# Unverzichtbar für werdende Pfahlfundationsexperten

Pfahlfundationen sind heutzutage bei vielen Neubauten aufgrund ungünstiger Voraussetzungen des Baugrundes unverzichtbar. Dazu gehört jedoch noch viel mehr, als nur Pfähle in den Boden zu bohren oder zu rammen. Vielmehr muss beispielsweise auch die Wahl des richtigen Pfahlsystems sowie die Berechnung der korrekten Traglast erfolgen. Seit dem Jahr 2015 gibt es das CAS «Grund- und Spezialtiefbau», welcher an der Hochschule Luzern durchgeführt wird. Dieser Artikel beinhaltet Themen, welche in diesem CAS behandelt werden.

*Bohrpfahlherstellung vor 100 Jahren, Dresden, Foto Archiv JMS RISI AG*

*Moderne Pfahlmaschine, Foto Archiv JMS RISI AG*

Pfahlfundationen sind heutzutage bei vielen Neubauten aufgrund ungünstiger Voraussetzungen des Baugrundes unverzichtbar. Dazu gehört jedoch noch viel mehr, als nur Pfähle in den Boden zu bohren oder zu rammen. Vielmehr muss beispielsweise auch die Wahl des richtigen Pfahlsystems sowie die Berechnung der korrekten Traglast erfolgen. Seit dem Jahr 2015 gibt es den CAS «Grund- und Spezialtiefbau», welcher an der Hochschule Luzern durchgeführt wird. Dieser Artikel beinhaltet Themen, welche in diesem CAS behandelt werden.

Jedes Gebäude, jede Brücke benötigt ein Fundament. Dabei ist die Qualität des Fundamentes entscheidend für die Funktionstüchtigkeit und Dauerhaftigkeit einer Infrastruktur. Bei günstigen Baugrundverhältnissen kann eine Flachfundation mit Bodenplatte oder Streifenfundament zur Anwendung kommen. In der Schweiz wird jedoch immer häufiger auf Baugrund mit ungünstigen Eigenschaften gebaut. In diesen Fällen ist eine Baugrundverbesserung oder eine Tiefengründung notwendig. Elemente der Tiefengründung sind Grossbohr-, Verdrängerbohr-, Mikro-, Mini-Jet-, Rammpfähle oder Schlitzwandbarette.

Grossbohr- und Verdrängerbohrpfähle machen den Grossteil des Spezialtiefbaumarktes aus. Im Folgenden werden diese beiden Systeme als Pfahlfundationen näher beschrieben.

Es gibt eine breite Entwicklung auf dem Gebiet der Technik für Pfahlfundationen, v.a. was die Möglichkeiten zur Erstellung von Pfählen als auch die Qualitätssicherung und Prüfung angeht.

**Qualifizierte Fachleute unabdingbar für eine korrekte Ausführung der Pfahlfundation**

Nur die kompetente Planung und qualifizierte Ausführung der Pfahlfundation garantieren eine möglichst wirtschaftliche und sichere Gründung. Dazu sind qualifizierte Fachleute für die Erkundung des Baugrunds, bei der Projektierung und während der Erstellung unabdingbar.

Die Aufgaben reichen von der richtigen Wahl des Pfahlsystems aus den verschiedenen verfügbaren Methoden, der Berechnung der Traglast, korrekte

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Seilbagger, Verrohrungs-maschine und Greifer | Kellybohren | Endlosschneckenbohren | | | Verdrängerbohren | | | HW-Pfahl (Schwinge), Hochstrasser - Weise mit Greifer |
| | | | Schneckenort-beton-Pfahl, SOB | Doppelkopfverfahren | | geschlossenes System | offenes System | | |
| | | | | Doppelkopfsystem, DKS | Vor-der-Wand Pfahl, VdW | Full Displacement Pile, FDP | Vollverdränger | Teilverdränger | |
| **Bohrdurchmesser** | 630 - 1'800 mm | 630 - 1'500 mm | 500 - 900 mm | 600 mm - 900 mm | 300 - 800 mm | 400 - 600 mm | 400 - 600 mm | 530 - 650 mm | 500 - 1'250 mm |
| **mögliche Bohrtiefen** | teleskopiert oder bentonitgestützt bis 100m | 42 m | 24.5 m (34.5 m mit Kellyverlängerung) | 22.5 m | 20 m | 24 m (34 m mit Kellyverlängerung) | 34 m | 34 m | 30 m |
| **Hindernisbeseitigung** | gut möglich, Meisseln im Freifall | gut möglich, Fels-/Meisselwerkzeuge | beschränkt möglich, wiederverwendbare Spitze | beschränkt möglich, wiederverwendbare Spitze | beschränkt möglich, wiederverwendbare Spitze | beschränkt möglich, wiederverwendbare Spitze | nicht möglich, verlorene Spitze | nicht möglich, verlorene Spitze | beschränkt möglich |
| **Bohrgut** | Pfahlvolumen | Pfahlvolumen | Pfahlvolumen teilweise mit Beton | Pfahlvolumen teilweise mit Beton | Pfahlvolumen teilweise mit Beton | vernachlässigbar | vernachlässigbar | 1/3 Pfahlvolumen | Pfahlvolumen |
| **Bewehrungseinbau** | vor betonieren | vor betonieren | nach betonieren | nach betonieren | nach betonieren | nach betonieren | vor betonieren | vor betonieren | vor betonieren |
| **Leerbohrung** | geeignetes Bohrgut | geeignetes Bohrgut | Beton | Beton | Beton | Beton | geeignetes Bohrgut | geeignetes Bohrgut | beschränkt möglich |
| **Leistungswert** | 35 m / AT "trocken" 25 m / AT "unter Wasser" | 40 m / AT "trocken" 25 m / AT "unter Wasser" | 150 m / AT | 100 m / AT | 100 m / AT | 250 m / AT | 200 m /AT | 160 m /AT | 30 m / AT |
| **Einsatzgebiet** | Filterbrunnen, bei beschränkter lichter Höhe, bei grossen Tiefen oder falls Bohrstandort schwer erreichbar | alle Pfahlarten | Fundationspfähle, Rühlwand, offene Pfahlwand | überschnittene und offene Bohrpfahlwand, Rühlwand, Fundationspfähle | Bohrpfahlwand, Erstellung sehr nahe zu best. Wänden möglich | Fundationspfähle | Fundationspfähle | Fundationspfähle | Fundationspfähle in Böschungen / grund-bruchgefährdeten Böden |

*Überblick Bohr- und Verdrängerbohrverfahren, Quelle Ausbildungsgrundlagen, CAS Grund- und Spezialtiefbau, Modul 2, 2022*

Ausschreibung der Arbeiten bis hin zur Begleitung und Überprüfung der Arbeiten auf der Baustelle.

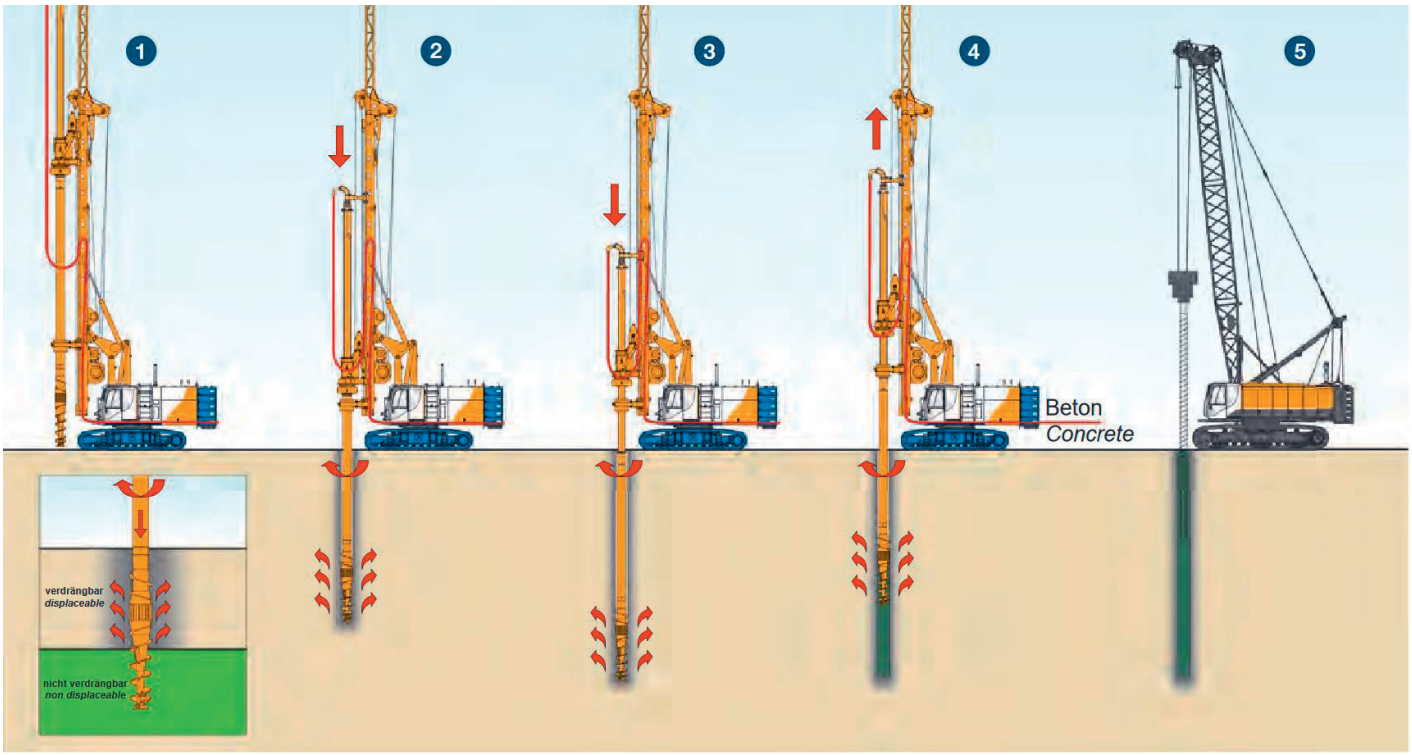
Der CAS «Grund- und Spezialtiefbau», der seit dem Jahr 2015 dieses Jahr bereits in der 8. Durchführung an der Hochschule Luzern durchgeführt wird, vermittelt die spezifischen Grundlagen ebenso wie aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse. Im Folgenden wird auf einige Themen eingegangen, die im CAS behandelt werden.

**Herstellungsverfahren**

Es gibt eine grosse Breite von Herstellungsverfahren. Dabei hat jedes Verfahren seine Eigenheiten, sowie spezifische Vor- und Nachteile. Wichtig ist die zielgerichtete Wahl des optimalen Pfahlsystems für den konkreten Verwendungszweck. Häufig verwendete Pfahlarten sind Bohr- und Verdrängerbohrpfähle. Folgende Darstellung zeigt verschiedene Verfahren, sowie die Vielfalt zur Herstellung dieser Pfahlarten. Weitere Pfahlarten sind Rammpfähle, Mikropfähle, Injektionsrammpfähle, Presspfähle.

**Prüfung des äusseren Tragwiderstands mittels dynamischer Pfahlprüfung**

Die Tragfähigkeit eines fertig erstellten Pfahles kann mit verschiedenen Methoden ermittelt werden. Unter anderem mit einem statischen Pfahlbelastungsversuch, welcher die zuverlässigste Methode darstellt. Diese Methode ist jedoch kosten- und




*Bauablauf beim Vollverdrängerbohrverfahren, System FDP, Quelle Prospekt BAUER Maschinen GmbH, 11/2020*

*Dynamische Pfahlprüfung, Quelle Duba Pile Control AG, 2023*

zeitaufwändig. Aus diesem Grund sind dynamische Prüfverfahren entwickelt worden. Sie sind aufgrund ihrer schnellen Durchführbarkeit ein sehr wirtschaftliches Verfahren. Probepfähle werden üblicherweise als Bauwerkspfähle weiterverwendet. Allerdings gewährleisten dynamische Versuche nicht dieselbe Zuverlässigkeit und Aussagekraft wie die statischen Versuche. Langjährige Erfahrung und Eichung der dynamischen an statischen Versuchen bei grösseren Bauvorhaben sind Qualitätssiegel der wenigen Prüffirmen.

Zur Versuchsdurchführung:
Eine Stossbelastung wird durch das Fallenlassen einer grossen Masse auf den Pfahlkopf durchgeführt. Dabei werden der Zeitverlauf der Dehnung am Pfahlschaft sowie der Zeitverlauf der Beschleunigung gemessen. Der Pfahl wirkt wie ein Stab, dem durch einen Impuls eine Stosswelle eingeprägt wird. Die Stosswelle durchläuft den Pfahl mit einer Wellengeschwindigkeit, die vom Elastizitätsmodul und der Dichte des Pfahlmaterials abhängt. Bei Querschnittänderungen des Pfahles, am Pfahlfuss und durch die vorhandene Mantelreibung werden Teile der Stosswelle reflektiert. Mit diesen Informationen lässt sich unter Anwendung von theoretischen Modellen auf der Grundlage der Wellenmechanik die äussere Tragfähigkeit des Pfahles aufgeteilt in Mantelreibung und Spitzenwiderstand ermitteln.

**Prüfung der Qualität/Integrität mittels Reflexionsmethode**
Die Kontrolle der Pfahlintegrität wird häufig mit Hilfe der Reflexionsmethode durchgeführt (PIT, Pile Integrity Test). Diese Methode kann eine dynamische Prüfung mit Fallgewicht, eine Ultraschallprüfung oder eine thermische Integritätsprüfung nicht ersetzen, aber die Qualitätskontrolle als schnelle und wirtschaftliche Prüfung ergänzen. Pfahlintegritätsprüfungen können an Bohrpfählen, Ortbeton-Rammpfählen, Holzpfählen sowie an Fertigbetonrammpfählen durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Kontrolle sind die Feststellung der Integrität (Querschnittsänderungen und offene Risse) sowie die Bestimmung der effektiven Pfahllänge.

Zur Durchführung:
Durch einen Hammerschlag auf den Pfahlkopf wird im Pfahl eine Stosswelle erzeugt, die den Pfahlschaft axial durchläuft und am Pfahlfuss bzw. an einer allfälligen Störstelle reflektiert wird. Ein Beschleunigungsmessgeber, der auf der Pfahloberfläche befestigt ist, erlaubt die Bestimmung der Teilchengeschwindigkeit während der Prüfung. Die Messungen müssen mehrere Male an verschiedenen Stellen des Pfahlkopfs wiederholt werden. Die Messdaten sind direkt auf der Baustelle auf einem Bildschirm zur Kontrolle und provisorischen Auswertung ersichtlich. Das Prinzip der Messmethode basiert auf der Theorie der Stosswellenausbreitung in einem elastischen, eindimensionalen Körper. Eine Stosswelle, die sich vom Pfahlkopf mit einer Geschwindigkeit von ca. 4000 m / s ausbreitet, wird von der Pfahlspitze reflektiert und kehrt nach einer Zeit, die der doppelten Pfahllänge dividiert durch die Wellengeschwin-

*Reflexionsmethode PIT, Quelle Pile Dynamics, Inc. 2023*

digkeit entspricht, zum Ausgangspunkt zurück. Jede Querschnitts- oder Steifigkeitsänderung wird als eine Zwischenreflektion aufgenommen.

**Zum CAS Grund- und Spezialtiefbau**

Der Grund- und Spezialtiefbau gewinnt in der Baupraxis zunehmend an Bedeutung. Um die komplexer werdenden Arbeiten in diesem Spezialgebiet erfolgreich planen und ausführen zu können, braucht es gut ausgebildete Fachleute. Sie müssen ganzheitlich denken, das Normen- und Vertragswesen kennen sowie über organisatorische, planerische und kommunikative Fähigkeiten verfügen. Der Umgang mit Unsicherheiten und Risiken gehört zum Tagesgeschäft. Schnittstellen von der Projektidee über die Erfassung des Baustoffes Boden, Modellbildung, Tragwerksausbildungen bis hin zur Ausführung werden im CAS-Programm «Grund- und Spezialtiefbau» behandelt und somit das gegenseitige Verständnis der Vertragsparteien gefördert. Den Teilnehmenden stehen fachkundige und erfahrene Referentinnen und Referenten zur Verfügung, die das technische und methodische Wissen abwechslungsreich und praxisorientiert vermitteln. Ausserdem entstehen vielfältige Gelegenheiten zum ungezwungenen Erfahrungsaustausch unter den Teilnehmenden.

Dieses CAS vermittelt das nötige methodische und technische Know-how in den Bereichen Baugrund und Tragwerkskonzepte, Ausführung und Überwachung sowie Vertragswesen und Sicherheit, damit Projekte im Grund- und Spezialtiefbau erfolgreicher abgewickelt werden können.

Das CAS ist in drei Modulen aufgebaut:

**Modul 1:**
Projektorganisation | Baugrund | Projektierung

**Modul 2:**
Ausführung | Baulogistik | Überwachung |Umwelt

**Modul 3:**
Baurecht | Beweissicherung | Baubetrieb |Versicherungen

Das CAS Grund- und Spezialtiefbau richtet sich sowohl an Bauherr:innen, Planende, Unternehmer:innen mit Berufserfahrung, Geolog:innen wie auch an verwandte Berufsgruppen, die an der Planung, Realisierung und Organisation von Projekten im Grund- und Spezialtiefbau beteiligt sind.

Der CAS Grund- und Spezialtiefbau geht auf eine Initiative der Infra Suisse zurück und wird auch weiterhin vor der Infra Suisse unterstützt. Die Durchführung findet an der Hochschule Luzern statt.

Die im März 2023 startende 8. Kursdurchführung ist ausgebucht. Anmeldungen für die Durchführung im kommenden Jahr werden bereits entgegengenommen.

Verfasser: Hansjörg Vogt, Programmleiter CAS Grund- und Spezialtiefbau und Dozent für Geotechnik an der HSLU und Pirmin Betschart, Lehrbeauftragter CAS Grund- und Spezialtiefbau und Geschäftsleitungsmitglied JMS RISI AG.

infra suisse

HSLU Hochschule Luzern

Weitere Informationen:
Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Technikumstrasse 21
CH- 6048 Horw
Telefon +41 41 349 33 11
technik-architektur@hslu.ch
www.hslu.ch/weiterbildung