

Empirische Absicherung der Verhaltensfunktion für Wirtschaftlichkeitsrechnungen und für PMS-Anwendungen

FA 9.128

Forschungsstelle: Dipl.-Ing. S. Oertelt, Dießen am Ammersee

Bearbeiter: Oertelt, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Oktober 2006

1. Aufgabenstellung

Aussagen zum zeitlichen Zustandsverlauf und den zu erwartenden Zustandsänderungen von Fahrbahnbefestigungen werden für die abschnittsbezogene Erhaltungsplanung mit Pavement-Management-Systemen (PMS) für netzbezogene Abschätzungen des Erhaltungsbedarfs sowie abschnitts- und netzbezogene Wirtschaftlichkeitsrechnungen benötigt. Die derzeit für die merkmalsbezogene Zustandsprognose verwendeten und in den "Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen RPE-Stra 01" hinterlegten Verhaltensfunktionen sind empirisch noch nicht ausreichend abgesichert.

Mit dem Abschluss der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) 2001/2002 standen erstmalig netzweit Zustandsdaten von Bundesautobahnen für drei Erfassungszeitpunkte über einen Gesamtzeitraum von 10 Jahren für eine empirische und mathematisch statistische abgesicherte abschnittsbezogene Verfolgung von Zustandsverläufen zur Verfügung. Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts FA 9.125 "Katalogisierung von beschreibenden Größen für das Gebrauchsverhalten von Fahrbahnbefestigungen und die Wirkung von Erhaltungsmaßnahmen" wurden Untersuchungen zu den Zustandsverläufen für Zustandsmerkmale nach dem Neubau bzw. grundlegenden Erneuerungen, zu den Rücksetzwerten unmittelbar nach Erhaltungsmaßnahmen und zu den Zustandsverläufen nach Erhaltungsmaßnahmen für Bundesautobahnen durchgeführt. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchungen stehen nun für Bundesautobahnen spezifische Standardverhaltensfunktionen aller Zustandsgrößen für verhaltenshomogene Gruppen, getrennt nach den Bauweisen Asphalt und Beton sowie getrennt für Hauptfahrstreifen und restliche Fahrstreifen, zur Verfügung.

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit besteht in der systematischen Analyse beobachteter Zustandsänderungen von Streckenabschnitten der Bundesstraßen auf der Grundlage der Ergebnisse der ZEB-Kampagnen 1993/1995, 1999/2000 und 2003/2004 unter Einbeziehung von Aufbau- und Informationen zur Erhaltungsgeschichte mit dem Ziel der empirischen Absicherung der derzeit im Pavement-Management (PMS) angewendeten Verhaltensprognose auf Bundesstraßen bzw. der Verbesserung der Zustandsprognose durch die Ableitung signifikanter Verhaltensfunktionen für alle Zustandsgrößen.

2. Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Bestandsdaten (Querschnitts-, Aufbau-, Maßnahme- und Verkehrsdaten) und Zustandsdaten aus den 3 ZEB-Kampagnen wurden übernommen, aufbereitet, geprüft und ergänzt. Der Längsebenenwirksamkeitsindex LWI, der erstmalig bei der ZEB-Kampagne 2003/2004 erhoben wurde, konnte

nachträglich aus den Längsprofilrohdaten der ZEB-Kampagne 1999/2000 errechnet werden.

Die mit den Jahresmessungen 2004 vollzogenen Änderungen der gesamten Erfassungs- und Bewertungssystematik von Abschnitten der Ortsdurchfahrt erforderte eine komplette und einheitliche Neuberechnung aller Zustandsgrößen aus den entsprechenden Rohdaten der ZEB-Kampagnen 1999/2000 und 2003/2004.

Mit den Ergebnissen von 3 aufeinander folgenden ZEB-Kampagnen lagen für eine große Anzahl von Abschnitten 3 Zustandsbeobachtungen über einen Gesamtzeitraum von ca. 10 Jahren vor. Die Untersuchung zeitlicher Zustandsänderungen in Form von Zeitreihenanalysen schied aufgrund der bei Weitem zu geringen Anzahl zeitlicher Stützpunkte aus. Die zeitlichen Zustandsänderungen wurden daher in einer indirekten Analyse über Bildung von Gruppen mit übereinstimmenden Einflussfaktoren untersucht. Die Berücksichtigung der Ergebnisse mehrerer ZEB-Kampagnen diente in erster Linie der Verbesserung der statistischen Ausgangssituation durch eine Vergrößerung der Fallzahlen in den zu bildenden Gruppen. Zustands- und Bestandsdaten konnten überprüft und validiert werden, indem die anhand der Ergebnisse mehrerer ZEB-Kampagnen beobachteten Zustandsänderungen im Kontext mit den Informationen zur Erhaltungsgeschichte untersucht wurden.

Von der in der Erhaltungsplanung üblichen Bildung von Abschnitten homogenen Zustands wurde aufgrund des Fehlens und des Ausschlusses zahlreicher Zustandsdaten abgesehen, da hierdurch mit zu geringen Fallzahlen für die Untersuchungen der Zustandsänderungen zu rechnen war. Die Untersuchungen wurden daher auf der Basis von ZEB-Auswerteabschnitten durchgeführt.

Zur Identifizierung der Zustandsdaten, die geeignet waren, die "ungestörte" zeitliche Veränderung des Fahrbahnzustands seit der letzten erfassten Erhaltungsmaßnahme abzubilden, wurden Zustandsänderungen über den Vergleich der Ergebnisse von aufeinander folgenden ZEB-Kampagnen im Kontext mit den zugehörigen Informationen zur Erhaltungsgeschichte abschnittsweise untersucht und gefiltert. Hierfür wurden 3 alternative Methoden entwickelt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen vergleichend untersucht.

Zur Überprüfung und empirischen Absicherung der derzeit im PMS verwendeten und in den RPE-Stra 01 hinterlegten Verhaltensmodelle und Verhaltensfunktionen wurde der Zustand für Auswerteabschnitte aus den Daten der jeweiligen ZEB 1 auf den Zeitpunkt der ZEB 2 hochgerechnet und mit den Ergebnissen der ZEB 2 verglichen. Die Qualität dieser Zustandsprognosen wurde anhand mehrerer Übereinstimmungsmaße dokumentiert.

Aufgrund mehrfacher auffälliger Unterschiede zwischen den Zustandsdaten der ZEB-Kampagne 1993-1995 und der späteren Kampagnen und wegen der bekannten systematischen Unterschiede bei den eingesetzten Messsystemen, Erfassungsverfahren und Lokalisierungstechniken dieser Zustandserfassungen wurden gezielte Untersuchungen zur Vergleichbarkeit der Kampagnenergebnisse durchgeführt, die im Ergebnis dazu führten, dass die Zustandsdaten der Ersterfassung der Bundesstraßen 1993-1995 für die Bildung von Gruppen mit übereinstimmenden Einflussfaktoren zur

Ableitung gruppenspezifischer Verhaltensfunktionen keine Berücksichtigung fanden.

Bei der Gruppenbildung wurden als Hauptkriterien die administrative Zugehörigkeit und im Falle der Griffigkeit die Deckschichtart, für alle anderen Zustandsgrößen die Maßnahmekategorie der letzten Erhaltungsmaßnahme gewählt. Für die nach diesen Kriterien abgegrenzten Gruppen wurden die Mittelwerte für Altersgruppen ermittelt, für die durch gewichtete Kurvenanpassungen Trendlinien abgeleitet wurden.

Die in einem zweiten Schritt untersuchte Berücksichtigung der weiteren endogenen Faktoren Längsneigung, Bemessungsindex und Fahrstreifenbreite ergab mehrfach unplausible Trendlinien für die gebildeten Gruppen. Für die Ableitung der Verhaltensfunktionen wurden diese weiteren Faktoren daher nicht berücksichtigt.

Als Funktionstypen für die Verhaltensfunktionen wurden für alle Zustandsgrößen außer der Griffigkeit Exponentialfunktionen, für die Griffigkeit alternativ eine Potenzfunktion und eine lineare Funktion gewählt.

Die ermittelten Verhaltensfunktionen wurden erprobt, indem, wie bereits zuvor für derzeit im PMS verwendeten Verhaltensmodelle und Verhaltensfunktionen, der Zustand für Auswerteabschnitte aus den Daten der jeweiligen ZEB 1 auf den Zeitpunkt der ZEB 2 hochgerechnet und mit den Ergebnissen der ZEB 2 verglichen wurde. Die Prognoseergebnisse, die als Zustandsgrößen vorlagen, wurden in Zustandswerte transformiert, um den direkten Vergleich der Prognosequalität mit der der bisherigen Zustandsprognose zu ermöglichen.

Die Übertragbarkeit der für Auswerteabschnitte ermittelten und überprüften Verhaltensfunktionen auf Erhaltungsabschnitte konnte für ein Teilkollektiv von Erhaltungsabschnitten aus 7 Bundesländern durch Erprobung dieser Verhaltensfunktionen und Überprüfung der Prognosequalität nachgewiesen werden.

3. Folgerungen für die Praxis

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit den in dieser Arbeit abgeleiteten Verhaltensfunktionen insgesamt Verbesserungen bei der Abschätzung zum zeitlichen Zustandsverlauf und den zu erwartenden Zustandsänderungen von Fahrbahnbefestigungen erzielt werden können. Anhand der Ergebnisse aus den Überprüfungen der derzeit verwendeten und der neu ermittelten Verhaltensfunktionen kann die Qualität von Zustandsprognosen für Bundesstraßen abgeschätzt werden.

Weitere Verbesserungen bei der Abschätzung zum zeitlichen Zustandsverlauf und den zu erwartenden Zustandsänderungen von Fahrbahnbefestigungen sind für Zustandsprognosen auf der Basis stochastischer Prognoseverfahren zu erwarten. Hierzu besteht grundlegender Forschungsbedarf.

Im Hinblick auf die häufig sehr kleinen zeitlichen Zustandsänderungen, die insbesondere zu Beginn der Nutzungsdauer von Fahrbahndecken zu beobachten sind, erscheint es sinnvoll, die seit der Ersterfassung der Bundesstraßen im Jahre 1993 im Wesentlichen unveränderten Festlegungen hinsichtlich der geforderten Mess- und Auswertegenauigkeiten im ZEB-Verfahren zu überprüfen und ggf. anzupassen. Hierzu besteht Forschungsbedarf.

Für alle künftigen Untersuchungen, die sich mit zeitlichen Zustandsänderungen befassen, besteht die dringende Notwendigkeit, Verfahren und Strukturen zur Historisierung von Zustands- und Bestandsdaten zu schaffen bzw. zu verbessern, um sicherzustellen, dass diese Daten, die mit großem Aufwand erhoben wurden, nutzbar bleiben.