

2D/3D vs. LVDT

Digitale Bildkorrelation und Induktivwegaufnehmer im Vergleich

AUTOREN: MATTHIAS PITTRICH, PRÜFAMT FÜR VERKEHRSWEGBAU DER TU MÜNCHEN; THOMAS LIND & SEBASTIAN SAUBER, BEIDE ME-GO GMBH | BILDER: PRÜFAMT FÜR VERKEHRSWEGBAU DER TU MÜNCHEN

Um das Potenzial der digitalen Bildkorrelation aufzuzeigen, wurden Vergleichsmessungen des Oberbaus unter fahrenden Zügen durch das Prüfamt für Verkehrswegebau der TU München zusammen mit der Me-go GmbH durchgeführt. Die Messungen zeigen, ob die Ergebnisse mit herkömmlicher Messtechnik (Induktivwegaufnehmer, LVDT) vergleichbar sind.



Bild 1 | Auf einer Bahnstrecke wurden vertikale Bewegungen von Bahnschwellen und Schienen mittels Induktivwegaufnehmern, 3D-Kamera, 2D-Kamera und digitaler Bildkorrelation gemessen und die Ergebnisse miteinander verglichen.

Auf einer Bahnstrecke bei München wurden die vertikalen Bewegungen von Bahnschwellen und Schienen gemessen. Die Besonderheit ist, dass sich dort eine Schlammstelle gebildet hatte, d.h. höhere Einsenkungen zu erwarten waren, was diesen Ort ideal für Vergleichsmessungen machte, da man die deutlich ausgeprägten Verformungen besser visualisieren kann und eventuelle Messabweichungen durch den größeren Skalierungsfaktor gegebenenfalls leichter erkennbar werden.

Aufbau und Messtechnik

Um eine Referenz für die Messergebnisse der 2D- und 3D-Kameras auf

Basis geklebter Punktmarken zu erhalten, wurden LVDTs an der Schiene und den Schwellen angebracht. Zwei der insgesamt sechs LVDTs (HBM WA/20MM-L, Abtastrate 4.800Hz) wurden so angebracht, dass die absolute vertikale Bewegung der Schwellen gemessen werden konnte. Auf jeder Schwelle wurden zwei weitere LVDTs montiert, welche die vertikale Bewegung der Schiene gegenüber der Schwelle aufzeichneten. Somit lässt sich auch die rechnerische Gesamteinsenkung der Schiene bestimmen. Das 3D-Kamerasystem (Aramis SRX von GOM, 150Hz Abtastrate) und das 2D-Kamerasystem (Me-go Standard-5M, 60Hz Abtastrate) waren in einer Achse

angeordnet und hatten eine Messfeldbreite von etwa 2m. Somit war es möglich vier Schwellen gleichzeitig zu erfassen. Zu Vergleichszwecken wurden allerdings nur die zwei mittleren Schwellen herangezogen.

Auswertung und Vergleich

Beispielhaft für die durchgeführten Messungen werden zwei Zugfahrten dargestellt und analysiert, um eine vergleichende Betrachtung der angewandten Messmethoden zu ermöglichen. Der erste Zug bestand aus Lok plus fünf Doppelstockwagen und fuhr mit einer Geschwindigkeit von 127km/h (Bild 2). Der zweite Zug be-

stand aus Lok plus vier Doppelstockwagen und fuhr mit einer Geschwindigkeit von 72km/h in die Gegenrichtung (Bild 3). Zu sehen ist die vertikale Einsenkung der Schwelle (y1-Achse) über den zeitlichen Verlauf (x-Achse) der Zugfahrt. Zusätzlich ist die Abweichung der Messergebnisse unterhalb der Messdaten dargestellt (y2-Achse). Erkennbar sind die Einsenkungen der Schwelle unter den einzelnen Achsen des Zuges, wobei sich die Lok aufgrund der höheren Achslasten etwas deutlicher abzeichnet.

Alle drei Messmethoden zeigen vergleichbare Ergebnisse. Die maximalen Abweichungen liegen stets unterhalb von 1mm. Vergleicht man die Methoden direkt miteinander, so ergeben sich für die erste Zugfahrt im Mittel Abweichungen von 0,13mm zwischen 2D- und 3D-System, 0,09mm zwischen 2D-System und LVDT sowie 0,09mm zwischen LVDT und 3D-System. Für die zweite Zugfahrt ergeben sich mittlere Abweichungen von 0,08mm zwischen 2D- und 3D-System, 0,05mm zwischen 2D-System und LVDT sowie 0,10mm zwischen LVDT und 3D-System. Der große Ausschlag des LVDT-Signals in Bild 3 wird durch die starken Elektromagnete der Zugsicherungstechnik zwischen den beiden ersten Achsen der Lokomotive hervorgerufen. Diese Störung der LVDTs kann theoretisch herausgefiltert werden.

Fazit

Die Abweichung der Messergebnisse untereinander liegt etwa im Bereich von 0,1mm. Bedenkt man die Randbedingungen im Versuch (Witterung, Lichtverhältnisse) sowie die aktuell noch geringe Erfahrung im Umgang mit der Kameramesstechnik in dem hier dargestellten Umfeld, ergeben sich noch weitere Optimierungspotenziale. Im Rahmen der Messungen zeigte sich, dass der Fahrtwind der Schienenfahrzeuge vor allem am Ende des Zuges (Sog) zu Beeinträchtigung

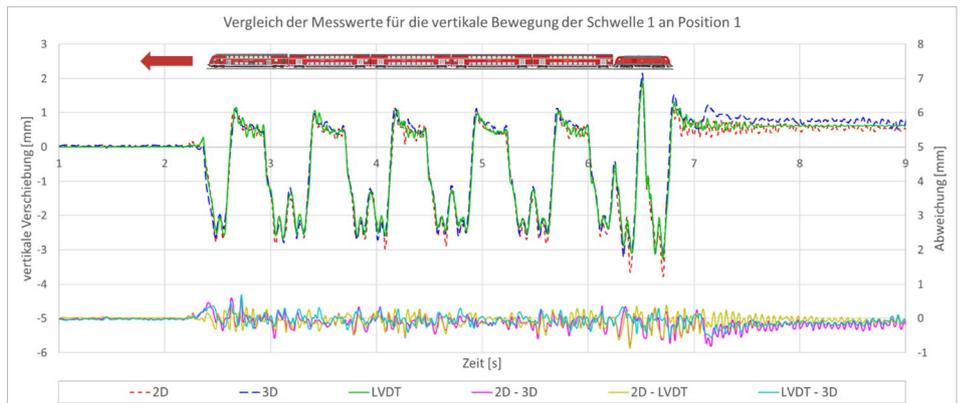


Bild 2 | Vergleichsmessung der ersten Zugfahrt (Fahrtrichtung West)

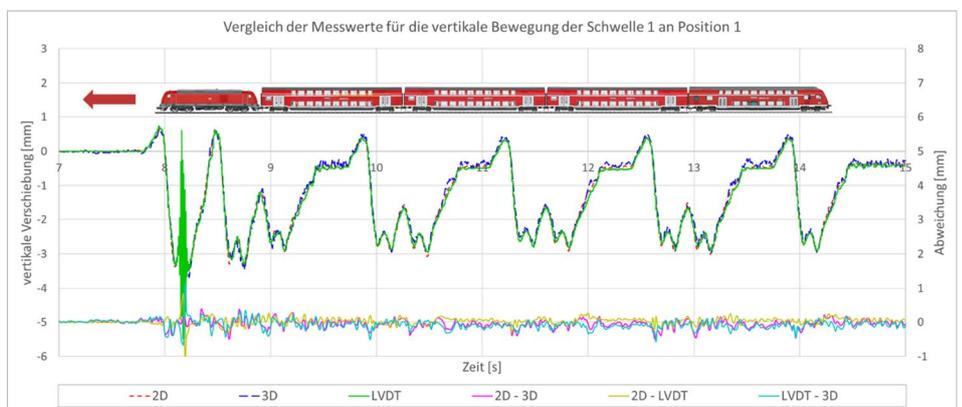


Bild 3 | Vergleichsmessung der zweiten Zugfahrt (Fahrtrichtung Ost)

gen der Messungen führen kann. Dies betraf vor allem die 3D-Kamera, die auf einem hohen Stativ angebracht war. Bei der 2D-Kamera wurde aufgrund des deutlich tiefer liegenden Schwerpunkts kein Windeinfluss festgestellt. Ein weiterer Punkt ist die Abtastrate, die bei den Messkameras systembedingt deutlich unterhalb der Abtastrate der LVDTs lag. Vor allem bei schnellen Zugfahrten war zu sehen, dass die Abtastrate teilweise zu gering war. Durch die Anpassung des Bildausschnitts in der Höhe sind aber noch höhere Abtastraten möglich. Die ersten Messungen zeigen bereits sehr zufriedenstellende Ergebnisse, so dass die 2D- und 3D-Kamerasysteme am Prüfamts für Verkehrswegebau der TU München in Zukunft vermehrt zum Einsatz kommen werden. Im Vergleich

zu den bisher verwendeten Messverfahren (LVDT, DMS, ...) zeichnen sich die beiden Messkameras durch eine hohe örtliche Flexibilität, einfachen Aufbau und Einrichtung sowie eine anwenderfreundliche Bedienoberfläche und Datenverarbeitung aus. Zudem ist keine aufwändige Anbringung von Sensoren nötig, was besonders bei der Anwendung an Bahnstrecken vorteilhaft ist. Durch das bildgebende Verfahren können Messdaten einfacher visualisiert und verstanden werden, so dass Störeinflüsse, wie Elektromagneten, schnell aufgespürt und berücksichtigt werden können. ■

www.bgu.tum.de/vwb
www.me-go.de