

Verbesserung des Verfahrens zur Längsebenheitsauswertung

FA 4.186

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing. B. Steinauer)

Bearbeiter: Ueckermann, A.

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

Abschluss: September 2001

1. Aufgabenstellung

Nach aktuellem Stand wird bei der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) der Bundesfernstraßen die Zustandsgröße "Spektrales Unebenheitsmaß" – abgekürzt AUN (für Allgemeine Unebenheit) – als alleiniges Kriterium zur Beurteilung der Längsebenheit herangezogen. Erfahrungen haben gezeigt, dass regellose Längsunebenheiten dadurch im Allgemeinen hinreichend charakterisiert werden können. Einzelhindernisse jedoch und periodische Unebenheitsausprägungen, wie sie beispielsweise bei Plattenversätzen älterer Betonfahrbahnen vorkommen, werden durch den AUN nur unzureichend beschrieben.

In der Vergangenheit hat es sich generell als schwierig erwiesen, die Ebenheit in ihrer ganzen Bandbreite der Erscheinungsformen und Einflussgrößen geometrisch so beschreiben zu können, dass sie auch im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf Fahrer, Fahrzeug und Fahrbahn ein übersichtliches und schlüssiges Bewertungskonzept zulässt.

Im Rahmen der Verbesserung des Verfahrens wird in dieser Arbeit daher der Vorschlag gemacht, die Auswertung der Längsprofile im Rahmen der ZEB künftig auf zwei Säulen zu stellen:

- die Bewertung der Geometrie (bisher nur durch den AUN) und
- der von ihr verursachten Wirkungen.

Dieses zweigleisige Bewertungsschema bildet die Grundlage für die Konzeption des Längsebenheitswirkindex (LWI).

2. Untersuchungsmethodik

Längsebenheitswirkindex LWI

Der LWI basiert auf der Auswertung dreier Bewertungskriterien für die Ebenheit: der Beanspruchung der Straße, des Fahrers und des Ladegutes. Dazu werden drei Schwingungserscheinungen ausgewertet:

- die Radlastschwankungen einer 11,5 t-Achse,
- vertikale Beschleunigungen auf das Transportgut und
- der vertikale Schwingungseintrag in den sitzenden Menschen.

Das Maximum der drei normierten Auswirkungen bestimmt den LWI. Er wird für 100 m-Abschnitte ermittelt. Die Schwingungsauswirkungen werden mittels dreier Filter (Radlast-, Ladegut- und Mensch-Filter) aus den vorliegenden Längsprofilen errechnet. Der Längsebenheitswirkindex ist kompatibel zum AUN. Es kann ein einfacher mathematischer Zusammenhang zwischen AUN und LWI hergeleitet werden. Für bestimmte Straßen ergibt der LWI den gleichen Wert wie der AUN.

Die theoretischen Untersuchungen und Auswertungen von Rohdaten aus der ZEB-Kampagne 1997/98 zeigen, dass die drei Filter harmonisch aufeinander abgestimmt sind. Sie decken jeweils einen bestimmten Wellenlängenbereich ab – praktisch ohne Überschneidungen und unter Wahrung eines stetigen Überganges, sodass es keine unplausiblen Unstetigkeiten in der

Bewertung der Ebenheit geben kann. Für kurze Unebenheiten, wie etwa Sprüngen an Betonplattenübergängen, stellen die Radlastschwankungen (und damit die Straßenbeanspruchung) das entscheidende Bewertungskriterium für die Ebenheit dar. Für mittlere Wellenlängen zwischen 3 und etwa 10 m ist es die Schwingempfindlichkeit des Menschen und für lange Unebenheiten die Beanspruchung des Ladegutes im Güterfernverkehr. Als Grenzwerte für den LWI werden auf Grund seiner Kompatibilität zum bisherigen Bewertungsverfahren die gleichen Werte vorgeschlagen, die auch für den AUN gelten. Das bedeutet: Zielwert: 1, Warnwert: 3 und Schwellenwert: 9. Hinter diesen Zahlen verbergen sich konkrete Auswirkungen auf Fahrer, Fahrzeug und Fahrbahn. Sind beispielsweise die Radlastschwankungen maßgebend, treten bei Erreichen des Schwellenwertes örtliche Mehrbelastungen der Straße von 50 auf. Sind ausgeprägte Stufen die Ursache, so kann davon ausgegangen werden, dass sich die Beanspruchung des Oberbaus an diesen Stellen vervielfacht (verfünffacht, wenn man einen 4. Potenz-Zusammenhang annimmt). Sind die Unebenheiten so geartet, dass die Belastung des Menschen das entscheidende Kriterium darstellt, so führt eine 8-stündige Belastung "mit dem Zielwert" zur Ermüdung des Fahrers, "mit dem Warnwert" zu einer möglichen Gefährdung und "mit dem Schwellenwert" zu einer deutlichen gesundheitlichen Gefährdung des betroffenen Menschen. Im Falle, dass die Ladegutbeanspruchung das entscheidende Kriterium ist, wird das Transportgut auf der Ladefläche eines modernen Sattelzugs mit bis zu 3 m/s² beschleunigt. In nur etwa 10 % aller Fälle können in der Realität noch höhere Werte auf Sattelaufliegern vorkommen, aber auch nur, wenn ungünstige Umstände zusammenkommen (wie Zuladung, Fahrbahnbeschaffenheit, schlecht gewartetes Fahrzeug u.s.w.). Für die Anwendung auf andere Straßenklassen (z.B. Innerortsstraßen) können diese Grenzwerte entsprechend der anderen Geschwindigkeits- und daraus resultierenden Schwingungsniveaus angepasst werden. Auch hierzu werden Vorschläge unterbreitet.

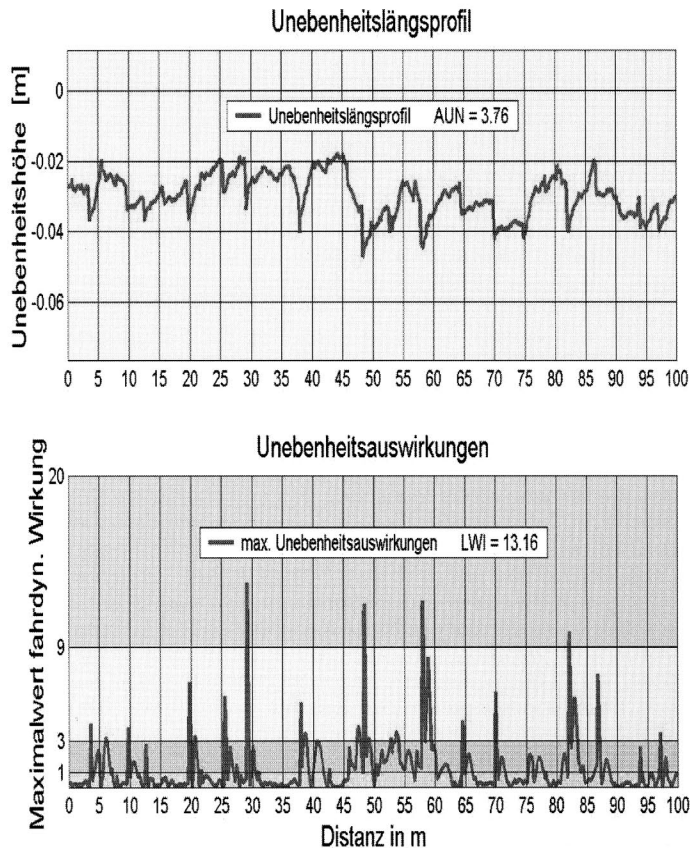
Die o.g. Grenzwerte gelten nicht nur für regellose Unebenheiten. Der Vergleich mit den bisherigen Bewertungsansätzen für Einzelhindernisse und Periodizitäten in ZTV-ZEB und Leitfaden-ZEB zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung in der Wahl der Grenzwerte. Auch vor diesem Hintergrund fügt sich der LWI harmonisch in das bisherige Bewertungskonzept ein.

3. Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen zeigen, dass der LWI Periodizitäten und Einzelhindernisse detektieren und angemessen bewerten kann und damit die Lücke, die das derzeitige Verfahren aufweist, in geeigneter Weise zu schließen vermag.

Die Auswertungen an realen Straßen (BAB 5, Gesamtlänge der ausgewerteten Längsprofile ca. 2000 km) haben ergeben, dass in etwa 50 % der Fälle der LWI die Straße in die gleiche Bewertungsklasse einstuft wie der AUN. Von den übrigen 50 % fällt die Bewertung des LWI in 80 % der Fälle um 1 Klasse und in etwa 20 % der Fälle um 2 Klassen schlechter aus. Im Gegensatz dazu stuft der AUN die Straße in nur 2 % aller Fälle in eine schlechtere Klasse als der LWI ein. Diese Aussagen lassen erkennen, dass der LWI die Längsebenheit tendenziell "schärfer" bewertet als der AUN. Erklärtes Ziel war ja auch, die Schwäche des AUN, nämlich dass er Straßen mit ausgeprägteren Einzel- und periodischen Unebenheiten nicht angemessen, d.h. tendenziell zu gut beurteilt, zu beheben. Die Tatsache, dass der Radlast-Filter in 42,5 % der Fälle den Ausschlag für die Bewertung gab (Ladegut: 33,3 %, Mensch: 25,9 %), deutet an, dass kurzweilige Unebenheiten im Gesamtbereich der BAB 5 den Charakter der

Unebenheit dominieren. Das korreliert sehr gut mit der Tatsache, dass die Untersuchungen verhältnismäßig mehr schlechte Beton- als Asphaltdecken ausweisen. Die Vermutung liegt nahe, dass der LWI hier auf typische Schadensmerkmale älterer Betondecken reagiert hat.



1: Berechnung des LWI für eine schlechte Betonstraße
(AUN = 3,76 cm³, LWI = 13,16)

4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit dem Längsebenheitswirkindex ein aussagekräftiger, einfacher und universeller Längsebenheitsindikator gefunden worden ist, der sich harmonisch in das bisherige Bewertungskonzept der ZEB einfügt und dieses im Hinblick auf die Auswirkungen der Unebenheit in sinnvoller Weise ergänzt.

Schrifttum

- [1] Becker, W.: Die Spektrale Dichte – ein Maß für die Fahrbahnebenheit im Längsprofil, Straße und Autobahn 10/1995, Kirschbaum-Verlag
- [2] Braun, H.: Erfassung und Bewertung von Unebenheiten im Längsprofil, Schrift zum FGSV Kolloquium "Wechselwirkung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn" am 24./25. Oktober 1985 in Karlsruhe, S.23 ff
- [3] Bühler, B.; Gast, H.; Oertelt, S. et al: Erstellung eines Leitfadens für die Erfassung und Bewertung des Zustandes von Straßen, Schlussbericht zum Forschungsauftrag FE 9.098 R96M, TÜH Technische Überwachung Hessen GmbH, Darmstadt 1998
- [4] de Pont, J.J.; Scott, A.: Beyond road roughness – interpreting road profile data, Road & Transport Research, Vol. 8 (1999), No. 1, S.13 ff
- [5] Kawamura, A.: Study on Application of Wavelet Theory to Road Profile Evaluation, Entwurf einer Veröffentlichung, Department of Civil Engineering, Kitami Institute of Technology, Hokkaido, Japan. Januar 1998
- [6] Kempkens, E.: Längsebenheit von Straßen – Anforderungen und Grenzwerte im Hinblick auf Abnahme, Gewährleistung und Erhaltung, Straße und Autobahn 2/1997, S. 57 ff, Kirschbaum-Verlag
- [7] Mitschke, M.; Ueckermann, A.: Beurteilung der Ebenheit von Fahrbahndecken – Neues Abnahmeverfahren, Bericht Nr. 684 A, TU Braunschweig, Juni 1989
- [8] Mitschke, M.; Braun, H.; Liesner, W.: Ermittlung zulässiger Amplituden und Wellenlängen periodischer Fahrbahnebenheiten unter den Gesichtspunkten Straßen- und Ladegutbeanspruchung, Fahrsicherheit und Schwingempfinden (Lösungsansätze), Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 466, 1986
- [9] Mitschke, M.; Braun, H.; Klingner, B.: Zulässige Amplituden und Wellenlängen herausragender Unebenheitsanteile, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben FA 4.153 G90D, 1994
- [10] Mitschke, M.: Dynamik der Kraftfahrzeuge, Band B: Schwingungen, 3. neubearb. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1997
- [11] Ogawa, S.; Abe, T.: Fractal Evaluation on the Spatial Variation of Pavement Profiles, J. of Materials, Concrete Structures and Pavements, JSCE, Vol. 23 (1994), No. 490, S.131 ff
- [12] Schniering Ing.-Ges.mbH: Ergänzende Messungen der Unebenheit im Längs- und Querprofil für die Erstellung von Bewertungshintergründen, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben FP 4.165 G92D, Essen, Oktober 1996
- [13] Schniering Ing.-Ges.mbH: Bewertungsmethoden für ein neues Ebenheitsabnahmeverfahren, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben FE 89.033/1997/S1, Essen, April 1998
- [14] Schniering Ing.-Ges.mbH: HRM Messsystem-Daten
- [15] Ueckermann, A.: Sammlung und Vergleich von Straßenunebenheitsdaten – Untersuchungen und Vergleich verschiedener Messgeräte und Auswertverfahren auf Eignung zur routinemäßigen Erfassung und Bewertung des Ebenheitszustandes, Teil 2. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 598, Bundesministerium für Verkehr, Bonn 1991
- [16] Wächter, M.: Persönliche Mitteilung über Forschungsaktivitäten an der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, Fachbereich Physik, Abteilung Energie- und Halbleiterforschung, Arbeitsgruppe Fahrradforschung
- [17] Bundesanstalt für Straßenwesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZEV-ZEB), Technische Erfassungs- und Auswerteregeln, Teil D
- [18] BPW Bergische Achsen KG, Wiehl: Fahrzeugdaten aus dem Bereich "GE_AK-Auftragskonstruktion", im April 2001
- [19] DaimlerChrysler AG: Fahrzeugdaten aus dem Bereich "Berechnung Nutzfahrzeuge", April 2001
- [20] Deutsche Bahn: Vorschriften über die Beladung der Güterwagen (Beladevorschriften), Deutscher Eisenbahn-Gütertarif
- [21] DIN EN 22247: Verpackung, Versandfertige Packstücke, Schwingprüfung mit niedriger Festfrequenz (ISO 2247:1985), 1993
- [22] DIN 30786: Transportbeanspruchungen, Mechanisch-dynamische Beanspruchungen, Schwingungen und Stoßbeanspruchungen beim Straßentransport, Teil 2, Entwurf Oktober 1986
- [23] ISO 2631-1: Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, 1997
- [24] VDI 2057: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Ganzkörperschwingungen, Blatt 1, Entwurf 1999
- [25] Volkswagen AG: Fahrzeugdaten aus dem Bereich "Pkw-Fahrwerk-Vorentwicklung", im April 2001