften und Abgleich mit der Signalzeitenmitschrift <i>Einschränkung:</i> Erkennung einzelner Fahrzeugankünfte an haltlinienfernen Detektoren	Auffälligkeit bei schlechter oder stark schwankender Güte der Abstimmung des Freigabezeitbeginns auf die Ankunft des Pulkbeginns.
Güte der Koordinierung an Furten			
reale koordinierte Freigabezeit	[3] (a) GrInf	Ermittlung der realen koordinierten Freigabezeit aus dem Signalzeitenplan <i>Einschränkung:</i> Festzeitsteuerung	Auffälligkeit beim Unterschreiten der für das Überqueren von Folgefurten geforderten Mindestfreigabezeit.
Erfordernis des Aufenthalts auf der Mittelinsel	[1] (a) BAK	Einschätzung durch Beobachtung wartender Fußgänger / Radfahrer auf der Mittelinsel <i>Einschränkung:</i> bei progressiver Führung	Auffälligkeit, wenn trotz progressiver Führung und bei regelkonformen Verhalten häufig Fußgänger / Radfahrer auf der Mittelinsel anhalten müssen.
reale koordinierte Freigabezeit	[3] (b) PDA	Ermittlung der realen koordinierten Freigabezeit aus der Signalzeitenmitschrift mit Hilfe einer Weg-Zeit-Rechnung	Auffälligkeit beim Unterschreiten der für das Überqueren von Folgefurten geforderten Mindestfreigabezeit.
Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten			
	[1] (a) BAK	Einschätzung des Auftretens hoher Fahrgeschwindigkeiten	Auffälligkeit bei regelmäßigem Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten ($\gg v_{zul}$) insbesondere im Zusammenhang mit der Koordinierung.
	[3] (c) PDA	Ermittlung der Fahrgeschwindigkeiten <i>Einschränkung:</i> bei Doppelschleifen	
Robustheit des Systems			
Vorhandensein von Rückfallebenen	[1] (a) GrInf	Überprüfung des Vorhandenseins anhand der Planungsunterlagen	Auffälligkeit, wenn geeignete Rückfallebenen beim Ausfall von Systemelementen (z. B. Detektoren) bzw. verkehrstechnischen Funktionen (z. B. Koordinierungsimpulse) fehlen.
Vorhandensein von Betriebsüberwachungsfunktionen	[1] (a) GrInf	Überprüfung des Vorhandenseins anhand der Planungsunterlagen	Auffälligkeit, wenn wichtige Betriebsüberwachungsfunktionen fehlen.
Anteil der Gesamtausfälle der LSA	[3] (b) BDA	Ermittlung des Anteils Störereignisse, die zum Abschalten der Lichtsignalanlage führen	Auffälligkeit, wenn nicht sicherheitsrelevante Störereignisse häufig zur Abschaltung von Lichtsignalanlagen führen.

Kenngröße	Code	Vorgehensweise, ggf. Einschränkungen	Bewertungsvorschrift
Robustheit des Systems (Fortsetzung)			
Aktivierung von Rückfallebenen	[3] (b) BDA	Ermittlung des Anteils Störereignisse, die zur Aktivierung einer Rückfallebene führen z. B. Umschaltung eines gestörten Anforderungsdetektors auf Daueranforderung oder Umschaltung in ein Festzeitsignalprogramm bei Ausfall verkehrsabhängiger Funktionen	Auffälligkeit, wenn bei Störung eines Systemelements häufig keine Rückfallebene aktiviert wird, obwohl diese vorhanden ist.
Ausfallhäufigkeit			
Systemelement gesamte LSA	[3] (b) BDA	Ermittlung über Akkumulation der Störungsmeldungen	Auffälligkeit bei hoher Ausfallhäufigkeit über längeren Zeitraum (z. B. jährliches Ausfallereignis) oder steigender Tendenz. vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten.
Systemelement gesamte LSA	[3] (b) BDA	Ermittlung über Akkumulation der Dauer zwischen Störungseintritt bzw. Störungsmeldung und Störungsbehebung	Auffälligkeit bei hoher Ausfallhäufigkeit über längeren Zeitraum (z. B. jährliches Ausfallereignis) oder steigender Tendenz. vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten.
Mittlere Ausfalldauer je Ereignis			
Systemelement gesamte LSA	[3] (b) BDA	Ermittlung als Quotient aus kumulierter Ausfalldauer und Anzahl Ausfallereignisse, unterschieden nach automatischer / manueller Störungsbehebung, geschichtet nach Art der Störung	Auffälligkeit bei hoher Ausfallhäufigkeit über längeren Zeitraum (z. B. jährliches Ausfallereignis) oder steigender Tendenz. vergleichende Beurteilung mit Absolutwerten.
Inanspruchnahme von Rückfallebenen			
Manuelle Anmeldungen Zwangs abmeldungen	[3] (c) PDA BDA	Ermittlung durch Erfassung von Einzelereignissen <i>Einschränkung:</i> sofern als Betriebsmeldung übergeben	Auffälligkeit bei häufigem Auftreten (Absolutwert im Beobachtungszeitraum, Anteil bezogen auf Gesamtzahl Überfahrten).

Anlage 4










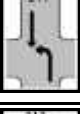
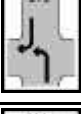


Angepasste Ordnung der Unfalltypen


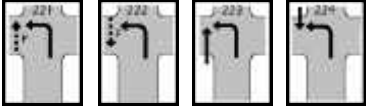
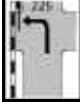


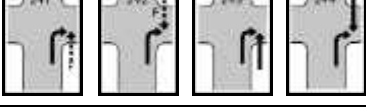
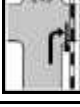


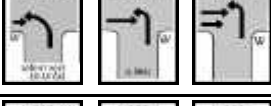
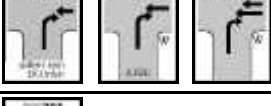
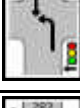
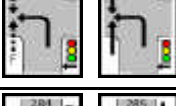

Die angepasste Ordnung der Unfalltypen (dreistellige Schlüsselnummer) basiert auf der Ordnung der Unfalltypen nach dem *Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten* (FGSV 1998).


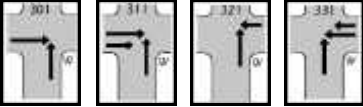


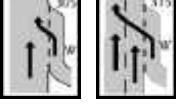
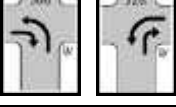
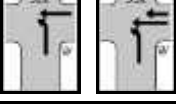



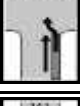
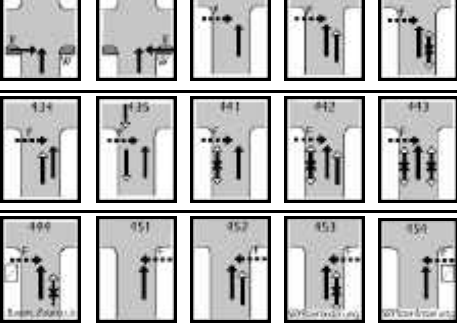
Für die Untersuchung von Ursachen für Unfallhäufungen an Lichtsignalanlagen wurde diese Ordnung vereinfacht, indem Unfalltypen zusammengefasst wurden, die auf ähnliche Ursachen zurückzuführen sind und deren separate Betrachtung die Gefahr birgt, dass relevante Häufungen nicht erkannt und bearbeitet werden. Schlüsselnummern, die für die Analyse an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage ohne Bedeutung sind, sind nicht mehr enthalten.

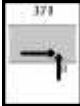
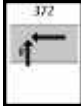


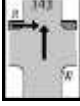
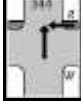
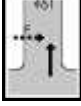


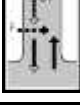
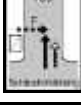
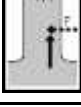
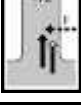

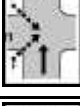
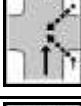


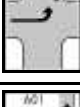
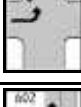
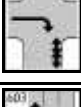
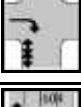

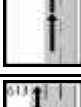
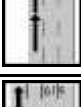
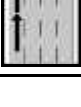
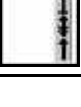








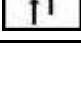




Angepasste Schlüsselnummern, die mehr als einen Unfalltyp der ursprünglichen Liste umfassen, sind mit einem „+“ nach der Schlüsselnummer gekennzeichnet. Unfalltypen, deren Schlüsselnummer auf eine –9 endet, wurden entnommen, da bei diesen Schlüsselnummern die näheren Umstände unbekannt sind und sie somit zur Ursachenermittlung nicht beitragen können.








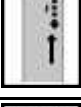

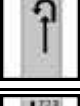
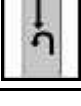

Für nähere Informationen zur Anwendung und Unterscheidung der einzelnen Schlüsselnummern sei auf die genannte Quelle verwiesen.

Unfalltyp, dreistellige Schlüsselnummer		Zugehörige Unfalltypen nach FGSV (1998)
NEU	Beschreibung	
121	Fahrerunfall beim Linksabbiegen	
122	Fahrerunfall beim Rechtsabbiegen	
123	Fahrerunfall beim Rechtsabbiegen (gesonderte Führung)	
161+	Fahrerunfall im Bereich von Verkehrsinseln	  
201	Auffahren auf einen wartenden oder verzögernden Linksabbieger	
202	Unfall beim Linksabbiegen mit nachfolgendem Geradeausfahrer	
203	Unfall eines vom Radweg/Radfahrbahn links abbiegenden Radfahrers mit nachfolgendem Verkehr	
211+	Unfall nicht gesichert geführter Linksabbieger mit Gegenverkehr	 
213+	Unfall nicht gesichert geführter Linksabbieger mit auf gesonderter Fahrbahn geführten entgegenkommenden Rechtsabbiegern	 

Unfalltyp, dreistellige Schlüsselnummer		Zugehörige Unfalltypen nach FGSV (1998)
NEU	Beschreibung	
215	Unfall zwischen entgegenkommenden Linksabbiegern	
221+	Unfall beim Linksabbiegen mit parallel geführten Fußgängern und Radfahrern	
225	Unfall beim Linksabbiegen mit parallel geführtem Schienenverkehr	
231	Auffahren auf einen wartenden oder verzögernden Rechtsabbieger	
232	Unfall beim Rechtsabbiegen mit nachfolgendem Geradeausfahrer	
241+	Unfall beim Rechtsabbiegen mit parallel geführten Fußgängern oder Radfahrern	
245	Unfall beim Rechtsabbiegen mit parallel geführtem Schienenverkehr	
251	Unfall beim zweistreifigen Linksabbiegen	
252	Unfall beim zweistreifigen Rechtsabbiegen	
261+	Unfall zwischen einem Linksabbieger und einem aus der Ausfahrt kommenden Fahrzeug	
262+	Unfall zwischen einem Rechtsabbieger und einem aus der Ausfahrt kommenden Fahrzeug	
281	Unfall beim gesicherten Linksabbiegen mit Gegenverkehr	
282+	Unfall beim gesicherten Linksabbiegen mit parallel geführten Fußgängern oder Radfahrern	
284+	Unfall beim gesicherten Rechtsabbiegen mit parallel geführten Fußgängern oder Radfahrern	

Unfalltyp, dreistellige Schlüsselnummer		Zugehörige Unfalltypen nach FGSV (1998)
NEU	Beschreibung	
286	Unfall beim gesicherten Rechtsabbiegen mit aus der Ausfahrt ausfahrenden Linksabbiegern	
301+	Kreuzen-Unfall mit geradeaus fahrenden Fahrzeugen	
303+	Einbiegen-Unfall beim Rechtsabbiegen mit Verkehr von links	
304+	Einbiegen-Unfall aus einer gesondert geführten Rechtsabbiegefahrbahn	
305+	Einbiegen-Unfall von Beschleunigungsstreifen	
306+	Einbiegen-Unfall mit parallelem Rechtsabbieger oder Linksabbieger	
322+	Einbiegen-Unfall beim Linksabbiegen mit Verkehr von rechts	
324+	Einbiegen-Unfall aus einer gesondert geführten Rechtsabbiegefahrbahn mit entgegenkommendem Verkehr	
325+	Einbiegen-Unfall von Beschleunigungsstreifen mit entgegenkommendem Verkehr	
361+	Kreuzen-Unfall mit dem Schienenverkehr	
374	Einbiegen-Unfall mit Radfahrern am Ende des Radwegs im Knotenpunktbereich	
431+	Kreuzen- bzw. Überschreiten-Unfall an einer Fußgänger-/ Radfahrer-Furt vor dem Knotenpunkt	

Unfalltyp, dreistellige Schlüsselnummer		Zugehörige Unfalltypen nach FGSV (1998)
NEU	Beschreibung	
436+	Kreuzen- bzw. Überschreiten-Unfall mit Fußgängern oder Radverkehr an einer gesondert geführten Rechtsabbiegefahrbahn	   
461+	Kreuzen- bzw. Überschreiten-Unfall an einer Fußgänger-/Radfahrer-Furt nach dem Knotenpunkt	         
491+	Überschreiten-Unfall beim diagonalen Überqueren	 
493+	Überschreiten-Unfall beim Fahrgastwechsel der Straßenbahn in Mittellage	 
591+	Abbiege-Unfall mit parkendem Fahrzeug	   
601+	Auffahren auf vorausfahrendes, stehendes oder rückwärts fahrendes Fahrzeug ohne erkennbaren Zusammenhang mit der Wartepflicht am Knotenpunkt	       
621	Auffahren auf vorausfahrendes Fahrzeug mit Wartepflicht ohne LSA	
622	Auffahren auf vorausfahrendes Fahrzeug mit Wartepflicht auf einem Einfädelungstreifen	
623	Auffahren auf vorausfahrendes Fahrzeug mit Wartepflicht an einer LSA	
631+	Auffahren auf Spurwechsler nach links	   
633+	Auffahren auf Spurwechsler wegen endendem Fahrstreifen	 
635	Auffahren auf einen Spurwechsler nach Rechtsüberholen	

Unfalltyp, dreistellige Schlüsselnummer		Zugehörige Unfalltypen nach FGSV (1998)
NEU	Beschreibung	
641+	Auffahren auf Spurwechsler nach rechts	    
645	Auffahren auf eine Spurwechsler nach Überholen auf dem Gegenfahrstreifen	
651	Unfall beim Nebeneinanderfahren	
671+	Unfall mit Fußgängern im Längsverkehr	   
721+	Unfall beim Wenden ohne Fahrbahnteiler	 
723	Unfall beim Wenden an einem Fahrbahnteiler	

Anlage 5

Datenverarbeitung der Prozessdatenanalyse

Analyseschritt	1. Schritt: Verarbeiten von Rohdaten Erzeugen ergänzender Datenfelder für verkehrstechnische Kenngrößen	2. Schritt: Bildung akkumulierter Kenngrößen und statistische Analysen	3. Schritt: Logische Verknüpfungen zwischen den Datenfeldern
Input MIV-Detektoren	(T) Zustand der Belegung / Nichtbelegung (M) Vorliegen einer Anmeldung (Z) Anzahl Flankenwechsel seit Zählernullsetzung (T) Dauer aktuelle Belegung / Nichtbelegung (T) Dauer aktuelle Anmeldung (A) Akkumulierte Belegzeiten (A) Akkumulierte Zeitlücken (A) Anzahl Flankenwechsel	(S) Zeitlücken (Verteilung) (S) Dauer Anmeldung bis Freigabe (Mittelwert, Maximum) (R) Umläufe mit erfülltem Zeitlückenkriterium (R) Umläufe mit erfülltem Belegungsdauerkriterium (R) Umläufe mit Anmeldung (S) Flankenwechsel je Umlauf (Mittelwert, Verteilung) (S) Belastungsganglinie (Zeitverlauf)	(A) Anzahl Flankenwechsel einer Zufahrt (A) Anzahl Flankenwechsel gesamte Anlage (S) Belastungsganglinien Zufahrt (S) Belastungsganglinien Gesamtanlage (R) Anteil der Verkehrsstärke einzelner Fahrstreifen bei mehreren Fahrstreifen pro Richtung (Z) Überfahrten bei Rotlicht (R) Anteil Überfahrten bei Rotlicht (R) Auslastungsgrad / Sättigungsgrad
Input NMIV-Detektoren	(M) Vorliegen einer Anmeldung (T) Dauer aktuelle Anmeldung	(S) Dauer Anmeldung bis Freigabe (Mittelwert, Maximum) (R) Umläufe mit Anmeldung	(R) Umläufe ohne Anmeldung
Input ÖV-Detektoren	(M) Vorliegen einer Anmeldung (Z) Aktuelle Folgezugzahl (T) Dauer aktuelle Anmeldung	(S) Dauer Anmeldung bis Freigabe (Mittelwert, Maximum) (R) Umläufe mit Anmeldung (S) Dauer Anmeldung bis Abmeldung	(R) Umläufe ohne ÖV-Anmeldung (R) Umläufe mit konkurrierenden ÖV-Anmeldungen in unterschiedlichen Zufahrten (R) Abmeldungen vor Grünzeitende
Output Signalisierung	(M) Aktueller Signalisierungszustand (T) Dauer aktueller Signalisierungszustand (M) Signalgruppe im Umlauf freigegeben (T) Dauer des aktivierten Umlaufs (A) Akkumulierte Grünzeiten (A) Akkumulierte Rotzeiten	(R) Umläufe mit Freigabe der Signalgruppe (S) Freigabezeiten der Signalgruppe (Verteilung, Mittelwert, Maximum, Minimum) (S) Umlaufzeiten (Verteilung, Mittelwert) (S) Freigabezeitanteile (Verteilung, Mittelwert)	(R) Verhältnis Flankenwechsel während Freigabezeit / während Sperrzeit (bei Haltlinienfernen Detektoren) (T) Größe der letzten Zeitlücke bei Grünende (bei Strömen ohne Zeitlückenkriterium) (S) Kapazität in einem Zeitintervall über den gemessenen Zeitbedarfswert (S) Kapazität in einem Zeitintervall über den mittleren Freigabezeitanteil und die theoretische Sättigungsverkehrsstärke (R) Anteil Freigabezeiten mit Zeitlückenabbruch (S) Verteilung Anteil Freigabezeiten mit Abbruch durch Zeitlücke (R) Verteilung Anteil der Umläufe mit Erfüllen des Belegungskriteriums
Output geschaltete Programme / Phasen	(M) Aktivierte Phase / Phasenübergang (T) Aktuelle Dauer der aktivierten Phase (M) Phase im Umlauf vorhanden (M) Aktiviertes Signalprogramm (T) Aktuelle Dauer des aktivierten Signalprogramms	(M) Schaltzeiten der Signalprogramme (T) Dauer der Schaltung der Signalprogramme (R) Umläufe mit Aktivierung bestimmter Phase	Maß der Übereinstimmung der Tagesganglinie mit den Programmschaltzeiten

(T) = Zeitmessung; (A) = Akkumulation; (M) = Merkerfunktion; (Z) = Zählung; (S) = Statistische Aufbereitung (Mittelwert, Verteilungen); (R) = Anteilswerte

Anlage 6

Protokoll für die Inspektion der Verkehrsraumgestaltung und für die Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt

Das auf den folgenden Seiten dokumentierte Beobachtungsprotokoll besteht aus zwei Teilen.

Es dient zur Durchführung und Ergebniserfassung der Inspektion der Verkehrsraumgestaltung in Bezug auf die unveränderlichen und die veränderlichen Sachverhalte (Schritte 2.8 und 2.9) sowie zur Durchführung und Ergebniserfassung der Beobachtung des Verkehrsablaufs (Schritt 2.10).

Das Protokoll kann zum handschriftlichen Eintrag alternativ zur Erfassung mit Hilfe eines Pocket-PC oder Notebooks verwendet werden. In diesem Fall sind die Ergebnisse im Nachgang zur Beobachtung über eine Eingabemaske zu erfassen.

Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
Sicht		
Ist die Sicht auf den Knotenpunkt, die Knotenpunkteinrichtungen und die Konfliktflächen gewährleistet? → <i>unveränderliche Sachverhalte: Geometrie / Linienführung</i> → <i>veränderliche Sachverhalte: temporäre Einbauten / Bewuchs</i>	Knotenpunktlage im Streckenverlauf (außerorts)	
	Lage der Konfliktflächen	
	Signalgeber	
	Beschilderung	
	Beleuchtung	
Sind andere Verkehrsströme sichtbar und erkennbar? → <i>unveränderliche Sachverhalte: Geometrie / Sichtwinkel / Flächenzuordnung</i> → <i>veränderliche Sachverhalte: temporäre Einbauten / Bewuchs</i>	bevorrechtigte Ströme (bei nicht signalisierten Verkehrsbeziehungen)	
	bevorrechtigter entgegenkommender Verkehr	
	bevorrechtigter Radverkehr beim Abbiegen	
	bevorrechtigter Fußgängerverkehr beim Abbiegen	
	bevorrechtigter ÖV	
Fahrraumgestaltung und Knotenpunktausstattung		
Sind die Verkehrsflächen befahrbar?	Fahrbahnbreiten und Fahrstreifenbreiten	
	Freihaltung von festen Hindernissen, die keinen verkehrlichen Zwecken dienen	
	Abbiegeradien	
	Fahrbahnoberfläche	
Sind Verkehrsinseln, Haltestellen und andere Einrichtungen im Fahrraum erkennbar und verkehrssicher gestaltet?	Ausstattung mit Leitbaken und Beschilderung der vorgeschriebenen Vorbeifahrt	
	bauliche Gestaltung und Farbkontrast	

Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
Signalisierung		
Sind die Lichtsignale sichtbar, erkennbar und begreifbar?	Zuordnung zu den Fahrstreifen	
	Ausrichtung	
	optische Beeinträchtigungen (Gegenlicht, Sonneneinstrahlung, Lichtquellen im Umfeld)	
Sind erforderliche Hilfssignale (gelbes Blinklicht) vorhanden und begreifbar angeordnet?	Linksabbieger	
	nicht signalisierte Fahrbeziehungen (z. B. Rechtsabbiegefahrbahnen)	
	Fußgängerfurten	
Sind die Detektoren so angeordnet, dass sie den Verkehr zuverlässig erfassen können?		
Verkehrsführung		
Ist die Fahrstreifeneinteilung erkennbar und begreifbar?	Fahrstreifenbegrenzungen	
	Pfeilmarkierungen	
	Abstimmung mit der wegweisenden Beschilderung	
Ist die Verkehrsführung im Knotenpunktbereich erkennbar und begreifbar?	Aufstellbereiche für wartende Linksabbieger	
	Markierungen zur Verdeutlichung des Fahrwegs	
	Beschilderung der vorgeschriebenen Fahrtrichtung	
	Markierung von Sperrflächen	
	vollständige Entfernung alter Markierungen	
Ist die wegweisende Beschilderung erkennbar und begreifbar?	Abstand zum Knotenpunkt und relative Lage zu Entscheidungspunkten für die Fahrstreifenwahl	
	Schriftgröße und Kontrast	
	Inhalte	
	Entsprechung zwischen Vorwegweiser und Hauptwegweiser	
	Übereinstimmung mit Verkehrsführung (Spurgliederung)	
Radverkehr		
Sind die Radverkehrsflächen befahrbar?	Bemessung der Wege / Fahrstreifen (Breite)	
	Freihaltung von störenden Einbauten	
	Bemessung der Aufstellbereiche vor Furten	
	Bemessung der Aufstellbereiche auf Mittelsinseln / Dreiecksinseln	

Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
Radverkehr (Fortsetzung)		
Ist die Radverkehrsführung erkennbar, begreifbar und sicher gestaltet?	direkte und zügige Führung des geradeausfahrenden Radverkehrs	
	Fortsetzung der Führung über den Knotenpunkt in gleichbleibender Qualität oder gesicherte Überleitung	
	Markierung / Farbgestaltung der Oberfläche	
	Beschilderung (Benutzungspflicht)	
	besondere Beschilderung bei Zweirichtungsradwegen	
	Erkennbarkeit des Beginns von Konfliktflächen	
Ist die Verkehrs führung für links abbiegende Radfahrer erkennbar und begreifbar?	Information durch Markierung und Beschilderung (wenn nicht selbst erklärend)	
	besondere Einrichtungen zum Schutz direkt links abbiegender Radfahrer	
	Begreifbarkeit und Befahrbarkeit des Fahrwegs und der Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Rf	
Ist die Verkehrssteuerung des Radverkehrs erkennbar und begreifbar?	klare Zuordnung der relevanten Signalgeber	
	Übereinstimmung der Verwendung des Sinnbilds „Radfahrer“ mit der Radverkehrsführung	
	klare Vorfahrtregelung an nicht signalisierten Furten (Beschilderung, Markierung)	
Fußgängerverkehr		
Sind die Verkehrsflächen für Fußgänger begehbar?	Bemessung der Wege / Fahrstreifen (Breite)	
	Bemessung der Aufstellbereiche vor Furten	
	Bemessung der Aufstellbereiche auf Mittelniseln / Dreiecksinseln	
Ist die Verkehrs führung für Fußgänger erkennbar, begreifbar und sicher gestaltet?	direkte und umwegarme Führung	
	Vorhandensein von Furten für alle Wegbeziehungen	
	Markierung der Furten	
	Erkennbarkeit des Beginns von Konfliktflächen	
	Zugänge zu Haltestellen	
Ist die Verkehrssteuerung des Fußgängerverkehrs erkennbar und begreifbar?	eindeutige Zuordnung der relevanten Signalgeber	
	klare Vorfahrtregelung an nicht signalisierten Furten (Beschilderung, Markierung)	

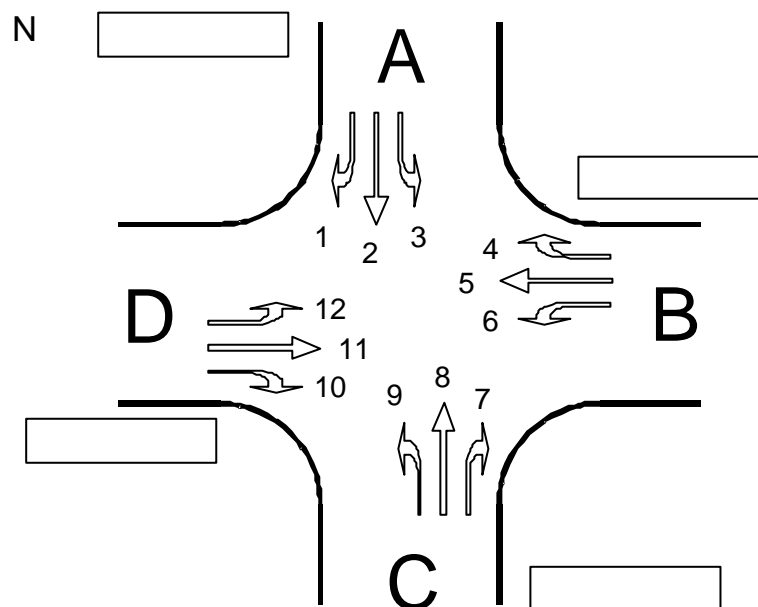
Teil: Beobachtung des Verkehrsablaufs

Allgemeine Anleitung

- Beobachten Sie zunächst für die Dauer einiger kompletter Umläufe den Knotenpunkt, um sich einen ersten Eindruck über den Verkehrsablauf zu verschaffen.
- Gehen Sie danach in der Reihenfolge der Unterlagen vor. Beobachten Sie danach mit Hilfe des Formulars „**Abfluss und Reststau**“ (Seite 2) für die Dauer von zehn Umläufen den Knotenpunkt.
- Für alle Zufahrten, in denen der Zufluss der Fahrzeuge in deutlich erkennbaren Pulks erfolgt, füllen Sie das Formular „**Zufluss und Abfluss von Pulks**“ (Seite 3, ggf. 3a, 3b,...) aus.
- Beantworten Sie anschließend die Fragen auf den folgenden Seiten 4 bis 5. Bitte berücksichtigen Sie hierbei, dass es bei den Beobachtungen um Regelfälle geht, die Ausnahmen bzw. einzelne Abweichungen zulassen. Bei der Beantwortung der Fragen zum MIV beziehen Sie sich bitte auf mindestens zehn Umläufe. Ordnen Sie die Beobachtungen wie folgt zu den Antwortmöglichkeiten zu:
 5 Umläufe und mehr = „häufig“ weniger als 5 Umläufe = „selten“ kein Umlauf = „nie“

Verkehrsströme am Knotenpunkt

Bitte orientieren Sie sich bei ihren Aufzeichnungen anhand der dargestellten Skizze. Ergänzen Sie die Straßennamen und verwenden Sie die Bezeichnungen A-D für die Zufahrten und 1-12 für die Verkehrsströme.



Formular „Abfluss und Reststau“

Ströme MIV:

Es werden jeweils die Verkehrsströme gemeinsam betrachtet, die sich einen oder mehrere Fahrstreifen teilen (Mischfahrstreifen). Verkehrsströme auf eigenen Fahrstreifen werden gesondert betrachtet.

Bitte tragen Sie vor der Beobachtung ein, welche Verkehrsströme Sie betrachten.

Betrachtet werden sämtliche Fahrzeuge, die während der Freigabezeit abfließen müssten, damit bei Grünende kein Fahrzeug mehr in der Zufahrt verbleibt.

- Eintragung: **0** = alle Fahrzeuge sind abgeflossen; kein Fahrzeug verbleibt.
 1 = nahezu alle Fahrzeuge sind abgeflossen; einzelne Fahrzeuge verbleiben.
 2 = mehr als die Hälfte der Fahrzeuge sind abgeflossen; der Rest verbleibt.
 3 = weniger als die Hälfte der Fahrzeuge sind abgeflossen; der Rest verbleibt.

Ströme ÖV:

Diese Zeile ist nur bei Lichtsignalanlagen mit ÖV-Bevorrechtigung auszufüllen.

Eintragung: **X** = Ein ÖV-Fahrzeug ist im aktuellen Umlauf vorhanden.

Zu-fahrt	Verkehrs-ströme	mögl. Eintra-gung	Umlauf Nr.										Auswertung Summe der Ziffern	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	ÖV	X												
B	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	ÖV	X												
C	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	ÖV	X												
D	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	MIV	0..3												
	ÖV	X												

Formular „Ankunft und Abfluss von Pulks“

Bitte beobachten Sie nacheinander diejenigen Zufahrten, in denen die Fahrzeuge erkennbar in Pulks ankommen. Verwenden sie je Zufahrt ein eigenes Formular, füllen zunächst den Tabellenkopf aus und tragen die Beobachtung in die unten stehende Tabelle ein.

Wenn Sie erkennen können, dass vom Nachbarknotenpunkt mehrere Pulks ankommen, so beobachten Sie die Ankunft und den Abfluss bitte getrennt und tragen jeweils ein „A“, „B“, ... ein. Wenn nur ein erkennbarer Pulk ankommt, verwenden Sie einfach nur „A“.

Erfassen Sie nur Pulks mit mindestens 4 Fahrzeugen, ansonsten Tragen Sie „A“ („B“, ...) bei „Kein Pulk im Umlauf“ ein.

Bitte vermerken Sie, wenn ein Fahrzeug des ÖV im Umlauf anwesend ist (nur bei Knotenpunkten mit ÖV-Bevorrechtigung).

A – Einziger Pulk oder Teilpulk		B – Teilpulk	
Der Pulkzufluss ist <input type="checkbox"/> geschlossen / deutlich abzugrenzen <input type="checkbox"/> nicht geschlossen / nicht deutlich abzugrenzen	Wenn erkennbar: Der Pulk ist am Nachbarknotenpunkt <input type="checkbox"/> Rechtseinbieger <input type="checkbox"/> Geradeausstrom <input type="checkbox"/> Linkseinbieger	Der Pulkzufluss ist <input type="checkbox"/> geschlossen / deutlich abzugrenzen <input type="checkbox"/> nicht geschlossen / nicht deutlich abzugrenzen	Wenn erkennbar: Der Pulk ist am Nachbarknotenpunkt <input type="checkbox"/> Rechtseinbieger <input type="checkbox"/> Geradeausstrom <input type="checkbox"/> Linkseinbieger

Umlauf Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kein Pulk im aktuellen Umlauf erkennbar.											Auswertung
Pulkanfang:											Anzahl Einträge
Bitte „A“ („B“, ...) eintragen.											
Ankunft bei GRÜN , unbehinderte Durchfahrt.											
Ankunft bei GRÜN , behinderte Durchfahrt (Rückstau).											
Ankunft bei ROT ; Sperrzeit endet kurze Zeit später (<5s).											
Ankunft bei ROT ; Sperrzeit dauert an.											
Pulkende: (nur, wenn Pulkankunft bei GRÜN)											Anzahl Einträge
Bitte „A“ („B“, ...) eintragen.											
Die letzten Fahrzeuge fahren ohne Halt durch.											
Ein geringer Teil der Fahrzeuge fährt nicht mehr durch.											
Mehr als ein Viertel der Fahrzeuge fährt nicht mehr durch.											
Nahezu alle Fahrzeuge fahren nicht mehr durch.											
Beeinflussung der Lichtsignalsteuerung durch bevorrechtigten ÖV:											
ÖV fährt im Umlauf über den Knotenpunkt.											

MIV	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen / ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Fahrzeuge werden durch Rückstau am Erreichen ihres Fahrstreifens gehindert. <i>(Beispiel: Linksabbieger erreichen den Linksabbiegefahrstreifen nicht.)</i>	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
Der Rückstau führt dazu, dass ein stromaufwärts liegender Knotenpunkt in seiner Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
Die Grünzeit dauert an, obwohl alle wartenden Fahrzeuge abgeflossen sind und nur noch vereinzelt Fahrzeuge ankommen, während gleichzeitig in anderen Zufahrten Fahrzeuge auf ihre Freigabe warten.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
Verkehrsströme nutzen die zur Verfügung stehenden Fahrstreifen ungleichmäßig aus.	häufig beobachtet					
	irrelevant					
Behinderungen im Zufluss führen dazu, dass Verkehrsströme bei GRÜN nicht zügig auf die Lichtsignalanlage zufahren können.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
Wenn beobachtet: hauptsächliche Ursache:	Vorgänge des ruhenden Verkehrs					
	anderer Grund:					
Fahrzeuge werden nach dem Überfahren der Haltlinie behindert, so dass sie den Knotenpunkt nicht zügig und ohne erneutes Anhalten passieren können.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
Wenn beobachtet: hauptsächliche Ursache:	Überlastung der Ausfahrt					
	nicht geräumte Konfliktfläche					
	andere, bevorrechtigte Fahrzeugströme					
	bevorrechtigte Fußgänger / Radfahrer					
	Vorgänge des ruhenden Verkehrs					
	anderer Grund:					
Die Zeit zwischen den Phasen wird als zu lang empfunden (z. B. wenn Konfliktflächen längere Zeit nicht befahren werden, obwohl Fahrzeuge / Fußgänger warten).	Knotenpunkt allgemein ja					
	nein					
ÖV	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen / ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
<i>Nur zu bearbeiten, wenn regelmäßig Fahrzeuge des ÖV über den Knotenpunkt verkehren.</i>						
Fahrzeuge des ÖV, die aus einer Haltestelle in den Knotenpunkt einfahren, fahren zu Beginn ihrer Freigabezeit nicht gleich in den Knotenpunkt ein.	häufig beobachtet					
	irrelevant					
Fahrzeuge des ÖV, die keine Haltestelle vor dem Knotenpunkt haben, können die Haltlinie nicht ohne Halt erreichen und überfahren.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
	irrelevant					
Wenn beobachtet: hauptsächliche Ursache:	kein GRÜN					
	andere ÖV-Fahrzeuge					
	Rückstau des MIV					
	anderer Grund:					

ÖV	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen / ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Nur zu bearbeiten, wenn regelmäßig Fahrzeuge des ÖV über den Knotenpunkt verkehren.						
Fahrzeuge des ÖV werden beim Fahren bei GRÜN behindert, so dass sie den Knotenpunkt nicht zügig und ohne erneutes Anhalten verlassen können.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
	irrelevant					
Fußgängerverkehr / Radverkehr		bitte ankreuzen				Bemerkungen / ergänzende Angaben
Furt über Zufahrt		A	B	C	D	
Für Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) entstehen lange Wartezeiten (>60s). <i>(nur bei verkehrsabhängigen Steuerungsverfahren)</i>	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
	irrelevant					
Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) sind nicht bereits erkennbar beim Queren der Furt, bevor gleichzeitig freigegebene Fahrzeugströme an der Furt ankommen.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
	irrelevant					
<i>Bei sehr geringem Fußgängerverkehrsaufkommen / Radverkehrsaufkommen nicht zu bearbeiten.</i>						
Die Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) müssen beim Überqueren der Fahrbahn auf der Mittelinsel stehen bleiben.	häufig beobachtet					
	beobachtet					
	nie beobachtet					
	irrelevant					
Im Fußgängerverkehr kann häufig folgendes Fehlverhalten beobachtet werden:	Gehen bei ROT					
	Überqueren außerhalb der Furt					
<i>Bei sehr geringem Radverkehrsaufkommen nicht zu bearbeiten.</i>						
Im Radverkehr kann häufig folgendes Fehlverhalten beobachtet werden:	Fahren bei ROT					
	Fahren entgegen der vorgeschriebenen Fahrtrichtung					
	unerlaubtes Fahren auf dem Gehweg oder auf der Fahrbahn					
	Nichtbefolgen der Führung im Knotenpunktbereich					
Auffälligkeiten im Programmablauf, z. B.						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ ungewöhnliche Programmabläufe (fehlende Phasen) ➤ Freigabe trotz fehlender Anforderung 						
Auffälligkeiten im Verkehrsablauf, z. B.						
<ul style="list-style-type: none"> ➤ hohe Geschwindigkeiten ➤ Wendevorgänge, um das Linksabbiegen zu vermeiden ➤ Konflikte, die durch die Fragen noch nicht angesprochen worden sind 						

Anlage 7

Liste der Mängelaussagen zur Maßnahmenidentifikation

Die Liste enthält, ausgehend vom Katalog der Qualitätskenngrößen, die standardisierten Aussagen zu Mängeln, die zur Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen mit Hilfe der Wissensbasis benötigt werden (vgl. **Anlage 8**).

Qualitätskenngröße	resultierende Mängelaussage zur Maßnahmenidentifikation	Nr.
Unfalldichte	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfalldichte mit Beteiligung des ÖV	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfalldichte mit Beteiligung von Radverkehr	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfalldichte mit Beteiligung von Fußgängern	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfallrate	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfallkostendichte	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfallkostenrate	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
mittlere Unfallkosten je Unfall	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (einstellige Schlüsselnummer)	Es tritt eine Häufung von Fahrurfällen auf (Unfalltyp 1).	1
	Es tritt eine Häufung von Abbiege unfällen auf (Unfalltyp 2).	2
	Es tritt eine Häufung von Einbiegen-/ Kreuzen-Unfällen auf (Unfalltyp 3).	3
	Es tritt eine Häufung von Überschreiten-Unfällen auf (Unfalltyp 4).	4
	Es tritt eine Häufung von Unfällen durch ruhenden Verkehr auf (Unfalltyp 5).	5
	Es tritt eine Häufung von Unfällen im Längsverkehr auf (Unfalltyp 6).	6
	Es tritt eine Häufung von sonstigen Unfällen auf (Unfalltyp 7).	7
	Es tritt eine Häufung von Abbiege unfällen oder Unfällen im Längsverkehr auf (Unfalltypen 2 und 6)	8
mittlere Wartezeit maximale Wartezeit	Die mittlere Wartezeit für den MIV führt zu QSV E oder F.	13
	Die mittlere Wartezeit für den ÖV führt zu QSV E oder F.	19
	Auf den Knotenpunkt zufahrende ÖV-Fahrzeuge erhalten nicht regelmäßig GRÜN.	21
	Die mittlere Wartezeit für Fußgänger und Radfahrer führt zu QSV E oder F.	27
	Fußgänger (und ggf. Radfahrer) erhalten längere Zeit kein Grün, obwohl die Konfliktfläche nicht belegt ist.	31
maximale Anzahl erforderlicher Halte je Fahrzeug	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Anteil Durchfahrten ohne Halt	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Anzahl erforderlicher Halte an aufeinander folgenden Furten	<i>(obligatorische Bewertung der Produktqualität)</i>	
Auftreten von Reststau	Es kommt zu Reststau, während unverträgliche Ströme ausgelastet sind.	14
	Es kommt zu Reststau, während unverträgliche Ströme Reserven aufweisen.	15

Qualitätskenngröße	resultierende Mängelaussage zur Maßnahmenidentifikation	Nr.
Rückstaulänge	Fahrzeuge werden durch Rückstau am Erreichen ihres Fahrstreifens gehindert.	16
	Auf den Knotenpunkt zufahrende ÖV-Fahrzeuge werden durch Rückstau behindert.	20
	Der Rückstau beeinträchtigt stromaufwärts liegende Knotenpunkte oder schutzbedürftige Bereiche.	17
Auftreten von Behinderungen im Abfluss	Der Abfluss von Kraftfahrzeugen wird behindert.	18
	Die zur Verfügung stehenden Fahrstreifen werden nicht gleichmäßig genutzt.	33
	Gesondert signalisierte ÖV-Fahrzeuge werden beim Abfluss über den Knotenpunkt behindert.	23
Unfalldichte, geschichtet nach Unfalltyp (dreistellige Schlüsselnummer)	<i>detaillierte Information bei Bedarf (Filterfrage)</i>	
Anteilige Unfalldichte nach Unfallzeitpunkt	<i>detaillierte Information bei Bedarf (Filterfrage)</i>	
Anteilige Unfalldichte nach Straßenverhältnissen	<i>detaillierte Information bei Bedarf (Filterfrage)</i>	
Anteilige Unfalldichte nach Lichtverhältnissen	<i>detaillierte Information bei Bedarf (Filterfrage)</i>	
Sichtverhältnisse	<i>direkte Benennung eines zu behebbenden Mangels</i>	
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrsführung	<i>direkte Benennung eines zu behebbenden Mangels</i>	
Erkennbarkeit und Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung	<i>direkte Benennung eines zu behebbenden Mangels</i>	
Akzeptanz der Verkehrsführung und Verkehrssteuerung	Es werden Missachtungen der Signalisierung für den Radverkehr beobachtet.	9
	Es werden Missachtungen der vorgeschriebenen Verkehrsführung für den Radverkehr beobachtet.	10
	Es werden Missachtungen der Signalisierung für den Fußgängerverkehr beobachtet.	11
	Es werden Missachtungen der vorgeschriebenen Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr beobachtet.	12
Ausgewogenheit der Freigabezeituteilung	Es treten ungenutzte Freigabezeiten auf, während Fahrzeuge anderer Ströme warten müssen.	32
	An einer Haltestelle vor dem Knotenpunkt wartende ÖV-Fahrzeuge fahren bei GRÜN nicht sofort ein.	22
Kapazitätsverluste	Zwischen ausgelasteten Kraftfahrzeugströmen treten große Zeitreserven in der Belegung von Konfliktflächen auf.	30
	Behinderungen im Zufluss führen zu großen Zeitlücken im Verkehrsstrom.	34
Reaktionszeit der Steuerung nach Anforderung	Fußgänger oder Radfahrer müssen nach Anforderung unverhältnismäßig lange auf die Freigabe warten.	28
Güte der Koordinierung zwischen den Knotenpunkten	Fahrzeugpuls fahren nicht auf GRÜN zu.	24
	Auf GRÜN zufahrende Fahrzeugpuls schließen auf das Stauende auf und müssen verlangsamen.	25
	Der Abfluss von Fahrzeugpuls wird regelmäßig abgebrochen.	26
Güte der Koordinierung an Furten	Die Fußgänger oder Radfahrer müssen in der Regel auf der Mittelinsel erneut warten.	29
Auftreten hoher Fahrgeschwindigkeiten	<i>direkte Benennung eines zu behebbenden Mangels</i>	

Qualitätskenngröße	resultierende Mängelaussage zur Maßnahmenidentifikation	Nr.
Robustheit des Systems	Ausfallereignisse von Anlagenkomponenten führen häufig zu einem Gesamtausfall der Anlage.	36
Ausfallhäufigkeit	Anlagenkomponenten stehen häufig nicht in vollem Umfang zur Verfügung.	35
Verfügbarkeit	<i>direkte Benennung eines zu behebenden Mangels</i>	
mittlere Ausfalldauer je Ereignis	<i>direkte Benennung eines zu behebenden Mangels</i>	
Inanspruchnahme von Rückfallebenen	<i>direkte Benennung eines zu behebenden Mangels</i>	

Liste der Mängelaussagen geordnet nach Kennnummer

Nr.	Mängelaussage zur Maßnahmenidentifikation
1	Es tritt eine Häufung von Fahrurfällen auf (Unfalltyp 1).
2	Es tritt eine Häufung von Abbiegeunfällen auf (Unfalltyp 2).
3	Es tritt eine Häufung von Einbiegen-/ Kreuzen-Unfällen auf (Unfalltyp 3).
4	Es tritt eine Häufung von Überschreiten-Unfällen auf (Unfalltyp 4).
5	Es tritt eine Häufung von Unfällen durch ruhenden Verkehr auf (Unfalltyp 5).
6	Es tritt eine Häufung von Unfällen im Längsverkehr auf (Unfalltyp 6).
7	Es tritt eine Häufung von sonstigen Unfällen auf (Unfalltyp 7).
8	Es tritt eine Häufung von Abbiegeunfällen oder Unfällen im Längsverkehr auf (Unfalltypen 2 und 6)
9	Es werden Missachtungen der Signalisierung für den Radverkehr beobachtet.
10	Es werden Missachtungen der vorgeschriebenen Verkehrsführung für den Radverkehr beobachtet.
11	Es werden Missachtungen der Signalisierung für den Fußgängerverkehr beobachtet.
12	Es werden Missachtungen der vorgeschriebenen Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr beobachtet.
13	Die mittlere Wartezeit für den MIV führt zu QSV E oder F.
14	Es kommt zu Reststau, während unverträgliche Ströme ausgelastet sind.
15	Es kommt zu Reststau, während unverträgliche Ströme Reserven aufweisen.
16	Fahrzeuge werden durch Rückstau am Erreichen ihres Fahrstreifens gehindert.
17	Der Rückstau beeinträchtigt stromaufwärts liegende Knotenpunkte oder schutzbedürftige Bereiche.
18	Der Abfluss von Kraftfahrzeugen wird behindert.
19	Die mittlere Wartezeit für den ÖV führt zu QSV E oder F.
20	Auf den Knotenpunkt zufahrende ÖV-Fahrzeuge werden durch Rückstau behindert.
21	Auf den Knotenpunkt zufahrende ÖV-Fahrzeuge erhalten nicht regelmäßig GRÜN.
22	An einer Haltestelle vor dem Knotenpunkt wartende ÖV-Fahrzeuge fahren bei GRÜN nicht sofort ein.
23	Gesondert signalisierte ÖV-Fahrzeuge werden beim Abfluss über den Knotenpunkt behindert.
24	Fahrzeugpuls fahren nicht auf GRÜN zu.
25	Auf GRÜN zufahrende Fahrzeugpuls schließen auf das Stauende auf und müssen verlangsamen.
26	Der Abfluss von Fahrzeugpuls wird regelmäßig abgebrochen.
27	Die mittlere Wartezeit für Fußgänger und Radfahrer führt zu QSV E oder F.
28	Fußgänger oder Radfahrer müssen nach Anforderung unverhältnismäßig lange auf die Freigabe warten.
29	Die Fußgänger oder Radfahrer müssen in der Regel auf der Mittelinsel erneut warten.
30	Zwischen ausgelasteten Kraftfahrzeugströmen treten große Zeitreserven in der Belegung von Konfliktflächen auf.
31	Fußgänger (und ggf. Radfahrer) erhalten längere Zeit kein Grün, obwohl die Konfliktfläche nicht belegt ist.
32	Es treten ungenutzte Freigabezeiten auf, während Fahrzeuge anderer Ströme warten müssen.
33	Die zur Verfügung stehenden Fahrstreifen werden nicht gleichmäßig genutzt.
34	Behinderungen im Zufluss führen zu großen Zeitlücken im Verkehrsstrom.
35	Anlagenkomponenten stehen häufig nicht in vollem Umfang zur Verfügung.
36	Ausfallereignisse von Anlagenkomponenten führen häufig zu einem Gesamtausfall der Anlage.

Anlage 8

Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung

1. Liste der Verbesserungsstrategien und Maßnahmen

Strategiebereich 0: Verbessern der Rahmenbedingungen für die lokale Verkehrssteuerung

Ursache:	Die Verkehrsnachfrage ist zu hoch.
Strategie 0.1:	Verringern der Verkehrsnachfrage am Knotenpunkt.
0.1.0.3	Verlagern von Verkehrsströmen auf andere Strecken, so dass sie den Knotenpunkt nicht mehr befahren.
0.2.0.1	Beschränken des Zuflusses vom Nachbarknotenpunkt.
0.1.0.4	Verringern des Schwerverkehrsanteils.
Ursache:	Die Verkehrsnachfrage ist zu hoch.
Strategie 0.2:	Ändern der Knotenpunktform.
1.2.0.1	Einrichten eines Kreisverkehrsplatzes.
1.2.0.2	Einrichten eines planfreien oder teilplanfreien Knotenpunkts.
Ursache:	Es treten zu hohe Konfliktstrombelastungen auf.
Strategie 0.3:	Verringern der Summe maßgebender Konfliktstrombelastungen.
0.1.0.1	Schließen von Zufahrten zur Reduzierung von Konflikten am Knotenpunkt.
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).
Ursache:	Strategische Festlegungen wirken ungünstig.
Strategie 0.4:	Anpassen strategischer Festlegungen.
0.1.0.2	Umlegen von ÖV-Linien zur Entlastung des Knotenpunkts.
0.2.0.3	Überprüfen der Strategie der ÖV-Bevorrechtigung (Grad der Priorisierung).
0.2.0.2	Beseitigen / Anpassen der vorhandenen Kapazitätsbeschränkung (Pfortnerfunktion).

Strategiebereich 1: Verbessern der Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts

Ursache:	Die Lage des Knotenpunkts wird nicht erkannt.
Strategie 1.1:	Verdeutlichen der Lage des Knotenpunkts.
1.1.1.1	Einengen oder Verschwenken der Fahrbahn zur Verdeutlichung des Konfliktbereichs (außerorts).
1.1.2.1	Gewährleisten der erforderlichen Haltesichtweite (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung, Beseitigung von Einbauten, Veränderung von Schilderstandorten).
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung.
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung.
Ursache:	Die vorgesehene Bewegungslinie über den Knotenpunkt wird nicht erkannt (ÖV/MIV).
Strategie 1.2:	Verdeutlichen der vorgesehenen Bewegungslinie über den Knotenpunkt.
1.6.2.1	Einbauen von Leitelementen für Kraftfahrzeuge (z.B. Zeichen 222-10 StVO).
1.6.3.1	Verbessern der Fahrstreifenmarkierung (Aufbringen / Ergänzen / Erneuern von Markierung / Entfernen überflüssiger Markierung)
Ursache:	Die vorgesehene Verkehrsführung für den Radverkehr wird nicht erkannt oder nicht befolgt.
Strategie 1.3:	Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Radverkehr.
1.4.1.1	Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen im Knotenpunktbereich (Aufheben der gemeinsamen Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr / mit dem Fußgängerverkehr)
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt
1.4.2.2	Anordnen einer indirekten Führung für links abbiegende Radfahrer
1.4.2.3	Bereitstellen von Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer
1.6.2.4	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Radfahrer

Ursache:	Die vorgesehene Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr wird nicht erkannt oder nicht befolgt.
Strategie 1.4:	Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr.
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.
1.5.3.1	Anordnen eines Fußgängerüberwegs (Zeichen 350 StVO).
1.6.3.6	Erneuern der Furtmarkierung.
1.5.2.1	Schaffen / Vergrößern einer Aufstellfläche für Fußgänger auf der Mittelinsel.
1.6.2.3	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Fußgänger.
1.7.1.2	Ändern der Fußwegführung zur Haltestelle.
Ursache:	Geradeaus fahrende Fahrzeuge müssen wegen wartender Linksabbieger zusätzlich anhalten oder werden zu Fahrstreifenwechseln veranlasst.
Strategie 1.5:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.
2.6.1.6	Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit den anderen Strömen der Zufahrt.
1.2.2.2	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Linksabbieger im Knotenpunktbereich.
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.
Ursache:	Geradeaus fahrende Fahrzeuge müssen wegen wartender Rechtsabbieger zusätzlich anhalten oder werden zu Fahrstreifenwechseln veranlasst.
Strategie 1.6:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.
2.6.1.9	Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der paralleler Radfahrer und Fußgänger.
1.2.3.1	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechtsabbieger im Knotenpunktbereich.
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.
Ursache:	Bei der Annäherung an den Knotenpunkt treten Orientierungsschwierigkeiten auf.
Strategie 1.7:	Erleichtern der Orientierung und der Vorgänge des Einordnens in der Zufahrt.
1.6.3.8	Erneuern der Markierung von Richtungspfeilen.
1.6.3.7	Anbringen zusätzlicher Richtungspfeile.
1.6.4.1	Einrichten einer Beschilderung mit Hinweis auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift.
1.6.4.6	Verbessern der wegweisenden Beschilderung (Standort / Inhalte / Spurgliederung / Lesbarkeit).
Ursache:	Fahrzeuge müssen wegen anderer Verkehrsvorgänge zusätzlich anhalten oder werden zu Fahrstreifenwechseln veranlasst.
Strategie 1.8:	Verringern der Beeinträchtigungen durch störende Verkehrsvorgänge in Knotenpunktnähe.
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnen eines Parkverbots / Überwachung).
1.6.2.2	Vermeiden unerlaubten Abstellens von Fahrzeugen durch bauliche Maßnahmen.
1.7.3.1	Unterbinden des Anlieferungsverkehrs.
1.7.3.2	Schaffen störungsärmerer Anlieferungszonen.
1.6.4.3	Anordnen eines Haltverbots.
1.6.4.7	Anordnen eines Wendeverbots.
1.7.1.1	Verändern der ÖV-Haltestelle (verlegen / baulich umgestalten / aufheben).
1.7.2.1	Veränderungen an Grundstückszufahrten und -ausfahrten (Schließen / Einbeziehen in die Signalisierung / Mindern der von ihnen ausgehenden Störungen).
Ursache:	Die Lage der Konfliktflächen wird nicht richtig erkannt.
Strategie 1.9:	Verdeutlichen der Lage von Konfliktflächen.
1.6.3.4	Aufbringen / Erneuern einer Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Aufstellfläche für wartende Linksabbieger.
1.6.3.2	Erneuern der Haltlinienmarkierung.
1.6.3.6	Erneuern der Furtmarkierung.

Ursache:	Bevorrechtigte Verkehrsströme werden von nicht signalisierten Verkehrsströmen nicht wahrgenommen oder nicht erkannt.
Strategie 1.10:	Einbeziehen von nicht signalisierten Strömen in die Signalisierung.
2.6.1.1	Einbeziehen eines Fahrzeugstroms in die Signalisierung.
Ursache:	Bevorrechtigte Verkehrsströme werden von nicht signalisierten Verkehrsströmen nicht wahrgenommen oder nicht erkannt.
Strategie 1.11:	Verbessern der Erkennbarkeit des Konflikts bei nicht signalisierten Strömen.
1.6.4.2	Einrichten einer Beschilderung mit Zeichen 206 StVO (Halt! Vorfahrt gewähren).
1.5.3.1	Anordnen eines Fußgängerüberwegs (Zeichen 350 StVO).
3.2.5.1	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Kraftfahrzeugverkehr.
3.2.5.2	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV.
3.2.5.3	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Radverkehr oder Fußgängerverkehr.
1.6.3.5	Aufbringen / Erneuern der Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Wartepflicht für nicht signalisierte Ströme.
1.1.3.2	Verbessern des Sichtwinkels auf den bevorrechtigten Verkehr.
1.1.3.1	Freihalten des Anfahrtsichtfelds / Annäherungssichtfelds (Zurückschneiden / Wegnehmen von Randbepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung.
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung.
1.6.5.1	Einrichten / Verbessern der Straßenbeleuchtung im Knotenpunktbereich.

Strategiebereich 2: Verbessern der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung

Ursache:	Die Lichtsignalanlage ist zeitweilig außer Betrieb.
Strategie 2.1:	Einrichten eines 24-Stunden-Betriebs der Lichtsignalanlage.
2.1.0.1	Einrichten eines 24-Stunden-Betriebs der Lichtsignalanlage.
Ursache:	Links abbiegende Verkehrsströme werden nicht vollständig gesichert.
Strategie 2.2:	Sichern links abbiegender Verkehrsströme.
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).
2.6.1.7	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe der Linksabbieger (eigene Phase / Trennen der Freigabe gegenüberliegender Zufahrten).
3.2.5.1	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Kraftfahrzeugverkehr.
2.7.4.4	Beseitigen des Vorlaufs des abbiegenden Verkehrsstroms.
2.7.4.1	Einrichten / Verlängern / Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger.
Ursache:	Fußgänger und Radfahrer werden durch abbiegende Fahrzeuge gefährdet.
Strategie 2.3:	Sichern von Fußgängern und Radfahrern gegenüber abbiegenden Fahrzeugen.
2.6.1.2	Einrichten einer Signalisierung der Rechtsabbieger.
2.6.1.8	Einrichten einer vollständig gesicherten Führung der Fußgänger und Radfahrer.
2.7.4.3	Vergrößern des Vorlaufs der Fußgänger und Radfahrer auf der Furt.
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.
Ursache:	Es treten Signalisierungszustände auf, die für die Verkehrsteilnehmer unplausibel erscheinen.
Strategie 2.4:	Vermeiden unplausibler Signalisierungszustände.
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.
2.3.0.2	Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens.
2.7.7.1	Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu lang bemessen ist (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.
Ursache:	Während des Fahrzeugabflusses treten unerwartete Signalbildänderungen auf.
Strategie 2.5:	Vermeiden unerwarteter Signalbildänderungen.
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.
Ursache:	Es treten Konflikte bei Verkehrsvorgängen des ÖV auf.
Strategie 2.6:	Sichern von Verkehrsvorgängen des ÖV.
2.6.1.10	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe des ÖV.
3.2.5.2	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV.

Ursache:	Radfahrer werden beim Linksabbiegen gefährdet oder meiden die vorgesehene Verkehrsführung.
Strategie 2.7:	Sichern links abbiegender Radfahrer.
1.4.2.1	Schaffen besonderer Einrichtungen zum Schutz direkt links abbiegender Radfahrer.
1.4.2.2	Anordnen einer indirekten Führung für links abbiegende Radfahrer.
1.4.2.3	Bereitstellen von Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer.
Ursache:	Die Verkehrsführung und Verkehrssteuerung des Radverkehrs wird nicht beachtet.
Strategie 2.8:	Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Radfahrer.
1.4.1.1	Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen im Knotenpunktbereich (Aufheben der gemeinsamen Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr / mit dem Fußgängerverkehr).
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.
1.4.1.2	Verändern der Führung von Radfahrern über eine Dreiecksinsel.
2.6.1.5	Einrichten einer gesonderten Signalisierung für den Radverkehr.
3.2.4.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Radverkehr.
Ursache:	Die Verkehrssteuerung des Fußgängerverkehrs wird nicht beachtet.
Strategie 2.9:	Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Fußgänger.
2.6.1.4	Einrichten einer signalisierten Führung für die Fußgänger.
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.
1.5.0.6	Einrichten einer anforderungsunabhängigen Freigabe des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs in jedem Umlauf.
3.3.3.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Fußgängerverkehr.
1.5.2.1	Schaffen / Vergrößern einer Aufstellfläche für Fußgänger auf der Mittelinsel.
1.5.2.2	Verändern der Führung von Fußgängern über eine Dreiecksinsel.
3.3.2.1	Einrichten eines Bestätigungssignals für die Fußgängeranforderung.
Ursache:	Die Konfliktflächen werden nicht rechtzeitig geräumt.
Strategie 2.10:	Überprüfen der verwendeten Parameter für die Zwischenzeitenberechnung.
2.7.6.1	Anpassen der Gelbzeit unter Beachtung der Annäherungsgeschwindigkeit.
2.7.7.1	Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu kurz bemessen ist (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).
Ursache:	Es treten häufig nicht angepasste Geschwindigkeiten auf.
Strategie 2.11:	Durchsetzen einer angepassten Fahrgeschwindigkeit.
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung.
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung.
Ursache:	Es treten häufig Rotlichtüberfahrungen auf.
Strategie 2.12:	Verhindern von Rotlichtüberfahrungen.
3.3.3.1	Einrichten einer Rotlichtüberwachung.

Strategiebereich 3: Verbessern der Erkennbarkeit der Signalisierung

Ursache:	Die Signalisierung wird übersehen.
Strategie 3.1:	Vermeiden des Übersehens der Signalisierung.
1.1.2.1	Gewährleisten der erforderlichen Haltesichtweite (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).
1.6.4.4	Einrichten einer Vorankündigung der Signalisierung (Zeichen 131 StVO / Zeichen 131 StVO mit Gelbblinker).
1.1.2.2	Verbessern der Sicht auf die vorhandenen Signalgeber im Annäherungsbereich (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).
3.2.1.1	Installieren eines zusätzlichen Signalgebers (am Ausleger / am linken Fahrbahnrand / auf einer Mittelinsel).
3.2.1.3	Vergrößern des Signalfelddurchmessers.
3.2.1.4	Verbessern der Leuchtstärke.
3.2.1.6	Ändern der Ausrichtung der Signalgeber zur Verbesserung der Erkennbarkeit.
Ursache:	Die Signalgruppe wird verwechselt.
Strategie 3.2:	Vermeiden der Verwechslung der Signalgruppe.
3.2.1.2	Überprüfen der eindeutigen Zuordnung der Signalgeber unterschiedlicher Signalgruppen zu den jeweiligen Fahrstreifen.
3.2.3.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Fußgängerverkehr.
3.2.4.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Radverkehr.

Ursache:	Das Lichtsignal wird nicht eindeutig erkannt.
Strategie 3.3:	Vermeiden von Beeinträchtigungen der Erkennbarkeit des Lichtsignals durch optische Effekte.
3.2.1.7	Ändern der Ausrichtung des Signalgebers, um den Phantomeffekt zu verringern.
3.2.1.8	Einbauen einer phantomlichtarmen Optik.
3.2.1.5	Anbringen einer Kontrastblende.

Strategiebereich 4: Verbessern der Befahrbarkeit und Begehrbarkeit des Knotenpunkts.

Ursache:	Es steht kein ausreichender Bewegungsraum zur Verfügung.
Strategie 4.1:	Verbessern der fahrgeometrischen Gegebenheiten.
1.2.0.2	Verbreitern von Fahrstreifen (in der Knotenpunktzufahrt / in der Knotenpunktausfahrt / auf Fahrbahnen für Abbieger).
1.2.0.3	Vergrößern der Abbiegeradien.
1.6.3.3	Zurückverlegen von Haltlinien.
Ursache:	Die Verkehrsfläche ist schadhafte.
Strategie 4.2:	Verbessern der Oberflächeneigenschaften des Verkehrsraums.
1.1.5.1	Erneuere der Fahrbahnoberfläche (Beseitigen von Spurrillen / Verbessern der Griffbarkeit).

Strategiebereich 5: Erhöhen der Kapazität des Knotenpunkts mit Lichtsignalanlage.

Ursache:	Es treten hohe Verlustzeiten im Signalprogramm auf.
Strategie 5.1:	Verringern von Verlustzeiten.
1.2.0.4	Verkürzen von Räumwegen (durch die Verlegung von Haltlinien / durch die Verringerung der Knotenpunktgröße / durch die Einrichtung von Mittelinseln für den Fußgängerverkehr).
1.2.1.3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke.
1.2.1.2	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr im Knotenpunktbereich.
1.2.1.1	Ändern der Fahrstreifenaufteilung.
2.6.1.11	Verändern der Phaseneinteilung zum Aufheben von ungünstigen Zwischenzeitbindungen (z. B. bei gleichzeitiger Freigabe von Kraftfahrzeugverkehr und parallelem Fußgängerverkehr).
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.
2.7.7.2	Überprüfen, ob die Zwischenzeiten zu lang bemessen sind (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).
2.5.0.1	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV.
2.5.0.4	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).
2.5.0.5	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.
2.5.0.9	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).
2.6.1.5	Einrichten einer gesonderten Signalisierung für den Radverkehr.
Ursache:	Die Umlaufzeit ist zu kurz bemessen.
Strategie 5.2:	Anpassen der Umlaufzeit.
2.2.0.1	Anpassen der Umschaltzeitpunkte in der zeitplanabhängigen Programmaktivierung.
2.2.0.2	Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung.
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.
2.7.2.1	Verändern der Umlaufzeit.

Strategiebereich 6: Verbessern der Freigabezeitbemessung.

Ursache:	Die Freigabezeiten sind nicht an den Bedarf angepasst.
Strategie 6.1:	Verbessern der Anpassung der Freigabezeitbemessung an den Bedarf.
2.2.0.1	Anpassen der Umschaltzeitpunkte in der zeitplanabhängigen Programmaktivierung.
2.2.0.2	Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung.
2.7.3.1	Anpassen der Freigabezeiten an den Freigabezeitbedarf (im Festzeitsignalprogramm).
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.
2.7.3.2	Verlängern der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (VAS).
2.7.3.3	Verkürzen der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (VAS).
3.3.1.5	Verbessern der Erfassung von Zeitlücken im Kraftfahrzeugstrom (Anordnen zusätzlicher Detektoren/ Vergrößern des Haltlinienabstands der Detektoren).
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.
2.6.1.3	Herausnehmen von gesondert geführten Rechtsabbiegeströmen aus der Signalisierung.
2.7.4.1	Einrichten / Verlängern / Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger.
2.7.4.5	Einrichten einer zusätzlichen Freigabezeit für Rechtsabbieger.
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.

Ursache:	Die Freigabezeitbemessung für den ÖV ist unflexibel.
Strategie 6.2:	Erhöhen der Flexibilität der Abwicklung des ÖV.
2.5.0.1	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV.
0.2.0.3	Überprüfen der Strategie der ÖV-Bevorzugung (Grad der Priorisierung).
2.5.0.2	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV.
2.5.0.3	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den ÖV.
1.3.0.1	Einrichten eines Sonderfahrstreifens für den ÖV.
Ursache:	Die Belange des Radverkehrs und des Fußgängerverkehrs werden bei der Freigabezeitbemessung zu wenig berücksichtigt.
Strategie 6.3:	Verbessern einer bedarfsorientierten Berücksichtigung des Radverkehrs und Fußgängerverkehrs.
2.5.0.6	Einrichten einer anforderungsunabhängigen Freigabe für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.
2.5.0.7	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.
2.5.0.8	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den Fußgängerverkehr/Radverkehr.
2.6.1.12	Ermöglichen von Mehrfachanwürfen innerhalb eines Umlaufs.
2.7.3.4	Koordinieren der Freigabezeiten für Fußgänger und Radfahrer an hintereinander liegenden Furten.
Ursache:	Die Erfassung von Verkehrsströmen ist unvollständig oder arbeitet nicht zuverlässig.
Strategie 6.4:	Verbessern der Erfassung von Verkehrsströmen.
3.3.1.7	Vermeiden von Fehlerfassungen oder Nichterfassungen durch die Detektoren.
3.3.1.6	Überprüfen der Plausibilitätsbedingungen bei der Fahrzeugerkennung (verlorene Anforderungen, Phantomanforderungen).
3.3.1.1	Anordnen von Detektoren zur Erfassung von Verkehrsströmen.
3.3.1.3	Verändern der Detektionstechnik.
3.3.1.4	Verbessern der Detektion des Radverkehrs.
3.3.1.2	Anordnen redundanter Detektoren zur Absicherung.

Strategiebereich 7: Verbessern der Ausnutzung der Freigabezeit.

Ursache:	Die Sättigungsverkehrsstärke ist gering.
Strategie 7.1:	Erhöhen der Sättigungsverkehrsstärke.
1.2.0.2	Verbreitern von Fahrstreifen (in der Knotenpunktzufahrt / in der Knotenpunktausfahrt / auf Fahrbahnen für Abbieger).
1.2.0.3	Vergrößern der Abbiegeradien.
Ursache:	Der Zufluss zum Knotenpunkt wird durch Störungen in der Zulaufstrecke beeinträchtigt.
Strategie 7.2:	Verringern von Beeinträchtigungen des Zuflusses durch Störungen in der Zulaufstrecke
1.2.1.3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke
1.6.4.1	Einrichten einer Beschilderung mit Hinweis auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift.
1.6.4.6	Verbessern der wegweisenden Beschilderung (Standort / Inhalte / Spurgliederung / Lesbarkeit).
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnen eines Parkverbots).
Ursache:	Der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss nach dem Überfahren der Haltlinie wird durch wartende Linksabbieger beeinträchtigt.
Strategie 7.3:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden oder rechts abbiegenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.
2.6.1.6	Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit den anderen Strömen der Zufahrt.
1.2.2.2	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Linksabbieger im Knotenpunktbereich.
Ursache:	Der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss nach dem Überfahren der Haltlinie wird durch wartende Rechtsabbieger beeinträchtigt.
Strategie 7.4:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden oder links abbiegenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.
2.6.1.9	Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der paralleler Radfahrer/Fußgänger.
1.2.3.1	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechtsabbieger im Knotenpunktbereich.

Ursache:	Der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss über den Knotenpunkt wird durch andere Verkehrsvorgänge im Umfeld des Knotenpunkts beeinträchtigt.
Strategie 7.5:	Verringern der Beeinträchtigungen durch andere Verkehrsvorgänge im Umfeld des Knotenpunkts.
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnen eines Parkverbots).
1.6.2.2	Vermeiden unerlaubten Abstellens von Fahrzeugen durch bauliche Maßnahmen.
1.7.3.1	Unterbinden des Anlieferungsverkehrs.
1.7.3.2	Schaffen störungsärmerer Anlieferungszonen.
1.6.4.3	Anordnen eines Haltverbots.
1.7.1.1	Verändern der ÖV-Haltstelle (verlegen / baulich umgestalten / aufheben).
1.7.2.1	Veränderungen an Grundstückszufahrten und -ausfahrten (Schließen / Einbeziehen in die Signalisierung / Mindern der von ihnen ausgehenden Störungen).

Strategiebereich 8: Verbessern der Koordinierung mit benachbarten Knotenpunkten.

Ursache:	Zwischen benachbarten Lichtsignalanlagen findet keine oder nur eine schlechte Abstimmung statt.
Strategie 8.1:	Verbessern der Abstimmung der Signalisierung mit benachbarten Knotenpunkten.
2.4.0.1	Einrichten einer koordinierten Steuerung.
2.4.0.8	Einbeziehen eines weiteren Stroms in die Koordinierung.
2.4.0.3	Überprüfen der Priorität konkurrierender Streckenkoordinierungen.
2.4.0.2	Überprüfen der bevorzugten Koordinierungsrichtung.
3.4.0.1	Überprüfen der Datenübertragung zum benachbarten Knotenpunkt / zum Verkehrsrechner.
2.4.0.7	Überprüfen der Koordinierungsfunktion an den benachbarten Knotenpunkten
Ursache:	In der Zulaufstrecke findet eine hohe Pulkauflösung statt.
Strategie 8.2:	Verbessern des Pulkzusammenhalts in der Zulaufstrecke.
1.2.1.3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke.
2.4.0.5	Unterbinden des unkontrollierten seitlichen Zuflusses im koordinierten Straßenzug.
2.4.0.6	Unterbinden von Störungen auf der Zuflusstrecke.
Ursache:	Die Fahrzeuge werden in der Zulaufstrecke durch Rückstau oder wartende Abbieger behindert.
Strategie 8.3:	Vermeiden der Beeinträchtigung des Pulkzuflusses und Pulkabflusses durch Rückstau oder wartende Abbieger.
1.2.1.1	Ändern der Fahrstreifenaufteilung.
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.
1.2.1.2	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr im Knotenpunktbereich.
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.
2.7.4.2	Einrichten eines ausreichenden Vorlaufs zum Abfluss gestauter Fahrzeuge.
Ursache:	Der Freigabezeitbeginn ist nicht an die tatsächliche Fahrzeugankunft angepasst.
Strategie 8.4:	Verbessern der Abstimmung des Freigabezeitbeginns an die Fahrzeugankunft.
2.4.0.4	Überprüfen der Progressionsgeschwindigkeit und Anpassung der Versatzeiten innerhalb der Grünen Welle.
Ursache:	Das Freigabezeitende ist nicht an die tatsächliche Ankunft des Pulkendes angepasst.
Strategie 8.5:	Anpassen des Freigabezeitendes an die tatsächliche Durchfahrt des Pulkendes.
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.
2.3.0.2	Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens.
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.
Ursache:	Die Koordinierung wird häufig durch konkurrierende Anforderungen gestört.
Strategie 8.6:	Verringern der Möglichkeit störender Eingriffe in die Koordinierung.
2.5.0.4	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung.
2.5.0.9	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung.

Strategiebereich 9: Erhöhen der Betriebssicherheit.

Ursache:	Es tritt eine hohe Ausfallhäufigkeit und Ausfalldauer von Systemelementen auf.
Strategie 9.1:	Verringern der Ausfallhäufigkeit und Ausfalldauer von Systemelementen.
3.3.1.3	Überprüfen, ob eine andere Detektionstechnik zum Einsatz kommen sollte.
3.2.1.9	Verwenden eines Leuchtmittels mit bauartbedingt geringerer Ausfallhäufigkeit.
3.1.0.1	Einrichtung von automatischen Störungsmelde- und Betriebsüberwachungsverfahren.
3.4.0.2	Überprüfen der Zuverlässigkeit der Übertragung von Störungsmeldungen.
Ursache:	Es fehlen geeignete Rückfallebenen im Signalprogramm zur vorbeugenden Fehlerbehandlung.
Strategie 9.2:	Erhöhen der Robustheit der Verkehrssteuerung gegenüber Systemelementausfällen.
2.3.0.4	Vorhalten geeigneter Ortprogramme.
2.3.0.3	Vorhalten geeigneter Festzeigersatzprogramme.
2.5.0.11	Vorhalten und verwenden geeigneter Ersatzparameter.

2. Einzelmaßnahmen nach Systembereichen

Systembereich	Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
0. Planerische und strategische Rahmenbedingungen			
1. Verkehrsplanung			
0 (Allgemein)	1	Schließen von Zufahrten zur Reduzierung von Konflikten am Knotenpunkt.	
	2	Umliegen von ÖV-Linien zur Entlastung des Knotenpunkts.	wenn bevorrechtigte ÖV-Linien über den Knotenpunkt führen.
	3	Verlagern von Verkehrsströmen auf andere Strecken, so dass sie den Knotenpunkt nicht mehr befahren.	
	4	Verringern des Schwerverkehrsanteils.	
2. Strategische Festlegungen			
0 (Allgemein)	1	Beschränken des Zuflusses vom Nachbarknotenpunkt.	
	2	Beseitigen / Anpassen der vorhandenen Kapazitätsbeschränkung (Pfortnerfunktion).	wenn die Lichtsignalanlage die Funktion einer Pfortneranlage hat.
	3	Überprüfen der Strategie der ÖV-Bevorrechtigung (Grad der Priorisierung)	wenn am Knotenpunkt der ÖV anforderungsabhängig bevorrechtigt freigegeben wird.
1. Knotenpunktentwurf			
1. Fahrraumgestaltung			
1 Linienführung und Fahrraumbegrenzung	1	Einengen oder Verschwenken der Fahrbahn zur Verdeutlichung des Konfliktbereichs (außerorts).	
2 Haltesichtfelder	1	Gewährleisten der erforderlichen Haltesichtweite (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).	
	2	Verbessern der Sicht auf die vorhandenen Signalgeber im Annäherungsbereich (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).	
3 / 4 Anfahrtsichtfelder / Annäherungssichtfelder	1	Freihalten des Anfahrtsichtfelds / Annäherungssichtfelds (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).	
	2	Verbessern des Sichtwinkels auf den bevorrechtigten Verkehr.	
5 Fahrbahnoberfläche	1	Erneuern der Fahrbahnoberfläche (Beseitigen von Spurrillen / Verbessern der Griffigkeit).	
2. Allgemeine Verkehrsführung			
0 (Allgemein)	1	Einrichten eines Kreisverkehrsplatzes.	wenn ausreichend Raum für einen großen Kreisverkehrsplatz vorhanden ist.
	2	Verbreitern von Fahrstreifen (in der Knotenpunktzufahrt / in der Knotenpunktausfahrt / auf Fahrbahnen für Abbieger).	wenn schmale Fahrstreifen vorhanden sind.
	3	Vergrößern der Abbiegeradien.	wenn geringe Abbiegeradien vorliegen.
	4	Verkürzen von Räumwegen (durch die Verlegung von Haltlinien / durch die Verringerung der Knotenpunktgröße / durch die Einrichtung von Mittelinseln für den Fußgängerverkehr).	

Systembereich		Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...		
1	2	1 Geradeaus fahrender Verkehr	1	Ändern der Fahrstreifenaufteilung.	wenn sich mehrere Fahrstreifen in der Zufahrt befinden.
			2	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr im Knotenpunktbereich.	wenn ausreichend Fläche für die Einrichtung zusätzlicher Fahrstreifen vorhanden ist.
			3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke.	wenn die Zulaufstrecke einstreifig ist.
	2	Linksab- bieger	1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).	wenn Linksabbiegen erlaubt ist. wenn eine denkbare alternative Route zur Verfügung steht.
			2	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Linksabbieger im Knotenpunktbereich.	wenn in der Zufahrt wartepflichtige bedingt verträgliche Linksabbieger vorhanden sind. wenn keine geeigneten / geeignet großen Aufstellflächen für wartepflichtige bedingt verträgliche Linksabbieger vorhanden sind. wenn Möglichkeiten bestehen, die Aufstellflächen im Knotenpunktbereich zu vergrößern
			3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen	wenn in der Zufahrt keine Linksabbiegefahrstreifen vorhanden sind. wenn ausreichend Fläche für die Einrichtung zusätzlicher Linksabbiegefahrstreifen vorhanden ist.
			4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen	wenn in der Zufahrt Linksabbiegefahrstreifen vorhanden sind. wenn ausreichend Fläche für die Verlängerung des Linksabbiegefahrstreifens vorhanden ist.
	3	Rechts- abbieger	1	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechtsabbieger im Knotenpunktbereich.	wenn in der Zufahrt wartepflichtige bedingt verträgliche Rechtsabbieger vorhanden sind. wenn keine geeigneten / geeignet großen Aufstellflächen für wartepflichtige bedingt verträgliche Rechtsabbieger vorhanden sind.
			2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.	wenn in der Zufahrt keine Rechtsabbiegefahrstreifen vorhanden sind. wenn ausreichend Fläche für die Einrichtung zusätzlicher Rechtsabbiegefahrstreifen vorhanden ist.
			3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen	wenn in der Zufahrt Rechtsabbiegefahrstreifen vorhanden sind. wenn ausreichend Fläche für die Verlängerung des Rechtsabbiegefahrstreifens vorhanden ist.
	3. Besondere Verkehrsführung des ÖV				
		0 (Allgemein)	1	Einrichten eines Sonderfahrstreifens für den ÖV.	wenn in der Zufahrt kein Sonderfahrstreifen für den ÖV existiert. wenn ausreichend Fläche für die Einrichtung zusätzlicher Sonderfahrstreifen für den ÖV vorhanden ist.
	4. Besondere Verkehrsführung des Radverkehrs				
1	Geradeaus fahrende Radfahrer	1	Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen im Knotenpunktbereich (Aufheben der gemeinsamen Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr / mit dem Fußgängerverkehr).	wenn keine gesonderten Radverkehrsflächen am Knotenpunkt vorhanden sind (Mischverkehr). wenn ausreichend Fläche für die Einrichtung zusätzlicher Radverkehrsflächen vorhanden ist.	
		2	Verändern der Führung von Radfahrern über eine Dreiecksinsel.	wenn eine Dreiecksinsel vorhanden ist.	
		3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.	wenn die Radverkehrsfurt deutlich abgerückt ist.	

Systembereich			Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
1	4	2 Links abbiegende Radfahrer	1	Schaffen besonderer Einrichtungen zum Schutz direkt links abbiegender Radfahrer.	wenn keine besonderen Einrichtungen zum Schutz direkt links abbiegender Radfahrer vorhanden sind.
			2	Anordnen einer indirekten Führung für links abbiegende Radfahrer.	wenn keine indirekte Führung für links abbiegende Radfahrer vorgesehen ist.
			3	Bereitstellen von Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer.	wenn keine geeigneten Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer vorhanden sind.
5. Verkehrsführung des Fußgängerverkehrs					
		2 Fußgänger- furten	1	Schaffen / Vergrößern einer Aufstellfläche für Fußgänger auf der Mittelinsel.	
			2	Verändern der Führung von Fußgängern über eine Dreiecksinsel.	wenn eine Dreiecksinsel vorhanden ist.
			3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.	wenn eine Fußgängerfurt vorhanden ist. wenn die Fußgängerfurt abgerückt ist.
		3 Fußgänger- überwege	1	Anordnen eines Fußgängerüberwegs (Zeichen 350 StVO).	wenn der Fußgänger nicht signalisiert ist. wenn kein Fußgängerüberweg vorhanden ist.
6. Bauliche und sonstige Ausstattung des Knotenpunkts					
		2 Leit- und Absperrein- richtungen	1	Einbauen von Leitelementen für Kraftfahrzeuge (z.B. Zeichen 222-10 StVO).	
			2	Vermeiden unerlaubten Abstellens von Fahrzeugen durch bauliche Maßnahmen.	
			3	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Fußgänger.	
			4	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Radfahrer	
		3 Markierung	1	Verbessern der Fahrstreifenmarkierung (Aufbringen / Ergänzen / Erneuern von Markierung / Entfernen überflüssiger Markierungen)	
			2	Erneuern der Haltlinienmarkierung.	
			3	Zurückverlegen von Haltlinien.	
			4	Aufbringen / Erneuern einer Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Aufstellfläche für wartende Linksabbieger.	wenn in der Zufahrt wartepflichtige bedingt verträgliche Linksabbieger vorhanden sind.
			5	Aufbringen / Erneuern der Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Wartepflicht für nicht signalisierte Ströme.	wenn nicht alle Ströme der Zufahrt in die Signalisierung einbezogen sind.
			6	Erneuern der Furtmarkierung.	wenn eine Fußgängerfurt vorhanden ist.
			7	Aufbringen zusätzlicher Richtungspfeile.	wenn mehrere Fahrstreifen in der Zufahrt vorhanden sind.
			8	Erneuern der Markierung von Richtungspfeilen.	wenn mehrere Fahrstreifen in der Zufahrt vorhanden sind.
		4 Beschilder- ung	1	Einrichten einer Beschilderung mit Hinweis auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift.	
			2	Einrichten einer Beschilderung mit Zeichen 206 StVO (Halt! Vorfahrt gewähren).	wenn nicht alle Ströme der Zufahrt in die Signalisierung einbezogen sind.
			3	Anordnen eines Haltverbots.	wenn kein Haltverbot angeordnet ist.
			4	Einrichten einer Vorankündigung der Signalisierung (Zeichen 131 StVO / Zeichen 131 StVO mit Gelbblinker).	wenn keine Vorankündigung der Signalisierung vorhanden ist.
			5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung:	wenn keine Geschwindigkeitsbeschränkung angeordnet ist.

Systembereich			Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
1	6	4	6	Verbessern der wegweisenden Beschilderung (Standort, Inhalte, Spurgliederung, Lesbarkeit).	
			7	Anordnen eines Wendeverbots	wenn das Wenden erlaubt ist.
		5	Beleuchtung	1	Einrichten / Verbessern der Straßenbeleuchtung im Knotenpunktbereich.
	7. Zusätzliche Verkehrseinrichtungen im Umfeld				
	1	Haltestellen des ÖV	1	Verändern der ÖV-Haltestelle (verlegen / baulich umgestalten / aufheben).	wenn sich im Knotenpunktbereich eine ÖV-Haltestelle befindet.
			2	Ändern der Fußwegführung zur Haltestelle.	wenn sich im Knotenpunktbereich eine ÖV-Haltestelle befindet.
	2	Grundstückszufahrten und -ausfahrten	1	Veränderungen an Grundstückszufahrten und -ausfahrten (Schließen / Einbeziehen in die Signalisierung / Mindern der von ihnen ausgehenden Störungen).	
	3	Park- und Ladeflächen	1	Unterbinden des Anlieferungsverkehrs.	
			2	Schaffen störungsärmerer Anlieferungszonen.	
			3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnung eines Parkverbots / Überwachung).	wenn sich im Bereich des Knotenpunkts Parkstände befinden, die direkt vom Straßenraum erschlossen werden.
2. Lokale Verkehrssteuerung					
1. Betriebszeit					
	0 (Allgemein)	1	Aufheben der Nachtabschaltung der Lichtsignalanlage.	wenn die Lichtsignalanlage planmäßig zeitweise ausgeschaltet ist.	
2. Signalprogrammaktivierung					
	0 (Allgemein)	1	Anpassen der Umschaltzeitpunkte in der zeitplanabhängigen Programmaktivierung.	wenn mehrere Signalprogramme zur Verfügung stehen. wenn eine zeitplanabhängige Signalprogrammaktivierung erfolgt.	
		2	Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung.	wenn mehrere Signalprogramme zur Verfügung stehen. wenn eine zeitplanabhängige Signalprogrammaktivierung erfolgt.	
3. Steuerungsverfahren					
	0 (Allgemein)	1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	wenn der Knotenpunkt nicht verkehrsabhängig gesteuert ist.	
		2	Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens.	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig gesteuert ist.	
		3	Vorhalten geeigneter Festzeigersatzprogramme.	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig gesteuert ist.	
		4	Vorhalten geeigneter Ortprogramme		
4. Koordinierung					
	0 (Allgemein)	1	Einrichten einer koordinierten Steuerung.	wenn keine koordinierte Steuerung vorliegt.	
		2	Überprüfen der bevorzugten Koordinierungsrichtung.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt. wenn beide Fahrrichtungen der Strecke koordiniert werden.	

Systembereich			Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
2	4	0	3	Überprüfen der Priorität konkurrierender Streckenkoordinierungen.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt. wenn am Knotenpunkt mehrere koordinierte Streckenzüge zusammentreffen.
			4	Überprüfen der Progressionsgeschwindigkeit und Anpassen der Versatzzeiten innerhalb der Grünen Welle.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt.
			5	Unterbinden des unkontrollierten seitlichen Zuflusses im koordinierten Straßenzug.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt. wenn unkoordinierter seitlicher Zufluss im koordinierten Straßenzug vorliegt.
			6	Unterbinden von Störungen auf der Zuflusstrecke.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt.
			7	Überprüfen der Koordinierungsfunktionen am benachbarten Knotenpunkt.	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt.
			8	Einbeziehen eines weiteren Stroms in die Koordinierung	wenn eine koordinierte Steuerung vorliegt.
5. Steuerungslogik					
0 (Allgemein)			1	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV.	wenn am Knotenpunkt der ÖV nicht anforderungsabhängig bevorrechtigt freigegeben wird.
			2	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV.	wenn am Knotenpunkt der ÖV anforderungsabhängig bevorrechtigt freigegeben wird.
			3	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den ÖV.	wenn am Knotenpunkt der ÖV anforderungsabhängig bevorrechtigt freigegeben wird.
			4	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).	wenn am Knotenpunkt der ÖV bevorrechtigt freigegeben wird.
			5	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	wenn nicht der gesamte Fußgängerverkehr / Radverkehr anforderungsabhängig gesteuert werden.
			6	Einrichten einer anforderungsunabhängigen Freigabe des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs in jedem Umlauf.	wenn Fußgängerverkehr / Radverkehr anforderungsabhängig gesteuert wird.
			7	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	wenn der Fußgängerverkehr / Radverkehr anforderungsabhängig gesteuert wird.
			8	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	wenn der Fußgängerverkehr / Radverkehr anforderungsabhängig gesteuert wird.
			9	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).	wenn der Fußgängerverkehr / Radverkehr anforderungsabhängig gesteuert wird.
			10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.	wenn der Knotenpunkt verkehrabhängig gesteuert wird. wenn die Freigabezeit des Kraftfahrzeugs Stroms über eine Zeitlückenbedingung bemessen wird.
			11	Vorhalten und verwenden geeigneter Ersatzparameter.	wenn der Knotenpunkt verkehrabhängig gesteuert wird. wenn keine Ersatzparameter vorhanden sind.
			12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	wenn der Knotenpunkt verkehrabhängig gesteuert wird. wenn keine Stauraumüberwachung vorhanden ist.

Systembereich	Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...
2	6. Programmstruktur	
1 Phasenanzahl und Phaseneinteilung	1	Einbeziehen eines Fahrzeugstroms in die Signalisierung. wenn nicht alle Fahrströme in die Signalisierung einbezogen sind. wenn der Fahrstrom nicht signalisiert ist.
	2	Einrichten einer Signalisierung der Rechtsabbieger. wenn der Rechtsabbiegestrom nicht signalisiert ist.
	3	Herausnehmen von gesondert geführten Rechtsabbiegeströmen aus der Signalisierung. wenn der Rechtsabbiegestrom auf einer Rechtsabbiegefahrbahn gesondert geführt wird. wenn der Rechtsabbiegestrom signalisiert ist.
	4	Einrichten einer signalisierten Führung für die Fußgänger. wenn nicht für alle Fußgängerverkehrsströme (über allen Zufahrten) Ströme auf signalisierten Furten verkehren können.
	5	Einrichten einer gesonderten Signalisierung für den Radverkehr. wenn der Radverkehr nicht gesondert signalisiert ist. wenn der Radverkehr auf einer eigenen Verkehrsfläche geführt und gemeinsam mit dem Fahrzeugverkehr signalisiert wird.
	6	Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit den anderen Strömen der Zufahrt. wenn keine zeitgleiche Freigabe aller Ströme in der Zufahrt vorliegt.
	7	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe der Linksabbieger (eigene Phase / Trennen der Freigabe gegenüberliegender Zufahrten). wenn die Linksabbieger der Zufahrt keine gesicherte Freigabe erhalten.
	8	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe der Fußgänger und Radfahrer. wenn keine vollständig gesicherte Freigabe der Fußgänger und Radfahrer vorhanden ist.
	9	Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der paralleler Fußgänger und Radfahrer. wenn Rechtsabbieger bedingt verträglich mit dem Fußgängerverkehr / Radverkehr freigegeben werden.
	10	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe des ÖV. wenn der ÖV gesondert signalisiert wird oder signalisiert werden kann.
	11	Verändern der Phaseneinteilung zum Aufheben von ungünstigen Zwischenzeitbindungen (z.B. bei gleichzeitiger Freigabe von Kraftfahrzeugverkehr und parallelem Fußgängerverkehr). wenn das Signalprogramm mehr als zwei Phasen aufweist.
	12	Ermöglichen von Mehrfachanwürfen innerhalb eines Umlaufs. wenn das Signalprogramm mehr als zwei Phasen aufweist.
2 Phasenfolge	1	Ändern der Phasenfolge. wenn das Signalprogramm mehr als zwei Phasen aufweist.
7. Programmelemente		
2 Umlaufzeit	1	Verändern der Umlaufzeit. wenn das Signalprogramm mit fester Umlaufzeit gesteuert wird.
3 Freigabezeiten	1	Anpassen der Freigabezeiten an den Freigabezeitbedarf (im Festzeitsignalprogramm). wenn die Freigabezeiten im Signalprogramm unveränderlich sind.
	2	Verlängern der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (bei verkehrsabhängiger Steuerung). wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
	3	Verkürzen der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (bei verkehrsabhängiger Steuerung). wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
	4	Koordinieren der Freigabezeiten für Fußgänger und Radfahrer an hintereinander liegenden Furten. wenn mehrere Teilfurten vorhanden sind.

Systembereich			Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
2	7	4 Besondere Anpassungen der Freigabezeit	1	Einrichten / Verlängern / Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger.	wenn die Linksabbieger keine gesicherte Freigabe erhalten.
			2	Einrichten eines ausreichenden Vorlaufs zum Abfluss gestauter Fahrzeuge.	
			3	Vergrößern des Vorlaufs der Fußgänger und Radfahrer auf der Furt.	wenn Fußgänger und Radfahrer bedingt gesichert geführt werden.
			4	Beseitigen des Vorlaufs des abbiegenden Verkehrsstroms.	wenn der abbiegende Verkehrsstrom nicht gesichert geführt wird. wenn der abbiegende Verkehrsstrom einen Vorlauf erhält.
			5	Einrichten einer zusätzlichen Freigabezeit für Rechtsabbieger.	wenn Rechtsabbieger keine zusätzliche Freigabezeit erhalten. wenn ein Rechtsabbiegefahrstreifen vorhanden ist.
		6 Übergangszeiten	1	Anpassen der Gelbzeit unter Beachtung der Annäherungsgeschwindigkeit.	
		7 Zwischenzeiten	1	Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu kurz bemessen ist (Räum- und Einfahrwege / fahrdynamische Annahmen).	
	2		Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu lang bemessen ist (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).		
	3. Lokale Infrastruktur				
	1. Steuergerät				
	0 Allgemein	1	Einrichten von automatischen Störungsmelde- und Betriebsüberwachungsverfahren.	wenn kein automatisches Störungsmelde- und Betriebsüberwachungssystem vorhanden ist.	
2. Signalgeber					
	1 Signalgeber für den Kraftfahrzeugverkehr	1	Installieren eines zusätzlichen Signalgebers (am Ausleger / am linken Fahrbahnrand / auf einer Mittelinsel).	wenn nur ein Signalgeber für die Signalgruppe vorhanden ist.	
		2	Überprüfen der eindeutigen Zuordnung der Signalgeber unterschiedlicher Signalgruppen zu den jeweiligen Fahrstreifen.	wenn mehrere Signalgruppen in der Zufahrt vorhanden sind.	
		3	Vergrößern des Signalfelddurchmessers.	wenn der Signalfelddurchmesser 200 mm beträgt.	
		4	Verbessern der Leuchtstärke.		
		5	Anbringen einer Kontrastblende.	wenn keine Kontrastblende vorhanden ist.	
		6	Ändern der Ausrichtung der Signalgeber zur Verbesserung der Erkennbarkeit.		
		7	Ändern der Ausrichtung der Signalgeber, um den Phantomeffekt zu verringern.		
		8	Einbauen einer phantomlichtarmen Optik.	wenn keine phantomlichtarme Optik eingebaut ist.	
		9	Verwenden eines Leuchtmittels mit bauartbedingt geringerer Ausfallhäufigkeit.		
	3 Signalgeber für den Fußgängerverkehr	1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Fußgängerverkehr.		
	4 Signalgeber für den Radverkehr	1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Radverkehr.		

Systembereich			Einzelmaßnahme	Prüfung Anwendbarkeit: Nur weiterverfolgen, ...	
3	2	5 Hilfssignal- geber	1	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Kraftfahrzeugverkehr.	wenn kein Schutz blinker zur Warnung vor bevorrechtigtem Verkehr vorhanden ist.
			2	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV.	wenn auf eigenem Fahrweg geführter ÖV vorhanden ist. wenn der ÖV nicht vollständig gesichert ist. wenn kein Schutz blinker zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV vorhanden ist.
			3	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Radverkehr oder Fußgängerverkehr.	wenn Fußgänger und Radfahrer nicht vollständig gesichert sind.
3. Detektoren					
		1 Detektoren mit passivem Funktions- prinzip	1	Anordnen von Detektoren zur Erfassung von Verkehrsströmen und Verkehrszuständen	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			2	Anordnen zusätzlicher Detektoren zur Absicherung der Informationserfassung.	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			3	Überprüfen, ob eine andere Detektionstechnik zum Einsatz kommen sollte.	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			4	Verbessern der Detektion des Radverkehrs	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			5	Verbessern der Erfassung von Zeitlücken im Kraftfahrzeugstrom (Anordnen zusätzlicher Detektoren / Optimieren des Haltlinienabstands der Detektoren).	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			6	Überprüfen der Plausibilitätsbedingungen bei der Fahrzeugerkennung (Erkennung und Umgang mit verlorenen Anforderungen, Phantomanforderungen)	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
			7	Vermeiden von Fehlerfassungen oder Nichterfassungen durch die Detektoren	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig mit variabler Freigabezeit gesteuert wird.
		2 Detektoren mit aktivem Funktions- prinzip	1	Einrichten eines Bestätigungssignals für die Fußgängeranforderung.	wenn der Knotenpunkt verkehrsabhängig gesteuert wird. wenn die Freigabe der Fußgänger anforderungs- abhängig erfolgt. wenn kein Bestätigungssignal für die Fußgängeranforderung geschaltet ist.
			3 Überwa- chungsein- richtungen	1	Einrichten einer Rotlichtüberwachung.
			2	Einrichten einer Geschwindigkeitsüberwachung.	wenn eine Geschwindigkeitsbeschränkung besteht. wenn keine Geschwindigkeitsüberwachung eingerichtet ist.
4. Kommunikation					
		0 (Allgemein)	1	Überprüfen der Datenübertragung zum benachbarten Knotenpunkt / zum Gebietsrechner / zum Verkehrsrechner.	

3. Dokumentation der Wissensbasis

Legende

1	Nebenstehende Maßnahme kommt zur Behebung des Mangels (Spaltenüberschrift) in Betracht.
X	Nebenstehende Maßnahme kommt zur Behebung des Mangels (Spaltenüberschrift) nicht in Betracht.
2	Nebenstehende Bedingung muss erfüllt sein (Ziffern = dreistellige Schlüsselnummer des Unfalltyps gemäß Anlage 4).

Erläuterung

Beim vorliegen des Mangels M wird eine Maßnahme wird zur näheren Betrachtung vorgeschlagen,

→ wenn sie zur Behebung des Mangels M **grundsätzlich geeignet ist (Ziffer 1)** und

→ wenn **alle zugehörigen Bedingungen (Ziffer 2)** erfüllt sind.

Bedingungen (2) können auch für ganze Verbesserungsstrategien gelten, sie sind dann vor der Nennung der Einzelmaßnahmen gelistet.

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer												
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende												
Strategiebereich 0: Verbessern der Rahmenbedingungen für die lokale Verkehrssteuerung														
Strategie 0.1:	Verringern der Verkehrsnachfrage.	6	8	13	14	17	18	19	23	27	28	29	34	
0.1.0.3	Verlagern von Verkehrsströmen auf andere Strecken, so dass sie den Knotenpunkt nicht mehr befahren.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X
	<i>bei Unfalltyp 601 oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i>	2	2											
	<i>wenn die Unfallhäufung in einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>	2	2											
	<i>wenn der Abfluss behindert wird, weil die Knotenpunktausfahrt überlastet ist.</i>						2		2					
	<i>wenn der Mangel an einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>										2	2	2	
0.1.0.4	Verringern des Schwerverkehrsanteils.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 601 oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i>	2	2											
	<i>wenn die Unfallhäufung in einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>	2	2											
	<i>wenn ein hoher Anteil langsam fahrender Schwerlastfahrzeuge vorhanden ist.</i>	2	2											
	<i>wenn ein hoher Schwerverkehrsanteil die Kapazität beeinträchtigt.</i>			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.2.0.1	Beschränken des Zuflusses vom Nachbarknotenpunkt.	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X
	<i>wenn der Abfluss behindert wird, weil die Knotenpunktausfahrt überlastet ist.</i>						2		2					
	<i>wenn der Mangel an einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>										2	2	2	
Strategie 0.2:	Ändern der Knotenpunktform.	13	14	19	27									
1.2.0.1	Einrichten eines Kreisverkehrsplatzes.	1	1	1	1									
1.2.0.2	Einrichten eines planfreien oder teilplanfreien Knotenpunkts.	1	1	1	1									
Strategie 0.3:	Verringern der Summe maßgebender Konfliktstrombelastungen.	6	8	13	14	17	18	19	23	27	28	29	32	
0.1.0.1	Schließen von Zufahrten zur Reduzierung von Konflikten am Knotenpunkt.	1	1	1	1	X	X	1	X	1	1	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 601 oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i>	2	2											
	<i>wenn die Unfallhäufung in einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>	2	2											
	<i>wenn der Mangel an einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>										2	2	2	
	<i>wenn die ungenutzte Freigabezeit in einer Zufahrt mit sehr geringem Verkehrsaufkommen auftritt.</i>													2
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).	X	X	1	1	X	X	1	X	1	1	1	1	X
	<i>wenn der Mangel an einer hoch belasteten Zufahrt auftritt.</i>										2	2	2	
	<i>wenn die ungenutzte Freigabezeit in einer Zufahrt mit sehr geringem Verkehrsaufkommen auftritt.</i>													

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer								
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende								
Strategie 0.4:	Anpassen strategischer Festlegungen.	6	8	13	14	18	19	21	27	28
0.1.0.2	Umlegen von ÖV-Linien zur Entlastung des Knotenpunkts. <i>wenn die ÖV-Bevorrechtigung zu wesentlichen Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf anderer Verkehrsteilnehmergruppen führt.</i>	X	X	1	1	X	X	X	X	X
0.2.0.2	Beseitigen / Anpassen der vorhandenen Kapazitätsbeschränkung (Pförtnerfunktion). <i>bei Unfalltyp 601 oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i> <i>wenn die Unfallhäufung in Richtung der zu regelnden Ausfahrt auftritt.</i> <i>wenn der Mangel in Richtung der zu regelnden Ausfahrt auftritt.</i> <i>wenn der ÖV vom zu regelnden Fahrzeugstrom behindert wird.</i>	1	1	1	1	X	1	1	X	X
0.2.0.3	Überprüfen der Strategie der ÖV-Bevorrechtigung (Grad der Priorisierung). <i>bei Unfalltyp 601 oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i> <i>wenn die ÖV-Bevorrechtigung zu wesentlichen Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf anderer Verkehrsteilnehmergruppen führt.</i> <i>wenn hohe Wartezeiten besonders während, vor oder nach Anwesenheit von ÖV-Fahrzeugen auftreten.</i>	1	1	1	1	X	1	X	1	1
Strategiebereich 1: Verbessern der Erkennbarkeit und Übersichtlichkeit des Knotenpunkts										
Strategie 1.1:	Verdeutlichen der Lage des Knotenpunkts.	1	2	3	4	6	8			
1.1.1.1	Einengen oder Verschieben der Fahrbahn zur Verdeutlichung des Konfliktbereichs (außerorts). <i>wenn der Knotenpunkt außerorts liegt.</i> <i>bei Unfalltyp 161+.</i> <i>bei Unfalltyp 431+ oder 461+.</i>	1	X	X	1	X	X			
1.1.2.1	Gewährleisten der erforderlichen Haltesichtweite (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung, Beseitigung von Einbauten, Veränderung von Schilderstandorten). <i>bei Unfalltyp 201 oder 231.</i> <i>bei Unfalltyp 261+ oder 301+ oder 303+ oder 304+ oder 322+ oder 361+.</i> <i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+.</i> <i>bei Unfalltyp 621 oder 623.</i> <i>bei Unfalltyp 201 oder 231 oder 621 oder 623.</i> <i>wenn die Sicht auf den Konfliktbereich durch Bepflanzung, Einbauten oder Verkehrseinrichtungen behindert wird.</i>	X	1	1	1	1	1			
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung. <i>wenn der Knotenpunkt außerorts liegt.</i> <i>bei Unfalltyp 201 oder 231.</i> <i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+.</i> <i>bei Unfalltyp 621 oder 623.</i> <i>bei Unfalltyp 201 oder 231 oder 621 oder 623.</i> <i>wenn hohe Geschwindigkeiten auftreten.</i>	1	1	1	1	1	1			
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung. <i>wenn der Knotenpunkt außerorts liegt.</i> <i>bei Unfalltyp 201 oder 231.</i> <i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+.</i> <i>bei Unfalltyp 621 oder 623.</i> <i>bei Unfalltyp 201 oder 231 oder 621 oder 623.</i> <i>wenn hohe Geschwindigkeiten auftreten.</i>	1	1	1	1	1	1			
Strategie 1.2:	Verdeutlichen der vorgesehenen Bewegungslinie über den Knotenpunkt.	1								
1.6.2.1	Einbauen von Leitelementen für Kraftfahrzeuge (z.B. Zeichen 222-10 StVO).	1								
1.6.3.1	Verbessern der Fahrstreifenmarkierung (Aufbringen / Ergänzen / Erneuern von Markierung / Entfernen überflüssiger Markierung)	1								

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer				
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende				
Strategie 1.3:	Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Radverkehr.	2	3	8	9	10
	<i>bei Unfalltyp 202 oder 203.</i>	2		2		
	<i>wenn Radfahrer am Unfallgeschehen beteiligt sind.</i>	2		2		
1.4.1.1	Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen im Knotenpunktbereich (Aufheben der gemeinsamen Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr / mit dem Fußgängerverkehr).	X	1	X	X	1
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.	X	1	X	X	1
	<i>wenn geradeaus fahrende Radfahrer die Radverkehrsfurt nicht befahren.</i>					2
	<i>bei Unfalltyp 374.</i>		2			
1.4.2.2	Anordnen einer indirekten Führung für links abbiegende Radfahrer.	1	X	1	X	1
	<i>wenn links abbiegende Radfahrer die Verkehrsführung nicht beachten.</i>					2
	<i>wenn direktes Linksabbiegen wegen zu hoher Verkehrsstärken nicht ratsam ist.</i>					2
1.4.2.3	Bereitstellen von Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer.	1	X	1	X	1
1.6.2.4	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Radfahrer.	X	X	X	X	1
	<i>wenn Radfahrer unerlaubt auf die Fahrbahn wechseln.</i>					2
Strategie 1.4:	Verbessern und Verdeutlichen der Verkehrsführung für den Fußgängerverkehr.	2	4	8	12	
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+ oder 282+ oder 284+.</i>	2				
1.5.2.1	Schaffen / Vergrößern einer Aufstellfläche für Fußgänger auf der Mittelinsel.	X	1	X	1	
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.	1	1	1	1	
1.5.3.1	Anordnen eines Fußgängerüberwegs (Zeichen 350 StVO).	X	1	X	1	
1.6.3.6	Erneuern der Furtmarkierung.	1	1	1	1	
1.6.2.3	Einbauen von Leitelementen oder Absperrungen für Fußgänger.	1	1	1	1	
	<i>wenn Fußgänger und Radfahrer am Überqueren der Fahrbahn an dieser Stelle gehindert werden sollen.</i>	2	2	2	2	
1.7.1.2	Ändern der Fußwegführung zur Haltestelle.	1	1	1	1	
	<i>wenn die Unfälle in der Nähe der Haltestelle aufgetreten sind.</i>	2	2	2	2	
Strategie 1.5:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.	2	6	8	33	
	<i>bei Unfalltyp 201.</i>	2				
	<i>bei Unfalltyp 641+.</i>		2			
	<i>bei Unfalltyp 201 oder 641+.</i>			2		
	<i>wenn auf dem gering ausgelasteten Fahrstreifen Linksabbieger warten.</i>				2	
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).	1	1	1	1	
	<i>wenn kein Linksabbiegefahrstreifen eingerichtet werden kann.</i>	2	2	2	2	
1.2.2.2	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Linksabbieger im Knotenpunktbereich.	1	1	1	1	
	<i>wenn der Linksabbiegestrom gering ist.</i>	2	2	2	2	
	<i>wenn kein Linksabbiegefahrstreifen geschaffen werden kann.</i>	2	2	2	2	
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	
	<i>wenn der Linksabbiegestreifen zu kurz ist, so dass Fahrzeuge häufig auf den durchgehenden Fahrstreifen zurückstauen.</i>	2	2	2	2	
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	1	1	1	1	
	<i>wenn Linksabbieger auf eigenem Fahrstreifen geführt werden.</i>	2	2	2	2	
	<i>wenn Linksabbieger häufig auf den durchgehenden Fahrstreifen zurückstauen.</i>	2	2	2	2	
2.6.1.6	Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit den anderen Strömen der Zufahrt.	1	1	1	1	

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer						
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende						
Strategie 1.6:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.	2	6	8	33			
	<i>bei Unfalltyp 231.</i>	2						
	<i>bei Unfalltyp 631+.</i>		2					
	<i>wenn auf dem gering ausgelasteten Fahrstreifen Rechtsabbieger warten.</i>					2		
1.2.3.1	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechtsabbieger im Knotenpunktbereich.	1	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 231 oder 631+.</i>			2				
	<i>wenn der Rechtsabbiegestrom gering ist.</i>	2	2	2	2			
	<i>wenn kein Rechtsabbiegefahrstreifen geschaffen werden kann.</i>	2	2	2	2			
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 231 oder 631+.</i>			2				
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 231 oder 631+.</i>			2				
	<i>wenn der Rechtsabbiegestreifen zu kurz ist, so dass Fahrzeuge häufig auf den durchgehenden Fahrstreifen zurückstauen.</i>	2	2	2	2			
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	1	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 231 oder 631+.</i>			2				
	<i>wenn Rechtsabbieger auf eigenem Fahrstreifen geführt werden.</i>	2	2	2	2			
	<i>wenn Rechtsabbieger häufig auf den durchgehenden Fahrstreifen zurückstauen.</i>	2	2	2	2			
2.6.1.9	Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der paralleler Radfahrer und Fußgänger.	1	X	1	X			
	<i>bei Unfalltyp 231.</i>			2				
	<i>wenn Rechtsabbieger häufig mehrfach anhalten müssen, um bevorrechtigte Fußgänger oder Radfahrer passieren zu lassen.</i>	2		2				
Strategie 1.7:	Erleichtern der Orientierung und der Vorgänge des Einordnens in der Zufahrt.	1	2	6	8	33	34	
	<i>bei Unfalltyp 123 oder 161+.</i>	2						
	<i>bei Unfalltyp 631+ oder 641+.</i>		2	2	2			
	<i>wenn bei der Annäherung an den Knotenpunkt Orientierungsprobleme auftreten.</i>	2				2	2	
1.6.3.7	Anbringen zusätzlicher Richtungspfeile.	X	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Richtungspfeile nicht frühzeitig genug erkennbar sind, um das Einordnen zu erleichtern</i>		2	2	2	2	2	
1.6.3.8	Erneuern der Markierung von Richtungspfeilen.	X	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Richtungspfeile nicht mehr gut erkennbar sind.</i>		2	2	2	2	2	
1.6.4.1	Einrichten einer Beschilderung mit Hinweis auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift.	1	1	1	1	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 211+ oder 213+ oder 215 oder 225 oder 245 oder 251 oder 252.</i>		2					
	<i>wenn keine ausreichenden Hinweise auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift gegeben werden.</i>		2	2	2		2	
	<i>wenn die Fahrzeugführer nicht erkennen können, dass mehrere Fahrstreifen zur Verfügung stehen.</i>						2	
1.6.4.6	Verbessern der wegweisenden Beschilderung (Standort / Inhalte / Spurgliederung / Lesbarkeit).	1	1	1	1	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 251 oder 252.</i>		2					
	<i>wenn die Fahrstreifenaufteilung der wegweisenden Beschilderung nicht entnommen werden kann.</i>		2	2	2	2		
	<i>wenn keine ausreichenden Hinweise auf die Konfliktsituation, die Verkehrsführung oder die Einordnungsvorschrift gegeben werden.</i>							2

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende					
Strategie 1.8:	Verringern der Beeinträchtigungen durch störende Verkehrsvorgänge in Knotenpunktnähe.	5	6	7	8	33	34
1.6.2.2	Vermeiden unerlaubten Abstellens von Fahrzeugen durch bauliche Maßnahmen.	1	1	X	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 591+.</i>	2					
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+.</i>		2		2		
	<i>wenn unerlaubt abgestellte Fahrzeuge den Zufluss zur Haltlinie oder den Abfluss über den Knotenpunkt beeinträchtigen</i>		2		2		
	<i>wenn unerlaubt abgestellte Fahrzeuge den Zufluss zur Haltlinie oder den Abfluss über den Knotenpunkt beeinträchtigen</i>					2	2
1.6.4.3	Anordnen eines Haltverbots.	1	1	X	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 591+.</i>	2					
	<i>wenn Fahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>					2	2
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+.</i>		2		2		
	<i>wenn haltende Fahrzeuge häufig zu Behinderungen führen.</i>		2		2		
1.7.1.1	Verändern der ÖV-Haltestelle (verlegen / baulich umgestalten / aufheben).	X	1	X	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+.</i>		2		2		
	<i>wenn Fahrzeuge des ÖV auf der Fahrbahn halten.</i>					2	2
	<i>wenn der Verkehrsfluss durch die haltenden ÖV-Fahrzeuge häufig beeinträchtigt wird.</i>		2		2	2	2
1.7.2.1	Veränderungen an Grundstückszufahrten und -ausfahrten (Schließen / Einbeziehen in die Signalisierung / Mindern der von ihnen ausgehenden Störungen).	X	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+, 641+.</i>		2		2		
	<i>bei Unfalltyp 721+.</i>			2			
	<i>wenn Fahrzeuge häufig wenden, um Grundstückszufahrten zu erreichen.</i>			2			
	<i>wenn der Verkehrsfluss durch Fahrzeuge behindert wird, die in Grundstückseinfahrten einfahren oder aus diesen ausfahren.</i>					2	2
1.7.3.1	Unterbinden des Anlieferungsverkehrs.	1	1	X	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 591+.</i>	2			2		
	<i>wenn Lieferfahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>					2	2
	<i>wenn an der Unfallstelle häufig Anlieferungsfahrzeuge abgestellt sind.</i>	2			2		
1.7.3.2	Schaffung störungsärmerer Anlieferungszonen.	1	1	X	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 591+.</i>	2					
	<i>wenn Lieferfahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>					2	2
	<i>wenn ein Unterbinden des Anlieferungsverkehrs nicht Erfolg versprechend ist.</i>	2				2	2
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+.</i>		2		2		
	<i>wenn Ein- und Ausparkvorgänge häufig zu Behinderungen im Verkehrsfluss führen.</i>		2		2		
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnen eines Parkverbots / Überwachung).	1	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 591+.</i>	2					
	<i>bei Unfalltyp 601+, 631+.</i>		2		2		
	<i>wenn Ein- und Ausparkvorgänge häufig zu Behinderungen im Verkehrsfluss führen.</i>		2		2		
	<i>bei Unfalltyp 721+.</i>			2			
	<i>wenn Fahrzeuge häufig wenden, um Parkstände zu erreichen.</i>			2			
	<i>wenn Ein- und Ausparkvorgänge den Zufluss zur Haltlinie oder den Abfluss über den Knotenpunkt beeinträchtigen.</i>					2	2

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer				
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende				
Strategie 1.9:	Verdeutlichen der Lage von Konfliktflächen.	2	3	4	6	8
1.6.3.2	Erneuern der Haltlinienmarkierung. <i>bei Unfalltyp 261+ oder 301+ oder 303+ oder 304+ oder 322+.</i>	X	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 461+ oder 491+ oder (436+ bei signalisierten Rechtsabbieger).</i>			2		
	<i>bei Unfalltyp 621 oder 623.</i>				2	2
1.6.3.4	Aufbringen / Erneuern einer Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Aufstellfläche für wartende Linksabbieger. <i>bei Unfalltyp 211+ oder 215.</i>	1	X	X	X	1
		2				2
1.6.3.6	Erneuern der Furtmarkierung. <i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+.</i>	1	X	1	X	1
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>	2				2
	<i>wenn der Rechtsabbieger nicht signalisiert ist.</i>			2		
Strategie 1.10:	Einbeziehen von nicht signalisierten Strömen in die Signalisierung.	2	3	4	6	8
2.6.1.1	Einbeziehen eines Fahrzeugstroms in die Signalisierung. <i>bei Unfalltyp 213+.</i>	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>	2				
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2			
	<i>bei Unfalltyp 621 oder 622.</i>				2	
	<i>bei Unfalltyp 213+ oder 621 oder 622.</i>					2
Strategie 1.11:	Verbessern der Erkennbarkeit des Konflikts bei nicht signalisierten Strömen.	2	3	4	6	8
1.1.3.1	Freihalten des Anfahrtsichtfelds / Annäherungssichtfelds (Zurückschneiden / Wegnehmen von Randbepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten). <i>bei Unfalltyp 213+.</i>	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>	2				
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2			
	<i>wenn der Radverkehr bzw. Fußgängerverkehr bevorrechtigt ist.</i>			2		
	<i>bei Unfalltyp 621 oder 622.</i>				2	
	<i>bei Unfalltyp 213+ oder 622.</i>					2
1.1.3.2	Verbessern des Sichtwinkels auf den bevorrechtigten Verkehr. <i>bei Unfalltyp 213+.</i>	1	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>	2				
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2			
	<i>wenn der Radverkehr bzw. Fußgängerverkehr bevorrechtigt ist.</i>			2		
	<i>bei Unfalltyp 621 oder 622.</i>				2	
	<i>bei Unfalltyp 213+ oder 621 oder 622.</i>					2
1.5.3.1	Anordnen eines Fußgängerüberwegs (Zeichen 350 StVO). <i>bei Unfalltyp 436+.</i>	X	X	1	X	X
				2		
1.6.3.5	Aufbringen / Erneuern der Hilfsmarkierung zur Verdeutlichung der Wartepflicht für nicht signalisierte Ströme. <i>bei Unfalltyp 213+.</i>	1	1	1	X	1
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>	2				2
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2			
	<i>wenn der Radverkehr bzw. Fußgängerverkehr bevorrechtigt ist.</i>			2		
1.6.4.2	Einrichten einer Beschilderung mit Zeichen 206 StVO (Halt! Vorfahrt gewähren). <i>bei Unfalltyp 213+.</i>	1	1	1	X	1
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>	2				2
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2			
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung. <i>bei Unfalltyp 304+.</i>	X	1	X	1	1
	<i>bei Unfalltyp 601+ oder 621 oder 622.</i>		2			2

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende					
1.6.5.1	Einrichten / Verbessern der Straßenbeleuchtung im Knotenpunktbereich.	X	X	1	X	X	
	<i>wenn mehr als ein Drittel der Unfälle bei Dunkelheit aufgetreten sind.</i>			2			
3.2.5.1	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Kraftfahrzeugverkehr.	1	1	1	X	1	
	<i>bei Unfalltyp 213+.</i>	2				2	
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>			2			
	<i>wenn der Kraftfahrzeugverkehr bevorrechtigt ist.</i>	2	2	2			
3.2.5.2	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV.	1	X	1	X	1	
	<i>bei Unfalltyp 213+.</i>	2				2	
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+</i>			2			
	<i>wenn die Unfallhäufung an einem gesonderten Fahrweg des ÖV auftritt.</i>	2		2		2	
3.2.5.3	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Radverkehr oder Fußgängerverkehr.	X	X	1	X	X	
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>			2			
	<i>wenn der Radverkehr bzw. Fußgängerverkehr bevorrechtigt ist.</i>			2			
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung.	X	1	X	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 304+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 601+ oder 621 oder 622.</i>				2	2	
Strategiebereich 2: Verbessern der Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung							
Strategie 2.1:	Einrichten eines 24-Stunden-Betriebs der Lichtsignalanlage.	2	3	4	8		
	<i>wenn Unfallhäufungen bei ausgeschalteter Lichtsignalanlage aufgetreten sind.</i>	2	2	2	2		
2.1.0.1	Einrichten eines 24-Stunden-Betriebs der Lichtsignalanlage.	1	1	1	1		
Strategie 2.2:	Sichern links abbiegender Verkehrsströme.	2	6	8			
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 201 oder 202 oder 203 oder 211+ oder 215 oder 221 oder 225 oder 261+.</i>	2		2			
	<i>bei Unfalltyp 601.</i>		2				
	<i>wenn die Linksabbieger keine gesicherte Freigabe erhalten.</i>		2				
	<i>wenn Stau auf wartende Linksabbieger zurückzuführen ist.</i>		2				
2.6.1.7	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe der Linksabbieger (eigene Phase / Trennen der Freigabe gegenüberliegender Zufahrten).	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 201 oder 211+ oder 221 oder 225 oder 231 oder 241+ oder 245.</i>	2		2			
	<i>bei Unfalltyp 601.</i>		2				
	<i>wenn Stau auf wartende Linksabbieger zurückzuführen ist.</i>		2				
2.7.4.1	Einrichten / Verlängern / Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger.	1	1	1			
	<i>bei Unfalltyp 211+ oder 221+.</i>	2		2			
	<i>bei Unfalltyp 601.</i>		2				
	<i>wenn Stau auf wartende Linksabbieger zurückzuführen ist.</i>		2				
2.7.4.4	Beseitigen des Vorlaufs des abbiegenden Verkehrsstroms.	1	X	1			
	<i>bei Unfalltyp 211+.</i>	2		2			
3.2.5.1	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Kraftfahrzeugverkehr.	1	X	1			
	<i>bei Unfalltyp 211+ oder 213+.</i>	2		2			
Strategie 2.3:	Sichern von Fußgängern und Radfahrern gegenüber abbiegenden Fahrzeugen.	2	4	6	8	9	11
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.	1	X	X	1	X	X
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+.</i>	2			2		

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende					
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.	1	X	X	1	X	X
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+.</i>	2			2		
2.6.1.2	Einrichten einer Signalisierung der Rechtsabbieger.	X	1	X	X	X	X
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>		2				
2.6.1.8	Einrichten einer vollständig gesicherten Führung der Fußgänger und Radfahrer.	1	X	1	1	1	1
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+.</i>	2					
	<i>bei Unfalltyp 631+ oder 641+.</i>			2			
	<i>wenn der Rückstau durch gleichzeitig freigegebenen Fußgängerverkehr oder Radverkehr entsteht.</i>			2			
	<i>bei Unfalltyp (221+ oder 241+) oder [(631+ oder 641+) bei Rückstau durch gleichzeitig freigegebenen Fußgängerverkehr oder Radverkehr]</i>				2		
	<i>wenn die Signalisierung unplausibel erscheint, da bei Freigabe Kraftfahrzeuge anwesend sind, während bei Sperrung keine Fahrzeuge die Konfliktfläche befahren.</i>					2	2
2.7.4.3	Vergrößern des Vorlaufs der Fußgänger und Radfahrer auf der Furt.	1	X	X	1	X	X
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+.</i>	2			2		
Strategie 2.4:	Vermeiden unplausibler Signalisierungszustände.	4	9	11	31	32	
	<i>wenn es sich bei den wartenden Strömen hauptsächlich um Fußgänger / Radfahrer handelt.</i>						2
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	1	1	1	1	1	1
	<i>wenn Fußgänger (und Radfahrer) längere Zeit gesperrt sind, obwohl die Konfliktfläche nicht belegt ist.</i>	2	2	2			
2.3.0.2	Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens.	1	1	1	1	1	1
	<i>wenn Fußgänger / Radfahrer anforderungsabhängig gesteuert sind.</i>	2			2	2	
	<i>wenn Fußgänger anforderungsabhängig gesteuert sind.</i>		2				
	<i>wenn Radfahrer anforderungsabhängig gesteuert sind.</i>			2			
	<i>wenn lange Wartezeiten nach der Anforderung auftreten, obwohl die Konfliktfläche nicht befahren wird.</i>	2	2				
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.	1	1	1	1	1	1
	<i>wenn Fußgänger (und Radfahrer) längere Zeit gesperrt sind, obwohl die Konfliktfläche nicht belegt ist.</i>	2	2	2			
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.	X	1	1	X	X	
	<i>wenn das Fehlverhalten auf ungewöhnliche Phasenfolgen zurückzuführen ist.</i>		2	2			
2.7.7.1	Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu lang bemessen ist (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).	1	1	1	1	1	1
	<i>wenn Fehlverhalten häufig beobachtet wird, kurz bevor die Fußgänger GRÜN erhalten.</i>		2				
	<i>wenn Fehlverhalten häufig beobachtet wird, kurz bevor die Radfahrer GRÜN erhalten.</i>			2			
Strategie 2.5:	Vermeiden unerwarteter Signalbildänderungen.	2	3	4	8		
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	X	X	1	X		
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.	1	X	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 211+ oder 281.</i>	2			2		
Strategie 2.6:	Sichern von Verkehrsvorgängen des ÖV.	2	8				
	<i>wenn die Beteiligung von Fahrzeugen des ÖV am Unfallgeschehen hoch ist.</i>	2	2				
2.6.1.10	Einrichten einer vollständig gesicherten Freigabe des ÖV.	1	1				
	<i>bei Unfalltyp 225 oder 245.</i>	2	2				
3.2.5.2	Einrichten eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem ÖV.	1	1				
	<i>bei Unfalltyp 225 oder 245.</i>	2	2				

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer						
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende						
Strategie 2.7:	Sichern links abbiegender Radfahrer.	2	8	9				
	<i>wenn die Beteiligung von Radfahrern am Unfallgeschehen hoch ist.</i>	2	2					
	<i>wenn die Missachtungen durch linke abbiegende Radfahrer geschehen.</i>						2	
1.4.2.1	Schaffen besonderer Einrichtungen zum Schutz direkt links abbiegender Radfahrer.	1	1	1				
	<i>bei Unfalltyp 203.</i>	2	2					
	<i>wenn Radfahrer direkt links abbiegen können.</i>						2	
1.4.2.2	Anordnen einer indirekten Führung für links abbiegende Radfahrer.	1	1	1				
	<i>bei Unfalltyp 203 oder 211+.</i>	2	2					
	<i>wenn am Unfallgeschehen häufig Radfahrer beteiligt sind.</i>	2	2					
	<i>wenn direktes Linksabbiegen nicht sicher gewährleistet werden kann.</i>						2	
1.4.2.3	Bereitstellen von Aufstellflächen für indirekt links abbiegende Radfahrer.	1	1	1				
	<i>bei Unfalltyp 203.</i>	2	2					
	<i>wenn Unsicherheiten über das indirekte Linksabbiegen bestehen.</i>						2	
Strategie 2.8:	Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Radfahrer.	2	3	9	10			
	<i>wenn die Beteiligung von Radfahrern am Unfallgeschehen hoch ist.</i>	2	2					
1.4.1.1	Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen im Knotenpunktbereich (Aufheben der gemeinsamen Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr / mit dem Fußgängerverkehr).	1	1	X	1			
1.4.1.2	Verändern der Führung von Radfahrern über eine Dreiecksinsel.	X	X	X	1			
	<i>wenn Missachtungen häufig beim Queren über eine Dreiecksinsel beobachtet werden</i>							2
1.4.1.3	Verringern der Abrückung der Radverkehrsfurt.	1	X	X	1			
	<i>wenn Radfahrer häufig abseits der Furt die Fahrbahn überqueren.</i>							2
2.6.1.5	Einrichten einer gesonderten Signalisierung für den Radverkehr.	X	X	1	X			
3.2.4.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Radverkehr.	X	X	1	X			
Strategie 2.9:	Verbessern der Verkehrsführung und Vereinfachen der Verkehrssteuerung für Fußgänger.	2	3	4	8	11	12	
	<i>wenn die Beteiligung von Fußgängern am Unfallgeschehen hoch ist.</i>	2				2		
1.5.0.6	Einrichten einer anforderungsunabhängigen Freigabe des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs in jedem Umlauf.	1	X	1	1	1	X	
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+ oder 282 oder 284.</i>	2			2			
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>				2			
	<i>wenn das Fußgängerverkehrsaufkommen hoch ist.</i>	2			2	2		
	<i>wenn Missachtungen häufig dann auftreten, wenn Fußgänger warten obwohl nur freundliche Verkehrsströme freigegeben sind.</i>							2
1.5.2.1	Schaffen / Vergrößern einer Aufstellfläche für Fußgänger auf der Mittelinsel.	X	X	1	X	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 461+.</i>				2			
	<i>wenn keine oder zu geringe Aufstellflächen auf der Mittelinsel zur Verfügung stehen.</i>				2		2	2
1.5.2.2	Verändern der Führung von Fußgängern über eine Dreiecksinsel.	X	X	1	X	X	1	
	<i>bei Unfalltyp 436+.</i>				2			
	<i>wenn Missachtungen häufig beim Queren von einer Dreiecksinsel beobachtet werden</i>							2
1.5.2.3	Verringern der Abrückung der Fußgängerfurt.	X	X	X	X	X	1	
2.6.1.4	Einrichten einer signalisierten Führung für die Fußgänger.	X	X	1	X	X	X	
	<i>bei Unfalltyp 436+ oder 493+.</i>				2			
	<i>wenn Fußgänger häufig abseits der Furt die Fahrbahn überqueren.</i>							2
3.3.2.1	Einrichten eines Bestätigungssignals für die Fußgängeranforderung.	X	X	1	X	1	1	
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>				2			

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende					
3.3.3.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Fußgängerverkehr.	1	X	1	1	1	X
	<i>bei Unfalltyp 221+ oder 241+ oder 282 oder 284.</i>	2			2		
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>			2			
	<i>wenn die Missachtung auf eine Verwechslung der Signalisierung zurückzuführen ist.</i>					2	
Strategie 2.10:	Überprüfen der verwendeten Parameter für die Zwischenzeitenberechnung.	2	3	4	8		
2.7.6.1	Anpassen der Gelbzeit unter Beachtung der Annäherungsgeschwindigkeit.	1	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+.</i>	2			2		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 322+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>			2			
2.7.7.1	Überprüfen, ob die Zwischenzeit zu kurz bemessen ist (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).	1	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 281.</i>	2			2		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 322+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>			2			
Strategie 2.11:	Durchsetzen einer angepassten Fahrgeschwindigkeit.	3	4	6	8		
1.6.4.5	Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung.	1	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 304+ oder 305+ oder 322+.</i>	2					
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 601+ oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i>				2	2	
3.3.3.2	Einrichten einer ortsfesten Geschwindigkeitsüberwachung.	1	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 304+ oder 305+ oder 322+.</i>	2					
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 601+ oder 621 oder 622 oder 623 oder 631+ oder 641+.</i>				2	2	
Strategie 2.12:	Verhindern von Rotlichtüberfahrungen.	2	3	4	8		
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+.</i>	2			2		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 304+ oder 305+ oder 322+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461+ oder 491+.</i>			2			
3.3.3.1	Einrichten einer Rotlichtüberwachung.	1	1	1	1		
Strategiebereich 3: Verbessern der Erkennbarkeit der Signalisierung							
Strategie 3.1:	Vermeiden des Übersehens der Signalisierung.	2	3	6	8		
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+.</i>	2			2		
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 322+.</i>		2				
	<i>bei Unfalltyp 623.</i>			2	2		
	<i>wenn die Probleme in einem signalisierten Verkehrsstrom auftreten</i>	2	2	2	2		
1.1.2.1	Gewährleisten der erforderlichen Haltesichtweite (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).	1	1	1	1		
1.1.2.2	Verbessern der Sicht auf die vorhandenen Signalgeber im Annäherungsbereich (Zurückschneiden / Wegnehmen von Bepflanzung / Beseitigung von Einbauten / Verändern von Schilderstandorten).	1	1	1	1		
1.6.4.4	Einrichten einer Vorankündigung der Signalisierung (Zeichen 131 StVO / Zeichen 131 StVO mit Gelbblinker).	X	1	1	1		
3.2.1.1	Installieren eines zusätzlichen Signalgebers (am Ausleger / am linken Fahrbahnrand / auf einer Mittelinsel).	1	1	1	1		
3.2.1.3	Vergrößern des Signalfelddurchmessers.	1	1	1	1		
3.2.1.4	Verbessern der Leuchtstärke.	1	1	1	1		
3.2.1.6	Ändern der Ausrichtung der Signalgeber zur Verbesserung der Erkennbarkeit.	1	1	1	1		

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer										
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende										
Strategie 3.2:	Vermeiden der Verwechslung der Signalgruppe.	2	3	4	6	8	9	11				
3.2.1.2	Überprüfen der eindeutigen Zuordnung der Signalgeber unterschiedlicher Signalgruppen zu den jeweiligen Fahrstreifen.	1	1	X	1	1	X	X				
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+.</i>	2										
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 322+.</i>		2									
	<i>bei Unfalltyp 623.</i>				2							
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+ oder 623.</i>						2					
3.2.3.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Fußgängerverkehr.	X	X	1	X	X	X	1				
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461.</i>			2								
	<i>wenn die Missachtung darauf zurückzuführen ist, dass der zugeordnete Signalgeber verwechselt wird.</i>										2	
3.2.4.1	Verändern von Standorten der Signalgeber für den Radverkehr.	X	X	1	X	X	1	X				
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461.</i>			2								
	<i>wenn die Missachtung darauf zurückzuführen ist, dass der zugeordnete Signalgeber verwechselt wird.</i>										2	
Strategie 3.3:	Vermeiden von Beeinträchtigungen der Erkennbarkeit des Lichtsignals durch optische Effekte.	2	3	4	6	8						
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+.</i>	2										
	<i>bei Unfalltyp 301+ oder 303+ oder 304+ oder 322+.</i>		2									
	<i>bei Unfalltyp 431+ oder 436+ oder 461.</i>			2								
	<i>bei Unfalltyp 623.</i>				2							
	<i>bei Unfalltyp 281 oder 282+ oder 284+ oder 623.</i>							2				
3.2.1.5	Anbringen einer Kontrastblende.	1	1	1	1	1						
	<i>wenn der Signalgeber vor unruhigem Hintergrund schlecht zu erkennen ist.</i>	2	2	2	2	2						
3.2.1.7	Ändern der Ausrichtung des Signalgebers, um den Phantomeffekt zu verringern.	1	1	1	1	1						
	<i>wenn der Signalgeber nach Osten oder Westen ausgerichtet ist.</i>	2	2	2	2	2						
3.2.1.8	Einbauen einer phantomlichtarmen Optik.	1	1	1	1	1						
	<i>wenn der Signalgeber nach Osten oder Westen ausgerichtet ist.</i>	2	2	2	2	2						
Strategiebereich 4: Verbessern der Befahrbarkeit und Begehbarkeit des Knotenpunkts.												
Strategie 4.1:	Verbessern der fahrgeometrischen Gegebenheiten.	1	2	3	6	8	10	18	23	24		
1.2.0.2	Verbreitern von Fahrstreifen (in der Knotenpunktzufahrt / in der Knotenpunktausfahrt / auf Fahrbahnen für Abbieger).	1	1	X	1	1	1	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 123 oder 161+.</i>	2										
	<i>bei Unfalltyp 251 oder 252 oder 261+ oder 262+.</i>		2									
	<i>bei Unfalltyp 651.</i>				2							
	<i>bei Unfalltyp 251 oder 252 oder 261+ oder 262+ oder 651.</i>						2					
	<i>wenn Störungen auf Grund von Fahrstreifen geringer Breite auftreten.</i>								2	2	2	
	<i>wenn Radfahrer im Mischverkehr auf der Fahrbahn geführt werden.</i>							2				
	<i>wenn Radfahrer die schmale Fahrbahn meiden und unerlaubt den Gehweg benutzen.</i>							2				
1.2.0.3	Vergrößern der Abbiegeradien.	1	1	1	X	1	X	1	1	1		
	<i>bei Unfalltyp 122.</i>	2										
	<i>bei Unfalltyp 261+ oder 262+ oder 286.</i>		2			2						
	<i>bei Unfalltyp 306+.</i>			2								
	<i>wenn Störungen beim Abbiegen wegen zu geringer Radien auftreten.</i>								2	2	2	
1.6.3.3	Zurückverlegen von Haltlinien.	X	X	X	X	X	X	1	1	1		
	<i>wenn Störungen auftreten, weil Fahrzeuge beim Abbiegen den Verkehrsraum der Zufahrt benötigen.</i>								2	2	2	

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer									
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende									
Strategie 4.2:	Verbessern der Oberflächeneigenschaften des Verkehrsraums.	1	2	3	6	8	10				
	<i>wenn mehr als ein Drittel der Unfälle bei Nässe oder Winterglätte aufgetreten sind.</i>	2	2	2	2	2					
	<i>wenn die Radverkehrsfläche schadhaft ist.</i>									2	
1.1.5.1	Erneuern der Fahrbahnoberfläche (Beseitigen von Spurrillen / Verbessern der Griffigkeit).	1	1	1	1	1	1				
Strategiebereich 5. Erhöhen der Kapazität der Lichtsignalsteuerung.											
Strategie 5.1:	Verringern von Verlustzeiten.	13	14	16	17	19	20	27	28		
1.2.0.4	Verkürzen von Räumwegen (durch die Verlegung von Haltlinien / durch die Verringerung der Knotenpunktgröße / durch die Einrichtung von Mittelinseln für den Fußgängerverkehr).	1	1	1	1	1	X	X		1	
	<i>wenn nach dem Überqueren der Haltlinie auf dem Knotenpunkt weite Fahrwege zurückzulegen sind und dadurch lange Zwischenzeiten entstehen.</i>	2	2	2	2	2					2
1.2.1.1	Ändern der Fahrstreifenaufteilung.	1	1	1	1	1	1	1	1		
	<i>wenn durch eine veränderte Fahrstreifenaufteilung die kritische Fahrstreifenbelastung gesenkt werden kann.</i>	2	2								
	<i>wenn der ÖV nicht gesondert geführt ist.</i>					2	2				
	<i>wenn die Wartezeit an einer hoch ausgelasteten Furt auftritt und durch eine veränderte Fahrstreifenaufteilung die kritische Fahrstreifenbelastung sinkt.</i>								2	2	
1.2.1.3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke.	1	1	X	X	X	X	X	X		
	<i>wenn der Zufluss durch langsam fahrende Fahrzeuge oder andere Störungen beeinträchtigt wird.</i>	2	2								
2.5.0.1	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn nicht in jedem Umlauf ÖV-Fahrzeuge vorhanden sind.</i>	2	2	2	2				2	2	
	<i>wenn zu den überlasteten Strömen feindlicher ÖV gesondert freigegeben wird, ohne dass ÖV-Fahrzeuge anwesend sind.</i>	2	2								
	<i>wenn ÖV in einer eigenen Phase freigegeben wird, ohne dass parallel Fahrzeugströme abfließen können.</i>			2	2						
	<i>wenn feindlich zu den betroffenen Fußgängerströmen ÖV gesondert freigegeben wird, ohne dass ÖV-Fahrzeuge anwesend sind.</i>								2	2	
2.5.0.4	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).	X	1	1	1	X	X	X		1	
	<i>wenn Reststau häufig nach der Anwesenheit von ÖV-Fahrzeugen auftritt.</i>		2								
	<i>wenn langer Rückstau häufig nach der Anwesenheit von ÖV-Fahrzeugen auftritt.</i>			2	2						
	<i>wenn lange Wartezeiten häufig im Zusammenhang mit der Anwesenheit von ÖV-Fahrzeugen auftreten.</i>										2
2.5.0.5	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	1	1	1	1	1	X	1	X		
	<i>wenn zwischen den Freigabezeiten der Kraftfahrzeugströme lange Zwischenzeiten entstehen, die auf gleichzeitig freigegebene Fußgängerverkehrsströme / Radverkehrsströme zurückzuführen sind.</i>	2	2	2	2	2					
	<i>wenn Fußgängerverkehrsströme / Radverkehrsströme so schwach sind, dass sie nicht in jedem Umlauf vorhanden sind.</i>	2	2	2	2	2					
2.5.0.9	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs (in feindliche Freigabezeiten / in die Koordinierung).	X	1	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>wenn Reststau häufig nach ungünstigen Anforderungen durch Fußgängerströme / Radverkehrsströme beobachtet werden kann.</i>		2								
2.6.1.5	Einrichten einer gesonderten Signalisierung für den Radverkehr.	1	1	1	1	1	X	1	1		
	<i>wenn lange Räumwege im Radverkehr zu langen Zwischenzeiten führen.</i>	2	2	2	2	2			2	2	
2.6.1.11	Verändern der Phaseneinteilung zum Aufheben von ungünstigen Zwischenzeitbindungen (z.B. bei gleichzeitiger Freigabe von Kraftfahrzeugverkehr und parallelem Fußgängerverkehr).	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn durch die Änderung der Phaseneinteilung ungünstige Bindungen aufgehoben werden können, die zu langen Zwischenzeiten führen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer										
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende										
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn durch eine Änderung der Phasenfolge kürzere Zwischenzeitsummen erreicht werden können.</i>	2	2	2	2	2			2	2		
	<i>wenn der ÖV nicht gesondert geführt ist oder wegen des Rückstaus seinen Sonderfahrstreifen nicht erreicht.</i>							2				
2.7.7.2	Überprüfen, ob die Zwischenzeiten zu lang bemessen sind (Räum- und Einfahrwege, fahrdynamische Annahmen).	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	<i>wenn auf Konfliktflächen große Pausen zwischen aufeinander folgenden Strömen hoher Auslastung auftreten.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
	<i>wenn die Auslastung der Lichtsignalsteuerung nicht zu hoch ist, um zusätzliche Erlaubnisbereiche für Fußgängerfreigabezeiten zu schaffen.</i>								2			
Strategie 5.2:	Anpassen der Umlaufzeit.	13	14	16	17	19	20					
2.2.0.1	Anpassen der Umschaltzeitpunkte in der zeitplanabhängigen Programmaktivierung.	1	1	1	1	1	1	1				
	<i>wenn im betroffenen Strom nicht Mangel 13 oder 14 vorliegt.</i>				2	2		2				
	<i>wenn der Mangel auftritt, während ein Spitzenlastprogramm geschaltet ist.</i>				2	2		2				
	<i>wenn der Mangel auftritt, während kein Spitzenlastprogramm geschaltet ist.</i>	2	2				2					
2.2.0.2	Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung.	1	1	1	1	1	1	1				
	<i>wenn im betroffenen Strom nicht Mangel 13 oder 14 vorliegt.</i>				2	2		2				
	<i>wenn der Mangel auftritt, während ein Spitzenlastprogramm geschaltet ist.</i>				2	2		2				
	<i>wenn der Mangel auftritt, während kein Spitzenlastprogramm geschaltet ist.</i>	2	2				2					
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	1	1	1	1	1	1	1				
2.7.2.1	Verändern der Umlaufzeit.	1	1	1	1	1	1	1				
Strategiebereich 6. Verbessern der Freigabezeitbemessung.												
Strategie 6.1:	Verbessern der Anpassung der Freigabezeitbemessung an den Bedarf.	13	15	16	17	19	20	27	28	29	31	32
2.2.0.1	Anpassen der Umschaltzeitpunkte in der zeitplanabhängigen Programmaktivierung.	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X	1
	<i>wenn der Mangel in einem Strom mit deutlichen tageszeitabhängigen Belastungsschwankungen auftritt.</i>	2	2									
	<i>wenn der ÖV gemeinsam mit einem Strom freigegeben wird, der starken tageszeitabhängigen Belastungen unterworfen ist.</i>					2						
	<i>wenn der Mangel auftritt, während ein Spitzenlastprogramm geschaltet ist, aber die Lichtsignalanlage nicht ausgelastet ist.</i>				2	2		2	2	2		2
	<i>wenn im betroffenen Strom nicht Mangel 13 oder 14 vorliegt.</i>				2	2		2				
2.2.0.2	Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung.	1	1	1	1	1	1	1	1	X	X	1
	<i>wenn der Mangel in einem Strom mit deutlichen tageszeitabhängigen Belastungsschwankungen auftritt.</i>	2	2									
	<i>wenn der ÖV gemeinsam mit einem Strom freigegeben wird, der starken tageszeitabhängigen Belastungen unterworfen ist.</i>					2						
	<i>wenn der Mangel auftritt, während ein Spitzenlastprogramm geschaltet ist, aber die Lichtsignalanlage nicht ausgelastet ist.</i>				2	2		2	2	2		2
	<i>wenn im betroffenen Strom nicht Mangel 13 oder 14 vorliegt.</i>				2	2		2				
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	1	1	1	1	1	1	1	X	X	1	1
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.	X	1	1	1	X	1	X	1	X	1	1
	<i>wenn die Konfliktfläche längere Zeit nicht belegt ist.</i>									2		
	<i>wenn ungenutzte Freigabezeiten feindlicher Ströme auftreten, obwohl deren Freigabezeit über Zeitlückenkriterien bemessen wird.</i>		2	2	2		2		2			2
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	X	X	1	1	X	1	X	X	X	X	X
2.6.1.3	Herausnehmen von gesondert geführten Rechtsabbiegeströmen aus der Signalisierung.	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	1
	<i>wenn ein Rechtsabbiegestrom betroffen ist.</i>	2	2			2						2
	<i>wenn ein Rechtsabbiegestrom betroffen ist bzw. die Behinderung verursacht.</i>				2	2		2				

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer										
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende										
2.7.3.1	Anpassen der Freigabezeiten an den Freigabezeitbedarf (im Festzeitsignalprogramm).	1	1	1	1	1	1	1	X	1	1	1
	<i>wenn beide Teilfurten in einer Phase freigegeben werden.</i>									2		
2.7.3.2	Verlängern der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (bei verkehrsabhängiger Steuerung).	X	1	1	1	X	1	X	1	X	X	X
2.7.3.3	Verkürzen der Kernbereiche / Erlaubnisbereiche der Freigabezeiten (bei verkehrsabhängiger Steuerung).	X	X	X	X	X	X	X	1	X	1	1
	<i>wenn die Konfliktfläche längere Zeit nicht belegt ist.</i>									2		
2.7.4.1	Einrichten / Verlängern / Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger.	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X
	<i>wenn das Problem einen Linksabbiegestrom betrifft, der nicht gesondert signalisiert ist.</i>	2	2	2	2	2	2					
2.7.4.5	Einrichten einer zusätzlichen Freigabezeit für Rechtsabbieger.	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X
	<i>wenn das Problem einen Rechtsabbiegestrom betrifft.</i>	2	2	2	2	2	2					
3.3.1.5	Verbessern der Erfassung von Zeitlücken im Kraftfahrzeugstrom (Anordnen zusätzlicher Detektoren/ Vergrößern des Haltlinienabstands der Detektoren).	X	1	1	1	X	1	X	1	X	1	1
	<i>wenn die Konfliktfläche längere Zeit nicht belegt ist.</i>									2		
	<i>wenn der ÖV gemeinsam mit dem IV signalisiert wird.</i>							2				
	<i>wenn ungenutzte Freigabezeiten bei feindlichen Strömen auftreten, obwohl deren Freigabezeit über Zeitlückenkriterien bemessen wird.</i>		2	2	2		2		2		2	2
Strategie 6.2:	Erhöhen der Flexibilität der Abwicklung des ÖV.	13	19	20	21	22	31	32				
0.2.0.3	Überprüfen der Strategie der ÖV -Bevorrechtigung (Grad der Priorisierung).	1	X	X	1	1	1	1				
	<i>wenn die ÖV-Bevorrechtigung zu wesentlichen Beeinträchtigungen im Verkehrsablauf anderer Verkehrsteilnehmergruppen führt.</i>	2										
	<i>wenn die Mängel trotz ÖV-Bevorrechtigung auftreten.</i>				2	2						
	<i>wenn der Mangel vornehmlich bei Anwesenheit von bevorrechtigtem ÖV auftritt.</i>							2	2			
1.3.0.1	Einrichten eines Sonderfahrstreifens für den ÖV.	X	1	1	X	X	X	X				
	<i>wenn der Mangel auf Reststau des IV zurückzuführen ist.</i>		2									
2.5.0.1	Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV.	X	1	1	1	1	1	1				
	<i>wenn der Mangel auf Freigabezeiten des ÖV zurückzuführen ist, obwohl kein ÖV anwesend ist.</i>							2	2			
2.5.0.2	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV.	X	X	1	1	1	X	X				
2.5.0.3	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den ÖV.	X	X	1	1	1	X	X				
Strategie 6.3:	Verbessern einer bedarfsorientierten Berücksichtigung des Radverkehrs und Fußgängerverkehrs.	27	28	29	31							
2.5.0.6	Einrichten einer anforderungsunabhängigen Freigabe für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	X	1	X	1							
	<i>wenn die Anforderung häufig erfolgt, während eine freundliche Phase geschaltet ist.</i>		2		2							
2.5.0.7	Erweitern der Eingriffsmöglichkeiten für den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	X	1	X	1							
2.5.0.8	Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den Fußgängerverkehr / Radverkehr.	X	1	X	1							
2.6.1.12	Ermöglichen von Mehrfachanwürfen innerhalb eines Umlaufs.	1	1	X	X							
2.7.3.4	Koordinieren der Freigabezeiten für Fußgänger und Radfahrer an hintereinander liegenden Furten.	X	X	1	X							
Strategie 6.4:	Verbessern der Erfassung von Verkehrsströmen.	15	16	17	20	21	28	31	32			
	<i>wenn der Mangel trotz ÖV-Bevorrechtigung auftritt.</i>					2	2					
	<i>wenn die Steuerungslogik für einen freien Zufluss des ÖV sorgen soll.</i>					2						
3.3.1.1	Anordnen von Detektoren zur Erfassung von Verkehrsströmen.	1	1	1	1	1	1	X	1			
	<i>wenn Reserven in feindlichen Strömen auftreten, bei denen keine Zeitlückenmessung vorgenommen wird, oder feindliche Phasen geschaltet werden, obwohl keine Fahrzeuge anwesend sind.</i>	2	2	2								
	<i>wenn Mangel 31 vorliegt</i>							2				
	<i>wenn Reserven in einem oder mehreren feindlichen Strömen auftreten, deren Freigabezeit über ein Zeitlückenkriterium bemessen werden sollte.</i>										2	

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer																					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende																					
1.6.4.6	Verbessern der wegweisenden Beschilderung (Standort / Inhalte / Spurgliederung / Lesbarkeit).	1	1	1	1																		
	<i>wenn in der Zulaufstrecke Orientierungsprobleme auftreten, die zu Behinderungen führen.</i>	2	2	2																			
	<i>wenn die Zeitlücken auf Fahrzeuge zurückzuführen sind, die sich einordnen oder wegen Orientierungsproblemen verlangsamen.</i>																					2	
	<i>wenn die wegweisende Beschilderung inhaltliche Mängel aufweist (zu viele oder unklare Zielbegriffe), nicht lesbar ist, keine Spurgliederung aufzeigt oder einen ungünstigen Standort hat.</i>	2	2	2	2																		
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich Anordnen eines Parkverbots).	1	1	X	1																		
	<i>wenn in der Zulaufstrecke Störungen durch Vorgänge des ruhenden Verkehrs führen, die zu Lücken im Verkehrsfluss führen.</i>	2	2																				
	<i>wenn die Zeitlücken auf Behinderungen durch ruhenden Verkehr zurückzuführen sind.</i>																					2	
Strategie 7.3:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden oder rechts abbiegenden Verkehrs durch wartende Linksabbieger.	13	14	15	16	17	18	19	20	23	33	34											
	<i>wenn der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss nach dem Überfahren der Haltlinie durch wartende Linksabbieger beeinträchtigt wird.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2										
	<i>wenn der ÖV nicht auf eigenem Fahrweg / Fahrstreifen geführt wird.</i>									2	2	2											
	<i>wenn die ungleichmäßige Auslastung darauf zurückzuführen ist, dass ein Fahrstreifen häufig durch wartende Linksabbieger blockiert wird.</i>																				2		
1.2.2.1	Untersagen des Linksabbiegens (Führen auf einer alternativen Route, Blockumfahrung).	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>wenn kein Linksabbiegefahrstreifen geschaffen werden kann.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	<i>wenn die Linksabbieger keine gesicherte Freigabe erhalten können.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	<i>wenn keine ausreichend großen Aufstellflächen für Linksabbieger geschaffen werden können.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1.2.2.2	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Linksabbieger im Knotenpunktbereich.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn keine gesicherte Freigabe der Linksabbieger geschaffen werden kann.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	<i>wenn nur wenige Linksabbieger pro Umlauf ankommen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	X	1	1	1	1	1	1	X	1	1	X	1										
2.6.1.6	Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit den anderen Strömen der Zufahrt.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Strategie 7.4:	Verringern von Beeinträchtigungen des geradeaus fahrenden oder links abbiegenden Verkehrs durch wartende Rechtsabbieger.	13	14	15	16	17	18	19	20	23	33	34											
	<i>wenn der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss nach dem Überfahren der Haltlinie durch wartende Rechtsabbieger beeinträchtigt wird.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2			2										
	<i>wenn der ÖV nicht auf eigenem Fahrweg geführt wird.</i>									2	2	2											
	<i>wenn die ungleichmäßige Auslastung darauf zurückzuführen ist, dass ein Fahrstreifen häufig durch wartende Rechtsabbieger blockiert wird.</i>																				2		
1.2.3.1	Schaffen / Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechtsabbieger im Knotenpunktbereich.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn keine gesicherte Freigabe der Linksabbieger geschaffen werden kann.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	<i>wenn nur wenige Linksabbieger pro Umlauf ankommen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn die Abbiegefahrstreifen regelmäßig überstaut sind.</i>	2	2	2																			
2.5.0.12	Einrichten einer Stauraumüberwachung.	X	1	1	1	1	1	X	1	1	X	1											
2.6.1.9	Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der paralleler Radfahrer und Fußgänger.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer										
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende										
Strategie 7.5:	Verringern der Beeinträchtigungen durch andere Verkehrsvorgänge im Umfeld des Knotenpunkts.	13	14	15	16	17	18	19	23	33	34	
	<i>wenn der Zufluss zur Haltlinie bei GRÜN oder der Abfluss nach dem Überfahren der Haltlinie durch andere Verkehrsvorgänge im Umfeld des Knotenpunkts beeinträchtigt wird.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.6.2.2	Vermeiden unerlaubten Abstellens von Fahrzeugen durch bauliche Maßnahmen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn unerlaubt abgestellte Fahrzeuge den Zufluss zur Haltlinie oder den Abfluss über den Knotenpunkt beeinträchtigen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.6.4.3	Anordnen eines Haltverbots.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Fahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.7.1.1	Verändern der ÖV-Haltestelle (verlegen / baulich umgestalten / aufheben).	1	1	1	1	1	1	1	X	1	1	
	<i>wenn Fahrzeuge des ÖV auf der Fahrbahn halten.</i>	2	2	2	2	2	2	2		2	2	
	<i>wenn der Verkehrsfluss durch die haltenden ÖV-Fahrzeuge häufig beeinträchtigt wird.</i>	2	2	2	2	2	2	2		2	2	
1.7.2.1	Veränderungen an Grundstückszufahrten und -ausfahrten (Schließen / Einbeziehen in die Signalisierung / Mindern der von ihnen ausgehenden Störungen).	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn der Verkehrsfluss durch Fahrzeuge behindert wird, die in Grundstückseinfahrten einfahren oder aus diesen ausfahren.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.7.3.1	Unterbinden des Anlieferungsverkehrs.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Lieferfahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.7.3.2	Schaffung störungsärmerer Anlieferungszonen.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Lieferfahrzeuge häufig so abgestellt werden, dass sie den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	<i>wenn ein Unterbinden des Lieferverkehrs keinen Erfolg verspricht.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.7.3.3	Veränderungen im ruhenden Verkehr im Umfeld des Knotenpunkts (Verbessern der Erreichbarkeit von Parkständen / Verändern der Parkraumbewirtschaftung zur Verringerung der Anzahl von Parkvorgängen / Entfernen von Parkständen im Knotenpunktbereich / Anordnen eines Parkverbots).	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	<i>wenn Ein- und Ausparkvorgänge den Zufluss zur Haltlinie oder den Abfluss über den Knotenpunkt beeinträchtigen.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Strategiebereich 8: Verbessern der Koordination mit benachbarten Knotenpunkten.												
Strategie 8.1:	Verbessern der Abstimmung der Signalisierung mit benachbarten Knotenpunkten.	16	17	20	24	25	26					
	<i>wenn im betreffenden Strom nicht Mangel 13 oder 14 vorliegt.</i>	2	2									
2.4.0.1	Einrichten einer koordinierten Steuerung.	1	1	1	1	1	1					
	<i>wenn Fahrzeuge, von denen Behinderungen ausgehen, in Fahrzeugpuls auftreten, aber nicht ohne Halt den Knotenpunkt passieren können.</i>	2	2	2								
2.4.0.2	Überprüfen der bevorzugten Koordinierungsrichtung.	X	X	X	1	1	1					
	<i>wenn der betroffene Strom laut Planung koordiniert geführt wird.</i>				2	2	2					
	<i>wenn der betroffene Strom nicht in der Richtung liegt, die bevorzugt koordiniert wird.</i>				2	2	2					
	<i>wenn die Belastungsverhältnisse einen Tausch der Koordinierungsrichtung erlauben.</i>				2	2	2					
2.4.0.3	Überprüfen der Priorität konkurrierender Streckenkoordinierungen.	X	X	X	1	1	1					
	<i>wenn der betroffene Strom laut Planung koordiniert geführt wird.</i>				2	2	2					
	<i>wenn der betroffene Strom nicht auf der Strecke liegt, die am Knotenpunkt bevorzugt koordiniert wird.</i>				2	2	2					
2.4.0.7	Überprüfen der Koordinierungsfunktion an den benachbarten Knotenpunkten.	X	X	X	1	1	1					
	<i>wenn der betroffene Strom laut Planung koordiniert geführt wird.</i>				2	2	2					
2.4.0.8	Einbeziehen eines weiteren Stroms in die Koordination.	1	1	1	1	1	1					
	<i>wenn der betroffene Fahrzeugstrom nicht in die Koordination am Knotenpunkt einbezogen ist.</i>				2	2	2					
	<i>wenn Fahrzeuge, von denen Behinderungen ausgehen, in Fahrzeugpuls auftreten, aber nicht ohne Halt den Knotenpunkt passieren können.</i>	2	2	2								

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer					
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende					
3.4.0.1	Überprüfen der Datenübertragung zum benachbarten Knotenpunkt / zum Verkehrsrechner.	X	X	X	1	1	1
	<i>wenn der betroffene Strom laut Planung koordiniert geführt wird.</i>				2	2	2
Strategie 8.2:	Verbessern des Pulkzusammenhalts in der Zulaufstrecke.	26					
	<i>wenn die Fahrzeuge des betroffenen Stroms nicht regelmäßig in überwiegend geschlossenen Pulks ankommen.</i>	2					
	<i>wenn der betroffene Strom laut Planung koordiniert geführt wird.</i>	2					
1.2.1.3	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr in der Zulaufstrecke.	1					
	<i>wenn Fahrzeugpulks durch langsam fahrende Fahrzeuge (Schwerverkehr, Radfahrer) gestört werden.</i>	2					
2.4.0.5	Unterbinden des unkontrollierten seitlichen Zuflusses im koordinierten Straßenzug.	1					
	<i>wenn starke seitliche Zuflüsse in den koordinierten Fahrzeugstrom auf der Zulaufstrecke vorhanden sind.</i>	2					
2.4.0.6	Unterbinden von Störungen auf der Zuflusstrecke.	1					
	<i>wenn der Verkehrsfluss von Fahrzeugpulks in der Zulaufstrecke durch Vorgänge des ruhenden Verkehrs oder andere Störungen behindert wird.</i>	2					
Strategie 8.3:	Vermeiden der Beeinträchtigung des Pulkzuflusses und Pulkabflusses durch Rückstau oder wartende Abbieger.	25	26				
1.2.1.1	Ändern der Fahrstreifenaufteilung.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Abbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Abbiegeströme behindert wird.</i>		2				
1.2.1.2	Einrichten zusätzlicher Fahrstreifen für den Kraftfahrzeugverkehr im Knotenpunktbereich.	1	1				
	<i>wenn ein Vorlauf zum Abfluss gestauter Fahrzeuge geschaltet ist, der aber häufig nicht für den Abfluss aller wartenden Fahrzeuge ausreicht.</i>	2					
	<i>wenn am Knotenpunkt nicht alle Fahrstreifen der Zulaufstrecke in der koordinierten Hauptrichtung weitergeführt werden.</i>		2				
1.2.2.3	Einrichten von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Linksabbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Linksabbiegeströme behindert wird.</i>		2				
1.2.2.4	Verlängern von Linksabbiegefahrstreifen.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Linksabbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Linksabbiegeströme behindert wird.</i>		2				
1.2.3.2	Einrichten von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Rechtsabbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Rechtsabbiegeströme behindert wird.</i>		2				
1.2.3.3	Verlängern von Rechtsabbiegefahrstreifen.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Rechtsabbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Rechtsabbiegeströme behindert wird.</i>		2				
2.6.2.1	Ändern der Phasenfolge.	1	1				
	<i>wenn ankommende Fahrzeugpulks auf wartende Abbiegeströme treffen.</i>	2					
	<i>wenn der Abfluss von Fahrzeugpulks durch wartende Abbiegeströme behindert wird.</i>		2				
	<i>wenn die Abbiegeströme in einer anderen Phase freigegeben werden als der koordinierte Strom.</i>	2	2				

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer		
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende		
2.7.4.2	Einrichten eines ausreichenden Vorlaufs zum Abfluss gestauter Fahrzeuge.	1	1	
	<i>wenn die Fahrzeugpuls durch Rückstau oder wartende Abbiegeströme behindert werden, die gemeinsam mit dem koordinierten Strom freigegeben werden.</i>	2	2	
Strategie 8.4:	Verbessern der Abstimmung des Freigabezeitbeginns an die Fahrzeugankunft.	15	24	25
2.4.0.4	Überprüfen der Progressionsgeschwindigkeit und Anpassung der Versatzzeiten innerhalb der Grünen Welle.	1	1	1
	<i>wenn die Fahrzeugpuls im Zulauf die Haltlinie ohne wesentliche Behinderung erreichen.</i>		2	
	<i>wenn Reserven in einem koordinierten Strom auftreten, da der Fahrzeugpuls noch nicht angekommen ist oder bereits vollständig abgeflossen ist.</i>	2		
Strategie 8.5:	Anpassen des Freigabezeitendes an die tatsächliche Durchfahrt des Pulkendes.	15	26	
2.3.0.1	Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens.	1	1	
	<i>wenn der Pulkabbruch nur in einigen Umläufen auftritt, in denen der Fahrzeugpuls besonders groß ist.</i>		2	
	<i>wenn Reserven in einem koordinierten Strom auftreten, nachdem der Fahrzeugpuls bereits vollständig abgeflossen ist.</i>	2		
2.3.0.2	Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens.	1	1	
	<i>wenn der Pulkabbruch nur in einigen Umläufen auftritt, in denen der Fahrzeugpuls besonders groß ist.</i>		2	
	<i>wenn die Freigabezeit verlängert werden könnte, weil die anderen Ströme Reserven aufweisen.</i>		2	
	<i>wenn die anschließend freigegebenen Ströme nicht koordiniert sind.</i>		2	
	<i>wenn Reserven in einem koordinierten Strom auftreten, nachdem der Fahrzeugpuls bereits vollständig abgeflossen ist.</i>	2		
2.5.0.10	Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten.	1	1	
	<i>wenn Reserven in einem koordinierten Strom auftreten, nachdem der Fahrzeugpuls bereits vollständig abgeflossen ist.</i>	2		
Strategie 8.6:	Verringern der Möglichkeit störender Eingriffe in die Koordination.	24	25	26
2.5.0.4	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV in feindliche Freigabezeiten / in die Koordination.	1	1	1
	<i>wenn die nicht optimal abgestimmte Ankunft des Fahrzeugpuls häufig in Zusammenhang mit bevorrechtigtem ÖV beobachtet werden kann.</i>	2	2	
	<i>wenn der Abbruch der Freigabezeit für den Fahrzeugpuls häufig in Zusammenhang mit bevorrechtigtem ÖV beobachtet wird.</i>			2
2.5.0.9	Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs / Radverkehrs in feindliche Freigabezeiten / in die Koordination.	1	1	1
	<i>wenn die nicht optimal abgestimmte Ankunft des Fahrzeugpuls häufig in Zusammenhang mit bevorrechtigtem ÖV beobachtet werden kann.</i>	2	2	
	<i>wenn der Abbruch der Freigabezeit für den Fahrzeugpuls häufig in Zusammenhang mit Fußgängeranforderungen beobachtet wird.</i>			2
Strategiebereich 9. Erhöhen der Betriebssicherheit.				
Strategie 9.1:	Verringern der Ausfallhäufigkeit und Ausfalldauer von Systemelementen.	36		
3.1.0.1	Einrichtung von automatischen Störungsmelde- und Betriebsüberwachungsverfahren.	1		
3.2.1.9	Verwenden eines Leuchtmittels mit bauartbedingt geringerer Ausfallhäufigkeit (z.B. LED)	1		
3.3.1.3	Überprüfen, ob eine andere Detektionstechnik zum Einsatz kommen sollte.	1		
	<i>wenn häufige Detektorstörungen dazu führen, dass verkehrsabhängige Steuerungsfunktionen nicht verfügbar sind.</i>	2		
3.4.0.2	Überprüfen der Zuverlässigkeit der Übertragung von Störungsmeldungen.	1		

Nr.	Maßnahme <i>Filterbedingung (Schlüsselnummer Unfalltyp oder verbal)</i>	Mangel Nummer	
		Einträge 1 und 2 gemäß Legende	
Strategie 9.2:	Erhöhen der Robustheit der Verkehrssteuerung gegenüber Systemelementausfällen.	35	36
2.3.0.3	Vorhalten geeigneter Festzeiterersatzprogramme.	1	1
	<i>wenn der Ausfall von Systemelementen zu Fehlern in den Steuerungsfunktionen führt.</i>	2	2
2.3.0.4	Vorhalten geeigneter Ortprogramme	1	1
	<i>wenn der Ausfall der Datenverbindung zur übergeordneten Steuerungsebene zu Fehlfunktionen oder Anlagenausfällen führt.</i>	2	2
2.5.0.11	Vorhalten und verwenden geeigneter Ersatzparameter.	1	1
	<i>wenn geeignete Ersatzparameter fehlen, die eine zufriedenstellende Steuerungsfunktion bei Systemelementausfällen gewährleisten.</i>	2	2

Anlage 9

Tabellarische Übersicht über die Verfahrensschritte – Leitfaden

Tabelle 1: Übersicht über die Schritte des Qualitätsmanagements

Phase	Schritt Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Verfahrensschritt
Netzbezogene 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	weiterführend	mehr-jährig	Erweiterte flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs
	1.6	verbindlich	jährlich	Prioritätenreihung
Qualitäts-analyse an Einzelknoten-punkten	2.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von knotenpunkt-bezogenen Grundinformationen
	2.2	weiterführend	einmalig	Voruntersuchung Qualität des Verkehrsablaufs
	2.3	verbindlich	jährlich	Überprüfung der knotenpunktbezogenen Grund-informationen auf relevante Veränderungen
	2.4	verbindlich	jährlich	Örtliche Unfallanalyse
	2.5	weiterführend	jährlich	Erweiterte örtliche Unfallanalyse
	2.6	weiterführend	mehr-jährig	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 Verbes-serungs-maßnahmen	3.1	verbindlich	jährlich	Analyse der Mängelursachen und Zusammenstellung eines Katalogs möglicher Verbesserungsmaßnahmen
	3.2 (a)	verbindlich	jährlich	Qualitative Bewertung möglicher Verbesserungs-maßnahmen
	3.2 (b)	weiterführend	jährlich	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen
	3.3	verbindlich	jährlich	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung

Tabelle 2: Übersicht über die Schritte des Qualitätsmanagements

Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Verfahrensschritt	Ziel	Daten-gruppe	Datenbedarf	Anweisung
1 Netzbezogene Gesamtbetrachtung							
1.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von netzbezogenen Grundinformationen	Lichtsignalanlagen identifizieren, <ul style="list-style-type: none"> ➤ die ein komplexes Anforderungsprofil aufweisen und/oder ➤ denen eine besondere Bedeutung für den Verkehrsablauf im Netz zukommt. 	GrInf-N	Straßennetz, Straßenkategorien Verkehrsmengenkarte Strategische Verkehrsentwicklungspläne Koordinierungsplan ÖV-Liniennetzplan Radverkehrsplan Fußwegeplan Schulwegeplan Informationen zu Flächennutzung und Siedlungsstruktur	Auswerten der Unterlagen, um Knotenpunkte zu identifizieren, <ul style="list-style-type: none"> ➤ die Strecken hoher Netzkategorie verknüpfen, ➤ an denen hohe Verkehrsstärken auftreten, ➤ denen eine strategische Funktion bei der Lenkung von Verkehrsströmen im Netz zukommt, ➤ die an Schnittpunkte von koordinierten Streckenzügen liegen, ➤ über die regelmäßig ÖV verkehrt, insbesondere im Verlauf von beschleunigten Strecken, ➤ die eine wichtige Funktion im Radverkehrsnetz innehaben, ➤ die eine wichtige Funktion im Fußwegenetz innehaben, besonders im Verlauf von Schulwegen, ➤ die sich innerhalb von oder angrenzend zu sensiblen Siedlungsbereichen befinden.
1.2	verbindlich	jährlich	Überprüfung der netzbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen	Prüfen der unter [1.1] erfassten Sachverhalte auf Gültigkeit und Aktualität. Lichtsignalanlagen identifizieren, an denen sich auf Grund von Änderungen der Anforderungen ein erhöhter Bedarf zur Qualitätskontrolle ergibt.	GrInf-N	siehe unter [1.1], zusätzlich Informationen zu Veränderungen des Verkehrsnetzes sowie der Verkehrsnachfrage.	Die unter [1.1] erfassten Grundinformationen sind daraufhin zu überprüfen, ob sie noch gültig sind. Dieser Arbeitsschritt ist besonders dann erforderlich, wenn seit der letzten Bestandsaufnahme unter [1.1] genannte Planwerke fortgeschrieben oder neu erstellt wurden.
1.3	verbindlich	jährlich	Flächendeckende Unfallanalyse	Lichtsignalanlagen identifizieren, deren Unfallgeschehen auf besondere Sicherheitsrisiken hindeutet.	UDA	Unfallliste Ein-Jahres-Karte aller Unfälle und Drei-Jahres-Karte der Unfälle mit Personenschaden (Zeitraum: zurückliegende fünf Jahre).	Vorgehensweise in Anlehnung an das Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1 (FGSV 1998), Voruntersuchung: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erkennen von Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen, welche Unfallhäufungsstellen (UHS) sind, ➤ Einordnen in eine Unfallhäufungsstellen-Kategorie, ➤ Beurteilen der zeitlichen Entwicklung und ➤ Festlegen von Rangfolgen der Dringlichkeit.
1.4	verbindlich	jährlich	Flächendeckende Einschätzung der Güte des Verkehrsablaufs	Mit Hilfe vorliegender Erkenntnisse einschätzen, an welchen Lichtsignalanlagen besondere Mängel des Verkehrsablaufs auftreten.	GrInf-N	Erfahrungswissen des Betreibers Hinweise aus der Bevölkerung	Nutzen des beim Betreiber vorhandenen Erfahrungswissen sowie von systematisch aufzuzeichnenden Beschwerden aus der Bevölkerung zur Identifikation von Knotenpunkten, an denen Mängel des Verkehrsablaufs auftreten.
1.5	weiterführend	mehrfährig	Erweiterte flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs	Mit Hilfe gesondert erhobenen Informationen Lichtsignalanlagen identifizieren, an denen besondere Mängel des Verkehrsablaufs auftreten. Ergebnisse aus [1.4] in größerem zeitlichen Abstand verifizieren.	GrInf-N	Reisezeitmessungen auf Hauptstrecken im Netz Expertenkenntnisse Meinung von Interessensgruppen Nutzermeinungen	Mit Reisezeitmessungen entlang von Hauptstrecken sind Knotenpunkte zu identifizieren, an denen Halte erforderlich sind und große Zeitverluste auftreten. Mit systematischen Befragungen von Experten, Interessensgruppen und Nutzern sind Knotenpunkte zu identifizieren, die für eine unbefriedigende Qualität des Verkehrsablaufs bekannt sind.
1.6	verbindlich	jährlich	Prioritätenreihung	Festlegen einer Prioritätenreihung für die Untersuchung von Einzelknotenpunkten.	-	Ergebnisse der Schritte [1.1] bis [1.5]	Die Rangfolgen der Dringlichkeit aus [1.3] übernehmen und prüfen, welche Knotenpunkte auf Grund der Ergebnisse der Schritte [1.1], [1.2] und [1.4] mit höherer Priorität behandelt werden sollten.

Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Verfahrensschritt	Ziel	Daten- gruppe	Datenbedarf	Anweisung
2 Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten							
2.1	verbindlich	einmalig	Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen	Die für das Erkennen von Mängeln, Ursachen und Verbesserungsmaßnahmen erforderlichen Informationen zu Entwurf, Steuerung, technischer Ausstattung und planerischen Rahmenbedingungen zusammenstellen. Erkennen von Hinweisen auf mögliche Mängel in den grundlegenden Festlegungen. Die Leistungsfähigkeit des Knotenpunkts überschlägig nachweisen und den Auslastungsgrad abschätzen.	GrInf-K	Ergebnisse aus [1.1] Lageplan verkehrstechnische Unterlagen (Signalakte) planerische und strategische Festlegungen Verkehrsmengen	Zusammenstellen der folgenden Informationen: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lage und Funktionszuweisung des Knotenpunkts und seiner Zulaufstrecken. ➤ Verkehrsmengen, gewonnen aus Modellen (Nachfrage) oder Zählungen (Durchsatz), ➤ Gestaltung des Straßenraums und Führung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen, ➤ Informationen zur Konzeption der Verkehrssteuerung, einschließlich der Festlegungen zur Einbindung in Koordinierungen sowie zum Umgang mit Anforderungen einzelner Verkehrsteilnehmergruppen (u. A. ÖV-Bevorrechtigung), ➤ Festlegungen zu Signalgebern, Detektoren und weiteren Anlagenbestandteilen, ➤ Schaltzeiten und Parametersätze für die einzelnen Signalprogramme, Zwischenzeitenmatrix, Phasenfolgepläne, Signalpläne, Phasenübergangpläne, Phasenrahmenpläne und Ablaufdiagramme. Berechnen der maßgebenden Verkehrsstärken auf Konfliktflächen und ermitteln der Auslastung (AKF-Verfahren).
2.2	weiterführend	einmalig	Voruntersuchung der Qualität des Verkehrsablaufs	Die Leistungsfähigkeit des Knotenpunkts rechnerisch bzw. im Modell nachweisen, den Auslastungsgrad einzelner Verkehrsströme abschätzen und die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs ermitteln.	GrInf-K	siehe unter [2.1]	Festzeitsteuerungen: Die Kenngrößen der Qualität des Verkehrsablaufs mit Hilfe des Berechnungsverfahrens nach HBS ermitteln. Verkehrsunabhängige Steuerungen: Die Kenngrößen der Qualität des Verkehrsablaufs mit Hilfe einer mikroskopischen Simulation ermitteln. ¹
2.3	verbindlich	jährlich	Überprüfung der knotenpunktbezogenen Grundinformationen auf relevante Veränderungen	Prüfen der unter [2.1] erfassten Sachverhalte sowie der darauf beruhenden Berechnung von [2.2] auf Gültigkeit und Aktualität. Sachverhalte identifizieren, die auf Grund von aktuellen Änderungen einer Qualitätskontrolle bedürfen.	GrInf-K	siehe unter [2.1]	Die unter [2.1] erfassten Grundinformationen sind daraufhin zu überprüfen, ob sie noch gültig sind. Dieser Arbeitsschritt ist insbesondere dann erforderlich, wenn seit der letzten Bestandsaufnahme <ul style="list-style-type: none"> ➤ wesentliche Elemente der Lichtsignalanlage erneuert und verbessert wurden, ➤ die Steuerungssoftware verändert wurde, ➤ Umbaumaßnahmen am Knotenpunkt oder in den Zufahrtsstrecken durchgeführt wurden.
2.4	verbindlich	jährlich	Örtliche Unfallanalyse	Die Verkehrssicherheit auf der Grundlage des Unfallgeschehens bewerten. Mögliche Wirkungszusammenhänge zwischen der Verkehrssteuerung und dem Unfallgeschehen identifizieren.	UDA	Unfallliste (Zeitraum: zurückliegende fünf Jahre) Unfalldiagramme (ggf. aus Unfallpunktbearbeitung der Polizei)	Vorgehensweise in Anlehnung an das Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1 (FGSV 1998), nähere Untersuchung: Identifikation struktureller Gleichartigkeiten (Kenngrößen: Programmschaltzeiten; Lichtverhältnisse, Straßenverhältnisse, Beteiligte, Unfalltyp [einstellige Kennziffer], Unfallursachen).
2.5	weiterführend	jährlich	Erweiterte örtliche Unfallanalyse	Gruppen von Unfällen mit gleichem Unfallhergang identifizieren, um hieraus Rückschlüsse auf Mängel in der Gestaltung des Knotenpunkts und der Lichtsignalsteuerung zu ziehen.	UDA	siehe unter [2.4]	Identifikation von Häufungen gleichartigen Unfallgeschehens (Unfalltyp [dreistellige Kennziffer], Fahrtrichtung).
2.6	weiterführend	mehrfähig ²	Mitschrift und Analyse von Prozessdaten zur Ermittlung der Güte des Verkehrsablaufs	Qualitative und quantitative Kenngrößen des Verkehrsablaufs ermitteln. Ursachen für Qualitätsmängel sowie Verbesserungspotenziale identifizieren.	PDA	Mitschriften des Signalplans und der Detektorendaten	Statistische Analyse von Kenngrößen der verkehrsunabhängigen Steuerung wie <ul style="list-style-type: none"> ➤ Verteilung der Freigabezeiten entsprechend der Verteilung der Verkehrsstärken, ➤ mittlere und maximale Wartezeiten des ÖV, ➤ maximale Wartezeiten von Fußgängern, ➤ Auswirkungen der ÖV-Priorisierung auf die Freigabezeiten anderer Verkehrsteilnehmergruppen, ➤ Auftreten von nicht genutzten Freigabezeiten im Kraftfahrzeugverkehr, ➤ Auftreten von Behinderungen im Abfluss.

¹ Die Überprüfung mit Hilfe einer Simulation ist relativ aufwändig. Es stehen jedoch derzeit weder Berechnungsverfahren noch empirische Schätzverfahren zur überschlägigen Ermittlung der Qualität des Verkehrsablaufs bei verkehrsunabhängigen Steuerungsverfahren zur Verfügung. Hier besteht Forschungsbedarf.

² Bei geeigneter Ausstattung (Übergabe und Mitschrift sekundengenaue Signalisierungs- und Detektorendaten) ist auch eine kontinuierliche Analyse möglich.

Nr.	Status im Ablauf	Turnus	Verfahrensschritt	Ziel	Daten- gruppe	Datenbedarf	Anweisung
2.7	verbindlich	jährlich	Analyse von Betriebsdaten	Die Betriebszuverlässigkeit von Anlagenkomponenten ermitteln.	BDA	manuelle oder automatische Aufzeichnungen zu Störungen von Systemelementen und Anlagenausfällen	Analyse der Ausfallhäufigkeit und Ausfalldauer von Signalgebern, Detektoren und anderen Systembestandteilen sowie Ermittlung des Maßes (Häufigkeit und Dauer) der Beeinträchtigung der Gesamtsteuerung (Anlagenausfall).
2.8	verbindlich	einmalig ³	Inspektion der Verkehrsraumgestaltung (Sicherheitsaudit)	Mängel in Entwurf, Gestaltung und Ausstattung des Knotenpunkts erkennen, die zu Unfallgefahren führen.	BAK	Lageplan Ergebnisse vorangegangener Phasen des Sicherheitsaudits zur gezielteren Untersuchung, ob die Mängel behoben sind.	Grunduntersuchung in Anlehnung an das Sicherheitsaudit gemäß der ESAS - Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen (FGSV 2003), Auditphase Verkehrsfreigabe.
2.9	verbindlich	jährlich	Inspektion der veränderlichen Sachverhalte der Verkehrsraumgestaltung	Mängel an veränderlichen Elementen der Gestaltung und Ausstattung des Knotenpunkts erkennen, die zu Unfallgefahren führen.	BAK	Lageplan Ergebnisse der Inspektion [2.8]	Vereinfachte Nachuntersuchung zu [2.8] mit besonderer Berücksichtigung von variablen oder temporären Veränderungen unterworfenen Sachverhalten wie <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sichtfelder, ➤ Sichtbarkeit (Abdeckung, Ausrichtung) von Signalgebern oder der Beschilderung. ➤ Sichtbarkeit, Erkennbarkeit und Begreifbarkeit von Signalgebern, Beschilderung, Markierung und weiterer Knotenpunktausstattung, und ➤ Informationsgehalte (z.B. Wegweisung).
2.10	verbindlich	jährlich	Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt	Qualitative und quantitative Kenngrößen des Verkehrsablaufs ermitteln. Ursachen für Qualitätsmängel sowie von Verbesserungspotenzialen identifizieren.	BAK	Beobachtungen am Knotenpunkt	Am Knotenpunkt können folgende Sachverhalte beobachtet werden: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Zufluss und Abfluss von Fahrzeugen, Verbleib von Reststau, nicht genutzte Freigabezeitreserven, ➤ Qualität der Koordinierung: Abstimmung des Freigabezeitbeginns auf die Ankunft von Fahrzeugpuls; Abstimmung des Endes der Freigabezeit auf den vollständigen Abfluss von Puls, ➤ auffallend lange Wartezeiten, ➤ Behinderungen im Zu- und Abfluss (z.B. durch ruhenden Verkehr oder an Grundstückseinfahrten), ➤ Verkehrsabläufe, die sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit auswirken, z. B. Nichtbefolgung der vorgeschriebenen Verkehrsführung oder nicht geräumte Konfliktflächen.
Identifikation von Verbesserungsmaßnahmen							
3.1	verbindlich	jährlich	Analyse der Mängelursachen und Zusammenstellung eines Katalogs möglicher Verbesserungsmaßnahmen	Erkennen von Ursachen für die festgestellten Mängel und identifizieren von Maßnahmen, die geeignet sind, die Mängel zu beheben oder zu mindern.	-	Ergebnisse der Schritte [2.1] bis [2.10]. Katalog möglicher Maßnahmen und Informationen zur Wirksamkeit.	Zusammenstellung aller erkannten Mängel. Abschließende Analyse der erhobenen Informationen auf Sachverhalte des Knotenpunktentwurfs, der Verkehrssteuerung, der technischen Einrichtungen und der übergeordneten Rahmenbedingungen, die ursächlich für die erkannten Mängel sind oder sein können. Benennen von möglichen Verbesserungsmaßnahmen.
3.2 (a)	verbindlich entfällt, wenn 3.2 (b) durchgeführt	jährlich	Qualitative Bewertung möglicher Verbesserungsmaßnahmen	Qualitatives Abwägen des Aufwands und des Nutzens der Maßnahmen.	-	-	Qualitative Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich Umsetzbarkeit und Wirkung.
3.2 (b)	weiterführend alternativ zu 3.2 (a)	jährlich	Nutzen-Kosten-Bewertung der Maßnahmen	Ermitteln des Nutzen-Kosten-Verhältnisses der Maßnahmen.	-	Informationen zu Maßnahmenkosten. Erfahrungswerte zur Maßnahmenwirkung.	Ermittlung der Maßnahmenkosten mit Hilfe von standardisierten Kostensätzen. Ermittlung des volkswirtschaftlichen Nutzens in Form vermiedener Unfallkosten und Zeitverlustkosten. Berechnung des Nutzen-Kosten-Faktors.
3.3	verbindlich	jährlich	Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung	Zusammenstellen von zeitlich geordneten und miteinander abgestimmten Handlungsvorschlägen.	-	Ergebnisse aus [3.2]	Auswahl geeigneter Maßnahmen. Überprüfung der ausgewählten Maßnahmen auf Verträglichkeit (mögliche Wechselwirkungen). Prioritätenreihung und zeitliche Ordnung der Maßnahmen und Zusammenstellung eines abschließenden Handlungsvorschlags.

³ Bei Neuanlagen ist die Inspektion bei der Inbetriebnahme durchzuführen.

Anlage 10

RiLSA-Textentwurf

“Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“

Hinweis: Um einen Textvorschlag zu entwerfen, der das gesamte Thema umfasst, wurden einige Passagen, deren Inhalt nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, aus der RiLSA-Teilfortschreibung (FGSV 2003) übernommen. Sie sind *kursiv* gesetzt. Aus Gründen der sprachlichen Vereinheitlichung wurde jedoch der Begriff „Qualitätssicherung“ generell durch „Qualitätsmanagement“ ersetzt.

Die Einordnung des Textes unter dem Gliederungspunkt 6.4. entspricht der Arbeitsgliederung bei der Neufassung der RiLSA zum Stand der Abschlusses der Arbeit (Quelle: FGSV, AK 3.16.16).

6.4 Qualitätsmanagement

6.4.1. Begriff

Das Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen umfasst systematische Tätigkeiten der Qualitätsprüfung und Qualitätsverbesserung. Um der Einheit von Planung, Entwurf und Betrieb Rechnung zu tragen, richtet sich das Qualitätsmanagement auf den Knotenpunktentwurf, die Verkehrssteuerung, die technischen Bestandteile der Lichtsignalanlage sowie die planerischen und strategischen Rahmenbedingungen.

Das Qualitätsmanagement bezieht sich auf alle Phasen der Lebensdauer einer Lichtsignalanlage von der verkehrstechnischen Projektierung über die Implementierung bis hin zum laufenden Betrieb. Einzelne Elemente stehen in engem Zusammenhang mit qualitätssichernden Verfahren, die nicht ausschließlich auf Lichtsignalanlagen bezogen sind. Beispiele hierfür sind das Sicherheitsaudit an Straßen und die Verkehrsschau gemäß StVO. Die Anwendung der Verfahren soll sinnvoll abgestimmt sein. Dabei können gemeinsame Datenbestände genutzt sowie Ergebnisse übernommen werden.

6.4.2 Ziele des Qualitätsmanagements

Mit dem Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen soll durch eine kontinuierliche Verbesserung der Systembestandteile erreicht werden, dass die Qualitätsziele der Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Verbesserung des Verkehrsablaufs erfüllt werden. Es dient dazu, zu gewährleisten,

- dass die planerischen und strategischen Vorgaben aus der übergeordneten Verkehrsplanung und der Konzeption des Verkehrsmanagement noch gültig sind oder an Veränderungen angepasst werden,
- dass die Anforderungen der Verkehrssicherheit und der Qualität des Verkehrsablaufs dauerhaft erfüllt werden sowie gestiegenen Anforderungen nach Möglichkeit Rechnung getragen wird und
- dass alle Bestandteile der Lichtsignalanlage betriebsbereit sind und einwandfrei arbeiten.

Hierzu ist es erforderlich, dass die Lichtsignalsteuerung

- wartungsfreundlich ist, damit Fehlfunktionen leicht erkannt und behoben werden können,
- flexibel ist, damit Änderungen und Erweiterungen einfach realisiert werden können,
- robust ist, damit sie auch in unerwarteten und nicht vorgesehenen Situationen funktionsfähig bleibt.

6.4.3. Voraussetzungen

Wichtige Voraussetzungen für ein wirkungsvolles Qualitätsmanagement sind die vollständige Klärung und eindeutige Darlegung

- der Steuerungsziele einschließlich der Festlegungen zur strategischen Funktion der Lichtsignalanlage, zur angestrebten Qualitätsstufe für alle Verkehrsteilnehmergruppen und zum Umgang mit konkurrierenden Belangen unter diesen, z. B. bei ÖV-Bevorrechtigung, Grünen Wellen und Eingriffsmöglichkeiten für Fußgänger,
- der technischen Standards, z. B. von Schnittstellen der Gerätetechnik,
- des Datenflusses und der Datenkonsistenz,
- der Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten zwischen Auftraggeber, Projektierer, Implementierer und Betreiber sowie innerhalb dieser Gruppen.

Um Qualitätsmanagement erfolgreich durchführen und die Umsetzung der Ergebnisse zu erleichtern, sollten alle Stellen sachgerecht beteiligt werden, die über relevante Informationen verfügen und die an der Planung von Maßnahmen beteiligt werden müssen. Hierzu zählen neben dem Betreiber der Lichtsignalanlagen u. a. Polizei, Straßenverkehrsbehörde, Planungsbehörde, ÖV-Betreiber und Wartungsunternehmen.

Das Qualitätsmanagement wird erleichtert, wenn durch ein klares Informationsmanagement sichergestellt ist, dass alle Unterlagen, die zur Analyse benötigt werden, auf aktuellem Stand und zentral verfü-

bar sind. In den Unterlagen sollten alle Ziel festlegungen, die Ergebnisse von Qualitätsprüfungen, umgesetzte Maßnahmen, Störereignisse und sonstigen bedeutenden Informationen unter Verwendung einer einheitlichen Terminologie nachvollziehbar dokumentiert sein.

Die Qualität wird geprüft hinsichtlich

- der Beachtung von Vorschriften, Hinweisen, Kriterien und Richtwerten,
- der Erfüllung von Verpflichtungen und Anforderungen, ggf. der vollständigen Bearbeitung von Handlungskatalogen und
- der Berücksichtigung von Auswirkungen.

Hierzu ist es erforderlich, dass Kenngrößen zur Bewertung definiert sind und dass Bewertungsvorschriften und Schwellenwerte für die einzelnen Kenngrößen vorliegen. Dabei sind die einschlägigen Richtlinien zu beachten; die Kenngrößen und Schwellenwerte sollen ein nach dem Stand der Technik hohes Qualitätsniveau kennzeichnen, zugleich aber mit vertretbaren Mitteln erreichbar sein und die Auswirkungen auf die Gesamtgestaltung des Verkehrssystems berücksichtigen. Die Festlegungen sind zu dokumentieren und regelmäßig zu überprüfen.

Wichtige Kenngrößen zur Bewertung der Verkehrssicherheit an lichtsinalgeregelten Knotenpunkten sind die Unfalldichte und die Unfallschwere. Wichtige Kenngrößen zur Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs sind Wartezeiten, die Anzahl der Halte, das Auftreten und die Länge von Rückstaus und der Auslastungsgrad. Ergänzende Kenngrößen wie Reisezeiten im Netz, Kraftstoffverbrauch und Lärmemissionen können hiervon abgeleitet werden.

Hinzu kommen Kenngrößen, welche die Zuverlässigkeit von Anlagenkomponenten und des gesamten Systems beschreiben, wie Störungshäufigkeit, Störungsdauer und Ausfallhäufigkeit.

6.4.4 Qualitätsmanagement bei der verkehrstechnischen Projektierung (Übernahme des Textes der RiLSA-Teilfortschreibung 2003)

Voraussetzung für die angestrebte Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen ist eine fachgerechte und umfassende verkehrstechnische Projektierung. Die Anforderungen sollten klar beschrieben und erläutert werden, damit sie bei dem Qualitätsmanagement im laufenden Betrieb nachvollzogen werden können und bei Kontrollen und Instandhaltung leicht zu handhaben sind.

Bei der Projektierung der Verkehrssteuerung sind z.B. Festlegungen zu treffen auf folgenden Punkten:

- *Netzfunktion der Lichtsignalanlage:*
 - *einzeln und somit mit hohen Freiheitsgraden,*
 - *verknüpft unter Beachtung der von benachbarten Knotenpunkten herrührenden Randbedingungen oder*

- *als Pförtner- oder Dosieranlage.*

- *Örtliche Randbedingungen:*

- *maximale Staulängen, zufahrt- und fahrestreifenbezogen,*
- *Erfordernisse, um Behinderungen des ÖPNV zu vermeiden, sowie*
- *Belange der Koordinierung.*

- *Steuerungsverfahren:*

- *Ziele und angestrebtes Qualitätsniveau (z.B. nach HBS),*
- *Grad der Verknüpfung,*
- *verkehrstechnische Anforderungen an die Steuerung,*
- *verfügbare Geräte- und Übertragungstechnik,*
- *Anzahl der Signalprogramme und deren Zuordnung zu Verkehrssituationen sowie*
- *Art der Aktivierung der Signalprogramme.*

- *Bestandteile der Signalprogramme:*

- *Bei Festzeitsteuerungen im Wesentlichen die Phaseneinteilung, die Umlaufzeit und die Freigabezeitdauern auf der Grundlage von ermittelten Bemessungsverkehrsstärken sowie*
- *bei verkehrabhängigen Steuerungen darüber hinaus die Steuerungslogik mit den verkehrstechnischen Parametern oder automatischen Prozessdaten.*

Die Dokumentation der Lichtsignalanlage soll folgende Punkte umfassen:

- *Beschreibung der Ziele und des grundlegenden Ablaufs der geplanten Steuerung und Darstellung ihrer Bausteine,*
- *Verwaltungsdaten (Knotenpunktname, Kurzbezeichnung, Steuergerätetyp u.ä.),*
- *Signallageplan, Signalgruppendaten,*
- *Zwischenzeitenberechnung und –matrix,*
- *Signalprogramme,*
- *verkehrstechnische Beschreibung des angewandten Steuerungsverfahrens,*
- *Angabe der ggf. verwendeten Module und automatisierten Verfahren,*
- *Ein- und Ausschaltprogramme,*
- *Prüfprogramme sowie*
- *Hinweise zu Maßnahmen bei Störungen einzelner Erfassungseinrichtungen.*

6.4.5 Qualitätsmanagement bei der Implementierung (Übernahme des Textes der RiLSA-Teilfortschreibung 2003)

Unter Implementierung der projektierten Steuerung in Form von Daten oder Programmen ist sowohl die Erstversorgung als auch die Nachversorgung in allen Systemebenen zu verstehen. Vor der Implementierung sind Prüf- und Testverfahren durchzuführen.

Bei der Implementierung der verkehrstechnischen Steuerung in die Gerätetechnik muss die Datenkonsistenz durchgängig gewährleistet sein. Müssen projektierte Steuerungen aufgrund mangelnder Kompatibilität mit der Gerätetechnik umgearbeitet werden, ist sicherzustellen, dass dabei keine Verluste in der verkehrstechnischen Qualität entstehen.

Bisher war es verbreitete Praxis, die projektierte Lichtsignalsteuerung in Papierform dem Hersteller der Anlage zu übergeben oder in der spezifischen Versorgungssprache des Herstellers zu erstellen. Inzwischen gibt es auch rechnergestützte Versorgungs- und Steuerungsverfahren, bei denen für die Implementierung keine Programmierarbeit mehr erforderlich ist. Voraussetzung dafür ist, dass das Steuerungsverfahren in der Zielsoftware ablauffähig und dass bei parametrierbaren Verfahren der Logikern bereits implementiert ist. Bei Erstversorgung oder kompletter Neuversorgung ist jedoch aus Sicherheitsgründen stets ein Test zur Integration des Steuerungsverfahrens in der Zielhardware erforderlich.

Wesentlich für das Qualitätsmanagement ist dabei:

- Die Prüfung der implementierfähigen Daten und Programme muss hinsichtlich aller zu testenden Funktionen der Steuerung vollständig sein, d.h. sie muss alle Betriebsbedingungen umfassen, z. B. auch Ein-, Aus- und Umschalten sowie das Verhalten bei Störungen jeglicher Art.
- Die Dokumentation der Steuerung muss genau das beschreiben, was tatsächlich im ausführenden Gerät implementiert ist.

Es empfiehlt sich, rechnergestützte Verwaltungssysteme zu verwenden.

6.4.6 Qualitätsmanagement im laufenden Betrieb

6.4.6.1 Allgemeines

Während der Betriebsphase von Lichtsignalanlagen ist eine laufende Kontrolle und kontinuierliche Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten erforderlich, um eine dauerhaft hohe Qualität der Verkehrssteuerung zu gewährleisten. Dabei sind die folgenden Schritte des Qualitätsmanagements turnusgemäß (vgl. **Tabelle 6.1**) und ereignisorientiert durchzuführen:

- Überprüfen und Anpassen von Zielen,
- Prüfen und Bewerten der erreichten Qualität,
- Identifizieren von Mängeln und Analysieren ihrer Ursachen,

- Identifizieren und Umsetzen von Verbesserungsmaßnahmen und
- Kontrollieren der Wirkungen.

Das Kontrollieren der Wirkungen kann bei turnusgemäßer oder ereignisorientierter Wiederholung dieser Schritte mit abgedeckt werden. Es ergibt sich ein geschlossener Verfahrenskreislauf.

In allen Schritten ist eine vollständige Dokumentation erforderlich, um die Bewertungsergebnisse und Entscheidungen für künftige Qualitätsprüfungen zu sichern.

Für Lichtsignalanlagen ergibt sich hieraus die in **Tabelle 6.1** dargestellte Abfolge von Schritten, die in die netzbezogene Gesamtbetrachtung sowie in die Untersuchung an Einzelknotenpunkten gegliedert ist. Bei der Anwendung sind die folgenden Informationsquellen zu nutzen:

- Grundinformationen aus Planungsunterlagen sowie aus der verkehrstechnischen Beschreibung,
- Unfalldaten,
- Prozessdaten aus dem Steuergerät,
- Betriebs- und Störungsdaten,
- Informationen aus Erfahrungswissen sowie Inspektionen und Beobachtungen am Knotenpunkt.

Aus den regulären Tätigkeiten zur Auswertung des Unfallgeschehens und um auftretende Mängel zeitnah zu ermitteln, ergibt sich für die regelmäßigen Untersuchungen ein jährlicher Turnus. Für einige Schritte des Qualitätsmanagements sind größere zeitliche Abstände ausreichend. Grundlegende statische oder nur langfristig veränderliche Informationen müssen nur bei einer ersten Qualitätsprüfung erfasst werden. Bei Folgeuntersuchungen ist nur zu prüfen, ob es zu relevanten Veränderungen der Sachverhalte gekommen ist.

Wenn Hinweise auf akute Mängel vorliegen oder sich durch Umbau oder Änderungen im Netz die Anforderungen wesentlich verändert haben, ist in Abweichung vom festgelegten Turnus eine ereignisbezogene Prüfung vorzunehmen, deren Umfang sich nach Art und Bedeutung der Mängel oder des Ereignisses richtet.

Mit dem Einsatz IT-unterstützter, datenbankbasierter Systeme zur Erfassung, Analyse und Dokumentation von Informationen kann der Untersuchungsaufwand deutlich verringert werden.

6.4.6.2 Netzbezogene Gesamtbetrachtung

Ziel

Da zwischen Lichtsignalanlagen besonders in städtischen Netzen wechselseitige Abhängigkeiten bestehen und Betreiber in der Regel für eine Vielzahl von Lichtsignalanlagen zuständig sind, ist es zweckmäßig, zunächst eine netzbezogene Gesamtbetrachtung durchzuführen. Sie hat zum Ziel,

- besondere Problemstellen zu erkennen, die eine näheren Betrachtung mit hoher Priorität erfordern,
- wichtige Wechselwirkungen zwischen übergeordneten Festlegungen und der Qualität einzelner Anlagen zu erkennen,
- Qualitätsrisiken zu erkennen, die erst bei einem ungünstigen Zusammenwirken benachbarter Lichtsignalanlagen zu Problemen führen,
- mehrfach auftretende Mängel zu erkennen, die historisch oder in Gewohnheitshandeln begründet sind, und
- Empfehlungen zu vermeiden, die übergeordneten Zielen widersprechen oder die mit Maßnahmenwirkungen an benachbarten Knotenpunkten in Konflikt stehen.

Zusammenstellung und Analyse von netzbezogenen Grundinformationen (Schritte 1.1 und 1.2)

Die Zusammenstellung und Analyse von netzbezogenen Grundinformationen ist bei einer ersten Qualitätsprüfung einmalig vorzunehmen. Bei Folgeuntersuchungen sind lediglich Veränderungen aufzunehmen.

Es sind die allgemeinen Rahmenbedingungen und Festlegungen für die Lichtsignalsteuerung zu erfassen. Lichtsignalanlagen mit besonders komplexem Anforderungsprofil und hoher Bedeutung im Netz sind zu identifizieren. Dies ist der Fall an Knotenpunkten,

- deren Zulaufstrecken einer hohen Netzkategorie angehören oder hohe Verkehrsstärken aufweisen,
- denen besondere strategische Funktionen zukommen,
- die an Schnittpunkten von koordinierten Streckenzügen liegen,
- die eine besonders wichtige Funktion bei der Abwicklung des ÖPNV, des Radverkehrs oder des Fußgängerverkehrs haben,
- die innerhalb oder in der Nähe von sensiblen Siedlungsbereichen liegen.

Flächendeckende Unfallanalyse (Schritt 1.3)

Die flächendeckende Unfallanalyse dient dazu, Lichtsignalanlagen zu identifizieren, deren Unfallgeschehen auf besondere Sicherheitsrisiken hindeutet.

Die Analyse des Unfallgeschehens ist gemäß der im *Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten* (FGSV 1998) beschriebenen *Voruntersuchung* durchzuführen. Hierzu gehören die folgenden Schritte:

- Erkennen von Unfallhäufungsstellen und einordnen in eine Unfallhäufungsstellen-Kategorie,
- Beurteilung der zeitlichen Entwicklung und

- Festlegen von Rangfolgen der Dringlichkeit.

Flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs (Schritte 1.4 und 1.5)

Die flächendeckende Bewertung der Güte des Verkehrsablaufs dient dazu, Knotenpunkte im Netz zu identifizieren, an denen besondere Mängel auftreten.

Hierzu sind in jährlichem Turnus auf der Grundlage des Erfahrungswissens der Betreiber sowie eingegangener Hinweise aus der Bevölkerung diejenigen Knotenpunkte zu benennen, an denen es zu langen Wartezeiten, Staus und anderen Behinderungen kommt.

Ergänzende Informationen können gewonnen werden, indem Reisezeitmessungen entlang von Hauptverkehrsstraßen durchgeführt werden oder mit systematischen Befragungen die Einschätzungen von Experten, Verkehrsteilnehmern und Interessensgruppen erfasst werden.

Prioritätenreihung (Schritt 1.6)

Auf der Grundlage der Ergebnisse der netzbezogenen Untersuchungen ist jährlich eine Prioritätenreihung der näher zu untersuchenden Knotenpunkte vorzunehmen. Dabei ist von der Rangfolge der Dringlichkeit auszugehen, die bei der Unfallanalyse ermittelt wurde, und es ist zu prüfen, ob Knotenpunkte wegen der Ergebnisse der anderen Untersuchungsschritte eine höhere Priorität erhalten sollten.

6.4.6.3 Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten

Zusammenstellung und Analyse von knotenpunktbezogenen Grundinformationen (Schritte 2.1, 2.2 und 2.3)

Zu den Grundinformationen zählen alle für die Lichtsignalsteuerung am Einzelknotenpunkt relevanten städtebaulichen, verkehrsplanerischen, entwurfstechnischen und verkehrstechnischen Rahmenbedingungen und Festlegungen. Sie sind bei einer erstmaligen Untersuchung zu erfassen (Schritt 2.1). Bei turnusgemäßen Folgeuntersuchungen muss lediglich geprüft werden, ob in der Zwischenzeit relevante Veränderungen eingetreten sind (Schritt 2.3).

Grundinformationen sind den Planungsunterlagen zum Knotenpunkt sowie der verkehrstechnischen Beschreibung zu entnehmen. Diese Unterlagen sollten daher in der Signalakte gebündelt zugänglich sein.

Folgende Sachverhalte sind zu erfassen:

- Lage und Funktionszuweisung des Knotenpunkts und seiner Zulaufstrecken.
- Verkehrsmengen, gewonnen aus Modellen oder Zählungen,
- Lageplan mit den erforderlichen Festlegungen zur Gestaltung des Straßenraums und zur Führung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen,

- Informationen zur Konzeption der Verkehrssteuerung, einschließlich der Festlegungen zur Einbindung in Koordinierungen sowie zum Umgang mit Anforderungen einzelner Verkehrsteilnehmergruppen (u. a. ÖV-Bevorrechtigung),
- Festlegungen zu Signalgebern, Detektoren und weiteren Anlagenbestandteilen,
- Schaltzeiten und Parametersätze für die einzelnen Signalprogramme, Zwischenzeitenmatrix, Phasenfolgepläne, Signalpläne, Phasenübergangpläne, Phasenrahmenpläne und Ablaufdiagramme.

Die Informationen dienen als Grundlage für die Ermittlung von Mängelursachen sowie für die Identifikation von Verbesserungspotenzialen. Sie können außerdem genutzt werden, um mit Hilfe einfacher Berechnungsverfahren (AKF-Verfahren) überschlägig die Leistungsfähigkeit und Auslastung des Knotenpunkts zu ermitteln sowie eine Voruntersuchung der Qualität des Verkehrsablaufs nach HBS oder mit Hilfe von Simulationen vorzunehmen (Schritt 2.2).

Örtliche Unfallanalyse (Schritte 2.4 und 2.5)

Die örtliche Unfallanalyse dient dazu, Sicherheitsmängel der Knotenpunktgestaltung und Verkehrssteuerung zu erkennen. Die Auswertung soll sich über einen Zeitraum von fünf Jahren erstrecken. Sie ist jährlich gemäß der *Voruntersuchung* und der *vertiefenden Untersuchung* nach dem *Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten* (FGSV 1998) vorzunehmen. Häufig kann hierbei bereits auf die Ergebnisse einer allgemeinen Unfallauswertung zurückgegriffen werden. Wird eine flächendeckende Unfallanalyse im Rahmen der netzbezogenen Gesamtbetrachtung durchgeführt, so liegen die Ergebnisse der *Voruntersuchung* bereits vor.

Die Unfallanalyse umfasst

- die Erfassung und statistische Aufbereitung der Kenngrößen des Unfallgeschehens wie Anzahl der Unfälle, Unfallschwere, Unfallzeitpunkt, Unfallbeteiligte, Unfallursache, Unfalltyp (einstellige Schlüsselnummer), Licht- und Straßenverhältnisse,
- die Identifikation des Knotenpunkts als Unfallhäufungsstelle und die Einordnung in eine Unfallhäufungsstellen-Kategorie,
- die Bewertung der zeitlichen Entwicklung des Unfallgeschehens und
- die Identifikation struktureller Gleichartigkeiten des Unfallgeschehens an Hand der oben beschriebenen Kenngrößen.

Strukturelle Gleichartigkeiten, insbesondere das Auftreten von Abbiege-Unfällen und Einbiegen-Kreuzen-Unfällen, lassen Rückschlüsse auf Unfallursachen zu. Typische Unfallursachen können sein:

- mangelnde Erkennbarkeit der Signalisierung,

- mangelnde Übersichtlichkeit des Knotenpunkts,
- mangelnde Begreifbarkeit der Verkehrssteuerung,
- ungeeignete Phaseneinteilungen, insbesondere fehlende Trennung bedingt verträglicher Verkehrsströme,
- unzureichende Beachtung der vor allem in den Abschnitten 2.3, 2.6, 4.3.2.1, 7.3 und 7.4 beschriebenen Sicherheitsanforderungen und
- häufiger Ausfall der Lichtsignalanlage oder ungewohnte Signalisierungen auf Rückfallebenen.

Außerdem können die strukturellen Gleichartigkeiten des Unfallgeschehens auf Signalisierungsbedingungen (Programmschaltzeiten, Lichtverhältnisse) hindeuten, bei denen besondere Unfallgefahren auftreten.

Änderungen der Lichtsignalsteuerung oder der Knotenpunktgestaltung während des Untersuchungszeitraums sind bei der Analyse zu berücksichtigen.

Wenn am Knotenpunkt im Untersuchungszeitraum eine Häufung von Unfällen gleichen Unfalltyps (einstellige Schlüsselnummer) auftritt, sind gezielt mögliche Unfallursachen durch eine Untersuchung gleichartiger Unfallverläufe zu ermitteln. Diese können mit der dreistelligen Schlüsselnummer des Unfalltyps und der Angabe der Zufahrt erkannt werden. Hierzu ist in der Regel die Auswertung von Unfallprotokollen notwendig. Eine auffällige Häufung gleichartiger Unfallverläufe liegt vor, wenn im Untersuchungszeitraum mindestens jährlich ein Unfall mit identischer dreistelliger Schlüsselnummer des Unfalltyps in der gleichen Zufahrt auftritt. Bei Unfällen mit schwerwiegenden Folgen sollte jedoch schon bei geringerer Unfalldichte nach Ursachen gesucht werden.

Da bei den regelmäßigen Untersuchungen jeweils auf die Daten vorangegangener Untersuchungen zurückgegriffen werden muss, ist es zur Minderung des Aufwands zweckmäßig, den Unfalldatenbestand in einer elektronischen Datenbank zu verwalten und jährlich fortzuschreiben.

Mitschrift und Analyse von Prozessdaten (Schritt 2.6)

Bei verkehrsabhängigen Steuerungsverfahren werden kontinuierlich Informationen zum Verkehrsgeschehen und zur Signalisierung erzeugt und verarbeitet. Mit der Analyse dieser Prozessdaten können Kenngrößen der Güte des Verkehrsablaufs ermittelt und Verbesserungspotenziale der verkehrsabhängigen Funktionen erkannt werden.

Die Analyse erstreckt sich auf

- die Verteilung der Freigabezeiten, um sie mit der Verteilung der Verkehrsstärken abzugleichen,

- nicht ausgelastete Freigabezeiten, um die Leistungsfähigkeit der Anlage nachzuweisen und um Potenziale der Umverteilung von Freigabezeiten zu erkennen oder die Abbruchbedingungen zu überprüfen,
- die Häufigkeit von Eingriffen während der Freigabezeit in Grünen Wellen, um die Beeinträchtigung ihrer Funktionsfähigkeit zu überprüfen,
- die Zeitabstände zwischen Anforderung und Freigabe einzelner Verkehrsströme, um maximale Wartezeiten (bei typischen Einzelereignissen wie den Ankünften von ÖV-Fahrzeugen auch mittlere Wartezeiten) zu ermitteln,
- die Belegungen von Detektoren, um die Überschreitung von Staulängen oder Probleme im Fahrzeugabfluss zu erkennen.

Darüber hinaus können durch einen Abgleich mit der Steuerungslogik Hinweise auf deren Verbesserung gewonnen werden.

Mit der Analyse der Prozessdaten kann die Beobachtung des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt vorbereitet werden oder die Häufigkeit des Auftretens dort beobachteter Mängel über längere Zeiträume ermittelt werden.

Für die Analyse soll eine sekundengenaue Mitschrift der Prozessdaten über den Zeitraum einiger Tage vorliegen, der alle relevanten kritischen Belastungsfälle umfasst. Wegen der Datenmenge ist für die Analyse die Nutzung geeigneter statistischer Auswertungsprogramme erforderlich.

Analyse von Betriebsdaten (Schritt 2.7)

Betriebsdaten enthalten Informationen zu regulären und außergewöhnlichen Betriebszuständen von Anlagenteilen. Ihre Auswertung dient der Bewertung der Betriebszuverlässigkeit und der Untersuchung von Ursachen für Qualitätsmängel im Verkehrsablauf, die auf eine zeitweilig fehlende Steuerungsfunktion zurückzuführen sind.

Die Analyse erstreckt sich auf

- Abweichungen vom Regelbetrieb und die Aktivierung von Rückfallebenen, um nicht vollständig verfügbare Anlagenfunktionen oder ungewohnte Steuerungszustände zu erkennen und Ursachen für Unfallereignisse und Störungen im Verkehrsablauf zu identifizieren,
- die Häufigkeit und die mittlere Dauer von Störungen einzelner Anlagenkomponenten wie Detektoren und Signalgeber, um deren Zuverlässigkeit und die Notwendigkeit ihrer Erneuerung zu bewerten,
- die Häufigkeit und die mittlere Dauer von störungsbedingten Anlagenabschaltungen, um Rückschlüsse auf das Fehlen von Ersatzfunktionen zu gewinnen, und
- den Arbeitsablauf der Störungsbeseitigung.

Für die Analyse sind die Störungsbücher und Betriebsprotokolle der Anlage auszuwerten. In modernen Systemen können automatische Protokollie-

rungsfunktionen implementiert sein, so dass der Zugriff auf diese Informationen mit geringem Aufwand möglich ist.

Inspektionen und Beobachtungen am Knotenpunkt (Schritte 2.8, 2.9 und 2.10)

Die Qualitätsuntersuchungen am Knotenpunkt bestehen aus

- einer Inspektion des Zustands von Elementen des Knotenpunktentwurfs und der Knotenpunktausstattung, um Mängel zu erkennen, die sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit auswirken, und
- einer Beobachtung des Verkehrsgeschehens, um qualitative und quantitative Kenngrößen des Verkehrsablaufs zu erfassen.

Bei der Begutachtung durch einen fachkundigen Experten können zugleich Verbesserungspotenziale erkannt und die Eignung von Maßnahmen eingeschätzt werden.

Die Inspektion des Knotenpunkts dient dazu, festzustellen,

- ob die Gestaltung des Knotenpunkts noch den gültigen, gegebenenfalls veränderten Richtlinien entspricht sowie den spezifischen Anforderungen der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs Rechnung trägt und
- ob temporäre Veränderungen oder Alterungsprozesse der Knotenpunktelemente die Erfüllung dieser Anforderungen beeinträchtigen.

Bei der Inspektion sind solche Aspekte von besonderer Bedeutung, die als mögliche Unfallursachen für festgestellte Unfallhäufungen in Frage kommen.

Die Inhalte der erstmaligen Inspektion des Knotenpunkts orientieren sich am Sicherheitsaudit gemäß den *Empfehlungen für das Sicherheitsaudit an Straßen* (FGSV 2003), Auditphase *Verkehrsfreigabe*. Die jährlich durchzuführenden Inspektionen können sich auf die Sachverhalte beschränken, die variabel oder temporären Veränderungen unterworfen sind. Hierzu zählen besonders

- Sichtfelder,
- Sichtbarkeit und Erkennbarkeit von Signalgebern, Beschilderung, Markierung und weiterer Knotenpunktausstattung,
- Informationsgehalte (z. B. Wegweisung).

Die Beobachtung des Verkehrsablaufs dient zur Ermittlung von Kenngrößen der Verkehrsqualität. Im Mittelpunkt der Beobachtung stehen dabei

- Kapazitätsmängel, die sich im Auftreten von Reststau oder in Behinderungen der Erreichbarkeit von Fahrstreifen wegen zurückgestauter Fahrzeuge zeigen,
- Koordinierungsmängel, die sich zeigen, wenn ankommende Fahrzeugpuls nicht ohne Halt abgewickelt werden können,

- lange Wartezeiten für einzelne Verkehrsteilnehmergruppen; hierzu zählen auch hohe Gesamtquerungszeiten an schlecht koordinierten Fußgängerfurten,
- Störeinflüsse auf den Verkehrsablauf wie z.B. durch Parkvorgänge oder an Grundstückszufahrten.
- Verkehrsabläufe, die sich nachteilig auf die Verkehrssicherheit auswirken, z.B. Nichtbefolgung der vorgeschriebenen Verkehrsführung oder nicht geräumte Konfliktflächen.

Die Beobachtungen sollten zur Morgenspitzenstunde und zur Abendspitzenstunde durchgeführt werden, sofern keine Hinweise auf das Auftreten besonderer Mängel zu anderen Zeiten vorliegen.

6.4.6.4 Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung

Handlungsspektrum

Auf der Grundlage der Qualitätsbewertung und der Analyse von Mängelursachen sind geeignete Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung einzuleiten. Dabei können verschiedene Maßnahmentypen eingesetzt werden, die im Folgenden, geordnet nach dem Aufwand, der Wirkungstiefe und der erforderlichen Zeit zur Umsetzung, beschrieben werden.

Wartungsmaßnahmen:

Mit Wartungsmaßnahmen wird der technische Soll-Zustand der Lichtsignalanlage wieder hergestellt. Hierzu gehören Maßnahmen an der Hardware, z. B. die Erneuerung von Detektoren, die Neuausrichtung von Signalgebern oder der Austausch von Leuchtmitteln, sowie Maßnahmen an den Elementen der Knotenpunktausstattung, z. B. die Erneuerung von Markierungen oder Beschilderung sowie deren Anpassung an neue Regelungen oder Gegebenheiten.

Parameteranpassungen:

Parameteranpassungen sind Änderungen von Steuerungskenngrößen wie Schwellen- und Grenzwerte für Zeitlücken, Mindestfreigabezeiten, Zeitfenster für Anforderungen oder Versatzzeiten. In die Steuerungslogik wird nicht eingegriffen.

Strukturelle Änderungen der Verkehrssteuerung:

Strukturelle Änderungen der Verkehrssteuerung betreffen bei Festzeitprogrammen vor allem die Anzahl der Signalprogramme und deren Phaseneinteilung. Bei verkehrsabhängigen Steuerungen sind es auch die logischen Abläufe zur Anforderung und zur Bemessung von Freigabezeiten. Außerdem umfassen diese Maßnahmen den Umgang mit Störungen und die dafür vorgesehenen Rückfallebenen.

Hardwareanpassungen:

Zu Hardwareanpassungen zählen die Erneuerung oder Ergänzung von Signalgebern, Detektoren, Steuergeräten oder Kommunikationseinrichtungen.

Bauliche Maßnahmen und Änderungen der Knotenpunktausstattung:

Mit baulichen Maßnahmen wird eingegriffen in das Flächenangebot, die Breite, Länge und Zuordnung von Fahrstreifen sowie die Ausstattungselemente des Knotenpunkts wie Markierungen, Beschilderung oder Leiteinrichtungen.

Änderungen der verkehrsplanerischen und strategischen Rahmenbedingungen:

Änderungen der verkehrsplanerischen und strategischen Rahmenbedingungen sind erforderlich, wenn mit dem vorstehend beschriebenen Repertoire keine Verbesserung erreicht werden kann oder wenn sie zur Unterstützung anderer Maßnahmen benötigt werden. Hierzu zählen die Verlagerung von Verkehrsströmen im Netz, städtebauliche Änderungen im Umfeld oder grundsätzliche strategische Entscheidungen wie die Bevorrechtigung von Verkehrsteilnehmergruppen.

Analyse der Mängelursachen und Identifikation möglicher Verbesserungsmaßnahmen (Schritt 3.1)

Auf Grundlage der Ergebnisse der Qualitätsanalyse sowie der erhobenen Informationen zu Knotenpunktentwurf, Verkehrssteuerung, technischen Bestandteilen der Lichtsignalanlage und planerischen und strategischen Rahmenbedingungen werden mögliche Gestaltungsdefizite benannt und geeignete Maßnahmen zu ihrer Behebung oder Minderung identifiziert.

Bewertung von Maßnahmen (Schritt 3.2)

Vor der Umsetzung von Maßnahmen sind deren Wirkungen abzuschätzen. Im Regelfall sind qualitative Abwägungen des Maßnahmenaufwands und des zu erwartenden Nutzens vorzunehmen.

Um genauere Informationen zu erhalten, können Nutzen-Kosten-Bewertungen auf der Grundlage überschlägiger Ermittlungen von vermeidbaren volkswirtschaftlichen Schäden durch Unfälle und Zeitverluste sowie standardisierter Maßnahmenkosten durchgeführt werden. Dabei können Erfahrungswerte aus der Anwendung vergleichbarer Maßnahmen herangezogen oder die Kenngrößen des Verkehrsablaufs mit Hilfe von Berechnungsverfahren oder Simulationsrechnungen ermittelt werden.

Maßnahmenauswahl und Umsetzungsplanung (Schritt 3.3)

Auf Grundlage der Wirkungsabschätzung ist eine Prioritätenreihung der als geeignet identifizierten Maßnahmen vorzunehmen und ein abschließender Handlungsvorschlag zu formulieren, welcher mögliche verstärkende oder gegenläufige Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen berücksichtigt.

Art und der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen richtet sich nach dem Grad der Gefährdung und Beeinträchtigung. Bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen ist grundsätzlich zunächst zu prüfen, ob bereits mit einfachen Maßnahmen eine wesentli-

che und dauerhafte Qualitätsverbesserung erreicht werden kann.

Sind weitreichende Maßnahmen erforderlich, für die eine längere Planungs- und Umsetzungsphase zu erwarten ist, so ist zu prüfen, ob durch Sofortmaßnahmen bereits eine teilweise Beseitigung des Mangels herbeigeführt und eine Besserung des Zustands erreicht werden kann.

Wirkungskontrolle

Nach der Anwendung von Maßnahmen sind deren Wirkungen zu überprüfen. Daher können über die turnusgemäßen Qualitätsprüfungen hinaus Untersuchungen in kürzeren Abständen, erstmals kurz nach Umsetzung der Maßnahmen, notwendig sein. Dabei sind die Kenngrößen der Verkehrsqualität zu ermitteln und mit den Zielwerten sowie den entsprechenden Werten vor der Umsetzung der Maßnahmen zu vergleichen.

Wird festgestellt, dass die Qualitätsziele nicht erreicht werden oder in Folge der Maßnahmen an anderer Stelle Mängel auftreten, so sind Anpassungen vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind zu dokumentieren und in geeigneter Weise für künftige Maßnahmenentscheidungen bereitzustellen.

Tabelle 6.1: Übersicht über die Verfahrensschritte des Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen

[siehe **Anlage 9**, Übersichtstabelle]