

Erstanwendung der vorliegenden Algorithmen für die Erhaltungsplanung in ausgewählten Bauämtern

FA 9.114

Forschungsstelle: Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München
 Bearbeiter: Krause, G. / Maerschalk, G.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
 Wohnungswesen, Bonn
 Abschluss: Oktober 2002

1. Aufgabenstellung

In einem Mitte 1997 abgeschlossenen Forschungsprojekt wurden Algorithmen für die Erhaltungsplanung im Rahmen eines Pavement Management Systems (PMS) entwickelt und an ausgewählten Autobahnen und Bundesstraßen praktisch angewendet [3]. Die Ergebnisse dieses stichprobenartigen Tests waren so viel versprechend, dass Mitte 1998 eine Erstanwendung des PMS anlieft. Mit dieser Erstanwendung sollte überprüft werden, inwieweit das PMS den Anforderungen der Erhaltungspraxis im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit und die Ergebnisqualität genügt.

Die Benutzerfreundlichkeit des Systems sollte dabei Gewähr leisten, dass Arbeits- und Routinevorgänge des Erhaltungsmanagements und der Erhaltungsplanung, die derzeit mühsam per Hand erfolgen und daher fehlerträchtig sind, vereinfacht und in eine geordnete systematische Abfolge gebracht werden, um mehr Transparenz zu erzeugen und schwer nachvollziehbare subjektive Komponenten bei der Entscheidungsvorbereitung weitestgehend auszuschalten. Maßstab für die Beurteilung der Ergebnisqualität war, inwieweit das PMS

- bei definierten Zielvorgaben zu den verfügbaren Finanzmitteln oder zu einem angestrebten Qualitätsniveau
- brauchbare Vorschläge zur Art, Örtlichkeit und zeitlichen Priorität von Erhaltungsmaßnahmen für einzelne Straßenabschnitte liefert,
- die nach einer netzweiten Optimierung aller Maßnahmevorschläge als Basis für die Erstellung eines mittelfristigen Erhaltungsprogramms (z. B. 5 oder 10 Jahre) dienen können
- und auf Netzebene plausible strategische Aussagen zur voraussichtlichen Zustandsentwicklung oder zum künftigen Erhaltungsbedarf ermöglichen.

Zu diesen anwendungstechnischen und inhaltlichen Aspekten waren die aus der Erhaltungspraxis zu erwartenden Rückkopplungen aufzunehmen und in Verbesserungsvorschläge umzusetzen. Parallel zur praktischen Anwendung des PMS sollten die wichtigsten Steuerungsparameter des Systems wie Verhaltensfunktionen, Eingreifbereiche, Rücksetzwerte oder Maßnahmewirkungen Sensitivitätsanalysen unterzogen werden.

2. Methodische Vorgehensweise

Die Erstanwendung sollte mit der Software erfolgen, die bereits für die Tests im Rahmen des eingangs genannten Forschungsprojekts verwendet wurde. Dabei handelt es sich um ein kanadisches Programmsystem ("dTims"), das in Europa unter der Bezeichnung "VIAPMS" vertrieben wird und das lediglich einen Software-Rahmen aber kein fertiges und anwendbares PMS darstellt. In den dafür vorgesehenen Parameterdateien mussten die vorliegenden Algorithmen mit den in Deutschland für den Erhaltungsbereich relevanten Kennwerten aus Richtlinien, Merkblättern, Arbeitspapieren u. ä. aufbereitet werden. Auf dieser Basis konnten die Handbücher mit dem Inhalt des PMS

("Anwenderhandbuch") und zur Benutzung der Software ("Benutzerhandbuch") fertig gestellt werden. Für das Benutzerhandbuch konnte auf eine Übersetzung aus Österreich zurück ge-griffen werden, wo die verwendete Software landesweit angewendet wird.

Die PMS-Software bietet einige interne Visualisierungsmöglichkeiten insbesondere im Hinblick auf netzbezogene Ergebnisdarstellungen, aber keine Optionen für abschnittsbezogene Darstellungen in Streckenbändern oder Karten mit der Verknüpfung zu geografischen Informationssystemen. Unter Nutzung bereits vorhandener und in der Erhaltungspraxis verwendeter Module wurde daher (unter der Arbeitsbezeichnung "Via-Input") eine entsprechende Visualisierungs- und Datenaufbereitungsumgebung für das PMS geschaffen und im Verlauf der Erstanwendung ständig weiter entwickelt. Neben einem Zugang zu den o. e. abschnittsbezogenen Darstellungen bietet diese Umgebung u. a. die Möglichkeit,

- aus der Vielzahl von Einzelinformationen, die in Datenbanken z. B. zu den Querschnittsausprägungen oder den Schichten des Befestigungsaufbaus vorgehalten werden, eine überschaubare Anzahl von Datensätzen zu erzeugen, ohne wesentliche Informationen zu vernachlässigen und
- die relativ kurzen (i. a. 100-m-) Abschnitte der messtechnischen Zustandserfassungen ZEB auf Basis eines vorliegenden Verfahrens [5] automatisch zu homogenen Abschnitten zusammenzufassen, die in ihrer Länge den Baulosen der Erhaltungspraxis näher kommen (mittlere Länge ca. 2 km bei BAB, ca. 0,9 km bei BStr.).

Zusätzlich kann eine alphanumerische Bildschirmdarstellung, Kontrolle und Korrektur der benötigten Sachdaten in Editions-fenstern erfolgen. Mit Hilfe eines Teilmoduls können die automatisch gebildeten homogenen Abschnitte interaktiv sowohl in Längs- als auch in Querrichtung verändert und damit den Baulosen der Erhaltungspraxis weitestgehend angepasst werden. Nach diesen Bearbeitungen können die teils äußerst rechenintensiven Umformungen zur Erzeugung der Eingangsdatei für das eigentliche PMS vorgenommen werden. Ein weiteres Teilmodul ermöglicht schließlich standardisierte Darstellungen der PMS-Ergebnisse.

Die neu entwickelte und in einem Handbuch dokumentierte Umgebung für die Datenaufbereitung und -visualisierung soll in der Endstufe als Schnittstelle für den automatischen Datentransfer zwischen den Datenbanken der Länder (z. B. TTSIB, NWSIB) und dem PMS dienen. Die diesbezüglichen Möglichkeiten werden derzeit getestet [1].

Parallel zur Konfiguration der PMS-Software und zur Entwicklung der Visualisierungsumgebung mussten im Vorfeld zur praktischen Erstanwendung des PMS schließlich noch Verwaltungseinheiten ermittelt werden, die zur Teilnahme in Frage kamen und bereit waren. Dazu wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) Informationsveranstaltungen durchgeführt, in denen der Grob Ablauf, die voraussichtlichen Datenanforderungen und der geschätzte Zeitaufwand (3 Mann-Monate) dargelegt wurden. Dabei meldeten letztlich acht Länder mit ausgewählten Autobahn-/Straßenbauämtern ihre Teilnahmebereitschaft an. In einigen Ländern wurden zusätzliche Verwaltungseinheiten auf eigene Kosten beteiligt, sodass die Zahl der Erstanwender schließlich bei 14 lag (s. Tabelle 1). Eine zusätzliche Anwendung wurde bei der BASt installiert. Den ausgewählten Erstanwendern wurden schließlich die Anforderungen übermittelt, die im Hinblick auf den Umfang und den Differenzierungsgrad der Eingangsdaten bestehen. Die gelieferten

Daten mussten in der Vorbereitungsphase i. a. noch so aufbereitet werden, dass sie im PMS verwendbar waren.

Die Anfang 1999 mit den o. e. Teilnehmern begonnene praktische Phase der Erstanwendung lief zunächst bis Januar 2000. Aus nachfolgend noch näher erläuterten Gründen wurde die Erstanwendung in eine 2. Phase überführt. Nach Aufarbeitung der Ergebnisse der Phase 1 und den vertraglichen und organisatorischen Vorbereitungen begann Phase 2 im Januar 2001 und lief bis Januar 2002. Mit den bisherigen und den neu dazu kommenden Ländern waren an Phase 2 schließlich alle Flächenländer beteiligt. Wie Tabelle 1 zeigt, wurden auf Länderinitiative hin noch zusätzliche Verwaltungseinheiten eingebunden. Die 3 Stadtstaaten nahmen an den wichtigsten Treffen der Erstanwender beobachtend teil.

Tab. 1: PMS-Erstanwender der Phase 1 (LNr. 1–8) und der Phase 2 (LNr. 9–14) und zusätzlich auf Länderinitiative beteiligte Verwaltungseinheiten

L-Nr.	Land	Dienststelle	Str.-art
1	Baden-Württemberg	Landesamt für Straßenwesen	BAB
2	Bayern	Autobahndirektion Südbayern	BAB
		Straßenbauamt Weilheim	BStr.
3	Brandenburg	Brandenburgisches Autobahnamt Stolpe	BAB
4	Hessen	Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen	BStr.
		Amt für Straßen- und Verkehrswesen Eschwege	BStr.
		Amt für Straßen- und Verkehrswesen Frankfurt	BStr.
5	Mecklenburg-Vorpommern	Straßenbauamt Stralsund	BStr.
6	Niedersachsen	Straßenbauamt Verden	BAB
7	Nordrhein-Westfalen	Betriebssitz Münster, Niederlassung Hamm	BAB
		Betriebssitz Münster, Niederlassung Münster	BStr.
8	Rheinland-Pfalz	Autobahnamt Montabaur	BAB
		Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)	BAB/BStr.
9	Nordrhein-Westfalen	Betriebssitz Köln, Niederlassung Aachen	BStr.
10	Saarland	Landesamt für Straßenwesen	BAB
11	Sachsen	Straßenbauamt Plauen	BStr.
12	Sachsen-Anhalt	Straßenbauamt Halle	BStr.
13	Schleswig-Holstein	Straßenbauamt Itzehoe	BAB
14	Thüringen	Straßenbauamt Suhl	BStr.
	Bayern	Autobahndirektion Nordbayern	BAB
		Straßenbauamt Ansbach	BStr.
		Straßenbauamt Kronach	BStr.
		Straßenbauamt Passau	BStr.
	Brandenburg	Straßenbauamt Kyritz	BStr.
	Mecklenburg-Vorpommern	Straßenbauamt Schwerin	BAB

3. Untersuchungsergebnisse

Tabelle 2 enthält eine Übersicht des Ablaufs der Erstanwendung. Die einjährige Phase 1 (1999) zeigte, dass das eingesetzte Instrumentarium, mit Abstrichen bei der Benutzerfreundlichkeit, eine wesentliche Hilfestellung bei der systematischen Erhaltungsplanung leisten kann. Sowohl die abschnitts- als auch die netzbezogenen PMS-Ergebnisse wurden von den Erstanwendern als plausibel und praxisnah eingestuft. Für diese Ergebnisse mussten allerdings vielfach Korrekturen an den Eingangsdaten vorgenommen werden, die insbesondere bei den benötigten Angaben zur Art, Dicke und zum Einbaujahr der

Tab. 2: Übersicht zum Ablauf der Erstanwendung (Phase 1 und Phase 2)

Jahr	Monat	Datum	Beschreibung
1998	Juni		Beginn FA 9.114 "Erstanwendung"
	Juli		
	August		
	September		
	Oktober		
	November		
	Dezember		Erstellung der Handbücher
1999	Januar	13./14.	Einführende Schulung für Phase 1 in München
	Februar		Schulungen für Visualisierungsmodul VialInput
	März		Übergabe der spezifischen Anwenderdaten
	April		Individuelle Schulungen/Betreuung aller Erstanwender
	Mai	4. und 4./5.	1. Treffen der Erstanwender-Phase 1 bei der BASt B/L-Erfahrungsaustausch z. system. Straßenerhaltung bei der BASt
	Juni	10.	2. Treffen der Erstanwender-Phase 1 in Kassel
	Juli		Abstimmung des PMS mit dem Entwurf der RPE-Str. 01
	August		Anwendung der Programm-Module für vorgegebene Aufgaben
	September	23.	3. Treffen der Erstanwender-Phase 1 in Würzburg
	Oktober		Sensitivitätsanalysen der PMS-Parameter
	November	24.	4. Treffen der Erstanwender-Phase 1 in Fulda
	Dezember		Sensitivitätsanalysen/Anwendung des PMS
2000	Januar	19./20.	5. Treffen der Erstanwender-Phase 1 in München
	Februar		Erfahrungsberichte der Erstanwender-Phase 1
	März–Juni		Schlussbericht der Erstanwendung-Phase 1 (Zwischenbericht)
	September	28.	6. Treffen der Erstanwender-Phase 1 in Berlin
	Oktober		Auswahl der neuen Erstanwender für Phase 2
	November		Vertragsverlängerung der Erstanwendung für Phase 2
	Dezember		Datenanforderungen/Datenaufbereitung für neue Erstanwender
2001	Januar	15./16.	Einführende Schulung der neuen Erstanwender-Phase 2 in München
	Februar		Individuelle Schulungen/Betreuung der neuen Erstanwender
	März	8. 9.	7. Treffen Erstanwender-Phase 1 in Hannover 1. Treffen Erstanwender-Phase 2 in Hannover
	April		Individuelle Schulungen/Betreuung neue Erstanwender-Phase 2
	Mai	15./16. 16./17.	2. Treffen Erstanwender-Phase 2 in Nürnberg 8. Treffen Erstanwender-Phase 1 in Nürnberg
	Juni	26./27.	3. Treffen Erstanwender-Phase 2 in Berlin
	Juli		Anwendung der Programm-Module für vorgegebene Aufgaben
	August		Individuelle Betreuung für alle Erstanwender
	September		
	Oktober	1./2.	4. Treffen Erstanwender-Phase 2 in Hannover
	November		Erstellung der Erfahrungsberichte durch Erstanwender-Phase 2
	Dezember		
2002	Januar	15./16. 15./16.	9. Treffen Erstanwender-Phase 1 in München 5. Treffen Erstanwender-Phase 2 in München

Schichten des Befestigungsaufbaus einen erheblichen Zeitaufwand erforderten. Die Mehrzahl der Erstanwender konnte sich dadurch und durch anlaufbedingte Probleme mit Hard- und Software nicht im geplanten Umfang mit den inhaltlichen Aspekten des PMS befassen, sodass im einjährigen Anwendungszeitraum der Phase 1 zwar die Praxistauglichkeit des Instrumentariums, d. h. die ursprüngliche Zielsetzung des Forschungsprojekts, insgesamt bestätigt wurde, aber zu der von der Erhaltungspraxis nachträglich eingebrachten Erweiterung der Zielsetzung, den Möglichkeiten einer umfassenderen PMS-Anwendung (z. B. auf Landesebene), noch nicht genügend Erfahrungen gesammelt werden konnten. In dieser Hinsicht besonders abträglich war, dass die Erstanwender mit Bundesstraßennetzen (s. Tab. 1) auf die Zustandsdaten der ZEB 1993 bis 1995 zurückgreifen mussten. Diese Zustandsdaten waren nicht mehr aktuell und, wesentlich gravierender, auf Grund von Netzänderungen vielfach nicht mehr kompatibel mit dem Ordnungssystem.

Gegen Ende der 1. Phase der Erstanwendung wurden Anpassungen des PMS an die damals im Entwurf vorliegenden RPE-Stra [4] vorgenommen. Die Beispiele im Anhang der Richtlinien wurden weitestgehend unter Einsatz des PMS erstellt.

Aufbauend auf den Erfahrungsberichten der Teilnehmer an Phase 1 wurde im Jahre 2000 die Benutzerfreundlichkeit des PMS merklich besser. Bei Anlauf der Phase 2 der Erstanwendung am Ende des Jahres 2000 hatte sich auch die Datensituation deutlich verbessert. Für die Langfristprognose des Erhaltungsbedarfs der Bundesfernstraßen wurden bis dahin bundesweit die Schichtdaten des Befestigungsaufbaus der Bundesautobahnen und der Bundesstraßen systematisch erfasst. Mit den Messungen im Rahmen der ZEB 1999/2000 lagen Anfang 2001 für die Bundesstraßenanwender auch aktuelle Zustandsdaten vor. Es war somit möglich,

- die Erfahrungen der bisher beteiligten Erstanwender im inhaltlichen Umgang mit dem PMS zu erweitern, sofern diese dazu bereit waren und die für Phase 1 gemieteten Lizenzen der PMS-Software auf eigene Kosten dauerhaft ankauften,
- weitere, über die bisher überwiegend betrachtete Bauamts-ebene hinausgehende Hierarchieebenen (z. B. Landesnetz) einzubeziehen und
- neue bisher nicht beteiligte Länder in die Erstanwendung einzubinden.

Die Ende 2000 begonnene 2. Phase der praktischen PMS-Erstanwendung mit allen bisherigen Teilnehmern und den bis dahin noch fehlenden Flächenländern sowie einigen zusätzlichen Verwaltungseinheiten (s. Tab. 1) wurde im Januar 2002 mit der Übermittlung der Erfahrungsberichte abgeschlossen. Eine über die Bauamtsebene hinausgehende Anwendung zur Untersuchung der Problematik eines hierarchischen Einsatzes des PMS wurde dabei im Hessischen Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen eingerichtet. Der Ablauf der Phase 2 mit den Treffen zum Erfahrungsaustausch ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

Das in Phase 2 vorgesehene Programm konnte mit dem überarbeiteten Instrumentarium zügig absolviert werden, weil die Qualität der Eingangsdaten bei allen Anwendern besser war als zu Beginn der Phase 1. Einen wesentlichen Beitrag dazu leisteten die Bemühungen vieler Erstanwender, die Datenqualität durch eigene Initiativen zu verbessern. Die Erstanwendung hat in einigen Ländern deutliche Impulse im Hinblick auf die Vollständigkeit und Verbesserung der Sachdaten ausgelöst, weil erkennbar war, dass die Daten benötigt und sinnvoll verwendet werden, und klar belegbar war, dass vermeintlich unsinnige PMS-Ergebnisse im überwiegenden Maße auf unstimmgige Eingangsdaten zurückzuführen sind. Die Praxistauglichkeit des Instrumentariums insgesamt und die Plausibilität der

PMS-Ergebnisse wurde zu keinem Zeitpunkt grundsätzlich in Frage gestellt. Die Akzeptanz seitens der Anwender wurde auch aus den zum Ende der Phase 2 zunehmenden Fragen zu den Modellparametern, zur Maßnahmebewertung und zur netzweiten Optimierung deutlich.

Für den Einsatz des PMS wurden insgesamt, d. h. einschließlich der Datenkorrekturen, im Durchschnitt 2,5 Mann-Monate aufgewendet. Bei den vielfach vorgenommenen Vergleichen der vom PMS vorgeschlagenen Maßnahmen mit tatsächlich durchgeführten oder geplanten Maßnahmen zeigte sich, dass bei Vorgabe einer strikten Identität von Maßnahmeart und Maßnahmejahr die Übereinstimmungsquote geringer ist als bei einer großzügigeren Betrachtung (z. B. nur Maßnahmeart). Die großzügigere Auslegung empfiehlt sich in jedem Fall bei der iterativen Erstellung von Erhaltungsprogrammen durch Zusammenfassung von Maßnahmevorschlägen aus sukzessiv absolvierten PMS-Läufen, weil diese Vorschläge immer nur Anregung und Hilfsmittel für den mit der Erhaltungsplanung betrauten Ingenieur sein können und wollen. Allerdings soll das PMS nicht nur die bisherige Erhaltungspraxis bestätigen sondern, wie bei der Erstanwendung vielfach erfolgt, auch alternative Vorschläge liefern, die ernsthaft in Erwägung gezogen werden können.

4. Folgerungen für die Praxis

Die für die Weiterführung des PMS erforderlichen Software-Lizenzen wurden von allen Erstanwendern dauerhaft übernommen (s. Tab. 1). Der praktische Stand der PMS-Anwendung ist derzeit unterschiedlich. In ca. der Hälfte der an der Erstanwendung beteiligten Länder wird das PMS bereits für die Vorbereitung des Erhaltungsprogramms (gemäß [4]) eingesetzt. Im verwaltungsinternen Gebrauch werden bisher die Ansätze eines zentralen PMS-Einsatzes (z. B. Landesamt, i. a. nur für Autobahnen), eines teilzentralen Einsatzes (ausgewählte "Service"-Bauämter) und eines dezentralen Einsatzes (PMS in allen SBA, Koordination im Landesamt) verfolgt. Alternativ wurde bereits auch der Weg einer Vergabe an ein Ingenieurbüro mit Koordination durch das zuständige Landesamt (nach Abstimmung mit den SBA) beschritten. Nach dem Ergebnis der Untersuchungen zum Einsatz des PMS für unterschiedliche Verwaltungsebenen in Hessen ist eine rechnergestützte Koordination der auf Amtsebene erzielten PMS-Ergebnisse bei der Erstellung eines landesweiten Erhaltungsprogramms unerlässlich. Dies ist allerdings nur Erfolg versprechend, wenn in allen Phasen der iterativen Annäherung an dieses Programm ein intensiver Austausch mit den Ämtern erfolgt, weil an zentraler Stelle Besonderheiten der örtlichen Situation und Fehler in den Eingangsdaten i. a. nicht erkannt werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Zielsetzung des Forschungsprojekts in einer vorab nicht erwarteten Weise erreicht und überschritten wurde. Die Erstanwendung zur Überprüfung der Praxistauglichkeit des PMS ist teilweise nahtlos in eine Anwendung und, in ersten Ansätzen, sogar in eine Routineanwendung übergegangen. Es versteht sich von selbst, dass alle Modellparameter, die nach Einschätzung der Erstanwender bereits einigermaßen stimmig sind, ständig kritisch hinterfragt und neuen Forschungsergebnissen angepasst werden müssen. Auch im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit sind noch Verbesserungen erforderlich. Äußerst hilfreich dafür waren die insgesamt fast 200 Vorschläge der Erstanwender zu – teilweise bereits umgesetzten – Modifikationen der Programm-Module. Derzeit wird, begleitet von der Betreuergruppe (BG 26) "Rechnergestütztes Pavement Management System (PMS)" des Bund/Länder-Fachausschusses "IT-Koordinierung (Straßenwesen)", an der Entwicklung einer neuen Version des Moduls für die Datenaufbereitung und -visualisierung gearbeitet, die u. a. noch stärker auf die Erfüllung der Anforderungen nach [4] aus-

gerichtet sein soll. Dem Anwender wird damit in absehbarer Zeit ein noch zuverlässigeres und komfortableres Instrumentarium zur Verfügung stehen, das Hilfestellung leistet beim Erhaltungsmanagement und bei der Erhaltungsplanung durch

- Ermittlung und Reihung der technisch möglichen Alternativen für Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen auf Projektebene,
- Zusammenführung der optimierten Maßnahmealternativen zu Erhaltungsprogrammen für das betrachtete Straßennetz,
- eine schnelle Umsetzung strategischer Zielvorgaben in Form von Qualitäts- oder Finanzszenarien für Gesamt- oder Teilnetze.

Im Blickpunkt sind bereits Erweiterungen des Systems hinsichtlich derzeit noch fehlender Maßnahmekategorien wie bauliche Unterhaltung oder auch Um-/Ausbaumaßnahmen (Modernisierung) bzw. hinsichtlich noch fehlender Anlagenaggregate (z. B. Entwässerungseinrichtungen, Straßenausstattung). In der Endstufe ist schließlich eine Zusammenführung mit dem in Entwicklung befindlichen BauwerksManagementSystem [2] erforderlich.

Literaturverzeichnis

- [1] FA 9.123/2000/MGB: Datenstrukturen des PMS: Einordnung in den Objektkatalog Straße. Heller Ingenieurgesellschaft und SEP Maerschalk. In Bearbeitung
- [2] Haardt, P. (1999): Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken und Ingenieurbauwerken. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 25, Bergisch Gladbach
- [3] Maerschalk, G. (1997): Erstellung einer ablauffähigen Folge von Algorithmen für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen und der Mittelverwendung im Rahmen eines PMS. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 751, Bonn-Bad Godesberg, 1997
- [4] RPE-Stra 01: Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2001
- [5] Rübensam, J.; Schulze, F. (1996): Entwicklung einer Methodik zur zweckmäßigen Zusammenfassung maßnahmebedürftiger Abschnitte der BAB-Betriebsstrecken auf der Grundlage von Zustands- und Bestandsdaten. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 736, Bonn-Bad Godesberg, März 1996 □