



## **MESSTECHNISCHE ERFASSUNG UND ANALYSE DES BEWEGUNGSVERHALTENS VON PLATTENVERDICHTERN IM BAHNBAU**

Die gleisgebundene Unterbausanierung wird in Österreich seit ca. 25 Jahren eingesetzt, um das alternde Streckennetz effizient zu sanieren und zu modernisieren. Dabei wird der Gleisrost mit einer Maschine angehoben und der darunter liegende Gleisschotter sowie die Tragschicht abgeräumt und erneut eingebaut. Dafür wird vorwiegend die Unterbausanierungsmaschine AHM 800-R eingesetzt. Die hohe Wirksamkeit der gleisgebundenen Unterbausanierung ergibt sich durch die Möglichkeit die Tragschicht einzubauen, ohne den Gleisrost abbauen zu müssen. In den letzten 20 Jahren wurde die Technologie in diesem Bereich nur geringfügig weiterentwickelt. Bei Überprüfung eingebauten Tragschicht zeigte sich, dass auf dem mittels AHM 800-R sanierten Streckenabschnitten vereinzelt Stellen auftreten, an denen die Verdichtungsanforderungen für den Einbau von Tragschichten nach RVS 08.03.01 nicht erreicht werden. Da dies nur punktuell erkennbar ist, ist die Sicherheit des Streckennetzes nicht gefährdet und kann in Bezug auf die Verkehrssicherheit vernachlässigt werden. Nichtsdestotrotz senkt eine unzureichende Verdichtung der Tragschicht die Lebensdauer eines Streckenabschnitts deutlich.

### **Durchführung von Feldversuchen am Plattenverdichter**

Um in Zukunft eine gleichmäßigere Verdichtung mit ausreichendem Verdichtungsgrad zu erreichen und diesen auch flächendeckend überprüfen zu können, begann die Fa. Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. in Kooperation mit dem Institut für Geotechnik der TU Wien an einem Forschungsprojekt zur Tragschichtvergütung zu arbeiten. In weiterer Folge startete die Fa. Plasser und Theurer, Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H in Kooperation mit dem Institut für Geotechnik der TU Wien im Juli 2019 ein weiterführendes Forschungsprojekt zur Tragschichtverdichtung mit Fokus auf der Weiterentwicklung der eingesetzten Plattenverdichter. Im Zuge dessen wurden im November 2019 Feldversuche durchgeführt, deren Ziel die Erfassung des Bewegungsverhalten eines Plattenverdichters, wie er auf der AHM 800-R eingesetzt wird, war. Dafür wurde der Plattenverdichter mit fünf Beschleunigungsaufnehmern ausgestattet, wobei vier davon am unteren Teil des

Plattenverdichters, der Grundplatte, und der fünfte am oberen Teil des Plattenverdichters, dem Rahmen, angebracht wurden. Zusätzlich wurde das Erregersystem mit vier Positionssensoren ausgestattet, um die Position und Drehrichtung der Unwucht während den Messfahrten bestimmen zu können. Um den Plattenverdichter über das Testfeld zu führen, wurde er mit einer speziellen Aufhängung an einem Bagger befestigt (siehe Abbildung 1), der sich entlang der Testspuren bewegte.



Abbildung 1: Befestigung des Plattenverdichters am Baggerschild

Die Feldversuche bestanden aus vier Nullmessungen und acht Messfahrten. Für jede Nullmessung und jede Messfahrt zeichneten die Sensoren Beschleunigungssignale in x-, y- und z-Richtung sowie die Position der Unwucht mit einer Aufzeichnungsfrequenz von 10 kHz auf. Durch weitere Sensoren konnte die zusätzliche Anpresskraft, welche auf den Plattenverdichter aufgebracht wurde und der Druck im Hydrauliksystem des Baggers gemessen werden. Bedingt durch die Konstruktion der Aufhängung war die Aufbringung der Anpresskraft nur in horizontaler Richtung möglich und musste umgelenkt werden, um als vertikale Auflast zu wirken.

Das Ziel der dieser Kurzfassung zugrunde liegende Diplomarbeit ist die Auswertung der ermittelten Messdaten sowie die Analyse und Interpretation dieser.

### **Aufbereitung der ermittelten Messdaten mittels MATLAB**

Bevor die im Zuge der Feldversuche gewonnenen Messdaten ausgewertet und analysiert werden konnten, mussten sie vorab aufbereitet werden. Die gesamte Datenverarbeitung wurde hierbei mittels MATLAB durchgeführt. Da für die Bewegungsanalyse neben Beschleunigungsdaten auch deren integrierte Bewegungsgrößen, Schwinggeschwindigkeit und Schwingweg benötigt wurden, mussten die Beschleunigungsdaten zweimal numerisch im Zeitbereich integriert werden, wobei die numerische Integration nach der Trapezregel erfolgte.

Damit sich bei der Integration keine Fehler aufgrund von Messrauschen ergeben, mussten die Beschleunigungsdaten vor der Integration digital gefiltert werden. Eine Analyse der Daten im Frequenzbereich zeigte, dass die Daten keine nennenswerten Anteile im niederfrequenten Bereich aufweisen jedoch eine große Menge an Messrauschen im hochfrequenten Bereich vorliegt. Aus diesem Grund war es möglich, die Daten mit einem Hochpassfilter zu filtern, um das langwellige, niederfrequente Messrauschen zu entfernen und zusätzlich mit einem Tiefpassfilter, um das hochfrequente Messrauschen zu entfernen.

### **Auswertung und Analyse der Ergebnisse**

Im Zuge der Auswertung der Messdaten zeigte sich, dass die Kapazität des Hydrauliksystems des bei den Feldversuchen verwendeten Baggers für eine unabhängige Steuerung von Anpresskraft und Erregerfrequenz nicht ausreichte. Daraus resultierend konnte entweder eine hohe Anpresskraft aufgebracht oder eine hohe Erregerfrequenz erzielt werden. Die stark variable Erregerkraft erschwert die Untersuchung der Messdaten im Hinblick auf eine arbeitsintegrierte Verdichtungskontrolle.

Die nachfolgende Bewegungsanalyse der gewählten Messausschnitte zeigte, dass die Anpresskraft (und/oder die Erregerfrequenz) einen großen Einfluss auf das Bewegungsverhalten und den Betriebszustand des Plattenverdichters hat. Bei geringer Anpresskraft verhielt sich die Schwingung des Plattenverdichters beinahe ungestört und wies eine vergleichsweise geringe Interaktion des dem Untergrund auf. Aufgrund der großen Ähnlichkeit der Bewegungsverläufe des Messausschnitts mit geringer Anpresskraft und der Nullmessungen ist davon auszugehen, dass der Plattenverdichter in diesem Fall von der, speziell für den Feldversuch konstruierten Aufhängung angehoben wurde und nahezu frei schwingt. Im Vergleich dazu zeigte sich bei hoher Anpresskraft eine starke Interaktion mit dem Untergrund und ein eindeutiges Springen des Plattenverdichters mit periodischem Kontaktverlust sowie einer hohen Regelmäßigkeit über zwei Erregerperioden. Im Abschnitt mit mittlerer Anpresskraft entstand ein sich über zwei Erregerperioden wiederholendes, nicht eindeutig ausgeprägtes Bewegungsverhalten. Der Betriebszustand des Plattenverdichters ist auch in diesem Fall dem Springen zuzuordnen.

Resultierend aus der Analyse der Messdaten konnte festgestellt werden, dass der Plattenverdichter bei entsprechender Betriebsart ein regelmäßiges und reproduzierbares Bewegungsverhalten aufweist. Dies ist eine notwendige Grundvoraussetzung für die zukünftige Entwicklung einer arbeitsintegrierten Verdichtungskontrolle von Plattenverdichtern.