

Daten und Methoden für ein systematisches Erhaltungsmanagement innerörtlicher Straßen

FA 77.482

Forschungsstelle : Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München / Heller Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt / Steinbeis Transferzentren GmbH, Karlsruhe / Hochschule Ostwestfalen-Lippe (Prof. Dr.-Ing. M. Köhler)

Bearbeiter: Socina, M./Köhler, M./Stöckner, M./Maerschalk, G./Krause, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: September 2011

1 Aufgabenstellung

Für die klassifizierten Außerortsstraßen (einschließlich Ortsdurchfahrten) wird seit einer Erstanwendung um die Jahrtausendende ein rechnergestütztes Pavement Management System (PMS) in fast allen Flächenländern routinemäßig angewendet. Das PMS verbindet in modularer Weise alle wesentlichen Fachkomponenten einer systematischen operativen und strategischen Erhaltungsplanung und Entscheidungsfindung. Dazu gehören insbesondere Module zur Auswahl geeigneter Maßnahmealternativen, zur Überprüfung der technischen Durchführbarkeit dieser Maßnahmen, zur Zustandsfortschreibung und Ermittlung geeigneter Eingreifzeitpunkte, zur Bestimmung von Maßnahmenutzen und -kosten sowie zur Auswahl bestimmter Maßnahmen für ein Erhaltungsprogramm im Rahmen einer Netzoptimierung. Aufgrund spezifischer Gegebenheiten, wie z. B. einer an Innerortsstraßen ausgerichteten Zustandserfassung und -bewertung sowie der erforderlichen Einbeziehung von Nebenflächen (Rad-, Gehwege, Flächen für ruhenden Verkehr), ist das vorhandene PMS für Außerortsstraßen nicht ohne Weiteres für kommunale Straßen anwendbar. Damit fehlt ein geeignetes Instrumentarium für eine optimierte und wirtschaftliche Erhaltungs- und Bedarfsplanung im Innerortsbereich. Als eine erste Grundlage dafür sollten daher Datenstrukturen und Abläufe eines praxisorientierten Systems zur optimierten operativen und strategischen Erhaltungsplanung und Entscheidungsfindung für kommunale Straßen unter Einbeziehung des Oberbaus aller Verkehrsflächen und unter Beachtung der besonderen Randbedingungen bei Innerortsstraßen entwickelt werden. Dabei waren die neuesten Erkenntnisse aufzubereiten und umzusetzen. Die erstellten Algorithmen sollten als Basis eines fachlichen Pflichtenhefts zur informationstechnischen Umsetzung eines Erhaltungs-Management-Systems für kommunale Straßen dienen. Die entwickelten Datenstrukturen und Module dieses Systems sollten darüber hinaus einer ersten Testanwendung unterzogen werden.

2 Methodische Vorgehensweise

Im methodischen Vorgehen erfolgt nach einer Definition des Untersuchungsgegenstands eine umfassende Sammlung von in- und ausländischen Erfahrungen, die Hinweise zu den Fachkomponenten eines Systems für Innerortsstraßen liefern, das einen operativen Einsatz zur Erstellung konkreter Erhaltungsprogramme sowie einen erhaltungsstrategischen Einsatz zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfs bzw. zur Abschätzung der künftigen Zustandsentwicklung ermöglicht. Unter besonderer Beachtung der „Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement Innerortsstraßen“ (E EMI 2003 [1], FGSV 2003a sowie Entwurf E EMI 2010) werden anschließend die daten- und modelltechnischen Voraussetzungen aufgezeigt, konzeptionell umgesetzt und hinsichtlich der Praxistauglichkeit überprüft. Auf dieser Grundlage kann schließlich ein Grobkonzept erstellt, in ein modulares Feinkonzept umgesetzt und praktisch getestet werden.

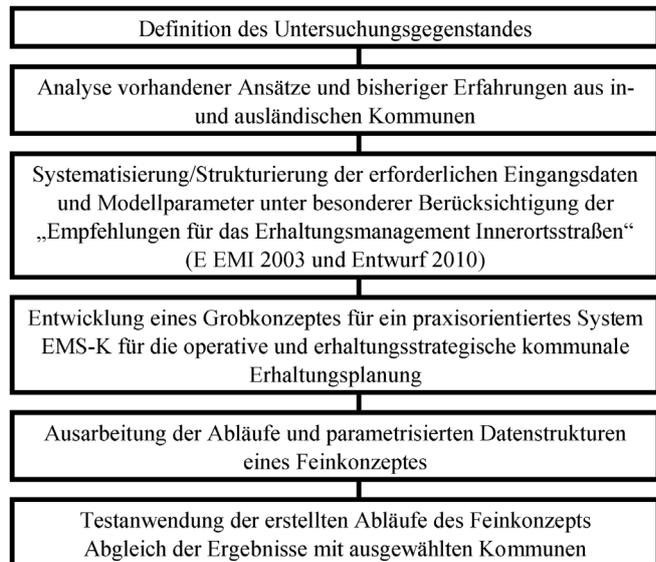


Bild 1: Methodische Vorgehensweise

Im Bild 1 ist die methodische Vorgehensweise veranschaulicht. In Anpassung an die E EMI wird das zu entwickelnde System nachfolgend nicht als Pavement Management System (PMS), sondern als Erhaltungs-Management-System-Kommunal bezeichnet und mit „EMS-K“ abgekürzt.

3 Untersuchungsergebnisse

Untersuchungsgegenstand im Rahmen von EMS-K ist die Instandsetzung und Erneuerung der Befestigung von Fahrbahnen und Nebenflächen (Rad-, Gehwege, Flächen für ruhenden Verkehr). Nicht einbezogen werden die Ingenieurbauwerke und die sonstigen Anlagenteile (z. B. Ausstattung, Zubehör) kommunaler Straßen. Nicht betrachtet werden zudem örtlich-punktuellen Maßnahmen der baulichen Unterhaltung (= Instandhaltung).

Die Beschreibung der Abläufe und Ergebnisse des bereits seit ca. 10 Jahren vielfach angewendeten PMS für Außerortsstraßen liefert einen ersten groben Rahmen für die Konzipierung von EMS-K. Ausgehend davon und auf der Grundlage der in den E EMI verdichteten inländischen Erfahrungen zeigen Literaturrecherchen und -analysen, dass vor allem in den Niederlanden und in Großbritannien rechnergestützte Systeme für eine optimierte Erhaltungs- und Bedarfsplanung für kommunale Straßen eingesetzt werden. Aufgrund der spezifischen Datenanforderungen, insbesondere in Bezug auf die Zustandsdaten, sind die ausländischen Ansätze jedoch nur sehr begrenzt übertragbar.

Bei der Systematisierung und Strukturierung der erforderlichen Eingangsinformationen für EMS-K wird grundsätzlich unterschieden zwischen

- Sachdaten (z. B. Netz-, Querschnitts-, Aufbau-, Verkehrs- und Zustandsdaten) und
- Modellparametern (z. B. Verfahren zur Zustandsbewertung und Zustandsfortschreibung oder Erhaltungsmaßnahmenteilen und -kosten).

Die Sachdaten beziehen sich auf einzelne definierte Straßenabschnitte. Modellparameter gelten für Kollektive von Straßenabschnitten oder sogar für ganze Straßennetze.

Als Sachdaten für die Fahrbahnen und, falls ihre Einbeziehung erwünscht ist, auch für die Nebenflächen werden Netzdaten (Ordnungssystem), Querschnittsdaten (Breitenangaben, "sekundäres" Ordnungssystem), Bauweisendaten (Deckenart und/oder Aufbaudaten), Verkehrs- und Funktionsdaten (DTV, DTV-SV, Einteilung in z. B. Hauptverkehrsstraßen, Verkehrsstraßen usw.) sowie, als Leitdatengruppe für die bauliche Erhaltung, Zustandsdaten (aus messtechnischer und/oder visueller Erfassung) benötigt. Für Differenzierungen und Sortierungen können auch zusätzliche sonstige Daten (z. B. Unfalldaten, zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Straße mit Busverkehr, Angaben zu geplanten Umprofilierungen oder Aufgrabungen u. a.) hilfreich sein. Da die Datenvollständigkeit und -qualität in den Kommunen sehr unterschiedlich ist, wird, ähnlich wie mit dem Modul "PMSI/O" für Außerortsstraßen, für EMS-K eine lokale Datenhaltung in einer EMS-K-Datenbank vorgesehen. Bei der Datenübernahme in diese EMS-K-Datenbank wird über Parameterdateien mitgeteilt, welche Sachdaten verfügbar sind. Dazu werden die minimalen Datenanforderungen definiert. Zum Vergleich werden auch optimale Sachdatenvoraussetzungen aufgezeigt.

Bei den Modellparametern wird, soweit derzeit vorhanden, auf Verfahren der E EMI 2003 (+ Entwurf E EMI 2010) und der flankierenden Arbeitspapiere zurückgegriffen. Es werden Verfahrensweisen für folgende Teilaufgaben vorgesehen und erläutert:

- Bildung (möglichst homogener) Erhaltungsabschnitte und Ermittlung ihrer maßgeblichen Zustandsgrößen.
Insbesondere bei messtechnischen Zustandserfassungen liegen Abschnittseinteilungen in einer 10-m- oder 20-m-Rasterung vor, die i. A. nicht den Erhaltungsabschnitten der Praxis entspricht. Für eine erste Abgrenzung von Erhaltungsabschnitten wird bei größeren Straßennetzen ein automatisiertes, für Innerortsstraßen noch nicht verfügbares Verfahren benötigt. Das vorliegende, nicht vollständig stimmige und überarbeitungsbedürftige Verfahren zur Bildung homogener Abschnitte von Außerortsstraßen ist mit Einschränkungen auch für Innerortsstraßen anwendbar.
- Bewertung des Oberflächenzustands von Asphalt-, Beton-, Pflaster- und Plattendecken für Fahrbahnen und Nebenflächen bei messtechnischer und/oder visueller Erfassung der Zustandsdaten.
Soweit noch nicht durch die E EMI (+ Arbeitspapiere) abgedeckt, werden pragmatische Bewertungsansätze vorgeschlagen.
- Bewertung der Befestigungssubstanz unter Berücksichtigung tiefer liegender Befestigungsschichten.
Dazu wird, soweit datenmäßig möglich, ein vorliegendes Arbeitspapier "Substanzwert-Bestand" zugrunde gelegt, das sich auf Befestigungsarten bezieht und prinzipiell für Außerorts- und Innerortsstraßen anwendbar ist.
- Abschätzung der künftigen Zustandsentwicklung von Verkehrsflächen.
Für Innerortsstraßen existieren noch keine Verhaltensfunktionen zur Fortschreibung der Zustandsgrößen in Abhängigkeit von Einflussfaktoren wie z. B. der Schwerverkehrsbeanspruchung (ausgedrückt z. B. durch kumulierte äquivalente 10-t-Achsübergänge). Für die Fahrbahnen werden daher derzeit die Funktionstypen der vier Verhaltensklassen der RPE Stra 01 herangezogen und an die beobachteten Zustandswerte der Erhaltungsabschnitte angepasst. Für Nebenflächen werden lineare Verhaltensfunktionen verwendet.
Die Trendfortschreibung des Zustands ermöglicht die Auswahl der in einem vorgegebenen Analysezeitraum zur Erhaltung anstehenden Abschnitte und der Maßnahmenzeitpunkte. In Übereinstimmung mit den E EMI werden, pro Zustandsmerkmal, ab einem Zustandswert von 3,5

(= Warnwert) abschnittsspezifische Maßnahmevorschläge für alle Jahre bis zur Erreichung eines Zustandswerts von 4,5 (= Schwellenwert) geprüft.

- Abschätzung von Schadensursachen für die zur Erhaltung anstehenden Abschnitte durch Bildung von Mängelklassen.
Die auf der Grundlage eines Forschungsprojekts gebildeten Mängelklassen für Außerortsstraßen sind nur teilweise übertragbar. Für Fahrbahnen werden daher im Rahmen der Testanwendung modifizierte Mängelklassen herangezogen. Für Nebenflächen scheinen vorläufig zwei Mängelklassen ausreichend ("Oberflächenschäden" und "substanzielle Schäden").
- Auswahl von Erhaltungsmaßnahmearten.
Die im kommunalen Bereich gebräuchlichen Maßnahmearten zur Instandsetzung und Erneuerung werden spezifiziert. Dabei werden Besonderheiten bei kommunalen Straßen berücksichtigt (z. B. Einbauten, Leitungsträger, kein Hocheinbau).
- Ermittlung der Maßnahmekosten.
Für die Ermittlung der Maßnahmekosten bei Außerortsstraßen steht ein "Kostenberechnungsmodul" zur Verfügung, das Kostenwerte in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren (z. B. Region, Loslänge, Verkehrsführung, Erhaltungsquerschnitt u. a.) errechnet. Dieses Modul, das auch unabhängig vom PMS eingesetzt werden kann, wurde mehrfach aktualisiert und überarbeitet.
Für kommunale Straßen existiert kein derartiges Modul. Derzeit werden Einheitskostensätze (z. B. Euro/m²) verwendet, die auf den Kostenwerten für Außerortsstraßen basieren, aber aufgrund der o. a. Besonderheiten von kommunalen Straßen im Durchschnitt um ca. 25 % höher liegen.
- Bewertung der Nutzen bzw. Wirkungen von Erhaltungsmaßnahmen. Erhaltungsmaßnahmen werden i. A. zur Verbesserung des baulichen Zustands durchgeführt. Diese maßnahmeabhängige Verbesserung bewirkt eine Rücksetzung des Zustands unmittelbar nach der Maßnahmedurchführung und eine Änderungen des weiteren Zustandsverlaufs.
Da für die Maßnahmekosten monetäre Werte (s. o.) angesetzt werden, wäre es prinzipiell wünschenswert, auch die Maßnahmewirkungen zu monetarisieren (z. B. in Form von Nutzerkosten). Ein durchgängiges Verfahren, das auch substanzverbessernde Maßnahmen angemessen berücksichtigt, ist derzeit allerdings, auch für Außerortsstraßen, noch nicht anwendungsreif. Daher müssen qualitative Maßnahmewirkungen ermittelt werden. Dafür werden, für alle Zustandsmerkmale und unter Berücksichtigung der Verkehrsbedeutung, die Differenzen der Flächen unter den Verlaufskurven "ohne" Maßnahme (bei "Nichtstun") und "mit" Maßnahme berechnet und überlagert ("Fläche unter der Kurve"-Prinzip).
Mit den Relationen zwischen den qualitativen Wirksamkeitswerten und den Maßnahmekosten ("Wirksamkeits-Kosten-Verhältnis") können die Maßnahmevorschläge für die einzelnen im Analysezeitraum zur Erhaltung anstehenden Abschnitte gereiht werden.
- Netzweite Optimierung zur Aufstellung eines Erhaltungsprogramms und Ermittlung des Erhaltungsbedarfs.
Die Auswahl der Maßnahmevorschläge für den operativen Einsatz, d. h., ein konkretes mittelfristiges (z. B. 4-jähriges) Erhaltungsprogramm, oder für den strategischen Einsatz, d. h., eine Erhaltungsbedarfsermittlung, erfolgt mithilfe eines Optimierungsverfahrens. Dazu werden entweder Budgetwerte für die Jahre des Analysezeitraums vorgege-

Modul 1	Teil 1 Schnittstelle zur Eingangsdatenübernahme
	Teil 2 Startdaten für Berechnung: Zustandsbewertung/Dimensionierung
Modul 2	Teil 1 Prognose der Belegung für Fahrzeuggruppen/Verkehrskomponenten
	Teil 2 Beanspruchungsprognose für kumulierte äquivalente 10-t-Achsübergänge
Modul 3	Teil 1 Ermittlung verhaltenshomogener Gruppen je Zustandsmerkmal (VhG)
	Teil 2 Ermittlung der Verhaltensklassen je Zustandsmerkmal (VKL)
Modul 4	Teil 1 Berechnung der Korrekturkoeffizienten α , β für Standardfunktionen
	Teil 2 Prognose der Zustandsgrößen (ZG) für alle Merkmale
Modul 5	Teil 1 Merkmals- und funktionsbezogene Normierung (Zustandswerte: ZW)
	Teil 2 Wertsynthese (Teilzielwerte: TW, Gesamtwert: GW)
Modul 6	Berechnung und Prognose des Substanzwertes-Bestand (ZSUB)
Modul 7	Mängelanalyse und Schadensursachen
Modul 8	Teil 1 Selektion der Abschnitte mit festen Maßnahmen
	Teil 2 Auswahl der Abschnitte für Um- und Ausbau
	Teil 3 Auswahl der Abschnitte für Erhaltung
Modul 9	Auswahl technisch zulässiger Maßnahmen der Erhaltung
Modul 10	Teil 1 Ermittlung der Eingangsdaten für Kostenberechnungsmodul (KBM)
	Teil 2 Berechnung der spezifischen Maßnahmekosten (KBM)
Modul 11	Teil 1 Auswahl zielführender Um- oder Ausbaumaßnahmen
	Teil 2 Rücksetzung Zustandsgrößen, äquivalente 10-t-Achsübergänge, VhG, VKL
Modul 12	Rücksetzung ZG, äquiv. 10-t-Achsübergänge, VhG, VKL nach Erhaltung
Modul 13	Auswahl zulässiger Maßnahmen für die bauliche Unterhaltung
Modul 14	Teil 1 Bewertung nach Wirksamkeits-Kosten Verhältnis "Fläche unter Kurve"
	Teil 2 Bewertung auf Basis der Nutzerkostenberechnung
	Teil 3 Bewertung auf Grundlage der Maßnahmekosten
	Teil 4 Berechnung und Bewertung nach Nutzen-Kosten Verhältnis
Modul 15	Optimierung von Finanzszenarien (Zustandsentwicklung)
Modul 16	Optimierung von Qualitätsszenarien (Erhaltungsbedarf)
Modul 17	Schnittstelle/Zusammenstellung der Ergebnisdatei

Bild 2: Grobkonzept für den Ablauf eines Erhaltungs-Management-System – Kommunal (EMS-K)

ben und die daraus resultierenden Auswirkungen für die Zustandsentwicklung und die Erhaltungsaktivitäten aufgezeigt ("Finanzszenario") oder Zielvorgaben zur gewünschten Zustandsentwicklung formuliert und die zu ihrer Erreichung benötigten Finanzmittel und Erhaltungsaktivitäten ermittelt ("Qualitätsszenario").

Die aufgeführten Verfahren finden sich, geordnet für eine systematische Abarbeitung, in Modulen des Grobkonzepts, die im Bild 2 in ihrer Abfolge dargestellt sind.

Das Grobkonzept gemäß Bild 2 enthält einige Optionen, die derzeit noch nicht umgesetzt werden können (z. B. Fortschreibung von Zustandsgrößen, Berücksichtigung von Um-/Ausbau und baulicher Unterhaltung, monetäre Nutzerkostenbewertung), aber im Hinblick auf voraussichtliche künftige Entwicklungen bereits eingeplant werden sollten.

Das auf Basis des Grobkonzepts ausgearbeitete Feinkonzept kann als Vorlage für ein Pflichtenheft zur informationstechnischen Umsetzung von EMS-K dienen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Datenvoraussetzungen und der spezifischen Anforderungen von Kommunen ist das Feinkonzept modular aufgebaut und soweit wie möglich parametrisiert. Es beschreibt detailliert alle inhaltlichen Zusammenhänge und die Anforderungen und Verknüpfungen der Datenstrukturen in Bezug auf die Sach- und Grunddaten, die Options- und Szenarieneinstellungen, die Parameter für die Berechnungen in den Modulen, die maßnahmeunabhängigen Werte für Berechnungen je Erhaltungsabschnitt, die maßnahmeabhängigen Daten für jede Maß-

nahmealternative, die Prognosedaten für jedes Jahr des Analysezeitraums und jede Maßnahmealternative sowie die benötigten Speichervariablen und -arrays.

Für die Testanwendungen wurden die Inhalte und Abläufe des Feinkonzepts soweit wie möglich in die Konfiguration (d. h. das "Setup") vorhandener IT-Systeme integriert (Systeme "HERMES" und "VIAPMS"). Die Ergebnisse für

- Anwendungsfall A (Großstadt, visuelle Zustandserfassung, befriedigende Datenbasis),
- Anwendungsfall B (Großstadt, messtechnische Zustandserfassung, gute Datenbasis),
- Anwendungsfall C (Kleinstadt, messtechnische Zustandserfassung, gute Datenbasis),

sind vor allem beim erhaltungsstrategischen Einsatz zum Vergleich von Szenarien schlüssig und praxistauglich. Auch beim operativen Einsatz zur Erstellung von Erhaltungsprogrammen (z. B. für vier Jahre) zeigen sich nach Abstimmungen mit durchgeführten Maßnahmen bereits befriedigende Resultate.

4 Folgerungen für die Praxis

Im Hinblick auf eine Praxisumsetzung zeigt sich in aller Deutlichkeit, dass für ein systematisches Erhaltungsmanagement kommunaler Straßen derzeit noch eine Reihe von Verfahrensweisen fehlen, die zwar temporär und insgesamt auch schlüssig mit "Anleihen" aus dem Außerortsbereich überbrückt werden können, im Hinblick auf die Glaubwürdigkeit eines EMS-K für die Außendarstellung jedoch durch spezifisch kommunale Lösungen ergänzt werden sollten. Neben den Verfahren zur Zustandsbewertung, die teilweise derzeit schon konzipiert werden, sind vor allem folgende Problembereiche zu nennen:

- Strukturierung einer spezifischen lokalen EMS-K-Datenbank mit Visualisierungstools, die z. B. Korrekturen einer automatisierten Abschnittseinteilung oder die Koordinierung von Erhaltungsprogrammen der einzelnen Verkehrsflächen ermöglichen.
- Entwicklung eines Verfahrens zur automatisierten Abgrenzung von Erhaltungsabschnitten bei kommunalen Straßen.
- Ableitung von Funktionen zur Zustandsfortschreibung und der Zustandsrücksetzung nach der Maßnahmedurchführung für Innerortsstraßen.
- Entwicklung spezifischer Mängelklassen unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Innerortsstraßen (z. B. Kanalnetzschäden, Aufgrabungen).
- Erstellung eines Kostenberechnungsmoduls für kommunale Straßen.

Für die noch offenen Problembereiche sind eigenständige Forschungsaktivitäten erforderlich. Vielfach kann dabei zumindest bei methodischen Fragestellungen auf vorhandene Verfahren von Außerortsstraßen zurückgegriffen werden.

5 Literaturverzeichnis

[1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2003): Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen (E EMI 2003), Köln