

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 25

Artikel: Entwicklung eines Gerätes zur Messung der Querunebenheit
Autor: Dietrich, Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76633>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entwicklung eines Gerätes zur Messung der Querunebenheit

Von Karl Dietrich, Zürich

Intensivierte Bestrebungen zur Einführung von betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten bei der Erhaltung von Strassen (Management der Strassenerhaltung) haben in jüngster Vergangenheit zu einer Weiterentwicklung der Messtechnik für die Erfassung des Zustandes der Strassen geführt. Das von Prof. H. Grob geleitete Institut war an solchen Entwicklungen beteiligt, unter anderem mit Geräten für die Erfassung der Ebenheitseigenschaften im Längs- und Querprofil einer Strasse.

Anlass

Während in der Schweiz zur Messung der Längsunebenheiten seit Jahren ein modernes Gerät, der Winkelmesser ISETH zur Verfügung steht, werden die Unebenheiten im Querprofil (Querunebenheit) mit dem in den 60iger Jahren entwickelten «PLANUM» erhoben. Dieses Gerät, das auch in der Norm SN 640 520 «Ebenheit» genannt wird, ist für viele Messaufgaben kleineren Umfangs gut geeignet. Es weist jedoch folgende Mängel auf:

- die Neigung der Messbasis bleibt unberücksichtigt
- der direkte Vergleich zu verschiedenen Zeiten gemachter Aufnahmen (z. B. Spurrinnenbildung in Abhängigkeit der Zeit) ist ungenau und nicht zufriedenstellend
- keine Möglichkeit zur Vergrößerung der Messwerte
- relativ kleiner Messbereich von nur 30 mm
- und vor allem: die Auswertung der mechanisch auf Papierstreifen aufgezeichneten Profillinie ist zeitaufwendig und wenig genau.

Neben dem «PLANUM» bestehen im Ausland eine Vielzahl statischer Ebenheitsmessgeräte. Das gemeinsame Konzept all dieser Geräte ist das mechanische Abtasten der Strassenoberfläche von einer möglichst geradlinigen Bezugsbasis aus. Die Bezugsbasis ist entweder beliebig geneigt oder horizontal, was einen wesentlich grösseren Messbereich bedingt. Das Messsignal wird mechanisch oder elektrisch aufgenommen, übertragen und aufgezeichnet.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages wurde auf Anregung von Prof. H. Grob an der ETHZ ein neues Gerät entwickelt, das eine genaue Aufnahme und rasche Auswertung der Ergebnisse an Ort und Stelle erlaubt. Dabei wurde von den folgenden, sich aus der Praxis ergebenden Anforderungen ausgegangen:

- Messlänge 4 m
- Messbereich vertikal 100 mm
- Genauigkeit $\pm 0,2$ mm
- Messung und Berücksichtigung der Querneigung; entzerrte Aufnahme
- Vergrößerung in vertikaler Richtung möglich; freie Wahl verschiedener Massstäbe
- Aufnahme des Querprofils auf EDV-Datenträger
- geeignet, um die Entwicklung von Spurrinnen zu verfolgen
- geeignet als Ergänzung zum schnell und kontinuierlich messenden Gerät (DQM2).

Entwicklungsarbeit

Im Laufe der Entwicklungsarbeit zeigte es sich, dass die in der ersten Phase gestellten Anforderungen an die Genauigkeit wohl erfüllt werden könnten, dass dadurch aber sehr hohe Kosten entstehen würden. Zudem wäre ein solches Gerät sehr unhandlich und kaum feldtauglich.

Die ursprünglichen Anforderungen wurden aufgrund der Erfahrungen in der praktischen Anwendung wie folgt geändert:

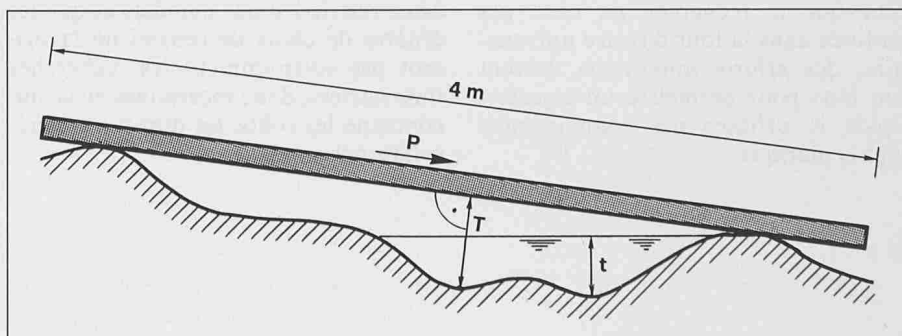
- mindestens gleiche Genauigkeit wie beim PLANUM
- Maximalgewicht 20 kg

Bild 1. Zu erhebende Grössen

T = Muldentiefe unter der 4-m-Latte

t = theoretische Wasserfilmdicke

P = Querneigung



- Materialkosten höchstens 15 000 Fr.
- Messwertaufnahme auf EDV-Grundlage, und
- Felddauswertung mit Kleinrechner möglich.

Konzept

Im Verlaufe der Nachforschungen für die Materialbeschaffung zeigte sich, dass neben der Möglichkeit der Verwendung von elektrischen Weggebern auch berührungslose Entfernungsmesssysteme in Frage kommen können. Dabei fallen Lasersysteme aus preislichen Gründen aus den möglichen Betrachtungen heraus, währenddem Ultraschall-Geber durchaus den gestellten Randbedingungen zu entsprechen vermögen. Der Einsatz von Ultraschall-Gebern, deren Verwendung im Ausland bei ähnlichen Geräten bekannt ist, wurde deshalb in Vorversuchen geprüft und als erfolgversprechend beurteilt.

Zur vollständigen Auswertung des Querprofils mit den Werten T und t wird eine Information über die Querneigung (p) benötigt (vergl. Bild 1).

Es ist eine getrennte Messung der Querneigung vorgesehen. Der gemessene Wert p kann dann von Hand in den Kleinrechner eingegeben werden.

Zusammen mit der Querneigung wird dann die Wassertiefe t gemäss Norm SN 640 520 direkt ermittelt.

Eine vollständige Aufzeichnung des Profils wird nur als zusätzliche «Option» betrachtet, die zusätzliche Hardware benötigt (X-Y-Schreiber) und für den Feldeinsatz nicht in Frage kommt.

Das entsprechend dem genannten Konzept gebaute Gerät ist schematisch in Bild 2 dargestellt.

Für den Feldeinsatz des Messgerätes wurde ein einfacher Transportkarren gebaut, an welchem der Messbalken so angebracht ist, dass er bei der Messung vom Transportkarren unbeeinträchtigt

auf den eigenen Stützen steht. Verschiedene Plattformen auf dem Transportkarren erleichtern das Mitführen einer Batterie für die gesamte, unabhängige Stromversorgung und ergeben eine Abstellfläche für den mitgeführten Kleinrechner und den Hauptsteuerungskasten.

Erste Testergebnisse

Noch vor der Beschaffung des Kleinrechners und dem Beginn der Ausarbeitung der entsprechenden Auswertprogramme wurde das Messsystem mit Hilfe eines Kontrollprofils überprüft. Das Ergebnis des Vergleichs der Profile mit Ultraschallmessung einerseits und dem Kontrollnivelement andererseits hat ergeben, dass das Profil im allgemeinen recht genau, mit einer Präzision von unter 1 mm, wiedergegeben wird, wenn auch nach wie vor noch gewisse Differenzen bestehen. Letzere sind in erster Linie auf die Durchbiegung des Messbalkens unter Eigengewicht zurückzuführen. Dieser Einfluss ist konstant und kann im Auswertprogramm eliminiert werden.

Weitere Einflüsse auf das Messergebnis können auch von der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft herrühren. Um

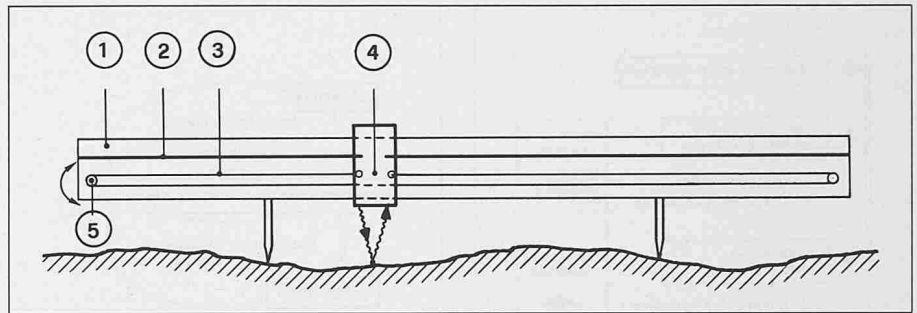


Bild 2. SQM-86, schematische Aufbauskizze

- 1 und 2 Messbasis, bestehend aus einem 4,25 m langen Alu-U-Profil auf Stützen und einer Präzisionslaufmaschine für die Messeinheit.
- 3 Antriebsseite aus Kunststoff
- 4 Messeinheit, bestückt mit einem Ultraschall-
- 5 Antriebsmotor

Wegmesssystem. Die Messfleckgröße im Abstand von rd. 100 mm beträgt etwa $35 \times 35 \text{ mm}^2$. Erhebungen mit kleinerer Fläche können erfasst werden, da das erste reflektierte Signal ausgewertet wird.

diese Einflüsse zu berücksichtigen, wird bei jeder einzelnen Messung der Ultraschallgeber geeicht (Messung eines konstanten, bekannten Wertes am Endanschlag des Balkens).

Ausblick

Nach der Fertigstellung des dynamischen Querprofilmessgerätes DQM2, das einen raschen Überblick über die Ebenheits-Verhältnisse ganzer Stras-

senabschnitte bei hoher Geschwindigkeit erlaubt, steht zusammen mit dem beschriebenen Gerät ein Instrumentarium zur Verfügung, welches die Erhebung, Auswertung und Speicherung der für Strassen-Datenbanken notwendigen Messwerte rasch und genau ermöglicht.

Adresse des Verfassers: Prof. Karl Dietrich, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Ausführungsaspekte bei Tunnelanierungen

Von Prof. R. Fechtig, Zürich

Die Sanierung von 60- bis 100jährigen Eisenbahntunneln stellt die Beteiligten, Bauherr, Projektierende und Unternehmerschaft vor ganz neue Probleme. Deren Lösung ist nur im engen, partnerschaftlichen Verhältnis möglich. Sanierungen unter Verkehr bringen erhöhte Risiken. Der Sicherheit, der Information und Organisation kommt eine besondere Bedeutung zu. Das Baugeschehen hat sich dem Betrieb unterzuordnen. Dies alles fordert von allen Beteiligten ein Umdenken und ein minutiöses Vorausplanen, eine besondere Auswahl der Equipen sowie eine straffe Führung, sonst kann ein Erfolg, zeitlich und finanziell, nicht sichergestellt werden.

Einleitung

Mit dem Zeitalter des Eisenbahnbaus wurden nicht nur in der Schweiz, sondern in ganz Europa zahlreiche Tunnel gebaut. Diese Bauwerke haben eine Altersstruktur von 60 bis 110 Jahren. Altersbeschwerden machen sich auch bei solch bestandenen Objekten bemerkbar: «Sie kommen in die Jahre.»

Seit dem Zweiten Weltkrieg haben sich die betrieblichen Bedingungen auf zahlreichen Strecken gewandelt. Die Frequenzen haben sich verstärkt, die rollenden Jahrestonnagen vervielfacht, die Profilansprüche sind anders geworden; geblieben jedoch ist die Tunnelröhre von anno dazumal.

Nicht überall kann die Sicherheit weiterhin gewährleistet werden, das Gleisebett ist in schlechtem Zustand, die

Vorflut und Drainagen nicht mehr funktionstüchtig. Der Zahn der Zeit nagt am Objekt.

In den vergangenen 15 bis 20 Jahren sind in der Schweiz erste Sanierungen ausgeführt worden. Erste Teams von Ingenieuren haben sich das notwendige Know-how solcher Sanierungsaufgaben zulegen können. Einige Unternehmen haben erste Sanierungsaufgaben erfolgreich abgeschlossen. Tunnelanierungen haben andere Gesetzmässigkeiten als sonst irgendeine Tiefbauarbeit. Die nachfolgenden Ausführungen skizzieren die Optik des Ausführenden.

Tunnelanierungen stellen die Unternehmerschaft vor ganz neue Probleme. Es stellt sich nämlich die Frage, inwieweit der Bauherr mit seinen Betriebsdiensten zum Partner im ganzen Geschehen wird (Bild 1).

Diese partnerschaftliche Beziehung gilt schwergewichtig für Eisenbahntunnel, hat aber in leicht abgeschwächter Form auch für Strassentunnel Gültigkeit.

Handelt es sich um ein Objekt, das für die Dauer der Sanierung stillgelegt wer-