

Großmodellversuch zur Untersuchung des Bodenverhaltens unter Straßenkonstruktionen

Autor : Maximilian Kahnt

Einleitung

Straßenkonstruktionen übertragen Verkehrslasten über die Schichten des Oberbaus in den natürlichen Untergrund. Das Verständnis der daraus resultierenden mechanischen Zustände ist entscheidend für die Beurteilung der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit solcher Systeme.

Das Tragverhalten wird dabei wesentlich durch die Steifigkeit des Bodens bestimmt, welches vom Spannungsniveau, Dichte, Wassergehalt und klimatischen Einflüssen abhängt.

Um Spannungs- und Verformungszustände im Untergrund unter definierten Randbedingungen zu erfassen und numerische Modelle zu validieren, wird ein großmaßstäblicher Laborversuch mit umfangreicher Messtechnik durchgeführt.

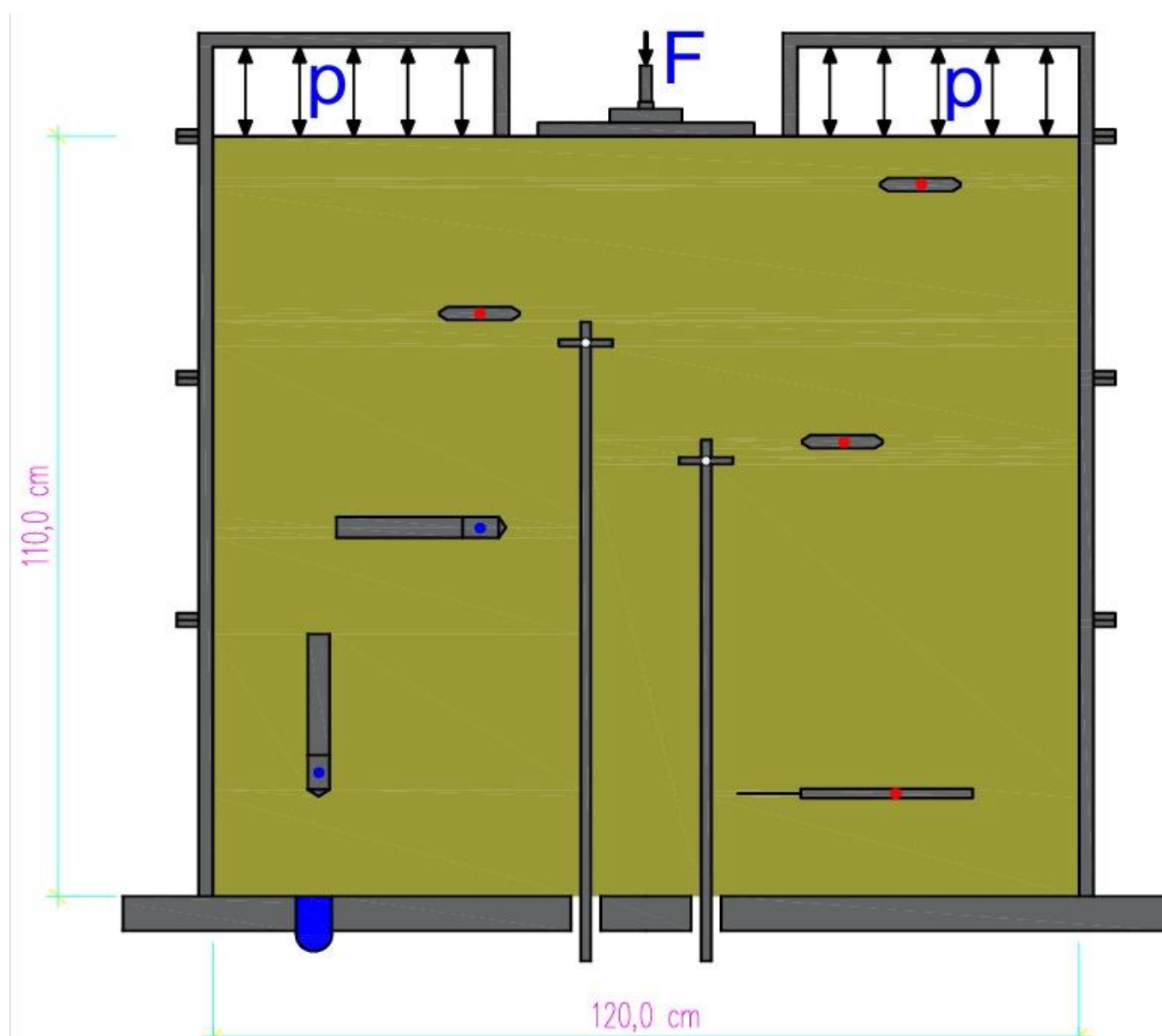


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Großmodellversuches

Ziele der Arbeit

- Aufbau und Durchführung eines Großmodellversuchs zur Simulation von Belastungsbedingungen unter einer Straßenkonstruktion.
- Kalibrierung und Bewertung der verwendeten Erddrucksensoren.
- Interpretation der Messdaten hinsichtlich Spannungsverteilung, Setzungen und Temperatureinflüssen.



Abb. 2: Linearantrieb zur Simulation der Verkehrslasten hier im Kalibrierprozess der Erddrucksensoren; zusätzliche Erfassung der Setzungen und Temperatur



Abb. 1: Belastungsdruckkissen zur Simulation der Straßeneigenlast

Feldmesstechnik

Zur Erfassung der Spannungs-, Temperatur- und Setzungsverläufe werden verschiedene Sensorprinzipien kombiniert. Messungen im Boden sind indirekt, da Spannungen und Drücke nur über ihre Wirkung auf das Messsystem erfasst werden. Die Interpretation erfordert daher Kenntnisse der Messprinzipien, ihrer Randbedingungen und typischen Fehlerquellen.

Verwendete Sensoren und Messprinzipien

- **Temperaturfühler (PT1000):** Widerstandsthermometer; Auswertung der temperaturbedingten Einflüsse auf andere Sensoren.
- **Schwingsaiten-Erddrucksensor:** Druckübertragung über hydraulisches Kissen; Belastung führt zu Frequenzänderung der gespannten Saite
- **Piezoelektrische Sensoren:** Kristalle erzeugen bei mechanischer Belastung Ladungsverschiebungen
- **Piezoresistive Sensoren:** Druckbelastete Siliziummembran; Widerstandsänderung in Piezowiderständen wird über Wheatstone-Brücke in Spannungssignal umgesetzt

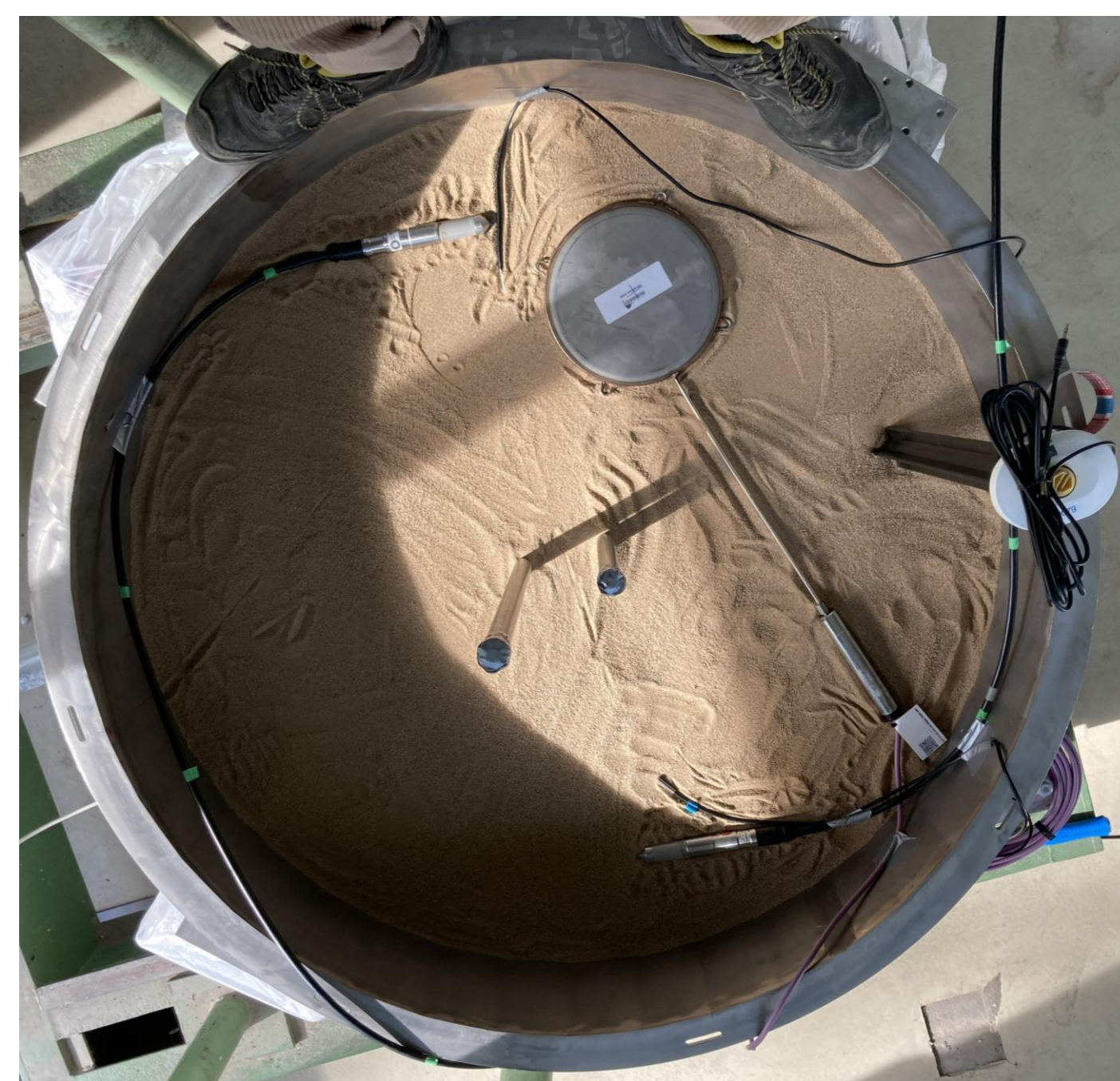


Abb. 3: Draufsicht Einbau von Druck-, Porenwasserdruck- und Temperatursensoren

Kalibrierung der Erddrucksensoren

- Untersuchung des Einflusses von Lasteinleitung, Steifigkeitsverhältnissen und Sensorgeometrie auf das gemessene Signal.
- Ermittlung individueller Kennlinien (Spannung-Signal) für jeden Sensor zur Korrektur von Offset, Temperaturdrift und Nichtlinearitäten.

Auswertung der Spannungs- und Setzungsmessungen

- Die gemessenen Vertikalspannungen zeigen eine deutliche Tiefenabhängigkeit und weichen durch die gegebenen Randbedingungen des Versuchsaufbaus von idealisierten Halbraumlösungen ab.
- Unterschiede zwischen den Sensorprinzipien (Schwingsaite, piezoresistiv, piezoelektrisch) werden hinsichtlich Sensitivität, Signalstabilität und Reaktion auf Laständerungen sichtbar.
- Setzungsmessungen belegen zeitabhängige Verformungen; überlagerte Temperatureffekte können unter Heranziehung der Temperaturmessungen herausgefiltert werden.
- Porenwasserdruckmessungen ermöglichen Aussagen zur Entwicklung effektiver Spannungen während Belastung und Grundwasserschwankungen.

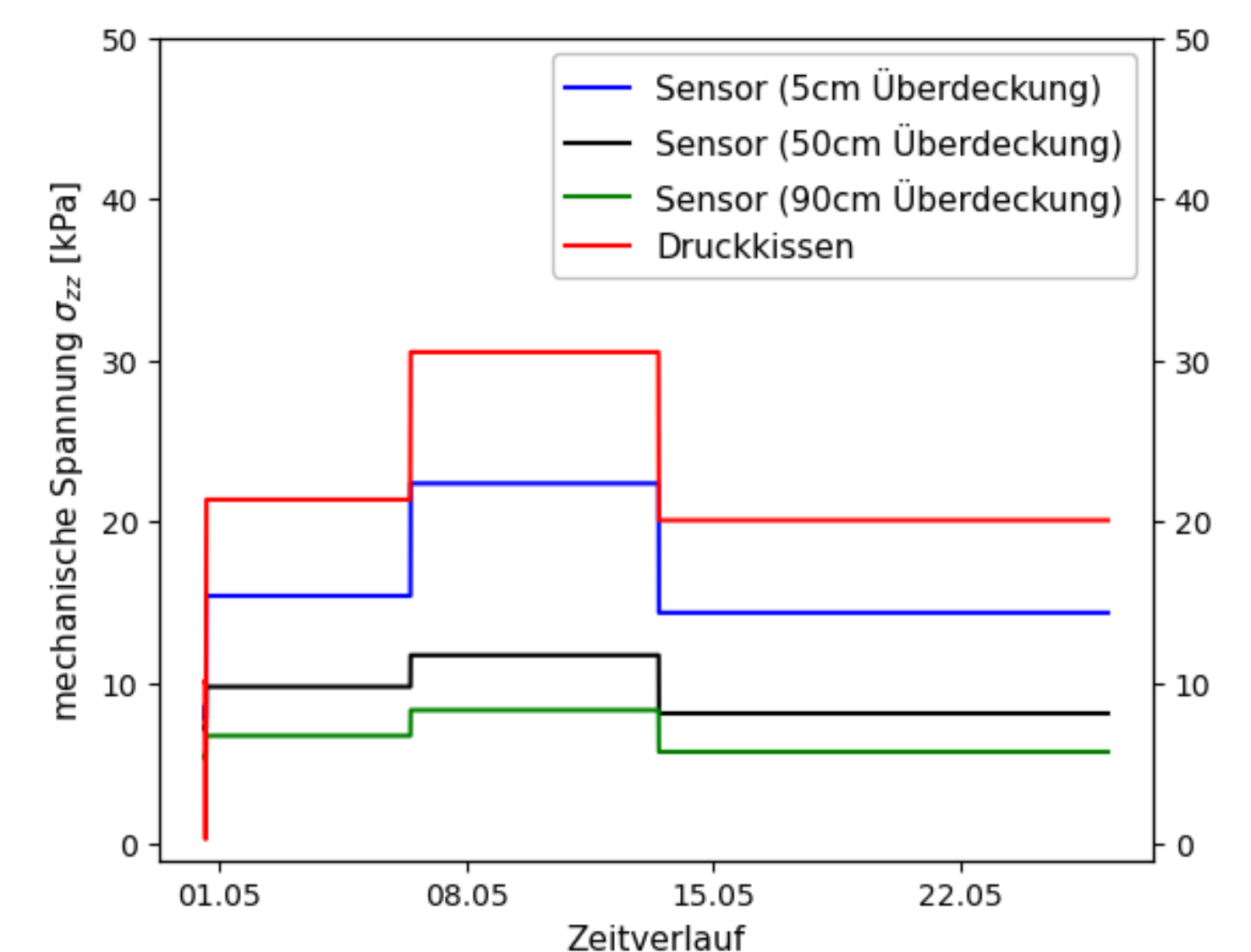


Abb. 4: Gemessene Spannungen durch Sensoren in Folge Belastung

Zusammenfassung

Der Großmodellversuch ermöglicht eine realitätsnahe Untersuchung des Bodenverhaltens unter Straßenkonstruktionen bei kontrollierten Laborbedingungen. Die Kombination verschiedener Sensorprinzipien liefert ein detailliertes Bild der Spannungs- und Setzungsentwicklung, zeigt aber zugleich den Einfluss der Messtechnik auf das Spannungsfeld. Die Kalibrierungen machen deutlich, dass Lasteinleitung, Randbedingungen, Temperatur und Sensorgeometrie maßgeblich für die Interpretation der Messdaten sind. Schwingsaitensensoren überzeugen durch hohe Langzeitstabilität, während piezoelektrische Sensoren besonders für die Erfassung dynamischer Änderungen geeignet sind. Zukünftige Arbeiten sollten die numerische Modellierung weiter verfeinern und die Übertragbarkeit der Laborergebnisse auf reale Straßenkonstruktionen sowie Langzeitbeobachtungen im Feld untersuchen.

Projekt
Projektarbeit

Hochschullehrer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden

Wissenschaftliche Betreuung
Dipl.-Ing. Sebastian Ullmann, TU Dresden

Abgabe
November 2025