

Einflussgrößen des Erhaltungszustandes von Fahrbahnbefestigungen auf den Verkehrsablauf und den Straßenbetriebsdienst

FA 4.233

Forschungsstellen: Heller Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt

DTV-Verkehrsconsult GmbH, Aachen

traffic information and management GmbH, Dieburg

Bearbeiter: Komma, C. / Kathmann, T. / Roggendorf, S. / Kohoutek, S.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Oktober 2015

1 Aufgabenstellung

Die Verkehrsinfrastruktur der Bundesrepublik Deutschland ist eines der wertvollsten Anlagevermögen und Grundlage für die erfolgreiche wirtschaftliche Entwicklung. Durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurden in der Vergangenheit verschiedene Verfahren zur systematischen Abschätzung des Erhaltungsbedarfs und der Maßnahmenplanung erarbeitet und umgesetzt. Zentrale Werkzeuge sind dabei die Pavement Management-Systeme (PMS). Sie ermöglichen auf Basis von objektiven, einheitlichen und transparenten Kriterien eine Maßnahmenreihung nach qualitativen oder finanziellen Zielvorgaben. Hierbei wird gemäß dem Stand der Technik vor allem die nachhaltige Substanzentwicklung in den Vordergrund gestellt, da dies sowohl unter dem Gesichtspunkt der langfristigen Erhaltungsaufwendungen als auch in Bezug auf den Verkehrsablauf sowie die laufende bauliche und betriebliche Unterhaltung positive Effekte hat. Zunehmend rücken jedoch auch gesamtwirtschaftliche Betrachtungen in den Vordergrund. So wurden in verschiedenen aufeinander aufbauenden Forschungsarbeiten die Grundlagen für eine Kosten- und Nutzenbewertung nach wirtschaftlich-monetären Gesichtspunkten erarbeitet und erprobt. Hierbei war jedoch festzustellen, dass weder für die Nutzerkosten während des gewöhnlichen Nutzungszeitraums, noch für die Kosten des Straßenbetriebsdienstes Modelle verfügbar sind, mit denen der Zusammenhang zum Erhaltungszustand geeignet abgebildet wird.

Im Rahmen des Forschungsprojekts war zu untersuchen, welche qualitativen und quantitativen Abhängigkeiten zwischen dem Verkehrsablauf und dem Zustand der Fahrbahnbefestigung bestehen und welche Zustandsmerkmale den Verkehrsablauf und somit die Nutzerkosten beeinflussen.

Weiterhin war zu untersuchen, inwieweit sich anhand der Zustandsmerkmale beziehungsweise des Fahrbahnzustands Aussagen über die Aufwendungen im Straßenbetriebsdienst ableiten lassen, sodass im Rahmen der Erhaltungsplanung eine objektive, zustandsbedingte Abschätzung möglich ist, wie sich kurzfristige Einsparungen bei der Erhaltung gegenüber den langfristigen Kosten in Bezug auf die betrieblichen Aufwendungen verhalten.

Die Modelle wurden abschließend auf ausgewählten Teilnetzen angewendet, um eine Abschätzung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Straßenklassen und Bundesländer vornehmen zu können.

2 Untersuchungsmethodik

Zunächst wurde der aktuelle Stand der Wissenschaft zu den relevanten Aspekten der Themen Erhaltungszustand von Fahrbahnbefestigungen, Verkehrsablauf und Straßenbetriebsdienst recherchiert und dargestellt. Weiterhin wurde mittels Literaturrecherche herausgearbeitet, welche qualitativen Abhängigkeiten zwischen dem Erhaltungszustand von Fahrbahnbefestigungen und dem Verkehrsablauf, der Anordnung von Verkehrszeichen und den Aufwendungen im Straßenbetriebsdienst bestehen beziehungsweise bestehen sollen.

Aus den Erkenntnissen der Literaturrecherche wurde das weitere Vorgehen abgeleitet. Die Untersuchung des Einflusses des Erhaltungszustands auf den Verkehrsablauf umfasste dabei im Wesentlichen die Analyse, inwieweit aufgrund von schlechtem Fahrbahnzustand geringere Geschwindigkeiten gefahren werden. Denn obgleich in der Literatur der Zusammenhang unbestritten ist, liegen keine Untersuchungen vor, die den Zusammenhang nachweisen oder gar quantifizieren.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Verkehrsablauf und dem Fahrbahnzustand auf Bundesautobahnen zu untersuchen, wurden zunächst geeignete Autobahnabschnitte ausgewählt. Als geeignete Abschnitte wurden jene Strecken definiert, bei denen eine deutliche Zustandsänderung zwischen den beiden letzten Zustandserfassungen vorhanden ist. Zusätzlich mussten Verkehrs- und Geschwindigkeitsdaten vorliegen. Entgegen ersten Einschätzungen waren nur wenige geeignete Abschnitte vorhanden, sodass die Stichprobe relativ gering war und Einzelbetrachtungen durchgeführt wurden.

Im Bereich des nachgeordneten Netzes (Bundes- und Landstraßen) wurde auf die Daten des Verkehrsmonitorings zurückgegriffen. Hierbei werden mittels Seitenradargeräten, die sich in der Regel in einem Standardleitpfosten befinden, die vorbeifahrenden Fahrzeuge klassifiziert, gezählt sowie deren Geschwindigkeit gemessen. Die Daten wurden mit den ZEB-Daten verschnitten und analysiert. Hierbei wurde nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit differenziert.

Nicht nur die durch den Verkehrsteilnehmer gewählte Geschwindigkeit ist vom Fahrbahnzustand abhängig. Der Baulastträger ordnet auch aufgrund seiner Verkehrssicherungspflicht zustandsbedingte Verkehrszeichen an. Es sollte daher beleuchtet werden, ab welchem Zustand, gegebenenfalls in Abhängigkeit der Verkehrsbedeutung, typischerweise solche zustandsbedingten Verkehrszeichen aufgestellt werden. Hierzu wurden die Gültigkeitsbereiche von Geschwindigkeitsbeschränkungen einschließlich Zusatzzeichen, geschlossenen Ortschaften und Gefahrenzeichen mit Bezug auf den Fahrbahnzustand für das Landesstraßennetz NRW sowie das Landes- und Bundesstraßennetz Sachsen-Anhalt per Videobefahrung erfasst, in einer Datenbank codiert und mit den Zustandsdaten verschnitten.

Anschließend wurden Analysen durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen dem Fahrbahnzustand und dem Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung beziehungsweise eines Gefahrenzeichens durch den Baulasträger zur Wahrnehmung seiner Verkehrssicherungspflicht zu quantifizieren.

Ebenso sollte exemplarisch das Spurverhalten geprüft werden, das heißt, ob aufgrund von schlechtem Fahrbahnzustand gegebenenfalls die Verkehrsteilnehmer auf einen anderen Fahrstreifen mit besserem Zustand wechseln. Im Rahmen von exemplarischen Beobachtungen wurde festgestellt, dass von den Verkehrsteilnehmern keine Reduktion der Geschwindigkeit sondern bevorzugt ein Ausweichen als Reaktion gezeigt wird.

Bezüglich des Einflusses des Erhaltungszustands auf das Unfallgeschehen und somit die Verkehrssicherheit flossen die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt FE 9.186 ein, welches während der Projektlaufzeit abgeschlossen wurde.

Unterlassene oder nur oberflächlich durchgeführte Erhaltungsarbeiten führen nachweislich zu höheren Aufwendungen bei der baulichen Unterhaltung sowie der Notwendigkeit zur Durchführung von Sofortmaßnahmen am Straßenkörper. Im Forschungsprojekt galt es nunmehr, den Einfluss des Erhaltungszustands auf die Aufwendungen der betrieblichen Unterhaltung (Sofortmaßnahmen) zu untersuchen. Hierzu wurden die Kostendaten des Straßenbetriebsdienstes aus zwei Bundesländern mit den ZEB-, Verkehrs- und (teilweise) auch Aufbaudaten verschnitten. Zudem wurden aus den vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellten regionalen Temperaturdaten die Anzahl der Frosttage sowie der Frost-Tau-Wechsel ermittelt und den übrigen Daten zugeordnet. Anschließend wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Hierbei konnte kein Zusammenhang zwischen den Kosten und den Witterungs- beziehungsweise Aufbaudaten festgestellt werden, sodass der weitere Fokus auf die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Zustandsdaten und Kosten gelegt wurde.

Das Straßennetz wurde hierzu anhand von Oberflächen- und Streckenbildern visuell untersucht und in Abschnitte eingeteilt, innerhalb derer Charakteristik und Zustand der Fahrbahnoberfläche gleichartig sind. Anschließend wurde je Abschnitt eingeschätzt, welches Risiko für die Entstehung von Schäden, die zu Sofortmaßnahmen im Rahmen des betrieblichen Unterhalts führen, besteht. Die Auswertung ergab, dass durch eine Kombination der Zustandsgrößen Allgemeine Unebenheiten, Risse, Flickstellen und Ausbrüche vier Kostenklassen differenziert werden können, auf Basis derer sich ein Modell für die Abschätzung der Kosten im Straßenbetriebsdienst entwickeln ließ.

3 Untersuchungsergebnisse

In Bezug auf die Analyse des Zusammenhangs zwischen Fahrbahnzustand und Verkehrsablauf konnten im Wesentlichen die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden:

- Auf den untersuchten BAB-Abschnitten konnten keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Fahrbahnzustand und Verkehrsablauf nachgewiesen werden. Der Einfluss wird als gering bewertet.
- Gravierende Zustandsänderungen und wirklich schlechte Fahrbahnzustände stellen auf BAB in Deutschland eine Ausnahme dar.

- Auf Landstraßen (Bundes- und Landesstraßen) ohne Geschwindigkeitsbeschränkung ($v_{zul} = 100 \text{ km/h}$) konnte unter Zugrundelegung der Daten aus dem Verkehrsmonitoring ein Zusammenhang zwischen dem ZEB-Merkmal Allgemeine Unebenheiten und der $v_{85, Pkw}$ festgestellt werden, der relevant für den Verkehrsablauf ist.
- Ein an neun Strecken auf Bundes- und Landesstraßen durchgeführter Vergleich der gefahrenen Geschwindigkeiten vor und nach einer Erhaltungsmaßnahme bei $v_{zul} = 100 \text{ km/h}$ zeigte kaum Hinweise auf eine Veränderung der $v_{85, Pkw}$. Eine Ursache hierfür wird darin gesehen, dass der schlechte Fahrbahnzustand, der zur Durchführung der Maßnahmen geführt hatte, aus Zustandsmerkmalen resultierte, welche für das Geschwindigkeitsverhalten eher weniger relevant sind. Dies können zum Beispiel Risse oder Flickstellen sein.
- Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Fahrbahnzustand, vor allem dem Gebrauchswert, und dem Anordnen einer Geschwindigkeitsbeschränkung beziehungsweise eines Gefahrenzeichens durch den Baulasträger zur Wahrnehmung seiner Verkehrssicherungspflicht. Es ist somit ein indirekter Einfluss des Fahrbahnzustands auf den Verkehrsablauf vorhanden.
- Es wurde ein Modell entwickelt, mit dem die Wahrscheinlichkeit für zustandsbedingte Verkehrszeichen in Abhängigkeit des Gebrauchswerts abgeschätzt werden kann.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen Fahrbahnzustand und Straßenbetriebsdienst ergab folgendes Ergebnis:

- Es wurde ein Modell entwickelt, mit dem für ein Teilnetz anhand der relativen Häufigkeiten jeder Kostenklasse, welche aus den ZEB-Daten berechnet werden kann, und in Verbindung mit Kostenklassenkoeffizienten die Kosten abgeschätzt werden.
- Kostenklassenkoeffizienten wurden auf verschiedene Weisen ermittelt. Die auf Landesnetzebene ermittelten Koeffizienten liefern dabei die besten Ergebnisse mit einer Güte von $R^2 = \text{ca. } 30 \%$.

4 Folgerungen für die Praxis

Die im Projekt erzielten Ergebnisse zeigen, dass eine Reduktion der gefahrenen Geschwindigkeit und somit der Entstehung von Nutzerermehrungen (Fahrzeitverluste) aufgrund des Erhaltungszustands der Fahrbahnbefestigung im Wesentlichen nicht durch den Fahrzeugführer selbstbestimmt vorgenommen, sondern durch den Straßenbaulasträger im Rahmen seiner Verkehrssicherungspflicht verursacht wird.

Es zeigt sich somit, dass sich der Zustand der Straßeninfrastruktur und das Erhaltungsgeschehen in Deutschland auf einem hohen Niveau befinden und dass zustandsbedingte Nutzerermehrungen nur zu einem vergleichsweise geringen Teil entstehen. Eine rein gebrauchswertorientierte Erhaltung hätte demzufolge in Deutschland relativ geringe positive volkswirtschaftliche Effekte. Vielmehr sollte die Erhaltung substanzorien-

tiert sein, um somit auch langfristig ein hohes Niveau der Straßeninfrastruktur zu sichern.

Der Straßennutzer möchte sicher, komfortabel und nicht zuletzt ohne (aus seiner Sicht) unnötige Fahrtzeitverluste sein Ziel erreichen. Damit diese Zielsetzungen erfüllt werden, sollte der substanzorientierte Erhaltungsansatz durch nutzerorientierte Zielkriterien ergänzt werden, welche die Angebotsqualität widerspiegeln. Hierfür sind entsprechende Kennzahlen zu definieren, sodass der Grad der Zielerreichung gemessen werden kann. In Verbindung mit weiteren Kennzahlen, mit denen relevante soziale, ökologische und nicht zuletzt straßenbaulasträgerspezifische Zielsetzungen quantifiziert werden, könnten diese zu einem ergebnisorientierten Managementsystem für die Straßenerhaltung beitragen. Aufgrund der im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der Literaturrecherche besteht nach Meinung der Autoren noch deutlicher Forschungsbedarf.

In Bezug auf den Zusammenhang zwischen dem Straßenzustand nach ZEB und den Kosten für den Straßenbetriebsdienst ist insgesamt festzustellen, dass der Einfluss des Zustands zwar signifikant, absolut gesehen jedoch bei Landesstraßen nicht sehr hoch und bei Bundesstraßen kaum feststellbar ist. Aus der Anwendung der Modelle für die vorhandenen Daten ging hervor, dass diese keinen universellen Charakter aufweisen und somit nicht direkt übertragbar sind. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Anwendung auf andere Teilnetze, als auch in Bezug auf die Anwendung für andere Jahre. Es wird daher empfohlen, zum einen für jedes Land eigene Kostenkoeffizienten zu ermitteln und zum anderen diese jährlich zu aktualisieren und somit stetig zu verbessern. Sollen mit dem Modell Budgets im Voraus ermittelt werden, wird empfohlen, nur Teile dieses Budgets anhand des Modells zu ermitteln. Damit wird man auch dem Umstand gerecht, dass sich nur Teile der Straßenbetriebsdienstkosten (ca. 30 %) anhand des Straßenzustands nach ZEB erklären lassen.

Für weitere Forschungen in dem Gebiet (aber auch in anderen) wäre es daher sinnvoll, ein Untersuchungsnetz zu definieren, für das die relevanten Daten vollständig, zeitnah, räumlich exakt und in hoher Qualität vorliegen. Das Untersuchungsnetz müsste dabei einen repräsentativen Umfang aufweisen, sodass die daraus gewonnen Erkenntnisse bundesweit übertragbar wären. Im Bereich der ZEB gibt es seit ca. vier Jahren die sogenannten Dauermessstrecken, bei denen der Zustand eines BAB-Streckenzugs zweimal jährlich (im Gegensatz zum 4-Jahres-Zyklus) erfasst und ausgewertet wird. Auch alle baulich relevanten betrieblichen und die übrigen baulichen Maßnahmen werden objektbezogen erfasst und dem Netz zugeordnet. Gegebenenfalls könnte die Dauermessstrecke zu einem Dauermessnetz ausgeweitet werden, das dann auch Bundes- und Landesstraßen mehrerer Bundesländer umfasst. Auf diese Weise erhielte man in absehbarer Zukunft einen detaillierten Datenfundus, in dem die meisten relevanten Informationen mit hoher räumlicher und zeitlicher Dichte vorliegen würden. Dies würde die Möglichkeiten in zukünftigen Forschungsprojekten zu diesem Thema oder in verwandten Gebieten deutlich erhöhen.