



Vergleichende Betrachtung zu Pfahlprobepbelastungen

Babette Birkle

Einleitung

Zur Bestimmung des tatsächlichen Pfahlwiderstands stellen Pfahlprobepbelastungen das einzige zuverlässige Verfahren dar. Eurocode 7 unterscheidet grundsätzlich zwischen statischen (siehe Abbildung 1) und dynamischen axialen Belastungen. Die Ermittlung von Pfahlwiderständen aus Erfahrungswerten beruht auf der statistischen Auswertung durchgeführter Pfahlprobepbelastungen und unterschätzt daher gezielt die tatsächliche Tragfähigkeit.



Abb. 1: Statische Axiale Pfahlprobepbelastung mit Traverse und zwei Reaktionspfählen

Zwar sind Pfahlprobepbelastungen umfassend normativ geregelt und technisch etabliert, ihre tatsächliche Einbindung in den Planungsprozess erfolgt jedoch meistens einzelfallbezogen und ohne strukturierte Bewertung ihrer Mehrwerte und Grenzen.

Deswegen sollten praxisorientierte Handlungsempfehlungen zur Auswahl von Pfahlprobepbelastungen unter Berücksichtigung projektspezifischer Randbedingungen entwickelt werden.

Datengrundlage

Um Handlungsempfehlungen für die Auswahl von Pfahlprobepbelastungen abzuleiten wurden 27 Bauvorhaben mit 131 durchgeführten und 21 ausstehenden Pfahlprobepbelastungen betrachtet. Jede Belastung wurde anhand der durch BAUGRUND DRESDEN zur Verfügung gestellten Projektunterlagen kategorisiert und bewertet. Es wurden unter anderem folgende Informationen erfasst:

- Grunddaten (Pfahlart, Durchmesser, etc.)
- Versuchsvariante
- Tragfähigkeit aus Pfahlprobepbelastung R_{PB}
- Tragfähigkeit aus Erfahrungswerten R_{cal}
- Versuchsdaten (Pfahlkopfsetzung, Instrumentierung, Abbruchkriterium, etc.)

Überblick über die untersuchten Projekte

Die betrachteten Pfahlprobepbelastungen setzten sich zu

- 20 Prozent aus Verdrängungspfählen,
 - 34 Prozent aus Bohrpfählen und
 - 46 Prozent aus Mikropfählen
- zusammen.

Die Große Anzahl an belasteten Mikropfählen lässt sich durch die Vorgabe, dass für jedes Projekt an mindestens drei Prozent der vorgesehenen Pfähle, mindestens aber an zwei Pfählen statische Probepbelastungen durchzuführen sind, erklären.

Die Gruppe der Verdrängungspfähle setzt sich aufgrund vieler unterschiedlicher Pfahlarten inhomogen zusammen. Während in der Gruppe der Bohrpfähle vorrangig statische Belastungen durchgeführt und einige unterschiedliche Belastungseinrichtungen verwendet wurden.

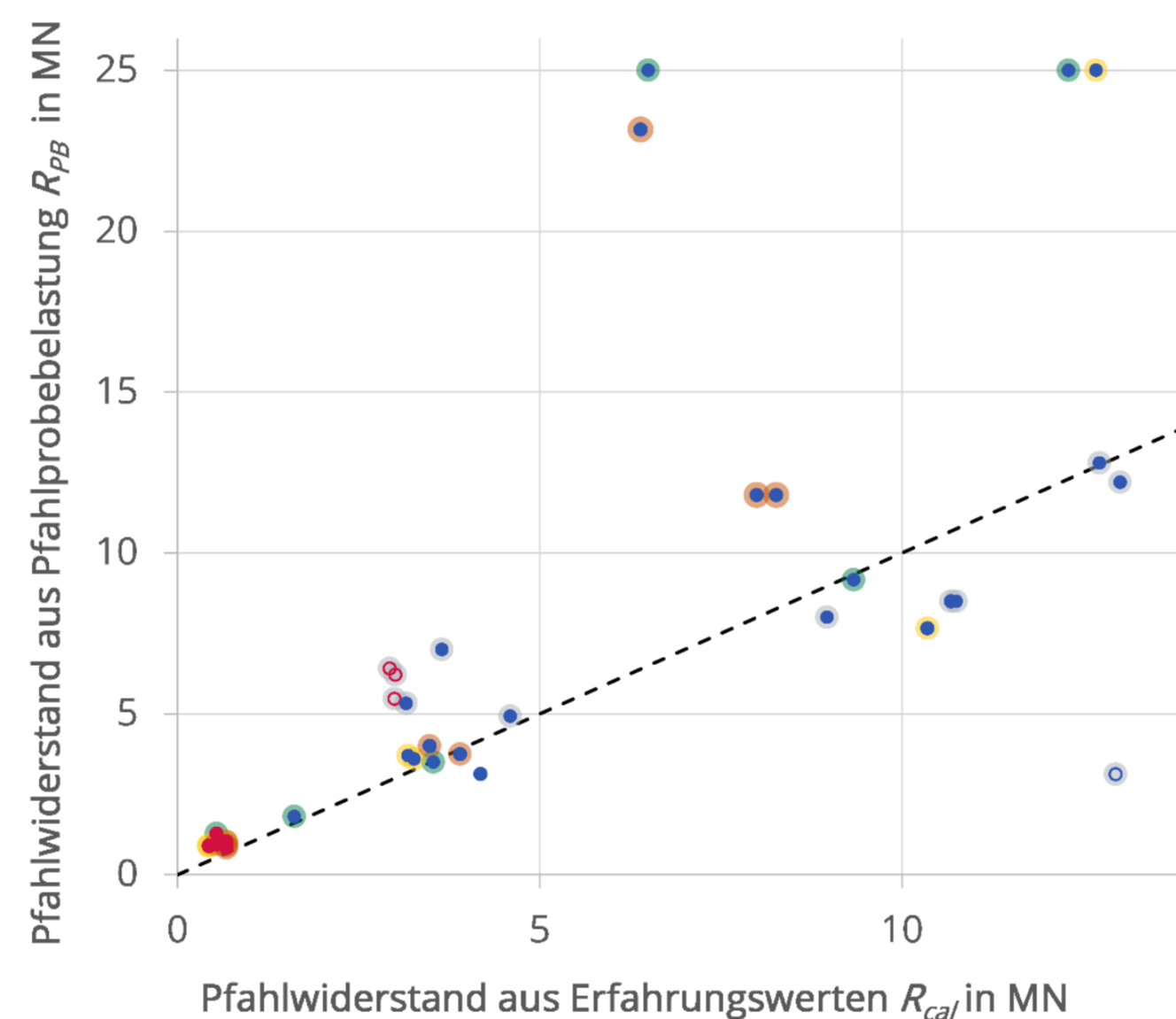
Potential von Pfahlprobepbelastungen

In Abbildung 2 werden die Pfahlwiderstände aus Pfahlprobepbelastung R_{PB} den rechnerischen Pfahlwiderständen aus Erfahrungswerten R_{cal} gegenübergestellt. Zusätzlich wird das maximal erreichte Setzungsverhältnis s/D abgebildet.

Es wird ersichtlich, dass

- R_{PB} bei 71 Prozent der untersuchten Belastungen R_{cal} übertrifft,
- nur 32 Prozent der Belastungen in der Nähe des rechnerischen Grenzzustands der Tragfähigkeit liegen,
- und demzufolge ein großes Potential existiert, mittels einer Pfahlprobepbelastung höhere Widerstände als auf Grundlage von Erfahrungswerten nachzuweisen.

Die Probepbelastungen unterhalb der gestrichelten Linie weisen meist geringe s/D -Verhältnisse auf. Deswegen ist anzunehmen, dass R_{PB} über den im Versuch erreichten Werten liegt.



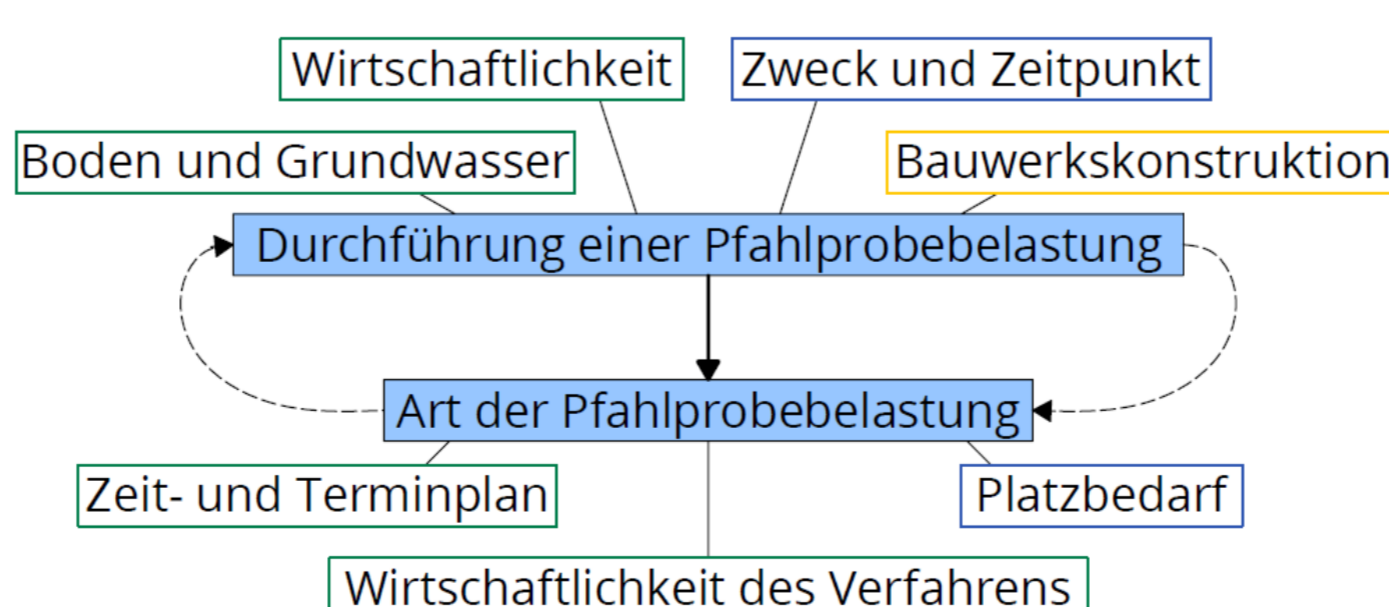
--- Linie, welche gleiche Tragfähigkeit aus Pfahlprobepbelastungen und aus Berechnung mit Erfahrungswerten repräsentiert

Tragfähigkeit:	Setzungsverhältnis s/D :
• Verdrängungspfahl - Probepfahl	• 0,00 ≤ s/D < 0,03
• Verdrängungspfahl - Bauwerkspfahl	• 0,03 ≤ s/D < 0,06
• Bohrpfahl - Probepfahl	• 0,06 ≤ s/D < 0,10
• Bohrpfahl - Bauwerkspfahl	• s/D ≥ 0,10

Abb. 2: Vergleich der Pfahltragfähigkeit aus Pfahlprobepbelastung mit der Pfahltragfähigkeit aus Erfahrungswerten

Planung einer Pfahlprobepbelastung als Entscheidungsproblem

Um die Komplexität des Planungsprozess einer Pfahlprobepbelastung zu reduzieren, wurde dieser in Teilprobleme gegliedert und die maßgebenden Einflussfaktoren definiert (siehe Abbildung 3).



Legende:

■ Teilproblem	■ Einflussfaktor mit großem Einfluss
---> Einfluss	■ Einflussfaktor mit mittlerem Einfluss
→ Fortschritt	■ Einflussfaktor mit geringem Einfluss

Abb. 3: Teilprobleme und gewichtete Einflussfaktoren einer Pfahlprobepbelastung

Es wurde den Fragestellungen „Ist es sinnvoll eine Pfahlprobepbelastung durchzuführen?“ und „Welche Versuchsvariante soll eingesetzt werden?“ nachgegangen, indem anhand der betrachteten Projekte die Einflussfaktoren ausführlich erläutert und gewichtet wurden.

Einflussfaktor: Boden

Der Baugrund stellt den primären Einflussfaktor auf die Durchführung einer Probepbelastung dar. Setzungsanfällige Böden wie Klei, Mudde und Torf oder weiche Bodenschichten größerer Mächtigkeit sind oftmals ausschlaggebende Faktoren für die Entscheidung zu einem Belastungsversuch. Zudem beruhen die in der EAP angegebenen Erfahrungswerte für Fels und felsähnliche Böden nicht wie üblich auf der statistischen Auswertung bereits durchgeführter Pfahlprobepbelastungen, da die Datengrundlage nicht groß genug ist. Bei Vergleich der Projekte fiel auf, dass diese aufgrund des Baugrunds und des Bauwerks oftmals der geotechnischen Kategorie 3 zuzuordnen sind.

Einflussfaktor: Zweck und Zeitpunkt

Die Auswertung der Projektdaten zeigt, dass sich primär zwei Untersuchungsziele einer Pfahlprobepbelastung unterscheiden lassen. Versuche zum „Nachweis der Tragfähigkeit“ erfolgten zu einem vergleichsweise späten Projektzeitpunkt dann, wenn lediglich der Kraftabtrag sichergestellt werden sollte. Versuche zur „Ermittlung der Tragfähigkeit“ erfolgten frühzeitig im Planungsprozess, um die Planungsgrundlagen zu validieren und die Baugrundkennwerte zu spezifizieren.

Handlungsempfehlungen

Die Durchführung einer Pfahlprobepbelastung ist sowohl aus fachlich als auch wirtschaftlich zu begründen. Baugrundegebenheiten wie

- weiche organische und organogene Böden großer Mächtigkeit,
- geologisch wechselhafte Formationen oder
- Fels, der zur Auflösung oder zu starkem Zerfall neigt

dienen als Indikatoren zur Durchführung einer Pfahlprobepbelastung. Voraussichtlich können insbesondere für Fertigrammpfähle und Fundexpfähle in bindigen Böden höhere Tragfähigkeiten als auf Grundlage von Erfahrungswerten nachgewiesen werden.

Zusätzlich wurden die Merkmale der unterschiedlichen Versuchsvarianten in Abhängigkeit verschiedener Projektgrundbedingungen herausgearbeitet.

Zusammenfassung

Pfahlprobepbelastungen sind nicht nur ein Nachweisinstrument, sondern ein strategisches Planungsinstrument zur Optimierung von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit – sofern sie systematisch und projektbezogen eingesetzt werden. Ein wesentliches Ergebnis der Arbeit besteht darin, diese nicht als reinen einzelfallbezogenen Versuch sondern ganzheitlich als Optimierungs- und Planungsprozess zu betrachten. Die Entscheidung für oder gegen eine Pfahlprobepbelastung und die jeweilige Versuchsvariante hängt von einer Vielzahl technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Faktoren ab.

Projekt
Diplomarbeit

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

Wissenschaftliche Betreuung
Dr.-Ing. Markus Uhlig, TU Dresden
Dr.-Ing. Lutz Vogt, Baugrund Dresden

Abgabe
März 2026