

Einbindung der baulichen Unterhaltung in Verfahren für das Erhaltungsmanagement

FA 9.131

Forschungsstelle: Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München
 Bearbeiter: Maerschalk, G. / Hinsch, K.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
 Wohnungswesen, Bonn
 Abschluss: März 2008

1 Aufgabenstellung

Zur baulichen Unterhaltung von Fahrbahnbefestigungen (nach ZTV BEA-StB 98/03: Instandhaltung) gehören allgemein bauliche Maßnahmen kleineren Umfangs zur Substanzerhaltung und zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit von Verkehrsflächen, die mit geringem Aufwand in der Regel sofort nach dem Auftreten eines örtlich begrenzten Schadens von Hand oder maschinell ausgeführt werden. Im Gegensatz zu den großflächigen Maßnahmenteilen der Instandsetzung und Erneuerung, die mit ihren örtlichen Bezügen, spezifischen Kosten und Wirkungen in das Pavement-Management-System (PMS) und die Verfahrensweisen der Langfristprognose des Erhaltungsbedarfs integriert werden können, liegen für den Bereich der baulichen Unterhaltung bisher nur pauschale Kostensätze (Euro pro m² und Jahr) vor. Mit einer systematischen Analyse sollten erste Voraussetzungen geschaffen werden, diesen Teilbereich der Fahrbahnerhaltung empirisch besser abgesichert in die Verfahren für die Erhaltungsplanung einzubinden.

Voraussetzung dafür ist eine abschnittsbezogene Zuordnung von Unterhaltungsmaßnahmen. Bei bekannten Aufbau-, Verkehrs- und Zustandsdaten dieser Abschnitte können damit empirisch abgestützte Erkenntnisse zur strecken- und zustandsbezogenen Häufigkeit und zu den unmittelbaren bzw. längerfristigen Wirkungen von Maßnahmen der baulichen Unterhaltung abgeleitet werden. Eine Stichprobenerfassung von lokalisierten Unterhaltungsmaßnahmen mit den entsprechenden Auswertungen sollte daher, flankiert durch eine Analyse derzeit gebräuchlicher Vorgehensweisen, den Schwerpunkt der Untersuchung bilden. Für die Analyse der Abhängigkeit vom Zustand sollten dabei die im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) erfassten und für 100-m- bzw. 20-m-Auswerteabschnitte ermittelten Zustandsgrößen und -werte herangezogen werden. Um zusätzlich zur lokalisierten Stichprobenerfassung auch das gesamte Unterhaltungsgeschehen betrachten zu können, sollten zusätzlich die übermittelten Aufzeichnungen eines Jahrgangs (2004) für ein Bundesland ausgewertet werden.

2 Untersuchungsmethodik

Zum Einstieg in das Thema bauliche Unterhaltung wurden verfügbare nationale und internationale Literaturquellen ermittelt und ausgewertet. Von Interesse dabei war insbesondere, inwieweit der Bereich bauliche Unterhaltung bereits in bestehende Infrastruktur-Management-Systeme eingebunden ist und ob die entsprechenden Verfahrensweisen übertragbar sind.

Die für inhaltliche Analysen zum Zusammenhang zwischen dem Zustand gemäß ZEB und der Intensität und den Wirkungen der baulichen Unterhaltung benötigten Angaben zur möglichst genauen Örtlichkeit von durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen an Fahrbahnen können nur mit der Unterstützung von Straßenbauverwaltungen beschafft werden, die konkret mit der baulichen Unterhaltung in der Örtlichkeit befasst sind. Diese Erhebung wurde vorbereitet, durchgeführt, ausgewertet und in ihrer Plausibilität überprüft. Für die weiteren

Analysen wurden die gemeldeten Unterhaltungsmaßnahmen mit den nach der ZEB-Systematik gerasterten Straßennetzen verknüpft, um einen Zugriff auf die zugehörigen Querschnitts-, Aufbau-, Verkehrs- und Zustandsdaten der ZEB zu ermöglichen.

Auf Basis der Verknüpfung mit dem ZEB-Netz konnte eine Analyse von Zusammenhängen zwischen dem ZEB-Zustand und den Häufigkeiten der gemeldeten Unterhaltungsmaßnahmen erfolgen. Von Interesse war vor allem, mit welcher Häufigkeit Unterhaltungsmaßnahmen in bestimmten Zustandsbereichen auftreten und ob es einen Schwellenwert gibt, nach dessen Überschreitung keine oder nur wenige Unterhaltungsmaßnahmen zu verzeichnen sind. Neben den ZEB-Auswerteabschnitten (100 m bzw. 20 m in Ortsdurchfahrten) mit gemeldeten Unterhaltungsmaßnahmen wurde dabei auch der Zustand angrenzender Abschnitte berücksichtigt. Da das derzeitige ZEB-Verfahren der Zustandsbewertung im Kontext mit der baulichen Unterhaltung vielfach nicht schlüssig ist, wurden auch Analysen auf der Grundlage einer modifizierten Zustandsbewertung durchgeführt.

Im Ergebnis der strecken- und zustandsbezogenen Darstellung des Unterhaltungsgeschehens konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Analysen der unmittelbaren bzw. längerfristigen Wirkungen von Maßnahmen der baulichen Unterhaltung wurden daher überwiegend auf der Grundlage theoretischer Betrachtungen durchgeführt. Dies gilt insbesondere auch für die längerfristigen Wirkungen, da Langzeitbeobachtungen einer statistisch repräsentativen Anzahl von Fahrbahnabschnitten und Unterhaltungsmaßnahmen im Rahmen eines Forschungsprojekts nicht möglich waren.

Zur Verifizierung der vorliegenden Pauschalkostensätze wurden vorhandene Aufzeichnungen zum Unterhaltungsgeschehen ausgewertet. Über die Aufgabenstellung hinausgehend wurde dazu eine Erhebung in 8 Bundesländern über 2 Jahre (2005 und 2006) des dem Leistungsbereich 1.01 des Leistungshefts für den Straßenbetriebsdienst entsprechenden Unterhaltungsgeschehens durchgeführt. Die gewünschten Unterlagen konnten von 4 Bundesländern, teilweise auch über 3 bzw. 4 Jahre, geliefert werden.

3 Untersuchungsergebnisse

Die verfügbaren Literaturquellen zum Thema "bauliche Unterhaltung" sind entweder veraltet oder sowohl in der Abgrenzung der betrachteten Leistungen als auch im Informationsgehalt indifferent und wenig ergiebig. Im Bauwerks-Management-System (BMS) erfolgt die Zuordnung von Unterhaltungsmaßnahmen entweder in Abhängigkeit der spezifischen Schadensbewertung für die Teilziele Standfestigkeit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit oder formal innerhalb eines bestimmten Gesamtzustandsnotenbereichs (bis Note 1,8). Diese Verfahrensweise ist auf Fahrbahnbefestigungen nicht übertragbar. Von den Pavement-Management-Systemen, für die detaillierte Informationen verfügbar sind, ist im Hinblick auf die bauliche Unterhaltung insbesondere das französische System GIRR ("Gestion intelligente des Réseaux Routiers") von Interesse, das für die vom französischen Staat verwalteten Autobahnen (ca. 2 600 km) und Nationalstraßen (ca. 28 000 km) angewendet wird (ausschließlich Asphaltdecken). Die Einbindung von Unterhaltungsmaßnahmen erfolgt dabei auf der Grundlage einer zweidimensionalen Schadenserkennung für 200-m-Auswerteabschnitte nach Ausprägung und Häufigkeit. Da bei der ZEB zwar Schadenshäufigkeiten, derzeit aber nicht die in GIRR für die Maßnahmezuweisung in erster Linie wichtigen

Schadensausprägungen ausgewertet werden, ist diese Einbindung der baulichen Unterhaltung nicht übertragbar.

Die über ca. 3 Monate vorgesehene Stichprobenerfassung durchgeführter Unterhaltungsmaßnahmen, für die spezielle Erhebungsformblätter entwickelt wurden, lief nach vorbereitenden Schulungen im April 2005 an. Die Auswahl der insgesamt 19 Autobahnmeistereien in 4 Bundesländern und der 34 Straßenmeistereien in 7 Bundesländern erfolgte in Abstimmung mit den zeitlich nächstliegenden ZEB-Jahresmessungen (Bundesautobahnen 2005, Bundesstraßen 2004). Erhebungsinhalte waren neben den Angaben zur Örtlichkeit die durchgeführten Maßnahmengattungen, die dafür ursächlichen Zustandskonstellationen sowie Informationen, die eine Rekonstruktion der Maßnahmekosten ermöglichen sollten.

Die Anzahl der bei der Erhebungsaktion gemeldeten Unterhaltungsmaßnahmen war nach Aussonderung der Formblätter mit unvollständigen und unschlüssigen Angaben trotz der mehrfach verlängerten Abgabefristen mit 692 Maßnahmen bei den Bundesautobahnen und 407 Maßnahmen bei den Bundesstraßen relativ gering. Bei den Bundesautobahnen wurde annähernd die gleiche Anzahl von Maßnahmen für Asphaltdecken (374 Maßnahmen) und für Betondecken (318 Maßnahmen) gemeldet. Bei den Asphaltdecken ist die Maßnahmengattung "Ausbessern mit Asphaltmischgut (Flicken)" deutlich am häufigsten aufgeführt. Bei den Betondecken dominieren die Maßnahmengattungen "(Teil-)Ersatz Betonplatte mit Asphalt" und "Ausbessern von Kantenschäden/Eckabbrüchen". Bei den Bundesstraßen beziehen sich die Meldungen überwiegend auf Asphaltdecken (385 Meldungen) und nur zum geringen Anteil auf Pflasterdecken (22 Meldungen). Bei den Bundesstraßen mit Asphaltdecken ist die Maßnahmengattung "Ausbessern mit Asphaltmischgut (Flicken)" deutlich am häufigsten genannt.

Die im Zusammenhang mit der Durchführung der Unterhaltungsmaßnahmen gemeldeten Schäden sind in der überwiegenden Mehrzahl plausibel. Für die Asphaltdecken sind bei der Maßnahmengattung "Flicken" häufig Netz- und/oder Einzelrisse oder Abplatzungen bzw. Ausbrüche angegeben, vielfach auch als Schadenskombinationen. Für die Betondecken tritt eine eindeutige Zuordnung zwischen den Schadensarten Kantenschäden/Eckabbrüche und der Maßnahmengattung "Ausbessern von Kantenschäden/Eckabbrüchen" auf. Für "(Teil-)Ersatz mit Asphalt" sind überwiegend Ausbrüche (= Nester/Abplatzungen) ursächlich.

Bei den auf der Basis der Netzzuordnung der gemeldeten Unterhaltungsmaßnahmen vorgenommenen Analysen von Zusammenhängen mit den Zustandsgrößen/-werten der ZEB-Auswerteabschnitte reduzierten sich die Fallzahlen nochmals, da für einige Abschnitte keine ZEB-Zustandsdaten vorliegen. Auf die ursprünglich vorgesehenen multivariaten Analysen, z. B. nach Bauweisen und Verkehrsbelastungen, musste aufgrund der geringen Fallzahlen weitestgehend verzichtet werden (Ausnahme: Aufteilung nach Asphalt, Beton und Pflaster). Die Ergebnisse der zur Plausibilitätsprüfung durchgeführten Vergleiche zwischen den für die Durchführung von Unterhaltungsmaßnahmen als maßgeblich gemeldeten Schäden und den Ergebnissen der ZEB sind nur teilweise stimmig.

Unplausibel sind vor allem die besonders bei Beton häufiger vorkommenden Fälle mit gemeldeten Schäden an Abschnitten, die gemäß der ZEB-Auswertung keinerlei entsprechende Schäden aufweisen. Ursächlich dafür ist u. a., dass die Auswerteabschnitte der ZEB (100 m, Ortsdurchfahrten 20 m) nicht optimal für eine genaue Zuordnung der vielfach punktuellen Unterhaltungsmaßnahmen sind. Dazu kommt, dass die Lokalisierung von Unterhaltungsmaßnahmen in der Örtlichkeit bei vertretbarem Erhebungsaufwand nur mit begrenzter Genauigkeit erfolgen kann.

Eine Analyse von Zusammenhängen zwischen den Häufigkeiten von Unterhaltungsmaßnahmen und einzelnen Zustandsgrößen der ZEB wäre sinnvoll, wenn Algorithmen für die zeitliche Planung von Unterhaltungsmaßnahmen erstellt werden sollten. Da derartige Maßnahmen vielfach ad hoc anfallen und größtenteils nicht planbar sind, ist diese Zielsetzung bereits in der Aufgabenstellung ausgeschlossen. Die Erhebungen in der Örtlichkeit zeigen zudem eindeutig, dass für Unterhaltungsmaßnahmen relativ selten singuläre Schäden ursächlich sind. Um möglichst alle relevanten Zustandsmerkmale gemeinsam zu berücksichtigen, liegen daher den Analysen von Zusammenhängen zwischen dem Zustand und der Häufigkeit von Unterhaltungsmaßnahmen die Teilwerte bzw. der Gesamtwert der ZEB zugrunde.

Von Interesse ist vor allem, mit welcher Häufung Unterhaltungsmaßnahmen in bestimmten Zustandsbereichen auftreten und ob es einen Schwellenwert gibt, nach dessen Überschreitung keine oder nur wenige Unterhaltungsmaßnahmen zu verzeichnen sind. Es zeigt sich, dass die größten Häufungen in den Zustandsbereichen $< 1,5$ und $\geq 4,5$ auftreten, während die Zustandsbereiche zwischen 1,5 und 4,5 deutlich geringer belegt sind. Insgesamt wird weder für die Bundesautobahnen noch für die Bundesstraßen ein klarer Trend im Zusammenhang zwischen dem Zustand und der Häufigkeit von Unterhaltungsmaßnahmen erkennbar.

Bei den Häufungen von Unterhaltungsmaßnahmen im Gesamt-/Substanzwertbereich $\geq 4,5$ ergibt sich die Frage, ob es sich dabei mehrheitlich um stark schadhafte Einzelabschnitte handelt, deren Vorgänger- bzw. Nachfolgeabschnitte keine oder geringe Schäden aufweisen. Eine Überprüfung der 2 sowie der 5 benachbarten Abschnitte in beiden Richtungen zeigt, dass es sich bei den Autobahnen nur partiell und bei den Bundesstraßen überwiegend nicht um singuläre Abschnitte handelt.

Die derzeitige Zustandsbewertung der ZEB weist Unstetigkeiten ("Sprünge") in den Normierungsfunktionen auf, die im Bereich von 1,0 bis 1,5, der für die bauliche Unterhaltung besonders relevant sein kann, nur diskrete Zustandswerte von genau 1,0 oder genau 1,5 liefern. Numerische Anwendungen der Teilwerte sind zudem aufgrund der Durchschlagsregel äußerst problematisch. Darüber hinaus bleiben einige für die bauliche Unterhaltung bedeutsame Schäden unberücksichtigt (Ausbrüche bei Asphaltdecken, Nester/Abplatzungen bei Betondecken).

Ein im Rahmen eines Forschungsprojekts (Oertelt u. a., 2007) entwickeltes und angewendetes Bewertungskonzept, das ab 2009 weitgehend in das ZEB-Verfahren übernommen werden soll, vermeidet diese Nachteile. Bei Anwendung dieser modifizierten Bewertung gleichen sich die bei der ZEB-Bewertung extrem u-förmigen Verläufe der Häufigkeitsverteilungen der Unterhaltungsmaßnahmen mit sehr hohen Anteilen in den Zustandsbereichen $< 1,5$ und $\geq 4,5$ etwas aus, ohne dass eine signifikante Abhängigkeit zwischen dem Zustand und der Häufigkeit von Unterhaltungsmaßnahmen erkennbar wird.

Um den Ursachen für die insgesamt unerwarteten Analyseergebnisse ansatzweise näher zu kommen, wurden einige an der Erhebung beteiligten Verwaltungen auf verschiedenen Ebenen mit konkretem Bezug zu einzelnen Abschnitten angesprochen. Diese unsystematische Stichprobenumfrage zeigt, dass für einige gemeldete Abschnitte in absehbarer Zukunft größere Maßnahmen anstehen (Um-/Ausbau oder Instandsetzungs-/Erneuerung). Bei den dort durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen handelt es sich überwiegend um spontan initiierte Arbeiten zur Wiederherstellung der Verkehrssicherheit. Diese Spontanmaßnahmen zur Verkehrssicherung müssen völlig unabhängig vom allgemeinen Zustand, wie er sich z. B. in den Teilwerten oder im Gesamtwert spiegelt,

durchgeführt werden. Somit ist offenbar in allen Zustandsbereichen eine Grundbelegung derartiger Unterhaltungsmaßnahmen vorhanden. Demgegenüber stehen zusätzliche Anteile von Unterhaltungsmaßnahmen, die in erster Linie zur Substanzerhaltung erfolgen. Die Motivationen aus der Verkehrssicherheit und der Substanzerhaltung lassen sich jedoch vielfach nicht sauber abgrenzen.

Aufgrund der offenkundigen Probleme, Unterhaltungsmaßnahmen überhaupt eindeutig lokal zu erfassen und in Abhängigkeit von Zustandskriterien darzustellen, erfolgen die Analysen der unmittelbaren bzw. längerfristigen Wirkungen von Maßnahmen der baulichen Unterhaltung auf der Grundlage theoretischer Betrachtungen mit dem modifizierten Bewertungsverfahren. Da sich Maßnahmen, die in erster Linie zur Wiederherstellung der Verkehrssicherheit durchgeführt werden, im Allgemeinen auch positiv auf die Konservierung der Befestigungssubstanz auswirken, liegt dabei der Fokus auf der Substanzerhaltung. Mithilfe der aufgrund von Unterhaltungsmaßnahmen zu erwartenden Rücksetzwerte der einzelnen Zustandsgrößen werden zunächst die unmittelbaren Wirkungen für den Gebrauchswert, insbesondere aber für den Substanzwert-Oberfläche quantifiziert, und zwar als Rücksetzwerte für ZEB-Auswerteabschnitte wie auch für längere homogene Abschnitte.

Die Analysen zu den längerfristigen Wirkungen der baulichen Unterhaltung basieren auf den zeitlichen Fortschreibungen der im PMS und in den RPE Stra-01 dokumentierten Standardfunktionen für die Zustandsverläufe von Merkmalen, die den Substanzwert-Oberfläche bestimmen. Mithilfe der quantifizierten Rücksetzwerte (s. o.) werden Zustandsverläufe mit und ohne Unterhaltungsmaßnahmen nachvollzogen und in Nutzungszeitverlängerungen umgerechnet. Danach liegen die Werte für Nutzungszeitverlängerungen zwischen ca. 1 Jahr und ca. 6 Jahren (Mittel 3,6 Jahre). Diese Werte stimmen relativ gut mit den Ergebnissen einer Expertenbefragung (Rübensam, u. a., 2005) überein, wonach die Nutzungszeiten durch bauliche Unterhaltung zwischen 4 und 7 Jahren verlängert werden können (Mittelwert 4,8 Jahre).

Da die Kostenangaben zu den vor Ort durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen äußerst lückenhaft waren und keine gesicherten Zusammenhänge zwischen dem Unterhaltungs-geschehen und dem Zustand hergestellt werden konnten, ließen sich die ursprünglich angestrebten strecken- und zustandsbezogenen Kostenwerte nicht ermitteln. Die Auswertungen der u. a. deswegen relativ breit angelegten Erhebung des dem Leistungsbereich 1.01 des Leistungshefts für den Straßenbetriebsdienst entsprechenden Unterhaltungs-geschehens der Jahre 2005 und 2006 zeigen, dass zwischen den einzelnen Jahren, den Bundesländern und den Bundesautobahnen und Bundesstraßen deutliche Schwankungen der Kostenwerte auftreten. Bei zusätzlicher Berücksichtigung geschätzter Kostenanteile für die nur schwer quantifizierbaren Fremdleistungen der baulichen Unterhaltung bestätigen sich in etwa die derzeit in der Erhaltungsplanung verwendeten Pauschalkostensätze.

4 Folgerungen für die Praxis

In der Untersuchung konnten, wie immer wieder angemerkt, vielfach eindeutige empirische Untermauerungen von Aussagen oder Interpretationen nicht erbracht werden. Insbesondere für die Ableitung strecken- und zustandsbezogener Kennwerte wäre es erforderlich, Erhebungen zu durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen wesentlich umfassender anzulegen und z. B. zusätzlich nach Maßnahme-zwecken ("Sicherheit/Substanzsicherung") und nach den in naher Zukunft vorgesehenen größeren Maßnahmen (Instandsetzung/Erneuerung, Um-/Ausbau) zu fragen. Neben der

Schwierigkeit, Maßnahmezwecke klar zu unterscheiden, wäre dabei zu berücksichtigen, dass die mit der praktischen Unterhaltung befasste Verwaltungsebene (im Allgemeinen Straßenmeistereien) vielfach keinen Überblick über Erhaltungsplanungen in anderen Bereichen hat. Eine erweiterte Erhebung müsste daher sehr breit angelegt werden, um Erfolg versprechend zu sein. Um Zustandsänderungen infolge baulicher Unterhaltung empirisch zu erfassen, müssten unter genauer Definition der Örtlichkeit Zustandsbeobachtungen "vor" und "nach" Unterhaltungsmaßnahmen erfolgen. Dies erscheint angesichts der erläuterten Probleme, diese über vielfach ad hoc durchgeführten Maßnahmen überhaupt lokalisiert zu erfassen, äußerst schwierig, umso mehr als z. B. auch vergleichbare Beobachtungen für großflächige Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen bisher nicht in repräsentativer Anzahl vorliegen. Empirische Erkenntnisse zur Verlängerung von Nutzungszeiten können letztlich nur mithilfe von repräsentativen Langzeitbeobachtungen gewonnen werden, die zumindest im Rahmen von Forschungsprojekten kaum zu realisieren sind. Auch eine repräsentative Erhebung der Gesamtkosten der baulichen Unterhaltung unter Einschluss der Eigen- und Fremdleistungen erfordert einen Aufwand, der zeitlich und finanziell im Grenzbereich eines Forschungsprojekts liegt. Vor diesem Hintergrund können die hier abgeleiteten Ergebnisse lediglich als erster Einstieg in das Bestreben gewertet werden, die Thematik bauliche Unterhaltung in die Verfahren zur Erhaltungsplanung einzubinden.

5 Literatur

- Oertelt, S.; Maerschalk, G.; Krause, G. (2007): Verbesserung der praxisnahen Bewertung des Straßenzustands. (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik ; 950), Bonn.
- Rübensam, J.; Hellmann, L.; Staroste, D.; Stoltz, J. (2005): Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit und bautechnischen Bewährung von Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt und Beton auf bestehenden Bundesautobahnen. (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik ; 914), Bonn.