

Aktualisierung der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)

FA 4.212

Forschungsstellen: Dipl.-Ing. Stefan Oertelt, Dießen am Ammersee

Heller Ingenieurgesellschaft mbH, Darmstadt

Ingenieurbüro SEP Maerschalk, München

Bearbeiter: Oertelt, S. / Heller, S. / Maerschalk, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2013

1 Aufgabenstellung und Ziel

Das Verfahren der messtechnischen Zustandserfassung und -bewertung von Straßen mit schnellfahrenden Messfahrzeugen ("ZEB-Verfahren") wird seit der Ersterfassung im Jahre 1991 kontinuierlich weiterentwickelt und verbessert, indem sukzessiv Erkenntnisse aus abgeschlossenen Kampagnen und Forschungsprojekten umgesetzt werden.

Die Ziele dieser Umsetzung sind Verbesserungen im ZEB-Verfahren, die bei der Vorbereitung und Durchführung der Zustandserfassung und insbesondere bei der Auswertung der erfassten Zustandsdaten zu einer Verbesserung der Qualität und zu Vereinfachungen und Zeitersparnissen führen und somit die Wirtschaftlichkeit der ZEB erhöhen.

Im Rahmen des Projekts sollten die zum Stand 2008 verfügbaren Erkenntnisse und Ergebnisse aufbereitet und so weit wie möglich umgesetzt werden. Aus den dabei sichtbar werdenden Defiziten sollten Anregungen für weitere Forschungsaktivitäten abgeleitet werden.

2 Untersuchungsmethodik

Im methodischen Ablauf der Untersuchung waren neben den inhaltlichen Aspekten insbesondere auch zeitliche Vorgaben zu berücksichtigen:

- Für die bis zum Beginn der neuen ZEB-Kampagne der Bundesautobahnen im Jahre 2009 einzuführenden Änderungen sollten zum 31.05.2008 begründete Entscheidungsvorschläge vorgelegt werden.
- Die kurzfristig bis dahin nicht formulierbaren Aspekte waren im Schlussbericht als Entscheidungsvorschläge aufzubereiten.
- Für die derzeit noch offenen Punkte war der vorhandene Forschungsbedarf aufzuzeigen.

Der nach dem inhaltlichen Ablauf gestaltete Schlussbericht orientiert sich an den aufeinander folgenden Arbeitsschritten der ZEB, das heißt der Vorbereitung der Erfassung, der Durchführung der Erfassung, der Aufbereitung und Auswertung der erfassten Daten, der Ermittlung der Zustandswerte, der Archivierung der Daten und Dokumentation der Kampagnen und der Weiterverwendung der ZEB-Daten für das Erhaltungscontrolling/die Erhaltungsplanung. In einem ergänzenden Ausblick

sind darüber hinaus Überlegungen zu einer künftigen strategischen Ausrichtung der ZEB angefügt.

Das im Juni 2009 abgeschlossene Projekt wurde im Herbst 2010 für Untersuchungen zur Standardisierung und Qualitätssicherung im TP3 erweitert, die in Kapitel 4 erläutert werden.

3 Untersuchungsergebnisse

Die termingerecht aufbereiteten Entscheidungsvorschläge der insbesondere die Bundesautobahnen betreffenden zeitkritischen Phase bis zum 31.05.2008 sind nachfolgend in den inhaltlichen Zusammenhang eingereiht.

Das Verfahren der ZEB wurde ursprünglich für die Bundesfernstraßen entwickelt, die daher den inhaltlichen Schwerpunkt bilden. Da zwischenzeitlich auch Erfahrungen aus mehreren ZEB-Kampagnen für Landes- und Kreisstraßen vorliegen, werden ergänzend auch modifizierte Verfahrensvorschläge für diese Straßenkategorien aufgelegt.

Die Vorschläge zur Vorbereitung der ZEB beziehen sich im Wesentlichen auf Fragen der Netzzuordnung und Lokalisierung:

- Bei Anwendungen der ZEB-Daten wird immer deutlicher ersichtlich, dass mit den Ergebnissen einer aktuellen Kampagne allein nicht alle Aufgabenfelder abgedeckt werden können. Dazu müssen die zu verschiedenen Zeiten durchgeführten ZEB-Kampagnen verknüpft werden. Für die Stimmigkeit dieser Verknüpfungen sind Verbesserungen der Netzdaten beim Teilprojekt 0 (TP0) erforderlich. Ergänzend zur Netzbeschreibung und Lokalisierung sollte daher für TP0 auch eine Dokumentation von Netzänderungen seit der letzten ZEB-Kampagne übermittelt werden. Ein detaillierter Vorschlag, der eine Erweiterung der ZEB-Grunddaten um eine Transformationstabelle zur Identifizierung von Netzänderungen vorsieht, liegt vor.
- Bei der derzeit noch immer manuell vorgenommenen Zuordnung der Zustandsdaten zu den jeweiligen Fahrstreifen ist die Gefahr von Fehlzuweisungen relativ groß. Aufgrund fehlender Geometriedaten ist ein automatisches Erkennen des Fahrstreifens nicht möglich. Ein Vorschlag, der die Erhebung der fehlenden Fahrstreifengeometriedaten durch eine Bildauswertung von BAB-Streckenbildern beinhaltet, liegt vor.
- Die Netzbeschreibung und Lokalisierung von Ästen für die ZEB ist derzeit noch nicht vollständig geklärt, da Ergebnisse des FE 29.158 "ZEB von Ästen an BAB" noch nicht vorliegen. Vorschläge können daher momentan nicht formuliert werden.
- Das Aufnahmeraster digitaler Strecken- und Oberflächenbilder bezieht sich auf die Georohdaten und entsteht quasi zufällig in Abhängigkeit vom Startpunkt der Messfahrt. Der erarbeitete Vorschlag zur Referenzierung digitaler Strecken- und Oberflächenbilder durch Ergänzung der Beschreibung der XML-Rohdaten in den Teilprojekten 1-3 ist Bestandteil der ZEB-Verträge ab 2009.

Im Fokus der Analysen zur Durchführung der ZEB stehen Festlegungen und Ergänzungen zu Qualitätsanforderungen beziehungsweise zur Qualitätssicherung:

- Bei den ZEB-Jahresmessungen werden mit der Längs- und Querneigung sowie der Krümmung auch Daten zur Fahrbahngeometrie erhoben. Die Längsneigung und die Krümmung werden bisher standardmäßig nicht weiter verwendet. Die Querneigung wird zur Ermittlung der Fiktiven Wassertiefe benötigt. Qualitätsanforderungen für die Geometriedaten gibt es bisher nicht. In den letzten Jahren steigt das allgemeine Interesse an diesem für das gesamte Bundesfernstraßennetz vorliegenden Datenpool. Die auf der Grundlage von statistischen Auswertungen festgelegten Genauigkeitsanforderungen für die Geometriedaten können kurzfristig umgesetzt werden.
- Der gesamte Komplex der Kontrollprüfungen erfolgt bisher ausschließlich durch die BAST auf der Grundlage einer internen, nicht veröffentlichten Vorgehensweise. Da Kontrollprüfungen, insbesondere auf Landesstraßen, auch durch externe Gutachter durchgeführt werden, ist eine einheitliche und transparente Methodik notwendig. Ein formulierter Vorschlag für diesbezügliche Ergänzungen zur Qualitätssicherung bei Eigenüberwachung und Kontrollprüfungen erfordert die Veröffentlichung der Methodik und die Erweiterung der ZEB-Standardsoftware.
- Für eine valide Auswertung der TP3-Daten müssen die ZEB-Oberflächenbilder (s. u.) möglichst synchron mit den ZEB-Streckenbildern betrachtet werden. Daher ist eine verbesserte Referenzierung der Streckenbilder insbesondere bei TP3 erforderlich. Darüber hinaus sind die Anforderungen an alle ZEB-Bilder einheitlich zu definieren. Ein formulierter Vorschlag für Standardisierung von digitalen ZEB-Streckenbildern, der die Anforderungen an die Aufnahmetechnik festlegt, ist mit den notwendigen Erweiterungen der Rohdatenanforderungen Bestandteil der ZEB-Verträge ab 2009.
- Für die Oberflächenbilder aus TP3 zur Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche) existieren derzeit keine eindeutigen Qualitätsanforderungen. Der erarbeitete Vorschlag für die Standardisierung von digitalen ZEB-Oberflächenbildern legt die Anforderungen an die Aufnahmetechnik fest und liefert eine aktuelle Beschreibung der erforderlichen Rohdatenformate. Der Vorschlag ist Bestandteil der ZEB-Verträge ab 2009.
- Der für Texturmessungen zur verbesserten Beschreibung der Rauheit bestehende Forschungsbedarf ist aufgezeigt.
- Der Forschungsbedarf zur besseren Berücksichtigung teilprojektspezifischer Unterschiede bei den erfassten Fahrbahnbereichen wird aufgezeigt. Die Aufgabenstellung wird teilweise abgedeckt durch den Forschungsantrag des AK 4.1.3 "Einfluss der Auswerteabschnittslänge und Lokalisierungs Genauigkeit auf Zustandsgrößen und verbesserte Verfahren".

Die Vorschläge für die Aufbereitung und Auswertung der ZEB ergeben sich aus Analysen zur Gültigkeit von Rohdaten sowie zu sinnvollen Ergänzungen und Verbesserungen von Zustandsindikatoren:

- Ein Vorschlag für Festlegungen zur Gültigkeit von Rohdaten durch Einsatz von mathematisch-statistischen Standardverfahren liegt vor. Zur Umsetzung des Vorschlags, die lediglich eine Ergänzung der ZEB-Standardsoftware erfordert, sollten verbleibende und aufgezeigte Unsicherheiten durch Sensitivitätsanalysen ausgeräumt werden. Zu der dafür erforderlichen Auftragserweiterung liegt keine Entscheidung vor.
- Der formulierte Vorschlag zur Ergänzung der Indikatoren für die Ebenheit im Längsprofil und zur Auswahl eines maßgeblichen Indikators sieht vor, dass die Einzelkomponenten des LWI nachrichtlich in der Ergebnisdatei aufgenommen werden und das bewertete Längsprofil BLP in die Zustandsbewertung eingeht. Die Umsetzung des Vorschlags, die eine Ergänzung der ZEB-Standardsoftware bedingt, ist bei der ZEB 2009/2010 bereits testweise vorgesehen. Der aufgezeigte verbleibende Forschungsbedarf soll im FE 29.202 "Weiterentwicklung des bewerteten Längsprofils BLP" abgedeckt werden.
- Die Querebenheit wird derzeit bei der ZEB durch die Spurrinntiefe und die fiktive Wassertiefe beschrieben. Die beiden Indikatoren bilden den wahren Sachverhalt hinsichtlich "regelmäßiger" Spurrinnen und unregelmäßiger Querunebenheiten völlig unzureichend ab. Die Berücksichtigung zusätzlicher Indikatoren für die Ebenheit im Querprofil, die vor allem aus der Spurrinnenform und Geometriedaten (Längsneigung, Krümmung) abgeleitet werden können, eröffnet einen verbleibenden Forschungsbedarf, der aufgezeigt wird. Es wird vorgeschlagen, die Berechnung der Zustandsgrößen SSPTL, SSPTR, SSPHL und SSPHR (Standardabweichung der linken und rechten Spurrinntiefe beziehungsweise fiktiven Wassertiefe) auf der Basis der 1 m-Einzelwerte anstelle der 10 m-Mittelwerte der linken und rechten Spurrinntiefe beziehungsweise der linken und rechten fiktiven Wassertiefe vorzunehmen. Die ZEB-Standardsoftware ist entsprechend zu ergänzen.
- Ein formulierter Vorschlag für eine verbesserte Geschwindigkeits- und Temperaturkorrektur bei Griffigkeitsmessungen beinhaltet die Anwendung der TP Griff-StB (SKM). Vor der Umsetzung des Vorschlags, der entsprechende Ergänzungen der ZEB-Standardsoftware erfordert, besteht der aufgezeigte verbleibende Forschungsbedarf.
- Bei den Auswertungen zu Teilprojekt 3 bestehen noch Defizite bezüglich der maßgeblichen Indikatoren und Merkmale, der Auflösung und Zuordnung von Schadensbeobachtungen und der Auswerteregeln. Der formulierte Vorschlag, nach einer Ergänzung der ZEB-Standardsoftware die Restschadensflächen RSFA für

Asphaltdecken und RSFB für Betondecken zu berechnen, soll mit dem Ergebnis des FE 9.137 "Ergänzung und Präzisierung der Erfassung von Fahrbahnoberflächenschäden" abgestimmt werden.

- Defizite der ZTV ZEB-StB "Auswerteregeln zur Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche)" können durch eine aufgabenbezogene, abgestufte Auswertung von ZEB-Rohdaten und ZEB-Bildmaterial verringert werden. Der dazu aufgezeigte Forschungsbedarf wird zum Teil im Rahmen des FE 9.137 (s. o.) abgedeckt.
- Die Kompatibilität der vorhandenen Aufbereitungs- und Auswerteverfahren für die ZEB von Landes- und Kreisstraßen ist zumindest zweifelhaft. Eine schlüssige Überprüfung kann nur auf der Grundlage von Probeauswertungen mit ZEB-Rohdaten aus Erfassungen für diese Straßenkategorien in einem eigenständigen Forschungsprojekt erfolgen.

Die Vorschläge zur Methodik der Zustandsbewertung basieren auf den Ergebnissen des FE 9.132 "Verbesserung der praxisnahen Bewertung des Straßenzustandes" und einer Fülle ergänzender Auswertungen mit den Daten von meist mehreren kompletten ZEB-Kampagnen:

- Für die Normierung zur Transformation der Zustandsgrößen in Zustandswerte werden in dem o. g. Forschungsprojekt auf der Grundlage ausführlicher Analysen lineare Funktionen als plausibel angesehen und vorgeschlagen. In Abänderung dieses Vorschlags werden in einer vergleichenden Erprobung bei der ZEB 2009/2010 polygonale Normierungsfunktionen ohne Sprünge bei 1,5 und 4,5, aber mit einem Knick beim 3,5-Wert (Warnwert) den bisherigen Funktionen gegenübergestellt. Die ZEB-Standardsoftware ist entsprechend zu ergänzen.
- Bei der Wertsynthese zur Ermittlung des Gebrauchs- und Substanzwerts werden logisch-additive Verknüpfungsfunktionen, wie sie zwischenzeitlich auch auf europäischer Ebene in Anwendung sind, vorgeschlagen. Der Vorschlag wird bei der ZEB 2009/2010 vergleichend mit dem bisherigen Syntheseverfahren erprobt. Die ZEB-Standardsoftware ist entsprechend zu ergänzen.
- Die Farbuordnung bei der Darstellung von Zustandsklassen soll durch Auflösung der Klasse 1,5 bis < 3,5 in die beiden Klassen 1,5 bis < 2,5 und 2,5 bis < 3,5 von vier auf fünf Farben ergänzt werden. Die Klassen- und Farberweiterung ist Bestandteil der ZEB-Verträge ab 2009.
- Der derzeitige Stand zur Definition von Anforderungsniveaus und zur Einteilung von Funktionsklassen wird mit den bestehenden Defiziten aufgezeigt. Weitergehende Analysen sind erst sinnvoll, wenn nach Bearbeitung von FE 29.202 "Weiterentwicklung des bewerteten Längsprofils BLP" Klarheit über den maßgeblichen Indikator der Längsebenheit besteht.

Das entwickelte Konzept für Systeme zur Archivierung der ZEB-Daten soll alle wesentlichen Anforderungen an die Voll-

ständigkeit und die hohe Sicherheit der Daten sowie die Effektivität des Datenzugriffs erfüllen:

- Für den formulierten Vorschlag zum Aufbau eines ZEB-Archivierungssystems einschließlich der Softwareentwicklung werden mit dem auf FE 82.228 basierenden IT-ZEB bei der BASt die Grundlagen geschaffen.

Bei der Verwendung der ZEB-Daten für Aufgaben der Erhaltungsplanung, des Controllings und der Zustandsprognose sind schlüssige Aussagen vor allem dann zu erwarten, wenn die zwischenzeitlich aufeinander folgenden Jahresmessungen erfolgten Maßnahmen bekannt sind:

- Für den erarbeiteten Vorschlag aufgabenbezogener Verfahrensmodelle zum Erhaltungscontrolling reicht die lokale Zuordnung zweier ZEB-Jahresmessungen auf der Basis der Netzkenngößen aus. Der Vorschlag zu den darauf basierenden Controlling-Verfahren kann im TP4 der ZEB oder bei der Dokumentation der ZEB umgesetzt werden.
- Der formulierte Vorschlag zur Überprüfung von Prognosemodellen für die Zustandsentwicklung setzt eine sorgfältige Zuordnung möglichst aller verfügbaren ZEB-Kampagnen auf der Ebene der Rohdaten voraus. Die vorliegenden methodischen Grundlagen ermöglichen die Erstellung von Routinen für eine weitgehend automatisierte Überprüfung und Fortschreibung von Prognosemodellen. Dies kann als Zusatzauswertung bei der Dokumentation der ZEB umgesetzt werden.

Neben der hier verfolgten Zielsetzung einer Anpassung der ZEB an den aktuellen Stand der Technik sollte auch die langfristige strategische Ausrichtung der ZEB im Hinblick auf die Standardisierung, die Aufgabenneutralität und die Erhöhung der Transparenz thematisiert werden.

4 Standardisierung und Qualitätssicherung im TP3

Die im ersten Teil des FE 04.0212/2007/MRB "Aktualisierung der ZEB" formulierten Vorschläge zur Standardisierung und Qualitätssicherung im TP3 durch Einbeziehung, Referenzierung und Standardisierung von digitalen Strecken- und Oberflächenbildern wurden 2009 erstmalig umgesetzt und sind seitdem Bestandteil des Teilprojekts 3 der Zustandserfassung und -bewertung von Bundesfernstraßen.

Neben den Georohdaten und Streckenbildern werden seither auch die Oberflächenbilder vom Auftragnehmer des Teilprojekts 3 an den Auftragnehmer des Teilprojekts 4 übergeben.

Mit diesen Änderungen im TP3 wurde ein wichtiger Schritt zur nachhaltigen Verbesserung der Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche) vollzogen. Diese Verbesserung wird durch die Realisierung folgender Komponenten realisiert:

- Verbesserung der Qualitätskontrolle im TP3 durch Überprüfung der Schadensmarkierungen anhand der Strecken- und Oberflächenbilder
- Schaffung der Grundlagen für aufgabenspezifische Bildauswertungen wie zum Beispiel die verfeinerte Beobachtung von Zustandsänderungen durch Ver-

gleich von Bildmaterial aus verschiedenen Kampagnen

- Weiterentwicklung der Zustandsindikatoren der Substanzmerkmale (Oberfläche)
- Entwicklung beziehungsweise Weiterentwicklung von Systemen zur automatischen Bildauswertung und Merkmalerkennung

Mithilfe der Software zur Online-Kontrolle OnKo2 ist in der Phase laufender ZEB-Kampagnen jederzeit der Online-Zugriff auf Strecken- und Oberflächenbilder sowie die Rohdaten der Teilprojekte 1 bis 3 mit OnKo2 möglich. Die Ergebnisse der Bildauswertung im TP3 können in den Rohdaten anhand der Strecken- und Oberflächenbilder durch die Vertreter der Straßenbauverwaltungen der Länder auf Plausibilität überprüft werden.

Nach dem Abschluss von ZEB-Jahresmessungen auf Bundesfernstraßen werden die Strecken- und Oberflächenbilder mit den Rohdaten der Teilprojekte 1 bis 3 auf dem IT-ZEB-Server archiviert. Der Zugriff auf die Daten der ZEB-Jahresmessungen ab 2005 ist seit 2010 mithilfe des Online-Portals des IT-ZEB-Servers über den Downloadbereich (Rohdaten und Streckenbilder) und die Online-Visualisierung (Strecken- und Oberflächenbilder) möglich. Hierdurch wurden die Voraussetzungen für aufgabenspezifische Bildauswertungen, Untersuchungen zur Verbesserung der Zustandsindikatoren und Entwicklung beziehungsweise Weiterentwicklung von Systemen zur automatischen Bildauswertung und Merkmalerkennung geschaffen.

In der vorliegenden Untersuchung zur Standardisierung und Qualitätssicherung im TP3 (entspricht dem zweiten Teil des FE 04.0212/2007/MRB) wurde überprüft, inwieweit es mit den TP3-Strecken- und Oberflächenbildern und TP3-Rohdaten derzeit möglich ist, die genannten angestrebten Verbesserungen zu realisieren. Hierfür wurden die aktuell gültigen wie auch die sich noch in Entwicklung befindenden technischen Dokumente vergleichend gesichtet und die vorliegenden Erfahrungen im Umgang mit den Strecken- und Oberflächenbildern sowie mit den TP3-Rohdaten dokumentiert. Besondere Beachtung fand hierbei das Online-Portal des IT-ZEB-Servers als Standardwerkzeug für den Zugriff auf archivierte TP3-Bilder und Rohdaten.

Hinsichtlich der TP3-Rohdaten wurden hierbei unter anderem folgende Schwachstellen aufgezeigt und mit Verbesserungsvorschlägen versehen:

- falscher Datentyp für Kameraposition,
- fehlende Referenz des Streckenbilds zum Oberflächenbild,
- fehlende Bildverweise in Rasterrohdaten,
- fehlende Verknüpfung zwischen dem Koordinatensystem für Kameras und dem Ordnungssystem der TP3-Rohdaten,
- ungenaue Zeitangabe und
- fehlende Information zum Bearbeitungsstatus.

Bei TP3-Strecken- und Oberflächenbildern wurden unter anderem für folgende Schwachstellen Verbesserungsvorschläge formuliert:

- fehlende Exif- und IPTC-Metadaten.

Hinsichtlich des IT-ZEB-Servers wurden unter anderem folgende Schwachstellen aufgezeigt und mit Verbesserungsvorschlägen versehen:

- fehlendes Auswahlkriterium im Downloadbereich,
- unvollständige Dateinamen und unvollständige Metadaten im Downloadbereich,
- fehlender direkte Downloadmöglichkeit von sichtbaren Elementen in der Visualisierung,
- unvollständige Bildanzeige in der Visualisierung,
- fehlende Lokalisierungsangaben in der Visualisierung und
- falsche Darstellung der Referenzlinie in der Visualisierung.

5 Folgerungen für die Praxis

Die möglichen Folgerungen für die Praxis, das heißt die

- Umsetzung für die ZEB-Kampagne der Bundesautobahnen im Jahre 2009,
- Aufbereitung umsetzbarer Entscheidungsvorschläge mit Abgabe des Schlussberichts,
- Definition des noch bestehenden Forschungsbedarfs

sind in Kapitel 3 bei der Darstellung der Ergebnisse jeweils angegeben.

Aus den Untersuchungen zur Standardisierung und Qualitätssicherung im TP3 resultieren Verbesserungsvorschläge, die zeitnah umgesetzt werden sollten.