

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Liebetruth, Frank

Sondierungen und deren Bewertung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101827>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Liebetruth, Frank (2014): Sondierungen und deren Bewertung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Bohrungen und Baugrund. Herausforderungen bei der Ausführung. Horizontale und vertikale Bohrtechnik. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 53-60.

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. Frank Liebetruth, Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg
 Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg
 Telefon 040 / 81908 – 313, e-Mail: frank.liebetruth@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 Sondierverfahren und Sondiergeräte erklärt. Dies erfolgt getrennt für Druck-, Ramm-, und Bohrlochrammsonde sowie für Flügelscherversuche. Es werden Anwendung und Einsätze an und auf den Wasserstraßen aufgezeigt, wobei besonders auf die Randbedingungen dafür eingegangen wird. Im nächsten Schritt werden die Erkundungsziele der vorgenannten Sondierungen vorgestellt, wobei auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren hinsichtlich Aussagekraft und Durchführbarkeit eingegangen wird. Abschließend wird die Aus- und Bewertung von Sondierergebnissen in Hinblick auf die Festlegung geotechnischer Kenngrößen, die Erkundung von Schichtgrenzen und Schichtenaufbau sowie Hinweise für die Rammbarkeit von Böden erläutert.

1 Normung

Die Durchführung, Geräteabmessungen und Auswertung von Sondierungen ist in DIN- und DIN EN ISO-Normen vorgegeben. Durch die Normung ist eine einheitliche Grundlage vorhanden, so dass die Sondierergebnisse miteinander verglichen und unter gleichen Voraussetzungen bewertet werden können. Zusätzlich kann dadurch die qualitätsgerechte Ausführung von Sondierungen überwacht und kontrolliert werden. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht, in welchen Normen die einzelnen Sondierverfahren geregelt sind.

Sondierverfahren	Normen
Drucksondierung (CPT / CPTU)	DIN EN ISO 22476-1:2013-10 (Ersatz für DIN 4094-1)
Rammsondierung (DPL, DPM, DPH,)	DIN EN ISO 22476-2:2012-03 (Ersatz für DIN 4094-3)
Bohrlochrammsondierung (BDP)	DIN 4094-2:2003
Flügelscherversuch (FVT)	DIN 4094-4:2002 E DIN EN ISO 22476-9:2009-10 (Entwurf)
Standard Penetration Test (SPT)	DIN EN ISO 22476-3:2012-03
Gewichtssondierung	DIN ISO/TS 22476-10:2005
Mechanische Drucksondierung (CPTM)	DIN EN ISO 22476-12:2009

Tab. 1: Normen der Sondierverfahren

Abweichungen von den Normen müssen erläutert und begründet werden.

2 Drucksondierungen (CPT / CPTU)

Bei den elektrischen Drucksondierungen wird unterschieden in Drucksondierungen mit der Messung von Spitzenwiderstand und Mantelreibung (CPT) und Drucksondierungen mit zusätzlicher Messung des Porenwasserdruckes (CPTU). Bei beiden Verfahren wird ein Gestänge mit gleichbleibender Geschwindigkeit (2 cm/s) in den Boden eingedrückt. Dabei wird an der kegelförmigen Spitze der Spitzenwiderstand und an einer oberhalb der Spitze gelegenen Reibungshülse die lokale Mantelreibung gemessen. Neben diesen zentralen bodenmechanischen Messwerten wird ergänzend die Abweichung der Spitze von der Lotrechten und die Eindringgeschwindigkeit der Sonde aufgezeichnet. Mit der sogenannten Piezo-Spitze kann zusätzlich der Porenwasserdruck an oder im Bereich der Sondierspitze gemessen werden (CPTU). Mit der Drucksonde lassen sich – je nach Geräteausführung und Bodenverhältnissen – Sondiertiefen bis 40 m erreichen. Durch Überbohren der Sondierungen lassen sich auch größere Erkundungstiefen realisieren. Bild 1 zeigt den Aufbau einer elektrischen Sondierspitze.

Die aus dem Kegel und zylindrischen Schaft bestehende Sondierspitze sollte gemäß DIN EN ISO22476-1 eine Querschnittsfläche von $A_c = 10$ besitzen, was einem Durchmesser von 35,7 mm entspricht. In Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen lässt die vorgenannte Norm jedoch auch Kegel (Sondierspitzen) mit einem Durchmesser zwischen 25 mm und 50 mm zu. In der Praxis werden häufig Sondierspitzen mit einer Querschnittsfläche von $A_c = 15$ eingesetzt, da diese beim Durchdringen des Untergrundes robuster als die $A_c = 10$ sind und damit größere Sondiertiefen erreicht werden. Grundsatzuntersuchungen der BAW führten zu dem Ergebnis, dass Sondierspitzen mit einer Querschnittsfläche von $A_c = 15$ vergleichbare Ergebnisse wie die Sondierspitzen mit $A_c = 10$ liefern.

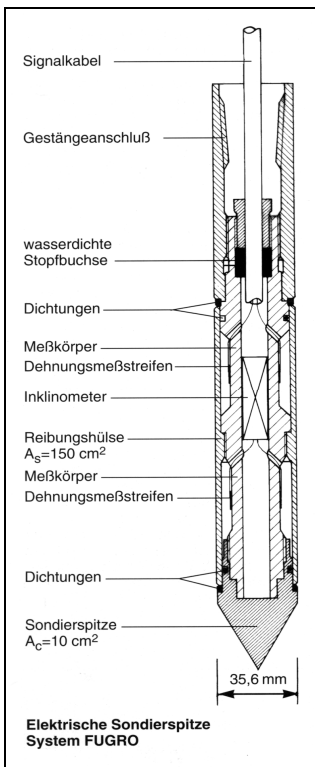


Bild 1: Sondierspitze

Drucksondierungen an Land werden vorwiegend mit einem Sondier-LKW oder einer Sondierraupe 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 festzulegen, 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 fehlerfrei 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 zeigt auf, von welchem Gerät Drucksondierungen auf dem Wasser durchführbar sind.



Bild 3: Drucksondierungen auf dem Wasser

Mit Drucksondierungen können folgende Erkundungsziele erreicht werden:

- Überprüfung von Schichtenaufbau und Bodenarten aus Altbohrungen
- Festlegung von Schichtgrenzen und Gründungshorizonten
- Klassifizierung von Bodenarten
- Ableitung geotechnischer Kenngrößen, wie z.B. Festigkeiten (Lagerungsdichten), Reibungswinkel ϕ' , Steifemodul E_s von nichtbindigen Böden oder der undrained Scherfestigkeit c_u von bindigen und organischen Böden.
- Ableitung horizontaler Durchlässigkeitsbeiwerte k_{fh}
- Ableitung von Pfahltragfähigkeiten
- Ableitung der Rammbarkeit von Böden

In Verbindung mit repräsentativen Schlüsselbohrungen kann aus dem Spitzenwiderstand und der Mantelreibung einer Drucksondierung und des daraus ermittelten Reibungsverhältnisses (Quotient aus Spitzenwiderstand und Mantelreibung in gleicher Tiefe) die anstehende Boden-

art abgeleitet werden. Ein Beispiel zur Klassifizierung von Böden zeigt Bild 4.

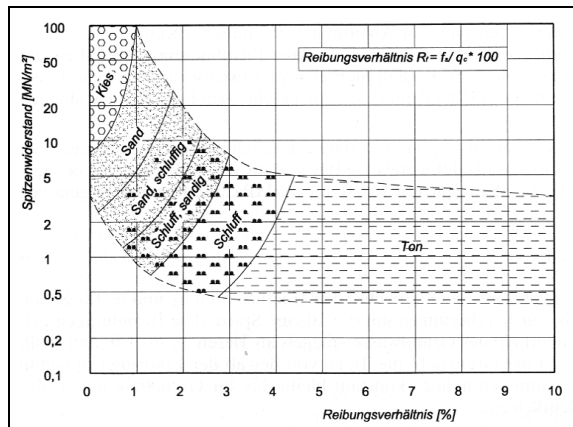


Bild 4: Klassifizierung von Bodenarten aus Drucksondierungen /1/

Am Königspolder in Emden wurden z.B. der Schichtenaufbau und die Bodenarten mit Hilfe von Drucksondierungen überprüft. 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 zusätzlich die Festlegung von Schichtgrenzen und damit Aussagen über den Gründungshorizont der vorhandenen Kaje, was aus Planunterlagen vorher nicht erkennbar war (Bild 5).

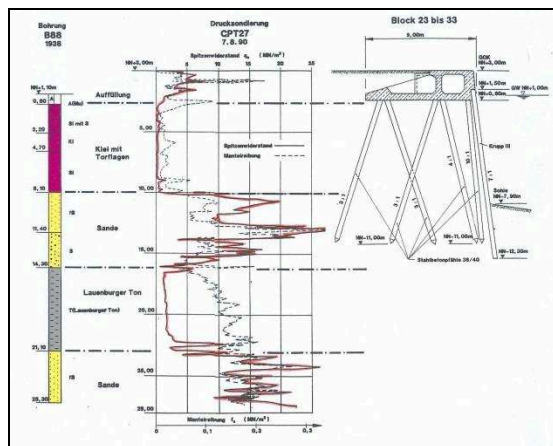


Bild 5: Überprüfung durch Drucksondierungen am Beispiel Königspolder Emden

Eine maßgebende Bedeutung haben Drucksondierungen für die Festigkeitsbestimmung der im Untergrund anstehenden nichtbindigen Böden. Ein Beispiel, wie aus dem Sondierspitzenwiderstand q_c neben der Festigkeit auch auf die Größe des Steifemoduls E_s und des Reibungswinkels ϕ' geschlossen werden kann, ist in der Tabelle 2 dargestellt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Festigkeit eines nichtbindigen Bodens sowohl von der Kornverteilung, Korngröße und Kornrauigkeit als auch

von den in situ Spannungen und Grundwasserverhältnissen abhängt. Die Bewertung von Drucksondierungen erfordert entsprechende regionale Erfahrungen. Hilfreich für die Auswertung ist es, die Sondierergebnisse als Diagramme höhengerecht neben den Bohrprofilen aufzutragen.

Spitzenwiderstand q_c [MN/m²]	Charakterist. Reibungswinkel ϕ'	Steifemodul E_s [MN/m²]	Benennung der Festigkeit
< 2	< 30°	< 15	sehr gering
2 - 6	30° - 35°	15 - 50	gering
6 - 11	35° - 37,5°	50 - 80	mittel
11 - 20	37,5° - 40°	80 - 100	groß
> 20	\geq 40°	> 100	sehr groß

Tab. 2: Beispiel für die Bewertung von Drucksondierungen für nichtbindige Böden

Ein weiteres Beispiel für die Verwendung von Drucksondierergebnissen ist die überschlägliche Bestimmung der undrnierten Scherfestigkeit und Beschreibung der Konsistenz und Festigkeit bindiger Böden (Tabelle 3). Dabei kann in Anlehnung an das Grundbautaschenbuch /1/ die undrnierte Scherfestigkeit nach folgender Gleichung ermittelt werden.

$$c_u = (q_c - \sigma_{vo}) / N_k \quad (1)$$

c_u = undrnierte Scherfestigkeit

q_c = Spitzenwiderstand CPT

σ_{vo} = gesamter Überlagerungsdruck

N_k = Faktoren aus örtlicher Erfahrungen

Benennung der Festigkeit nach DIN EN ISO 14688-2, Tabelle 5	Undrnierte Scherfestigkeit c_u (kN/m²)	Benennung der Konsistenz
äußerst gering	< 10	breiig
sehr gering	10 - 20	
gering	20 - 40	weich
mittel	40 - 60	
	hoch	60 - 75
sehr hoch	75 - 150	
	äußerst hoch	150 - 200
200 - 300		
> 600		fest

Tab. 3: Überschlägliche Benennung der Festigkeit und Konsistenz bindiger Böden aus der undrnierten Scherfestigkeit

Eine überschlägliche Ableitung der Pfahltragfähigkeit für verschiedene Pfahltypen und Rammbarkeit der Bö-



den ist aus Drucksondierungen ebenfalls möglich. Dabei sind Randbedingungen z.B. gemäß der EA Pfähle /2/ und der EAU /3/ zu berücksichtigen.

Elektrische Drucksondierungen sind das meistangewendete Sondierverfahren und liefern nach unseren Erfahrungen für eine Baugrunderkundung sehr gute Ergebnisse. Dies ist u.a. 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.

Die vorgenannten elektrischen Sondierspitzen mit und ohne Porenwasserdruckmessungen gehören auf der Basis von Normen zur Standardausrüstung der Baugrunderkundung. In der Praxis werden heute bereits Sondierspitzen verwendet, die über weitere Zusatzausrüstungen verfügen. Damit sind u.a. auch seismische, akustische, radiometrische u.a. Messungen möglich. Die Ergebnisse sind jedoch gerätespezifisch wegen der unterschiedlichen Bauarten zu bewerten.

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 sowie über die Versuchsdurchführung und Auswertung gemacht. Dabei wird zwischen der leichten (DPL), mittelschweren (DPM), schweren (DPH) und superschweren (DPSH) Rammsonde unterschieden. Im Bild 6 ist schematisch die Funktionsweise der leichten und schweren Rammsonde dargestellt.

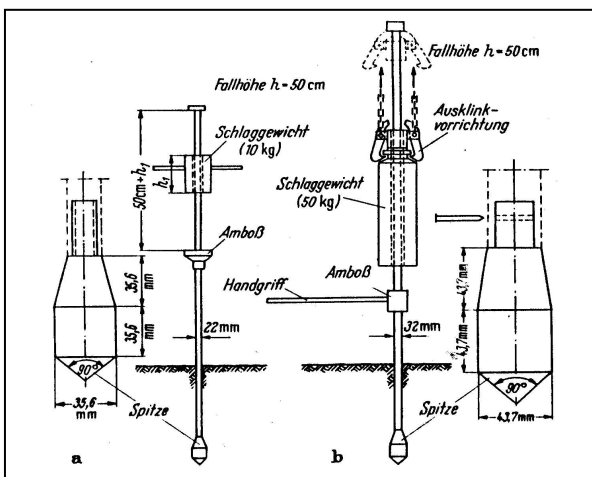


Bild 6: leichte und schwere Rammsonde

Die Rammsonden haben den Nachteil, dass die Schlagzahl pro 10 cm Eindringung - N_{10} (bzw. N_{20} bei DPSH) - 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. Das Sondierergebnis wird (wie auch bei der CPT) u.a. vom Korngefüge, von der Korngrößenverteilung, der Kornform und Kornrauigkeit sowie von den Spannungs- und Grundwasserverhältnissen im Boden beeinflusst.

Ein Beispiel für eine Fehlinterpretation einer schweren 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 und Laboruntersuchungen nicht bestätigt wird. Die Festigkeit dieser Kleischicht wird danach deutlich überbewertet. Weiterhin ist der Einfluss von Grundwasser erkennbar. Bei grobkörnigen Böden werden unterhalb des Grundwasserspiegels geringere Festigkeiten ermittelt, als sie in situ vorhanden sind. Dieser Einfluss ist besonders deutlich bei geringen Eindringwiderständen.

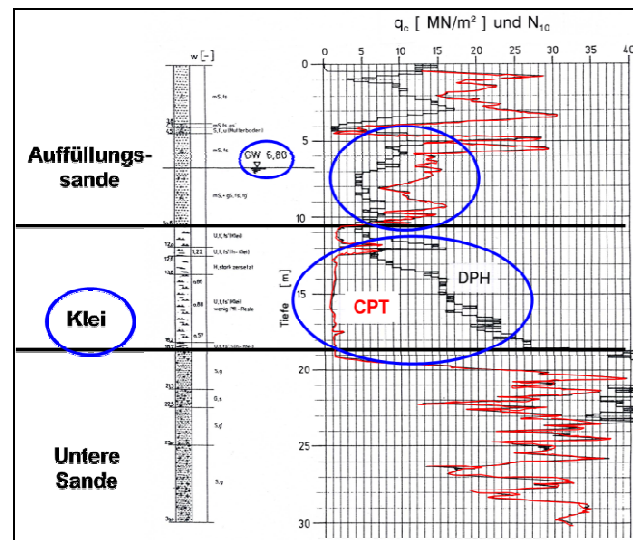


Bild 7: Fehlinterpretation einer Rammsondierung

Die Erkundungsziele bei Rammsondierungen ähneln denen der Drucksondierungen. In Verbindung mit repräsentativen Schlüsselbohrungen sind folgende Aussagen möglich:

- Festlegung von Schichtgrenzen
- Feststellen von Hohllagen und Gründungshorizonten
- Ableitung der Festigkeiten (Lagerungsdichten) von nichtbindigen Böden
- 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 Rammsondierung im Bohrloch

4.1 Bohrlochrammsondierung (BDP)

In Deutschland wird in der Praxis die Bohrlochrammsondierung (BDP) durchgeführt, die in DIN 4094-2:2003 genormt ist (Bild 8). Bis Mai 2003 wurde in Deutschland die Bohrlochrammsondierung auch als „Standard Penetration Test“ bezeichnet, was jedoch **nicht** dem in DIN EN ISO 22476-3:2012 genormten Standard Penetration Test (SPT) gleichzusetzen ist. Wesentliche Unterschiede zum SPT nach DIN EN ISO 22476-3:2012 bestehen u.a. darin, dass die BDP-Sonde zusammen mit der Schlagvorrichtung am Seil in das Bohrloch eingeführt und ohne Gestänge eingerammt wird. Der Rammbar der Schlagvorrichtung befindet sich in einem Hohlzylinder unmittelbar über der Sonde im Bohrloch. Beim SPT nach DIN EN ISO 22476-3 wird dagegen das Probenentnahmegesetz über ein Gestänge und einer über dem Gelände befindlichen Schlagvorrichtung eingerammt. Ein weiterer Unterschied zum SPT besteht darin, dass bei der BDP eine Vollspitze statt eines Entnahmestutzens verwendet wird. Eine gestörte Probenentnahme erfolgt somit nicht.

Die Bohrlochrammsondierung ist nach DIN 4094-2:2003 eine Rammsondierung im Bohrloch die von der Bohrlochsohle aus über eine definierte Eindringtiefe durchgeführt wird. Der Eindringwiderstand wird in Rammschlägen pro 30 cm Eindringung N_{30} gemessen (nach seiner Eindringung unter Eigengewicht und unterhalb der Anfangsrammung von 15 cm).

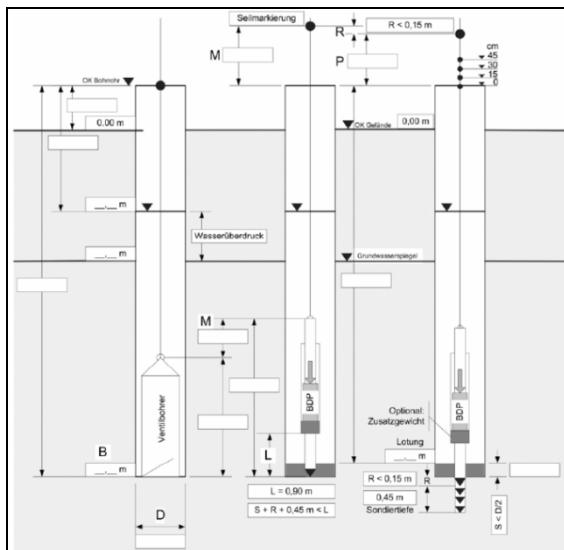


Bild 8: Durchführung einer Bohrlochrammsondierung (BDP)

Rammsondierungen im Bohrloch sind dann sinnvoll, wenn die geforderten Erkundungstiefen mit Drucksondierungen durch zu hohe Gesamtkräfte und mit Rammsondierungen durch den Einfluss der Gestängereibung nicht erreichbar sind oder der technische Aufwand (z.B. zusätzliches Vorbohren) und damit der Kostenaufwand zu groß werden. Untersuchungstiefen bis zu 60 m sind möglich. Auch bei Wasserbohrungen mit großen Wassertiefen kann der Einsatz vorteilhaft sein, um z.B. auf Arbeitsbühnen und Hubinseln verzichten zu können. Bei großen Wasserstandsschwankungen infolge Tide oder Wellen sind für die fehlerfreie Durchführung jedoch Arbeitsplattformen auf Stelzen erforderlich.

Rammsondierungen im Bohrloch werden in Deutschland relativ selten angewendet und es bedarf bei deren Durchführung daher besonderer Erfahrungen des Bohrergerätführers. Nach Erfahrungen der BAW sollten diese Sondierungen intensiv überwacht werden, da den meisten Geräteführern Erfahrungen und Routine in der Durchführung fehlen.

Ein Beispiel für die Bewertung der Versuchsergebnisse einer Bohrlochrammsondierung kann der nachfolgenden Tabelle 3 entnommen werden, die nach Erfahrung der BAW aufgestellt wurde. Mit der Schlagzahl N_{30} auf 30 cm Eindringung als Eindringwiderstand lässt sich die Festigkeit nichtbindiger Böden (Sande) beurteilen und geotechnische Kenngrößen ableiten.

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: Beispiel für die Bewertung von Sondierergebnissen aus Bohrlochrammsondierungen

Da jedoch die Ergebnisse je nach Versuchsgerät, Durchführung und geotechnischer Bedingungen stark variieren können, sind neben der fachgerechten Ausführung auch regionale Erfahrungen bei der Auswertung erforderlich.

4.2 Standard Penetration Test (SPT)

Beim Standard-Penetration-Test nach DIN EN ISO 22476-3:2012 wird ebenfalls der Bodenwiderstand an der Bohrlochsohle über eine definierte Eindringtiefe ermittelt. Das in Längsrichtung zweigeteilte Entnahmegerät wird - wie bereits erläutert - über ein Gestänge und einer über dem Gelände befindlichen Schlagvorrichtung eingerammt. Der Eindringwiderstand wird wie bei der BDP in Rammschlägen pro 30 cm Eindringung N_{30}

gemessen (nach seiner Eindringung unter Eigengewicht und unterhalb der Anfangsrammung von 15 cm). Zusätzlich ist die Entnahme einer gestörten Bodenprobe möglich. Der Standard Penetration Test wird hauptsächlich zur Bestimmung der Festigkeit und von Verformungseigenschaften nichtbindiger Böden benutzt. Korrelationen zur Ableitung von geotechnischen Kenngrößen sind auch für bindige Böden vorhanden. Weitere Angaben zu den Geräteabmessungen sowie zur Versuchsdurchführung und -auswertung sind in der DIN EN ISO 22476-2:2012 dargelegt.

5 Flügelscherversuch (FVT)

Beim Flügelscherversuch wird der Widerstand des Bodens gegenüber Abscheren in situ gemessen. Der Versuch ist für wassergesättigte bindige und organische Böden von weicher bis steifer Konsistenz geeignet und liefert im Ergebnis die undrännierte Scherfestigkeit des Bodens c_u [kN/m²] (auch Anfangsscherfestigkeit genannt).

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 empfehlen ist. Nach dem Eindringen 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 undrännierte Scherfestigkeit c_u ermittelt. Die undrännierte Scherfestigkeit c_u ist ein maßgebender Kennwert für die Festigkeit bindiger und organischer Weichböden und kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$c_u = 0,273 M_{\max} / D^3 \quad (2)$$

$c_u = c_{fv}$	maximaler Scherwiderstand des Bodens beim erstmaligen Abscheren
M_{\max}	maximales Drehmoment beim erstmaligen Abscheren
D	Flügeldurchmesser

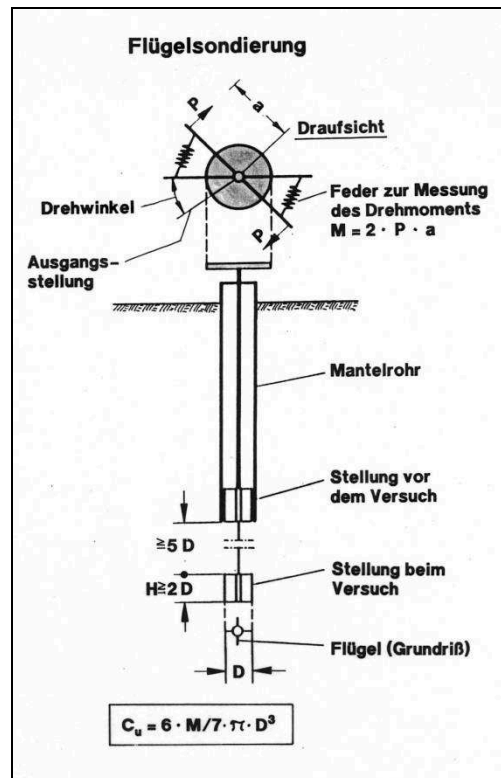


Bild 9: Prinzip des Flügelscherversuchs

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

6 Hinweise für die Ausschreibung von Sondierungen

Nachfolgend sind Hinweise für die Ausschreibung von Sondierarbeiten zusammengestellt:

- Bei Sondierungen auf dem Wasser ist eine wasserstandsunabhängige Arbeitsplattform wie z. B. ein Stelzenponton oder eine Hubinsel 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 Position 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 eines stabilen Stützgestänges vorzusehen.
- Bei Rammsondierungen im Bohrloch ist vom Hersteller ein Prüfzertifikat zu fordern, dass 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 Datenträgern zu liefern. Das Format ist vorzugeben (z. B. bei Drucksondierungen ASC-II Format).

Literatur

- /1/ GRUNDBAU-TASCHENBUCH; TEIL 1: GEOTECHNISCHE GRUNDLAGEN, 7. AUFLAGE, ERNST & SOHN 2008
- /2/ EA-PFÄHLE, EMPFEHLUNGEN DES ARBEITSKREISES „PFÄHLE“, 2. AUFLAGE, ERNST & SOHN 2012
- /3/ EAU 2012, EMPFEHLUNGEN DES ARBEITSAUSSCHUSSES „UFEREINFASSUNGEN“ HÄFEN UND WASSERSTRABEN, 11. AUFLAGE, ERNST & SOHN 2012

7 Empfehlungen für die Vergabe

Die Baugrunduntersuchungen sind die wesentliche Grundlage für die Beschreibung und Bewertung 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 geotechnischen Bericht und je weniger Überraschungen später bei der Bauausführung.
- Im Auftragsgespräch 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.