

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Eißfeldt, Fritz P.

Sondierungen und deren Bewertung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101795>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Eißfeldt, Fritz P. (2011): Sondierungen und deren Bewertung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Baugrundaufschlüsse: Planung, Ausschreibung, Durchführung, Überwachung und Interpretation. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Sondierungen und deren Bewertung

Dipl.-Ing. Fritz Eißfeldt, Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg
 Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg
 Telefon 040 / 81908 – 302, E-Mail: fritz.eissfeldt@baw.de

Zusammenfassung

Neben Bohrungen sind Sondierungen eine wesentliche Felduntersuchung zur Baugrunderkundung von Erd- und Ingenieurbauwerken an und auf den Wasserstraßen. Sondierungen sind indirekte Aufschlüsse im Boden, die Aufschlussbohrungen nicht ersetzen, sondern ergänzen. Bei Sondierungen werden Gestänge in den Baugrund eingebracht und aus dem Eindringwiderstand indirekt auf Bodenarten, Schichtgrenzen und Festigkeiten des Untergrundes geschlossen. Zum besseren Verständnis werden zunächst die verschiedenen Sondiergeräte und Sondierverfahren erklärt. Dies erfolgt getrennt für Ramm-, Druck- und Flügelsonden sowie für die Bohrlochrammsonde. Anschließend werden Anwendung und Einsätze an und auf den Wasserstraßen aufgezeigt, wobei besonders auf die Randbedingungen dafür eingegangen wird. Im nächsten Schritt werden dann die Erkundungsziele der einzelnen Sonden vorgestellt, wobei auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren hinsichtlich Aussagekraft und Durchführbarkeit eingegangen wird. Abschließend wird die Aus- und Bewertung von Sondierergebnissen im Hinblick auf die Festlegung geotechnischer Kenngrößen, die Erkundung von Schichtgrenzen und Schichtenaufbau sowie Hinweise für die Rammbarkeit von Böden erläutert.

1 Normung

Die Durchführung von Druck- und Rammsondierungen ist in der DIN 4094-1 und DIN EN ISO 22476-2 genormt. Die Flügelsondierungen sind hinsichtlich Maße des Gerätes, Arbeitsweise und Auswertung in der DIN 4094-4 geregelt. Für die Bohrlochaufweitungs-sonde gilt die DIN 4094-5. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht, in welchen Normen die einzelnen Sondierverfahren geregelt sind.

Sondierverfahren	Normen
Drucksondierung (CPT)	DIN 4094-1 (zukünftig DIN EN ISO 22476-1)
Bohrlochrammsondierung (BDP)	DIN 4094-2
Rammsondierung (DP)	DIN EN ISO 22476-2 (Ersatz für DIN 4094-3)
Flügelscherversuch (FVT)	DIN 4094-4 (zukünftig DIN EN ISO 22476-9)
Bohrlochaufweitungs-sonde (BJT)	DIN 4094-5 (zukünftig DIN EN ISO 22476-4)

Tab. 1: Normen der Sondierverfahren

Die Normen enthalten Angaben über Gerätemaße, Versuchsdurchführung sowie Versuchsauswertung und Ergebnisdarstellung. Auch Angaben über die Felddarstellung und Einflüsse auf die Sondierergebnisse sind in den Normen aufgeführt, so dass einheitliche Standards für die Durchführung von Sondierungen definiert sind. Abweichungen von den Normen müssen erläutert und begründet werden. Da durch die Normung eine einheitliche Grundlage vorhanden ist, können Sondierergebnisse miteinander verglichen und unter gleichen Voraussetzungen bewertet werden. Auch die Ausfüh-

rung von Sondierungen lässt sich auf Grundlage der Normen überwachen und kontrollieren.

2 Drucksondierungen (CPT)

Bei Drucksondierungen wird ein Gestänge mit gleichbleibender Geschwindigkeit in den Boden eingedrückt. Dabei wird an der kegelförmigen Spitze der Spitzenwiderstand gemessen. An einer oberhalb der Spitze gelegenen Reibungshülse wird die lokale Mantelreibung ermittelt.

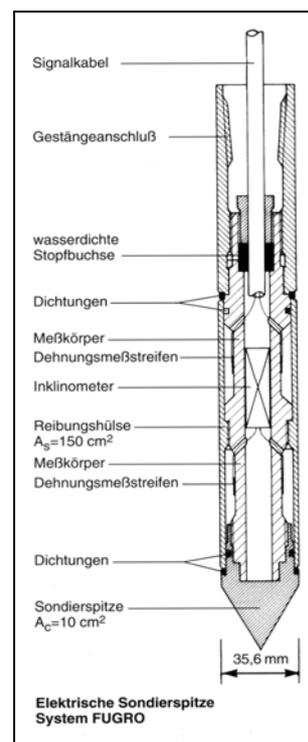


Bild 1: Elektrische Sondierspitzen



Bild 1 zeigt den Aufbau einer elektrischen Sondierspitze. Neben diesen zentralen bodenmechanischen Messwerten wird ergänzend die Abweichung der Spitze von der Lotrechten und die Eindringgeschwindigkeit der Sonde aufgezeichnet. Mit der Drucksonde lassen sich – je nach Geräteausführung – Sondiertiefen bis 40 m erreichen. Durch Überbohren der Sondierungen lassen sich auch größere Erkundungstiefen erreichen.

Grundsatzuntersuchungen der BAW führten zu dem Ergebnis, dass Sondierspitzen mit einer Spitzenfläche von $A_c = 15 \text{ cm}^2$ vergleichbare Ergebnisse liefern wie die zur Zeit genormte Sondierspitze von $A_c = 10 \text{ cm}^2$. Da die Sondierspitze $A_c = 15 \text{ cm}^2$ beim Durchdringen des Untergrundes robuster als $A_c = 10 \text{ cm}^2$ ist und damit auch größere Sondiertiefen erreicht werden, ist sie heute Stand der Technik.

Drucksondierungen an Land werden mit einem Sondier-LKW oder einer Sondierdraupe durchgeführt. Der Einsatz der Geräte richtet sich sehr stark nach der Befahrbarkeit des Geländes und der Erreichbarkeit der Sondierpunkte. Bei der Durchführung von Drucksondierungen ist zu regeln, ob die Sondierpunkte von der ausführenden Sondierfirma oder von den Geodäten des WSA in Höhe und Lage eingemessen werden.

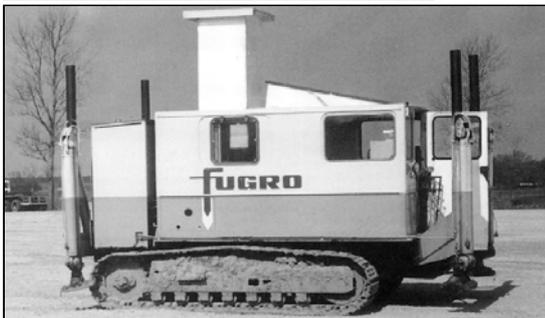


Bild 2: Sondiergeräte für Drucksondierungen an Land

Drucksondierungen auf dem Wasser lassen sich nur unabhängig von Wasserstandsänderungen und Wellen einwandfrei durchführen. Auf dem Wasser sind daher für die Durchführung von Drucksondierungen entweder Hubinseln oder Stelzenpontons einzusetzen. Auf Wattflächen kann alternativ auch das Trockenfallen von flachgängigen Schiffen eine Alternative darstellen.



Bild 3: Drucksondierungen auf dem Wasser

Bild 3 zeigt auf, von welchem Gerät Drucksondierungen auf dem Wasser durchführbar sind.

Mit Drucksondierungen können folgende Erkundungsziele erreicht werden:

- Überprüfung von Schichtenaufbau und Bodenarten aus Altbohrungen
- Festlegung von Schichtgrenzen und Gründungshorizonten
- Klassifizierung von Bodenarten
- Ableitung der Festigkeiten (Lagerungsdichten) von Sanden

Am Königspolder in Emden auf Bild 4 wurden Schichtenaufbau und Bodenarten beispielsweise mit Hilfe von Drucksondierungen überprüft.

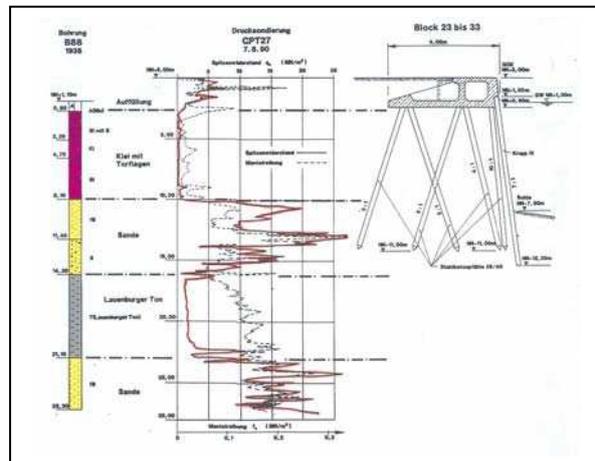


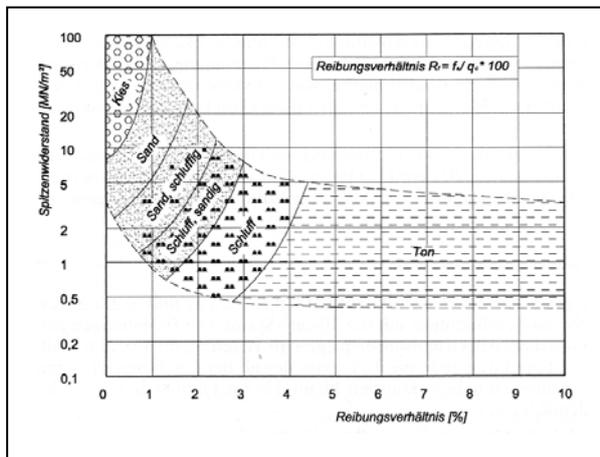
Bild 4: Überprüfung durch Drucksondierungen am Beispiel Königspolder Emden



Aus Altbohrungen aus dem Jahre 1938 war der grundsätzliche Bodenaufbau bekannt, so dass dieser durch Drucksondierungen kostengünstig und schnell überprüft werden konnte. Die Drucksondierungen ermöglichten eine Festlegung von Schichtgrenzen und damit Aussagen über den Gründungshorizont der vorhandenen Kaje, was aus Planunterlagen vorher nicht erkennbar war.

Aus Spitzendruck und örtlicher Mantelreibung als maßgebende Eindringwiderstände einer Drucksondierung lässt sich über das Reibungsverhältnis (Spitzendruck zu örtlicher Mantelreibung) die anstehende Bodenart ableiten. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass eine Klassifizierung von Bodenarten aus Drucksondierungen nur in Verbindung mit repräsentativen Schlüsselbohrungen erfolgen darf.

Bild 5: Klassifizierung von Bodenarten aus Druck-



sondierungen

Eine maßgebende Bedeutung haben Drucksondierungen für die Festigkeitsbestimmung der im Untergrund anstehenden Sande. Dazu werden die Sondierungen als Diagramme höhengerecht neben den Bohrprofilen aufgetragen. Der Sondierspitzenwiderstand q_c ist dabei ein Maß für die Festigkeit des Bodens. Mit Festigkeit ist hier summarisch die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet die durch seine Lagerungsdichte, Korngröße und Kornrauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_s sowie des Reibungswinkels ϕ' äußert. Dabei wird in Anlehnung an DIN 4094-1 und dem in Tabelle 2 angegebenen Zusammenhang zwischen dem Sondierergebnis, der Größe des charakteristischen Reibungswinkels, des Steifemoduls und der Benennung der Festigkeit ausgegangen.

[MN/m ²]	winkel ϕ'	[MN/m ²]	
< 2	< 30°	< 15	sehr gering
2 - 6	30° - 35°	15 - 50	gering
6 - 11	35° - 37,5°	50 - 80	mittel
11 - 19	37,5° - 40°	80 - 100	groß
> 19	$\geq 40^\circ$	> 100	sehr groß

Tab. 2: Bewertung von Drucksondierungen

Drucksondierungen sind das meistangewendete Sondierverfahren und liefern für eine Baugrunderkundung die besten Ergebnisse. Dies ist damit zu begründen, dass der Eindringwiderstand unmittelbar an der Spitze unabhängig von der Gestängereibung gemessen wird und darüber hinaus unabhängig von anderen gerätetechnischen Einflüssen ist. Drucksondierungen sollten daher zur Bestimmung geotechnischer Kenngrößen und Bodenschichten gegenüber Rammsondierungen vorgezogen werden.

3 Rammsondierungen

Bei Rammsondierungen wird das mit einer Spitze versehene Sondiergestänge durch einen Rammhämmer bei gleichbleibender Fallhöhe in den Boden eingebracht. Die Schlagzahl pro 10 cm Eindringung wird als Eindringwiderstand N_{10} festgehalten. In der DIN EN ISO 22476-2 werden Angaben über die Abmessungen der verschiedenen Gerätetypen und deren Untersuchungstiefen gemacht. Dabei wird zwischen der leichten, schweren und überschweren Rammsonde unterschieden. Im Bild 6 ist die Funktionsweise der leichten und schweren Rammsonde angegeben.

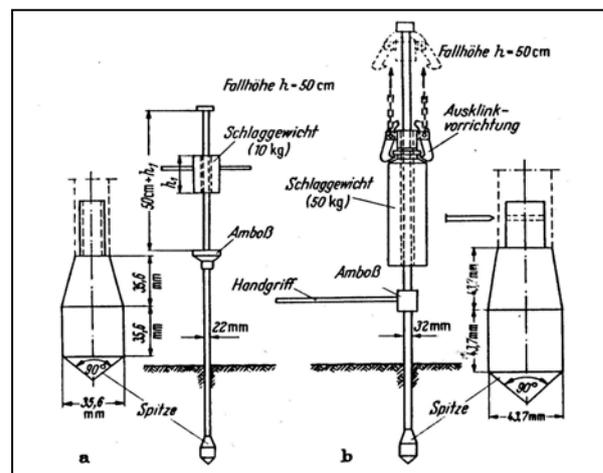


Bild 6: leichte und schwere Rammsonde

Spitzenwiderstand q_c	Charakterist. Reibungs-	Steifemodul E_s	Benennung der Festigkeit
-------------------------	-------------------------	-------------------	--------------------------



Die Rammsonden haben den Nachteil, dass die Schlagzahl pro 10 cm Eindringung N_{10} den Gesamteindringwiderstand beinhaltet und nicht nach Spitzenwiderstand und Mantelreibung unterschieden werden kann. Deshalb sind die Ergebnisse von Rammsondierungen bei größeren Sondiertiefen oder bei eingelagerten bindigen Schichten mit Vorsicht zu bewerten. Ein Beispiel für eine Fehlinterpretation einer Rammsondierung DPH zeigt das Bild 7, wo im Tiefenbereich der bindigen Kleischicht infolge von Gestängereibung große und mit der Tiefe zunehmende Eindringwiderstände N_{10} festgestellt wurden, was durch die Drucksondierung CPT nicht bestätigt wird.

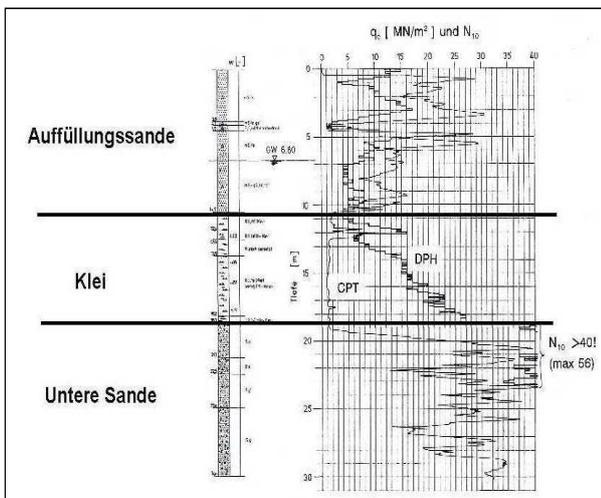


Bild 7: Fehlinterpretation einer Rammsondierung

Die Erkundungsziele bei Rammsondierungen ähneln denen der Drucksondierungen und sind nachfolgend aufgelistet:

- Festlegung von Schichtgrenzen
- Feststellen von Hohllagen und Gründungshorizonten
- Ableitung der Festigkeiten (Lagerungsdichten) von Sanden
- Ableitung der Rammbarkeit von Böden

In Lockergesteinen werden Rammsondierungen nur noch für spezielle Fragestellungen und dementsprechend selten durchgeführt. Zur Baugrunderkundung werden die wesentlich aussagekräftigeren Drucksondierungen den Rammsondierungen vorgezogen.

4 Bohrlochrammsondierung (BDP)

Die Bohrlochrammsondierung (ehemalige Benennung: Standard-Penetration-Test) ist eine Rammsondierung im Bohrloch, die von der Bohrlochsohle aus über eine definierte Eindringtiefe durchgeführt wird. Der Eindringwiderstand wird in Rammschlägen pro 15 cm Eindringung N_{30} gemessen (siehe Bild 8).

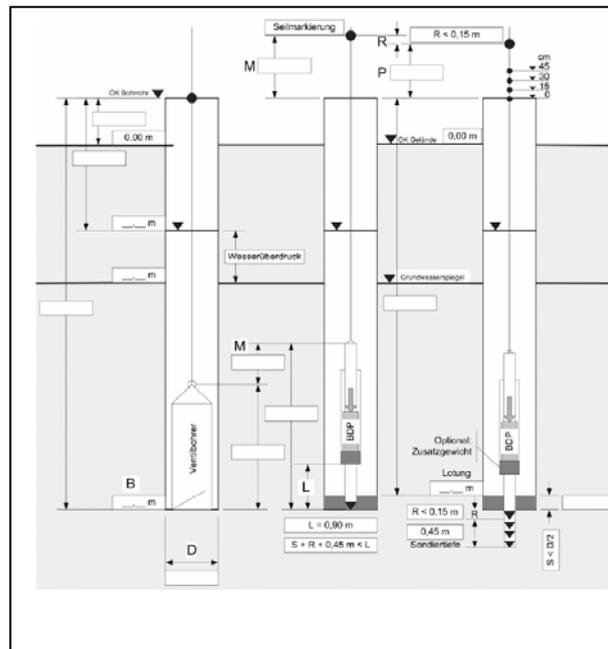


Bild 8: Durchführung von einer Bohrlochrammsondierung

Bohrlochrammsondierungen werden immer dann durchgeführt, wenn Druck- oder Rammsondierungen nicht ausführbar sind oder der Kostenaufwand dafür zu groß ist. Bohrlochrammsondierungen kommen bei Wasserbohrungen zum Einsatz, wenn große Wassertiefen und/oder große Wasserstandsschwankungen infolge Tide oder Wellen auftreten und auf teure Arbeitsbühnen verzichtet werden soll. Auch an Land bei großen Erkundungstiefen von 40 m bis 100 m unter Ansatzpunkt bieten sich Bohrlochrammsondierungen als Alternative zu überbohrten Drucksondierungen an. Entsprechend den vorgenannten Sondierverfahren sind auch die Bohrlochrammsondierungen hinsichtlich Geräteabmessungen und Durchführung genormt.

Bohrlochrammsondierungen werden relativ selten angewendet und es bedarf bei deren Durchführung daher besonderer Erfahrungen des Bohrgeräteführers. Nach Erfahrungen der BAW sollten Bohrlochrammsondierungen intensiv überwacht werden, da den meisten Geräteführern Erfahrungen und Routine mit der Durchführung von Bohrlochrammsondierungen fehlen.

Mit der Schlagzahl N_{30} auf 30 cm Eindringung als Eindringwiderstand lässt sich analog zu den Druck- und Rammsondierungen die Festigkeit nichtbindiger Böden (Sande) beurteilen. Als Grundlage dafür dient nach Erfahrung der BAW die nachfolgende Tabelle.



Eindringwiderstand N_{30} [1]	Reibungswinkel φ' [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Benennung der Festigkeit
< 4	< 30	< 15	sehr gering
4 - 12	30 - 35	15 - 50	gering
12 - 22	35 - 37,5	50 - 80	mittel
22 - 38	37,5 - 40	80 - 100	groß
> 38	> 40	> 100	sehr groß

Tab. 3: Bewertung der Sondierergebnisse aus Bohrlochrammsondierungen

5 Flügelsondierungen (FVT)

Bei Flügelsondierungen wird der Widerstand des Bodens gegenüber Abscheren gemessen. Die Flügelsondierungen finden vor Ort im Gelände statt und fallen daher – wie die Ramm- und Drucksondierungen – ebenfalls unter die Felduntersuchungen. Flügelsondierungen sind für wassergesättigte bindige und organische Böden von weicher bis steifer Konsistenz geeignet und liefern im Ergebnis die Gesamtscherfestigkeit des undrained Bodens c_u [kN/m²] (auch Anfangsscherfestigkeit genannt).

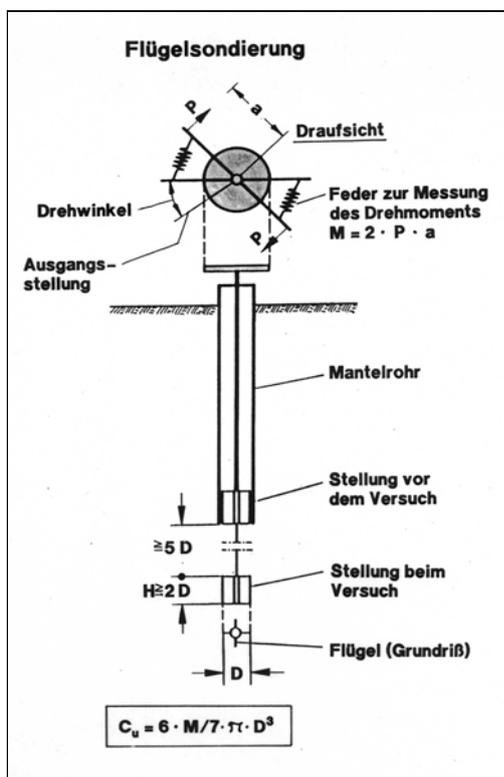


Bild 9: Versuchsdurchführung von Flügelsondierungen

Die Flügelsonde besteht aus einem Gestänge, an dessen unteren Ende vier Flügel vorgegebener Abmessungen angeordnet sind. Das Gestänge mit dem Flügel wird in den Boden eingedrückt, wobei zur Ausschaltung der

Mantelreibung ein Schutzrohr zu verwenden ist. Nach dem Eindrücken des Flügels in den Boden erfolgt das Abscheren (Bild 9). Dazu wird mit gleichbleibender geringer Geschwindigkeit ein Drehmoment aufgebracht, dessen Größe gemessen wird. Aus dem Verhältnis von Drehmoment zu Oberfläche des abgesicherten Bodenkörpers wird die Anfangsscherfestigkeit c_u ermittelt. Die Anfangsscherfestigkeit c_u ist ein maßgebender Kennwert für die Festigkeit bindiger und organischer Weichböden.

Flügelsondierungen bieten sich immer dann an, wenn oberflächennah bindige und organische Weichböden anzutreffen sind. Die Flügelsondierung sollte tiefenprofilierend in einem Abstand von 50 cm durchgeführt werden, um Aussagen über die Anfangsscherfestigkeiten der gesamten Bodenschicht zu erhalten. Auch Flügelsondierungen werden von den Bohr- und Sondierfirmen relativ selten ausgeführt, so dass eine intensive Überwachung bei der Ausführung zu empfehlen ist.

6 Hinweise für die Ausschreibung von Sondierungen

Nachfolgend sind Hinweise für die Ausschreibung von Sondierarbeiten zusammengestellt:

- Bei Sondierungen auf dem Wasser ist – ausgenommen bei Bohrlochrammsondierungen – eine wasserstandsunabhängige Arbeitsplattform wie z. B. Stelzenponton oder Hubinseln erforderlich. Von schwimmenden Geräten lassen sich Sondierungen ohne Einfluss auf die Messwerte und Auswirkungen auf die Sondiergeräte (Gestängebruch) nicht zweifelsfrei ausführen. Um ausführungstechnisch einwandfreie Randbedingungen zu erreichen, sind von vornherein wasserstandsunabhängige Arbeitsplattformen zu fordern.
- Bei größeren Sondiertiefen ($t > 20$ m) sollte das Überbohren als Bedarfposition aufgenommen werden. Dies kann erforderlich werden, wenn die Bodenfestigkeiten für einen weiteren Eindringfortschritt zu groß werden und die geforderte Untersuchungstiefe nicht erreicht wird. Auch Hindernisse oder verfestigte Schichten können ein Überbohren erforderlich machen.
- Bei Sondierungen auf dem Wasser ist im freien Wasser der Einbau eines Stützgestänges erforderlich. Dies ist auch für Bohrungen notwendig. Es ist daher eine Position für den Einbau von stabilem Stützgestänge vorzusehen.
- Bei Bohrlochrammsondierungen ist vom Hersteller ein Prüfzertifikat zu fordern, das den einwandfreien technischen Zustand des Gerätes bestätigt. Dieses Prüfzertifikat sollte nicht älter als 6 Monate sein.



- Bei Spitzendrucksondierungen sollten die Sondenspitzen regelmäßig kalibriert sein. Es sind daher Kalibrierprotokolle vor Ort zu fordern, die nicht älter als 2 Wochen sind.
- Die Sondierergebnisse sind auf Diskette zu liefern. Das Format ist vorzugeben (z. B. bei Drucksondierungen ASC-II Format).

7 Empfehlungen für die Vergabe

Die Baugrunduntersuchungen sind die wesentliche Grundlage für die Erkundung der Baugrundverhältnisse. Es wird daher empfohlen, bei schwierigen Verhältnissen eine beschränkte Ausschreibung mit qualifizierten Fachfirmen vorzunehmen. Die Baugrunderkundung als Grundlage für die Gründungsempfehlung ist daher sorgfältig und qualifiziert durchzuführen. Dabei gilt folgender Grundsatz:

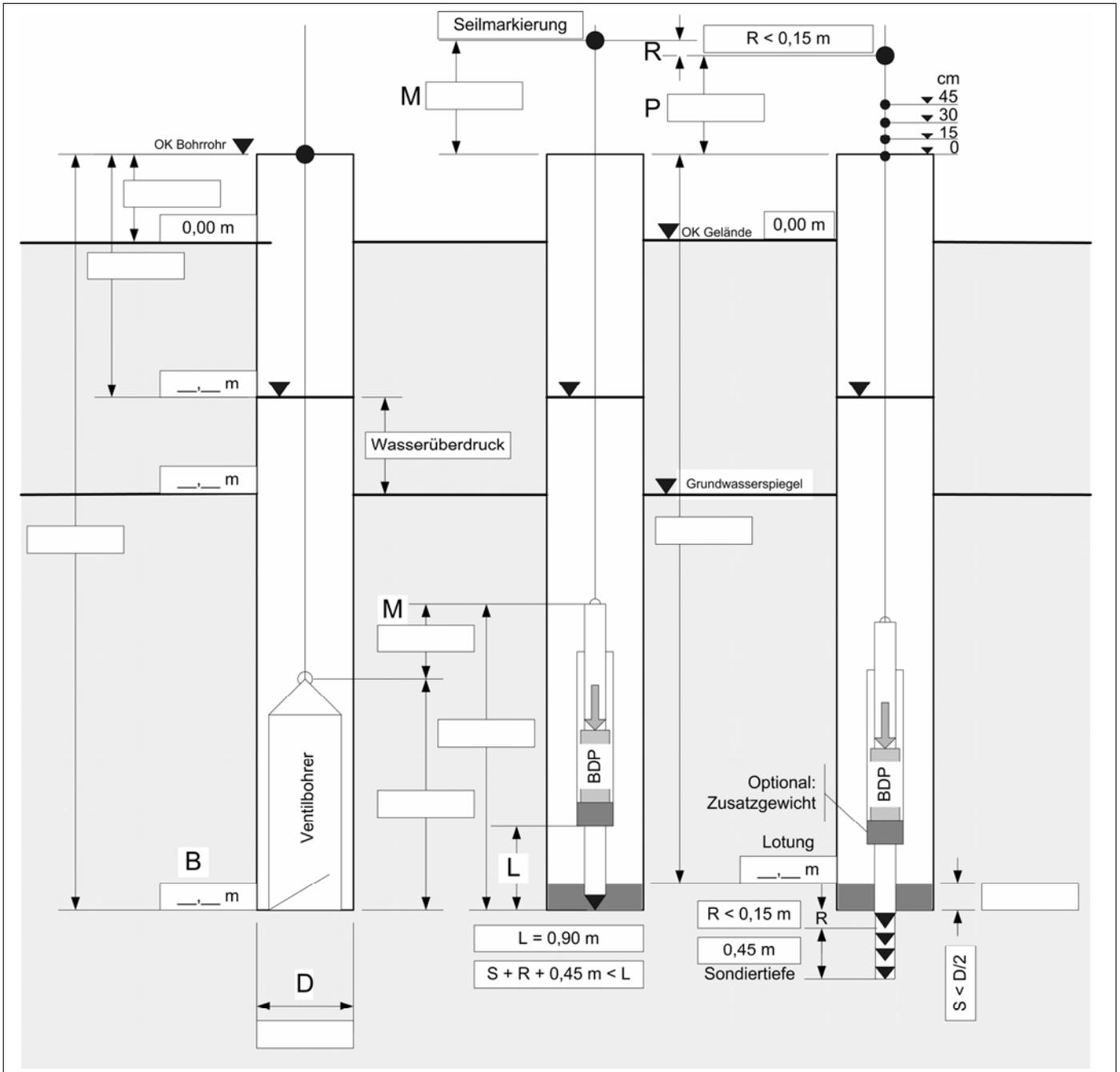
- Je besser die Baugrunduntersuchungen, desto genauer und zutreffender die Aussagen im Baugrund- und Gründungsgutachten und je weniger Überraschungen später bei der Bauausführung.
- Im Vergabegespräch sollte die BAW zur Beurteilung von Fachkompetenz und Geräteausstattung der Sondierfirmen beteiligt werden. Von der BAW sollte auch eine Stellungnahme zur technischen Gleichwertigkeit bei Sondervorschlägen eingeholt werden.
- Zu Beginn der Sondierarbeiten sollte eine konsequente und qualifizierte Überwachung der Arbeiten vorgenommen werden, um Mängel von vornherein abzustellen. Auch dafür steht die BAW beratend zur Verfügung.

Bohrlochrammsondierung (BDP) nach DIN 4094-2 in zeitlicher Abfolge unter Verwendung des beigefügten Baustellenprotokolls

1. Die Protokollkopfdaten sind mit Kennwort, Auftrags-Nr., dem Geräteführer usw. einzutragen.	Kopfdaten
2. Den an der Bohrlochsohle anstehenden Bohrrohrdurchmesser [D] eintragen.	Bohrrohrdurchmesser
3. Die Bohrrohrlänge [B], einschl. Bohrschuh und ggf. Gewindeschutzkappe, eintragen.	Bohrrohrlänge
4. Die Seilmarkierung des angehängten Ventilbohrers ist erstmalig vor Beginn der BDP-Versuche mit Bandmaß zu überprüfen und einzutragen. [<i>Bohrrohrlänge = UK-Ventilbohrer bis Seilmarkierung</i>]	Seilmarkierung
5. Bohrtiefe aus Bohrrohrüberstand über GOK und der Bohrrohrlänge berechnen und eintragen. [<i>Bohrtiefe B = Bohrrohrlänge - Bohrrohrüberstand</i>].	Bohrtiefe
6. Grundwasserstand unter GOK aus dem Schichtenverzeichnis entnehmen und eintragen.	Grundwasserstand
7. Wasserstand im Bohrrohr ab OK-Rohr einmessen und eintragen. Wasserstand unter GOK berechnen [<i>Wasserstand ab GOK = Wasserstand ab OK-Rohr - Bohrrohrüberstand</i>] und eintragen.	Wasserstand
8. Wasserüberdruck prüfen (ggf. erhöhen). [<i>Wasserüberdruck = Wasserstand im Bohrrohr bez. auf GOK - Grundwasserstand bez. auf GOK</i>]	Wasserüberdruck
9. Schlagvorrichtung der Sonde erstmalig vor Beginn der BDP-Versuche auf Wassereindringung prüfen. <i>Bei Wassertiefen über 20 m sind Zusatzgewichte zwischen Schlagvorrichtung und Sondenspitze erforderlich (z.B. 20 - 45 m : 50 kg).</i>	Wassereindringung <i>Zusatzgewicht</i>
10. Länge des BDP-Gerätes (Hubstange eingefahren, mit Zusatzgewicht und Sonde) vom Schäkel bis Sondenspitze messen. Ebenfalls die Länge des Ventilbohrers (VB) vom Schäkel bis Unterkante messen. Längendifferenz [M = BDP - VB] errechnen und die 3 Werte eintragen.	Differenz BDP - VB
11. Nach Erreichen der Solltiefe die Bohrlochsohle mit dem Ventilbohrer (gut schließende Klappe) säubern und den Ventilbohrer langsam unter Wasserzugabe hochziehen. Anschließend die tatsächliche Lage der Bohrlochsohle durch Abloten von OK-Rohr einmessen und auf GOK beziehen. Die Differenz [S = B - LOTUNG] muss kleiner D/2 sein, ansonsten muss die Bohrlochsohle erneut gesäubert werden.	Bohrlochsohle säubern
12. BDP-Gerät mit Abfangvorrichtung am Seil anschäkeln und auf OK-Rohr absetzen . Oberen Bolzen der Abfangvorrichtung entfernen, Hubstange freigeben und Gängigkeit und Funktion der Schlagvorrichtung prüfen. VORSICHT, der Rammbar wird ausgeklinkt! BDP-Gerät am Seil anziehen, Abfangvorrichtung entfernen, im Bohrrohr herablassen und auf der Bohrlochsohle absetzen. Die Hubstange ist unten, der Rammbar eingeklinkt und das Seil leicht angezogen.	Einsetzen des BDP-Gerätes
13. Maß [P] zwischen Seilmarkierung und OK-Rohr messen. Die Eindringung unter Eigengewicht [R = M - P] muss kleiner 15 cm sein. Ist die Absetzmenge im Bohrrohr [S = B - LOTUNG] größer als die Eindringung der Sonde unter Eigengewicht [R] wird der Wert der Eindringung negativ, da die Sondenspitze sich innerhalb des Absetzbereiches befindet. Dieser Minuswert [-R] muss kleiner D/2 betragen, ansonsten ist die Bohrlochsohle erneut zu säubern.	Eindringung unter Eigengewicht
14. Bezogen auf OK-Rohr sind am Seil 3 x 15 cm zu markieren .	3 x 15 cm markieren
15. Sonde von 0 - 15 cm einschlagen, Schlagzahl N ₀₋₁₅ im Protokoll eintragen.	BDP durchführen
16. Sonde von 15 - 30 cm einschlagen, Schlagzahl N ₁₅₋₃₀ im Protokoll eintragen.	
17. Sonde von 30 - 45 cm einschlagen, Schlagzahl N ₃₀₋₄₅ im Protokoll eintragen.	
18. Schlagzahl N₃₀ = N₁₅₋₃₀ + N₃₀₋₄₅ berechnen. <i>Ist die Eindringung für 1 Schlag größer als 15 cm wird die Eindringung für einen Schlag angegeben. Nach Erreichen von 50 Schlägen innerhalb eines Bereiches von 15 cm ist der BDP-Test abzubrechen und die Eindringung in cm anzugeben.</i>	N ₃₀ berechnen ! Beachten !
19. Sondiertiefe aus Eindringung unter Eigengewicht und der erzielten Sondiertiefe berechnen und protokollieren.	Sondiertiefe
20. BDP-Gerät am Seil hochziehen, Abfangvorrichtung montieren, und auf OK-Bohrrohr absetzen. Den Rammbaren möglichst nicht einklinken. Die Schlagvorrichtung auf Wassereindringung überprüfen.	Wassereindringung

Baustellenprotokoll für Bohrlochrammsondierung (BDP) nach DIN 4094-2

PLZ/Ort:	Auftrags-Nr.:	Bearbeiter:
Kennwort:	Bohrung-Nr.:	BDP-Nr.:
Kontrolle von:	Bohrfirma:	Geräteleiter:
Datum / Uhrzeit:	Zusatzgewicht angebaut? Ja: Nein: kg:	
Seilmarkierung bezogen auf Bohrröhrlänge überprüft? Ja: Nein: Uhrzeit:		



Kontrollmaße und Berechnungswerte [m] in die obige Darstellung (Kästchen) eintragen!

Eindringung R [m] $R = M - P$	N ₀₋₁₅ N ≤ 50	N ₁₅₋₃₀ N ≤ 50	N ₃₀₋₄₅ N ≤ 50	N₃₀ = N₁₅₋₃₀ + N₃₀₋₄₅	Sondiertiefe B + R + 0,45 m

Bemerkungen:		
Nach der Sondierung Schlagvorrichtung auf Wassereindringung überprüft?	Ja:	Nein:

