

Einfluss von Fehlern auf Streckenbeeinflussungsanlagen

FA 3.464

Forschungsstellen: Dipl.-Ing. Gerd Schwietering, Beratender Ingenieur für das Bauwesen, Aachen
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Berlin
RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. M. Oeser)

Bearbeiter: Schwietering, C. / Neumann, T. / Volkenhoff, T. / Fazekas, A. / Jakobs, E. / Oeser, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: November 2016

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Sicherung der Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland ist unerlässlich, um die wachsenden Anforderungen an die Mobilität zu erfüllen. Insbesondere in Zeiten großer Haushaltsrestriktionen stellt die zielgerichtete und effiziente Allokation von Finanzmitteln eine große Herausforderung dar. Im Bereich von Straßenbau und -erhaltung ist mit der Zustandserfassung und -bewertung sowie dem darauf aufbauenden Pavement-Management-System ein Werkzeug etabliert worden, das eine netzweite Zuweisung von Ressourcen ermöglicht.

Auch im Bereich der kollektiven Verkehrsbeeinflussung kommt es derzeit zu einer Neuorientierung von der Konzentration auf Neubaumaßnahmen hin zu einer angemessenen Berücksichtigung des Betriebs und der Erhaltung. Hierzu soll in Zukunft insbesondere das Werkzeug des Qualitätsmanagements genutzt werden. Erste Ansätze, die in FGSV (2012)¹ beschrieben sind, werden in der FGSV von Experten weiter vertieft. Grundlage hierbei sollen einschlägige Normen und Vorgaben bilden.

Die Herausforderungen der Anwendung eines Qualitätsmanagements im Bereich der Verkehrsbeeinflussung liegen auf der einen Seite im föderalen System. Jedes Bundesland verfügt beispielsweise über eine eigene Organisationsstruktur. Auf der anderen Seite existieren unterschiedliche Prozesse, die für die Leistungserbringung einer Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA) erforderlich sind. Da in einem umfassenden Qualitätsmanagement der gesamte Lebenszyklus, also Planung, Bau, Betrieb und Erneuerung, abgebildet werden sollte, entsteht eine Vielzahl von Prozessen, die den einzelnen Phasen zugeordnet werden können. Für den Bau und Betrieb von VBA sind viele dieser Prozesse bereits bekannt. Welche Auswirkungen jedoch Entscheidungen/Fehler in der Planung und Ausschreibung auf die Qualität einer VBA haben können, ist noch zu untersuchen. Darüber hinaus müssen all diesen Prozessen geeignete Kriterien und Kenngrößen zur Qualitätsprüfung zugeordnet werden.

Zudem besteht Forschungsbedarf im Bereich der Zusammenführung von Qualitätsbewertungen mithilfe von Syntheseverfahren.

¹ FGSV, 2012: Hinweise zum Einsatz von Steuerungsverfahren in der Verkehrsbeeinflussung, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln 2012

ren. Hier existieren bereits theoretische Vorarbeiten, die in einer praktischen Implementierung erprobt werden sollten. So beschreibt Neumann (2014)² einen Ansatz, der mit der Hilfe von Bayes'schen Netzen eine Berechnung der Gesamtqualität und eine Priorisierung von Qualitätsproblemen möglich macht.

2 Untersuchungsmethodik

Das vorliegende Forschungsprojekt hat daher die Formalisierung und Bündelung verfügbaren Expertenwissens zu Fehlern und Fehlerursachen bei VBA mittels eines mathematischen Qualitätsmodells (Expertensystem) zum Ziel. Die Methodik wird am Beispiel der Streckenbeeinflussungsanlage (SBA) entwickelt, soll aber übertragbar auf andere Anlagentypen bleiben.

Die systematische Erfassung von Prozessen im Lebenszyklus mit typischen Fehlern und Fehlerursachen erfolgt mithilfe einer Fehlermöglichkeits- und -influssanalyse (FMEA). Durch Verwendung dieser Methode wird Expertenwissen genutzt, um die Eingangsgrößen für ein Qualitätsmodell abzuschätzen.

Die Aufstellung des Qualitätsmodells erfolgt auf Grundlage einer probabilistischen Prozessbeschreibung mit fallspezifischen Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Fehlerfortpflanzung und als Diagnose-Werkzeug. Daraus werden konkrete Handlungsempfehlungen im Rahmen des Qualitätsmanagements von SBA unter Berücksichtigung aller wichtigen Lebenszyklusphasen von Planung bis Betrieb abgeleitet und eine Abschätzung des Nutzens der QM-Maßnahmen entwickelt.

Nach Abschluss des Forschungsprojekts stehen damit der Praxis, insbesondere Planern und Betreibern von VBA, konkrete und praxisnahe Ergebnisse zur Verfügung, die nach Umsetzung der im Rahmen des Forschungsprojekts abgeleiteten Anforderungen an ein Diagnosewerkzeug direkt im Betrieb eingesetzt werden können. Zudem wird den Planern eine Methode zur Abschätzung des Nutzens an die Hand gegeben, um die erforderlichen Investitionen zu begründen.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Prozessmodell

Zur Erfassung des komplexen Systems einer SBA wurden die Prozessketten der Lebenszyklusphasen Planung, Bau und Betrieb sowie der den Betrieb unterstützende Prozess Wartung & Instandsetzung in einem Prozessmodell grafisch dargestellt. Die Schaltanforderungen (zum Beispiel Stauwarnung, Nebelwarnung etc.) wurden in sogenannten Top Events modelliert und bilden im Prozessmodell den Endpunkt der Fehlerfortpflanzung.

Die wichtigsten Qualitätsmanagementsysteme und ihre Anwendung im Straßen- und Verkehrswesen wurden untersucht und beschrieben. Die so zusammengestellten Grundlagen zur Gestaltung eines Qualitätsmanagementsystems wurden als Basis für die Entwicklung eines Qualitätsmanagementsystems für

² NEUMANN, 2014: Neumann, T.: Qualitätsmodellierung und -bewertung im Verkehr mittels eines probabilistischen Rahmenkonzepts, In: Straßenverkehrstechnik 7/2014, S. 450-457

VBA herangezogen. Zur Analyse der kritischsten Qualitätsprobleme einer SBA wurde die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) gewählt, da sie eine frühzeitige Fehlererkennung und -beseitigung durch qualitätsverbessernde Maßnahmen erlaubt und alle relevanten Prozesse des Systems berücksichtigt.

Die FMEA wurde auf Grundlage des Prozessmodells erstellt, sodass anhand von verfügbarem Expertenwissen die kritischsten Qualitätsprobleme einer SBA ermittelt werden konnten. Die kritischsten Prozesse berechnen sich aus der Bedeutung, Auftretens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehler.

3.2 Qualitätsmodell

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde ein Qualitätsmodell entworfen, das die Auswirkungen der Fehler auf nachfolgende Prozesse modelliert. Anhand eines erarbeiteten Funktionsnetzes (s. Bild 1) wurden die Prozesse und die unmittelbaren Folgeprozesse grafisch dargestellt.

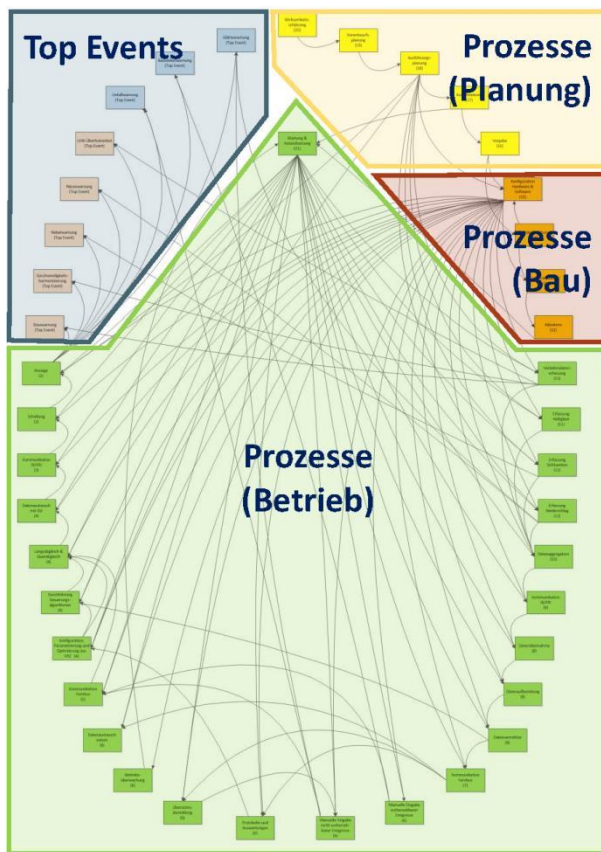


Bild 1: Funktionsnetz der Prozesse einer SBA

Das Modell wurde schließlich auf Grundlage sogenannter Bayes'scher Netze entworfen. Diese stellen ein generisches, wahrscheinlichkeitstheoretisches Rahmenkonzept zur probabilistischen Modellierung kausaler und statistischer Zusammenhänge in komplexen Systemen bereit.

Die Ergebnisse des Prozessmodells und der FMEA wurden in das Qualitätsmodell übertragen, das zur Quantifizierung der Auswirkungen möglicher Fehler oder Defizite auf nachfolgende Prozessschritte im gesamten Lebenszyklus einer SBA einschließlich der Wartung & Instandsetzung dient. Außerdem

wurde das Qualitätsmodell zur Diagnose von Fehlerursachen bei beobachteten Problemen (zum Beispiel bei der verkehrlichen Wirksamkeit von SBA) genutzt.

3.3 Handlungsempfehlungen

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden praxisorientierte, ressourcenschonende Handlungsempfehlungen (zum Beispiel bei beobachteten Defiziten hinsichtlich ausgefallener Detektionsgeräte) abgeleitet und in einem eigenständigen Dokument für die Zielgruppen Planer und Betreiber von SBA zusammengestellt.

Anhand der Ergebnisse des Prozessmodells wurden die Handlungsempfehlungen formuliert und in Experten-Workshops besprochen, bewertet und optimiert. Neben der Vollständigkeit und Richtigkeit der Handlungsempfehlungen wurden die Maßnahmen hinsichtlich des zu erwartenden Aufwands zur Einführung und Durchführung sowie der Effektivität bewertet. Anschließend wurden die so vorabgestimmten Handlungsempfehlungen mit dem forschungsprojektbegleitenden Betreuerkreis diskutiert und finalisiert.

Die Struktur der Handlungsempfehlungen wurde anhand der Prozesse der Lebenszyklusphasen des Prozessmodells abgebildet, sodass Planern und Betreibern ein übersichtliches Dokument zur Verfügung steht, das es ermöglicht, Maßnahmen auch kurzfristig in den Betrieb von Verkehrsrechnerzentralen zu integrieren.

3.4 Nutzen von QM-Maßnahmen

Durch die Ableitung von Handlungsempfehlungen ist ein Katalog von konkreten Maßnahmen entstanden, die von Betreibern von SBA umgesetzt werden können, um die Fehlerwahrscheinlichkeit der Anlage zu reduzieren.

Da für die erarbeiteten Handlungsempfehlungen die jeweiligen Kosten und Nutzen nicht beziehungsweise nur schwer monetär bewertbar sind, konnte keine quantitative Kosten-Nutzen-Analyse angesetzt werden. Mittels einer Kosten-Nutzwert-Analyse konnte jedoch für die Betreiber eine Möglichkeit geschaffen werden, anhand der betreiberspezifischen Anforderungen eine Prioritätenliste der Handlungsempfehlungen aufzustellen, die an die Notwendigkeiten der konkreten Anlage angepasst ist und somit den effizienten Einsatz von Ressourcen ermöglicht.

Die Kosten-Nutzwert-Analyse wurde zur Illustration der Vorgehensweise anhand eines praxisnahen Beispiels durchgeführt. Die Methode eignet sich zur Abschätzung des Nutzens der Qualitätsmanagementmaßnahmen und zur Begründung der erforderlichen Investitionen zur Qualitätssicherung.

4 Fazit und Ausblick

Die Forschungsarbeit hatte die Erarbeitung eines vollständigen Prozess- und Qualitätsmodells für die Lebenszyklusphasen Planung, Bau und Betrieb von SBA und von praxistauglichen Handlungsempfehlungen zur Einführung und Durchführung von Qualitätsmanagementmaßnahmen zum Ziel.

In dem Prozessmodell wurden alle bewertungsrelevanten Prozesse des gesamten Lebenszyklus einer SBA grafisch dargestellt. Im Rahmen einer Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse wurden mithilfe von Expertenwissen die kritischsten Prozesse ermittelt und bewertet. Es zeigte sich, dass die zehn kritischsten Fehler ausschließlich in der Lebenszyklusphase Betrieb auftreten. Diese waren vermehrt in den Prozessen "Datenaufbereitung" und "manuelle Eingabe von nicht vorhersehbaren Ereignissen" zu finden. Anhand der Betrachtung der einzelnen Lebenszyklusphasen konnten außerdem die kritischsten Prozesse der jeweiligen Phasen identifiziert werden. Als kritischste Prozesse haben sich in der Lebenszyklusphase Planung die Prozesse "Ausführungsplanung" und "Ausschreibung", in der Lebenszyklusphase Bau der Prozess "Konfiguration Hardware & Software" herausgestellt.

Auf Basis der Ergebnisse des Prozessmodells und der FMEA wurden in einem Qualitätsmodell die Auswirkungen der Fehler auf nachfolgende Prozesse modelliert. Anhand eines Bayes'schen Netzes konnten somit die Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehler und die Fehlerfortpflanzung unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten der Prozesse untereinander dargestellt und berechnet werden. Des Weiteren konnte das Qualitätsmodell als Diagnosewerkzeug zur Identifizierung möglicher Fehlerursachen eines Fehlers während des Betriebs einer SBA genutzt werden. Das auf einem Bayes'schen Netz basierende Qualitätsmodell erwies sich als geeignetes Konzept zur Umsetzung des komplexen Systems einer SBA.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden anhand des Prozessmodells Handlungsempfehlungen für Planer und Betreiber von VBA formuliert. Zudem wurde eine Methode zur Abschätzung des Nutzens der Maßnahmen zur Verfügung gestellt und anhand eines praxisnahen Beispiels illustriert, um die erforderlichen Investitionen zur Qualitätssicherung zu begründen.

Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten sich mit der weiteren Optimierung des beschriebenen Qualitätsmodells in Form von Anpassungen der Modelltopologie sowie der datenbasierten Schätzung der benötigten Modellparameter beschäftigen.

Des Weiteren sollten die Ergebnisse des Prozess- und Qualitätsmodells in der Praxis anhand einer VBA getestet werden. Jedoch ist zu beachten, dass das Prozessmodell auf einer musterhaft konzipierten SBA basiert und daher bei Anwendung in der Praxis auf andere Typen von VBA (zum Beispiel Netzbeeinflussungsanlagen oder Knotenpunktbeeinflussungsanlagen) beziehungsweise auf eine konkret vorliegende SBA angepasst werden muss.