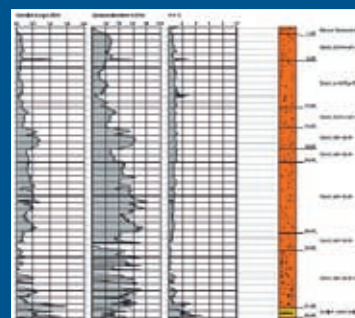
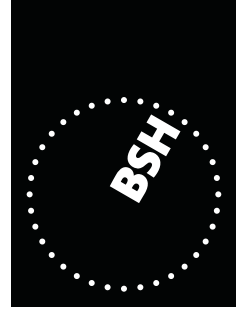


BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE

# Standard Baugrunderkundung

Mindestanforderungen an die Baugrunderkundung und -untersuchung für Offshore-Windenergieanlagen, Offshore-Stationen und Stromkabel





BUNDESAMT FÜR  
SEESCHIFFFAHRT  
UND  
HYDROGRAPHIE

# Standard Baugrunderkundung

Mindestanforderungen an die Baugrunderkundung und  
-untersuchung für Offshore-Windenergieanlagen,  
Offshore-Stationen und Stromkabel

## 2. Fortschreibung vom 5. 2. 2014

Folgender Personenkreis hat an der 2. Fortschreibung mitgewirkt:

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Kerstin Lesny  
(Leiterin der Arbeitsgruppe)

Dr. Roland Atzler  
Dr. Rolf Balthes  
Dr. Alexander Bartholomä  
Prof.-Ing. Horst Bellmer  
Dr.-Ing. Magnus Geduhn  
Dipl.-Ing. Jana Gehrmann-Vorbau  
Dr. Albert Geiger

Prof. Dr.-Ing. Harry Harder  
Dr.-Ing. Michael Hauschild  
Dr.-Ing. Yifeng Hu  
Dipl.-Ing. Oliver Jost  
Dipl.-Ing. Mussie Kidane  
Dr.-Ing. Fabian Kirsch  
Dipl.-Ing. Sascha Lindemann  
Dipl.-Ing. Markwart Ulrich  
Dr. Klaus Michels  
Dr. Rolf Muckelmann

Dr. Gregor Overbeck  
Dr. Lutz Reinhardt  
Dipl.-Geol. Rainer Riecke  
DirProf Dr.-Ing. Werner Rücker  
Prof. Dr.-Ing. Stavros Savidis  
Dr. Klaus Schwarzer  
Prof. Dr. Volker Spiess  
Dr. Wolfgang Thießen  
Dipl.-Ing. Michael Wagner  
Dr.-Ing. Stefan Weihrauch

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)  
Hamburg und Rostock 2014  
[www.bsh.de](http://www.bsh.de)

BSH-Nr. 7004

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlagfotos mit freundlicher Genehmigung von:  
BARD, Fugro, GEO und E.ON Climate & Renewables

## Inhalt

<b>Teil A – Einführung</b> .....	5
<b>1 Vorbemerkung</b> .....	5
<b>2 Allgemeines</b> .....	6
<b>3 Regelungsgegenstand</b> .....	10
<b>4 Der Sachverständige für Geotechnik</b> .....	10
<b>5 Prüfung der Unterlagen</b> .....	12
<b>6 Abweichungen vom Standard</b> .....	12
<b>7 Fortschreibung</b> .....	12
<b>Teil B – Mindestanforderungen an die geologische Erkundung mit geophysikalischen Verfahren</b> .....	13
<b>1 Allgemeines</b> .....	13
<b>2 Qualitätssicherung</b> .....	13
<b>3 Zeitlicher Ablauf</b> .....	14
<b>4 Zielsetzung</b> .....	15
4.1 Geologische Erkundung .....	15
4.2 Überwachung .....	15
<b>5 Technische Anleitung</b> .....	15
<b>6 Offshore-Stationen</b> .....	18
<b>7 Geologischer Bericht</b> .....	18
7.1 Zweck .....	18
7.2 Inhalt .....	19
7.3 Vorgaben .....	19
<b>Teil C – Mindestanforderungen an die geotechnischen Untersuchungen als Planungs- und Entwurfsgrundlage für Offshore-Bauwerke</b> .....	20
<b>1 Vorschriften und Regelwerke</b> .....	20
1.1 Allgemeines .....	20
1.2 Normen .....	20
1.3 Übergangs-, Abweichungs- und Ergänzungsregeln .....	21
<b>2 Anforderungen an die Felduntersuchungen</b> .....	21
2.1 Planung der Felduntersuchungen .....	21
2.2 Aufschlussverfahren .....	21
2.2.1 Direkte Aufschlüsse (Bohrungen) .....	21
2.2.2 Indirekte Aufschlüsse (Sondierungen und in situ Messungen) .....	22
2.2.3 Probenentnahme (Locker- und Festgestein) .....	22
<b>2.3 Erkundungsschritte</b> .....	23
2.3.1 Geotechnische Vorerkundung .....	23
2.3.2 Geotechnische Haupterkundung .....	24
2.3.3 Besondere Regelungen für Offshore-Stationen .....	24
2.3.4 Ergänzende Untersuchungen .....	25

<b>3</b>	<b>Anforderungen an Laboruntersuchungen</b> .....	25
3.1	Grundlegende Laborversuche .....	25
3.2	Versuche zur Beurteilung des Bodenverhaltens unter zyklischer Belastung .....	26
<b>4</b>	<b>Geotechnische Dokumente</b> .....	27
4.1	Vorbemerkungen .....	27
<b>4.2</b>	<b>Baugrunduntersuchungsberichte</b> .....	28
4.2.1	Inhalt der Baugrunduntersuchungsberichte .....	28
4.2.2	Wiedergabe der Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen .....	29
4.2.3	Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse (Baugrundbeschreibung) .....	30
4.2.4	Generelle Baugrundbeurteilung .....	30
<b>4.3</b>	<b>Baugrund- und Gründungsgutachten</b> .....	30
4.3.1	Inhalte von Baugrund- und Gründungsgutachten .....	30
4.3.2	Aussagen von Baugrund- und Gründungsgutachten .....	31
<b>4.4</b>	<b>Ergänzungsbericht zur Zyklik</b> .....	32
4.4.1	Allgemeines .....	32
4.4.2	Ergänzungsbericht Zyklik .....	32
<b>5</b>	<b>Baubegleitende Untersuchungen (Ausführungsphase)</b> .....	32
<b>6</b>	<b>Betriebsbegleitende Untersuchungen (Betriebsphase)</b> .....	32
 <b>Teil D – Mindestanforderungen an die Erkundung von Trassen für die parkinterne Verkabelung und stromabführende Kabel</b> .....		 33
<b>Anhang 1: Literatur</b> .....		36
<b>Anhang 2: Normen, Richtlinien und Regelwerke</b> .....		37
<b>Anhang 3: Abkürzungsverzeichnis</b> .....		39

## Teil A – Einführung

### 1 Vorbemerkung

Im Rahmen der Zulassungsverfahren zur Errichtung von Offshore-Bauwerken, wie z. B. Windenergieanlagen (WEA) oder Konverter- und Umspannstationen, in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) haben die Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber den Nachweis der baulichen Anlagensicherheit im Sinne der Anwendung und Einhaltung der allgemeinen Regeln der Technik zu führen (vgl. § 5 Absatz 2 SeeAnIV). Für die Durchführung von Baugrunderkundungen als bautechnische Vorbereitung der Gründungsarbeiten für Offshore-Bauwerke ist unter Moderation und Federführung des BSH der vorliegende Standard in einer 2. Fortschreibung überarbeitet worden. Als technischer Standard wird er im *Standard Konstruktion – Mindestanforderungen an die konstruktive Ausführung von Offshore-Bauwerken in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ)* verankert, in den Genehmigungen bzw. Planfeststellungsbeschlüssen/Plangenehmigungen nach SeeAnIV vorgeschrieben. Die Vereinheitlichung dient der Rechts- und Investitionssicherheit und ist für eine der Gleichbehandlung verpflichteten Baugenehmigungsbehörde eine wichtige Grundlage bei der Entscheidung über den Antrag auf Errichtung von Offshore-Bauwerken.

Mit dem vorliegenden *Standard Baugrunderkundung* gibt die Zulassungsbehörde die gegenwärtigen technischen Mindestanforderungen heraus, die konkrete Vorgaben für die geologische und geotechnische Baugrunderkundung aller parkinternen und -externen Bauwerke von Offshore-Windparks im Sinne des *Standards Konstruktion*, d. h. Offshore-WEA, Offshore-Konverterstationen, Offshore-Umspannstationen, Stromkabel usw., enthalten. Dieser Standard beruht in seiner 2. Fortschreibung auf der Grundlage einer fundierten Überarbeitung unter Mitwirkung einer Expertengruppe aus Ingenieuren und Geowissenschaftlern aus Wirtschaft, Forschung und öffentlicher Verwaltung. Er trägt den bisherigen Erfahrungen zur Errichtung von Offshore-Bauwerken und den Ergebnissen der aktuellen Forschung wie auch den bisherigen Erfahrungen mit seiner 1. und 2. Fassung in der Praxis Rechnung. Ferner wurde er inhaltlich und formal mit dem Standard Konstruktion in seiner aktualisierten Fassung harmonisiert.

Dieser Standard ist das Ergebnis einer überaus engagierten und in hohem Maße sachverständig geführten Diskussion. Soweit einige Auffassungen und Vorstellungen, die im Rahmen des Entscheidungsfindungsprozesses zur Diskussion gestellt wurden, keine Berücksichtigung gefunden haben, spricht dies nicht gegen die einzelne sachverständige Auffassung. Vielmehr hat sich die in dieser Weise beratene Zulassungsbehörde für eine von mehreren möglichen Lösungen entschieden oder Alternativen zugelassen, die für das Verfahren als angemessen angesehen werden.

## 2 Allgemeines

Die Errichtung von Bauwerken zur Nutzung der Offshore-Windenergie in der AWZ gehört zu den Baumaßnahmen mit einem hohen geotechnischen Schwierigkeitsgrad. Neben Aspekten der Konstruktion und Belastung spielen die Baugrundverhältnisse eine entscheidende Rolle. Entgegen landläufiger Meinung stellt der Meeresboden in der AWZ von Nord- und Ostsee keinen homogenen Sedimentkörper dar, sondern kann sowohl regional als auch lokal sehr heterogen aufgebaut sein. Im Gegensatz zur eigentlichen Konstruktion aus Stahl oder Beton können die Materialeigenschaften des Baugrundes nicht an das Bauwerk angepasst werden. Aus diesem Grund ist eine genaue Kenntnis der geologischen Verhältnisse und geotechnischen Eigenschaften des Untergrunds an den konkreten Standorten aller Komponenten eines Offshore-Windparks zwingend erforderlich, um eine erfolgreiche Realisierung der Bauwerke eines Offshore-Windparks sicherzustellen.

Der geologische Aufbau des Meeresbodens als Modell ist Grundlage für die anschließende Standorterkundung, Planung und Bauausführung. Anhand der Ergebnisse einer geologischen Vorerkundung können Bereiche abgegrenzt, der geotechnische Erkundungsaufwand geplant und u. U. Alternativstandorte für Offshore-Bauwerke in Seegebieten mit örtlich ungünstigem Baugrund identifiziert werden.

Der Entwurf der Gründungskonstruktionen erfordert ausreichend detaillierte Kenntnisse des Baugrunds, seiner geotechnischen Eigenschaften und Parameter am Standort jedes Bauwerkes. Dazu sind stets Baugrunduntersuchungen in einem Umfang durchzuführen, mit dem alle planungsrelevanten Eigenschaften des jeweils anstehenden Baugrunds rechtzeitig vor der Errichtung des Bauwerkes bestimmt werden. Eine geotechnische Standorterkundung und -beurteilung durch qualifizierte Sachverständige ist deshalb zwingend geboten.

Der vorliegende Standard enthält ein nach Art und Umfang abgestuftes Baugrunderkundungs- und -untersuchungsprogramm für die Planung und Errichtung von Offshore-Bauwerken, das auf die Anforderungen der einzelnen Phasen im Sinne des *Standards Konstruktion* abgestimmt ist und einen Mindestumfang definiert.

Der Begriff *Baugrunderkundung* umfasst die Felduntersuchungen. Der Oberbegriff *Baugrunderkundung und -untersuchung* schließt die Laboruntersuchungen sowie ihre sachverständige Aus- und Bewertung ein.

Aus geotechnischer Sicht können die in Tabelle 1 aufgeführten Schritte der Bearbeitung einschließlich ihrer fachlichen Ausarbeitung und Dokumentation nach ihrer zeitlichen Abfolge unterschieden werden:

**Tabelle 1:** Schritte der geologischen und geotechnischen Baugrunderkundung und -untersuchung sowie des Berichtswesens. Die Stufen 1 bis 4 sind der Entwicklungsphase, die Stufe 5 der Konstruktionsphase im Sinne des *Standards Konstruktion* zuzuordnen (siehe dazu Tabelle 2).

Phase	Stufe	Geologische Erkundung	Geotechnische Erkundung	Bericht <sup>1</sup>
Entwicklung	1	Desk Study		Geologischer Vorbericht (Inhalt in Anlehnung an Geologischen Bericht)
	2	Geophysikalische Untersuchungen		
	3		Geotechnische Vorerkundung	Baugrundvoruntersuchungsbericht, Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase)
	4	Geophysikalische Nachinterpretation unter Einbeziehung der Ergebnisse der geotechnischen Vorerkundung		Geologischer Bericht (Ergebnisse zu 1 bis 4)
Konstruktion	5		Geotechnische Haupterkundung	Baugrundhauptuntersuchungsbericht, Baugrund- und Gründungsgutachten (Konstruktionsphase)

Das Baugrund- und Gründungsgutachten in der Entwicklungsphase beinhaltet im Wesentlichen eine anhand der bis dahin erzielten Untersuchungsergebnisse erstellte Bewertung der Gründung, die sich auf die vorgesehene Methode bzw. entworfenen Varianten bezieht.

Baugrundvoruntersuchungsbericht, Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase) und Geologischer Bericht sind Grundlage für die Entwurfsgrundlagen (Design Basis) und den Vorentwurf. Sie sind entsprechend den Vorgaben im *Standard Konstruktion* in geprüfter Form dem BSH für die 1. Freigabe vorzulegen.

Die Ergebnisse des Geologischen Berichts sind in den Baugrundhauptuntersuchungsbericht zu integrieren. Dieser gehört zusammen mit dem Baugrund- und Gründungsgutachten (Konstruktionsphase) zu den Grundlagen des Grundlegenden Entwurfs (Basic Design). Diese Unterlagen sind dem BSH entsprechend den Vorgaben im *Standard Konstruktion* in geprüfter Form für die 2. Freigabe vorzulegen.

Abweichende Regelungen für Offshore-Stationen enthält Teil C, Abschnitt 2.3.3.

Die weiteren Arbeiten werden in folgenden Berichten und Unterlagen dokumentiert:

Bauausführung der Gründungsarbeiten	→	Protokolle und Auswertungen
Überwachung der Gründungsarbeiten	→	Ergebnisberichte und Bewertungen
Überwachung des Anlagenbetriebs	→	Ergebnisberichte und Bewertungen

Die Einbindung der zweckmäßigen Arbeitsschritte der Baugrunduntersuchung und -begutachtung in die Phasen entsprechend des zeitlichen Ablaufs gemäß *Standard Konstruktion* wird in Tabelle 2 dargestellt.

<sup>1</sup> Zum Inhalt des Geologischen Berichts siehe Teil B, Abschnitt 7; zu den Inhalten von Baugrunduntersuchungsbericht und Baugrund- und Gründungsgutachten siehe Teil C, Abschnitt 4.



**Tabelle 2:** Zielsetzung und Art der Baugrunderkundung und -untersuchung. Der zeitliche Ablauf entspricht den Projektphasen für die Realisierung eines Offshore-Windpark-Projekts gemäß *Standard Konstruktion*.

Phase	Maßnahme	Zweck und Ziel der Erkundung	Art der Erkundung	Arbeitsschritte/Unterlagen
<b>Entwicklung</b>	Detailklärung für den Standort; Planung mit Vorentwurf der Anlagenstruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorerkundung des Gebiets;</li> <li>– Standortwahl und Vorplanung der Bauwerke;</li> <li>– Die Vorerkundung dient der Entscheidung darüber, ob die geplanten Offshore-Bauwerke im Hinblick auf die Baugrundverhältnisse errichtet werden können und ggf. welche generellen Anforderungen für die Gründungskonzepte, die Konstruktion und die Bauausführung wesentlich und welche Maßnahmen der Standorterkundung notwendig sind.</li> <li>– Grundlage für Ausschreibung der Gründungsplanung und -herstellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sichtung, Aus- und Bewertung vorhandener Unterlagen;</li> <li>– Geologische Erkundung im gesamten Bereich des Baufeldes;</li> <li>– Geotechnische Vorerkundung, d. h. repräsentative Erkundung durch indirekte und direkte Aufschlüsse (grobtes Raster über das Baufeld) und repräsentative Feststellung der maßgebenden Baugrundkennwerte und -eigenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswertung vorhandener Unterlagen;</li> <li>– Geologische Erkundung;</li> <li>– Geotechnische Vorerkundung (Bohrungen u/o Sondierungen, Labor- u/o Feldversuche);</li> </ul> <p><b>Im Zusammenhang mit den Entwurfsgrundlagen (Design Basis) und dem Vorentwurf einzureichende Unterlagen:</b></p> <p>Von einem Prübeauftragten geprüfter</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Geologischer Bericht,</li> <li>– Baugrundvoruntersuchungsbericht,</li> <li>– Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase)</li> </ul>
<b>Konstruktion</b>	Grundlegende Entwurfsplanung (Basic Design)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der Umfang der Baugrunderkundung und -untersuchung und die Auswahl der Untersuchungsmethoden wird durch Art, Größe und Bedeutung der WEA-/UW-Konstruktion, die Gleichförmigkeit des Baugrundaufbaus, der Morphologie des Meeresbodens und der anstehenden Bodenarten bestimmt.</li> <li>– Die untersuchte Fläche muss möglichen Planabweichungen der Bauwerkspositionen Rechnung tragen</li> <li>– Baugrundaufbau und charakteristische Bodenkennwerte müssen für jeden Bauwerksstandort individuell angegeben werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sichtung und Bewertung vorhandener Unterlagen;</li> <li>– Direkte Aufschlüsse durch Bohrungen an den Standorten der Anlagen;</li> <li>– Indirekte Aufschlüsse durch Sondierungen an den Standorten der Anlagen;</li> <li>– Laboruntersuchungen an Bodenproben der Standorte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geotechnische Haufterkundung (Bohrungen u/o Sondierungen, Labor- u/o Feldversuche)</li> </ul> <p><b>Im Zusammenhang mit dem Grundlegenden Entwurf (Basic Design) einzureichende Unterlagen:</b></p> <p>Von einem Zertifizierer/Prüfsachverständigen geprüfte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Baugrundhauptuntersuchungsbericht,</li> <li>– Baugrund- und Gründungsgutachten, (Konstruktionsphase)</li> <li>– Ergänzungsbericht zur Zyklik;</li> <li>– geotechnische Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise</li> </ul>

	Ausführungsplanung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsentwurf des Bauwerks;</li> <li>– Die erforderlichen Untersuchungen hängen von der Gründungsart ab. Sie müssen durch Art und Umfang geeignet sein, alle Abmessungen der Gründung festzulegen und alle Nachweise der Standortsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit zu führen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ergänzende direkte Aufschlüsse an den Standorten der Gründungselemente;</li> <li>– Ergänzende indirekte Aufschlüsse an den Standorten der Gründungselemente;</li> <li>– Laboruntersuchungen an Bodenproben der Standorte;</li> <li>– u. U. Feldversuche wie Proberammungen und Pfahlprobelastungen</li> </ul>	<p>Ergänzende Erkundung und Untersuchung</p> <p><b>Im Zusammenhang mit den Ausführungsunterlagen einzureichende Unterlagen:</b></p> <p>Von einem Prüfbeauftragten im Sinne des Standards Konstruktion geprüfte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ergänzungsgutachten</li> </ul>
<b>Ausführung</b>	Errichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Herstellung der Gründungselemente;</li> <li>– Überprüfung der Baugrundverhältnisse hinsichtlich Übereinstimmung mit Entwurf; Überwachung der Herstellung des Gründungskörpers; Überwachung der Entwicklung von Porenwasserüberdruck im lastabtragenden Bereich der Gründung; Überwachung von Setzungen und Schiefstellungen des Gründungskörpers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rammprotokoll bzw. Rammbericht, Herstellbericht bei Ortbetonpfählen;</li> <li>– Evtl. Verformungsmessungen soweit angebracht;</li> <li>– Evtl. Porenwasserüberdruckmessungen soweit angebracht</li> </ul>	<p>Baubegleitende Untersuchungen</p> <p><b>Im Zusammenhang mit den Inspektionsberichten einzureichende Unterlagen:</b></p> <p>Von einem Prüfbeauftragten im Sinne des Standards Konstruktion geprüfte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ergebnisberichte und Bewertungen</li> </ul>
<b>Betrieb</b>	Betrieb, Unterhaltung und Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kontrolle des Bauwerksverhaltens unter Gebrauchslasten;</li> <li>– Es soll die Möglichkeit geschaffen werden, bei vom Entwurf abweichendem Verhalten rechtzeitig Gegenmaßnahmen treffen zu können.</li> <li>– Überwachung der Sedimentdynamik im Bereich der windparkinternen und externen Kabeltrassen;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verformungsmessungen an ausgewählten Anlagen innerhalb des Offshore-Windparks;</li> <li>– Überwachung der Kolkbildung in regelmäßigen Zeitabständen an jeder Gründung</li> </ul>	<p>Betriebsbegleitende Untersuchungen (Geotechnische Überwachung)</p> <p><b>Im Zusammenhang mit den Inspektionsberichten einzureichende Unterlagen:</b></p> <p>Von einem Prüfbeauftragten geprüfte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ergebnisberichte und Bewertungen</li> </ul>

### 3 Regelungsgegenstand

Dieser Standard beschreibt die Mindestanforderungen des BSH als Zulassungsbehörde an die Baugrunderkundung und -untersuchung, also der Feld- und Laboruntersuchungen einschließlich ihrer geotechnischen Beurteilung, als Teil der Entwurfsgrundlagen (Design Basis) für die baulichen Komponenten eines Offshore-Windparks sowie die bau- und betriebsbegleitende Überwachung. Insofern bezieht sich der vorliegende Standard auf den *Standard Konstruktion*, der sich im Rahmen des Eurocode (EC) nach dem Regelwerk des DIN richtet. Bezogen auf den Baugrund ist der EC 7 (DIN EN 1997-1 und DIN EN 1997-2) mit seinen nationalen Anhängen und ergänzenden Regelungen (insbesondere DIN 1054 und DIN 4020 mit ihren normativen Verweisen) maßgebend. Technische Regelwerke, Normen, Richtlinien u. a., auf die dieser Standard verweist, sind in ihrer jeweils aktuellen Fassung gültig.

Die Baugrunderkundung und -untersuchung ist auf das geplante Gründungskonzept abzustimmen, wobei die Schwierigkeiten der Gründungskonstruktion einerseits und der Baugrund- und sonstigen Randbedingungen andererseits angemessen zu berücksichtigen sind. Sie ist stets in einem solchen Umfang durchzuführen, dass alle planungsrelevanten Eigenschaften des jeweils anstehenden Baugrunds rechtzeitig vor der Errichtung der Bauwerke bestimmt werden.

Es werden die folgenden Methoden der Baugrunderkundung und -untersuchung unterschieden:

- geophysikalische und
- geotechnische Untersuchungsmethoden.

Geophysikalische Methoden sind indirekte Methoden (Sonare, Seismik, Echolote, etc.). Geotechnische Methoden umfassen Feld- und Laboruntersuchungen. Zu den Felduntersuchungen gehören direkte Aufschlüsse, vornehmlich zur Gewinnung von Bodenproben (Bohrungen) und indirekte Aufschlüsse (Sondierungen) sowie Feldversuche wie Flügelsondierungen, Seitendrucksondierungen im Bohrloch.

Es kann zielführend sein, planungsbegleitend weitere Untersuchungen, wie z. B. Proberammungen oder Pfahlprobepbelastungen durchzuführen. Die Durchführung von baubegleitenden Pfahlprobepbelastungen als Bestandteil des Nachweises der Pfahltragfähigkeit (Ausführungsphase) ist im Standard Konstruktion geregelt.

Bodenkennwerte werden im Rahmen von Laborversuchen, in Ausnahmen aus Feldversuchen, ermittelt oder aus Felduntersuchungen abgeleitet. Art und Umfang der Erkundungen und Untersuchungen für die einzelnen Projektphasen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Das in diesem Standard dargestellte Konzept definiert den Mindestumfang der Baugrunderkundung und -untersuchung für den Regelfall. Dieser ist in Teil B und Teil C spezifiziert.

### 4 Der Sachverständige für Geotechnik

Die Regelungen für den Sachverständigen für Geotechnik in DIN EN 1997 mit den ergänzenden Regelungen in DIN 1054 und DIN 4020 werden für Offshore-Bauwerke in der folgenden Form präzisiert:

Für die Planung und Durchführung der Baugrunderkundung, -untersuchung und -beurteilung ist auf Seiten des Antragstellers bzw. Genehmigungsinhabers bereits in der Entwicklungsphase (gemäß Teil A, Tabelle 2)

- ein hinreichend qualifizierter unabhängiger Sachverständiger für Geotechnik
- mit belegbaren Erfahrungen mit entsprechend schwierigen Baumaßnahmen einzuschalten. Mit dieser Maßnahme soll sichergestellt werden, dass der Baugrund als nicht genormter Teil der Tragkonstruktion hinsichtlich Art und Umfang nach den Regeln der Technik erfasst wird und in der Planung und Realisierung Berücksichtigung findet.

Der Sachverständige für Geotechnik ist im Auftrag des Antragstellers bzw. Genehmigungsinhaber zuständig für die Baugrunderkundung, -untersuchung und -beurteilung, die Teil der Planungsgrundlage für die Objekte des Bauvorhabens sind. Seine Aufgaben ergeben sich im Einzelnen aus DIN 4020.

Der Sachverständige für Geotechnik erarbeitet dementsprechend für den Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber die geotechnischen Planungsgrundlagen für das Bauvorhaben. Er

- plant die Baugrundvorerkundung und die Baugrundhaupterkundung,
- begleitet die Durchführung der Baugrundvorerkundung und der Baugrundhaupterkundung,
- erarbeitet die Baugrunduntersuchungsberichte entsprechend Teil C, Abschnitt 4.2,
- erarbeitet die Baugrund- und Gründungsgutachten entsprechend Teil C, Abschnitt 4.3,
- stellt unter Einbeziehung des für die geologische Erkundung verantwortlichen Geowissenschaftlers sicher, dass die Ergebnisse aus den geologischen und geotechnischen Baugrunduntersuchungen im Sinne der Tabelle 1, Teil A und der Anforderungen an die Qualitätssicherung der geologischen Erkundung (Teil B, Abschnitte 2, 3 und 7.2) zusammengeführt und bewertet werden,
- spricht im Rahmen der Baugrund- und Gründungsgutachten zur Vor- und Haupterkundung Empfehlungen aus, wie das Baugrundverhalten unter zyklischer Lasteinwirkung für den Gründungsvorschlag im Zuge der Planung berücksichtigt werden soll.

Zur Abgrenzung der Aufgaben des *Sachverständigen für Geotechnik von den Aufgaben des Fachplaners für Geotechnik* siehe Teil C, Abschnitt 4.1.

Der Sachverständige für Geotechnik ist vom Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber direkt zu beauftragen und muss von den Unternehmen, die die Baugrunderkundungsarbeiten durchführen, unabhängig sein; der Sachverständige für Geotechnik hat seine Tätigkeit unbeeinflusst durch und unabhängig von Weisungen des Antragstellers bzw. Genehmigungsinhabers eigenverantwortlich auszuüben.

Die Überwachung der Baugrunderkundung durch den Sachverständigen für Geotechnik bzw. eines geeigneten Vertreters ist dem BSH nachzuweisen.

Über die Aufgaben der eigentlichen Baugrunderkundung und -untersuchung hinaus berät der Sachverständige für Geotechnik den Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber in Bezug auf dessen geotechnische Fachplanung und Bauausführung, u. a. im Hinblick auf die Formulierung geeigneter Baugrundmodelle zur Berücksichtigung der Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund, auf die zweckmäßige Berücksichtigung besonderer Baugrundeigenschaften, auf baubegleitende geotechnische Untersuchungen und auf wiederkehrende Prüfungen, außerdem bei Anwendung der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 im Hinblick auf das geotechnisch erforderliche Beobachtungsprogramm, seine Auswertung und die erforderliche Vorbereitung von Maßnahmen.

Der Sachverständige für Geotechnik

- beurteilt diejenigen Erkenntnisse zum Baugrund, die von anderer Seite in das Projekt eingeführt werden, im Hinblick auf das jeweilige Baugrundmodell und
- überprüft und beurteilt die zutreffende Verwendung seiner Angaben im Baugrund- und Gründungsgutachten in der geotechnischen Fachplanung des Planverfassers.

Im Zusammenhang mit der Beurteilung des Baugrundverhaltens unter der für Offshore-Bauwerke typischen zyklischen Belastung ist eine enge inhaltliche Abstimmung mit den Entwurfsverfassern der 1. und 2. Freigabe gemäß *Standard Konstruktion* notwendig.

Für besondere geotechnische Fragestellungen kann der Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber in Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik weitere unabhängige Sachverständige hinzuziehen.

## 5 Prüfung der Unterlagen

Im Sinne des *Standards Konstruktion* sind die in diesem Standard in Teil A, Abschnitt 2 aufgeführten Berichte und Gutachten Gegenstand einer projektbegleitenden Zertifizierung/Prüfung und im Anschluss dem BSH zu den in Tabelle 2 dargestellten Zeitpunkten vorzulegen. Das Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase) ist fester Bestandteil der Entwurfsgrundlagen (Design Basis).

## 6 Abweichungen vom Standard

Der Sachverständige für Geotechnik kann für den Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber bei der Zulassungsbehörde während der laufenden Projektphase einen begründeten Vorschlag auf Zustimmung zu Abweichungen von den Festlegungen dieses Standards einreichen, wenn es sich im Projektverlauf zeigt, dass standortbedingt oder aus anderen Gründen Teile des Erkundungsprogramms unzureichend, entbehrlich oder aus nachvollziehbaren Gründen nicht in der vorgeschlagenen Weise oder nur unter Einsatz unverhältnismäßiger Mittel durchführbar sind. Ein entsprechender Entwurf kann im Rahmen der regelmäßig stattfindenden Baubesprechungen mit dem BSH unter Beteiligung des Sachverständigen für Geotechnik sowie des Prüfbeauftragten im Sinne des *Standards Konstruktion* vorgestellt werden. Die Zulassungsbehörde behält sich vor, das in diesem Antrag dargestellte Erkundungsprogramm allgemein oder im Einzelfall zuzulassen oder ggf. anzupassen.

Weitere Ausführungen zu Übergangs-, Abweichungs- und Ergänzungsregeln enthält Teil C, Abschnitt 1.3.

## 7 Fortschreibung

Der vorliegende Standard stellt den gegenwärtigen Stand des Wissens und der Technik der Baugrunderkundung und -untersuchung für Offshore-Bauwerke dar. Er versteht sich als dynamisches Werk. Neue Erfahrungen und Erkenntnisse, die bei der Umsetzung weiterer Bauvorhaben erwartet werden können, werden beobachtet und bei entsprechendem Bedarf in das Werk eingearbeitet.

## Teil B – Mindestanforderungen an die geologische Erkundung mit geophysikalischen Verfahren

### 1 Allgemeines

Die geologische Erkundung ist eine der Voraussetzungen für die Identifizierung von Bodenarten (Sedimenttypen), Beschreibung ihrer Eigenschaften und Bewertung ihrer Eignung für Baumaßnahmen. Sie bedient sich moderner, leistungsfähiger geophysikalischer Verfahren, deren Ergebnisse anhand von direkten Verfahren (Bohrungen) verifiziert werden müssen. Aufgrund der mangelnden Zugänglichkeit des Meeresbodens stellen geophysikalische Verfahren eine sehr effiziente Methode dar, um in kurzer Zeit einen Gesamtüberblick über die Untergrundverhältnisse ausgewählter Gebiete zu erlangen und damit die Sedimentverteilung und tektonischen Elemente in einer Weise zu erfassen, die es z. B. erlaubt, Bereiche mit heterogenen bzw. problematischen Baugrundverhältnissen zu identifizieren.

Die geologische Erkundung ist Grundlage für die geotechnische Vor- und Haupterkundung (siehe Teil C, Abschnitt 2).

Die geologischen Untersuchungen gliedern sich in zwei Schritte:

- Die geologische **Erkundung** soll die generelle Eignung eines Gebietes nachweisen und anhand einer hinreichenden Anzahl von Übersichtsprofilen eine detaillierte geologische Interpretation innerhalb eines geplanten Offshore-Baufeldes erlauben. Dabei sollen auch die lokalen Verhältnisse an allen Standorten für die Komponenten eines Offshore-Bauvorhabens erfasst werden, die eine Identifizierung örtlich ungünstiger Baugrundverhältnisse sicherstellt und erforderlichenfalls eine Verlegung bzw. Optimierung einzelner Standorte unterstützt.

Für die geologische Erkundung von Offshore-Stationen sind abweichende Regelungen in Teil B Abschnitt 6 dargelegt.

- Bei der **Überwachung** sind nach Errichtung der Bauwerke die einzelnen Standorte im Hinblick auf die mögliche Kolkbildung sowie auf die Einhaltung der Mindestbedeckung von Stromkabeln zu überwachen. Hier ist der Einsatz geophysikalischer Verfahren wie z. B. leistungsfähiger, dem Stand der Technik entsprechender Sonare vorzusehen, um den lokalen Einfluss der Bauwerke auf den Meeresboden in ausreichender Form zu erfassen. Die Ergebnisse sind in einem Überwachungsbericht der Zulassungsbehörde in den vorgeschriebenen zeitlichen Intervallen (siehe Tabelle 3 und 4) vorzulegen.

### 2 Qualitätssicherung

- Die Bearbeiter haben eine ausreichend hohe Qualifikation und belegbare Erfahrungen nachzuweisen. Ihre Namen sind im Geologischen Bericht aufzuführen.
- Die Daten und deren Auswertung müssen richtig und überprüfbar sein.
- Es sind Messprotokolle zu führen; darin sind u. a. die äußeren Bedingungen während der Aufnahmen (z. B. Wind- und Seegangsverhältnisse, Schichtung des Wasserkörpers, Algenblüte), Schiff, Messgeräte, Messkonfiguration und verantwortlicher Bearbeiter festzuhalten.
- Die Positions- und Tiefengenauigkeit hat sich nach den Vorgaben der IHO (2008) für Order 1a und 1b Surveys zu richten. Detailanforderungen sind den Tabellen 3 und 4 zu entnehmen.



- Die Messbedingungen müssen den geforderten Qualitätsstandard uneingeschränkt sicherstellen. Nach bisherigen Erfahrungen ist bei einem Seegang (sea state)  $\geq 5$  keine ausreichende Datenqualität mehr gewährleistet.
- Es wird für die geophysikalischen Untersuchungsmethoden oberflächennah eine Mindestauflösung von 1 m gefordert.
- Der Aufbau des Meeresbodens im Planungsgebiet soll bis zur Gründungstiefe mit geeigneten geophysikalischen Messverfahren ausreichend erfasst werden. In Bereichen mit Gas- oder Beckeneffekt, wo seismische Verfahren (teilweise) versagen, sind anhand der geotechnischen Aufschlussverfahren (Bohrungen und Drucksondierungen) die Baugrundverhältnisse ausreichend zu erfassen.
- Die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen bzw. ihre Interpretation müssen anhand einer ausreichenden Anzahl von Bohrungen und Drucksondierungen, die im Zuge der geotechnischen Vorerkundung gewonnen werden, überprüft werden. Die seismischen Einheiten sind mit den lithologischen Bodenprofilen zusammenzuführen.
- Eine erste Auswertung ist als Geologischer Vorbericht (Stufe 1 – siehe Teil A, Tabelle 1) vorzulegen. Für den Geologischen Bericht (Stufe 4 – siehe Teil A, Tabelle 1) ist die Interpretation der geophysikalischen Untersuchungen anhand der Ergebnisse der geotechnischen Vorerkundung zu überarbeiten und bewerten (Stufe 3 – siehe Teil A, Tabelle 1).
- Die Rohdaten sollen in digitaler Form gespeichert werden.
- Das Kartenmaterial (Lage der Profile und Bohrungen, Profilschnitte, etc.) ist digital im GIS- oder CAD-Format, vorzugsweise im Shape-Format abzugeben.
- Die langfristige Datenarchivierung einschließlich einer nachvollziehbaren Dokumentation der Daten obliegt dem Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber.

### 3 Zeitlicher Ablauf

1. Als Grundlage für die Planung der Baugrunderkundungen ist gemäß DIN 4020 eine detaillierte Literaturrecherche zu erstellen, die alle verfügbaren und relevanten Informationen über Wassertiefen, geologische und hydrographische Verhältnisse, bereits vorhandene Kabel und Pipelines, sonstige Bauwerke, Fischereiaktivitäten, Schifffahrt, Freizeitaktivitäten, Kampfmittel, Schutz- und Sperrgebiete im Gebiet der geplanten Offshore-Bauwerke und in ihrer Umgebung enthält (Desk Study gemäß Teil A, Tabelle 2).
2. Bathymetrische und geophysikalische Untersuchungen (Fächerecholotvermessung, Seitensichtsonar- und seismische Aufnahmen sowie magnetometrische Untersuchungen) sind im Planungsgebiet unter Berücksichtigung der geplanten Standorte durchzuführen.
3. Die erste Interpretation der geophysikalischen Untersuchungsergebnisse ist in einem Geologischen Vorbericht (Stufe 2 – siehe Teil A, Tabelle 1) darzulegen. Der Geologische Vorbericht kann sich inhaltlich an dem Geologischen Bericht, siehe Teil B, Abschnitt 7, orientieren.
4. Anhand von direkten und indirekten Erkundungsverfahren, wie z. B. Bohrungen und Drucksondierungen aus der geotechnischen Vorerkundung, deren Lage zweckmäßig mit der geologischen Erkundung abgestimmt ist, ist im Anschluss eine Kalibrierung der seismischen Ergebnisse durchzuführen. Die Interpretation der seismischen Ergebnisse ist dabei zwingend anhand der Ergebnisse aus der geotechnischen Vorerkundung zu überprüfen und erforderlichenfalls bei substanzieller Abweichung zu überarbeiten.
5. Der Geologische Bericht ist der Zulassungsbehörde nach Abschluss aller Untersuchungen mit den geprüften Unterlagen zur 1. Freigabe vorzulegen.

6. Die Ergebnisse aus evtl. ergänzenden geophysikalischen Untersuchungen, die sich als Folge der Kalibrierung der seismischen Untersuchungsergebnisse ergeben, sind in den Baugrundhauptuntersuchungsbericht (Stufe 5 – siehe Teil A, Tabelle 1) zu integrieren.
7. Die Ergebnisse der geologischen Untersuchungen der Überwachungsphase sind als Überwachungsbericht vorzulegen.

## 4 Zielsetzung

### 4.1 Geologische Erkundung

Die geologische Erkundung dient der Aufnahme des Planungsgebietes hinsichtlich der lithologischen und tektonischen Strukturen und allgemeinen Lagerungsverhältnisse sowie der Bewertung des Baugrunds aus geologischer Sicht. Die geophysikalischen Profile müssen das Planungsgebiet mit einem regelmäßigen Raster überdecken. Hiervon kann abgewichen werden, wenn besondere Umstände dies nahelegen (z. B. Verfolgung einer Rinnenstruktur im Untergrund). Es sind neben geologischen Einheiten auch aufgefundene Hindernisse wie Wracks, Seekabel, Metallteile und andere gefährdende Gegenstände wie Kampfmittel, die nicht in den Seekarten eingetragen sind, zu dokumentieren.

Sofern sich im Verlauf der Entwicklungs- und Konstruktionsphase Abweichungen von den Erkenntnissen aus der geologischen Erkundung und geotechnischen Vorerkundung ergeben, die ein Versetzen der Bauwerke nötig machen, sind bei Bedarf die neuen Standorte anhand zusätzlicher geophysikalischer Aufnahmen und geotechnischer Aufschlüsse hinsichtlich ihrer Eignung zu überprüfen.

### 4.2 Überwachung

Nach ihrer Errichtung ist der Meeresboden im Bereich der Bauwerke auf die Bildung von Kolken und die Kabeltrassen auf die Einhaltung der Mindestbedeckung bzw. auf ein mögliches Freilegen der Leitungen zu überwachen. Außerdem ist der Zustand von Sicherungsmaßnahmen wie z. B. Kolkschutz und Steinschüttungen zu überwachen.

Die Überwachungsmaßnahmen sind im Einklang mit den Anforderungen an die Wiederkehrenden Prüfungen gemäß *Standard Konstruktion* durchzuführen.

In den ersten beiden Jahren nach Errichtung der Offshore-Bauwerke sind für den Regelfall Überwachungen einmal pro Jahr durchzuführen, nämlich im Frühjahr (unmittelbar nach der Sturmperiode). Die Ergebnisse sind im Rahmen der Wiederkehrenden Prüfungen in einem Überwachungsbericht vorzulegen, der bis Ende des Kalenderjahres der Zulassungsbehörde vorzulegen ist.

## 5 Technische Anleitung

In den nachfolgenden Tabellen 3 bis 6 sind Ziele, Umfang, Zeitrahmen, Methoden und Ergebnisdarstellung mit allen geforderten technischen Details für die jeweiligen Verfahren dargestellt und geben einen zusammenfassenden Überblick über die Mindestanforderungen an die geophysikalischen Untersuchungen für die geologische Erkundung und Überwachung.



**Tabelle 3:** Anforderung an die Echolotvermessung.

	<b>Geologische Erkundung</b>	<b>Überwachung</b>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über die bathymetrischen Verhältnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung der lokalen Tiefenänderungen (mögliche Kolkbildung)</li> </ul>
<b>Umfang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächendeckend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• im lokalen Umfeld der Gründungselemente der Offshore-Bauwerke</li> </ul>
<b>Zeitrahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmalig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die ersten Jahre nach Fertigstellung 1 mal pro Jahr, jeweils im Frühjahr</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES)</li> <li>• Positionierung besser als 5 m + 5 % der Wassertiefe sowie</li> <li>• Genauigkeit für reduzierte Tiefen nach IHO (2008) für Order 1b Surveys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES)</li> <li>• Positionierung besser als 5 m + 5 % der Wassertiefe sowie</li> <li>• Genauigkeit für reduzierte Tiefen nach IHO (2008) für Order 1a Surveys</li> </ul>
<b>Ergebnisdarstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bathymetrische Karte der vermessenen Bereiche</li> <li>• Wassertiefen müssen wasserschalllaufzeitbereinigt und auf SKN (LAT) bezogen dargestellt werden (Beschickung)</li> <li>• Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bathymetrische Karte der vermessenen Bereiche</li> <li>• Wassertiefen müssen wasserschalllaufzeitbereinigt und auf SKN (LAT) bezogen dargestellt werden (Beschickung)</li> <li>• Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern</li> </ul>

**Tabelle 4:** Anforderungen an die Seitensichtsonar (SSS)-Untersuchungen.

	<b>Geologische Erkundung</b>	<b>Überwachung</b>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick über die vorkommenden Sedimenttypen und -strukturen.</li> <li>• Verifizierung bzw. Kalibrierung der Interpretation durch Greiferproben („ground truthing“)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung von Erosionsflächen bzw. Kolken und Hindernissen.</li> <li>• Verifizierung bzw. Kalibrierung der Interpretation durch Greiferproben („ground truthing“)</li> </ul>
<b>Umfang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profile entsprechend der seismischen Vermessung oder flächendeckend über das Offshore-Baufeld</li> <li>• In Gebieten mit heterogener Sedimentbedeckung flächendeckend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• im lokalen Umfeld der Gründungselemente der Offshore-Bauwerke</li> </ul>
<b>Zeitrahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmalig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die ersten Jahre nach Fertigstellung 1 mal pro Jahr, jeweils im Frühjahr</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenz 100 kHz oder höher</li> <li>• Messbereich maximal 2 x 100 m</li> <li>• Erkennung von Objekten &gt; 1 m Kantenlänge<sup>2</sup></li> <li>• Digitale Aufzeichnung</li> <li>• Fahrgeschwindigkeit max. 4 kn, sofern die eingesetzten Geräte nachweislich nicht höhere Fahrgeschwindigkeiten zulassen</li> <li>• Positionierung des Gerätes besser als 10 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenz 100 kHz oder höher</li> <li>• Messbereich maximal 2 x 75 m</li> <li>• Erkennung von Objekten &gt; 1 m Kantenlänge<sup>2</sup></li> <li>• Digitale Aufzeichnung</li> <li>• Fahrgeschwindigkeit max. 4 kn</li> <li>• Positionierung des Gerätes besser als 10 m</li> </ul>

<sup>2</sup> in Anlehnung an IHO (2008) für Special Order Surveys.

<b>Ergebnisdarstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitales SSS-Mosaik der Profile (horizontale Auflösung von 0,5 m)</li> <li>• Karte mit Interpretation der Seitensichtsonarprofile</li> <li>• Die Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern (systemeigenes Format)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitales SSS-Mosaik der Profile (horizontale Auflösung von 0,5 m)</li> <li>• Karte mit Interpretation der Seitensichtsonarprofile</li> <li>• Die Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern (systemeigenes Format)</li> </ul>
----------------------------	--	--

**Tabelle 5:** Anforderungen an die seismischen Untersuchungen.

	<b>Geologische Erkundung</b>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung von Art und Lage geologischer Einheiten</li> </ul>
<b>Umfang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rasterförmige Erkundung des Offshore-Baufeldes Empfehlung: Linienabstand des seismischen Gitters von 500 m in Längs- und Querrichtung. Bei Abweichungen vom gleichmäßigem Rastermaß aufgrund von Besonderheiten im Baufeld sollte ein maximaler Abstand von 1000 m nicht überschritten werden.</li> </ul>
<b>Zeitraumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmalig</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boomer oder alternative Systeme mit vergleichbarer oder besserer Leistung und hinreichender Signaleindringung, Auflösung oberflächennah mindestens 1 m</li> <li>• Evtl. ergänzend Subbottom-Profilier oder Chirp Sonar für oberflächennahe Bereiche (z. B. entlang der geplanten Kabeltrassen), vertikale Auflösung von mindestens 0,5 m</li> <li>• Fahrtgeschwindigkeit: max. 4 kn</li> <li>• Einsatz bis Seegang max. 4; wenn Systeme zusammen mit einem so genannten „Motion Sensor“ eingesetzt werden, ist ein Einsatz bis zu einem Seegang von 5 bis 6 vertretbar</li> </ul>
<b>Ergebnisdarstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profile mit Interpretation (d. h. geologische Längs- und Querschnitte)</li> <li>• Karte mit räumlicher Lage der Grenzflächen zwischen geologischen Einheiten und Strukturelementen (z. B. Isolinienplan)</li> <li>• Die Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern (systemeigenes Format)</li> </ul>

Vor der Durchführung von geotechnischen Baugrunderkundungen (Bohrungen, Sondierungen) sollte aus Sicherheitsgründen gemäß DIN 4020 eine Untersuchung der Aufschlussansatzpunkte nach Kampfmitteln und Leitungen mit einem Magnetometer oder aktiven Metall-Detektionssystem durchgeführt werden.

**Tabelle 6:** Anforderungen an Magnetometer bzw. aktive Metall-Detektionssysteme (empfohlen).

	<b>Geologische Erkundung</b>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipielle Überprüfung des Untersuchungsgebietes auf Wracks, aktive und inaktive Kabel, Metallteile und andere gefährdende Gegenstände wie z. B. Kampfmittel (soweit detektierbar)</li> </ul>
<b>Umfang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Notwendigkeit gemäß den Ergebnissen der Desk Study (Stufe 1, siehe Tabelle 1)</li> <li>• In jedem Fall innerhalb und im nahen Umfeld von munitionsbelasteten Gebieten, Profile entsprechend dem seismischen Profilraster oder ggf. flächendeckend</li> </ul>
<b>Zeitraumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Notwendigkeit</li> </ul>
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetometer</li> <li>• Bei Kampfmittelverdacht oder in Gebieten mit Verdacht auf Munition in Gradiometeranordnung</li> <li>• Auflösung &lt; 0,1 nT</li> <li>• Alternativ: aktives Metall-Detektionssystem, das die Totalintensität misst</li> <li>• Fahrtgeschwindigkeit: max. 4 kn</li> <li>• Einsatz bis Seegang max. 4</li> <li>• Die Schlepphöhe der Magnetometer über Grund ist in Abhängigkeit der geophysikalischen Untersuchungsergebnisse zu wählen. Bei Kampfmittelverdacht weniger als 4 m.</li> </ul>
<b>Ergebnisdarstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karte mit den Untersuchungsergebnissen</li> <li>• Liste aufgefundener Anomalien einschl. Abgleich mit den Ergebnissen der SSS-Untersuchungen. Die Daten sind zusätzlich in digitaler Form und mit ausreichender Dokumentation abzuliefern.</li> </ul>

## 6 Offshore-Stationen

Offshore-Konverterstationen sind Einzelbauwerke, für die eine individuelle geologische Erkundung erforderlich ist. Die Erkundung ist gemäß Teil B, Abschnitte 4 und 5 flächendeckend in auf die Größe des Baufelds angepasster Weise vorzusehen.

Für Offshore-Umspannstationen oder andere Stationen innerhalb des geplanten Windparkbaufeldes ist eine eigene geologische Erkundung nicht erforderlich.

## 7 Geologischer Bericht

### 7.1 Zweck

Im Geologischen Bericht sind die Ergebnisse der geophysikalischen Aufnahme und die Ergebnisse der geotechnischen Vorerkundung zusammenzuführen und zu bewerten. Der Bericht stellt die Grundlage für die weitere Planung dar und enthält eine Beschreibung des geologischen Untergrundmodells, auf dem die Bauwerke errichtet werden sollen. Er ist ingenieurgeologisch auszurichten und soll zusammen mit den geotechnischen Dokumenten (siehe Teil A, Abschnitt 2) eine Informations- und Datengrundlage für die Verifizierung der geplanten Standorte und für die Auswahl der geeigneten Fundamenttypen darstellen.

## 7.2 Inhalt

Der Geologische Bericht enthält mindestens folgende Angaben:

- kurze Projektbeschreibung,
- Ziel der Untersuchungen,
- durchführendes Büro und beteiligte Bearbeiter,
- Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen
  - Zeitraum der Arbeiten auf See und im Labor,
  - Beschreibung aller verwendeten Messsysteme und -geräte inklusive der Angaben zu den Mess- und Toleranzbereichen der einzelnen Messgrößen,
  - relevante Angaben aus den Messprotokollen wie z. B. äußere Bedingungen, Schallprofile im Wasser, etc.,
  - Datenprozessierung,
- Ergebnisse der Desk Study,
- Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Einzeluntersuchungen (z. B. Bathymetrie, Echolotvermessung, Seismik, Bohrungen, Sondierungen). Die Darstellung aller relevanten Daten (z. B. Rückstreu-Mosaike aus Seitensichtsonar-Untersuchungen, Seismogramme) kann im Geologischer Vorbericht erfolgen,
- Gegenüberstellung von akustischer Beschreibung der Sedimenteinheiten mit lithologischer Beschreibung aus den Schichtverzeichnissen (z. B. in Form einer Tabelle) und Drucksondiererergebnissen, geologische Interpretation,
- Liste der aufgefundenen Anomalien; ggf. Empfehlung mit dem weiteren Umgang,
- Lage der Profile und Bohrungen, Bohrprofile nach DIN 4023 einschließlich Toleranzbereich der verwendeten Messsysteme, Lagegenauigkeit der Profile und Aufschlüsse und verwendetes Bezugssystem,
- Darstellung der Ergebnisse in geologischen Längs- und Querschnitten im geeigneten Maßstab,
- Bewertung der Ergebnisse, Darstellung der Interpretationsgrenzen und der verbleibenden Erkundungsrisiken, ggf. Empfehlung von weiteren Untersuchungen,
- Zusammenfassung,
- digitaler Datenträger mit digitaler Kartendarstellung in CAD- oder GIS-Format, vorzugsweise im Shape-Format und
- Abgabe der prozessierten Seismik zusammen mit einem frei verfügbaren Reader auf digitalen Datenträgern.

Auf unveröffentlichte Ergebnisse aus den Nachbargebieten kann nur zurückgegriffen werden, wenn diese im Bericht mit den zugehörigen Dokumenten offengelegt werden.

## 7.3 Vorgaben

Referenzsystem: ETRS89 (WGS 84)  
Projektion: entsprechende UTM-Zone  
Tiefenangaben: bezogen auf SKN (LAT) mit Angabe des Referenzpegels

## Teil C – Mindestanforderungen an die geotechnischen Untersuchungen als Planungs- und Entwurfsgrundlage für Offshore-Bauwerke

### 1 Vorschriften und Regelwerke

#### 1.1 Allgemeines

Offshore-WEA und Offshore-Stationen sind Bauwerke mit hohem Schwierigkeitsgrad, ihre Gründungen sind in die geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen (*Erd- und Grundbauwerke sowie geotechnische Maßnahmen mit hohem geotechnischen Risiko; schwierige Konstruktion und/oder schwierige Baugrundverhältnisse sowie ungewöhnliche Lastfälle*). Sie erfordern eine Baugrunderkundung, -untersuchung und -beurteilung durch einen Sachverständigen für Geotechnik mit vertieften Kenntnissen und Erfahrungen auf diesem Gebiet (siehe Teil A, Abschnitt 4).

Die Mindestanforderungen an die geotechnischen Feld- und Laboruntersuchungen im Rahmen der Entwurfsplanung werden in Teil C, Abschnitt 2 und 3 spezifiziert. Darüber hinaus notwendige Untersuchungen ergeben sich anhand der spezifischen Anforderungen der jeweiligen Gründungsstruktur und Baugrundsituation, insbesondere bei innovativen Lösungen.

#### 1.2 Normen

Der Sachverständige für Geotechnik hat die folgenden Normen mit ihren Berichtigungen und normativen Verweisen anzuwenden:

DIN EN 1997-2: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN EN 1997-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

Es ist zu berücksichtigen, dass diese Normen in Verbindung mit den folgenden Normen anzuwenden sind:

DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN EN 1997-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

Für die Planung, Durchführung, Dokumentation und Auswertung der Feld- und Laboruntersuchungen gelten darüber hinaus die einschlägigen DIN-Normen, ergänzt durch die Festlegungen dieses Standards.

Für alle Normen gilt jeweils die jüngste als Weißdruck veröffentlichte Fassung.

Das BSH behält sich vor, einzelne Normen von der Verpflichtung zur Anwendung auszunehmen.

### 1.3 Übergangs-, Abweichungs- und Ergänzungsregeln

Übergangsregelungen sind im Einzelfall mit dem BSH abzustimmen.

Abweichungen von den in Teil C, Abschnitt 1.2 genannten Regelwerken sind zur Berücksichtigung der besonderen Bedingungen von Offshore-Bauwerken zulässig. Die Abweichungen sind kenntlich zu machen und durch den Sachverständigen für Geotechnik zu begründen. Die abschließende Zustimmung des BSH zu den Abweichungen ist erforderlich, dazu kann das BSH geeignete Prüfer einschalten.

Ergänzungen der genannten Normen durch weitere Regelwerke, Richtlinien und Empfehlungen sind vorzunehmen, wenn und soweit sie für einen Sachverhalt keine Regelung enthalten oder im Einzelfall nicht anwendbar sind und wenn besondere Aspekte der Baugrunderkundung und -untersuchung für Offshore-Windparks nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt sind.

## 2 Anforderungen an die Felduntersuchungen

### 2.1 Planung der Felduntersuchungen

Der Sachverständige für Geotechnik wählt in Zusammenarbeit mit dem Entwurfsverfasser auf der Grundlage des Geologischen Vorberichts die geeigneten Aufschlussverfahren und legt die Anzahl und Anordnung der Aufschlüsse sowie die jeweils erforderliche Aufschlusstiefe fest.

Der Sachverständige für Geotechnik muss während der Baugrunderkundung entscheiden, ob zusätzliche oder andere Untersuchungen erforderlich sind, die dann nach seiner Anweisung durchgeführt werden. Dies ist insbesondere bei inhomogenem oder anderweitig ungünstigem Baugrundaufbau zu erwarten.

Für die Überwachung der Felduntersuchungen kann sich der Sachverständige entsprechend qualifizierter Mitarbeiter bedienen.

### 2.2 Aufschlussverfahren

Bei den Aufschlussverfahren werden im Folgenden direkte und indirekte Aufschlussverfahren unterschieden.

Wichtige technische normative Grundlagen für direkte und indirekte Aufschlüsse im Rahmen der Baugrunderkundung sind DIN EN ISO 22475-1 und die Normenreihe der DIN EN ISO 22476. Bohrverfahren, Methoden der Probenentnahme und Sondierungen sollen unabhängig von der gewählten Arbeitsebene bzw. Trägertechnik über die vollständige Aufschlussstrecke den genannten Normen genügen.

Die geodätische Vermessung sämtlicher Aufschlüsse muss den Anforderungen nach IHO (2008) für Order 1 Surveys genügen und ist entsprechend zu dokumentieren. Einen allgemein gültigen Rahmen für die regelgerechte Durchführung definiert DIN EN ISO 10012.

#### 2.2.1 Direkte Aufschlüsse (Bohrungen)

In DIN EN ISO 22475-1 ist eine Übersicht über geeignete Bohrverfahren gegeben, die bei Einsatz von Hubinseln als Arbeitsplattform auch im Offshore-Bereich angewendet werden können. Bei Verwendung entsprechender Ausgleichssysteme (heave- und motion-compensation systems) stehen diese Verfahren grundsätzlich auch für den Einsatz von schwimmenden Arbeitsebenen zur Verfügung.

Die bei Einsatz von Bohrschiffen üblichen Bohrverfahren können z. B. McClelland & Reifel (1986) entnommen werden. Weitere Informationen sind auch in DIN EN ISO 19901-8 enthalten.



### 2.2.2 Indirekte Aufschlüsse (Sondierungen und in situ Messungen)

Bei Drucksondierungen (Cone Penetration Tests, CPT) nach DIN EN ISO 22476-1 werden mindestens der Sondierspitzendruck und die lokale Mantelreibung gemessen. Zusätzlich können der Porenwasserdruck gemessen (CPTu) sowie weitere Parameter (z. B. Gesamtdruckkraft, Gestängeneigung und Sondiergeschwindigkeit) erfasst werden.

Drucksondierungen werden entweder als kontinuierliche Sondierungen ab dem Gewässerboden (Seabed CPT) bzw. von einer feststehenden Arbeitsplattform (Topdrive CPT) oder als diskontinuierliche Sondierung an der Bohrlochsohle (Downhole CPT) ausgeführt. Weitere Regelungen und Hinweise zur Durchführung und Auswertung von Drucksondierungen sind u. a. in Lunne et al. (1997) enthalten.

Die Bohrlochrammsondierung (BDP) nach DIN 4094-2 ist eine Rammsondierung auf der Bohrlochsohle. Dabei wird durch das Einrammen der Sondenspitze die Schlagzahl  $[n_{30}]$  ermittelt.

Eine Übersicht über weitere indirekte Aufschlussverfahren (Flügelsonde, Pressiometersonde, Temperatursonde, Bohrlochgeophysik u. a.) liefern z. B. DIN EN ISO 19901-8 oder Balthes et al. (2005).

### 2.2.3 Probenentnahme (Locker- und Festgestein)

Der Sachverständige für Geotechnik legt die Häufigkeit der Probenentnahme in Abhängigkeit der angetroffenen Baugrundsichtung gemäß DIN 4020 fest. Besondere offshore Bedingungen sind ggf. in Anlehnung an Fugro-McClelland Ltd. (1993), McClelland & Reifel (1986), API RP 2A-WSD, DNV-OS-J101, DNV Classification Notes No. 30.4 oder DIN EN ISO 19901-8 zu berücksichtigen.

Die Bohrverfahren und die Entnahmegeräte für Lockergesteine (Böden) müssen der Entnahmekategorie A nach DIN EN ISO 22475-1 entsprechen und sind so auszuwählen, dass bei bindigen Böden Bodenproben möglichst der Güteklasse 1, mindestens aber der Güteklasse 2 gewonnen werden können. Die Bodenproben müssen also mindestens hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, ihres Wassergehalts, ihrer Dichte sowie ihrer Durchlässigkeit unverändert sein.

Kann mit den zur Verfügung stehenden Bohrverfahren in bindigen Böden eine Güteklasse 1 bis 2 nicht erreicht werden, besteht die Möglichkeit, an der Bohrlochsohle mit einem geeigneten Entnahmegerät entsprechend der Entnahmekategorie A nach DIN EN ISO 22475-1 Bodenproben der erforderlichen Güteklasse zu entnehmen.

Für die Entnahme von Bodenproben in normal konsolidierten bindigen Böden sind erfahrungsgemäß offene dünnwandige Entnahmegeräte (Wandstärke 2 mm) geeignet. Zum Einsatz kommen üblicherweise konventionelle Shelby Tubes oder dünnwandige Entnahmestutzen. Die Probenentnahme erfolgt vorzugsweise drückend.

Für die Probenentnahme in überkonsolidierten bindigen Böden eignen sich spezielle dickwandige Entnahmegeräte (Wandstärke ca. 4,5 mm), die drückend oder rammend eingebracht werden können.

Bei nichtbindigen Böden müssen mindestens Bodenproben der Güteklasse 4 gewonnen werden, die mindestens hinsichtlich ihrer Zusammensetzung unverändert sind. Die Gewinnung von Bodenproben der Güteklasse 3 ist für nichtbindige Böden jedoch anzustreben. Bei kernfähigen nichtbindigen Böden können rammende und/oder rotierende Bohrverfahren mit oder ohne Spülhilfe mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben nach DIN EN ISO 22475-1 zum Einsatz kommen.

Die Bohrverfahren für Festgestein (Fels und verfestigte Lockergesteine) sind so auszuwählen, dass mit einem Verfahren der Entnahmekategorie A nach DIN EN ISO 22475-1 Bohrkernproben mindestens der Güteklasse 2 gewonnen werden können. Für die Probenentnahme in Festgestein eignet sich besonders das Seilkernbohrverfahren mit Doppel- oder Dreifachkernrohr.

Die Probenentnahme und die benötigte Probenmenge ist im Hinblick auf die geplanten Laborversuche und die dafür erforderliche Versuchstechnik einerseits und auf die Zusammensetzung und den Homogenitätsgrad des anstehenden Bodens andererseits zu planen und vorzunehmen.

Für bodenmechanische Laborversuche an homogenen bindigen Bodenproben und für felsmechanische Laborversuche an Festgesteinsproben wird ein Probendurchmesser von  $D = 100$  mm empfohlen.

Standardwerte des Probendurchmessers und der Probenlänge für Locker- und für Festgesteine sind

- bei Bohrverfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Boden- und Festgesteinsproben:  $D = 100$  mm,  $L = 1000$  mm
- bei Entnahme von Bodenproben mit einem dünn- bzw. dickwandigen Entnahmegesetz nach DIN EN 22475-1 von der Bohrlochsohle:  $D = 114$  mm,  $L = \text{ca. } 250$  mm
- bei Entnahme von Druck- und Rammkernproben von der Bohrlochsohle unter Verwendung von offshore-spezifischer Entnahmetechnik:  $D = 67$  mm, bei besonders dicht gelagerten Böden auch  $D = 46$  mm.

Weitere Anforderungen sind DIN EN ISO 22475-1 zu entnehmen.

Der Sachverständige für Geotechnik legt fest, wie – unter Berücksichtigung der Anforderungen nach DIN EN ISO 22475-1 – die Boden- bzw. Festgesteinsproben für die weitere Untersuchung im Labor behandelt, transportiert und aufbewahrt werden oder ob bereits an Bord des Schiffes oder der Hubinsel erste Materialuntersuchungen durchgeführt werden sollen.

Repräsentative Bodenproben für spätere Überprüfungen oder ergänzende Laborversuche sind für einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren nach der Entnahme aufzubewahren. Die Lagerung muss frostfrei, kühl und vor Witterungseinflüssen geschützt erfolgen. Einzelproben in Probenbehältern und Kernproben in Kernkisten und Linern müssen so gelagert werden, dass die boden- und felsmechanisch relevanten Eigenschaften dieser Proben sich nicht ändern.

## **2.3 Erkundungsschritte**

### **2.3.1 Geotechnische Vorerkundung**

Im Rahmen der geotechnischen Vorerkundung des Windparkareals (Stufe 3, siehe Tabelle 1, Teil A) muss mindestens an 10 % der geplanten Anlagenstandorte eine Baugrunderkundung und untersuchung unter Beachtung nachfolgender Hinweise durchgeführt werden. Für die geotechnische Vorerkundung von Offshore-Stationen sind abweichende Regelungen in Teil C, Abschnitt 2.3.3 dargelegt.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist auf Grundlage der Ergebnisse der geologischen Erkundung unter Berücksichtigung geologischer Strukturen und repräsentativ für die Fläche des Baufeldes durch den Sachverständigen für Geotechnik festzulegen.

Die Art des Aufschlussverfahrens (Bohrung, Drucksondierung, ggf. paarweise bzw. als Kombination aus Bohrung und Drucksondierung) ist vom Sachverständigen für Geotechnik unter Berücksichtigung der zu erwartenden Baugrundverhältnisse, insbesondere anhand der Ergebnisse der geologischen Erkundung, sowie der geplanten Gründungsvariante festzulegen.



Bei überwiegend sandigen Baugrundsichten – wie z. B. in vielen Projektgebieten in der deutschen Nordsee – sind zur Erkundung der Lagerungsdichte an allen Standorten der Vorerkundung Drucksondierungen auszuführen. Weiterhin ist sicherzustellen, dass durch eine ausreichende Anzahl von Bohrungen repräsentative Bodenproben gewonnen werden.

In vielen Projektgebieten in der deutschen Ostsee mit überwiegend bindigen Bodenschichten sowie in festgesteinsähnlichem Baugrund (z. B. Kreide) sind zur Gewinnung repräsentativer Bodenproben an allen Standorten der Vorerkundung Bohrungen notwendig. Das Erfordernis von Drucksondierungen ist vom Sachverständigen für Geotechnik im Einzelfall festzulegen.

Die Aufschlusstiefe der Bohrungen und der Drucksondierungen muss ausreichend sein, um die im Rahmen der Vorentwurfsplanung vorgesehenen Gründungsvarianten bearbeiten zu können. Die Aufschlusstiefe ist daher vom Sachverständigen für Geotechnik in Abstimmung mit dem Entwurfsverfasser festzulegen.

Es wird empfohlen, das Erkundungskonzept mit dem Prüfbeauftragten im Sinne des *Standards Konstruktion* abzustimmen.

### **2.3.2 Geotechnische Haupterkundung**

Im Rahmen der Haupterkundung des Baufeldes (Stufe 5, siehe Teil A, Tabelle 1) muss an jedem Anlagenstandort mindestens ein Baugrundaufschluss ausgeführt werden. Dieser Erkundungsumfang kann bei homogenen Baugrundverhältnissen ausreichend sein. Bei inhomogenen oder anderweitig ungünstigen Baugrundverhältnissen sowie bei aufgelösten oder großflächigen Gründungsstrukturen ist in der Regel eine größere Anzahl von Baugrundaufschlüssen für die Ausführungsplanung erforderlich. Die Festlegung erfolgt durch den Sachverständigen für Geotechnik. Die Art des Aufschlussverfahrens (Bohrung, Drucksondierung oder Kombination aus Bohrung und Drucksondierung) ist vom Sachverständigen für Geotechnik in Abhängigkeit von der zu erwartenden Baugrundsichtung, den Ergebnissen der Vorerkundung sowie der geplanten Gründungsvariante festzulegen.

Für die geotechnische Haupterkundung von Offshore-Stationen sind abweichende Regelungen in Teil C, Abschnitt 2.3.3 dargelegt.

Die Aufschlusstiefe muss mindestens den Anforderungen der Entwurfsplanung genügen und ist daher vom Sachverständigen für Geotechnik in Abstimmung mit dem Entwurfsverfasser festzulegen (siehe auch Abschnitt 2.3.1).

### **2.3.3 Besondere Regelungen für Offshore-Stationen**

Für die Gründungsstrukturen von Offshore-Stationen sind in der Regel mindestens vier Baugrundaufschlüsse in den Eckbereichen der Struktur bzw. an allen Standorten der Gründungselemente (Pfähle) auszuführen. Bei großflächigen Gründungsstrukturen sollte der jeweilige Abstand zwischen dem einzelnen Aufschluss und dem zugeordneten Gründungselement (Pfahl) nicht mehr als 30 m betragen, andernfalls sind zusätzliche Aufschlüsse anzuordnen.

Für Offshore-Stationen (sowohl für externe Konverter-Stationen als auch für Umspann- oder andere Stationen innerhalb des Windpark-Baufeldes) können die Schritte der geotechnischen Vor- und Haupterkundung (Entwicklungs- und Konstruktionsphase – siehe Teil A, Abschnitt 2) formal zusammengefasst werden. Die zugehörigen Berichte sind in geprüfter Form dem BSH spätestens für die 2. Freigabe vorzulegen. Bei Bedarf ist auch eine Vorlage zur 1. Freigabe möglich.

Im Übrigen gelten die Regelungen gemäß Abschnitt 2.3.1 und 2.3.2.

### 2.3.4 Ergänzende Untersuchungen

Als Ergebnis der Entwurfsarbeiten, der geotechnischen Prüfung des Gründungsentwurfes oder der Ausschreibung, insbesondere bei Sondervorschlägen, können ergänzende Erkundungen oder Feldversuche wie z. B. Proberammungen oder Probelastungen erforderlich werden. Hierfür gelten dieselben Grundsätze wie für die Standorterkundung.

Die Ergebnisse der geotechnischen Erkundung sollen mit den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundung abgeglichen und die geophysikalischen Messungen auf Basis der geotechnischen Erkundung nachinterpretiert werden.

## 3 Anforderungen an Laboruntersuchungen

### 3.1 Grundlegende Laborversuche

In den Tabellen 7 und 8 sind die grundlegenden Laborversuche für nichtbindige und für bindige Böden zusammengestellt, die zur Zustandsbeschreibung sowie zur Bestimmung der grundlegenden Baugrundkenngößen geeignet sind. Die im Einzelfall durchzuführenden Versuche, die Art der Versuchsdurchführung, die dafür erforderliche Probenqualität sowie die zu bestimmenden bodenmechanischen Kenngößen werden durch den Sachverständigen für Geotechnik festgelegt. Je nach geplantem Gründungstyp können für die Bemessung der Gründungsstruktur weitere Laborversuche zweckmäßig sein.

**Tabelle 7:** Geeignete Laborversuche zur Beurteilung nichtbindiger Böden.

Versuchsart	Norm	Güteklasse der Probe (DIN EN ISO 22475-1)	Bodenmechanische KenngroÙe
<b>Klassifikation und Zustandsbeschreibung</b>			
Korngrößenverteilung	DIN 18123	mind. 4	Ungleichförmigkeitsgrad, Krümmungszahl
Lagerungsdichte	DIN 18126	mind. 4	lockerste und dichteste Lagerung
Dichte	DIN 18125-1	mind. 2	Wichte, Wichte unter Auftrieb
Kalkgehalt	DIN 18129	mind. 4 (5)	Kalkgehalt
<b>Formänderungsverhalten</b>			
Kompressionsversuch (Oedometertest)	DIN 18135	4, jedoch Einbau der Probe mit im Feld bestimmter Anfangsdichte	Steifemodul, Konsolidierungsbeiwert, Kriechbeiwert, abgeleitet: Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
Triaxialversuch	DIN 18137-2	1, aber auch aufbereitete Probenkörper	Scherspannungs-Scherdehnungskurven, Volumendehnung und axiale Deformation
<b>Scherfestigkeit</b>			
direkter Scherversuch	DIN 18137-3	1, aber auch aufbereitete Probenkörper	Reibungswinkel $\varphi'$ ( $c' = 0$ )
Triaxialversuch	DIN 18137-2	1, aber auch aufbereitete Probenkörper	Reibungswinkel $\varphi'$ ( $c' = 0$ )

Es kann zweckmäßig sein, bereits an Bord des Untersuchungsschiffes bzw. der Hubinsel in beschränktem Umfang Untersuchungen durchzuführen, um Hinweise für die Planung der weiteren Felduntersuchungen zu erlangen, die dann ohne großen Zeitverlust durchgeführt werden können.

**Tabelle 8:** Geeignete Laborversuche zur Beurteilung bindiger Böden.

Versuchsart	Norm	Güteklasse der Probe (DIN EN ISO 22475-1)	Bodenmechanische Kenngröße
<b>Klassifikation und Zustandsbeschreibung</b>			
Korngrößenverteilung	DIN 18123	mind. 4	Ungleichförmigkeitsgrad, Krümmungszahl
Wassergehalt	DIN 18121-1 DIN 18121-2	mind. 3	Wassergehalt des Bodens
Wasserdurchlässigkeit	DIN 18130-1	mind. 2, wenn im Proctorgerät auf vorgeschriebene bzw. erforderliche Dichte gebracht	Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
Dichte	DIN 18125-1	mind. 2	Wichte, Wichte unter Auftrieb
Konsistenzgrenzen	DIN 18122-1 DIN 18122-2	mind. 4	Fließ- und Ausrollgrenze, Schrumpfgrenze, Plastizitätszahl, Konsistenzzahl
<b>Formänderungsverhalten</b>			
Kompressionsversuch (Oedometertest)	DIN 18135	1 <sup>3</sup>	Steifemodul, Vorbelastung des Bodens, Konsolidierungsbeiwert, Kriechbeiwert, Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
Triaxialversuch	DIN 18137-2	1 <sup>3</sup>	Scherspannungs-Scherdehnungskurven; Volumendehnung und axiale Deformation
<b>Scherfestigkeit</b>			
Laborflügelsondierung	für Laborversuche zzt. nicht geregelt	1 <sup>3</sup>	undrained Scherfestigkeit $c_u$
direkter Scherversuch	DIN 18137-3	1 <sup>3</sup>	wirksamer Reibungswinkel $\varphi'$ , wirksame Kohäsion $c'$
Triaxialversuch	DIN 18137-2	1 <sup>3</sup>	Scherparameter in Abhängigkeit von der Versuchsart: UU-Versuch : $c_u, \varphi_u$ CU-Versuch: $c', \varphi'$ CCV-Versuch: $c', \varphi'$

### 3.2 Versuche zur Beurteilung des Bodenverhaltens unter zyklischer Belastung

Durch Wellen, Strömung und Wind werden Spannungsänderungen im Boden entweder direkt oder indirekt über die Lastabtragung durch das Bauwerk induziert, die das Tragverhalten des Bodens und damit der Gründung maßgebend beeinflussen können. Zyklische Lasteinwirkungen müssen daher in der Gründungsbemessung in geeigneter Weise berücksichtigt werden (vgl. z. B. DIN 1054).

<sup>3</sup> Hinsichtlich der erreichbaren Güteklassen siehe Teil C, Abschnitt 2.2.3

Die Durchführung zyklischer Versuche und ihre Auswertung sind nicht standardisiert. Die mit diesen Untersuchungen betrauten Labore müssen über belegbare Erfahrungen mit zyklischen Versuchen verfügen.

Die Art und die Anzahl sowie die Randbedingungen der zyklischen Versuche sind in Abhängigkeit der geplanten Gründung festzulegen. Die Anzahl der Belastungszyklen und die Größe des zyklischen Lastniveaus im Versuch sind dabei so zu wählen, dass die Versuchsergebnisse für die gegebene Problemstellung eindeutig sind und vollständige Informationen liefern.

In diesem Zusammenhang ist – soweit aus Sicht des Sachverständigen für Geotechnik in Abstimmung mit dem Entwurfsverfasser erforderlich – auch das Verflüssigungspotential („Liquefaction“) der anstehenden Böden in geeigneter Weise in Abhängigkeit von der Struktur und den Lasteinwirkungen einzuschätzen. Ein zuverlässiges und standardisiertes Konzept zur Ermittlung des Verflüssigungspotentials ist bisher noch nicht verfügbar.

Hinweise zu zyklischen Versuchen enthalten z. B. die *Empfehlungen des Arbeitskreises Baugrunddynamik* der DGGT (2002). Zur Untersuchung des Einflusses zyklischer Spannungsänderungen bei Pfahlgründungen werden in EA Pfähle (2012), Kapitel 13 geeignete Versuchstypen mit ihren Randbedingungen erläutert. Für andere Gründungsarten wie Schwergewichtsgründungen oder Suction Caissons existieren solche Empfehlungen noch nicht.

## 4 Geotechnische Dokumente

### 4.1 Vorbemerkungen

Die Ergebnisse der Baugrunderkundung und -untersuchung einschließlich der Beurteilungen und Empfehlungen des Sachverständigen für Geotechnik sind in Berichtsform in den jeweiligen Projektphasen bzw. zu den Freigaben vorzulegen. Dabei umfasst der Baugrunduntersuchungsbericht, der dem geotechnischen Untersuchungsbericht nach DIN EN 1997-2 und DIN 4020 entspricht, die in Teil C, Abschnitt 4.2 aufgeführten Inhalte. Das Baugrund- und Gründungsgutachten bewertet die Ergebnisse des Untersuchungsberichtes, gibt Gründungsempfehlungen sowie Folgerungen für das Bauwerk und die Ausführung und enthält charakteristische Werte der Baugrundkenngrößen (vgl. Teil C, Abschnitt 4.3).

Baugrunduntersuchungsbericht und Baugrund- und Gründungsgutachten sind aufeinander abzustimmen und bilden zusammen den Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 (vgl. DIN EN 1997-2, A7). Im Verantwortungsbereich des BSH wird auf eine formale Zusammenführung von Baugrunduntersuchungsbericht und Baugrund- und Gründungsgutachten verzichtet.

Beide Berichte zusammen bilden die geotechnische Planungsgrundlage und sind Bestandteil der in den jeweiligen Projektphasen zu erstellenden bzw. fortzuschreibenden Entwurfsgrundlagen (Design Basis).

Die geotechnische Entwurfsbearbeitung obliegt einem Fachplaner für Geotechnik auf Seiten des Entwurfsverfassers, der den geotechnischen Entwurf der Gründungselemente zusammen mit den Nachweisen ihrer Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit in einem *Geotechnischen Entwurfsbericht* nach DIN EN 1997-1 erarbeitet (geotechnischer Planungsbeitrag). Der Geotechnische Entwurfsbericht inkludiert den Baugrunduntersuchungsbericht und das Baugrund- und Gründungsgutachten durch Bezugnahme.

Gemäß DIN EN 1997-1, 2.8, A Anmerkung zu (3) kann die Erstellung von geotechnischem Entwurfsbericht und geotechnischem Bericht in einer Hand liegen, wenn die erforderliche Sachkunde und Erfahrung vorliegt. Der Antragsteller bzw. Genehmigungsinhaber hat die Abgrenzung der jeweiligen Zuständigkeitsbereiche sicherzustellen.

Tabelle 9 fasst die wesentlichen Inhalte sowie die Bezeichnungen der Berichte in diesem Standard und ihre Entsprechungen in den maßgebenden Normen zusammen.

**Tabelle 9:** Zuständigkeiten, Inhalte und Bezeichnungen der Berichte nach den Standards des BSH und Gegenüberstellung mit den entsprechenden Definitionen in den maßgebenden Normen

Kerninhalte	Zuständigkeit	Bezeichnungen gemäß		
		BSH-Standards (ab 2014)	DIN	EC-7
Geotechnischer Untersuchungsbericht	SVGt	<b>Baugrundvoruntersuchungsbericht</b> <b>Baugrundhauptuntersuchungsbericht</b>	<i>Geotechnischer Bericht</i> (DIN 4020)	<i>Geotechnischer Entwurfsbericht</i> (DIN EN 1997-1)
Charakteristische Werte, Baugrundmodell und Gründungsvorschlag	SVGt	<b>Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase)</b> <b>Baugrund- und Gründungsgutachten (Konstruktionsphase)</b>		
Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise	FPGt (EV)	<b>Geotechnischer Entwurfsbericht (mit Ergänzungsbericht Zyklisch)</b>	<i>Geotechnischer Entwurfsbericht</i> (DIN 1054:2005)	

SVGt Sachverständiger für Geotechnik

FPGt (EV) Fachplaner für Geotechnik auf Seiten des Entwurfsverfassers

## 4.2 Baugrunduntersuchungsberichte

### 4.2.1 Inhalt der Baugrunduntersuchungsberichte

Die Baugrunduntersuchungsberichte, d. h. Baugrundvor- bzw. Baugrundhauptuntersuchungsbericht, müssen als eigenständiger Teil des *Geotechnischen Berichts* gemäß DIN 4020 in der jeweiligen Projektphase außer einer präzisen Angabe des Untersuchungsziels sowie einer Dokumentation der zur Verfügung gestellten Unterlagen über das Bauwerk mindestens enthalten:

- generelle Angaben zur Bauaufgabe,
- Angaben zu den geologischen Verhältnissen,
- Angaben und Randbedingungen zu Feld- und Laborversuchen,
- die Ergebnisse der Bohrungen und Sondierungen,
- Angaben zur Bestimmung der standortbezogenen Wassertiefe, Tide und zeitabhängigen Wassertiefenkorrektur inklusive Angabe des Bezugsniveaus (z. B. SKN (LAT), MSL),
- Angaben zur geodätischen Vermessung der geotechnischen Aufschlüsse inkl. Bezugsangabe (z. B. WGS 84, UTM),
- Angaben zur Ermittlung, Korrelation und Interpretation (Klassifizierung) der in-situ Messergebnisse,
- Bodenprofile mit Bodenarten und Höhenlage der Schichtgrenzen in Relation zum Meeresboden und Meeresspiegel inkl. Angabe des Bezugssystems (z. B. SKN (LAT), MSL),
- die Ergebnisse der Laborversuche und ggf. durchgeführter Modellversuche,
- eine übersichtliche Zusammenstellung der Versuchsergebnisse,
- eine Zusammenstellung von charakteristischen bodenmechanischen Kenngrößen der Hauptbodenarten sowie der zugehörigen Bandbreite der Kenngrößen,
- eine zusammenfassende Beschreibung des Baugrunds und
- eine Baugrundbeurteilung.

## **4.2.2 Wiedergabe der Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen**

### **4.2.2.1 Felduntersuchungen**

Alle Aufschlusspunkte sind in einem Lageplan, die Ergebnisse sind höhengerecht nach DIN 4023 und der Normenreihe DIN EN ISO 22476 darzustellen. Sie müssen eine für die Entwurfsbearbeitung erforderliche Zusammenschau der Schichtenfolge sowie von Diskontinuitäten und lokalen Besonderheiten im Baugrund ergeben. Die standortbezogene Wassertiefe und das zugehörige Bezugssystem (z. B. SKN (LAT), MSL) sind anzugeben.

Die eingesetzten Messsysteme für die Einmessung der Aufschlussansatzpunkte sind zu beschreiben sowie die Messgenauigkeiten, Toleranzen und Bezugssysteme (z. B. SKN (LAT), MSL) anzugeben (Hinweis: beim Einsatz von mehreren Messsystemen sind die Ergebnisse gegenüberzustellen). Dabei sollen auch Bezugsmaße auf unveränderliche Festpunkte oder Bezugslinien sowie der Abgleich der Soll-/Ist-Koordinaten angegeben werden.

Der Zeitpunkt der Ausführung der Arbeiten und besondere Feststellungen bei der Bohrüberwachung sind zu vermerken.

Die angewandten Aufschluss- und Sondierverfahren sind in den Baugrunduntersuchungsberichten zu erläutern, bei genormten Verfahren reicht der Bezug auf die jeweilige Norm. Muss von einem genormten Verfahren abgewichen werden, so ist dies zu begründen und die Vorgehensweise zu beschreiben.

Den Baugrunduntersuchungsberichten sind grundsätzlich die Feldberichte der Bohrungen nach DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14689-1 und DIN EN ISO 22475-1 sowie ein Bericht zur Einmessung der Aufschlussansatzpunkte nach IHO (2008) für Order 1 Surveys beizufügen. Ist dies im Einzelfall nicht möglich, ist darauf hinzuweisen, dass und wo diese eingesehen werden können. Letzteres gilt auch für die entnommenen Bodenproben.

Bei Entnahme von gekernten Bodenproben sollen Farbfotos der Bohrkernbeigefügt werden. Die Farbfotos ersetzen nicht die Ansprache und Beurteilung der Bodenproben durch den Sachverständigen für Geotechnik im Labor.

Die Ergebnisse von Sondierungen sind unter Beachtung der Normenreihe DIN EN ISO 22476 zu dokumentieren. Neben den Angaben zur Ermittlung, Korrelation und Interpretation (Klassifizierung) der Sondierergebnisse sind auch Angaben zur Messgenauigkeit bzw. Toleranz der eingesetzten Messverfahren sowie Protokolle der Kalibrierung und Qualitätsüberwachung zu dokumentieren. Es empfiehlt sich, die Ergebnisse von Sondierungen neben lokal zugeordneten Bohrprofilen aufzutragen, und zwar unter Verwendung eines allgemein gültigen Bezugssystems für die Höhenangaben (z. B. SKN (LAT), MSL).

Für Baumaßnahmen im Fels ist das Trennflächengefüge so darzustellen, dass die relative Häufigkeit der einzelnen Trennflächenrichtungen ersichtlich wird. Häufigkeit, Durchtrennungsgrad, Beschaffenheit und Öffnungsweite der Trennfugen sind zu beschreiben.

Alle Aufschlusspunkte mit Hinweisen auf Gase und Schadstoffe sind in einem Lageplan darzustellen. Die Konzentrationen sind tabellarisch und zeichnerisch in ihrem zeitlichen Verlauf zu erfassen. Alle für die Beurteilung von Probenentnahmen und Analysen wichtigen Daten sind festzuhalten. Die Analyseverfahren sind zu nennen und bei Bedarf zu begründen.



#### 4.2.2.2 Laborversuche

Die Ergebnisse von Laborversuchen sollen nach Bodenkennwerten (z. B. Körnungslinien, Ergebnissen der Kompressionsversuche, Ergebnisse der Scherversuche) geordnet vollständig dokumentiert und beschrieben werden, um jedem Leser eine Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen. Die jeweils angewendeten Versuchsanordnungen sind zu beschreiben. Sofern die Versuche genormt sind, reicht der Bezug auf die jeweilige Norm.

Die Ergebnisse von Kompressionsversuchen sind stets als Drucksetzungslinien und als Zeitsetzungslinien darzustellen, die Laststufen und die Konsolidierungsdauern sind anzugeben. Zur Dokumentation der Ergebnisse gehört auch die Angabe von Geräteabmessungen und Art des Einbaus des Bodens in die Geräte. Die Ergebnisse von Versuchen zum Festigkeitsverhalten des Bodens sind in Übereinstimmung mit den einschlägigen Normen darzustellen.

Die Ergebnisse der Laborversuche werden schließlich in Tabellenform geordnet nach Bohrungen, Entnahmetiefe und Probennummer zusammengestellt.

#### 4.2.3 Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse (Baugrundbeschreibung)

Die Ergebnisse der Feld- und Laborversuche werden in den Baugrunduntersuchungsberichten zu einer Beschreibung des Baugrunds zusammengefasst.

Körnungslinien werden, soweit sinnvoll, zu Körnungsbändern der Hauptbodenarten zusammengefasst. Ferner werden die Bandbreiten der charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen der Hauptbodenarten angegeben. Diese Angaben sollen – falls sinnvoll – in bereichsweise typische Baugrundprofile zusammengefasst werden. Wenn erforderlich, sind Hinweise zur Verwendung der charakteristischen bodenmechanischen Kenngrößen im Hinblick auf die geplante Gründungsstruktur zu geben.

#### 4.2.4 Generelle Baugrundbeurteilung

Die generelle Baugrundbeurteilung enthält eine Bewertung der angetroffenen Baugrundsituation im Hinblick auf ihre qualitative Eignung zur Gründung von Offshore-Bauwerken sowohl im Hinblick auf die Tragfähigkeit als auch auf die Herstellbarkeit bei unterschiedlichen Gründungskonzepten.

### 4.3 Baugrund- und Gründungsgutachten

#### 4.3.1 Inhalte von Baugrund- und Gründungsgutachten

Die Baugrund- und Gründungsgutachten als eigenständiger Teil des geotechnischen Berichtes nach DIN 4020 in den jeweiligen Projektphasen müssen mindestens enthalten:

- die geologisch-geotechnische Standortbeschreibung,
- Hinweise auf die räumliche Orientierung von Diskontinuitäten, sofern relevant,
- die wesentlichen Bauwerksdaten als Gründungskriterien,
- die Baugrundbeurteilung in Bezug auf die Baumaßnahme,
- eine kritische Beurteilung der im Baugrunduntersuchungsbericht aufgeführten Ergebnisse in Abstimmung auf die bauliche Anlage,
- die Angabe von Bemessungsprofilen,
- die Festlegung der charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen und erforderlichenfalls auch der Berechnungsverfahren bzw. des Berechnungsmodells,
- sofern erforderlich, Angaben zu Rammhindernissen bzw. zu geeigneten Verfahren der Einbringung von Pfählen und Schürzen,
- die Darstellung der Gründungsmöglichkeiten mit ihrer geotechnischen Bewertung,

- den Gründungsvorschlag; es ist im Baugrund- und Gründungsgutachten (Entwicklungsphase) in geeigneter Weise aufzuzeigen, dass die Nachweise der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit der Gründungselemente dieses Gründungsvorschlages geführt werden können. Im Baugrund- und Gründungsgutachten der Konstruktionsphase sind diese Darstellungen entbehrlich, da die Nachweise im geotechnischen Entwurfsbericht nach DIN EN 1997-1 enthalten sind,
- Hinweise zur Berücksichtigung des Tragverhaltens von Böden unter zyklischer Lasteinwirkung in der weiteren Planung,
- ggf. Angaben zu geologischen Risiken (z. B. Gas, Erdbeben) und
- Hinweise zur Bauausführung.

#### 4.3.2 Aussagen von Baugrund- und Gründungsgutachten

Die im Baugrunduntersuchungsbericht zusammengestellten Ergebnisse bilden die Grundlage für das vom Sachverständigen für Geotechnik aufzustellende Baugrund- und Gründungsgutachten. Gemeinsam bilden die beiden Berichte den geotechnischen Bericht nach DIN 4020 in der jeweiligen Projektphase.

Das Baugrund- und Gründungsgutachten beinhaltet eine zusammenfassende Beschreibung des geologischen Aufbaus, der Eigenschaften der festgestellten Bodenschichten und deren bodenphysikalischen Kennzahlen sowie die Beurteilung des Baugrunds sowohl in statisch-konstruktiver als auch in erdbau- bzw. spezialtiefbautechnischer Hinsicht. Dazu gehören unbedingt Angaben über die Korngrößenverteilungen, die Lagerungsdichte der nichtbindigen Böden, die Zustandsform der bindigen Böden, die Darstellung des Trennflächengefüges (Häufigkeit, Durchtrennungsgrad, Beschaffenheit und Öffnungsweite der Trennfugen) im Fels und die Beurteilung der im Baugrunduntersuchungsbericht angegebenen Scherparameter und Steifemoduln im Hinblick auf die Aufgabenstellung. Für jedes Bauwerk sind ein oder ggf. mehrere Berechnungsprofile zu erstellen.

Im Baugrund- und Gründungsgutachten werden die für die erdstatischen Berechnungen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit und für Grenzwerte der Fundamentbewegung maßgebenden charakteristischen Werte der bodenmechanischen Kenngrößen, mindestens die Wichten, die Steifemoduln und die Scherparameter festgelegt. Vor Festlegung der charakteristischen Werte der Kenngrößen für Fels ist zu entscheiden, ob als Berechnungsmodell für den von Trennflächen durchzogenen Fels ein Diskontinuum (Festkörpermodell mit Trennflächen) oder ein Kontinuum (Festkörpermodell mit gleichartigen mechanischen Eigenschaften) dienen soll. Bei Festlegungen von charakteristischen Werten sind Anisotropie und Inhomogenitäten des Fels in Verbindung mit der erwarteten Beanspruchungsrichtung zu beachten. Soweit erforderlich, stimmt der Sachverständige für Geotechnik diese Werte vorher mit dem Genehmigungsinhaber, mit dem Entwurfsverfasser, mit dem Prüfbeauftragten im Sinne des *Standards Konstruktion*, u. U. auch mit der bauausführenden Firma unter Berücksichtigung der Aufgabe und den Erfordernissen ab.

In das Baugrund- und Gründungsgutachten sind Angaben zur Klassifikation der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und in Bodenklassen nach DIN 18300 und 18311 aufzunehmen.

Vom Sachverständigen für Geotechnik ist eine Gründungsempfehlung zu erstellen. Gegenstand des Baugrund- und Gründungsgutachtens ist auch die Beurteilung des Baugrunds hinsichtlich des Einbringens von Gründungselementen (z. B. Pfählen oder Schürzen). Sofern der Umfang der durchgeführten Untersuchungen diese Bewertung nicht zulässt, ist dies ausdrücklich zu vermerken, und es sind entsprechende ergänzende Untersuchungen vorzuschlagen, die zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen sind.

Schließlich gehört zum Baugrund- und Gründungsgutachten die Bewertung der Gefahr von Rammhindernissen. Dabei sind neben den Ergebnissen von Bohrungen und Sondierungen insbesondere auch die Erkenntnisse aus der geologisch-geophysikalischen Untersuchung heranzuziehen.



## 4.4 Ergänzungsbericht zur Zyklik

### 4.4.1 Allgemeines

Bei den Nachweisen von Gründungsstrukturen sind die möglichen Einflüsse zyklischer Belastung auf das Tragverhalten des Bodens wie Degradation, Verformungsakkumulation und Porenwasserüberdruckakkumulation ggf. bis hin zur Verflüssigung zu erfassen (siehe auch *Standard Konstruktion*).

### 4.4.2 Ergänzungsbericht Zyklik

Im Rahmen der 2. Freigabe hat der Entwurfsverfasser unter Einbeziehung eines Fachplaners für Geotechnik in Zusammenhang mit dem in Arbeit befindlichen Gründungsentwurf die Aufgabe, das Baugrundverhalten unter zyklischer Belastung zu beschreiben und dafür gemeinsam mit dem Sachverständigen für Geotechnik ein angemessenes Untersuchungsprogramm zu planen. Die Durchführung des Untersuchungsprogramms ist vom Sachverständigen für Geotechnik zu begleiten, und die Ergebnisse sind von ihm im Hinblick auf das gewählte Gründungssystem zu bewerten. Hierzu ist eine enge Abstimmung zwischen dem geotechnischen Fachplaner und dem Sachverständigen für Geotechnik erforderlich. Es ist auch möglich, dass die Aufgaben des Fachplaners durch den Sachverständigen für Geotechnik ausgeführt werden, der dann auch auf der Entwurfsseite tätig wird.

Die Erkenntnisse sind in einem *Ergänzungsbericht Zyklik* zusammenzufassen, der den Geotechnischen Entwurfsbericht um die für die zyklische Bemessung relevanten Parameter ergänzt.

## 5 Baubegleitende Untersuchungen (Ausführungsphase)

Die geotechnischen Elemente der Bauausführung sind nach den üblichen Regeln zu überwachen und zu überprüfen, die Ergebnisse sind zu protokollieren und in Ergebnisberichten vom Sachverständigen für Geotechnik zu bewerten.

## 6 Betriebsbegleitende Untersuchungen (Betriebsphase)

Soweit Elemente der Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise nicht durch vorherige Untersuchung auf dem Wege der Berechnung oder der Bauteilprüfung oder durch nachprüfbar belegte besondere oder allgemeine Erfahrungen abgesichert sind, sind geeignete messtechnische Überwachungseinrichtungen vorzusehen und in Betrieb zu nehmen (Beobachtungsmethode nach DIN EN 1997-1).

**Anmerkung:** Das messtechnische Überwachungskonzept ist dann Bestandteil des Standsicherheitsnachweises und ist notwendiges Element der betriebsbegleitenden Untersuchungen. Art und Umfang der Untersuchungen und zeitliche Abstände sowie Toleranzen sind vom Fachplaner für Geotechnik auf Seiten des Entwurfsverfassers unter Berücksichtigung der Aufgabe und der Erfordernisse nach vorheriger Abstimmung mit dem Sachverständigen für Geotechnik festzulegen. Die Messergebnisse sind vom Fachplaner für Geotechnik in regelmäßigen Abständen dahingehend zu beurteilen, ob die Anlage sich dem Entwurf entsprechend verhält. Der Sachverständige für Geotechnik nimmt zu den Ergebnissen und Beurteilungen Stellung. Die geprüften Berichte über die Messergebnisse und ihre Beurteilungen sind der Zulassungsbehörde turnusgemäß vorzulegen. Näheres regelt der Standard Konstruktion.

## Teil D – Mindestanforderungen an die Erkundung von Trassen für die parkinterne Verkabelung und stromabführende Kabel

Die geophysikalische und geotechnische Erkundung von Kabeltrassen hat zum Ziel, hinreichende Informationen über die Eigenschaften und den Aufbau des Meeresbodens zu erlangen, um das Kabel in der erforderlichen Weise installieren zu können. Die Ergebnisse der Erkundungen dienen dabei einerseits zur Optimierung einer geplanten Kabeltrasse unter Berücksichtigung bei der Planung nicht bekannter Gegebenheiten, andererseits zur Festlegung einer geeigneten Installationsmethode. Daher müssen die Ergebnisse insbesondere die Bestimmung der Spülbarkeit des Meeresbodens und die Berechnung der zu erwartenden Einbautiefe für die vorgesehene Installationsmethode (sog. „Burial Assessment“) in jedem Bereich der Kabeltrasse ermöglichen.

Die Vermessung der Kabeltrasse muss den gesamten Kabelkorridor abdecken. Dies gilt sowohl hinsichtlich der horizontalen Abdeckung als auch hinsichtlich der Vermessung in vertikalen Profilen. In der Regel ist es zweckmäßig, die Vermessung in zwei voneinander unabhängige Erkundungsphasen zu gliedern, die jedoch in einer Messfahrt organisiert sein können.

Die erste Phase beinhaltet die geophysikalischen Messungen, um einen linienhaften Ein- und Überblick über das Messgebiet zu erhalten. Während dieses ersten Messabschnitts sollen die bathymetrische Messung mit einem Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES), die Erfassung der Meeresbodenoberfläche mit SSS sowie flachseismische Messungen (z. B. Boomer, Chirp Sonar, Pinger, parametrisches Lot) zur Bestimmung der geologischen Einheiten im Profil durchgeführt werden. Es wird dringend empfohlen, die SSS-Vermessung mit einer Metalldetektionsmessung zu kombinieren. Die detaillierten Anforderungen an das jeweilige Messprinzip sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Der Umfang der Sedimentbeprobung bzw. der geotechnischen Untersuchungen ist auf Grundlage der ausgewerteten und interpretierten geophysikalischen Messergebnisse festzulegen. Bei bisher durchgeführten Kabeltrassenvermessungen in der AWZ der Nordsee lagen die mittleren Beprobungs- bzw. Sondierungsintervalle typischerweise bei bis zu 4 km in geologisch homogenen Kabeltrassenabschnitten, in geologisch komplex aufgebauten Kabeltrassenabschnitten dagegen bei 0,5 km. Zur Klärung komplizierter geologischer Verhältnisse kann es erforderlich sein, dieses Intervall zu unterschreiten.

Nach Auswertung und Interpretation der geophysikalischen Messergebnisse sind auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse gezielt solche Lokationen für die geotechnische und geologische Beprobung auszuwählen, die ein umfassendes Verständnis der geologischen Bedingungen entlang der Kabeltrasse hinsichtlich der Kabelinstallation ermöglichen. Dies umfasst die Beprobung aller relevanten geophysikalischen Einheiten, die auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse mit SSS bzw. flachseismischen Messungen identifiziert und auskartiert wurden. Lokationen, die der Absicherung der geologischen Interpretation aus den geophysikalischen Messungen dienen, sind ebenfalls zu beproben. Zeigen die geophysikalischen Messergebnisse auffällige und/oder besondere seismische Reflektoren, so wird dringend empfohlen, diese mit geotechnischen Methoden zu untersuchen. Dies gilt insbesondere, wenn z. B. Torf, Tonlinsen, Geschiebemergel u. ä. zu erwarten sind. Zur Beprobung bzw. geotechnischen Untersuchung der Sedimente können z. B. Vibrokerngeräte, Kolben- und Schwereleote, Greifer sowie Drucksondierungen (CPT) zum Einsatz kommen. Nähere Details zu den Mindestanforderungen sind Tabelle 10 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Kabeltrassenvermessung sind in einem eigenständigen und ausführlichen Bericht darzustellen. Neben einer kurzen Projektbeschreibung sind die an den Arbeiten beteiligten Personen zu nennen, die zur Datenerhebung genutzten Systeme zu beschreiben, sowie die Messprozeduren darzulegen. Die Datenverarbeitung sowie die sich anschließende Auswertung und Interpretation sind zu erläutern. Die geophysikalischen und geotechnischen Ergebnisse sind getrennt zu präsentieren, bevor sich eine zusammenfassende geologische Auswertung anschließt. Dabei sind u. a. zusätzlich zu Klassifizierung nach DIN 18311 charakteristische Werte der undrännierten Scherfestigkeit (für bindige Böden) und der Lagerungsdichte (nichtbindige Böden) zu benennen. Weitere Details zum Berichtswesen sowie zur kartographischen Darstellung sind Tabelle 10 zu entnehmen.

**Tabelle 10:** Anforderungen an die geologisch-geotechnische Baugrunderkundung und -untersuchung für Kabeltrassen.

	<b>Trassenerkundung</b>	<b>Überwachung</b>
<b>Ziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung der tatsächlichen Installationsroute und der Kabellänge</li> <li>• Erfassung der geplanten Kabeltrasse hinsichtlich Bathymetrie und Morphologie einschl. aller für die Kabelinstallation relevanten Aspekte</li> <li>• Untersuchung der Sedimentzusammensetzung, der geologischen Lagerungsverhältnisse und der geotechnischen Eigenschaften des oberen Meeresbodens inkl. aller für die Kabelinstallation relevanten Aspekte</li> <li>• Kartierung von Wracks, sonstigen Hindernissen und, wenn sich ein Hinweis auf ein entsprechendes Vorkommen ergibt, Munitionsvorkommen</li> <li>• Exakte Positionierung bereits vorhandener Kabel und Pipelines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung möglicher Gefährdungen des Kabels</li> <li>• Kontrolle von Steinschüttungen oder vergleichbaren Maßnahmen zur Sicherung der Kabel</li> <li>• Erfassung der vorgeschriebenen Mindestbedeckung des Kabels mit Sedimenten als Schutz vor Gefährdungen</li> </ul>
<b>Umfang</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der geplanten Kabeltrasse mit geologischen, geophysikalischen und geotechnischen Methoden</li> <li>• Flächendeckende Vermessung eines Korridors, der der Breite der geplanten Kabeltrasse zuzüglich eines Abstands beidseits der Trasse von mind. 50 m entspricht, mit Seitensichtsonar und Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES)</li> <li>• Linienhafte Vermessung der geplanten Kabeltrasse mit hochauflösenden flachseismischen Methoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung der gesamten Kabeltrassen in den ersten Jahren</li> <li>• Nach Vorlage einer ausreichenden Datenbasis können im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen modifizierte Überwachungsintervalle beantragt werden</li> </ul>
<b>Zeitraumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmalig als Grundlage für die Planung der Installation, in morphologisch veränderlichen Gebieten erforderlichenfalls eine Wiederholungsmessung zeitnah vor der Installation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die ersten Jahre nach Installation einmal pro Jahr, jeweils im Frühjahr</li> </ul>

<b>Methoden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES); Datendichte ausreichend zur Erstellung eines digitalen Geländemodells mit mind. 1 m Auflösung</li> <li>• Positionierung des Schiffes und der fest installierten Sensoren sowie Genauigkeit für reduzierte Tiefen in Anlehnung an IHO (2008) für Special Order Surveys</li> <li>• Seitensichtsonar; Frequenz 100 kHz oder höher; Messbereich max. 2 x 100 m; Erkennung von Objekten &gt; 0,5 m Kantenlänge; digitale Aufzeichnung; Fahrgeschwindigkeit so gewählt, dass Flächendeckung gewährleistet ist; Positionierung des Gerätes besser als 10 m</li> <li>• Subbottom-Profiler, Chirp Sonar oder alternative Systeme mit vergleichbarer oder besserer Leistung; vertikales Auflösungsvermögen mind. 0,5 m</li> <li>• Vibrocorer bzw. Drucksondierung (Cone Penetration Tests) bis in die geplante Installationstiefe des Kabels, Abstände sind auf der Basis der geophysikalischen Ergebnisse festzulegen</li> <li>• Magnetometer oder aktives Metall-Detektionssystem</li> <li>• Wärmeleitfähigkeitsmessungen in Bereichen der Kabeltrasse, in denen eine Beschränkung des Kabelbetriebs durch geringe Wärmeleitfähigkeit des Meeresbodens zu erwarten ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fächerecholot (Multi-Beam Echosounder, MBES); Datendichte ausreichend zur Erstellung eines digitalen Geländemodells mit mind. 1 m Auflösung</li> <li>• Positionierung des Schiffes und der fest installierten Sensoren sowie Genauigkeit für reduzierte Tiefen in Anlehnung an IHO (2008) für Special Order Surveys</li> <li>• Seitensichtsonar; Frequenz 100 kHz oder höher; Messbereich max. 2 x 100 m; Erkennung von Objekten &gt; 0,5 m Kantenlänge; digitale Aufzeichnung; Fahrgeschwindigkeit so gewählt, dass Flächendeckung gewährleistet ist; Positionierung des Gerätes besser als 10 m</li> </ul>
<b>Ergebnisdarstellung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartographische Darstellung sämtlicher Ergebnisse der Vermessung in integrierter Form in Alignment Charts (horizontaler Maßstab 1 : 5000, vertikaler Maßstab 1 : 100 oder 1 : 150)</li> <li>• Darstellung sämtlicher Ergebnisse der Vermessung in einem Bericht in integrierter Form; Karten und Bericht sollen sich sinnvoll ergänzen und aufeinander Bezug nehmen; eine Dokumentation der verwendeten Ausrüstung, Zeitraum und Ablauf der Vermessung, Messbedingungen, Probleme etc. sind in den Bericht aufzunehmen</li> <li>• Spezialkarten der Anlandungen und der Kabel- und Pipelinekreuzungen</li> <li>• Karten zusätzlich im GIS- oder CAD-Format</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartographische Darstellung sämtlicher Ergebnisse der Vermessung in integrierter Form in Alignment Charts (horizontaler Maßstab 1 : 5000, vertikaler Maßstab 1 : 100 oder 1 : 150)</li> <li>• Darstellung sämtlicher Ergebnisse der Vermessung in einem Bericht in integrierter Form. Karten und Bericht sollen sich sinnvoll ergänzen und aufeinander Bezug nehmen. Eine Dokumentation der verwendeten Ausrüstung, Zeitraum und Ablauf der Vermessung, Messbedingungen, Probleme etc. sind in den Bericht aufzunehmen</li> <li>• Karten zusätzlich im GIS- oder CAD-Format</li> </ul>

**Anhang 1: Literatur**

- Balthes, R., Thiele, R. und G. v. d. Zwaag, 2005: Geotechnische Erkundungen im nearshore- und offshore-Bereich zur Ermittlung von Bodenkennwerten für die Bemessung von Pfahlgründungen. Pfahl-Symposium 2005, 24.–25.02.2005, TU Braunschweig.
- Fugro-McClelland Ltd., 1993: UK Offshore Site Investigation and Foundation Practices, FML Report No. 92/2549-1(03). In: Health and Safety Executive, Offshore Technology Report – OTO 93024, Sheffield.
- Lunne, T, Robertson, P.K. and Powell, J.J.M., 1997: Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice, Blackie Academic & Professional, London.
- McClelland, B. und M. D. Reifel, 1986: Planning and Design of Fixed Offshore Platforms. Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York.

## Anhang 2: Normen, Richtlinien und Regelwerke

- API RP 2A-WSD. Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design. 21<sup>st</sup> Edition, American Petroleum Institute, 2000.
- Classification Notes No. 30.4. Foundations. Det Norske Veritas.
- DIN 1054. Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1.
- DIN 4020. Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2.
- DIN 4023. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen.
- DIN 4094-2. Baugrund – Felduntersuchungen, Teil 2: Bohrlochrammsondierung.
- DIN 18121-1. Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt – Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung.
- DIN 18121-2. Baugrund – Untersuchungen von Bodenproben; Wassergehalt – Teil 2: Bestimmung durch Schnellverfahren.
- DIN 18122-1. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.
- DIN 18122-2. Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 2: Bestimmung der Schrumpfgrenze.
- DIN 18123. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung.
- DIN 18125-1. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens – Teil 1: Laborversuche.
- DIN 18126. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nicht bindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung.
- DIN 18129. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung.
- DIN 18130-1. Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts – Teil 1: Laborversuche.
- DIN 18135. Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Eindimensionaler Kompressionsversuch.
- DIN 18137-2. Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Scherfestigkeit – Teil 2: Triaxialversuch.
- DIN 18137-3. Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Scherfestigkeit – Teil 3: Direkter Scherversuch.
- DIN 18196. Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.
- DIN 18300. VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten.
- DIN 18311. VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Nassbaggerarbeiten.
- DIN EN 1997-1. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.
- DIN EN 1997-1/NA. Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.
- DIN EN 1997-2. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.
- DIN EN 1997-2/NA. Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter. Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.
- DIN EN ISO 10012: Standard on Measurement Management Systems – Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment.



- DIN EN ISO 14688-1. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 4688 1); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1.
- DIN EN ISO 14689-1. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1); Deutsche Fassung EN ISO 14689-1.
- DIN EN ISO 19901-8. Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 8: Marine soil Investigations (ISO/DIS 19901-8:2013); English version prEN ISO 19901-8.
- DIN EN ISO 22475-1. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1.
- DIN EN ISO 22476-1. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (ISO 22476-1); Deutsche Fassung EN ISO 22476-1.
- DNV-OS-J101. Design of Offshore Wind Turbine Structures. Det Norske Veritas.
- EA Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 2. Auflage, 2012, Ernst & Sohn, Berlin.
- Empfehlungen des Arbeitskreises Baugrunderdynamik der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, 1. Auflage, 2002, Eigenverlag des Grundbau-Instituts der Technischen Universität Berlin.
- Guideline for the Certification of Offshore Wind Turbines. GL Renewables Certification, Hamburg.
- IHO (2008): Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No. 44, 5<sup>th</sup> Edition, International Hydrographic Bureau, Monaco.
- Standard Konstruktion – Mindestanforderungen an die konstruktive Ausführung von Offshore-Bauwerken in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, BSH-Nr. 7005.

### Anhang 3: Abkürzungsverzeichnis

API	American Petroleum Institute
AWZ	ausschließliche Wirtschaftszone
BDP	Borehole Dynamic Probing (Bohrlochrammsondierung)
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CAD	Computer Aided Design
CU	consolidated undrained shear test (konsolidierter undrainierter Triaxialversuch)
CCV	consolidated constant volume test (konsolidierter drainierter Triaxialversuch mit konstant gehaltenem Volumen)
CPT	Cone Penetration Test(s)
CPTu	Piezocone Penetrometer Test(s)
D	Durchmesser
DGGT	Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
DIN	Deutsche Industrienorm
DNV	Det Norske Veritas
EA	Empfehlungen des Arbeitskreises
EC	Eurocode
EN	Europannorm
ETRS 89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
EV	Entwurfsverfasser
FPGt	Fachplaner für Geotechnik
GIS	Geographisches Informationssystem
GK	Geotechnische Kategorie
IHO	International Hydrographic Organization
ISO	International Organization for Standardization
LAT	Lowest Astronomical Tide
MBES	Multi-Beam Echosounder
MSL	Mean Sea Level
NA	Nationales Anwendungsdokument
OS	Offshore Standard
SeeAnIV	Seeanlagenverordnung
SKN	Seekartennull
SSS	Seitensichtsonar
SVGt	Sachverständiger für Geotechnik
UTM	Universal Transversal Mercator Gridsystem
UU	unconsolidated undrained shear test (unkonsolidierter undrainierter Triaxialversuch)
UW	Umspannwerk
WEA	Windenergieanlage(n)
WGS 84	World Geodetic System 1984
WSD	Working Stress Design



