

# Entwicklung eines Mess- und Bewertungsverfahrens für eine Zustandserfassung von Ästen (Verbindungsrampen) der Bundesfernstraßen

FA 29.012

Forschungsstelle: Schniering Ingenieurgesellschaft mbH,  
Essen

Bearbeiter: Schniering, A.

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

Abschluss: August 2004

## 1. Aufgabenstellung

Die seit 1991 (Teilerfassung auf Bundesfernstraßen) bzw. seit 1992 (Ersterfassung) regelmäßig durchgeführte Zustandserfassung und Bewertung der Bundesfernstraßen (ZEB) erfolgt bisher ausschließlich auf den Fahrbahnen der durchgehenden Streckenführung (Betriebsstrecke). Miterfasst werden dabei einige Teile der Direkttrampen in Autobahndreiecken und in Autobahnkreuzen. Verbindungsarme von planfreien Knotenpunkten, Verzögerungs- und Beschleunigungsspuren, Parallelsuren sowie Einfädelungs- und Abbiegespuren (Äste<sup>1</sup>) werden im Rahmen der ZEB nicht mit erfasst. Damit werden etwa 8.245 km Fahrstreifen (13,4 %) <sup>2</sup> des Bundesfernstraßennetzes mit einer Gesamtfahrstreifenlänge von ca. 61.400 km <sup>3</sup> bisher nicht in die Zustandserfassung einbezogen. Mit Stand vom 1. Januar 1999 lagen auf einer BAB-Netzlänge von 11.291,5 km (2003: 11.982 km) 2.288 Knotenpunkte unter Verkehr. Unter diesem Gesichtspunkt wurde nun dieser Forschungsauftrag vergeben.

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Entwicklung und Wertung erfassungs- und bewertungstechnischer Voraussetzungen mit einer anschließenden Kosten-Nutzen-Analyse, auf deren Grundlage die Straßenbaulastträger entscheiden können, ob, wie und wie oft die Äste der Bundesfernstraßen im Rahmen von ZEB-Kampagnen miterfasst und bewertet werden sollen.

Die messtechnische Durchführung der Zustandserfassung und die Bewertung der Zustandsdaten ist in den "Technischen Vertragsbedingungen für die Zustandserfassung und -bewertung der Bundesfernstraßen" (TV ZEB-StB) sowie in den "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für die Zustandserfassung und -bewertung der Bundesfernstraßen" (ZTV ZEB-StB) vorgegeben. Prinzipiell sollte jede Erweiterung des Erfassungsumfangs messtechnisch nur da von den bisherigen Regelungen abweichen, wo dies unbedingt notwendig ist. Gleiches gilt auch für die Bewertung der Messergebnisse auf Ästen, denn jedes Abweichen von der über Jahre auf Betriebsstrecken bewährten ZEB-Messmethode würde die Komplexität des Verfahrens erhöhen und damit auch u. U. die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigen. Daher sollte bei der Messtechnik in jedem Falle von einem messtechnischen Ansatz wie bei den Betriebsstrecken ausgegangen werden. Dies schließt jedoch Änderungen in einzelnen Verfahrensparametern oder im Bewertungskomplex nicht aus.

<sup>1</sup> Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) 2002: „Als Ast wird der Teil des Straßennetzes bezeichnet, der zur Verknüpfung der Abschnitte untereinander dient und deshalb Teil des Netzknotens ist.“

<sup>2</sup> ermittelt aus der Längenstatistik des Bundes 2003

<sup>3</sup> Längenstatistik des Bundes 2003

## 2. Untersuchungsmethodik

Zunächst wurden durch Umfragen und Literaturrecherche Informationen zu dem erhaltungstechnischen Umgang mit den Ästen im In- und Ausland sowie zu Umfang und Zustand der in den deutschen Straßenbauverwaltungen vorhandenen datentechnischen Grundlagen zusammengetragen, um einen grundlegenden Überblick über die aktuelle Situation zu erhalten.

Nach der Auswertung der Recherchen wurde eine Probeerfassung in den Teilprojekten 1 bis 3 auf 72 Ästen 11 ausgewählter Knotenpunkte in zwei Bundesländern (Bayern und Hessen) durchgeführt, wobei sowohl die Typenvielfalt der Knotenpunkt-lösungen als auch die Bandbreite von aktuellen Zuständen der Fahrbahnoberflächen auf Ästen repräsentiert werden sollten. Dabei wurden die gleichen Messsysteme eingesetzt wie auch im Rahmen der ZEB auf den Betriebsstrecken.

Zur Bestimmung der Wiederholgenauigkeit wurden für mehrfach befahrene Abschnitte (24 Abschnitte in den Teilprojekten 1 und 3 sowie 10 Abschnitte im Teilprojekt 2) Eigenüberwachungsauswertungen durchgeführt. Zur Erhöhung der Bestimmungssicherheit der Wiederholgenauigkeit wurden zusätzlich zwei typische Äste (Verzögerungsspur und Beschleunigungsspur) in den Teilprojekten 1, 2 und 3 vierfach erfasst, ausgewertet und hinsichtlich der Wiederholbarkeit der Messergebnisse untersucht.

Aus den Messdaten der Probeerfassung erfolgte die Ergebnisberechnung sowohl in 100 m-Auswerteabschnittslängen als auch in 20 m-Auswerteabschnittslängen. Die Ergebnisse wurden anschließend nach Funktionsklasse I (FK I), Funktionsklasse II (FK II) und einer Kombination aus beiden Funktionsklassen bewertet. Außerdem wurde ein Verfahren zur Beschreibung des Gesamtzustandes eines Astes anhand einer Fraktile der Häufigkeitsverteilung seines Gesamtwertes entwickelt.

Die Möglichkeiten und Voraussetzungen zur Visualisierung der Bewertungsergebnisse wurden näher betrachtet und beurteilt.

Anhand der aus der Probeerfassung gewonnenen Erfahrungen wurden mehrere mögliche Teilerfassungsmodelle für eine ZEB Äste entwickelt. Der zu erwartende Erfassungs- und Auswerteaufwand wurde untersucht.

## 3. Untersuchungsergebnisse

### 3.1 Informationsbasis

Die Ergebnisse der Umfrage bei den deutschen Straßenbauverwaltungen zeigen, dass zwar in allen Bundesländern Informationen zu den Ästen von Autobahnen, zumindest in Form von Netzknotenskizzen, vorliegen, jedoch in unterschiedlichen Formaten, Aktualisierungsständen und Vollständigkeitsgraden. Vor der bundesweiten Durchführung einer ZEB Äste müssen die Daten in einigen Bundesländern noch in EDV-Form überführt und ergänzt bzw. aktualisiert werden. Bei einer Entscheidung für eine ZEB Äste wird empfohlen, möglichst frühzeitig mit der Aufbereitung der Grunddaten für das TPO zu beginnen.

Die Recherche in den europäischen Nachbarländern ergab, dass der Zustand der Äste bisher in Großbritannien, den Niederlanden, Frankreich und Österreich erfasst wird. In diesen Ländern werden dafür die gleichen Messsysteme eingesetzt, die auch im Rahmen der Erfassung der Betriebsstrecken verwendet werden. Die Bewertung der Messergebnisse wird dort ebenfalls analog zu der Bewertung von Betriebsstrecken durchgeführt.

Die Ergebnisse der Probeerfassung wie auch der diesbezüglichen Eigenüberwachungsauswertungen, bei denen hinsichtlich der Mittelwertdifferenz zu 96 % und hinsichtlich der Standardabweichung der Mittelwertdifferenzen zu 98 % die zulässigen Toleranzen gemäß ZTV-ZEB für Betriebsstrecken eingehalten wurden, zeigen, dass Änderungen hinsichtlich der vorhandenen, auf den Betriebsstrecken eingesetzten, Messtechnik nicht erforderlich sind.

Ein klarer Zusammenhang zwischen dem Kurvenradius und der Wiederholstreuung zeigte sich nicht.

Abweichungen der Grunddaten von der Situation vor Ort verursachen bei der Durchführung und insbesondere der Nachbereitung (Messdatenzuordnung) der Erfassung einen erheblichen zeitlichen Mehraufwand. Die Zuordnung der Messdaten war jedoch auch in solchen Fällen mittels GPS und Frontvideo in der Nachbearbeitung zuverlässig möglich. Abweichungen zwischen den Netzknotenskizzen und der Örtlichkeit konnten damit sicher festgestellt werden.

### 3.2 Umgang mit den Bewertungskomponenten

Die Länge der für die Auswertung gebildeten Auswerteabschnitte beträgt auf den durchgehenden Fahrbahnen der Bundesautobahnen bisher 100 m. Auf den Ästen kommen Änderungen des Krümmungsradius sowie der Längs- und Querneigung deutlich häufiger innerhalb von kürzeren Abschnitten und mit stärkeren Amplituden vor, als dies bei den Betriebsstrecken der Fall ist. Zudem häufen sich Unfälle oft auf räumlich sehr eng begrenzten Teilabschnitten der Äste. Es ist anzunehmen, dass in solchen Bereichen, in denen hohe Anforderungen an Ebenheit und Griffbarkeit gestellt werden, bereits ein sehr kurzer Abschnitt, z. B. bei mangelhafter Griffbarkeit oder ungünstiger Unebenheit, unfallbegünstigend, wenn nicht sogar unfallauslösend, wirken kann.

Aus den oben genannten Gründen wurde die Auswertung und Bewertung zusätzlich auf der Basis 20 m langer Auswerteabschnitte durchgeführt. Diese erlauben die Erkennung örtlich eng begrenzter Schwachstellen, die sich auf Ästen auf die Verkehrssicherheit bereits gravierend auswirken können. Auf die Häufigkeitsverteilung der Zustandswerte wirkt sich die verkürzte Auswerteabschnittslänge nur marginal aus, sodass die Vergleichbarkeit mit den Daten der Betriebsstrecke erhalten bleibt.

Es wurden Bewertungen nach FK I, nach FK II und eine gemischte Bewertung nach FK I für die sicherheitsrelevanten Teilprojekte 1 und 2 sowie nach FK II für das Teilprojekt 3 durchgeführt. Die Häufigkeitsverteilungen der Ergebnisse dieser 3 Bewertungsvarianten wurden den Häufigkeitsverteilungen der Ergebnisse von der ZEB auf BAB 2001 für die beiden an der Probeerfassung beteiligten Bundesländer gegenübergestellt. Es ergeben sich fast identische Verteilungen für die nach FK I bewerteten Ergebnisse der Betriebsstrecken und die nach FK II bewerteten Ergebnisse der Äste. Dies legt den Schluss nahe, dass in der bisherigen Erhaltungspraxis Eingreifwerte verwendet werden, die den Schwellenwerten der Bewertung nach FK II ähnlich sind. In Bezug auf die Substanzmerkmale werden diese für angemessen gehalten. Für die sicherheitsrelevanten Merkmale werden jedoch Anforderungen nach FK I für notwendig erachtet. Eine Umfrage bei den Bundesländern und eine Analy-

se der Unfallzahlen im optionalen Schritt 2 dieses Forschungsvorhabens werden eine fundiertere Beurteilung erlauben.

### 3.3 Ergebnisdarstellung

Die Visualisierung der Zustandsdaten für die Äste soll weitgehend den bekannten Visualisierungsformen entsprechen. Dazu wird vorgeschlagen, alle Äste eines Knotenpunktes in jeweils einem Zustandsprofil und Zustandsband darzustellen. Für die Visualisierung in Form von aussagekräftigen Zustandskarten sind präzise Informationen über den Verlauf der Äste erforderlich. Eine Darstellung entlang von Luftlinienverbindungen wäre in den meisten Fällen unbrauchbar. Eine Recherche hat ergeben, dass in 11 Bundesländern die erforderlichen GIS-Daten über die genauen Astverläufe bereits vollständig vorliegen. Für die Knotenpunkte der Probeerfassung wurden auf der Basis dieser GIS-Daten Zustandskarten mit den Bewertungsergebnissen für 20 m und 100 m lange Auswerteabschnitte erstellt. Darüber hinaus wurde ein Vorschlag erarbeitet, wie die Zustandswerte für Betriebsstrecken und Äste gemeinsam in einer Karte dargestellt werden können.

### 3.4 Verfahrensentwurf und Bewertung

Der zu erwartende Aufwand für die vollständige Erfassung aller Fahrstreifen und Äste aller Knotenpunkte ist pro Erfassungskilometer mehr als neunmal so hoch wie bei der ZEB auf den Betriebsstrecken. Es wurden daher Teilerfassungsmodelle entwickelt, durch die der Aufwand pro Erfassungskilometer deutlich verringert werden kann. Bereits eine Beschränkung der Erfassung auf die ersten Fahrstreifen der Äste würde eine erhebliche Verringerung des Aufwands pro Erfassungskilometer ermöglichen. Darüber hinaus kann mit den Durchfahrmodellen dieser Aufwand weiter reduziert werden, indem die Erfassung auf die am günstigsten zu erfassenden Äste je Knotenpunkt beschränkt wird. Die Ergebnisse der Probeerfassung weisen darauf hin, dass die Ergebnisse solcher Teilerfassungen immer noch sichere Aussagen über den Zustand der Gesamtheit der Äste erlauben.

Auch bei dem erfassungskilometerbezogenen günstigsten Teilerfassungsmodell liegen die Kosten pro Messkilometer immer noch 5,2-mal so hoch wie bei der Erfassung der Betriebsstrecken. Aufgrund der vergleichsweise geringen Erfassungslänge auf den Ästen würde eine kombinierte Erfassung der Äste nach diesem Modell zusammen mit der Erfassung der Betriebsstrecke aber nur die 1,3-fachen Kosten einer reinen Betriebsstreckenerfassung verursachen. Eine vollständige Erfassung der ersten Fahrstreifen aller Äste wäre zu den 1,6-fachen Kosten einer reinen Betriebsstreckenerfassung möglich.

## 4. Folgerungen für die Praxis

Die Voraussetzungen für eine Zustandserfassung der Äste von Bundesautobahnen sind durch die verfügbaren Grunddaten und die aktuellen Messsysteme grundsätzlich vorgegeben.

Vor Beginn einer Zustandserfassung und -bewertung auf den Ästen sind jedoch in fast allen Bundesländern Aktualisierungen und/oder Vollständigkeits- und Plausibilitätsprüfungen der Grunddaten erforderlich (TP0). In einigen Bundesländern müssen entsprechende Datenbanken erst angelegt werden.

Für die Durchführung einer ZEB Äste haben sich die im Rahmen der ZEB auf Betriebsstrecken eingesetzten Messsysteme als geeignet erwiesen. Dabei wurden im TP1 und 3 24 Abschnitte und im TP2 10 Abschnitte mehrfach befahren. Für diese Abschnitte wurden Eigenüberwachungsauswertungen durchgeführt. Zusätzlich wurden zwei Äste vierfach befahren. Es wird dennoch empfohlen, die zulässigen Toleranzen bei einer ZEB

auf Ästen aufgrund der in der Regel deutlich kürzeren Vergleichslänge angemessen anzuheben, um damit dem größeren Einfluss einzelner 100 m-Werte auf das Vergleichsergebnis Rechnung zu tragen. Ein klarer Zusammenhang zwischen dem Kurvenradius und der Wiederholstreuung zeigte sich nicht.

Abweichend von der ZEB auf Betriebsstrecken wird für die ZEB auf Ästen aufgrund der besonderen Gegebenheiten eine Auswerteabschnittslänge von 20 m empfohlen.

Für die Beschreibung des Gesamtzustandes eines kompletten Astes kann unter Berücksichtigung der gängigen Erhaltungspraxis das Verfahren eingesetzt werden, welches auf einer Fraktilen der Summenhäufigkeitsverteilung aller 20 m-Gesamtwerte eines Astes beruht. Der resultierende Ast-Gesamtwert kann dabei Werte zwischen 1 und 5 annehmen. Liegt er über 3,5, dann bedeutet dies mittelfristigen Erhaltungsbedarf, übersteigt er den Schwellenwert, dann liegt akuter Erhaltungsbedarf vor.

Die Visualisierung der Zustandsdaten für die Äste kann weitgehend den bekannten Visualisierungsformen entsprechend ge-

staltet werden. Für die Kartendarstellung wird empfohlen, eine DIN A 4-Karte pro Knotenpunkt zu erstellen. Zustandsprofile und -bänder sollten jeweils alle Äste eines Knotens beinhalten. Durch neue Darstellungstechniken können die Zustandswerte für Betriebsstrecken und Äste zusammen in einer einzigen Karte dargestellt werden.

Es empfiehlt sich, die Zustandserfassung der Äste zusammen mit der Zustandserfassung der Betriebsstrecken durchzuführen, da hierdurch Kosten beim Projektmanagement und bei der Datenverarbeitung eingespart werden können.

Zudem würde durch die Zustandsaufnahme im gleichen Jahr eine Auswertung im PMS erleichtert.

Eine Kosten-Nutzen-Analyse der verschiedenen Erfassungsvarianten, der Wirtschaftlichkeitsnachweis und die Entwicklung der erforderlichen Technischen Vertragsbedingungen für eine Zustandserfassung und -bewertung von Ästen sind Gegenstand einer optionalen 2. Stufe des Forschungsvorhabens. □