

Weiterentwicklung der Bewertung des Pavement Management Systems (PMS) um ein Verfahren für die Umsetzung von Qualitätszielen

FA 9.136

Forschungsstelle: Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München / Heller Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt

Bearbeiter: Maerschalk, G. / Socina, M.

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

Abschluss: März 2008

1 Aufgabenstellung

Mit dem Pavement Management System (PMS) können Finanzvorgaben in kurz- oder mittelfristige Erhaltungsprogramme umgesetzt ("Finanzszenario"), aber auch Zielvorstellungen bezüglich der künftigen Netzqualität analysiert werden ("Qualitätsszenario"). Bei der Bearbeitung von Qualitätsszenarien im PMS gibt es momentan Probleme mit ihrer inhaltlichen Definition, d. h. der Frage, wie die Kriterien für Qualitätsziele beschrieben und operationalisiert werden können, und der mühseligen und zeitaufwendigen systemtechnischen Abarbeitung, die über ein "Try-and-error"-Verfahren mit manueller Variation der Höhe und der zeitlichen Verteilung der jährlichen Finanzmittel erfolgen muss. Mit einer inhaltlichen Beschreibung und Operationalisierung von Qualitätszielen und einer anschließenden Instrumentalisierung und algorithmischen Aufbereitung der abgeleiteten Kriterien sollten daher die äußerst komplexen Zusammenhänge soweit vereinfacht werden, dass PMS-Anwender selbstständig Qualitätsszenarien definieren und variieren sowie mit vertretbarem Zeitaufwand abarbeiten und im Ergebnis aufbereiten können. Auf der Grundlage der diesbezüglichen Untersuchungen sollte nach Möglichkeit ein Software-Modul, zumindest aber ein Grobkonzept für ein derartiges Modul zur Bearbeitung von Qualitätsszenarien entwickelt werden.

2 Untersuchungsmethodik

Qualitätsziele, die einen mit der Qualitätspolitik formulierten Qualitätsanspruch nachvollziehbar und transparent machen, sollten in ihren Grundanforderungen spezifisch, messbar, realistisch und terminierbar sein. In diesem Sinne sind Qualitätsziele konkrete, wenn möglich zahlenmäßig festgelegte Angaben, die in Form von Richtwerten quantifiziert werden. Als wesentliche Grundlage für die Erstellung und Operationalisierung einer Verfahrensweise zur Bearbeitung von Qualitätsszenarien war daher zunächst zu definieren, was im Zusammenhang mit den im PMS betrachteten Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmen der Fahrbahnbefestigungen generell als Qualität und speziell als Qualitätsziel zu verstehen ist. Aus dieser qualitativen Abgrenzung ergeben sich die Kriterien für die Konkretisierung von Qualitätszielen. Bei dieser Konkretisierung müssen neben den am Netzzustand orientierten Qualitätsvorgaben auch Zeithorizonte und mögliche langfristige Perspektiven als Randbedingungen berücksichtigt werden. Daraus ergibt sich ein Kriterienkatalog mit klarer Beschreibung der Qualitätsziele, der Randbedingungen zur Zielerfüllung und der Interdependenzen. Für eine erste Grobabschätzung der Zielerreichung hinsichtlich des Hauptkriteriums Zustand ist es hilfreich, wenn die Größenordnungen der Übergänge zwischen unterschiedlichen Zustandsklassen, insbesondere in Bezug auf Verschlechterungen, bekannt sind. Erste Anhaltswerte für den Gebrauchswert und Substanzwert-

Oberfläche liefert eine Analyse der Zustandsänderungen für die räumlich zugeordneten Auswerteabschnitte der Zustandserfassung/-bewertung-Kampagnen 1997/98, 2001/02 und 2005/06 der Bundesautobahnen.

Zur Klärung der Frage, ob die Kriterien für die Beschreibung von Qualitätszielen auch praktisch umsetzbar sind, müssen die im PMS hinterlegten Algorithmen mit den Abhängigkeiten und Verknüpfungen zwischen den Sachdaten und den Modellparametern dargestellt und nachvollzogen werden. Aus der Kenntnis der Zusammenhänge und ihrer Wirkungsweisen im PMS lässt sich ableiten, welche Kriterien für eine Definition von Qualitätszielen als Möglichkeiten zur Zielerfüllung integriert werden können. Diese im PMS umsetzbaren Konzepte müssen in ihrem Praxisbezug überprüft und abgestimmt werden. Die abgestimmten und als realistisch eingestuften erhaltungsstrategischen Konzeptlinien zur Definition von Qualitätszielen können anschließend so in informationstechnisch aufbereitete Algorithmen gefasst werden, dass die Abläufe bei der Abarbeitung von Qualitätsszenarien umsetzbar und für Sensitivitätsanalysen nutzbar sind. Bei diesen Sensitivitätsanalysen müssen die Randbedingungen, z. B. im Hinblick auf die zeitliche Abarbeitung der Qualitätsziele oder im Hinblick auf ein langfristig stabiles Erhaltungshandeln, variiert und in ihren Konsequenzen beurteilt werden. Die Sensitivitätsanalysen erfolgen unter ausdrücklicher Berücksichtigung der Bestandsaufnahme zu den Zusammenhängen und Verknüpfungen im PMS-Ablauf (s. o.). Aus diesem Abgleich ergeben sich Erkenntnisse zur Einbindung des Verfahrens für die Umsetzung von Qualitätszielen in das PMS. Dabei kann auch geklärt werden, inwieweit eine mathematisch eindeutige Lösung der Problematik möglich ist oder ob lediglich das bisherige Try-and-error-Verfahren automatisiert werden kann. Aufgrund der voraussichtlich großen Vielzahl von Möglichkeiten der Zielerfüllung bei Qualitätsvorgaben erfordert die Entscheidung für ein konkretes Verfahren letztlich einen Abwägungsprozess, bei dem die Ergebnisqualität, die Handhabbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Algorithmen und auch die Rechenzeit (Performance) von Bedeutung sind.

Das aus der Sensitivierung entwickelte Verfahren für die Umsetzung von Qualitätszielen im PMS wird für speziell ausgewählte Straßennetze angewendet. Dabei werden die kompletten Netze von Bundesautobahnen, Bundesstraßen und Landesstraßen von Bundesländern herangezogen. Die Hauptkriterien für die Auswahl sind

- zum einen die Qualität der Bestandsdaten generell, insbesondere aber die zur Ermittlung des Substanzwert-Bestand benötigten Aufbaudaten,
- zum anderen die unterschiedlichen Niveaus im Zustand der jeweiligen Netze, wie sie aus der jeweils aktuellen Zustandserfassung/-bewertung (ZEB) ableitbar sind.

Aus der praktischen Anwendung ergeben sich zusätzliche Hinweise für eine abschließende Modifikation der Verfahrensweise. Auf der Basis der nach der Sensitivierung und praktischen Anwendung modifizierten Algorithmen für die Abarbeitung von Qualitätsszenarien war zu entscheiden, ob als Ergebnis ein lauffähiges Software-Modul oder lediglich eine Grobkonzeption für eine Umsetzung im PMS zur Verfügung gestellt werden kann.

3 Untersuchungsergebnisse

Das Ziel von baulichen Erhaltungsmaßnahmen zur Instandsetzung und Erneuerung von Fahrbahnen besteht allgemein in der Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung eines Straßenzustands, der dem Verkehrsteilnehmer eine angemessene Leistungsfähigkeit und Sicherheit bei gleichzeitig minimalen gesamtwirtschaftlichen Kosten und höchst möglicher Umweltverträglichkeit gewährleistet. Im Mittelpunkt bei der Abarbeitung von Qualitätszielen stehen somit die Kriterien, die zur Kennzeichnung des Straßenzustands im PMS dienen. Dies sind zum einen die Zustandsgrößen, Zustandswerte und Teilwerte der ZEB, zum anderen ein Substanzwert-Bestand, der zusätzlich die stofflichen Eigenschaften und das Alter aller vorhandenen Befestigungsschichten berücksichtigt. Zur Operationalisierung der zustandsbezogenen Qualitätskriterien kommen weniger Mittelwerte, sondern in erster Linie Zustandsverteilungen für die analysierten Gesamt- oder Teilnetze in Betracht. Diese Verteilungen ergeben sich durch Belegung von Zustandsklassen mit Längen- oder Flächenanteilen, die für einzelne Zustandsgrößen und -werte, aber auch für die verknüpften Teilwerte, den Gebrauchs- und Substanzwert (Oberfläche und Bestand), erstellt werden können. Der weitaus häufigste Fall bei der Bearbeitung von Qualitätsszenarien besteht in einer Betrachtung dieser Teilwerte oder eines Gesamtwerts. Dabei werden die angestrebten Anteile einer oder mehrerer Zustandsklassen, in der Regel der Klasse $\geq 4,5$ vorgegeben. Für eine Grobabschätzung der Zielerreichung hinsichtlich dieser Anteile ist es hilfreich, wenn die Größenordnungen der Übergänge zwischen den unterschiedlichen Zustandsklassen, insbesondere in Bezug auf Verschlechterungen, bekannt sind. Erste Anhaltswerte für den Gebrauchswert und Substanzwert-Oberfläche konnten aus einer Analyse der Zustandsänderungen für die räumlich zugeordneten Auswerteabschnitte der ZEB-Kampagnen 1997/98, 2001/02 und 2005/06 der Bundesautobahnen abgeleitet werden. Eine Ausweitung der aufgezeigten Methodik zur Ermittlung differenzierterer Übergangshäufigkeiten für einzelne Zustandsmerkmale ist allerdings erst sinnvoll, wenn noch bestehende mit der Zuordnung der ZEB-Kampagnen, der Klassifizierung signifikanter oder nur zufallsbedingter Zustandsänderungen und der präzisen Lokalisierung durchgeführter Erhaltungsmaßnahmen gelöst sind.

Neben dem Hauptkriterium Zustand gibt es eine Reihe von Kriterien, die als Nebenbedingungen bei der Abarbeitung von Qualitätsszenarien fungieren. Dazu gehören die Terminierung der Zielerreichung, d. h. der Zeitraum, der für die Erfüllung der Zielvorgaben bezüglich des Zustands zur Verfügung steht, die Nachhaltigkeit der Zielerreichung, d. h. die Frage, inwieweit terminierte Zielvorgaben auch im weiteren Zeitablauf stabil beibehalten werden sollen und die praktische Umsetzbarkeit des betrachteten Qualitätsszenarios, die nicht verallgemeinert, sondern nur im konkreten Anwendungsfall beurteilt werden kann.

Die genannten Haupt- und Nebenkriterien von Qualitätsszenarien müssen für die Umsetzung in das PMS in Algorithmen gefasst werden. Eine detaillierte Analyse der Abläufe im PMS zeigt, dass Ansatzpunkte für eine Einbindung der Algorithmen bei der Bewertung der Maßnahmenwirksamkeiten, insbesondere aber bei Ermittlung der Maßnahmenvorschläge für ein betrachtetes Netz im Rahmen der Optimierung bestehen. Zur Entwicklung und zum begleitenden Test der Algorithmen konnte ein erstelltes Software-Tool "ZIRC" herangezogen werden, das auf die derzeit verwendete PMS-Version aufsetzt und für die Bearbeitung einfacher und eindimensionaler Qualitätsszenarien eingesetzt werden kann.

4 Folgerungen für die Praxis

Als Hauptbedingung der auf die fachlichen Vorüberlegungen und die Testrechnungen (mit ZIRC) aufbauenden mathematischen Definition eines Algorithmus für die Bearbeitung von Qualitätsszenarien gilt, dass der Anteil der Abschnitte, bei denen ein auszuwählendes Merkmal (z. B. Gesamtwert) einen definierten kritischen Wert (z. B. Note 4,5) erreicht oder überschreitet, auf einen vorgegebenen Prozentsatz beschränkt wird. Die eingebundenen Nebenbedingungen beziehen sich auf eine möglichst stabile Verteilung des ausgewählten Zustandskriteriums und eine weitgehend stabile Finanzlinie. Auf der Grundlage der unter diesen Prämissen mathematisch formulierten Algorithmen konnten zwei Modelle zur heuristischen Lösung der Problematik einer Qualitätszieloptimierung entwickelt und in ein prototypisches Software-Tool integriert werden. In einem ersten Modell wurde nach umfangreichen Testrechnungen und Detailanpassungen ein Algorithmus umgesetzt, der eine qualitativ ausreichend angenäherte Lösung des Optimierungsproblems in sehr kurzer Zeit erlaubt ("hi-Verfahren"). Das hi-Verfahren bietet die skalierbare Möglichkeit einer Konfiguration bzw. einer Gewichtung der einzelnen Randbedingungen, d. h. beispielsweise einer Abwägung von Qualitätsvorgaben und Budgetharmonisierung. In einem zweiten Modell wurde die bisherige manuelle Vorgehensweise zur Qualitätszieloptimierung ("try-and-error") basierend auf der Nutzenoptimierung im Rahmen der PMS-Finanzszenarien datentechnisch nachgebildet (Algorithmus "Finanzzieliteration").

Die Überprüfung der Eignung der Algorithmen für die beiden Modelle erfolgte durch mehrere Testrechnungen für drei Vergleichsnetze ("Netz 1 bis Netz 3"), bestehend aus Landesstraßen, Bundesstraßen bzw. Bundesautobahnen mit verschiedenen Ausgangsverteilungen des Zustands ("schlecht, mittelmäßig, gut") und unterschiedlichen Qualitätszielen. Die Sensitivitätstests zeigen, dass beide Modelle die Hauptbedingungen im Zustand und die Nebenbedingung der Budgetharmonisierung gut einhalten und für eine Lösungsfindung bei Qualitätsszenarien allgemein anwendbar sind.

Mit der Erstellung des prototypischen Software-Tools für das hi-Verfahren und das Verfahren der Finanzzieliteration steht ein funktionstüchtiger und zwischenzeitlich auch schon praktisch erprobter Modul für die Bearbeitung von Qualitätsszenarien zur Verfügung. Das in der Aufgabenstellung formulierte Mindestziel einer informationstechnischen Grobkonzeption wurde damit deutlich übertroffen. Das entwickelte Software-Tool setzt, ebenso wie das für einfache Fragestellungen durchaus geeignete Testmodul ZIRC, auf das derzeit in Anwendung befindliche PMS-System "VIAPMS 6.1" auf. Das Software-Tool für das hi-Verfahren und das Verfahren der Finanzzieliteration kann jedoch mit geringfügigen Modifikationen auch für ein weiterentwickeltes PMS konfiguriert werden.

Nicht endgültig in der erforderlichen Differenzierung konnte die Frage der Übergangshäufigkeiten behandelt werden, die für eine realistische Einschätzung erreichbarer Qualitätsziele des Zustands große Bedeutung hat. Nach der Lösung noch bestehender Probleme in der Zuordnung der Auswerteabschnitte von ZEB-Kampagnen und der Signifikanz von Zustandsänderungen sollte die erarbeitete Methodik bei verbesserter Datenlage erneut zur Anwendung kommen.