

Vergleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten

FA 3.513

Forschungsstelle: Schlothauer & Wauer GmbH, Zweigniederlassung München, Haar
 Bearbeiter: Reichert, M. / Heinrich, T. / Schober, C. / Stamatakis, I. / Ungureanu, T. / Radon, S. / Illic, M. / Rothe, L.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn
 Abschluss: Juli 2019

1 Aufgabenstellung

Für die verkehrsabhängige Steuerung von Lichtsignalanlagen (LSA) werden als Eingangsgrößen Verkehrsdaten (zum Beispiel Anwesenheit, Belegung, Zählung) benötigt. Die Qualität der Verkehrsdaten hat somit entscheidenden Einfluss auf die Qualität einer verkehrsabhängigen LSA-Steuerung. Deshalb ist eine qualitativ hochwertige Verkehrsdatenerfassung durch geeignete Maßnahmen über den gesamten Lebenszyklus einer LSA zu gewährleisten. Das beginnt bereits in der Planungs- und Bauphase durch die Auswahl geeigneter Detektionstechnologien und der optimalen Positionierung und Einrichtung der Detektoren.

Neben klassischen Induktivschleifendetektoren werden zunehmend andere Detektionstechnologien (zum Beispiel Video, Wärmebild, Radar, Magnetfeld) angeboten und eingesetzt. Bisher wurden technologie- und bauartbedingte Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten jedoch in Deutschland noch nicht hinreichend wissenschaftlich und herstellerunabhängig untersucht, weshalb noch keine konkreten Einsatzempfehlungen gegeben werden können.

Hauptziel dieses Forschungsvorhabens war deshalb eine Zusammenstellung von Einsatzkriterien für verschiedene Detektorstechnologien. Dies beinhaltet unter anderem die Beantwortung folgender Fragen:

- Welche Detektortechnologien sind für die spezifische Anwendung im LSA-Bereich geeignet?
- Welche Umfeld- und Randbedingungen (zum Beispiel hinsichtlich Positionierung) beeinflussen die Qualität der Verkehrsdatenerfassung?
- Welche Detektortechnologien können einander vertreten?

2 Untersuchungsmethodik

Folgender Abschnitt beschreibt die Methodik, nach welcher bei der Untersuchung vorgegangen wurde.

Im ersten Teil wurde zunächst der Stand der Wissenschaft und Technik der am Markt aktuell zur Verfügung stehenden Detektionstechnologien recherchiert. Die Technologien wurden hinsichtlich des Messprinzips, der erfassbaren Kenngrößen, der möglichen Anwendungsfälle, der Einflussgrößen auf die Qualität der Detektion sowie der Vor- und Nachteile betrachtet.

Im Anschluss erfolgte die Definition des Testverfahrens und der Bewertungsparameter. Als Grundlage dafür dienten die allgemeinen Qualitätsmerkmale für Informationen nach Wiltshko (Bild 1).

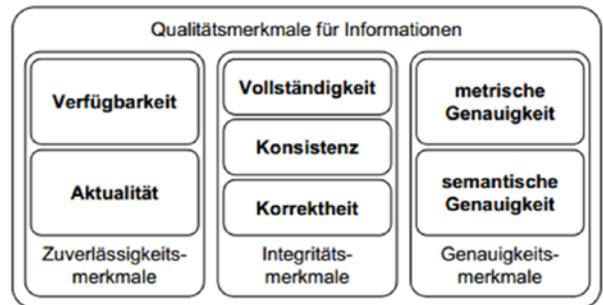


Bild 1: Qualitätsmerkmale für Informationen (Wiltshko, 2004)

Bei den betrachteten Größen und Metriken wurde zwischen zwei Arten von Prüfungen unterschieden:

- Referenzfreie Prüfungen
- Referenzierte Prüfungen

Folgende Merkmale wurden mittels referenzfreier Prüfungen untersucht:

- Tatsächliche Verfügbarkeit – Prüfen, ob zu jeder einzelnen Sekunde des Auswertungszeitraums ein Datensatz vorliegt.
- Vollständigkeit – Prüfen, ob jeder einzelne in der Datenbank hinterlegte Datensatz vollständig mit Werten befüllt ist.
- Konsistenz – Prüfen, ob jeder einzelne in der Datenbank hinterlegte Datensatz die richtige Anzahl an Zeichen und das richtige Format aufweist und ob das erste Zeichen plausibel ist.
- Korrektheit – Prüfen, ob die Signalfolgenfolge der Rohdaten korrekt ist.

Die referenzierten Prüfungen dienten dazu, die Detektionsgenauigkeit zu untersuchen. Dabei wurden folgende Anwendungsfälle betrachtet:

- Kfz-Zählung,
- Anforderung der Freigabezeit und
- Verlängerung der Freigabezeit.

Zur Bewertung der Detektionsgenauigkeit wurden folgende verkehrstechnischen Qualitätskenngrößen verwendet:

- Detektionsrate: Anteil korrekt detektierter Ereignisse an allen Referenzereignissen
- Fehlalarmrate: Anteil Fehlalarme (detektiertes Ereignis ohne Referenzereignis) an allen vom Detektor erfassten Ereignissen

Im nächsten Schritt wurde mit der Durchführung und Beschreibung des Auf- und Abbaus des Testfelds fortgefahren. Als Testumgebung diente die LSA 161 in Nürtingen, an der sich die Oberboihinger Straße (nördlicher und südlicher Knotenarm) mit der Hochwiesenstraße (westlicher Knotenarm) und der Rümelinstraße (östlicher Knotenarm) kreuzt. Bild 2 zeigt eine Übersicht des Testknotenpunkts.

Nach der Einrichtung des Testfelds und der Detektoren wurde der Feldtest durchgeführt. Dabei handelt es sich um die Aufzeichnung von Verkehrsdaten über einen Zeitraum von drei Monaten (Dezember 2017, Januar 2018, Februar 2018).

In den darauffolgenden Schritten wurden die gelieferten Daten entsprechend des beschriebenen Testverfahrens ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert.



Bild 2: Luftbild des Testfelds (Datenquelle: LGL, www.lgl-bw.de)

Abschließend wurde auf die Einsatzempfehlung der Detektoren eingegangen, welche aus der Interpretation der Ergebnisse des Feldtests abgeleitet wurden.

3 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung werden im Schlussbericht detailliert beschrieben. Im Folgenden wird lediglich auf ausgewählte Ergebnisse und Darstellungen eingegangen.

Bei den durchgeführten referenzfreien Prüfungen wurde sowohl für die Vollständigkeit als auch für die Konsistenz eine einhundert-prozentige Richtigkeit festgestellt. Bei der Prüfung auf Korrektheit der Datensätze lieferte keine Detektionstechnologie über den gesamten Auswertungszeitraum höhere Anteile als 0,4 % nicht korrekter Datensätze pro Tag. Das entspricht 346,6 sekundlichen Datensätzen pro Tag.

Die tatsächliche Verfügbarkeit der Daten wurde als Bewertung des gesamten Datentransfer-Systems geprüft (Detektor + Steuergerät + OCIT-Schnittstelle zur Datenübertragung). Der Mittelwert der Anzahl fehlender Datensätze pro Tag betrug dabei 2,92, wobei jeder Datensatz einer Sekunde entspricht.

Bei den Prüfungen mit Referenz hat sich für die Freigabezeit-Verlängerung nach Untersuchung mehrerer Datensätze herausgestellt, dass ein Vergleich der Referenzdaten mit den Detektionsdaten bei einer so hohen Diskrepanz der Genauigkeitstiefe nicht zielführend ist. Aufgrund dieser Tatsache kann die Aussage getroffen werden, dass eine manuelle Referenzerhebung von Zeitlücken mittels Videomaterial im Falle der Freigabezeit-Verlängerung keine geeignete Maßnahme darstellt.

Für die Evaluation der Zählung und Freigabezeit-Anforderung wurde wie folgt vorgegangen. Bei der Überprüfung der Daten auf Detektionsgenauigkeit sollte ermittelt werden, ob die von den Detektoren gelieferten Rohdaten und damit die von den Detektoren erfassten Signalfanken mit den erstellten Referenzdatensätzen

(Ground Truth) übereinstimmen. Dabei wurden die Größen Detektionsrate und Fehlalarmrate untersucht.

Die Darstellung der Auswertungsergebnisse erfolgte immer in Abhängigkeit der Verkehrsstärke, die somit als primäre Kenngröße des Auswertungsverfahrens anzusehen ist. Des Weiteren wurden die Auswertungsergebnisse in verschiedene Einflussfaktoren unterteilt (zum Beispiel Sonne, Dämmerung ohne Niederschlag, Bewölkt mit Niederschlag etc.), die als sekundäre Kenngrößen des Auswertungsverfahrens angesehen werden können.

Die Darstellung aller Detektionstechnologien je Einflussfaktor dient dabei dem schnellen und einfachen Vergleich der Detektionstechnologien untereinander. Mit der Darstellung aller Einflussfaktoren je Detektionstechnologie wurden Trendlinien über die Verkehrsstärke für jede Detektionstechnologie erstellt, welche die allgemeine Performance der Technologien über alle verfügbaren Beobachtungen darstellen. Durch Berechnung der Abweichungen der einzelnen Messwerte zur Trendlinie konnten so für jeden Einflussfaktor Aussagen getroffen werden. Letztlich dient die gesonderte Darstellung der einzelnen Einflussfaktoren für jede Detektionstechnologie der genaueren Betrachtung der einzelnen Einflussfaktoren im Vergleich zur allgemeinen Performance (Trendlinie) der Detektionstechnologien.

4 Folgerungen für die Praxis

Die Arbeit soll als Unterstützung in der Planungsphase einer verkehrsabhängigen LSA-Steuerung dienen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen der Untersuchung lassen sich einige Rückschlüsse auf die Nutzung der Detektortechnologien in der Praxis ziehen.

Mit Blick auf die referenzfreien Prüfungen und die gelieferten Ergebnisse gibt es aus Sicht der Untersuchung keine Einseitigkeit für bestimmte Technologien. Auch hinsichtlich der Randbedingungen, wie etwa Positionierung der Detektoren, kann eine gleichermaßen hohe Empfehlung für alle Detektoren ausgesprochen werden.

Die referenzierten Prüfungen zeigen je nach Anwendungsfall eine unterschiedliche Eignung der untersuchten Detektionstechnologien für den Einsatz an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten. Für die Wärmebilddetektion haben die ausgewerteten Daten eine niedrigere Detektionsrate im Anwendungsfall der Zählung aufgezeigt. Allerdings ist bei dieser Detektionstechnologie auf die über alle Einflussfaktoren konstant niedrige Fehlalarmrate hinzuweisen. Stellt ein Anwendungsfall hohe Anforderungen an die Wirkung der Detektoren bei schlechten Lichtverhältnissen, so zeigte sich, dass der Wärmebilddetektor bei diesem Szenario hohe Genauigkeitswerte aufweist. Einflussfaktoren, welche begrenzte Lichtverhältnisse darstellen, hatten keine große einschränkende Wirkung auf diese Technologie. Ebenfalls sind die Induktionsschleifen technisch bedingt vom Faktor Lichtverhältnis unbeeinflusst.

Als Kontrast dazu hat sich gezeigt, dass die am Test beteiligten Videodetektoren für den Anwendungsfall der Zählung bei Nacht teils erhöhte Fehlalarmraten generieren. Für den Anwendungsfall der Freigabezeit-Anforderung fielen ebenfalls bei Nacht niedrige Detektionsraten auf. Herausforderungen für die Videodetektion stellten teilweise dunkle Lichtverhältnisse gepaart mit Niederschlag dar. Durch Reflexionen des Scheinwerferlichts an der Fahrbahn oder Abgaswolken der Fahrzeuge beim Anfahren an der LSA wurden vereinzelt bei der Videodetektion Ereignisse ausgelöst und generierten somit einen Fehlalarm. Mit steigender Helligkeit stiegen auch die Detektionsraten der Video-

technologie, was zu einer Einsatzempfehlung bei guten Lichtverhältnissen führt.

Im Laufe der Untersuchung wurden einige Gründe für fehlerhafte Detektionen festgestellt. Nach Sperrzeiten an der LSA führen die ersten beiden an der Haltelinie stehenden Fahrzeuge, sehr dicht aneinander über die Erfassungsbereiche der Detektoren, was durch die geringe Zeitlücke beziehungsweise den geringen Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen dazu führte, dass diese als eines erkannt wurden. Ein weiteres Szenario stellten Motorräder, die sehr weit am Rand eines Fahrstreifens fahren, dar, welche dann häufig nicht detektiert wurden. Ebenfalls kritisch waren Fahrstreifenwechsel im haltliniennahen Bereich (hier liegen die Erfassungsbereiche der Detektoren), welche vereinzelt dazu führten, dass ein Fahrzeug doppelt detektiert wurde.

Es ist demnach je nach Anwendungsgebiet zu entscheiden, welche Technologie einzusetzen ist.

