

Verdichtung von Böden mit größerer Tiefenwirkung – Potentiale aus 3 Jahren

Holger Pankrath^{1,2}, Alexander Knut², Rosa Ocaña^{1,2}, Ralf Thiele¹

¹ HTWK Leipzig, University of Applied Sciences, Fakultät Bauwesen, Karl-Liebknecht-Str. 132, 04277 Leipzig, Deutschland

² Forschungs- und Transferzentrum Leipzig e.V. an der HTWK Leipzig, Karl-Liebknecht-Straße 143, 04277 Leipzig, Deutschland

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research



FORSCHUNG AN
FACH HOCHSCHULEN



www.g2-gruppegeotechnik.de



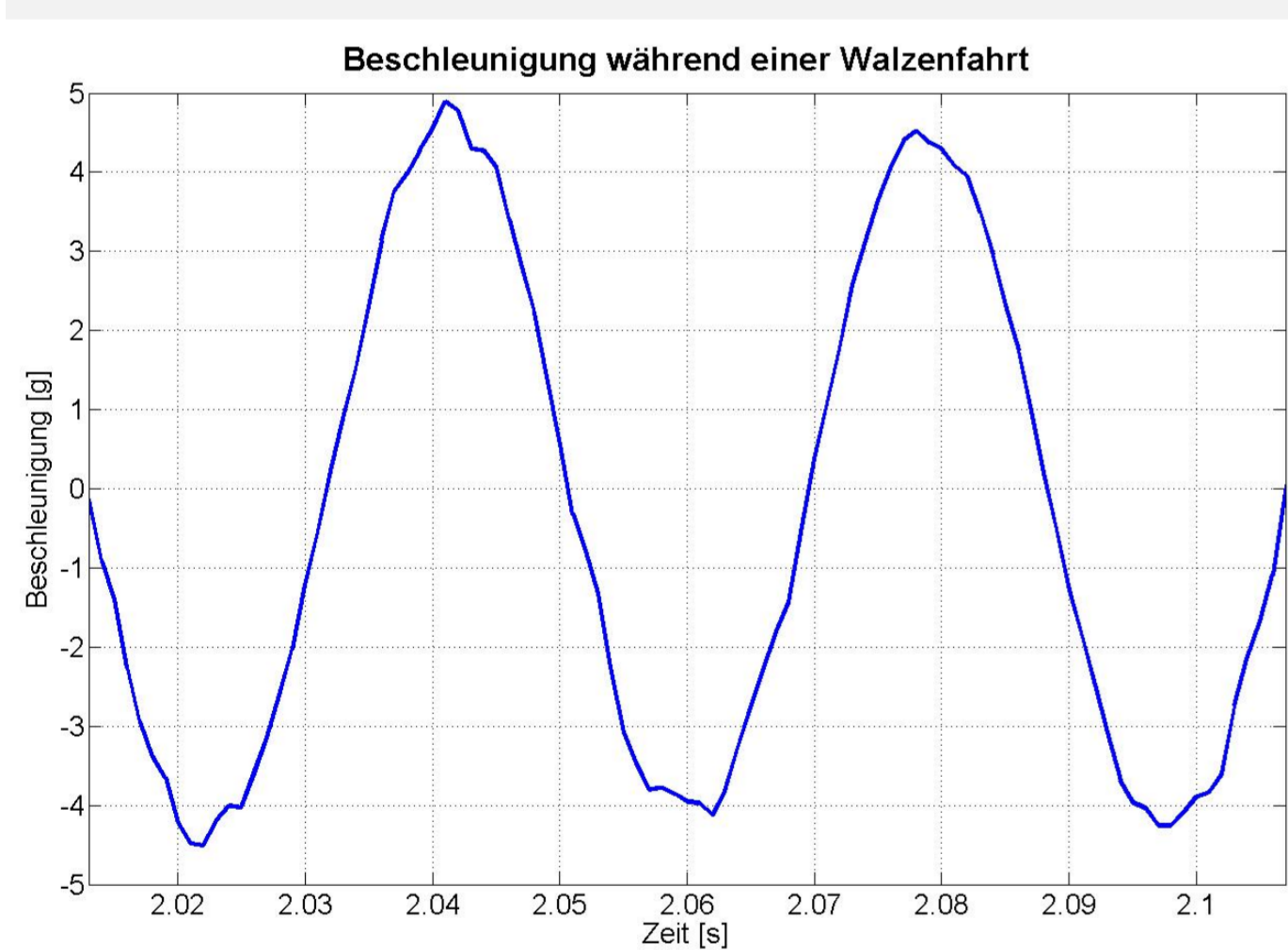
EIN INTERDISZIPLINÄRER WEG

Für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken jeder Art müssen Zielwerte der Verdichtung des Baugrundes i. d. R. über mindestens 5m Tiefe vorhanden sein. Dies gilt für Lockergesteinsböden bei Gründungen von Wohn- und Industriebauten, für Verkehrsanlagen aller Art, für Dämme und Deiche sowie für künstliche Auffüllungen auf innerstädtischen und ländlichen Baustellen. Für Bodenverdichtungen existieren verschiedene punktuell oder flächig ansetzende Verfahren. Es zeigt sich jedoch deutlich, dass ein effektives Verdichtungsgerät für den baupraktisch häufig notwendigen Bereich von 2–5m fehlt. Seit September 2012 beschäftigt sich die G² Gruppe Geotechnik im Rahmen des Forschungsprojektes ECompact wissenschaftlich mit der Untersuchung von Bodenverdichtung v. a. durch transiente/impulsartige Systeme wie Fallplatten und dem Rapid Impact Compactor (RIC). Unsere Forschungsziele sind eine bodenmechanisch präzise Beschreibung von Verdichtungsprozessen und darauf aufbauend eine geräteseitige Optimierung oder Neuentwicklung von Verdichtungsverfahren. Ein mehrköpfiges interdisziplinäres Team aus Bauingenieuren und Maschinenbauern um Holger Pankrath und Alexander Knut hat hierfür einen regelmäßigen Austausch mit dem Projektpartner BOMAG gepflegt und ein Netzwerk von Praxispartnern und Wissenschaftlern nationaler sowie internationaler Universitäten aufgebaut.

INNOVATIVE PRÜFWERKZEUGE – THEORIE HILFT PRAXIS

Im Rahmen der Projektarbeiten konnten wesentliche Prüfwerkzeuge zur wissenschaftlichen Untersuchung dynamischer Bodenverdichtung entwickelt und in einem interaktiven Prozess verbessert werden. Prüfwerkzeuge sind Simulationen mit erweiterten numerischen Methoden mit ABAQUS, Modellversuchsstände verschiedener Skalierungen mit optischen Hochgeschwindigkeitsmessungen sowie Feldversuche an Verdichtern im 1:1 Maßstab. Möglichkeiten dieser Prüfwerkzeuge sowie ausgewählte Ergebnisse wurden bereits auf nationalen und internationalen Fachtagungen vorgestellt und diskutiert. Seit Mitte 2014 wurden zwei hochwertige Versuchsstände in verschiedenen Skalierungen (S und M) konzipiert und auf dem Gelände der HTWK Leipzig erfolgreich getestet. Hauptvorteil des Versuchsstand-S (small) ist die Möglichkeit, effektiv und mit geringem Aufwand Einflussstudien zu gerätetechnischen Anpassungen durchzuführen und Einflüsse auf Tiefenwirkung und Verdichtungsqualität optisch präzise zu erfassen. Der um den Faktor 10 größer skalierte Versuchsstand-M (medium) kann für präzise bodenmechanische Messungen an handgeführten Verdichtern und Fallgewichten bis ca. 100kg genutzt werden. Ergebnisse umfangreicher Vorstudien aus Simulationen und Arbeiten am Versuchsstand-S konnten in größerer Detailschärfe und mit mehr Anwenderbezug qualitativ erweitert und quantifiziert werden. Für beide Versuchsstände erfolgt die Datenerfassung mit einer Hochgeschwindigkeitskamera. Die Auswertung wird über die PIV-Methode (Particle Image Velocimetry) vorgenommen (s. a. DIC – Digital Image Correlation). Zur Beschreibung von Bodenverdichtungen und von Interaktionen zwischen Gerät und Boden mußten diese Methoden weiterentwickelt werden. Hierzu wurden die

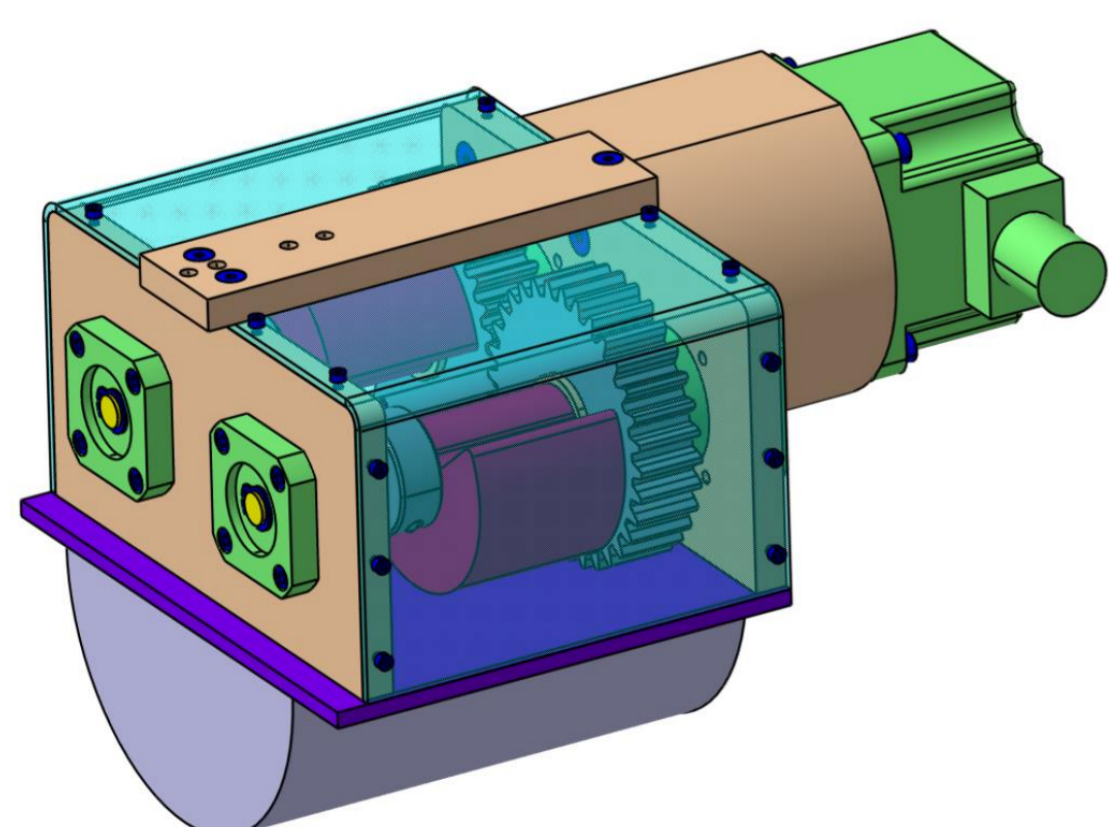
Kalibriermethoden und Auswerteverfahren nach geoPIV und Istra4D eingepflegt und für umfassende Studien als Software Routinen in MATLAB und LABVIEW automatisiert. Die Software ABAQUS[®] wurde mit implizitem und explizitem Gleichungslöser für Entwurf und Simulation dynamischer Verdichtermodelle in 2D verwendet. Dabei konnten für die hohen Energieeinträge und großen Verformungen erweiterte numerische Kopplungen wie die ALE-Methode erfolgreich implementiert werden. In Studien zu Einfluss- und Steuergrößen impulsartiger Verdichtungsverfahren konnte durch die Verwendung statistischer Methoden deutlich belegt werden, dass nur über transiente Verdichtung Wirktiefen von 2m bis 5m erreicht werden können. Dabei sind bodenabhängig Verdichtungsenergien von 90kJm bis 126kJm erforderlich, die im Freifall bei Verwendung eines 9t Fallgewichtes aus ca. 1,0m bis 1,4m Fallhöhe erreicht werden. Weiterführende Studien konnten aufzeigen, wie diese Kennzahlen deutlich reduziert und in ein innovatives Verdichtungsverfahren überführt werden können. Auf Basis der messtechnischen Erfahrung der Gruppe konnten neben bodenmechanischen nun auch gerätedynamische Messungen ausgeführt werden. Erstmals wurden am Rapid Impact Compactor und an der schweren Polygonwalze BW 332 DI das Beschleunigungsspektrum am Verdichter sowie die Steifigkeitsänderungen des Bodens während der Verdichtung hochauflösend erfasst. Die Bewertung der Bodenverbesserung erfolgte durch dynamische Lastplatte, PANDA Sonde, Isotopensonde TROXLER und durch bodenmechanische Laborversuche. Mit diesen Versuchen konnten die Wirkmechanismen der Verdichtung weiter analysiert und auf bodenmechanische Parameter korreliert werden.



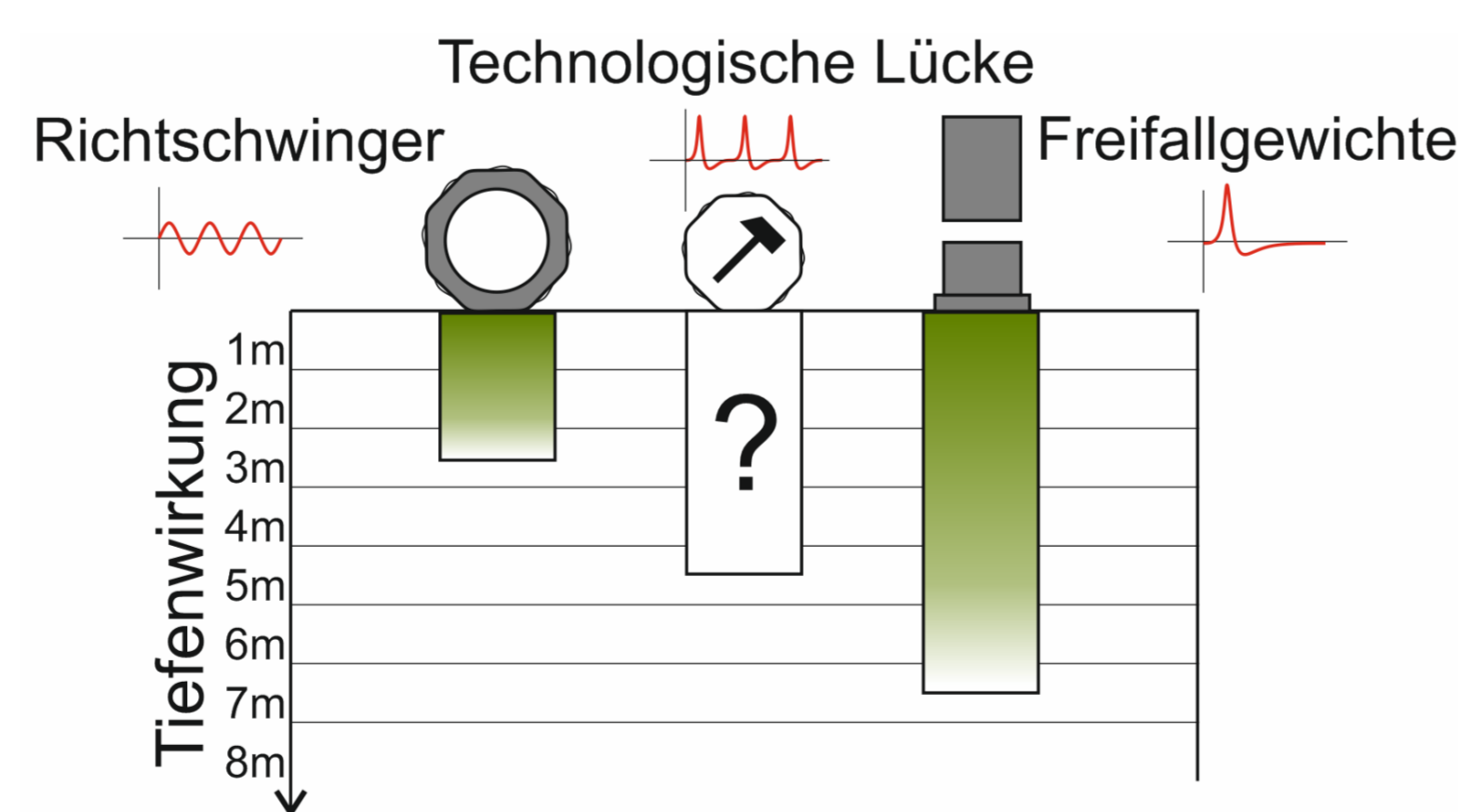
01 LEISTUNGSSTÄRKSTE ERDBAUWALZE DER WELT – BOMAG BW 332 DI



02 RAPID IMPACT COMPACTOR – PRINZIP HAMMER UND AMBOSS



03 MODELL EINES RICHTSCHWINGERS



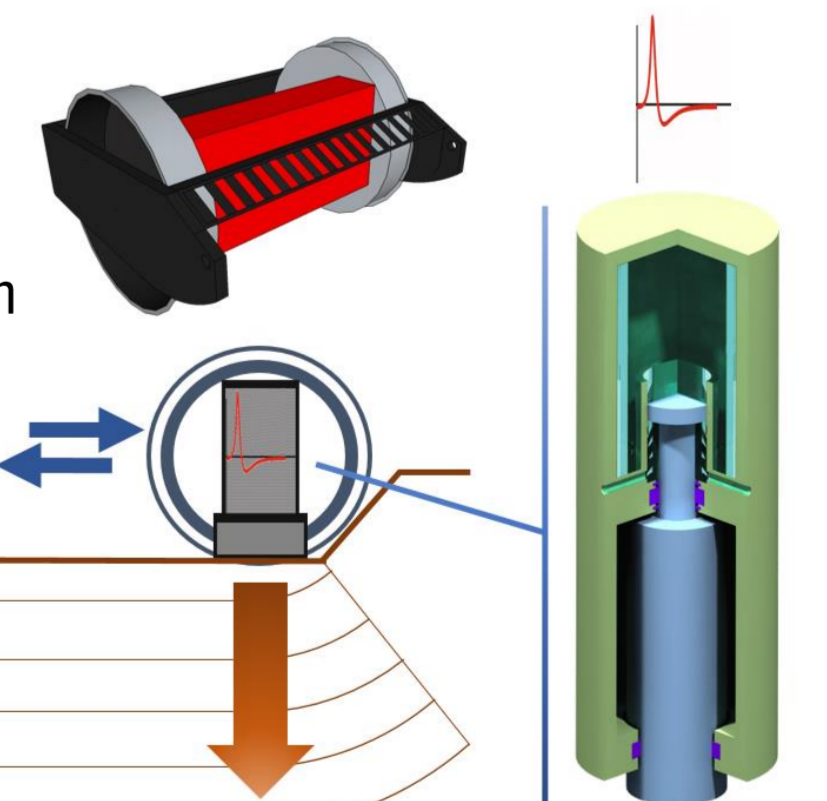
04 MOTIVATION UNSERER ARBEITEN



05 VERSUCHSTRÄGER UND ZIELE FÜR NEUVERFAHREN

Erhöhung der Verdichtungswirkung und Flächenleistung bei einer Zieltiefe von ca. 2 bis 5 m

Nutzung/Modifizierung einer steuerbaren, künstlichen Beschleunigung der Impulsmasse



ERGEBNISSE UND MÖGLICHKEITEN

Im Forschungsprojekt ECompact konnten mit optischen Hochgeschwindigkeitsmessungen die Ergebnisse aus Simulationen und Feldversuchen bestätigt und ergänzt werden. Somit war es möglich, wesentliche Voraussetzungen zu schaffen, um Ansätze zur Optimierung, Weiter- und Neuentwicklung von innovativen Verdichtungsgeräten

zu prüfen und zu verknüpfen. Die Analysen sind mittlerweile abgeschlossen und stellen eine erste wissenschaftliche Datenbasis zur Quantifizierung und eine Grundlage für weitere Nachweise an Verdichtungsgeräten dar. Dieser Wissensstand ist mit Abschluss des Projektes im Oktober 2015 wesentlicher Ausgangspunkt und Grundlage

für weiterführende Arbeiten der G² Gruppe Geotechnik unter Einbindung triaxialer Beschleunigungssensoren und Aufbau eines eigenen Versuchsträgers auf Basis einer 7t Erdbauwalze.