

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast



Leitfaden

Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen



Juli 2008



Institut für Verkehrswirtschaft,
Straßenwesen und Städtebau
Leibniz Universität Hannover
Appelstraße 9A
D - 30167 Hannover

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich
Dr.-Ing. Stephan Hoffmann
Dipl.-Ing. Ralf Kutzner
Dipl.-Ing. Tobias Pohlmann

TRANSVER GmbH
Maximilianstr. 45
D - 80538 München

Dipl.-Ing. Stefan Bartels

Inhalt

A	Einleitung	1
B	Zielsetzung und Aufbau des Leitfadens	1
B.1	Zielsetzung	1
B.2	Aufbau	2
C	Grundsätze	3
C.1	Informationsmanagement	3
C.1.1	Notwendige Informationen für die Festlegung von Qualitätszielen....	4
C.1.2	Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse der Verkehrssicherheit.....	4
C.1.3	Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs in Straßennetzen.....	4
C.1.4	Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzelknotenpunkten.....	5
C.1.5	Notwendige Informationen zur Maßnahmenfindung.....	5
C.2	Beschwerdemanagement	6
C.3	Abnahme, Betrieb und Wartung von LSA	7
D	Qualitätsziele und Qualitätsstufen	8
D.1	Auswahl von Qualitätszielen	8
D.2	Grenzwerte für Kenngrößen	9
D.2.1	Verkehrssicherheit.....	9
D.2.2	Verkehrsablauf	9
E	Qualitätsmanagement und Verkehrssicherheit	11
E.1	Allgemeines	11
E.2	Modul VS1: Sicherheitsaudit an Straßen	11
E.2.1	Ziele und Nutzen.....	11
E.2.2	Durchführung.....	11
E.2.3	Auswertung.....	12
E.2.4	Aufwand.....	12
E.3	Modul VS2: Verkehrsschauen	12
E.3.1	Ziele und Nutzen.....	12
E.3.2	Durchführung.....	12
E.3.3	Auswertung.....	13
E.3.4	Aufwand.....	13
E.4	Modul VS3: Unfallkommissionen	13
E.4.1	Ziele und Nutzen.....	13
E.4.2	Durchführung.....	14
E.4.3	Auswertung.....	14
E.4.4	Aufwand.....	15

E.5	Modul VS4: Verkehrsrauminspektionen an LSA	15
E.5.1	Ziele und Nutzen.....	15
E.5.2	Durchführung.....	15
E.5.3	Auswertung.....	16
E.5.4	Aufwand.....	16
F	Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs in Straßennetzen	17
F.1	Allgemeines	17
F.2	Modul N1: Kennzeichenerfassung	17
F.2.1	Ziele und Nutzen.....	17
F.2.2	Durchführung.....	17
F.2.3	Auswertung.....	18
F.2.4	Aufwand.....	19
F.3	Modul N2: Messfahrten mit GPS-Fahrtmitschriften	20
F.3.1	Ziele und Nutzen.....	20
F.3.2	Durchführung.....	20
F.3.3	Auswertung.....	21
F.3.4	Aufwand.....	22
F.4	Modul N3: Nutzung von Fahrzeugflotten.....	23
F.4.1	Ziele und Nutzen.....	23
F.4.2	Durchführung.....	23
F.4.3	Auswertung.....	23
F.4.4	Aufwand.....	24
F.5	Modul N4: Prozessdatenanalyse	24
F.5.1	Ziele und Nutzen.....	24
F.5.2	Durchführung.....	25
F.5.3	Auswertung.....	25
F.5.4	Aufwand.....	26
G	Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzel- knotenpunkten	27
G.1	Allgemeines	27
G.2	Modul KP1: Prozessdatenanalyse	27
G.2.1	Ziele und Nutzen.....	27
G.2.2	Durchführung.....	27
G.2.3	Auswertung.....	27
G.2.4	Aufwand.....	27
G.3	Modul KP2: Temporäre Messaufbauten	28
G.3.1	Ziele und Nutzen.....	28
G.3.2	Durchführung.....	28
G.3.3	Auswertung.....	29

G.3.4	Aufwand.....	29
G.4	Modul KP3: Beobachtungen	30
G.4.1	Ziele und Nutzen.....	30
G.4.2	Durchführung.....	30
G.4.3	Auswertung.....	31
G.4.4	Aufwand.....	31
H	Maßnahmenfindung	32
I	Arbeitshilfen und Checklisten.....	33
I.1	Beschwerde-Formular (online – Internet, Post).....	33
I.2	Beschwerde-Formular (z.B. bei Anruf für zuständigen Bearbeiter) .	34
I.3	Protokoll zur Verkehrsrauminspektion	35
I.4	Beobachtung des Verkehrsablaufs	40
I.5	Empfehlungen zur Implementierung automatisierter Prozesse zur Auswertung von Messfahrten (GPS).....	45
I.5.1	Erstellung von Versorgungsdateien	45
I.5.2	Parsen der GPSLog-Dateien	45
I.5.3	Zuordnung der einzelnen GPS-Wegpunkte zu den definierten Einflussbereichen	45
I.5.4	Auswertung der zugeordneten Wegpunkte über Kennwertalgorithmen.....	45
I.5.5	Abspeichern der berechneten Kennwerte in einer geeigneten Datenhaltung	47
I.5.6	Visualisieren der Kennwerte	47
I.6	Empfehlungen zur Implementierung automatisierter Prozesse zur Auswertung von Prozessdaten	48
I.6.1	Anbindung an Prozessdaten.....	48
I.6.2	Interpretieren der Prozessdaten	48
I.6.3	Kennwertberechnung.....	48
I.6.4	Abspeichern der berechneten Kennwerte in einer geeigneten Datenhaltung	50
I.6.5	Visualisieren der Kennwerte	50
I.7	Maßnahmenfindung Verkehrssicherheit	51
I.8	Maßnahmenfindung Verkehrsablauf	55



A Einleitung

Lichtsignalanlagen (LSA) sind ein wesentlicher Bestandteil innerstädtischer und außerörtlicher Verkehrssysteme. Bezüglich der Sicherung und Erhöhung der Mobilität sowie zur Schaffung und Aufrechterhaltung einer guten Qualität des Verkehrsablaufs und einer hohen Verkehrssicherheit kommt ihnen somit eine große Bedeutung zu.

Dem gegenüber steht der komplexe Prozess der Planung, Realisierung, Implementierung und des Betriebs von LSA. Für eine optimale Steuerung ist eine kontinuierliche Wartung und eine Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen notwendig. Die Vielschichtigkeit der Teilprozesse sowie häufig nicht ausreichende Ressourcen seitens der Betreiber erschweren die Gewährleistung von Qualitätsanforderungen an lichtsignalgesteuerte Knotenpunkte. Aktivitäten zur Qualitätssicherung von LSA beschränken sich daher in der Praxis überwiegend auf die Reaktion auf aktuelle akute Mängel und sind oft stark vom individuellen Sachwissen der verantwortlichen Betreiber geprägt.

Diese Sachverhalte sprechen für die Einführung eines systematischen Qualitätsmanagements (QM) für LSA, das eine fachlich korrekte und den Randbedingungen des Knotenpunktes und aktuellen Entwicklungen im Verkehrsgeschehen angepasste Verkehrssteuerung ermöglicht, die Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer verbessert, den effizienten Einsatz von Ressourcen fördert und die erreichte Qualität des Verkehrsablaufs belegbar macht.

Der vorliegende Leitfaden wurde im Rahmen des von des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhabens FE 03.0480/2006 „Umsetzungshinweise zum Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen“ am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Leibniz Universität Hannover¹ in Zusammenarbeit mit der TRANSVER GmbH aus München erarbeitet und mit Betreibern von LSA auf zwei Workshops diskutiert.

**Grundlage
FE 03.0480/2006**

B Zielsetzung und Aufbau des Leitfadens

B.1 Zielsetzung

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

Durch seinen modularen Aufbau kann das QM auf die verschiedenen Anforderungen, Bedürfnisse und auch finanziellen Möglichkeiten von verschiedenen Betreibern angepasst werden. Im Sinne einer Ressourcen schonenden Umsetzung enthält der Leitfaden auch Hinweise auf mögliche zu automatisierende Prozesse.

¹ FRIEDRICH, B., HOFFMANN, S., POHLMANN, T., KUTZNER, R., BARTELS, S. (2008) Umsetzungshinweise zum Qualitätsmanagement von Lichtsignalanlagen. Schlussbericht zum FE 03.0408 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Hannover, München, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, TRANSVER GmbH

B.2 Aufbau

Der Leitfaden ist wie folgt gegliedert:

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

Das Bild 1 zeigt die Struktur des Leitfadens sowie des QM-Konzepts und die Gliederung in die einzelnen (optionalen) Module. Alle Teilbereiche und -aspekte sowie die Module des QM für LSA werden in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben. Im Anhang finden sich die Arbeitsanleitungen und Checklisten.

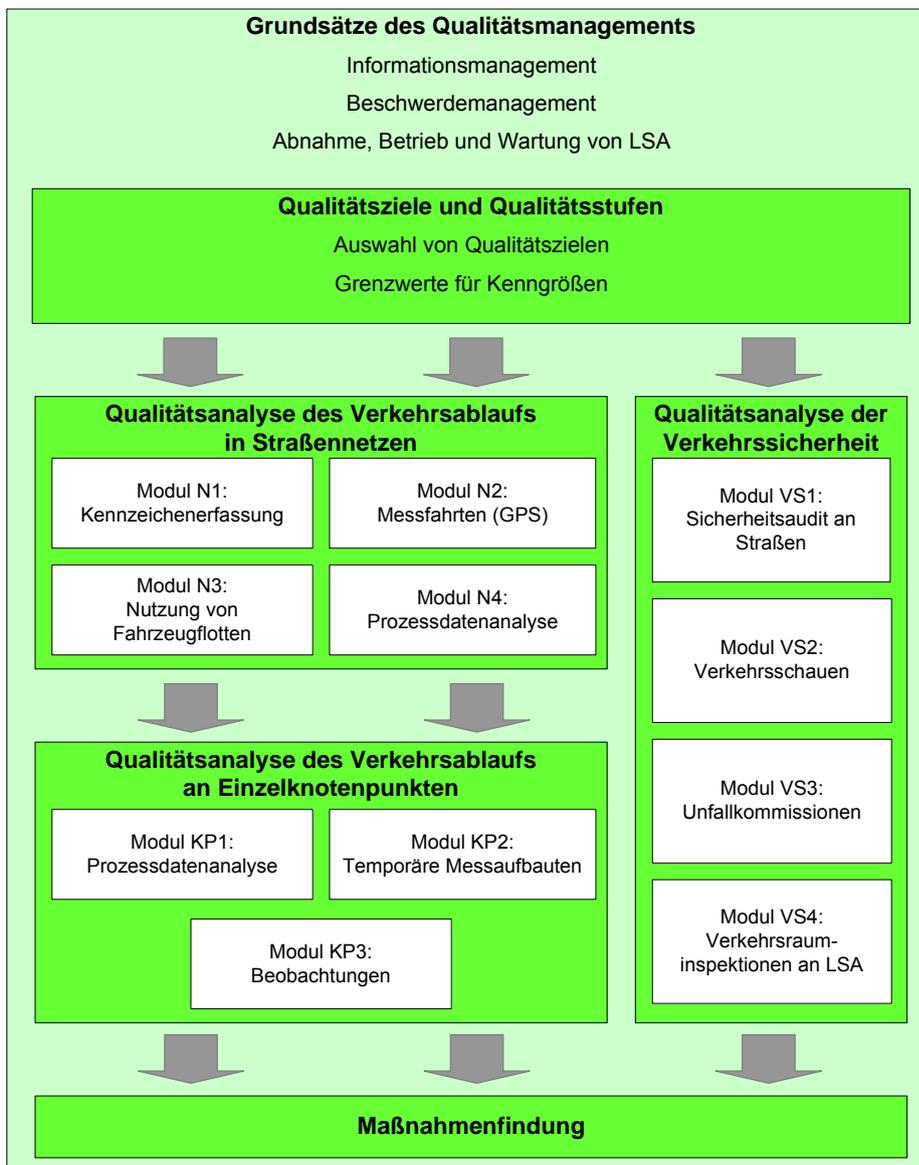


Bild 1: Struktur des Leitfadens QM für LSA

Bereits in der Praxis genutzte Verfahren und Methoden zur Verbesserung der Verkehrssicherheit sowie zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von LSA (Betriebssicherheit) wurden in den Leitfaden integriert.

Eine Zusammenstellung aktueller Vorschriften und Technischer Regelwerke ist in den RiLSA² im Kapitel 9 zu finden.

Für den Leitfaden sind hierbei von besonderer Bedeutung:

- Merkblatt für die Durchführung von Verkehrsschauen (M DV)³,
- Empfehlungen für Sicherheitsaudits von Straßen (ESAS)⁴,
- Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypensteckkarten⁵,
- Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen⁶ sowie die
- Normen des VDE bzgl. der Wartung und Kontrolle der elektrotechnischen Komponenten von LSA.

Der Leitfaden enthält für die Durchführung der im Rahmen des QM notwendigen Arbeitsschritte und Untersuchungen detaillierte Arbeitshilfen und Checklisten. An geeigneter Stelle wird aber lediglich auf die bereits in der Praxis etablierten oder auch gesetzlich vorgeschriebenen Regelungen verwiesen.

C Grundsätze

C.1 Informationsmanagement

Um die Ziele des QM zu erreichen, d.h. die Qualität der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs langfristig zu verbessern, ist es notwendig, diese regelmäßig zu erfassen und zusammen mit weiteren, die LSA betreffenden Unterlagen und Informationen kontinuierlich zu dokumentieren. Hierfür ist eine geeignete Informationsinfrastruktur zu schaffen, die es ermöglicht, dass notwendige Informationen

- schnell identifiziert werden können,
- auf dem aktuellen Stand gehalten werden,
- für alle Beteiligten zur Verfügung stehen,
- zwischen verschiedenen Beteiligten ausgetauscht werden können und
- entsprechend der Vorgaben des Betreibers oder auch gesetzlicher Regelungen über einen bestimmten Zeitraum gespeichert/abgelegt werden.

Das Informations- und Datenmanagement hat während aller Phasen des QM die Aufgabe, die jeweils benötigten Daten zentral verfügbar zu machen. Dies bezieht sich auch auf die Verfügbarkeit von Ergebnissen der bewährten Werkzeuge zur Qualitätssicherung wie z.B. den Erkenntnissen der Unfallkommissionen.



**Vorliegende
Regelungen**

**Schaffen einer
geeigneten
Informationsstruktur**

**Einbinden externer
Informationen prüfen**

² FGSV (2009) Richtlinien für Lichtsignalanlagen Köln, FGSV Verlag.

³ FGSV (2006) Merkblatt für die Durchführung von Verkehrsschauen. Köln, FGSV Verlag.

⁴ FGSV (2002) Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen (ESAS). Köln, FGSV Verlag

⁵ FGSV (2003) Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen - Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten. Köln, FGSV Verlag

⁶ FGSV (2001) Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen - Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen. Köln, FGSV Verlag

nen, aus durchgeführten Sicherheitsaudits oder Verkehrsschauen sowie der üblichen Wartungsvorgänge.

Die Ergebnisse sämtlicher Analysen und aller erhobenen Kenngrößen sind aufzubewahren, um sie mit zukünftigen Messungen vergleichen zu können. Dies erlaubt die Aufbereitung einer zeitlichen Entwicklung der erreichten Qualität, die ihrerseits wiederum zur Beurteilung der Effizienz des QM selbst dienen kann. Auch alle gewählten Maßnahmen sowie eine Begründung der Entscheidung sind zu dokumentieren.

Im Folgenden werden unter Berücksichtigung der Ausführungen der RiLSA die für alle Schritte des QM vorzuhaltenden bzw. zu dokumentierenden Unterlagen/Informationen zusammengestellt. In welcher Form (in Papierform (Ordner), elektronisch (Datenbank, Server)) die Information abgelegt werden, muss vom zuständigen Betreiber entsprechend seiner Möglichkeiten festgelegt werden. In diesem Zusammenhang ist auch festzulegen, wer für die Pflege der einzelnen Datenbestände verantwortlich ist. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass ein Zugriff auf alle Informationen einfach zwischen allen beteiligten Stellen und Personen möglich ist.

Informationsmanagement nutzen zum Aufbau von Expertensystemen

C.1.1 Notwendige Informationen für die Festlegung von Qualitätszielen

Für die erste Phase werden die aktuellen Qualitätsziele und die für die Beurteilung der QSV gewählten Qualitätskenngrößen dokumentiert.

Als Grundlage hierzu dienen Verkehrsentwicklungspläne, sonstige Zielkataloge, Vorgaben und Planungsvermerke aus der Politik u. a.

C.1.2 Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse der Verkehrssicherheit

Zur Verbesserung und Beurteilung der Verkehrssicherheit sollten folgende Informationen vorliegen:

- Ergebnisse von Sicherheitsaudits aus der Planungs-, Entwurfs- und Freigabephase,
- Ergebnisse der Arbeit der Unfallkommission und
- Ergebnisse von durchgeführten Verkehrsschauen sowie Verkehrsrauminspektionen am Knotenpunkt.

C.1.3 Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs in Straßennetzen

Für netzbezogene Analysen der Qualität des Verkehrsablaufs sollten die folgenden Unterlagen vorgehalten werden:

- Straßennetzpläne, nach Möglichkeit mit der Angabe von Straßenkategorien bzw. einer Differenzierung nach Straßentypen oder Straßengruppen,
- Verkehrsentwicklungspläne,
- Koordinierungspläne für koordinierte Streckenzüge,
- Liniennetzpläne des öffentlichen Personenverkehrs,
- Netzpläne wichtiger Rad- und Fußwegeverbindungen oder auch Schulwegpläne,
- Informationen zur Flächennutzung und Siedlungsstruktur,
- Verkehrsmengenkarten und Verkehrsdaten (aktuelle Verkehrszählungen oder auch Reisezeiten),

- Hinweise aus dem Beschwerdemanagement,
- Prozessdaten aus dem laufenden Betrieb (sofern verfügbar) für eine automatisierte Auswertung (sofern möglich und gewünscht, vgl. nächster Abschnitt) sowie eventuell vorhandene
- Informationen aus durchgeführten Verkehrsuntersuchungen.

C.1.4 Notwendige Informationen für die Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzelknotenpunkten

Bei der Zusammenstellung und Analyse von einzelknotenpunktbezogenen Informationen werden alle für die LSA-Steuerung relevanten städtebaulichen, verkehrsplanerischen, entwurfstechnischen und verkehrstechnischen Randbedingungen und Festlegungen erfasst.

Nach den RiLSA sind die folgenden Sachverhalte zu erfassen:

- Lage und Funktionszuweisung des Knotenpunkts und seiner Knotenpunktarme,
- Verkehrsstärken (aus Zählungen, Verkehrsnachfragemodellen oder sonstigen Prognosen),
- Lageplan mit den erforderlichen Festlegungen zur Gestaltung des Knotenpunktes und zur Führung der einzelnen Verkehrsteilnehmergruppen,
- Informationen zur Konzeption der Verkehrssteuerung, einschließlich der Festlegungen zu Koordinierungen sowie zu Anforderungen einzelner Verkehrsteilnehmergruppen (u. a. Bevorrechtigung von ÖV-Fahrzeugen),
- Festlegungen zu Signalgebern, Detektoren, weiteren Anlagebestandteilen,
- Schaltzeiten und Parametersätze für die einzelnen Signalprogramme (sofern verfügbar auch Prozessdaten bzw. Mitschriften des Signalplans und der Detektordaten),
- Zwischenzeitberechnung und -matrix,
- Phasenfolgepläne,
- Signalpläne,
- Phasenübergänge,
- Rahmensignalpläne,
- Ablaufdiagramme sowie
- Aufzeichnungen zu Störungen oder Ausfällen (Betriebsdaten).

Die Informationen dienen als Grundlage für die Ermittlung von Mängeln und bilden die Basis für die Ableitung von Verbesserungspotenzialen.

C.1.5 Notwendige Informationen zur Maßnahmenfindung

Mithilfe eines Maßnahmenkataloges sowie durch die Einbeziehung von Erfahrungen mit zuvor am selben oder an anderen Knotenpunkten umgesetzten Maßnahmen, die im Rahmen des Informationsmanagements dokumentiert wurden, soll dieser Vorgang effizienter gestaltet werden. Es sollte also jede umgesetzte Maßnahme mit den später im Rahmen des QM am betroffenen Knotenpunkt durchgeführten Analysen verknüpft werden, um die Wirkung einer Maßnahme beurteilen zu können.



**RiLSA
(FGSV, 2009)**

In den RiLSA werden in diesem Zusammenhang die folgenden Maßnahmentypen angesprochen:

- Wartungsmaßnahmen,
- Parameteranpassungen,
- Strukturelle Änderungen der Verkehrssteuerung,
- Anpassungen an den Anlagen (Erneuerung/Ergänzung von technischen Komponenten),
- bauliche Maßnahmen,
- Änderungen der verkehrsplanerischen und strategischen Randbedingungen.

Weiterhin stellt der Leitfaden eine Matrix mit Maßnahmen zur Verfügung, mit welcher die Ableitung von Maßnahmen erleichtert wird, indem grundsätzlich mögliche Maßnahmen in Bezug zu grundlegenden Mängeln gesetzt werden.



Arbeitshilfen
I.7 und I.8

C.2 Beschwerdemanagement

Ein aktives Beschwerdemanagement im Rahmen des QM für LSA liefert wichtige Hinweise auf Stärken und Schwächen bzgl. der Steuerung von LSA. Mit der Implementierung eines Beschwerdemanagements wird das Feedback der Verkehrsteilnehmer erfassbar und kann zur Steigerung der Qualität des Verkehrsablaufs und auch der Zufriedenheit aller Verkehrsteilnehmer genutzt werden. Darüber hinaus können durch ein Beschwerdemanagement Fehler- und Folgekosten auf Seiten der Betreiber reduziert werden, woraus sich ein wirtschaftlicher Nutzen ableiten lässt.

Der direkte Prozess des Beschwerdemanagements umfasst alle Aufgaben, die mit einem unmittelbaren Kontakt zu den Verkehrsteilnehmern verbunden sind.

- **Beschwerdestimulierung:** Zielsetzung der Beschwerdestimulierung ist es, für Beschwerdeführer wahrnehmbare Kontaktpunkte zur Verfügung zu stellen. Dies ist von besonderer Relevanz, da Verkehrsteilnehmer oftmals nicht wissen, wo sie sich beschweren können. Hilfreich sind hierfür die Veröffentlichung bzw. Bekanntgabe von Telefonnummern oder auch Mail-Adressen.

Die Beschwerdestimulierung ist für das Aktivieren der Prozesskette essentiell. Hilfreich kann es beispielsweise sein, an den Schaltschränken der LSA in Verantwortung des Betreibers gut sichtbare Schilder mit Angabe der LSA-Nummer und der zuständigen Stelle sowie Kontaktdaten anzubringen, die es dem Bürger ermöglichen, Störungen kurzfristig zu melden, Beschwerden abzugeben oder Verbesserungsvorschläge zu machen. Das Bild 2 zeigt ein Schild, wie es bereits in Hessen verwendet wird. Auch in anderen Bundesländern werden ähnliche Schilder zur Beschwerdestimulierung bereits verwendet.



Bild 2: Beispiel für ein Schild zur „Beschwerdeaufforderung“ an LSA⁷

⁷ BOSSERHOFF, D.: Qualitätssicherung an Lichtsignalanlagen der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung. In: Straßenverkehrstechnik 4/2006, S. 205 ff.

- **Beschwerdeannahme:** Um angemessen reagieren zu reagieren, muss der Betreiber den Beschwerdeeingang effizient organisieren und klare Verantwortlichkeiten festlegen.

Für eine einheitliche und effiziente Beschwerdeannahme enthält der Leitfaden zwei Arbeitshilfen (Beschwerdeannahme am Telefon, Formular für „online“ Beschwerdeannahme), die vom Betreiber verwendet werden können. Eine Anpassung an die spezifischen Anforderungen von einzelnen Betreibern ist möglich und vom Betreiber vorzunehmen.



**Arbeitshilfen
I.1 und I.2**

- **Beschwerdebearbeitung und Reaktion auf die Beschwerde:** Im Mittelpunkt der Beschwerdebearbeitung steht das Prüfen und das Bearbeiten der Beschwerde sowie das Lösen des Problems bzw. das Beheben eines eventuell vorhandenen Fehlers. Hierfür sind vom Betreiber die entsprechenden Verantwortlichkeiten und Arbeitsabläufe zu benennen.
- **Beschwerdereaktion:** In der Beschwerdereaktion findet die Rückkopplung vom Betreiber zum Beschwerdeführer statt. Hierdurch soll die Zufriedenheit des Verkehrsteilnehmers wieder hergestellt werden. Auch für diesen Arbeitsschritt hat der Betreiber eine geeignete Vorgehensweise festzulegen.

C.3 Abnahme, Betrieb und Wartung von LSA

Die Betriebssicherheit einer LSA ist vor der Inbetriebnahme und auch danach regelmäßig zu überprüfen. Zur Klärung von Fehlern, für Rückfragen bei Verkehrsunfällen u. ä. ist für jede LSA vom Betreiber eine Signalakte anzulegen und auf dem aktuellen Stand zu halten.

In den RiLSA finden sich in Kapitel 7 umfassende Regelungen und Hinweise zu Aspekten, welche die Abnahme, den Betrieb und die Wartung von LSA betreffen. Dies sind im Einzelnen:

- Abnahme,
- Betrieb,
 - Betriebszustände,
 - Ein- und Ausschalten,
 - Signalsicherung,
 - Betriebsüberwachung,
- Ersatzmaßnahmen bei Betriebsunterbrechung.



**RiLSA
(FGSV, 2009)**

Hinsichtlich der Anforderungen an die elektrotechnische Ausführung der Anlagenteile, die Signalsicherung sowie der Anforderungen an die Instandhaltung wird auf die Vorschriften der DIN VDE 0832 verwiesen. Diese Norm legt die Anforderungen für Straßenverkehrs-Signalanlagen fest, einschließlich ihrer Entwicklung, Konstruktion, Prüfung, Errichtung und Instandhaltung.



DIN VDE 0832

D Qualitätsziele und Qualitätsstufen

D.1 Auswahl von Qualitätszielen

Für die Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten müssen Qualitätsziele und Qualitätsstufen festgelegt werden. Diese Anforderungen dienen als Bewertungsmaßstab für die gemessene Qualität, da Qualität definiert ist als Grad der Abweichung gewisser Merkmale von den Anforderungen. Je nach Grad und Häufigkeit der Abweichung einer erreichten Qualität von den Anforderungen, muss dann im Rahmen des QM entsprechend reagiert werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen und Randbedingungen seitens der Betreiber enthält der Leitfaden keine konkreten Forderungen an die zu erreichende Qualität. Vielmehr müssen die zu erreichenden Ziele vom jeweiligen Betreiber selbst festgelegt werden. In diesem Zusammenhang sollten auch politische Vorgaben sowie die Ziele der übergeordneten Verkehrsplanungen, wie beispielsweise die Vorgaben und Anordnungen aus der Verkehrsentwicklungsplanung oder auch aus übergeordneten Rad- bzw. Fußgängerverkehrsplanungen berücksichtigt werden. Gleiches gilt auch für die Berücksichtigung des öffentlichen Personenverkehrs in der Lichtsignalsteuerung bzw. dem angestrebten Grad der Priorisierung des ÖV gegenüber dem IV.

Um verschiedene Knotenpunkte untereinander vergleichen zu können, werden im Leitfaden im Folgenden einheitliche Bewertungsgrundlagen vorgegeben, derer sich jeder Betreiber bedienen kann. Hierbei wird zwischen Kenngrößen für die Qualität des Verkehrsablaufs und Kenngrößen zur Beurteilung der Verkehrssicherheit unterschieden.

Für die Definition der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) im Rahmen des QM für LSA wird das mit dem HBS⁸ eingeführte Konzept der QSV verwendet. Die allgemeine Definition der einzelnen QSV im Zusammenhang mit LSA enthält die Tab. D-1.

Tab. D-1: Definition der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs an LSA nach dem HBS

QSV	Definition
A	Die Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer kann ungehindert den Knotenpunkt passieren. Die Wartezeiten sind sehr kurz.
B	Alle während der Sperrzeit ankommenden Verkehrsteilnehmer können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren/-gehen. Die Wartezeiten sind kurz.
C	Nahezu alle während der Sperrzeit ankommenden Verkehrsteilnehmer können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren oder -gehen. Die Wartezeiten sind spürbar. Beim Kraftfahrzeugverkehr tritt im Mittel nur geringer Stau am Ende der Freigabezeit auf.
D	Im Kraftfahrzeugverkehr ist ständiger Reststau vorhanden. Die Wartezeiten für alle Verkehrsteilnehmer sind beträchtlich. Der Verkehrszustand ist noch stabil.
E	Die Verkehrsteilnehmer stehen in erheblicher Konkurrenz zueinander. Im Kraftfahrzeugverkehr stellt sich ein allmählich wachsender Stau ein. Die Wartezeiten sind sehr lang. Die Kapazität wird erreicht.
F	Die Nachfrage ist größer als die Kapazität. Die Fahrzeuge müssen bis zu ihrer Abfertigung mehrfach vorrücken. Der Stau wächst stetig. Die Wartezeiten sind extrem lang. Die Anlage ist überlastet.



HBS
(FGSV, 2001)

⁸ FGSV (2001) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Köln, FGSV Verlag

Für die Beurteilung der Verkehrssicherheit wird auf die im „Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen“ verwendete Einteilung unfallauffälliger Bereiche in so genannte „Unfallhäufungsstellen“ zurückgegriffen.

D.2 Grenzwerte für Kenngrößen

D.2.1 Verkehrssicherheit

Gemäß dem „Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten“ können unfallauffällige Bereiche in verschiedene Typen eingeteilt werden. Bei mehr als fünf Unfällen gleichen Unfalltyps oder gleicher Unfallumstände in einem räumlich eng abgegrenzten Bereich spricht man von einer Unfallhäufungsstelle (vgl. Tab. D-2). Abweichende Definitionen von Unfallhäufungsstellen durch Erlass in einzelnen Bundesländern sind möglich. Unfallhäufungsstellen werden weiterhin bezüglich der Häufigkeit der Unfälle kategorisiert (vgl. Tab. D-3).



Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten (FGSV, 2003)

Tab. D-2: Grenzwerte für Unfallhäufungsstellen nach dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen

Unfalltypen-Steckkarte	Grenzwerte (Anzahl der Unfälle)	Betrachtungszeitraum [Monate]
1-Jahres-Karte	5 (gleichartige)*	12
3-Jahres-Karte (P)	5	36
3-Jahres-Karte (SP)	3	36

* Werden Unfälle mit verwarnungsfähigen Delikten in der Einjahreskarte nicht geführt, ermäßigt sich der Grenzwert auf 4 gleichartige Unfälle in 12 Monaten.

Tab. D-3: Unfallhäufungsstellenkategorien sowie Unterscheidung in „Massenhäufungsstellen“ und „Normale Unfallhäufungsstellen“ nach dem Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen

UHS-Kategorie	Beschreibung
1 Leicht	Die Auffälligkeit folgt ausschließlich aus der Einjahreskarte; nicht aus Dreijahreskarten. Es handelt sich also um eine Häufung überwiegend leichter Unfälle.
1.1 bis 15 Unfälle/Jahr 1.2 über 15 Unfälle/Jahr	Normale Häufungsstelle der Kategorie „Leicht“ Massenhäufungsstelle der Kategorie „Leicht“
2 Schwer	Die Auffälligkeit folgt ausschließlich aus einer oder beiden Dreijahreskarten, ohne dass der Grenzwert für die Einjahreskarte (5 gleichartige Unfälle) erreicht wurde.
3 Gemischt	Die Auffälligkeit folgt aus der Einjahreskarte und mindestens einer Dreijahreskarte.
3.1 bis 15 Unfälle/Jahr 3.2 über 15 Unfälle/Jahr	Normale Häufungsstelle der Kategorie „Gemischt“ Massenhäufungsstelle der Kategorie „Gemischt“

D.2.2 Verkehrsablauf

Sind die QSV für die unterschiedlichen Aspekte festgelegt, so können darauf aufbauend konkrete Grenzwerte für einzelne Kenngrößen, die sich im Rahmen des QM ermitteln lassen, abgeleitet werden. Hierbei dienen die nachfolgenden Tabellen als einheitliches Bewertungsschema.

Wichtigstes Kriterium zur Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs an LSA ist die mittlere Wartezeit. Die Tab. D-4 zeigt für die einzelnen Verkehrsarten die den einzelnen QSV zugeordneten Grenzen für die Wartezeiten nach dem HBS.

Tab. D-4: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach HBS – Wartezeiten [s]

QSV	ÖPNV	Radfahrer	Fußgänger	MIV (nicht koordiniert)
A	≤ 5	≤ 15	≤ 15	≤ 20
B	≤ 15	≤ 25	≤ 20	≤ 35
C	≤ 25	≤ 35	≤ 25	≤ 50
D	≤ 40	≤ 45	≤ 30	≤ 70
E	≤ 60	≤ 60	≤ 35	≤ 100
F	> 60	> 60	> 35	> 100

**Qualitätskriterium
Wartezeiten [s]**

Für koordinierte Streckenzüge werden im HBS Grenzen für die Prozentsätze der Durchfahrten ohne Halt in einer Knotenpunktzufahrt definiert.

Tab. D-5: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach HBS – Durchfahrten ohne Halt [%]

QSV	MIV (koordiniert)
A	≥ 95
B	≥ 85
C	≥ 75
D	≥ 65
E	≥ 50
F	< 50

**Qualitätskriterium
Durchfahrten ohne
Halt [%]**

Diese Prozentsätze können auch für die Beurteilung des erreichten Koordinierungsmaßes auf der gesamten Strecke genutzt werden. Hierfür liegt alternativ auch ein weiterführender Vorschlag von BRILON/SCHNABEL⁹ vor, der im Rahmen eines QM für LSA genutzt werden kann. In Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit werden den einzelnen QSV unterschiedliche mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeiten zugeordnet.

Tab. D-6: Grenzwerte [km/h] für Pkw-Reisegeschwindigkeiten nach BRILON/SCHNABEL

QSV	V _{zul} = 50 km/h	V _{zul} = 60 km/h	V _{zul} = 70 km/h
A	≥ 40	≥ 50	≥ 60
B	≥ 30	≥ 35	≥ 40
C	≥ 25	≥ 25	≥ 30
D	≥ 20	≥ 20	≥ 25
E	≥ 15	≥ 15	≥ 15
F	< 15	< 15	< 15

**Qualitätskriterium
Pkw-Reisegeschwin-
digkeiten [km/h]**

Mit den in den Tabellen angegebenen Grenzwerten können die LSA im Verlauf des QM bewertet werden. Bei der Prüfung der o. a. Grenzwerte sollte auch die jeweilige Tageszeit bzw. die Zugehörigkeit der Kenngrößen zu bestimmten Signalprogrammen berücksichtigt werden. Alle Kenngrößen sollten differenziert nach einzelnen Strömen ermittelt und beurteilt werden.

Mit dem im vorliegenden Leitfaden beschriebenen Verfahren und Modulen für ein QM für LSA können weitere Qualitätskenngrößen zum Verkehrsablauf erhoben werden, für die keine einheitliche Grenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe bzgl. der Qualität des Verkehrsablaufs vorliegen. Dies ist im Einzelfall vom Betreiber vorzunehmen. Darüber hinaus besteht zwischen vielen Qualitätskenngrößen ein enger Zusammenhang. Eine Definition von Grenzwerten für alle denkbaren Qualitätskenngrößen ist daher nicht immer sinnvoll und zielführend.

⁹ BRILON, W., SCHNABEL, W.: Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen. In: Straßenverkehrstechnik 1/2003, S. 21 ff.



E Qualitätsmanagement und Verkehrssicherheit

E.1 Allgemeines

Lichtsignalanlagen haben einen direkten Einfluss auf die Verkehrssicherheit. Mängel dieser Anlagen mit Sicherheitsrelevanz ziehen unter Umständen schwerwiegende Konsequenzen in Form von Unfällen mit Sach- oder gar Personenschaden nach sich. Um dem vorzubeugen, hat sich eine Reihe von Werkzeugen etabliert, die einen generell ausreichenden und nicht nur auf LSA ausgelegten Sicherheitsstandard gewährleisten sollen. Die Eingliederung dieser Werkzeuge sowie eines zusätzlichen Moduls zur Inspektion sicherheitsrelevanter Gegebenheiten an LSA-geregelten Knotenpunkten in ein umfassendes QM für LSA wird im Folgenden beschrieben.

E.2 Modul VS1: Sicherheitsaudit an Straßen

E.2.1 Ziele und Nutzen

Im Rahmen eines Sicherheitsaudits findet eine systematische und unabhängige Ermittlung möglicher Sicherheitsdefizite von Straßenbaumaßnahmen statt. Dem Aspekt der Verkehrssicherheit wird dabei während des gesamten Planungs-, Entwurfs- und Bauablaufs der Straßenbaumaßnahme besondere Beachtung geschenkt. Die systematische Anwendung dieses Instruments soll bewirken, dass die neue bzw. um- oder ausgebaute Verkehrsanlage den Anforderungen im Hinblick auf die Verkehrssicherheit gerecht wird.

E.2.2 Durchführung

Die Durchführung des Sicherheitsaudits richtet sich nach der Art der Baumaßnahme, der Lage der Baumaßnahme im Straßennetz sowie der Auditphase (Vorplanung, Vorentwurf, Ausführungsentwurf, Verkehrsfreigabe). Der grundsätzliche Ablauf eines Sicherheitsaudits ist in den ESAS detailliert beschrieben und auch für Knotenpunkte mit LSA anwendbar. In Abhängigkeit von der jeweiligen Auditphase sowie der Art der Baumaßnahme ist der Ablauf vom Betreiber in Absprache mit dem Auditor entsprechend anzuwenden oder auch zu modifizieren.

Grundsätzlich soll ausreichend Zeit für die Durchführung eines Sicherheitsaudits eingeplant werden, um eine gründliche Auditierung zu gewährleisten. Hierfür müssen dem Auditor alle erforderlichen Unterlagen vollständig übergeben werden.

Für die Auditierung von lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten (Neubau, Um- und Ausbau) sind die folgenden Unterlagen vorzuhalten:

- Verkehrsuntersuchungen einschließlich Knotenstrombelastungen,
- Übersichtspläne,
- Lagepläne mit Straßenausstattung,
- Beschilderungs- und Markierungspläne,
- Signallagepläne einschließlich der verkehrstechnischen Unterlagen für die Berechnung der Signalisierung.

Darüber hinaus können bei Um- oder Ausbaumaßnahmen auch Fotodokumentationen hilfreich sein. Bei Neubaumaßnahmen sollten evtl. vorhandene photorealistische Darstellungen aus CAD-Programmen dem Auditor als Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden.



ESAS
(FGSV, 2002)



E.2.3 Auswertung

Der Auditor erstellt einen schriftlichen Auditbericht. In diesem Bericht werden alle festgestellten Sicherheitsdefizite sowie ggf. Hinweise zu deren Beseitigung aufgelistet. Der Auftraggeber bzw. der künftige Betreiber der LSA entscheidet anschließend über das Ergebnis des Sicherheitsaudits und macht bei Bedarf Anmerkungen und Ablehnungen schriftlich aktenkundig.

E.2.4 Aufwand

Der Aufwand für ein Sicherheitsaudit schwankt je nach Projektgröße, Umfang der zur Verfügung gestellten Unterlagen und der Notwendigkeit einer Ortsbesichtigung zwischen 8 h und 40 h (durchschnittlich ca. 16 h). Der Aufwand für das Sicherheitsaudit entsteht während der Planungs- und Entwurfsphase vor der tatsächlichen Umsetzung einer Baumaßnahme. Im laufenden Betrieb einer LSA entsteht kein Aufwand im Rahmen des QM für LSA.

E.3 Modul VS2: Verkehrsschauen

E.3.1 Ziele und Nutzen

Vorrangiges Ziel von Verkehrsschauen ist es, vorbeugend den Zustand und die Sichtbarkeit der Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen zu überprüfen sowie potenzielle Gefahren im öffentlichen Straßen- bzw. Verkehrsraum zu beseitigen. Die Ausgaben von Verkehrsschauen sind abzugrenzen von den Aufgaben der Unfallkommission und der Streckenkontrolle.

E.3.2 Durchführung

Die Grundlage für die Durchführung von Verkehrsschauen bildet die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO) in § 45 Abs. 3.



VwV-StVO § 45

Auf Veranlassung der Straßenverkehrsbehörden sind unter Beteiligung der Straßenbaubehörde und der Polizei i.d.R. alle zwei Jahre Regel-Verkehrsschauen auf Straßen von erheblicher Verkehrsbedeutung und überall dort, wo häufig Unfälle vorkommen, alljährlich, erforderlichenfalls auch bei Nacht vorzunehmen. Nach dem Merkblatt für die Durchführung von Verkehrsschauen (M DV) beinhaltet dies die

- Prüfung des Bestandes an Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen auf Vollständigkeit, Sinnhaftigkeit und Erforderlichkeit, wobei neben der formalen Überprüfung immer auch die örtlichen und verkehrlichen Bedingungen zu beachten sind, und die
- Prüfung von Zustand, Ausstattung und Nutzung der Fahrbahnseitenräume.

Bei Verkehrsschauen sind regelmäßige und anlassbezogene Aufgaben zu unterscheiden. Nähere Hinweise hierzu und auch Angaben zum Turnus von Verkehrsschauen sind im Merkblatt der FGSV angegeben.



Merkblatt für die Durchführung von Verkehrsschauen (FGSV, 2007)

Für Knotenpunkte sind die Notwendigkeit, der Standort, der Zustand, die Erkennbarkeit und die Widerspruchsfreiheit von

- Vorfahrtregelnder Beschilderung,
- Lichtzeichenanlagen,
- Fahrtrichtungsbeschilderung und –markierung,
- weiteren Markierungen,
- Wegweisung und Straßennamensschildern

zu überprüfen.



Unter Federführung der Straßenverkehrsbehörde (schriftliche Einladung) nehmen an einer Verkehrsschau fachlich kompetente und ortskundige Vertreter des Straßenbaulastträgers sowie der Polizei teil. An Knotenpunkten mit LSA empfiehlt es sich auch, Fachleute bzgl. der Steuerung und des Betriebs der LSA hinzu zu ziehen.

Das in Kapitel E.5 beschriebene Modul der Verkehrsrauminspektion greift den Ansatz der Verkehrsschauen auf und stellt hierzu ein Inspektionsprotokoll für die Prüfung von signalisierten Knotenpunkten vor Ort zur Verfügung. Eine Zusammenführung der Prozesse Verkehrsschau und Verkehrsrauminspektion erscheint innerhalb eines Qualitätsmanagements sinnvoll und effizient.



**Integration von
Modul VS 4**

E.3.3 Auswertung

Über die Verkehrsschau wird durch die Straßenverkehrsbehörde ein Ergebnisprotokoll angefertigt. Dieses Protokoll soll Angaben

- zur Art der Verkehrsschau und dem Fahrweg sowie den befahrenen Knotenpunkten,
- zu Beginn und Ende der Verkehrsschau,
- zu den Namen der Teilnehmer (mit Angabe der Dienststelle),
- für jeden behandelten Mangel mit genauer Ortsangabe, zu daraus resultierenden Anordnungen und Beschlüssen mit Begründung und zur für die Durchführung der gewählten Maßnahme verantwortlichen Stelle bzw. Abteilung

enthalten. Die Straßenverkehrsbehörde soll nach drei Monaten die Teilnehmer der Verkehrsschau im Rahmen einer Erfolgskontrolle unterrichten, ob die bei der Verkehrsschau beschlossenen Maßnahmen von der jeweils zuständigen Stelle umgesetzt wurden.

E.3.4 Aufwand

Der Aufwand für die Durchführung von Verkehrsschauen ist abhängig von der Art der Verkehrsschau und der Komplexität der Verkehrsanlage bzw. des Knotenpunktes. Da Verkehrsschauen gemäß VwV-StVO regelmäßig durchzuführen sind, entsteht innerhalb des QM für LSA nur ein geringer Mehraufwand, sofern die LSA-spezifische Verkehrsrauminspektion (Modul VS4) nach Kapitel E.5 integriert wird.

E.4 Modul VS3: Unfallkommissionen

E.4.1 Ziele und Nutzen

Die Reduzierung von Verkehrsunfällen bzw. die Erhöhung der Verkehrssicherheit setzt eine möglichst genaue Kenntnis aller mitwirkenden Ursachen bei der Entstehung eines Verkehrsunfalls voraus. Örtliche Unfalluntersuchungen und die Zusammenarbeit von Polizei, Straßenverkehrsbehörde und Straßenbaulastträger in Unfallkommissionen haben somit vor allem das Ziel zu ermitteln, wo sich Unfälle häufen, worauf Unfälle gerade dort zurückzuführen sind und welche Maßnahmen an der entsprechenden Örtlichkeit geeignet erscheinen, um bekannte Unfall- bzw. Gefahrenquellen zu beseitigen. In Abhängigkeit von der Straßengruppe werden Unfallkommissionen wie folgt differenziert:

- Örtliche Unfallkommission (Gemeindestraßen, Ortsdurchfahrten der Bundes-, Landes und Kreisstraßen in der Baulast der Gemeinden),



VwV-StVO § 44

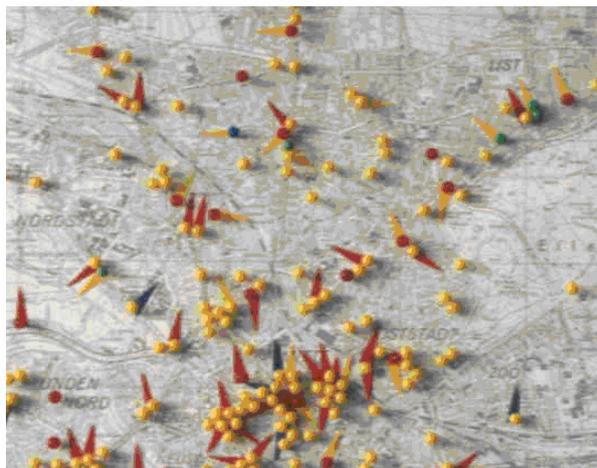
- Überörtliche Unfallkommission (Bundesstraßen in der Baulast des Bundes, Landesstraßen in der Baulast des Landes und Kreisstraßen in der Baulast der Kreise) und
- Autobahn-Unfallkommission (Z 330 StVO).

Das Ergebnis von örtlichen Unfalluntersuchungen dient der Polizei und den Verkehrsbehörden als Unterlage für den zielgerichteten Einsatz von Verkehrsregelnden Maßnahmen und den Straßenbaubehörden als Hilfsmittel zur Planung und Umsetzung von straßenbaulichen Maßnahmen oder auch Maßnahmen in Bezug auf die Steuerung von LSA.

E.4.2 Durchführung

Um die vorab beschriebenen Ziele im Rahmen der Arbeit von Unfallkommissionen zu erreichen, sind Unfalltypen-Steckkarten anzulegen. Dies ist Aufgabe der Polizei, die in Anlehnung an das FGSV-Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen – Teil 1: „Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten“ verpflichtend Einjahres-Unfalltypen-Steckkarten führt. Hierbei werden alle Unfälle eines Jahres je nach Unfalltyp mit farblich differenzierten und je nach Unfallschwere unterschiedlich großen Stecknadeln markiert (vgl. Bild 3).

Für die zielgerichtete Arbeit von Unfallkommissionen ist darüber hinaus das Führen von Dreijahres-Unfalltypen-Steckkarten (nicht verpflichtend nach FGSV-Merkblatt vorgeschrieben), welche die Betonung auf die Unfallschwere legen, hilfreich.



Unfallgegner	Nadelfarbe
Kraftfahrzeug (z. B. Pkw, Lkw, Bus, Krad)	gelb
Rad	rot
Fußgänger	blau
Stadtbahn	grün
Sonstige (z. B. Inline-Skater)	schwarz

Besonderheiten der Unfallstelle	Dreiecksfarbe
auf der Fahrbahn	ohne Dreieck
auf einer lichtsignalgesteuerten Furt	rot
auf einem Fußgängerüberweg	blau
auf besonderen Bahnkörpern oder an sonstigen Stellen	gelb

Bild 3: Beispiel für eine Unfalltypen-Steckkarte

Für die Arbeit der Unfallkommission sind neben den Hinweisen zu Unfallhäufungsstellen weiterführende Unfalllisten und Unfalldiagramme sinnvoll, die Aufschluss über die genauen Unfallumstände und etwaige Gleichartigkeiten geben. Hierüber wird die Identifizierung geeigneter Maßnahmen erleichtert.

Als „Handbuch“ für die Arbeit von Unfallkommissionen wird das Merkblatt der FGSV für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: „Maßnahmen gegen Unfallhäufungen“ zur Anwendung empfohlen.

E.4.3 Auswertung

Hinweise zur Auswertung von Unfalltypen-Steckkarten und auch mögliche Maßnahmen gegen Unfallhäufungen finden sich ebenfalls im Teil 1 des FGSV-Merkblatts für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen. Darüber hinaus finden sich hier auch praktische Hinweise zur Durchsetzung und Finanzierung von Maßnahmen sowie Hinweise zur Maßnahmenauswahl.



Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 1: Führen und Auswerten von Unfalltypen-Steckkarten (FGSV, 2003)



Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen, Teil 2: Maßnahmen gegen Unfallhäufungen (FGSV, 2001)



E.4.4 Aufwand

Die Arbeit von Unfallkommissionen ist integraler Bestandteil der Verkehrssicherheitsarbeit von Polizei, Straßenverkehrsbehörden und Straßenbaulastträgern. Ein Aufwand im Rahmen eines QM für LSA entsteht an dieser Stelle daher nicht. Innerhalb der Unfallkommission sollten die Zusammenhänge zwischen dem Verkehrsablauf und der Verkehrssicherheit an LSA immer zusammen betrachtet werden, um die für das QM für LSA relevanten Probleme möglichst einfach erkennen und hieraus abgeleitete Maßnahmen auch einfach adressieren zu können.

E.5 Modul VS4: Verkehrsrauminspektionen an LSA

E.5.1 Ziele und Nutzen

Während das Modul VS2 (Verkehrsschauen) den Fokus auf die Beurteilung der Sichtbarkeit und Erkennbarkeit von Verkehrszeichen und Markierungen legt, werden mit Verkehrsrauminspektion (Modul VS4) gezielt Informationen zur gesamten Systemgestaltung von Knotenpunkten mit LSA erfasst. Dies ist erforderlich, da nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass eine Untersuchung der Unfallkommission oder eine Verkehrsschau am betrachteten Knotenpunkt zeitnah oder überhaupt stattgefunden haben. Auch Sicherheitsaudits werden bei der Planung der LSA nicht immer durchgeführt.

Mit dem Modul VS 4 wird es möglich, einen Knotenpunkt, der beispielsweise aufgrund von Beobachtungen oder Erfahrungen des Betreibers oder auch im Rahmen des Beschwerdemanagements als kritisch in Bezug auf die Verkehrssicherheit eingestuft wird, auch im Hinblick auf diesen Aspekt genauer zu untersuchen.

E.5.2 Durchführung

Als Werkzeug hierfür dient ein Inspektionsprotokoll, mit dem am Knotenpunkt bzw. der LSA vor Ort durch geschultes bzw. fachkundiges Personal eine Inspektion des Verkehrsraums durchgeführt werden kann.

Der lichtsignalgesteuerte Knotenpunkt wird hierbei auf mögliche Mängel im Bezug auf die unveränderlichen und veränderlichen Sachverhalte der Gestaltung untersucht. Auffälligkeiten werden im Protokoll vermerkt. Hierfür widmet sich das Protokoll (vgl. Kap. I.3) den verschiedenen Aspekten der Verkehrsraumgestaltung. Die Leitfragen des Protokolls beinhalten dabei die Themen:

- Sicht,
- Fahrraumgestaltung und Knotenpunktausstattung,
- Signalisierung,
- Verkehrsführung,
- Radverkehr und
- Fußgängerverkehr.

Neben Bemerkungen zu den festgestellten Mängeln sollten in den Protokollen zusätzlich auch genaue Ortsangaben zu eventuell vorhandenen Mängeln vermerkt werden. Nur so kann innerhalb eines QM für LSA zielgerichtet reagiert werden. Die entsprechenden Verantwortlichkeiten bzgl. der Mängelbehebung sind vom Betreiber festzulegen und entsprechend seinen Anforderungen und Möglichkeiten zu prüfen.



Arbeitshilfe I.3



E.5.3 Auswertung

Durch die systematische Bearbeitung aller Fragen des Protokolls im Zuge der Inspektion des Verkehrsraums soll gewährleistet werden, dass eventuelle Mängel mit Einfluss auf die Qualität der Verkehrssicherheit erkannt werden, die anhand der Arbeit der Unfallkommission bzw. durch reguläre Verkehrsschauen bisher nicht aufgedeckt worden sind.

E.5.4 Aufwand

Der Aufwand für eine Verkehrsrauminspektion hängt im Wesentlichen von der Komplexität des betrachteten Knotenpunktes ab. Im Normalfall ist davon auszugehen, dass alle Fragen des Protokolls innerhalb von 1 h zu beantworten sind. Für die Auswertung ist zusätzlich ca. 1 h vorzusehen.

Um den Aufwand der Verkehrsrauminspektion an LSA zu reduzieren bzw. zu minimieren, wird empfohlen, die Inspektionsprotokolle bei der Durchführung von Verkehrsschauen mitzuführen und auszufüllen und letztere somit an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten entsprechend aufzuwerten.



**Verknüpfung mit
Modul VS 3**

F Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs in Straßennetzen

F.1 Allgemeines

Die netzbezogene Gesamtbetrachtung dient einer netzweiten oder auch streckenbezogenen Analyse und Gesamtbeurteilung des Verkehrsablaufs. Die netzweite Analyse dient als „Voranalyse“ zur Identifizierung kritischer LSA, die in der Folgephase detaillierter betrachtet werden müssen.

Für die Bestimmung der Verkehrsqualität in Netzen oder auch von Streckenabschnitten werden im Folgenden verschiedene Module beschrieben.

Für die Durchführung von zeitlich begrenzten Messungen sind dabei generell die Hinweise der Empfehlungen für Verkehrserhebungen¹⁰ der FGSV zu beachten.



**Empfehlungen
für Verkehrs-
erhebungen**

Formatiert: Schriftart: Fett

F.2 Modul N1: Kennzeichenerfassung

F.2.1 Ziele und Nutzen

Das Ziel des Moduls N1 ist es, kritische Strecken oder Streckenabschnitte zu finden, die einer näheren Betrachtung im Rahmen des QM bedürfen. Mit Hilfe der Kennzeichenerfassung können mit einem wirtschaftlich zu vertretendem Aufwand mittlere Reisezeiten bzw. Reiseschwindigkeiten auf Streckenabschnitten erhoben werden, um anschließend durch einen Vergleich mit den vorab definierten Grenzwerten bzgl. der Qualität des Verkehrsablaufs kritische Streckenabschnitte zu evaluieren. Die Kennzeichenerfassung kann je nach Anforderungen und Möglichkeiten des Betreibers im gesamten Hauptstraßennetz oder nur für ausgewählte Strecken erfolgen. Letztere sind durch Erfahrungswissen auf Seiten des Betreibers festzulegen.

F.2.2 Durchführung

Automatische Kennzeichenerfassungssysteme bestehen aus einer Kamera und einer Auswerteeinheit (Laptop) mit entsprechender Software. Die Kamera kann Überkopf oder aber auch im Seitenraum aufgestellt werden und erfasst einen Fahrstreifen. Die Kennzeichen der vorbeifahrenden Fahrzeuge werden erfasst, mit einem Zeitstempel versehen und verschlüsselt gespeichert. Mit der Kombination einer optischen und einer Infrarotkamera in einem Gerät ist die Kennzeichenerfassung auch bei Dunkelheit zuverlässig einsetzbar.

Um die Kennzeichenerfassung für Reisezeit- und Reiseschwindigkeitsmessungen einsetzen zu können, muss jeweils am Beginn und am Ende der untersuchten Strecke eine Erfassungseinheit aufgebaut werden. Durch den späteren Abgleich der an beiden Messstellen erkannten Kennzeichen können für diejenigen Fahrzeuge, die beide Punkte passiert haben, die Zeitstempel verglichen werden. Aus der Differenz lässt sich die Reisezeit des jeweiligen Fahrzeugs berechnen. In Verbindung mit der Streckenlänge lässt sich hieraus die Reiseschwindigkeit ableiten.

In größeren Städten ist auch ein permanenter bzw. stationärer Einsatz mit fest installierten Kameras und Auswerteeinheiten denkbar. Ein Anschluss derartiger Systeme an bestehende Verkehrsrechner ist technisch möglich und im Einzelfall zu prüfen.

¹⁰ FGSV (1991) Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE). Köln, FGSV Verlag

Bereits nach kurzen Messzeiten lässt sich aufgrund der Zuverlässigkeit der Systeme ein Stichprobenumfang erreichen, der statistisch abgesicherte Aussagen zur mittleren Reisezeit und der zugehörigen Standardabweichung auf dem Streckenabschnitt zulässt.

Der Stichprobenumfang (Anzahl der zu erfassenden Fahrzeuge) ist dabei von der Schwankungsbreite (Varianz) der ermittelten Kenngrößen und der geforderten statistischen Genauigkeit abhängig.

Die Anzahl der zu erfassenden Fahrzeuge lässt sich wie folgt bestimmen:

$$n \geq \frac{t^2 \cdot s^2}{e_r^2 \cdot x^2}$$

**Bestimmung des
Stichprobenumfangs
bzw. der Messdauer**

mit: n = notwendige Anzahl von Messwerten,

t = Wert aus der t-Verteilung, $F(t) = \frac{1}{2} \cdot (y + 1)$, zweiseitiger Test

y = geforderte Genauigkeit (mit $0 \leq y \leq 1$),

s^2 = Varianz aus der Vorerhebung,

e_r = erlaubte relative Abweichung,

x = Mittelwert aus der Vorerhebung.

Hierfür ist eine Vorerhebung mit wenigen (5 bis 10) Messwerten (Reisezeit, Reisegeschwindigkeit) notwendig, um zu ermitteln, wie stark diese auf der gewählten Strecke schwanken. Dabei ist zu erwarten, dass bei längeren Messstrecken mit einer höheren Anzahl potenziell kritischer Knotenpunkte höhere Schwankungen auftreten und in der Folge ein größerer Stichprobenumfang für die Erhebung verkehrlicher Kenngrößen erforderlich ist.

An durchschnittlich belasteten Hauptverkehrsstraßen reichen somit Erfassungszeiten (Messdauer) von weniger als 1 h aus (Erfassung von ca. 160 Kfz), um bei einer statistischen Genauigkeit von 99 % eine maximale relative Messwertabweichung von 2 % zu erreichen.

F.2.3 Auswertung

Die Systeme zur automatischen Kennzeichenerfassung liefern Einzelfahrzeugdaten. Für jeden Messpunkt (ein erfasstes Kraftfahrzeug) wird in einer Datei sekundengenau hinterlegt, zu welchem Zeitpunkt ein Fahrzeug diesen passiert hat. Durch Abgleich der Daten mehrerer Messstellen bzw. Messquerschnitte lassen sich dann relativ einfach die Kenngrößen zur Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs auf dem betrachteten Streckenabschnitt ermittelt. Dies kann mittels eines Tabellenkalkulationsprogramms oder einer speziell zu entwickelnden Auswertesoftware erfolgen.

Die Auswertung sollte sicherstellen, dass eine geeignete Filterung der Daten stattfindet, um Fehlmessungen durch beispielsweise zu schnelle oder zu langsame Fahrzeuge (Umwegfahrten, Zwischenstopps, o.ä.) auszuschließen.

Das Bild 4 zeigt eine Darstellung von mittels automatischer Kennzeichenerfassung ermittelter Reisezeiten zwischen zwei Messquerschnitten. Durch eine weiterführende Analyse können eventuelle Mängel der LSA identifiziert werden und Abhilfemaßnahmen im Rahmen eines QM für LSA ermittelt werden.

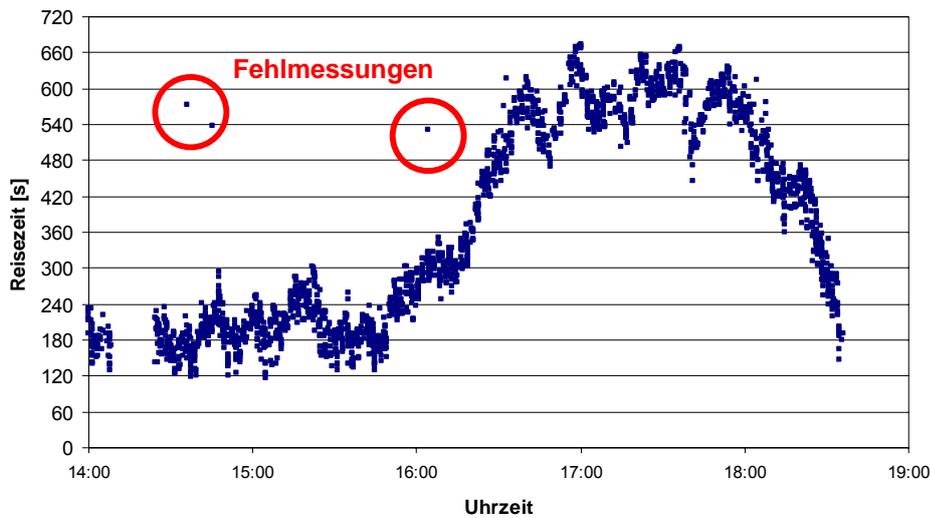


Bild 4: Reisezeiten auf einem Streckenabschnitt (Datenerfassung mittels Kennzeichenerfassungssystemen am Anfang und am Ende der Messstrecke)

F.2.4 Aufwand

Der Aufwand bzgl. des Einsatzes von automatischen Kennzeichenerfassungssystemen ist zu differenzieren nach dem Aufwand für die Anschaffung und den Betrieb der jeweiligen Systeme, nach dem Aufwand für die Durchführung einer Messung sowie nach dem Aufwand für die Auswertung der Messung.

Für die Durchführung einer Messung sind dabei je Erfassungsquerschnitt eine Kamera, ein Stativ, ein mobiler Rechner (Standardnotebook oder Laptop, der auch anderweitig eingesetzt werden kann), Erfassungssoftware, Stromversorgung (Autobatterie) und Zubehör (Kabel, Transportbox, u.a.) anzuschaffen. Die Investitionskosten für eine alle Komponenten umfassende Einheit sind mit ca. 10.000 Euro/Erfassungsquerschnitt zu veranschlagen.

Der Aufwand für die Durchführung der Messung ist relativ gering. Der Auf- und Abbau bzw. die Einrichtung der Messgeräte kann von geübtem Personal in wenigen Minuten durchgeführt werden. Während der Messung entsteht, abgesehen von einer routinemäßigen Überwachung der Messung, nur dann ein weiterer Aufwand, wenn bei längeren Messungen die mobile Stromversorgung sichergestellt werden muss (Austausch von Batterien).

Der Aufwand für die Auswertung der erfassten Daten mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ist ebenfalls gering. In Abhängigkeit von der Datenmenge, der Leistungsfähigkeit des zur Verfügung stehenden Rechners und der Qualifikation des Bearbeiters sind für die Auswertung eines Streckenabschnitts (zwei Erfassungsquerschnitte) ca. 2 bis 4 h anzusetzen. Durch die Programmierung von einfachen Makros innerhalb des Tabellenkalkulationsprogramms (Aufwand ca. 6 bis 8 h) kann der Aufwand für die Auswertung deutlich reduziert werden (unter 1 h je Auswertung).

Der Stichprobenumfang (Anzahl der Messfahrten) ist dabei von der Schwankungsbreite (Varianz) der ermittelten Kenngrößen und der geforderten statistischen Genauigkeit abhängig. Es lässt sich wie folgt berechnen:

$$n \geq \frac{t^2 \cdot s^2}{e_r^2 \cdot x^2}$$

mit: n = notwendige Anzahl von Messwerten,

t = Wert aus der t-Verteilung, $F(t) = \frac{1}{2} \cdot (y + 1)$, zweiseitiger Test

y = geforderte Genauigkeit (mit $0 \leq y \leq 1$),

s^2 = Varianz aus der Vorerhebung,

e_r = erlaubte relative Abweichung,

x = Mittelwert aus der Vorerhebung.

**Bestimmung des
Stichprobenumfangs
bzw. der Messdauer**

Hierfür ist eine Vorerhebung mit wenigen (5 bis 10) Messwerten notwendig, um zu ermitteln, wie stark die Messwerte auf der gewählten Strecke schwanken.

Im innerstädtischen Bereich reichen bei Streckenlängen unter 5 km ca. 15 bis 25 Fahrten aus, um eine 95 %-Genauigkeit mit einer maximalen relativen Messwertabweichung von 10 % zu erreichen. Für Strecken außerhalb bebauter Gebiete kann im Einzelfall aufgrund der größeren Schwankungen innerhalb der gefahrenen Geschwindigkeiten auch eine höhere Zahl von Messfahrten erforderlich werden.

F.3.3 Auswertung

Anhand der während der Messfahrten erhobenen Daten lassen sich prinzipiell die folgenden Informationen bzw. Kenngrößen zur Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs auf den befahrenen Streckenabschnitten berechnen:

- Reisezeiten und Reisegeschwindigkeiten,
- mittlere Wartezeiten bzw. Verlustzeiten,
- Anteil der Durchfahrten ohne Halt,
- Koordinierungsmaß,
- Anzahl der Halte bei Mehrfachhalten und
- mittlere Rückstaulänge.

Aufgrund des Datenumfangs und der Komplexität der sich anschließenden Berechnungen sollte die Auswertung der Befahrungsdaten über automatisierte Prozesse erfolgen. Zusätzlicher Aufwand für die Datenaufbereitung und Datenkalibrierung durch den Anwender wird dadurch vermieden. Prinzipiell sollte die Auswertesoftware die folgenden Anforderungen erfüllen:

- einfache Versorgung der einzelnen Knotenpunkte,
- automatisierte Auswerteprozesse,
- Bereitstellung von Schnittstellen zu herstellereigenen Formaten der GPS-Mitschriften,
- Verwaltung der berechneten Kennwerte in geeigneten Massendatenhaltungssystemen und
- übersichtliche Visualisierung der Kennwerte über frei definierbare Zeitintervalle.



Im Anhang I „Arbeitshilfen und Checklisten“ sind ausführlichere Empfehlungen zur Implementierung von automatisierten Prozessen enthalten. Diese beinhalten die Anforderungen an eine spezialisierte Software zur Auswertung von Messfahrten sowie die Berechnungsvorschriften der zu implementierenden Kennwerte. Die Software ist entsprechend den Anforderungen des jeweiligen Betreibers zu entwickeln.

F.3.4 Aufwand

Der Aufwand für die Durchführung von GPS-Fahrtenmitschriften ist zu differenzieren nach den Kosten für die GPS-Empfangs- und Speichereinheit sowie den Kosten für die Durchführung und Auswertung der Messfahrten.

Die Kosten für die GPS-Empfangseinheit können mit ca. 200 bis 300 Euro angegeben werden. Als Speichereinheit ist ein Notebook vorzuhalten, welches außerhalb der Messfahrten auch für andere Zwecke verwendet werden kann. Sofern Navigationsgeräte mit integrierter Datenspeicherung (SD-Karte o.a.) eingesetzt werden, entfällt der Aufwand bzw. die Kosten für das Notebook bzw. die Speichereinheit.

Der Aufwand für die Auswertung von Messfahrten mit GPS-Unterstützung wird durch verschiedene Einflussgrößen bestimmt. Dies sind die Länge und Charakteristik der Messstrecke, die Anzahl der durchzuführenden Messfahrten und der Umfang der Kennwertauswertung.

Die Entwicklung automatisierter Prozesse, über die regelmäßig Kennwerte berechnet, archiviert und visualisiert werden können, ist davon abhängig, ob die Entwicklung eigenständig durchgeführt oder beauftragt werden muss. Eine automatisierte Auswertung auf der Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms erscheint aufgrund der Komplexität der Auswertung und der Datenhaltung als nicht geeignet.

Durch Nutzung einer solchen Software begrenzt sich der Aufwand für den Anwender auf die einmalige Versorgung der Knotenpunkte, das Importieren der Messdaten und die Analyse der berechneten Kennwerte.

F.4 Modul N3: Nutzung von Fahrzeugflotten

F.4.1 Ziele und Nutzen

Dieses Modul stellt eine Erweiterung der im Modul N2 beschriebenen Vorgehensweise dar. Anstelle der Nutzung von speziellen Messfahrzeugen werden im Modul N3 ganze Fahrzeugflotten mit GPS-Empfängern ausgestattet bzw. die Daten von bereits ausgestatteten Fahrzeugflotten werden genutzt. Aufgrund der Zielsetzung im Rahmen des QM für LSA eignen sich hierzu ausschließlich Flotten, deren Fahrzeuge keine eigenen Fahrstreifen befahren und an Knotenpunkten weder baulich noch betrieblich priorisiert werden.

F.4.2 Durchführung

Der Vorteil des Moduls N3 liegt darin, dass keine besonderen bzw. zusätzlichen Fahrten durchgeführt werden müssen, sondern dass Daten von Fahrten automatisch mitgeschrieben werden, die ohnehin regelmäßig oder täglich stattfinden. Sofern die Daten auf einem geeigneten Speichermedium in Form einer Speicherkarte direkt im Fahrzeug abgelegt werden, müssen diese regelmäßig ausgelesen und in einer geeigneten Datenbank abgespeichert werden, auf die die Auswertesoftware zugreifen kann. Mit fortschreitender Dauer der Anwendung wächst die Datenbasis ständig an und die statistische Sicherheit der ermittelten Kenngrößen nimmt zu. Sofern Daten von Fahrzeugen genutzt werden, die im gesamten Straßennetz unterwegs sind (Taxen), können nach und nach Daten des gesamten Straßennetzes und nicht nur von ausgewählten Strecken erhoben werden. Somit können Qualitätsaussagen zu Nebenrichtungen und Abbiegebeziehungen in Knotenpunkten abgeleitet werden.

F.4.3 Auswertung

Grundsätzlich sind dieselben Auswertungen möglich, die auch mit gezielten Messfahrten mit GPS-Fahrtenmitschrift durchgeführt werden können. Da bei der Nutzung von Fahrzeugflotten auch netzweite Befahrungen stattfinden können, sind bei der Auswertung bzw. Konfiguration der Auswertesoftware einige Besonderheiten zu beachten.

Bei der Bestimmung von Reisezeiten bzw. Reisegeschwindigkeiten kann für die Streckenabschnitte zwischen den Knotenpunkten dieselbe Auswertung wie bei den GPS-Messfahrten erfolgen. Je nachdem, wie häufig die einzelnen Abschnitte befahren werden, lassen sich den ermittelten Reisezeiten für die Abschnitte statistische Sicherheiten zuordnen. Da die Haupttrouten nicht immer von jedem Fahrzeug der Flotte komplett befahren werden, ergeben sich somit unterschiedliche Genauigkeiten für die einzelnen Abschnitte. Nach einer gewissen „Vorlaufphase“ des Systems werden die Genauigkeiten jedoch auf allen Streckenabschnitten ausreichend groß sein, um hieraus Aussagen im Rahmen eines QM für LSA ableiten zu können.

Bei allen ermittelten Kenngrößen zu einzelnen Knotenpunkten ist zu beachten, dass die Fahrzeuge der Fahrzeugflotte diese nicht immer in der Hauptrichtung befahren, sondern auch Abbiegebeziehungen befahren werden können. Somit können bis zu einem gewissen Grad auch Aussagen zu den Wartezeiten, Mehrfachhalten und Rückstaulängen für die Abbiegebeziehungen abgeleitet werden. Für die automatische Auswertung wird hierfür als zusätzliche Information jeweils der Ein- und Ausfahrbereich der Messfahrzeuge in den Einflussbereich der einzelnen Knotenpunkte benötigt (vgl. Bild 6). Hierüber kann dann bestimmt werden, über welche Zufahrt der Knotenpunkt angefahren und über welche Ausfahrt der Knotenpunkt verlassen wurde. Somit kann jede Messfahrt eine Fahrbeziehung zugeordnet werden.

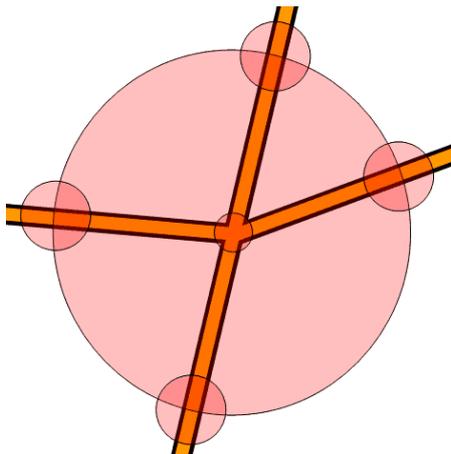


Bild 6: Knotenpunkt mit markierter Konfliktsfläche, Einfluss-, Einfahr- und Ausfahrbereichen zur automatischen Auswertung von GPS-Mitschriften von Fahrzeugflotten

Für die Bestimmung des Anteils der Durchfahrten ohne Halt an koordinierten Knotenpunkten dürfen nur Messfahrten berücksichtigt werden, bei denen der Knotenpunkt in Koordinierungsrichtung durchfahren wurde. Bei der Bestimmung des Koordinierungsmaßes für ganze Streckenzüge ist weiterhin zu beachten, dass nicht immer der gesamte Streckenzug befahren wird und das Fahrzeug sich erst an einer LSA in das Grünband eingliedern muss. Folglich darf die erste LSA nach Einfahren in den Streckenzug in die Bestimmung des Koordinierungsmaßes für die Gesamtstrecke nicht einbezogen werden. Gleiches gilt für die letzte LSA beim vorzeitigen Verlassen des Streckenzuges.

F.4.4 Aufwand

Sofern die Daten von Fahrzeugflotten für ein QM für LSA genutzt werden können, entsteht lediglich ein Aufwand, der durch das regelmäßige Auslesen und ein eventuell erforderliches Austauschen der Speichermedien entsteht. Werden die Daten online an eine Zentrale übertragen und abgespeichert, entfällt dieser Aufwand. Auf jeden Fall entsteht ein Aufwand für das Einlesen der Daten in ein entsprechendes Auswertesystem und die Berechnung der für das QM für LSA erforderlichen Daten (vgl. F.3.4).

F.5 Modul N4: Prozessdatenanalyse

F.5.1 Ziele und Nutzen

Prozessdaten, die im laufenden Betrieb in den Steuergeräten generiert und dort oder im Verkehrsrechner abgespeichert werden, bilden eine weitere Basis für das QM für LSA. Um ein zielorientiertes und effizientes QM durchführen zu können, sollten die Daten regelmäßig im Hinblick auf geeignete Qualitätsindikatoren bzw. Kennwerte zur Steuerung und zum Verkehrsablauf an den LSA untersucht werden. Anhand einer solchen Überwachung der Verkehrsqualität können regelmäßige Soll-/Ist-Vergleiche der Anlagen erfolgen und kritische Knotenpunkte für weitergehende Analysen ermittelt werden. Aufgrund der Menge der zu verarbeitenden Daten ist es erforderlich, derartige Analysen über automatisierte Verfahren durchzuführen.

Voraussetzung zur Berechnung von Kennwerten aus Prozessdaten ist die Verfügbarkeit der Prozessdaten. Die Anbindung von LSA an einen Verkehrsrechner bildet eine optimale Ausgangslage, um automatisierte Auswertungen in regelmäßigen Abständen für eine Vielzahl von LSA im Straßennetz durchführen zu können.

Steht kein Verkehrsrechner zur Verfügung bzw. sind die Lichtsignalanlagen nicht an einen Verkehrsrechner angeschlossen, so hat der Betreiber der LSA zu entscheiden, inwieweit die Auswertung von Prozessdaten im Rahmen der netzweiten Analyse, mit dem Ziel Problembereiche zu erkennen, eingesetzt werden soll.

F.5.2 Durchführung

In Abhängigkeit vom Steuergerätetyp und Hersteller stehen verschiedene Prozessdaten an den LSA zur Verfügung. Grundsätzlich kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die folgenden Daten sekundlich mitgeschrieben werden:

- aktuelle Umlaufsekunde,
- angezeigtes Signalbild jeder Signalgruppe,
- laufende und die angeforderte Phase sowie
- Werte von individuellen Merkern aus dem Ablauf verkehrsabhängiger Steuerungen.

Bezüglich der Detektoren stehen i.d.R. zur Verfügung:

- aktuelle Belegung,
- Anzahl und Zeitpunkte steigender und fallender Flanken,
- Zeitlücken,
- Belegungsdauern.

In den meisten Fällen stehen auch minütlich oder in einem anderen Zeitintervall aggregierte Zähldaten (Verkehrsstärken) zur Verfügung. Zudem werden auch geräteseitig erkannte Detektorstörungen vermerkt. Die vorab beschriebenen Daten können einem automatisierten Auswerteprozess zugeführt werden, der hieraus bestimmte Kenngrößen ermittelt, die Aussagen zur Qualität des Verkehrsablaufs am Knotenpunkt ermöglichen.

F.5.3 Auswertung

Die Auswertung der Prozessdaten sollte aufgrund der anfallenden Datenmenge nur mit einem automatisierten Verfahren erfolgen. Das automatisierte Verfahren sollte die jeweiligen Kennwerte visualisieren und Überschreitungen der festgelegten Grenzwerte eindeutig markieren.

Empfohlen wird ein Verfahren, bei dem die Kennwerte täglich berechnet und in einer entsprechenden Datenbank abgespeichert werden. Dem Betreiber sollten Auffälligkeiten bzw. Überschreitungen von Grenzwerten einfach und verständlich angezeigt werden, damit dieser die im Rahmen eines QM für LSA erforderlichen Arbeitsschritte zur Mängelbeseitigung vornehmen kann.

Bei einer Auswertung der Kennwerte in einem definierten zeitlichen Abstand, z.B. wöchentlich oder monatlich, können Ergebnisse auf spezielle Intervalle aggregiert und ausgewertet werden. Nach diesem Verfahren ist es möglich den Auswertzeitraum detaillierter zu bestimmen und zum Beispiel nur die Durchschnittswerte der Morgenstunden von definierten Wochentagen auszuwerten.

Im Anhang I „Arbeitshilfen und Checklisten“ des Leitfadens sind ausführliche Empfehlungen zur Implementierung von automatisierten Prozessen enthalten. Diese beinhalten die Anforderungen an eine spezialisierte Software zur Auswertung von Prozessdaten, sowie die Berechnungsvorschriften der zu implementierenden Kennwerte.



**Arbeitshilfen
I.5 und I.6**

Grundsätzlich lassen sich die auf dem HBS basierenden Kennwerte aus den Prozessdaten ermitteln:

- Kapazität,
- mittlerer Sättigungsgrad,
- mittlere Wartezeit (MIV und NMIV),
- mittlere Wartezeit (ÖPNV) falls die Datengrundlage ausreicht,
- Anzahl haltender Fahrzeuge,
- Freigabeanteil der einzelnen Ströme.

Bei entsprechender Verfügbarkeit von Detektordaten können u.U. auch der

- Anteil der Umläufe mit erfüllttem Zeitlückenkriterium (vorzeitiger Abbruch der Freigabe) und
- der Anteil der Umläufe mit erfüllttem Belegungsdauerkriterium (Verlängerung, oder Vorziehen einer Freigabe)

berechnet werden.

Zusätzlich ist es möglich, die Prozessdaten über das Verfahren der Rückstauschätzung nach Mück¹¹ zu analysieren. Dieses Verfahren ermöglicht es, Rückstaulängen anhand halteliniennaher Zeitlücken-Detektoren zu ermitteln und die damit verbundenen Wartezeiten und Reisezeiten abzuschätzen. Des Weiteren erlaubt das Verfahren die Ermittlung von Sättigungsverkehrsstärken sowie das Erkennen von Störungen im Abfluss von Lichtsignalanlagen¹².

F.5.4 Aufwand

Der Aufwand der Prozessdatenanalyse definiert sich über die Punkte:

- Zugänglichkeit der Prozessdaten
- Verfügbarkeit, bzw. Entwicklung von automatisierten Prozessen
- Durchführung der Prozessdatenanalyse

Ist der Zugriff auf Prozessdaten über einen Verkehrsrechner bzw. eine Verkehrsrechnerzentrale direkt möglich, so ist der Aufwand bezüglich des ersten Punktes als gering einzuschätzen. Müssen die Daten auf anderem Weg beschafft werden, muss der Aufwand, die Daten eines definierten Zeitraums zu sammeln, individuell kalkuliert werden. Anschließend ist dann vom Betreiber zu entscheiden, inwieweit das Modul im Rahmen einer netzweiten Analyse innerhalb des QM für LSA angewendet werden soll.

Die Entwicklung automatisierter Prozesse, über die regelmäßig Kennwerte berechnet, archiviert und visualisiert werden können, ist davon abhängig, ob die Entwicklung eigenständig durchgeführt oder beauftragt werden muss. Eine automatisierte Auswertung auf der Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms ist aufgrund der Komplexität der Auswertung und der Datenhaltung nicht geeignet. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, entfällt auf die Prozessdatenanalyse nur noch ein geringer Aufwand. Es sollte eine Person die Verantwortung einer regelmäßigen Analyse aller Prozessdaten zugeschrieben bekommen. Diese Bewertung sollte von einem Verkehrsingenieur mit geringem Zeiteinsatz durchgeführt werden können.

¹¹ MÜCK, J.: Schätzverfahren für den Verkehrszustand an Lichtsignalanlagen unter Verwendung halteliniennaher Detektoren. Tagungsbericht der Heureka '02. Karlsruhe, 2002

¹² Das Verfahren ist patentiert durch die TRANSVER GmbH.

G Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzelknotenpunkten

G.1 Allgemeines

Die Qualitätsanalyse des Verkehrsablaufs an Einzelknotenpunkten dient dazu, vorab als kritisch identifizierte oder andere zu betrachtende LSA, detailliert zu untersuchen. Hierfür werden in den folgenden Abschnitten verschiedene Module beschrieben.

G.2 Modul KP1: Prozessdatenanalyse

G.2.1 Ziele und Nutzen

Inhaltlich unterscheidet sich das Modul KP1 der Prozessdatenauswertung auf der Ebene der Qualitätsanalyse von Einzelknotenpunkten nicht von dem Modul N4 innerhalb der netzweiten Qualitätsanalyse. Während bei der netzweiten Betrachtung jedoch i.d.R. nur solche LSA betrachtet werden, deren Prozessdaten leicht über einen Anschluss an einen Verkehrsrechner zugänglich sind, sollte bei der Einzelknotenpunktanalyse die Auswertung für alle auffälligen LSA erfolgen, die Prozessdaten zur Verfügung stellen. Dies sollte in diesen Fällen auch dann geschehen, wenn die Daten nur direkt vor Ort an der LSA zur Verfügung stehen und nur dort abgerufen werden können (ansonsten vgl. Kap. G.3).

Inhaltlich kein Unterschied zum Modul N4

G.2.2 Durchführung

Ist die Prozessdatenauswertung für eine kritische LSA bereits im Rahmen der netzweiten Analysen erfolgt, so braucht diese Auswertung in dieser Phase nicht erneut durchgeführt werden, da sie keine neuen Erkenntnisse liefert. Die Ergebnisse der netzweiten Analyse sollten jedoch in die Einzelknotenpunktbeurteilung einfließen. Hierbei sollten besonders solche Kenngrößen weiter berücksichtigt werden, auf die in der netzweiten Analyse kein besonderes Augenmerk gelegt worden ist. Dies können statistische Auswertungen zum Steuerungsablauf wie die Berechnung von Freigabezeitanteilen, Anteile an Freigabeabbrüchen und –verlängerungen und dergleichen sein, die bei einer netzweiten Beurteilung der Verkehrsqualität nicht von großer Relevanz sind.

G.2.3 Auswertung

Die Kenngrößen, die mit der Prozessdatenanalyse ermittelt werden können, und auch die sich anschließenden Auswertungen sind im Kapitel F.5.3 zusammenfassend dargestellt. Unterschiede zur Analyse im Einzelknotenpunkt sind nicht vorhanden.



**Auswertung
Kapitel F.5.3**

G.2.4 Aufwand

Der Aufwand für die Datenerhebung im Rahmen der Prozessdatenanalyse an einem Einzelknotenpunkt unterscheidet sich nicht vom Aufwand bei einer netzweiten Untersuchung (vgl. Kap. F.5.4), sofern die Daten über einen Verkehrsrechner bzw. einen Verkehrsingenieur-Arbeitsplatz abgerufen werden können. Ist dies nicht möglich, ist der zusätzliche Aufwand zur Datenerhebung am Steuergerät der LSA im Knotenpunkt zusätzlich zu berücksichtigen. Neben dem Zugang zum Steuergerät (Schnittstelle) ist ein Speichermedium (Laptop, PC) vorzuhalten.



**Aufwand
Kapitel F.5.4**



G.3 Modul KP2: Temporäre Messaufbauten

G.3.1 Ziele und Nutzen

Um auch für LSA, an denen keine Prozessdaten zur Verfügung stehen, in geringem Umfang Kenngrößen für eine Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs bestimmen zu können, kann zur Erhebung der dafür notwendigen Daten auf mobile Messtechnik zurückgegriffen werden. Im Folgenden werden dazu einige grundsätzlich geeignete Messsysteme/Messgeräte für temporäre Messungen beschrieben. Mit diesen Systemen ist es relativ einfach möglich, für einen befristeten Zeitraum vor Ort an einer LSA die benötigte Datengrundlage zu erzeugen.

Aufgrund der Vielfalt und der unterschiedlichen Anforderungen der in der Praxis vorhandenen Messsysteme zur Erfassung von verkehrlichen Kenngrößen ist es im vorliegenden Leitfaden nicht möglich, die Durchführung der Messungen für jedes dieser Systeme detailliert zu beschreiben und auch den Aufwand für die verschiedenen Messungen im Detail abzuschätzen. Grundsätzliche Aussagen zur Vorgehensweise können dennoch getroffen werden.

Das Ziel des Moduls KP2 ist es, an LSA, an denen keine Datengrundlage für eine Auswertung vorhanden ist, mit einfachen Mitteln grundlegende Daten mobil und temporär zu erfassen. Hieraus können anschließend einzelne Kenngrößen abgeleitet werden, die eine Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs möglich machen.

G.3.2 Durchführung

Um die Auswertungen durchführen zu können, die im Modul N4 bzw. KP1 (Prozessdatenanalyse) beschrieben worden sind, werden als Grundlage folgende Daten benötigt:

- für die einzelnen Fahrstreifen die Verkehrsstärken in Kfz/h für festgelegte Zeitintervalle (je nach gewünschter Genauigkeit für Viertelstunden- bis Stundenintervalle) und
- für die jeweiligen Signalgruppen die zugehörigen Freigabe- und Sperrzeiten bzw. Freigabezeitanteile der entsprechenden Intervalle.

Bzgl. der Möglichkeit zur Erfassung der Verkehrsstärken auf einzelnen Fahrstreifen können grundsätzlich die folgenden Messsysteme zur Anwendung kommen:

- (Mobile) Induktionsschleifen bzw. Zählplatten, die neben Verkehrsstärken, auch Geschwindigkeiten und Fahrzeugtypen als Einzelfahrzeugdaten oder aggregiert erfassen können,
- Infrarot- oder Radarsensoren die zusätzlich Geschwindigkeiten und Zeitlücken als Einzelfahrzeugdaten oder aggregiert erfassen können (Infrarotsensoren jedoch nur, wenn zwei Sensoren kombiniert werden. Ansonsten ist lediglich die Anwesenheit von Fahrzeugen detektierbar),
- Pneumatische Sensoren (ein oder zwei parallele Luftschläuche quer zur Fahrtrichtung), die über eine softwaregestützte Auswertung der Druckschwankungen ebenfalls Verkehrsstärken und Zeitlücken, bei Verwendung von zwei Schläuchen auch Geschwindigkeiten und Fahrzeugtypen erfassen können.
- Videokameras zur Erfassung des Verkehrsablaufs von mehreren Fahrstreifen oder räumlich begrenzter Bereiche innerhalb eines Knotenpunktes, wobei im Bild der Kamera „virtuelle“ Schleifen platziert werden können (Zusatzsoft-

ware) und somit ebenfalls Zählungen, Geschwindigkeitsmessungen und eine Klassifizierung möglich sind.

Darüber hinaus ist auch der Einsatz von Personal zur direkten Zählung von Fahrzeugen oder auch der Bestimmung von Rückstaulängen möglich.

In Abhängigkeit vom verwendeten Messsystem sowie den örtlichen Randbedingungen ist vom Betreiber vor Ort der geeignete Standort für den Aufbau des gewählten Messsystems festzulegen. Hierbei sind die besonderen Anforderungen der verschiedenen Geräte zu berücksichtigen (Messung aus dem Seitenraum, Messung Überkopf, Messung im Fahrstreifen, o.a.). Wenn mehrere Messgeräte (auch unterschiedliche) parallel eingesetzt werden sollen, ist darauf zu achten, dass alle Erfassungseinheiten vor der Messung zeitlich synchronisiert werden.

Zur Anwendung der in Modul N4 bzw. KP1 dargestellten Auswertungen werden auch Freigabe- und Sperrzeiten bzw. Freigabezeitanteile benötigt. Bei festzeitgesteuerten LSA können diese Werte direkt aus den Planungsunterlagen entnommen bzw. abgeleitet werden. Bei verkehrsabhängigen Steuerungen ist der Einsatz optischer Sensoren zur Erfassung der Signalbildschaltzeiten einzelner oder auch mehrerer Signalgruppen möglich. Diese Sensoren können unauffällig an den Blenden der Signalbildkammern befestigt werden und erfassen in einem vorab programmierten Messzeitraum jeden Ein- und Ausschaltvorgang des beobachteten Signalgebers. Hierüber lassen sich im Anschluss für das betrachtete Messintervall die jeweiligen Freigabe- und Sperrzeiten pro Umlauf, aber auch im Mittel über den gesamten Zeitraum, und der zugehörige Freigabezeitanteil bestimmen.

I. d. R. ist davon auszugehen, dass Steuergeräte von LSA mit verkehrsabhängigen Signalprogrammen Prozessdaten liefern können. Eine systemunabhängige Überprüfung der Signalbildzeiten kann jedoch dennoch für eine unabhängige Kontrolle sinnvoll sein.

G.3.3 Auswertung

Nach Durchführung der temporären Messungen stehen Verkehrsstärken für die Zufahrten (evtl. auch fahrstreifenfein), die durchschnittlichen Freigabezeitanteile sowie die Sperrzeiten der entsprechenden Zeitintervalle zur Verfügung. Hierüber sind gemäß den Ausführungen zu den Modulen N4 bzw. KP1 die folgenden Kenngrößen bestimmbar:

- Kapazität,
- mittlerer Sättigungsgrad,
- mittlere Wartezeit (MIV und NMIV),
- Anzahl haltender Fahrzeuge,
- Freigabeanteil der einzelnen Ströme.

Zudem können die zuvor beschriebenen optischen Erfassungsgeräte neben der Nutzung an einem Einzelknotenpunkt auch verwendet werden, um die Funktionalität Grüner Wellen zu überprüfen. Hierzu müssen die Signalgruppen der Hauptrichtungen mehrerer koordinierter LSA mit einem solchen Gerät versehen werden. Über die Mitschrift kann der Freigabezeitbeginn jeder Signalgruppe erkannt und somit der zeitliche Versatz der einzelnen LSA abgeleitet werden.

G.3.4 Aufwand

Der Aufwand für die Durchführung von temporären Messungen an einem Knotenpunkt ist zu differenzieren nach dem Aufwand für das einzusetzende Mess-

gerät sowie dem eigentlichen Aufwand für die Durchführung und Auswertung der Messung.

Je nach eingesetztem Messsystem unterscheidet sich der Aufwand für die Montage/Installation des Messgerätes. Sofern das eingesetzte Personal mit dem Messsystem vertraut ist, können für die Montage eines Messgerätes ca. 15 bis 30 min angesetzt werden. Die Demontage des Messgerätes nach Abschluss der Messung kann dagegen mit maximal 15 min kalkuliert werden. Bei einer Montage von Messgeräten Überkopf ist ggf. von einer längeren Montage- und Demontage auszugehen.

Je nach verwendetem Messsystem und Speichermedium unterscheidet sich auch der Aufwand für die Auswertung der angefallenen Daten. Zu empfehlen ist eine weitgehend automatisierte Auswertung der Daten auf Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms oder einer Auswertesoftware (wird häufig zusammen mit dem Messgerät vertrieben).

G.4 Modul KP3: Beobachtungen

G.4.1 Ziele und Nutzen

Die vorab beschriebenen Module innerhalb der Qualitätsanalyse an Einzelknotenpunkten beziehen sich ausschließlich auf die Erfassung und Auswertung von verkehrlichen Kenngrößen. Im Rahmen eines umfassenden QM für LSA ist jedoch auch eine Beurteilung des Verkehrsablaufs auf der Basis von Beobachtungen vor Ort am Knotenpunkt unerlässlich. Unter bestimmten Randbedingungen (keine ausreichenden Ressourcen für die Erfassung von verkehrlichen Kenngrößen oder auch dem Fehlen von technischen Voraussetzungen für die Erfassung von verkehrlichen Kenngrößen) sind Beobachtungen an der LSA das einzige Hilfsmittel zur Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs. Darüber hinaus sind Beobachtungen aber auch als Ergänzung zu den vorab dargestellten Modulen ein wichtiger Bestandteil im Rahmen des QM, da beispielsweise Mängel in der Signalisierung oder auch in der Führung des Rad- oder Fußgängerverkehrs erkannt werden, die ansonsten evtl. nicht auffällig werden.

G.4.2 Durchführung

Beobachtungen des Verkehrsablaufs sollten daher grundsätzlich durch geschultes Personal als Bestandteil eines umfassenden QM für LSA durchgeführt werden. Der vorliegende Leitfaden stellt als Arbeitshilfe für diese Beurteilung des Verkehrsablaufs ein Beobachtungsprotokoll zur Verfügung (vgl. Kap. I.4).

Mit diesem Protokoll wird der Betreiber nach Beobachtung des Verkehrsablaufs an einem ausgewählten Knotenpunkt über einen Zeitraum von ca. 10 Umläufen durch einfache Fragen auf mögliche Störungen im Verkehrsablauf bzw. Probleme in der Verkehrsabwicklung hingewiesen, die anschließend einer näheren Betrachtung bedürfen. Im Protokoll ist dabei zu notieren, ob bestimmte Situationen in den einzelnen Zufahrten des Knotenpunktes häufig, gelegentlich oder nicht beobachtet werden. Durch ergänzende Bemerkungen können die Angaben zu den Beobachtungen konkretisiert werden, um das anschließende Finden geeigneter Maßnahmen zur Mängelbeseitigung zu erleichtern.

Das Beobachtungsprotokoll beinhaltet dabei Fragen zu Aspekten des Verkehrsablaufs differenziert nach:

- Motorisierter Individualverkehr (MIV),
 - Abfluss und Restsstau
 - Ankunft und Abfluss von Pulks
- Öffentlicher Personenverkehr (ÖV),



Arbeitshilfe I.4

- Fußgänger- und Radverkehr und
- Sonstiges.

Beobachtungen an einem Knotenpunkt umfassen i.d.R. nur einen begrenzten Untersuchungszeitraum. Statistisch abgesicherte Aussagen sind auf dieser Grundlage in der Regel nicht möglich. Dennoch lassen sich durch derartige Beobachtungen Hinweise auf Problembereiche ermitteln, die im Weiteren durch zusätzliche Messungen evaluiert werden können. Bedeutender Einflussfaktor der Aussagekräftigkeit der erhobenen Größen ist darüber hinaus die geeignete Wahl eines Untersuchungszeitraums, um die Beobachtungen auch auf die maßgebenden Verkehrssituationen zu fokussieren. Hinweise hierzu finden sich in den Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE) der FGSV.

Wahl des Untersuchungszeitraums

G.4.3 Auswertung

Durch den systematischen Aufbau des Beobachtungsprotokolls zu den verschiedenen Aspekten des Verkehrsablaufs wird es dem Betreiber möglich, durch die Auswertung einen umfassenden Überblick über die Verkehrsabläufe am Knotenpunkt zu erhalten und Auffälligkeiten im Verkehrsablauf zu erkennen.

Im Anschluss an die Beobachtungen vor Ort ist vom Betreiber dann zu ermitteln, inwieweit die während der Beobachtung erkannten Auffälligkeiten bzw. Mängel zu bewerten sind und wie auf evtl. Mängel reagiert werden kann (vgl. Kap. H). Nach Abschluss und Auswertung der Beobachtungen ist vom Bearbeiter darüber hinaus zu entscheiden, inwieweit vertiefende Untersuchungen für den Knotenpunkt oder auch nur Teilbereiche des Knotenpunkts zu veranlassen sind.

G.4.4 Aufwand

Der Aufwand für die Durchführung der Beobachtungen am Knotenpunkt hängt von der Komplexität des Knotenpunktes und der Vertrautheit des Personals mit den Abläufen und der Steuerung an diesem Knotenpunkt ab. In der Regel ist davon auszugehen, dass die Beobachtung des Verkehrsablaufs und die anschließende Beantwortung aller Fragen des Protokolls innerhalb von 1 h durchgeführt werden kann. Für die Auswertung ist weiterhin maximal 1 h anzusetzen.

Die Beobachtungen am Knotenpunkt unter Zuhilfenahme der Beobachtungsprotokolle können zur Minimierung des Aufwandes auch zusammen mit einer Verkehrsschau oder auch Ortsbegehungen im Rahmen eines Sicherheitsaudits von Knotenpunkten durchgeführt werden. Dies ist vom Betreiber im Einzelfall zu entscheiden.

Verknüpfung mit anderen Modulen sinnvoll

H Maßnahmenfindung

Nach Durchführung von Erhebungen und Beobachtungen liegen Aussagen zur Qualität der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs an den untersuchten LSA vor. Sofern Kennwerte aus Modulen vorliegen, die konkrete Messungen beinhalten, können diese mit den zu Beginn aufgestellten Anforderungen an die Qualität der LSA verglichen werden. Bei Abweichungen zwischen erreichter und gewünschter Qualitätsstufe wird die Umsetzung gezielter Maßnahmen erforderlich. Auch in dem Fall, dass aufgrund von Beobachtungen an Knotenpunkten mit LSA nur qualitative Aussagen zum Verkehrsablauf möglich sind, kann auf dieser Basis mit Ingenieursachverstand abgeschätzt und begründet werden, ob die Umsetzung ausgewählter Maßnahmen notwendig ist.

Die Identifizierung möglicher Maßnahmen sollte immer gemäß den jeweiligen Randbedingungen vor Ort erfolgen und setzt darüber hinaus ein gewisses Expertenwissen und technischen Sachverstand voraus. Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge zwischen der Steuerung von LSA und der Knotenpunktgestaltung kann ein allgemeingültiger, standardisierter Maßnahmenkatalog zur Beseitigung von erkannten Mängeln nicht formuliert werden.

Dennoch lassen sich im Rahmen eines QM für LSA für bestimmte vorhandene Mängel bestimmte Maßnahmen oder auch Maßnahmenbündel ableiten, die generell für eine Beseitigung der verschiedenen Mängel geeignet sind. Hierfür enthält der Leitfaden zwei Arbeitshilfen zur Maßnahmenfindung (vgl. Kap. I.7 und I.8). Diese Arbeitshilfen sollen den verantwortlichen Planer bei der Auffindung von geeigneten Maßnahmen unterstützen, indem sie grundsätzlich in Frage kommende Maßnahmen in Bezug zu grundlegenden Mängeln setzen.

Die Arbeitshilfen sollten dabei in Form einer Checkliste angewendet werden, um mögliche Maßnahmen aus unterschiedlichen Bereichen in Betracht zu ziehen und nicht nur einseitige Lösungen zur berücksichtigen. Die jeweilige Anwendbarkeit einer Maßnahme vor Ort hängt immer von den genauen Ursachen eines Mangels ab und ist vom Betreiber sorgfältig zu prüfen. In Einzelfällen können Speziallösungen in Betracht kommen, welche die Arbeitshilfen nicht abdecken.

Im Anschluss an die Auswahl einer oder auch mehrerer möglicher in Frage kommender Maßnahmen ist seitens des Betreibers die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Maßnahmen vor ihrer Umsetzung zu prüfen. Hierbei ist beispielsweise eine Kosten-Nutzen-Abschätzung der einzelnen Maßnahmen sinnvoll. Hierfür sind die Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen¹³ der FGSV zu berücksichtigen.

Innerhalb eines QM für LSA kann es für den Betreiber darüber hinaus hilfreich sein, die an den unterschiedlichen Knotenpunkten umgesetzten Maßnahmen sorgfältig zu dokumentieren und deren Auswirkungen bei zukünftigen Erhebungen im Rahmen des QM zu ermitteln und den Maßnahmen zuzuordnen. Für den Betreiber von LSA entsteht im Laufe der Zeit somit eine Bewertungsgrundlage, die ihm aufzeigt, welche Maßnahmen im Netz oder am Einzelknotenpunkt zu Verbesserungen führen. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse können vom Betreiber dann bei zukünftigen Entscheidungen zur Umsetzung von Maßnahmen genutzt werden.



**Arbeitshilfen
I.7 und I.8**



**EWS
(FGSV, 1997)**

¹³ FGSV (1997) Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – Aktualisierung der RAS-W-86 (EWS). Köln, FGSV Verlag

I Arbeitshilfen und Checklisten

I.1 Beschwerde-Formular (online – Internet, Post)

Bitte beachten Sie:

Alle mit dem Symbol * gekennzeichneten Felder sind Pflichtangaben.

Bitte füllen Sie diese Felder unbedingt aus.

- **Ihre Daten:**

Anrede *: Herr / Frau
Name *: Mustermann
Vorname *: Stephanie
Straße und Hausnummer: Qualitätsstraße 1
Postleitzahl: 12345
Ort: A-Dorf
Telefon: 123 456
Telefax: 123 457
E-Mail: ...@...

- **Ihr Anliegen *: Bitte wählen Sie** Beschwerde / Idee

- **Mitteilung *:**

Möglichkeit zur Eingabe von Freitext

Möglichkeit zur Eingabe von Freitext

- **Falls Ihr Anliegen im Zusammenhang mit einem Amt steht, nennen Sie bitte die entsprechende Abteilung oder Stelle (falls bekannt):**

Möglichkeit zur Eingabe eines Freitextes

- **In welcher Form möchten Sie über das Ergebnis bzgl. der Prüfung Ihrer Beschwerde informiert werden.**

Bitte wählen Sie: per Telefon / per Fax / per Post / per E-Mail

- **Alle Angaben korrekt?** Korrektur / Senden

Vielen Dank für Ihre Unterstützung. Jeder Hinweis ist ein Beitrag zur Verbesserung unserer Dienstleistungen.



I.2 Beschwerde-Formular (z.B. bei Anruf für zuständigen Bearbeiter)

- **Datum und Uhrzeit:**
- **Kontaktdaten:**
 - Anrede: Herr / Frau
 - Name: Mustermann
 - Vorname: Stephanie
 - Straße und Hausnummer: Qualitätsstraße 1
 - Postleitzahl: 12345
 - Ort: A-Dorf
 - Telefon: 123 456
 - Telefax: 123 457
 - E-Mail: ...@...
- **Inhalt der Beschwerde / Beschreibung des Problems / Sachverhalt:**
 - Streckenabschnitt / Kilometer / Örtlichkeit / Straßennamen / ...
 - Knotenpunkt / Kreuzung / Knotenpunkt-Nr. / LSA-Nr. / ...
 - Problembeschreibung (evtl. auch durch die Vorgabe von Kategorien):
 - Möglichkeit zur Eingabe von Freitext (oder Problemkategorie)
 - Möglichkeit zur Eingabe von Freitext (oder Problemkategorie)
 - Verbesserungsvorschlag:
 - Möglichkeit zur Eingabe von Freitext
 - Möglichkeit zur Eingabe von Freitext
- **Beschwerdebearbeitung:**
 - Weitergabe an Abteilung / zuständige Stelle am:
 - Wiedervorlage am:
 - Anrufer erwartet Antwort / Reaktion auf Beschwerde: ja / nein
 - Wie soll die Antwort erfolgen:
 - Wiedervorlage am:
 - Ablage am:
- **Beschwerdeauswertung bzw. Dokumentation**
 - Problem bekannt / tritt häufiger auf /
 - Abhilfemaßnahmen / ...



I.3 Protokoll zur Verkehrsrauminspektion

Hinweise und Anmerkungen

Das Protokoll zur Inspektion der Verkehrsraumgestaltung dient zur Durchführung und Ergebniserfassung der Inspektion der Verkehrsraumgestaltung in Bezug auf die unveränderlichen und veränderlichen Sachverhalte. Die Grundlagen hierfür wurden von REUSSWIG¹⁴ erarbeitet.

Bitte inspizieren Sie zur Beurteilung der Sachverhalte, die angesprochenen Gestaltungsmerkmale vor Ort. Beantworten Sie anschließend die Fragen auf den folgenden Seiten.

Beschreiben Sie erkannte Mängel im Detail mit genauer Ortsangabe.

¹⁴ REUSSWIG, A.: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Verkehr, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt, 2005



Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
 Sicht		
Ist die Sicht auf den KP, die Knotenpunkteinrichtungen und die Konfliktflächen gewährleistet? <ul style="list-style-type: none"> • unveränderliche Sachverhalte: Geometrie und Linienführung • veränderliche Sachverhalte: temporäre Einbauten/Bewuchs 	Knotenpunktlage im Streckenverlauf (außerorts)	
	Lage der Konfliktflächen	
	Signalgeber	
	Beschilderung	
	Beleuchtung	
Sind andere Verkehrsströme sichtbar und erkennbar? <ul style="list-style-type: none"> • unveränderliche Sachverhalte: Geometrie, Sichtwinkel, Flächenzuordnung • veränderliche Sachverhalte: temporäre Einbauten, Bewuchs 	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 KP und relative Lage zu Entscheidungspunkten für die Fahrstreifenwahl	
	Schriftgröße und Kontrast	
	Inhalte	
	Entsprechung zwischen Vorwegweiser und Hauptwegweiser	
	Übereinstimmung mit Verkehrsführung (Spurgliederung)	



Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
 Radverkehr		
Sind die Radverkehrsflächen befahrbar?	Bemessung der Wege / Fahrstreifen (Breite)	
	Freihaltung von störenden Einbauten	
	Bemessung der Aufstellbereiche vor Furten	
	Bemessung der Aufstellbereiche auf Mittellin-seln/Dreiecksinseln	
Ist die Radverkehrsführung erkennbar, begreifbar und sicher gestaltet?	direkte und zügige Führung des geradeausfahrenden Radverkehrs	
	Fortsetzung der Führung über den KP in gleich bleibender Qualität oder gesicherte Überleitung	
	Markierung/Farbgestaltung der Oberfläche	
	Beschilderung (Benutzungspflicht)	
	besondere Beschilderung bei Zweirichtungsradwegen	
	Erkennbarkeit des Beginns von Konfliktflächen	
Ist die Verkehrsführung 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 Radfahrer	
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)	



Sachverhalt der Überprüfung (Leitfrage)	Aspekt	Ergebnis; bei Vorliegen eines Mangels: Ortsangabe
 Fußgängerverkehr		
Sind die Verkehrsflächen für Fußgänger begehbar?	Bemessung der Wege / Fahrstreifen (Breite)	
	Bemessung der Aufstellbereiche vor Furten	
	Bemessung der Aufstellbereiche auf Mittelinseln/Dreiecksinseln	
Ist die Verkehrsführung 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)	

I.4 Beobachtung des Verkehrsablaufs¹⁵

Hinweise und Anmerkungen

Beobachten Sie zunächst für die Dauer einiger kompletter Umläufe den Knotenpunkt, um sich einen ersten Eindruck über den Verkehrsablauf zu verschaffen.

Beantworten Sie anschließend die Fragen auf den folgenden Seiten. Bitte berücksichtigen Sie hierbei, dass es bei den Beobachtungen um Regelfälle handelt, die Ausnahmen bzw. einzelne Abweichungen zulassen.

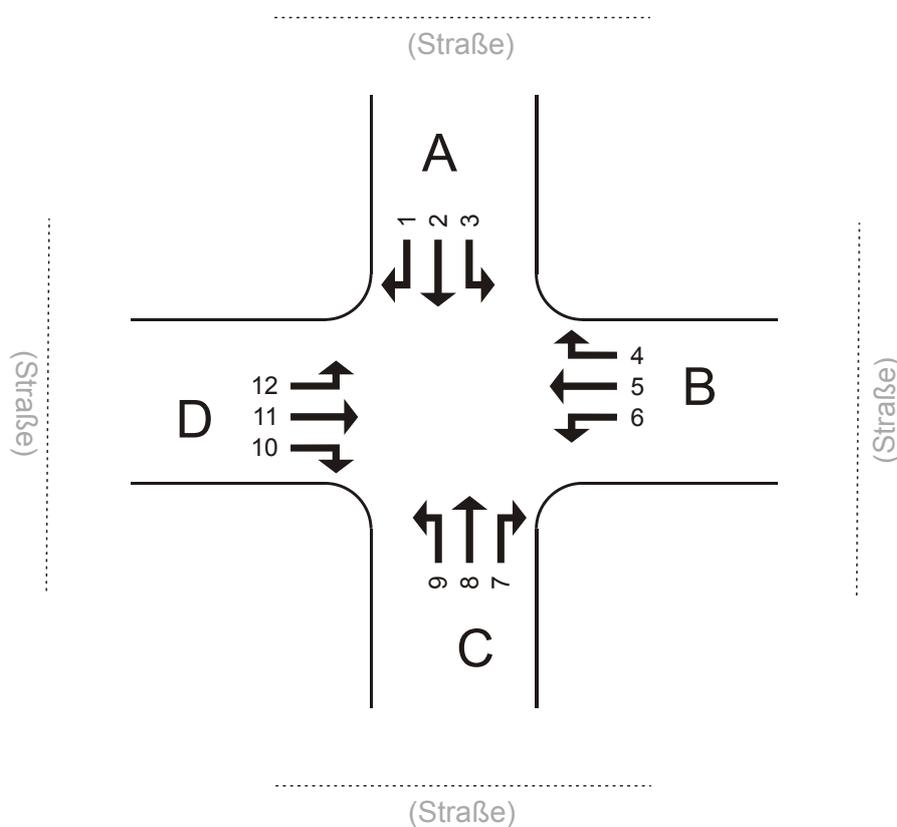
Bei der Beantwortung der Fragen zum MIV beziehen Sie sich bitte auf mindestens 10 Umläufe.

Ordnen Sie die Beobachtungen wie folgt zu den Antwortmöglichkeiten zu:

- mindestens die Hälfte der Umläufe = "häufig",
- weniger als die Hälfte der Umläufe = "vereinzelt",
- kein Umlauf = "nie"

Verkehrsströme am Knotenpunkt

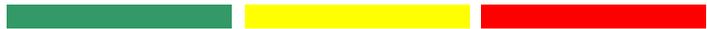
Bitte orientieren Sie sich bei ihren Aufzeichnungen an der dargestellten Skizze. Ergänzen sie die Straßennamen und verwenden Sie die Bezeichnungen **A-D** für die Zufahrten und **1-12** für die Verkehrsströme.



¹⁵ REUSSWIG, A.: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Verkehr, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt, 2005



 MIV	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen, ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Kfz werden durch Rückstau am Erreichen ihres Fahrstreifens gehindert. (z.B.: Linksabbieger erreichen den Linksabbiegerfahrstreifen nicht.)	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Der Rückstau führt dazu, dass ein stromaufwärts liegender KP in seiner Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Die Grünzeit dauert an, obwohl alle wartenden Kfz abgeflossen sind und nur noch vereinzelt Kfz ankommen. Gleichzeitig warten in anderen Zufahrten Kfz auf ihre Freigabe.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Verkehrsströme nutzen die zur Verfügung stehenden Fahrstreifen ungleichmäßig aus.	häufig					
	nicht relevant					
Behinderungen im Zufluss führen dazu, dass Verkehrsströme bei GRÜN nicht zügig auf die LSA zufahren können.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Wenn beobachtet, hauptsächliche Ursache angeben:	Ruhender Verkehr					
	anderer Grund:					
Kfz werden nach dem Überfahren der Haltlinie behindert, sodass sie den KP nicht zügig und ohne erneutes Anhalten passieren können.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Wenn beobachtet, hauptsächliche Ursache angeben:	Überlastung der Ausfahrt					
	nicht geräumte Konfliktfläche					
	andere, bevorrechtigte Fahrzeugströme					
	Bevorrechtigte Fußgänger/Radfahrer					
	Ruhender Verkehr					
	anderer Grund:					
Die Zeit zwischen den Phasen wird als zu lang empfunden (z. B. wenn Konfliktflächen längere Zeit nicht befahren werden, obwohl Kfz/Fußgänger warten).	ja					
	nein					



 Abfluss und Reststau <i>Es werden jeweils die Verkehrsströme gemeinsam betrachtet, die sich einen oder mehrere Fahrstreifen teilen (Mischfahrstreifen). Verkehrsströme auf eigenen Fahrstreifen werden gesondert betrachtet.</i>	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen, ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Während der Freigabezeit fließen in einem oder mehreren Verkehrsströmen (betroffene Ströme bitte notieren) bis Grünende alle Kfz ab, sodass keine Kfz verbleiben.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Während der Freigabezeit fließen in einem oder mehreren Verkehrsströmen (betroffene Ströme notieren) bis Grünende nahezu alle Kfz ab, sodass nur einzelne Kfz verbleiben.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Während der Freigabezeit fließen in einem oder mehreren Verkehrsströmen (betroffene Ströme notieren) bis Grünende mehr als die Hälfte der Kfz ab.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Während der Freigabezeit fließen in einem oder mehreren Verkehrsströmen (betroffene Ströme notieren) bis Grünende weniger als die Hälfte der Kfz ab.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
 Ankunft und Abfluss von Pulks <i>(betrachtet werden nur Pulks mit mindestens 4 Fahrzeugen.)</i>						
Die Kfz kommen in Pulks am KP an.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Während eines Umlaufs kommen vom Nachbar-KP mehrere Pulks am KP an.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Der Pulk kommt bei GRÜN am KP an.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Der Pulk kommt bei ROT am KP an.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Wenn der Pulk bei GRÜN den KP erreicht, können in der Regel alle Kfz ohne Halt durchfahren.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
Wenn der Pulk bei GRÜN den KP erreicht, kann in der Regel ein Großteil der Kfz nicht ohne Halt durchfahren.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					



 (nur zu bearbeiten, wenn regelmäßig Fahrzeuge des ÖV über den KP verkehren)	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen, ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Fahrzeuge des ÖV, die aus einer Haltestelle in den KP einfahren, fahren zu Beginn ihrer Freigabezeit nicht gleich in den KP ein.	häufig					
	nicht relevant					
Fahrzeuge des ÖV, die keine Haltestelle vor dem KP haben, können die Haltelinie nicht ohne Halt erreichen und Überfahren.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
Wenn beobachtet, hauptsächliche Ursache:	kein GRÜN					
	andere ÖV-Fahrzeuge					
	Rückstau des MIV					
	anderer Grund:					
Fahrzeuge des ÖV werden beim Fahren bei GRÜN behindert, sodass sie den KP nicht zügig und ohne erneutes Halten verlassen können.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
Wenn ein ÖV-Fahrzeug im Umlauf vorhanden ist, wird der Abfluss der Fahrzeuge deutlich beeinträchtigt. (nur bei LSA mit ÖS-Bevorrechtigung)	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
Wenn ein ÖV-Fahrzeug im Umlauf vorhanden ist, hat dies einen deutlichen Einfluss auf die Ankunft von Pulks am KP. (nur bei LSA mit ÖS-Bevorrechtigung)	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					



 Fußgänger- und Radverkehr	Zufahrt	bitte ankreuzen				Bemerkungen, ergänzende Angaben
		A	B	C	D	
Für Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) entstehen lange Wartezeiten (>60 s). <i>(nur bei verkehrshängigen Steuerverfahren)</i>	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) sind nicht bereits erkennbar beim Queren der Furt, bevor gleichzeitig freigegebene Fahrzeugströme an der Furt ankommen.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
<i>(bei sehr geringem Fußgänger-/Radverkehrsaufkommen nicht zu bearbeiten)</i>						
Die Fußgänger (und gemeinsam signalisierte Radfahrer) müssen beim Überqueren der Fahrbahn auf der Mittelinsel stehen bleiben.	häufig					
	vereinzelt					
	nie					
	nicht relevant					
Im Fußgängerverkehr kann häufig folgendes Fehlverhalten beobachtet werden:	Gehen bei ROT					
	Überqueren außerhalb der Furt					
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					
 Sonstiges						
Auffälligkeiten im Programmablauf, z. B. ungewöhnliche Programmabläufe (fehlende Phasen, Freigabe trotz fehlender Anforderung. o.a.)						
Auffälligkeiten im Verkehrsablauf, z. B. hohe Geschwindigkeiten Wendevorgänge, um das Linksabbiegen zu vermeiden						

I.5 Empfehlungen zur Implementierung automatisierter Prozesse zur Auswertung von Messfahrten (GPS)

Die im folgenden Abschnitt beschriebenen Arbeitsschritte, dienen als Orientierungshilfe bei der Erstellung von automatisierten Auswertungsroutinen im Bereich der Interpretation von GPS gestützten Befahrungen. Sie geben einen Überblick und zeigen mit welchem Aufwand bei einer derartigen Auswertung zu rechnen ist.

I.5.1 Erstellung von Versorgungsdateien

Der erste Schritt zu einem automatisierten Ansatz, stellt die Versorgung der einzelnen Knotenpunkte dar. Hierbei ist es notwendig, dass für jedes Lichtsignal die zugeordnete Haltelinie georeferenziert wird. Zusätzlich muss der Einflussbereich vor jeder Haltelinie koordinatenbasiert definiert werden. Diese Einflussbereiche sollen den maximal zu erwartenden Rückstau in jedem Knotenpunktarm abdecken. Für jede Messfahrt können dann über die jeweiligen Ein- und Ausfahrzeitpunkte, sowie die Wegpunkte innerhalb des Einflussbereichs die erforderlichen Kennwerte bestimmt werden.

Aus Kompatibilitätsgründen zu den GPS-basierten Wegpunkten sollte die Georeferenzierung im WGS84-Format erfolgen. Wird die Versorgung in einem anderen Koordinatensystem durchgeführt, ist auf eine möglichst genaue Koordinatentransformation zu achten.

I.5.2 Parsen der GPSLog-Dateien

Als Datengrundlage der Auswertung sollten die Mitschriften der Befahrungen in Form von textbasierten GPS-Log-Dateien vorliegen. Ein Datensatz sollte mindestens die folgenden Informationen bereitstellen:

- WGS84 Koordinate des Wegpunkts,
- Zeitstempel und
- Geschwindigkeit.

Falls die Information über die Geschwindigkeit nicht angegeben wird, kann diese über zwei aufeinander folgende Wegpunkte interpoliert werden.

Es ist zu beachten, dass das Format der Textdateien nicht standardisiert ist und je nach Hersteller systemspezifische Besonderheiten aufweist.

I.5.3 Zuordnung der einzelnen GPS-Wegpunkte zu den definierten Einflussbereichen

Das Ziel der Datenaufbereitung ist es, die GPS-Daten der einzelnen Einflussbereiche getrennt auswerten zu können. Dazu ist es notwendig, dass die Wegpunkte der GPS-Protokolle den einzelnen Einflussbereichen zugeordnet werden. Im Detail ist in diesem Auswertungsteil zu berücksichtigen, dass die Wegpunkte der Befahrung den korrekten Knotenpunktarmen und –fahrtrichtungen zugeordnet werden.

I.5.4 Auswertung der zugeordneten Wegpunkte über Kennwertalgorithmen

Die folgenden Kennwertberechnungen müssen durch Algorithmen abgebildet werden:

Mittlere Wartezeiten:

Für jede Messfahrt kann dann über den jeweiligen Ein- und Ausfahrzeitpunkt in den Einflussbereich die tatsächlich benötigte Zeit für die Durchfahrt bestimmt

werden. Durch Differenzbildung zur anzusetzenden Durchfahrzeit bei freier Fahrt mit maximal zulässiger Geschwindigkeit lässt sich die Verlust- bzw. Wartezeit für jede einzelne Messfahrt und für jeden Knotenpunkt bestimmen. Daraus lässt sich im Anschluss eine statistisch abgesicherte, mittlere Wartezeit für die Hauptrichtungen der einzelnen Knotenpunkte entlang der Messstrecke bestimmen.

Mittlere Rückstaulängen:

Aus den Messfahrten kann jeweils der Datenpunkt innerhalb des konfigurierten Einflussbereichs der LSA herausgesucht werden, dessen zugehörige Geschwindigkeit eine parametrisierbare Staugeschwindigkeit unterschreitet. Der entsprechende Zeitpunkt wird als Moment des Auffahrens auf den Rückstau gewertet. Für diesen Zeitpunkt ist der Abstand von der Haltelinie bekannt. Bei der Bestimmung des Mittelwerts der maximalen Rückstaulänge wird davon ausgegangen, dass die Messfahrzeuge, sofern sie zum Halten kommen, im Mittel in der Hälfte der Sperrzeit auf das Rückstauende auffahren und sich somit bei Ende der Sperrzeit in etwa in der Mitte des maximalen Rückstaus bei Rotende befinden. Über diesen einfachen Ansatz lässt sich die mittlere Rückstaulänge bei Rotende bestimmen zu

$$\bar{L}_{\text{Rückstau,RE}} = 2 \cdot \bar{s}_{\text{HL}}$$

mit

s_{HL} = mittlerer Abstand zwischen Messfahrzeug und Haltelinie bei Auffahren auf den Rückstau aus allen Messfahrten.

Anzahl der Halte:

Für koordinierte LSA ist der **Anteil der Durchfahrten ohne Halt** von Bedeutung. Ein Halt ist gekennzeichnet durch mehrere aufeinander folgende Messpunkte einer Mitschrift mit einer zugehörigen Geschwindigkeit von 0 m/s. Der Anteil der Durchfahrten ohne Halt in den befahrenen Zufahrten kann dann über die Gleichung

$$D = \frac{q_D}{q_D + q_H} \cdot 100\%$$

mit:

q_D = Anzahl der Fahrten mit Durchfahrt

q_H = Anzahl der Fahrten mit Halt

bestimmt werden.

Ferner kann auch für einen gesamten koordinierten Streckenzug das **Koordinierungsmaß** bestimmt werden, da für sämtliche Knotenpunkte die Anzahl der Durchfahrten mit und ohne Halt für jede Koordinierungsrichtung bekannt sind. Das Koordinierungsmaß wird berechnet über die Gleichung

$$K_i = \frac{D_i}{(N_{K,LSA} - 1) \cdot n} \cdot 100\%$$

mit:

D_i = Summe der Durchfahrten ohne Halt aus allen Messfahrten an allen Knotenpunkten außer dem ersten

$N_{K,LSA}$ = Anzahl der Knotenpunkte

n = Anzahl der Messfahrten.

Der erste Knotenpunkt darf dabei nicht mit einbezogen werden, da sich das Messfahrzeug erst nach Passieren der ersten LSA in koordinierter Richtung garantiert im Pulk der Grünen Welle befindet.

Eine Größe, die im engen Zusammenhang mit den Wartezeiten und dem Auslastungsgrad bzw. der Sättigung der Zufahrten steht, ist die **Anzahl der Halte bei Mehrfachhalten**. Es ist zu berücksichtigen, dass pro Umlauf nur ein Halt gezählt werden soll, nicht jedoch ggf. weitere kurze Halte beim Nachrücken des Fahrzeugs. Daher sollte ein Datenpunkt mit der Geschwindigkeit 0 m/s nur dann einem Halt zugeordnet werden, wenn auch eine gewisse Anzahl an Folgedatenpunkten dieselbe Geschwindigkeit aufweisen. Zudem sollte zwischen den einzelnen Halten, die als Mehrfachhalt gezählt werden, ein bestimmter, in der Auswertesoftware parametrisierbarer räumlicher Abstand überschritten sein.

Reisezeiten:

Anhand der protokollierten Zeitstempel der einzelnen GPS-Wegpunkten, ist es durch Vergleich der Durchfahrtszeitpunkte an den einzelnen Knotenpunkte sehr einfach möglich, die Reisezeiten auf der befahrenen Strecke zu berechnen.

I.5.5 Abspeichern der berechneten Kennwerte in einer geeigneten Datenhaltung

Die Kennwerte werden für jede einzelne Befahrung erfasst und sollten in einem Datenarchiv abgespeichert werden. Liegen ausreichend Kennwerte für eine statistisch abgesicherte Aussage vor, können diese über eine Auswertesoftware zu Mittelwerten zusammengefasst und visualisiert werden.

I.5.6 Visualisieren der Kennwerte

Um ein effizientes Qualitätsmanagement durchführen zu können, sollte ein automatisiertes Verfahren die Kennwerte visualisieren und interpretieren. Die Visualisierungskomponente hat die Aufgabe die Kennwerte ganzer Streckenabschnitte bzw. LSA-Netze übersichtlich darzustellen. Über die Darstellung der Kennwerte sollte es dem Benutzer möglich sein, diejenigen LSA zu identifizieren, an denen die Kennwerte eine gewünschte Qualität unterschreiten, sodass diese LSA in einer detaillierten Betrachtung näher analysiert werden können.

I.6 Empfehlungen zur Implementierung automatisierter Prozesse zur Auswertung von Prozessdaten

Die im folgenden Abschnitt beschriebenen Arbeitsschritte, dienen als Orientierungshilfe bei der Erstellung von automatisierten Auswertungsroutinen im Bereich der Interpretation Prozessdaten. Sie sollen einen Überblick geben, mit welchem Aufwand bei einer derartigen Auswertung zu rechnen ist.

I.6.1 Anbindung an Prozessdaten

Die Prozessdatenauswertung zielt darauf ab, Daten zu nutzen, die im laufenden Betrieb in den Steuergeräten generiert und dort oder im Verkehrsrechner in archivierter Form abgespeichert werden.

Ist eine direkte Verbindung zu einem Verkehrsrechner vorhanden, stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten der Datenbeschaffung zur Verfügung:

Falls ein Archivsystem vorhanden ist, können Prozessdaten über einen definierten Zeitraum meist in einem textbasierten Format exportiert und in einer Auswertesoftware weiterverarbeitet werden.

Der zweite Weg stellt einen online Zugriff auf die vorhandenen Prozessdaten über eine Verkehrsrechnerzentrale dar. In diesem Fall ist es zu empfehlen, auf die Daten über Schnittstellen zuzugreifen und die Daten an einem zugänglichen Speicherplatz zwischenspeichern.

Liegen die Daten abrufbereit vor, können regelmäßige Kennwertanalysen durchgeführt werden, wodurch sich Anhaltspunkte für kritische LSA frühzeitig erkennen lassen.

I.6.2 Interpretieren der Prozessdaten

Wie bereits in Modul N4 „Prozessdatenauswertung“ beschrieben stehen grundsätzlich die folgenden Werte in den Prozessdatenprotokollen:

- der aktuelle Zeitstempel
- die aktuelle Umlaufsekunde,
- das angezeigte Signalbild jeder Signalgruppe,
- die laufende und die angeforderte Phase sowie
- die Werte von individuellen Merkern aus dem Ablauf verkehrsabhängiger Steuerungen.

Zusätzlich werden jede Minute Detektorzählwerte als Datensatz im Protokoll mit aufgenommen.

Die Aufgabe der automatisierten Auswertung besteht darin, die Signalbilder mit ihren Phaseninformationen zu aggregieren und den einzelnen Signalzeichengebern zuzuordnen. Zusätzlich müssen die Detektorwerte aggregiert und den Signalzeichengebern zugeordnet werden. Sind die Daten zu definierten Intervallen aggregiert, können die Kennwerte über die Algorithmik ermittelt werden.

I.6.3 Kennwertberechnung

Folgende auf dem „Handbuch für die Bemessung von Straßen“ (HBS) basierenden **Kennwerte** sollten über Algorithmen abgebildet werden:

Mittlerer Freigabeanteil der einzelnen Ströme:

Der Freigabezeitanteil lässt sich einfach über den Anteil der Freigabezeit pro Umlauf bestimmen.

Kapazität:

Die tatsächliche Kapazität C der einzelnen Zufahrten kann über folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$C = f \cdot q_S$$

mit:

f = Freigabezeitanteil

q_S = Sättigungsverkehrsstärke

Mittlerer Sättigungsgrad:

Der mittlere Sättigungsgrad s kann über folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$s = \frac{q}{C}$$

mit

q = zugehörige Verkehrsstärke

C = gemessene Kapazität

Mittlere Wartezeit (MIV):

Die mittlere Wartezeit w kann über folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$w = \frac{t_U (1-f)^2}{2(1-q/q_S)} + \frac{3600 \cdot N_{GE}}{f \cdot q_S}$$

mit:

t_U = Umlaufzeit

f = Freigabezeitanteil

q = Verkehrsstärke

q_S = Sättigungsverkehrsstärke

N_{GE} = mittlere Rückstaulänge bei Grünende.

Mittlere Wartezeit (NMIV):

Die mittleren Wartezeiten w von Fußgängern und Radfahrern können über folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$w = \frac{t_S^2}{2 \cdot t_U}$$

mit:

t_S = (mittlere) Sperrzeit

t_U = Umlaufzeit

Anzahl haltender Fahrzeuge:

Die mittlere Anzahl der während eines Umlaufs haltenden Fahrzeuge n_H kann über folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$n_H = \frac{q \cdot (t_U - t_f + N_{GE} \cdot t_B) / 3600}{1 - q/q_S}$$

mit:

t_U = Umlaufzeit

t_f = mittlere Freigabezeit

q = Verkehrsstärke

q_S = Sättigungsverkehrsstärke

t_B = Zeitbedarfswert

N_{GE} = mittlere Rückstaulänge bei Grünende

1.6.4 Abspeichern der berechneten Kennwerte in einer geeigneten Datenhaltung

Die Kennwerte werden in definierten Intervallen erfasst und sollten in einem Datenarchiv abgespeichert werden. Liegen ausreichend Kennwerte für eine statistisch abgesicherte Aussage vor, können diese über eine Auswertesoftware zu Mittelwerten zusammengefasst und visualisiert werden.

1.6.5 Visualisieren der Kennwerte

Um ein effizientes Qualitätsmanagement durchführen zu können, sollte ein automatisiertes Verfahren die Kennwerte visualisieren und interpretieren. Die Visualisierungskomponente hat die Aufgabe die Kennwerte ganzer Streckenabschnitte bzw. LSA-Netze übersichtlich darzustellen. Des Weiteren sollte für den Benutzer schnell ersichtlich werden, an welchen LSA die Kennwerte eine gewünschte Qualität unterschreiten, sodass diese LSA in einer detaillierten Betrachtung näher analysiert werden können.



I.7 Maßnahmenfindung Verkehrssicherheit

Abbiegeunfälle Linksabbieger mit nachfolgendem Fahrzeug	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Gegenverkehr	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Abbiegeunfälle Rechtsabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Kfz	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Radverkehr	Überschreiten-Unfälle mit Fußgänger vor Knotenpunkt	Missachtung der Verkehrsführung im Fußgänger/ Radverkehr	Unfälle im Längsverkehr	Fahruntfälle
---	---	--	---	--	---	---	--	-------------------------	--------------

Allgemeines

Verlagern von Verkehrsströmen auf andere Strecken									•	
Verringern des SV-Anteils									•	
24h-Betrieb der LSA, falls Unfälle vorwiegend bei ausgeschalteter Anlage auftreten	•	•			•		•		•	
Verbessern der Fahrbahnoberfläche, falls Unfälle überwiegend bei Nässe oder Glätte auftreten	•				•		•		•	•
Einrichten oder Verbesserung einer Beleuchtung, falls Unfälle überwiegend bei Dunkelheit auftreten			•	•		•	•			
Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h, falls V_{zul} höher	•	•			•	•	•		•	•
Überwachung der Geschwindigkeitseinhaltung	•	•			•	•	•		•	•

Umgestaltung

Einrichtung eines Kreisverkehrs	•	•			•					
Schließen von Zufahrten zur Vermeidung von Konflikten		•			•					
Ändern der Fahrstreifenaufteilung/Trennen von Fahrstreifen	•								•	
Einrichten oder Verlängern von Rechtsabbiegestreifen									•	
Einrichten gesonderter Radverkehrsflächen			•	•		•		•		
Einrichten indirekten Linksabbiegens für Radfahrer			•					•		
Verringern der Abrückung der Fußgänger/Radfahrfurt				•				•		
Schaffen oder Vergrößern von Aufstellflächen auf Mittelinseln							•	•	•	



Abbiegeunfälle Linksabbieger mit nachfolgendem Fahrzeug	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Gegenverkehr	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Abbiegeunfälle Rechtsabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Kfz	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Radverkehr	Überschreiten-Unfälle mit Fußgänger vor Knotenpunkt	Missachtung der Verkehrsführung im Fußgänger/ Radverkehr	Unfälle im Längsverkehr	Fahrunfälle
---	---	--	---	--	---	---	--	-------------------------	-------------

Links-/Rechtsabbiegen

Untersagen des Linksabbiegens	•	•	•						•	
Überwachung des Einhaltens eines bestehenden Linksabbiegeverbots	•	•	•						•	
Schaffen/Vergrößern von Aufstellflächen für Rechts-/Linksabbieger im Knotenpunktbereich	•			•					•	
Einrichten oder Verlängern von Linksabbiegestreifen	•								•	
Einrichten oder Verlängern einer Zugabezeit für Linksabbieger	•	•								
Beseitigung eines Vorlaufs für Linksabbieger	•	•							•	
Separate Linkabbiegerphase mit getrennter Freigabe des Gegenverkehrs	•	•							•	
Getrennte Freigabe von Rechts-/Linksabbiegern und parallel geführten Fußgängern/Radfahrern			•	•					•	

Abbiegeunfälle Linksabbieger mit nachfolgendem Fahrzeug	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Gegenverkehr	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Abbiegeunfälle Rechtsabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Kfz	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Radverkehr	Überschreiten-Unfälle mit Fußgänger vor Knotenpunkt	Missachtung der Verkehrsführung im Fußgänger/ Radverkehr	Unfälle im Längsverkehr	Fahrunfälle
---	---	--	---	--	---	---	--	-------------------------	-------------

Ausstattung

Vorankündigung der LSA durch statische Schilder/Blinklicht					•	•	•		•	
Einrichtung eines Schutzblinkers zur Warnung vor bevorrechtigtem Verkehr		•	•							
Einrichtung eines Schutzblinkers zur Warnung vor querenden Fußgängern			•							
Errichtung oder Verbesserung einer Beschilderung, die auf die Konfliktsituation im Knotenpunkt hinweist		•	•	•			•			
Errichtung oder Verbesserung einer Beschilderung, die auf die Fahrstreifenaufteilung hinweist	•								•	•
Änderung von Schilderstandorten/Beseitigung von Hindernissen zur Sichtverbesserung				•	•	•	•			
Änderung von Ausrichtung oder Standorten der Signalgeber zur Sichtverbesserung	•	•	•	•	•	•	•		•	
Einrichten zusätzlicher Signalgeber	•	•	•	•	•	•	•		•	
Überprüfung der Zuordnung der Signalgeber zu Fahrstreifen	•	•							•	
Einbau einer Kontrastblende		•			•		•		•	
Überwachung von Rotlichtmissachtungen mit stationärer Anlage		•	•	•	•	•	•			
Verbessern der Fahrstreifenmarkierung										•
Erneuern bestehender oder Anbringen zusätzlicher Richtungspfeile	•								•	
Erneuern der Haltlinienmarkierung					•	•	•			
Erneuern der Furtmarkierung			•	•		•	•	•		
Aufstellen von Absperrungen für Fußgänger/Radfahrer			•	•			•	•		



Abbiegeunfälle Linksabbieger mit nachfolgendem Fahrzeug	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Gegenverkehr	Abbiegeunfälle Linksabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Abbiegeunfälle Rechtsabbieger mit Fußgänger/ Radverkehr	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Kfz	Einbiegen/ Kreuzen-Unfälle mit bevorrechtigtem Radverkehr	Überschreiten-Unfälle mit Fußgänger vor Knotenpunkt	Missachtung der Verkehrsführung im Fußgänger/ Radverkehr	Unfälle im Längsverkehr	Fahrunfälle
---	---	--	---	--	---	---	--	-------------------------	-------------

Steuerungsablauf

Sicherstellen angemessener Freigabezeiten					•				•	
Prüfung der Zwischenzeiten		•	•	•	•	•	•			
Anpassen der Gelbzeiten					•	•	•		•	
Beseitigen eines Vorlaufs für Kfz-Ströme		•								
Verringern der Wartezeiten für Fußgänger			•	•			•	•		
Schalten eines Vorlaufs für Fußgänger			•	•						
Vollständig gesicherte Führung der Fußgänger/Radfahrer			•	•		•	•	•		
Rückmeldung der erfolgten Fußgänger-/Radfahrerforderung			•	•			•	•		
anforderungsunabhängige Freigabe des Fußgänger-/Radverkehrs in jedem Umlauf			•	•			•	•		
Koordinieren der Freigabe von hintereinander liegenden Furten			•	•			•			
Vergrößern des Vorlaufs für Fußgänger/Radfahrer			•	•						
Vollständig gesicherter Freigabe des ÖPNV		•								



I.8 Maßnahmenfindung Verkehrsablauf

zu hohe Wartezeiten MIV	Auftreten von Reststaus	Behinderung MIV durch Rückstau	Behinderung MIV-Abfluss	zu hohe Wartezeiten ÖV (mit MIV geführt)	zu hohe Wartezeiten ÖV (gesondert geführt)	Behinderung ÖV durch Rückstau (mit MIV geführt)	Probleme der Koordinierung im Zusammenhang mit Fahrzeugpuls	zu hohe Wartezeiten NMIV	ungenutzte Freigabezeiten bei wartenden, anderen Strömen	ungleichmäßige Ausnutzung der Fahrstreifen
-------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------------	--	--	---	---	--------------------------	--	--

Allgemeines

Verlagern von Verkehrsströmen auf andere Strecken	•		•	•	•		•		•	
Verringern des Schwerverkehrsanteils	•		•	•	•		•			

Umgestaltung Knotenpunkt

Einrichten eines Kreisverkehrs	•	•			•				•	
Schließen von Zufahrten	•	•			•	•			•	
Ändern der Fahrstreifenaufteilung/Trennen von Fahrstreifen	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Verbreitern von Fahrstreifen	•	•		•	•			•		•
Verkürzen von Räumwegen	•	•	•		•	•	•		•	
Einrichten zusätzliche Fahrstreifen im Zulauf	•	•	•		•	•	•	•	•	•

Links-/Rechtsabbiegen

Untersagen des Linksabbiegens (Blockumfahrung)	•	•	•	•	•	•	•		•		•
Schaffen/Vergrößern von Aufstellflächen für wartende Rechts-/Linksabbieger im Knotenpunktbereich	•	•	•	•	•		•	•			•
Einrichten oder Verlängern von Rechts-/Linksabbiegestreifen	•	•	•	•	•		•	•			•
Vergrößern der Abbiegeradien	•	•		•	•			•			



zu hohe Wartezeiten MIV	Auftreten von Reststaus	Behinderung MIV durch Rückstau	Behinderung MIV-Abfluss	zu hohe Wartezeiten ÖV (mit MIV geführt)	zu hohe Wartezeiten ÖV (gesondert geführt)	Behinderung ÖV durch Rückstau (mit MIV geführt)	Probleme der Koordinierung im Zusammenhang mit Fahrzeugpulk	zu hohe Wartezeiten NMIV	ungenutzte Freigabezeiten bei wartenden, anderen Strömen	ungleichmäßige Ausnutzung der Fahstreifen
-------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------------	--	--	---	---	--------------------------	--	---

Ausstattung

Verbessern der wegweisenden Beschilderung/ Hinweis auf Verkehrsführung oder Einordnungsvorschrift		•									•
Erneuern bestehender oder Anbringen zusätzlicher Richtungspfeile											•

Steuerungsablauf

Anpassen der Programmwechselzeitpunkte	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Einrichten einer verkehrsabhängigen Programmaktivierung	•	•	•		•		•	•	•	•	
Einrichten eines verkehrsabhängigen Steuerungsverfahrens	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Erhöhen der Flexibilität des Steuerungsverfahrens	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Verändern der Umlaufzeit	•	•	•		•	•	•		•		
Verändern der Phaseneinteilung	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Verändern der Phasenfolge	•	•	•		•	•	•	•	•		
Anpassen der Freigabezeiten an den Freigabezeitbedarf	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Verlängern/Verkürzen der Erlaubnisbereiche der Freigabezeit	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Anpassen der logischen Bedingungen und Parameter für den Abbruch von Freigabezeiten	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Überprüfen, ob die Zwischenzeiten zu lang bemessen sind	•	•	•		•	•	•		•	•	
gesicherte Führung bisher bedingt verträglich freigegebener Ströme	•	•	•	•	•		•	•			
Herausnehmen von gesondert geführten Rechtsabbiegeströmen aus der Signalisierung	•	•	•		•		•			•	
Einrichten/Verlängern/Signalisieren einer Zugabezeit für Linksabbieger	•	•	•	•	•		•				
Einrichten einer gesicherten Freigabe der Linksabbieger zeitgleich mit anderen Strömen der Zufahrt	•	•	•	•	•		•				
Zeitliches Trennen der Freigabe der Rechtsabbieger von der parallel geführter Radfahrer und Fußgänger	•	•	•	•	•		•	•			•
Einrichten einer Stauraumüberwachung		•	•				•				

zu hohe Wartezeiten MIV	Auftreten von Reststaus	Behinderung MIV durch Rückstau	Behinderung MIV-Abfluss	zu hohe Wartezeiten ÖV (mit MIV geführt)	zu hohe Wartezeiten ÖV (gesondert geführt)	Behinderung ÖV durch Rückstau (mit MIV geführt)	Probleme der Koordinierung im Zusammenhang mit Fahrzeugpuls	zu hohe Wartezeiten NMIV	ungenutzte Freigabezeiten bei wartenden, anderen Strömen	ungleichmäßige Ausnutzung der Fahrstreifen
-------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------------	--	--	---	---	--------------------------	--	--

ÖPNV

Umlegen von ÖV-Linien zur Entlastung des Knotenpunkts	•	•	•						•		
Überprüfung der Strategie/des Grads der ÖV-Bevorrechtigung, Erweitern/Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des ÖV	•	•	•		•	•	•	•	•	•	
Anforderungsabhängigen Freigabe des ÖV	•	•	•		•	•	•		•	•	
Verringern der Reaktionsdauer auf eine ÖV-Anforderung					•	•	•				
Einrichten eines Sonderfahrstreifens für den ÖV					•		•				

NMIV

Erweitern/Verringern der Eingriffsmöglichkeiten des Fußgänger-/Radverkehrs	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Einrichten einer anforderungsabhängigen Freigabe des Fußgänger-/Radverkehrs	•	•	•	•	•	•	•		•	•	
Verringern der Reaktionsdauer auf eine Anforderung durch den Fußgänger-/Radverkehr									•		

Koordinierung

Einrichten einer koordinierten Steuerung	•				•						
Überprüfen der Koordinierungsfunktion an benachbarten Knotenpunkten	•				•			•			
Überprüfen der bevorzugten Koordinierungsrichtung	•				•			•			
Überprüfen der Priorität konkurrierender Streckenkoordinierungen	•				•			•			
Einbeziehen eines weiteren Stroms in die Koordinierung	•		•		•		•	•			
Überprüfen der Progressionsgeschwindigkeit und Anpassung der Versatzzeiten innerhalb der Grünen Welle	•	•			•			•			