

Vergleich von Gründungsvarianten in weichen Böden

Alexandra Lange

Einleitung

Der Markt der Baubranche für Neubauten ist in der heutigen Zeit sehr ausgeprägt und es gibt viele unterschiedliche Möglichkeiten Projekte zu verwirklichen. Dazu zählt auch die Erstellung von Gründungen. Diese haben die wichtige Aufgabe die Lasten aus dem Bauwerk in den Boden abzutragen und zu verteilen. Der Boden besitzt nicht an allen Standorten eine ausreichende Tragfähigkeit, so dass eine Verbesserung dieser notwendig ist.

Betrachtet werden dafür eine Flachgründung mit vorherigem Bodenaustausch, die Vorkonsolidierung, die Rüttelstopfverdichtung und eine Bohrpfahlgründung. Der Schwerpunkt liegt auf dem wirtschaftlichen Vergleich dieser vier Gründungsvarianten. Die Erstellung eines fiktiven Standorts wird dafür vorgenommen. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist eine Setzungsberechnung und die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses für jede Gründungsvariante erforderlich. Zur Berechnung der Setzungen sind die Parameter der Böden maßgebend. Diese erfolgen durch die Durchführung von Laborversuchen. Als Hauptversuche dienen der Ödometer- und Rahmenscherversuch.

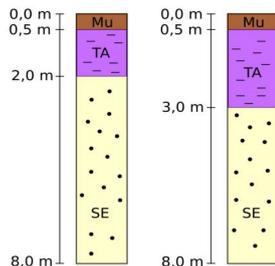


Abb. 1: Bodenaufbau am fiktiven Standort

Standortannahmen

Angenommen wird ein Standort in Laußnitz im Landkreis Bautzen. Das erstellte fiktive Bürogebäude befindet sich in einem Industriegebiet mit einem großen Baufeld. Dadurch liegt der Schwerpunkt auf der Gründungserstellung und wird nicht von äußeren Einflüssen bestimmt.

Der anstehende Boden besteht aus einem weichen Material (TA) und einem darunterliegenden Sandboden (SE). Der Aufbau der Bodenschichten ist in Abbildung 1 ersichtlich.

Das Bürogebäude besteht aus drei Vollgeschossen und dem Dachgeschoss. Die Grundfläche ist mit 14 m x 18 m angegeben. Die Gesamthöhe des Gebäudes beträgt 12,45 m. Die Berechnung der Last erfolgt aus den Lasten des Gebäudes und den veränderlichen Lasten aus Wind und Schnee. Die Lasten schwanken, auf Grund der unterschiedlichen Bodenplattendicken, zwischen 61 kN/m² und 71,5 kN/m². Das Grundwasser wird im betrachteten Bereich ausgeschlossen.

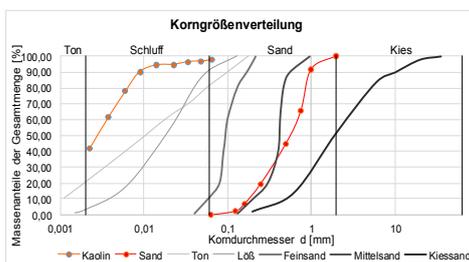


Abb. 2: Korngrößenverteilung der untersuchten Materialien Kaolin und Sand.

Versuche und Setzungsberechnung

Der Schwerpunkt der Versuche liegt auf dem Ödometerversuch. Daraus können die wichtigsten Parameter abgelesen werden. Für die Setzungsberechnung ist der Elastizitätsmodul von großer Bedeutung, welcher sich aus dem Ödometerversuch ergibt. Auf Grund der Untersuchung des weichen Bodens ist der Kaolin im Vordergrund. Aus den Laborversuchen geht als weicher Boden ein ausgeprägt plastischer Schluff (UA) und für die untere Schicht ein Sand (SE) hervor. Deshalb wird statt dem gegebenen Ton (TA) der plastische Schluff zur weiteren Berechnung angesetzt.

Die Ergebnisse der Versuche bilden die Grundlage zur Setzungsberechnung. Die Ermittlung der Setzung erfolgt bei dem Bodenaustausch und der Vorkonsolidierung mit der indirekten Setzungsberechnung. Bei der Rüttelstopfverdichtung wird das Priebe-Verfahren verwendet und bei den Bohrpfählen wird die Längenänderung des Pfahls, in Verbindung mit der Ermittlung des Versagens der Pfähle, berechnet.

Gründung mit	Setzung [cm]
Bodenaustausch	0,96
Vorkonsolidierung	6,18
Rüttelstopfverdichtung	0,14
Bohrpfahlerstellung	0,05

Abb. 3: Ergebnisse der Setzungsberechnung.

Gründungsvergleich

Die Wirtschaftlichkeit der Versuche bezieht sich im Wesentlichen auf den Preis und die Ausführungsdauer.

Leistungsverzeichnisse

Zur Ermittlung der Kosten und der Dauer der Baumaßnahme ist die Erstellung von Leistungsverzeichnissen erforderlich. Es wird der Leistungszeitraum vom Beginn der Baumaßnahme bis zur Fertigstellung der Bodenplatte betrachtet. Die Einheitspreise werden aus der Sicht des Tiefbauers angesetzt. Auf Basis der Leistungsverzeichnisse erfolgt die Ermittlung der Ausführungsdauer.

Vergleich der Varianten

Die Ermittlung der Vorzugsvariante basiert auf dem angenommenen Standort. Daraus resultieren die Ergebnisse in Abbildung 4.

Gründung mit	Gesamtpreis	Ausführungsdauer [d]
Bodenaustausch	162.193,91 €	16
Vorkonsolidierung	236.810,91 €	63
Rüttelstopfverdichtung	125.051,00 €	20,5
Bohrpfahlerstellung	153.335,88 €	23

Abb. 4: Kosten und Ausführungszeit der Gründungsvarianten

Als Vorzugsvariante ist die Gründung durch eine Rüttelstopfverdichtung anzusetzen. Dieses Verfahren besitzt den geringsten Gesamtpreis und ist in der Ausführung das zweit schnellste Verfahren. Die Erstbelastung bei der Vorkonsolidierung besitzt eine Lagedauer von acht Wochen. Auf Grund des hohen Preises und der langen Ausführung wird dieses Verfahren komplett ausgeschlossen. Der Bodenaustausch und die Bohrpfahlgründung könnten durchgeführt werden. Der Preis beim Bodenaustausch resultiert aus der großen Baugrube, wobei viel Material entsorgt und neu geliefert wird. Der Preis der Bohrpfahlgründung ergibt sich aus der hohen Stahlmenge, die in der Bodenplatte eingebaut ist. Wird nur der reine Vorgang zur Verbesserung der Tragfähigkeit betrachtet, ist die Bohrpfahlerstellung am günstigsten. Direkt danach folgt die Rüttelstopfverdichtung.

Gründungsvergleich bei geändertem Standort

Die Erstellung von Gründungen an schlecht zugänglichen und beengten Platzverhältnissen nimmt zu. Die Bebauung in Städten erfordert somit eine gezielte Auswahl zur Erhöhung der Tragfähigkeit in diesen Gebieten.

Durch die geringen Schwingungen und der Flexibilität in Länge und Durchmesser ist die Errichtung einer Bohrpfahlgründung für beengte Platzverhältnisse am besten geeignet. Die Rüttelstopfverdichtung weist hohe Schwingungen auf und wegen der Nachbarbebauungen in Städten nicht geeignet. Die Vorkonsolidierung kann, auf Grund des großen Platzbedarfs, nicht eingesetzt werden. Die Durchführung eines Bodenaustauschs ist mit einem Baugrubenverbau denkbar. Die Bohrpfähle erhalten, wegen dem geringen Materialverbrauch und höheren Belastbarkeit, oft den Vorzug.

Zusammenfassung

In weichen Böden gibt es eine Vielzahl von Gründungsmöglichkeiten. Die Wahl hängt von dem Standort, den Bodenverhältnissen und der Last des zu errichteten Bauwerks ab.

Die Setzungen bei Rüttelstopfsäulen und Bohrpfählen können als minimal angesehen werden. Auch der Bodenaustausch weist nur geringe Setzungen auf. Die Vorkonsolidierung kann nur angewendet werden, wenn eine lange und ausreichende Zeit der Vorkonsolidierung angesetzt wird.

Der Preis für die Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens, ohne die äußeren Einflüsse, ist bei der Rüttelstopfverdichtung und der Bohrpfahlerstellung nahezu gleich. Auf Grund des hohen Materialaufwands sind der Bodenaustausch und die Vorkonsolidierung deutlich höher anzusetzen.

In Zukunft wird sich die Gründung mit Bohrpfählen weiter durchsetzen. Das ist auf das große Einsatzgebiet dieser Pfähle und der Flexibilität zurückzuführen. Sie sind bei fast allen Bodenverhältnissen und äußeren Gegebenheiten einzusetzen.

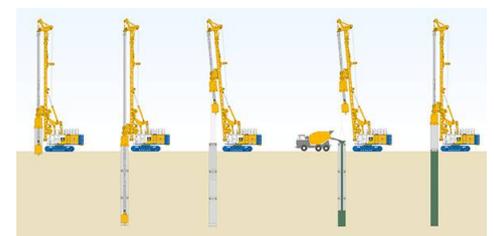


Abb. 5: Herstellung von Bohrpfählen

Projekt
Diplomarbeit

Hochschullehrer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Jens Otto, TU Dresden

Wissenschaftliche Betreuung

Dipl.-Ing. Georg Lichtblau, TU Dresden

Abgabe
10/2019