

DIN 18088-4

ICS 27.180

Einsprüche bis 2018-01-10

Entwurf

Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 4: Baugrund und Gründungselemente

Structures for wind turbines and platforms –
Part 4: Soil and foundation elements

Structures de aérogénérateurs et de plates-formes –
Partie 4: Terrain et éléments de la fondation

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	6
5 Grundlagen der geotechnischen Bemessung	6
5.1 Allgemeines	6
5.2 Geotechnische Kategorien	7
5.3 Bemessungssituationen	7
5.4 Einwirkungen	7
5.5 Geometrische Vorgaben/Kolkbildung	8
5.6 Nachweis der Grenzzustände	8
5.7 „Statische und dynamische“ Bodenkennwerte	8
6 Baugrunderkundung und -untersuchung	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Planung von Baugrunduntersuchungen	9
6.2.1 Voruntersuchung	9
6.2.2 Hauptuntersuchung	9
6.2.3 Baugrunduntersuchung für Einzelbauwerke	10
6.3 Geologische Erkundung mit geophysikalischen Verfahren für Offshore Windenergieanlagen und Plattformen	10
6.3.1 Allgemeines	10
6.3.2 Anforderungen an die Tiefenvermessung	10
6.3.3 Anforderungen an seismische Untersuchungen	10
6.4 Probenentnahme	11
6.5 Felduntersuchungen	11
6.6 Laborversuche	11
7 Flachgründungen	11
7.1 Allgemeines	11
7.2 Anforderung an die Baugrundersatzfedersteifigkeit	12
7.3 Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit	14
7.3.1 Gesamtstandsicherheit	14
7.3.2 Stabilität des Meeresbodens (offshore)	14
7.3.3 Grundbruch- und Gleitsicherheit	14
7.3.4 Lage- und Kippsicherheit inklusive Auftriebssicherheit	15
7.4 Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	15
7.4.1 Gründungssteifigkeiten für Lastenberechnungen	15
7.4.2 Setzung und Fundamentverdrehung (Schiefstellung)	15
7.4.3 Begrenzung der klaffenden Fuge	15
7.4.4 Besonderheiten bei der Bemessung – Offshore	16
7.5 Gründung auf Baugrundverbesserungen	16
7.5.1 Allgemeines	16
7.5.2 Vorgehensweise beim Nachweis bzw. Feldversuch	16
7.6 Sondermaßnahmen – Offshore	17
7.6.1 Anordnung und Wirksamkeit von Fundamentschürzen	17

7.6.2	Verpressen von Sohlfugen.....	17
7.6.3	Hinweise zur Bauausführung.....	17
8	Pfahlgründungen	17
8.1	Allgemeines	17
8.1.1	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen.....	17
8.2	Grenzzustände	18
8.2.1	Nachweisformat	18
8.2.2	Streuungsfaktoren, Modellfaktoren.....	18
8.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen.....	19
8.3.1	Berücksichtigung Kolkbildung.....	19
8.3.2	Einfluss aus Installationseffekten bei Offshore-Windenergieanlagen	20
8.4	Ermittlung von Pfahlwiderständen	21
8.4.1	Allgemeines	21
8.4.2	Axial beanspruchte Pfähle	22
8.4.3	Quer zur Pfahlachse beanspruchte Pfähle	24
8.5	Widerstände aus Pfahlprobelbelastungen.....	26
8.5.1	Statische Pfahlprobelbelastungen.....	26
8.5.2	Dynamische Pfahlprobelbelastungen	27
9	Offshore-Gründungen mit Suction Caissons.....	28
9.1	Allgemeines	28
9.1.1	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen.....	28
9.2	Grenzzustände	28
9.3	Bemessungssituationen, Einwirkungen und geometrische Angaben.....	28
9.3.1	Allgemeines	28
9.3.2	Baugrundmodelle für Suction Caissons	28
9.3.3	Interaktionen im Installationsprozess.....	29
9.4	Erforderliche Untersuchungen und Nachweise für den Installationsvorgang	29
9.5	Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	30
9.5.1	Allgemeines	30
9.5.2	Nachweismethode	30
9.5.3	Numerische Methoden für geotechnische Berechnungen von Suction-Caisson-Gründungen	30
9.6	Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	32
9.6.1	Allgemeines	32
9.6.2	Auswirkungen zyklischer Belastungen	32
9.7	Bemessung der Bauteile	32
9.7.1	Hinweise zum Beulsicherheitsnachweis für die Installationsphase	32
9.7.2	Untersuchungen und Nachweise für den Deinstallationsvorgang.....	32
	Literaturhinweise.....	33

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-51-07 AA „Windenergieanlagen“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Dieses Dokument ergänzt DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054 sowie zu DIN EN 1997-2, DIN EN 1997-2/NA und DIN 4020 im Hinblick auf den Baugrund und die Gründung von Windenergieanlagen.

Rahmen und Aufbau dieses Dokuments orientieren sich an DIN EN 1997-1 und DIN 1054 sowie DIN EN 1997-2 und DIN 4020. Dieses Dokument enthält jedoch Prinzipien und Anwendungsregeln, die ausschließlich für Windenergieanlagen und Plattformen gelten.

Im Einzelnen werden die folgenden Sachverhalte geregelt:

- Abschnitt 6 Baugrunderkundung und Untersuchung;
- Abschnitt 7 Flachgründungen;
- Abschnitt 8 Pfahlgründungen;
- Abschnitt 9 Offshore-Gründungen mit Suction Caissons.

Alle Absätze von DIN EN 1997-1 und DIN 1054 sowie DIN EN 1997-2 und DIN 4020 gelten weiterhin, wenn sie nicht in diesem Dokument spezifiziert oder ergänzt werden.

Es ist beabsichtigt, dass diese Normenreihe zusammen mit der DIN EN 1990 und den Normen DIN EN 1991 bis EN 1999 sowie der Normenreihe DIN EN 61400 angewendet wird.

DIN 18088, *Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen* besteht aus:

- *Teil 1: Grundlagen und Einwirkungen;*
- *Teil 2: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke;*
- *Teil 3: Stahlbauten;*
- *Teil 4: Baugrund und Gründungselemente;*
- *Teil 5: Verbindungen zwischen Stahlbauten und Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.*

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Baugrunduntersuchung und für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung sowie für die geotechnischen Nachweise für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit der Gründungselemente von Windenergieanlagen und Plattformen. Konstruktion, Bemessung und Ausführung der Gründungselemente für Windenergieanlagen und Plattformen richten sich nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054.

Der Anwendungsbereich für Flach- und Pfahlgründungen regelt sich wie angegeben in DIN EN 1997-1. Im Hinblick auf Sondergründungen ist der Anwendungsbereich in 9.1.1 angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1054:2010-12, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

DIN 4019:2015-05, *Baugrund — Setzungsberechnungen*

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2*

DIN 4084:2009-01, *Baugrund — Geländebruchberechnungen*

DIN EN 1992 (alle Teile), *Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*

DIN EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten*

DIN EN 1997-1:2009-09, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 +AC:2009*

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 1997-2:2010-10, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Untergrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 +AC:2010*

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 Untergrunds*

DIN EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

DIN EN ISO 22475-1:2007-01, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006*

DIN EN ISO 22476-2, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 2: Rammsondierungen*

DIN EN ISO 22476-12, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 12: Drucksondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern*

DIN EN 61400-2, *Windenergieanlagen — Teil 2: Anforderungen für kleine Windenergieanlagen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1997-1:2009-09, DIN EN 1997-2 und DIN 18088-1 sowie die folgenden Begriffe.

3.1

Installationsdruck

abgesenkter veränderlicher Wasserdruck innerhalb des Caissons während des Installationsprozesses

3.2

Schürze (skirt)

zylindrische Stahl- oder Betonschale, die teilweise oder vollständig in den Baugrund eindringt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Man unterscheidet äußere und innere Schürzen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Äußere Schürzen bei Suction Caissons haben i. A. den gleichen Umfang wie der Deckel; innere Schürzen teilen die umschlossene Fläche in Teilflächen (compartments).

3.3

Suction Anchor

Suction Caisson für vorwiegende Zugbeanspruchung

3.4

Suction Caisson

Zylindrische Stahl- oder Betonschale mit Deckel, die unter Nutzung von Eigengewicht und Unterdruck statisch in den Baugrund eingedrückt wird

3.5

Suction Pile

Schlanker Suction Caisson mit Abmessungen Länge/Durchmesser > 5

3.6

zyklische/dynamische Systemantworten

Systemantworten, die sich dadurch unterscheiden, dass bei den dynamischen Systemantworten die Massenkkräfte zu berücksichtigen sind, wogegen diese bei den zyklischen Systemantworten vernachlässigt werden dürfen

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach DIN EN 1997-1:2009-09 und DIN EN 1997-2.

5 Grundlagen der geotechnischen Bemessung

5.1 Allgemeines

Da der Erfahrungsschatz ausgeführter Windenergieanlagen-Projekte Offshore noch sehr eingeschränkt ist, sind bei der Planung alle nach DIN EN 1997-1:2009-09 erforderlichen Grenzzustände nachzuweisen.

Die Gründungselemente der Offshore-Windenergieanlagen und der Plattformen sind anhand geeigneter repräsentativer Messgrößen direkt oder indirekt so zu überwachen, dass für die Standsicherheit ungünstige Abweichungen der relevanten Einflussgrößen von den Ansatzwerten (Einwirkungen und Widerstände) zur Nachweisführung erkannt werden (monitoring).

Werden bei der Nachweisführung für die Gründungselemente Vorgehensweisen und Verfahren zur Berücksichtigung zyklischer Einwirkungen verwendet, die nicht durch hinreichende Erfahrungen abgesichert sind, ist das diesbezügliche Verhalten der Gründungselemente wie oben beschrieben zu überwachen (monitoring).

Soweit die Ergebnisse von Sicherheitsnachweisen für Offshore-Windenergieanlagen und Plattformen nicht zweifelsfrei sind und für das jeweils behandelte Problem nicht dementsprechend hinreichende Sicherheitsreserven des Objekts gezeigt werden, ist anstelle des rechnerischen Nachweises der Grenzzustände nach DIN-EN-1997-1:2009-09, 2.4, die Beobachtungsmethode nach DIN EN 1997-1:2009-09, 2.7, anzuwenden.

Für Sondergründungen sind neben den Nachweisen für den Endzustand die in Abschnitt 9 definierten, während der Herstellung maßgeblichen Grenzzustände zu untersuchen.

5.2 Geotechnische Kategorien

Hinsichtlich der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität geotechnischer Untersuchungen, Standortsicherheitsnachweisen und der Bauausführung sind die Gründungen von Windenergieanlagen sowohl Offshore als auch Onshore und die Gründungen von Offshore-Plattformen in die Geotechnische Kategorie 3 nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 einzustufen.

Gründungen von Onshore-Windenergieanlagen dürfen in die Geotechnische Kategorie 2 eingestuft werden, soweit eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Kleinwindanlage nach DIN EN 61400-2 deren überstrichene Rotorfläche kleiner ist als 200 m² und deren erzeugte Spannung unter 1 000 V Wechselspannung bzw. 1 500 V Gleichspannung liegt;
- Flachgründungen direkt auf Fels oder felsähnlichem Boden, wobei ein lagenweise verdichtetes, maximal 1 m mächtiges Sand- oder Schotterpolster vorhanden sein darf.

Bei Windenergieanlagen der Geotechnischen Kategorie 3 sind für die Festlegung der standortbezogenen Baugrunderkundung und der rechnerischen Nachweisführung vertiefte Erfahrungen auf diesem Gebiet der Geotechnik erforderlich.

5.3 Bemessungssituationen

Für die Nachweise sind die Bemessungssituationen BS-P, BS-T oder BS-A nach DIN 1054:2010-12, 2.2 A (4), in den Einwirkungskombinationen nach DIN 18088-1:2017-12, Abschnitt 8, entsprechend Anhang A zuzuordnen.

5.4 Einwirkungen

Die Einwirkungen, Einwirkungskombinationen und Lastfälle sind entsprechend den Vorgaben der DIN 18088-1:2017-12, Abschnitt 8, zu berücksichtigen.

Bei Offshore-Windenergieanlagen und Plattformen ist zur Untersuchung der potentiellen Tragfähigkeitsminderung eines zyklisch belasteten Gründungssystems das in DIN 18088-1, Anhang B, definierte Sturmereignis maßgeblich und ausreichend.

Zur Erfassung der Auswirkung von zyklischen Beanspruchungen darf angenommen werden, dass die Belastungsfolge unterschiedlicher zyklischer Amplituden keinen Einfluss auf die akkumulierten Verformungen und die Degradation der Tragfähigkeit am Ende einer Belastungsphase hat. Es dürfen Einstufen-Kollektive in Form äquivalenter Lastzyklen mit konstanter Amplitude und Periodendauer aus Lasten unterschiedlicher zyklischer Sohlspannungen, Biegemomente oder Verformungen der Gründungkörper abgeleitet werden. Die Angemessenheit der Vereinfachung ist unter Berücksichtigung des gewählten Nachweisverfahrens und der für Standort und Gründungselement spezifischen Randbedingungen darzulegen. Hinweise zur Ableitung eines Einstufen-Kollektives enthält EA-Pfähle:2012-01 [2], 13.4.2.

Da eine kombinierte Einwirkung aus Meeresströmung und Wellen eine Vergrößerung der hydrodynamischen Belastung an Gründungen zur Folge hat, siehe z. B. [1], sind die beiden Einwirkungen bei der Untersuchung der Kalksicherheit in ungünstiger Kombination zu berücksichtigen.

Regelungen für Windenergieanlagen im Erdbebengebiet sind in DIN 18088-1 angegeben.

5.5 Geometrische Vorgaben/Kalkbildung

Bei der Planung und dem Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen und Plattformen ist die Kalksicherheit mit mindestens einer der zwei nachfolgenden Methoden nachzuweisen bzw. zu gewährleisten:

- Konservative Bemessung der Gründung unter Einrechnung der zu erwartenden maximalen Kalktiefe;
- Planung und Ausführung von Kalkschutzmaßnahmen an der Gründung.

Der Meeresboden im Bereich um die Gründung ist zu überwachen. Dabei sind Maßnahmen zur Vermeidung nichtzulässiger weiterer Kalkbildungen vorzusehen und bei Erfordernis zu ergreifen.

Für eine Abschätzung des Kalkbildungspotentials bzw. der Materialeignung zum Kalkschutz darf z. B. das Diagramm „Conceptual Model for Scour Development“ in [13] verwendet werden.

Die Wirksamkeit einer vorgesehenen Kalkschutzmaßnahme ist im Labor unter standortspezifischen hydraulischen Randbedingungen durch Modellversuche nachzuweisen. Soweit hinreichende Erfahrungen unter ähnlichen hydraulischen und gründungstechnischen Randbedingungen vorliegen, darf auf Modellversuche im Labor verzichtet werden.

Bei Verwendung eines mineralischen Kalkschutzes ist die Stabilität der als Kalkschutz geplanten Schutz- und Filterschicht gegen Kalkbildung sicherzustellen. Hierbei ist der Nachweis gegen hydraulischen Materialtransport (z. B. innere Erosion nach DIN EN 1997-1:2009-09) zu führen.

Zur Berücksichtigung von Kalkbildungen bei Pfahlgründungen sind die Regelungen im Abschnitt 8 einzuhalten.

5.6 Nachweis der Grenzzustände

In E DIN 18088-1:2017-12, Tabelle 3, sind für Onshore-Windenergieanlagen drei Lastniveaus unter Betriebsbedingungen für den Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit definiert.

In E DIN 18088-12017-12, Anhang B, ist für die Gründungen von Offshore-Windenergieanlagen und Plattformen zusätzlich der Lastfall „Parken 35 h – Sturm“ für Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen eingeführt. Dieser Lastfall ist für die Untersuchung bzw. den geotechnischen Nachweis der potenziellen Tragfähigkeitsreduzierung und Verformungsakkumulation eines zyklisch belasteten Gründungssystems während eines Sturmereignisses mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren und einer geparkten Anlage anzusetzen.

Die inneren Grenzzustände von Gründungselementen sind nach E DIN 18088-2 bzw. E DIN 18088-3 nachzuweisen.

5.7 „Statische und dynamische“ Bodenkennwerte

Die bei der Ermittlung der Baugrundersatzsteifigkeiten erforderlichen Bodenkennwerte sind durch Labor- oder Feldversuche zu bestimmen.

Diese sind für die jeweilige Bodenart und abhängig vom herrschenden Spannungszustand und vom zu erwartenden Verzerrungsniveau zu ermitteln.

Zur Berücksichtigung der komplexen Abhängigkeit der Bodenkennwerte vom Spannungs- und Verzerrungszustand in der Entwurfspraxis mit vereinfachten Verfahren werden der derzeit geläufigen Praxis entsprechend die Begrifflichkeiten „statische“ und „dynamische“ Bodenkennwerte bzw. Gründungssteifigkeiten weiterhin verwendet. Beim Nachweis einer „dynamischen“ Gründungssteifigkeit kann dabei dann vereinfachend das Lastniveau D.3 (siehe E DIN 18088-1:2017-12, Tabelle 3) zugrunde gelegt werden. Im Vergleich dazu darf für den Nachweis einer „statischen“ Gründungssteifigkeit vereinfachend das Lastniveau D.1 angenommen werden.

6 Baugrunderkundung und -untersuchung

6.1 Allgemeines

Bei Bauwerken unter vorwiegender zyklischer Belastung (wie z. B. Offshore-Bauwerken) ist darzustellen, wie das Baugrundverhalten unter zyklischer Belastung für den Gründungsvorschlag im Zuge der Planung berücksichtigt wird.

6.2 Planung von Baugrunduntersuchungen

6.2.1 Voruntersuchung

In einer Voruntersuchung sind bei Offshore-Windenergieanlagen an mindestens 10 % der Standorte ein direkter Aufschluss mit Probenentnahme sowie ein indirekter Aufschluss bzw. eine Kombination beider Baugrundaufschlussverfahren auszuführen. Art und Lage der Baugrundaufschlüsse sind unter Berücksichtigung sonstiger geologischer Erkenntnisse wie z. B. der Ergebnisse von geophysikalischen Untersuchungen nach 6.3 und repräsentativ für die Fläche des Baufeldes festzulegen. Hierfür ist Sachkunde und Erfahrung auf dem Gebiet der Geotechnik erforderlich.

Die Anzahl und Aufschlusstiefe der direkten und indirekten Baugrundaufschlüsse müssen ausreichend sein, um die im Rahmen der Vorentwurfsplanung vorgesehenen Gründungsvarianten bearbeiten zu können. Die Aufschlusstiefe ist unter Berücksichtigung von DIN EN 1997-2:2010-10, B.3, festzulegen.

Bei Pfählen mit einer überwiegenden horizontalen Bodenbeanspruchung darf die Aufschlusstiefe unter Pfahlfuß auf 1,5 mal den Pfahldurchmesser begrenzt werden.

Sondergründungen mit Suction Caissons sind abhängig von der überwiegenden Art der Bodenbeanspruchung in diesem Zusammenhang wie Pfahl- oder Flachgründungen zu behandeln.

6.2.2 Hauptuntersuchung

Die Abstände der Untersuchungspunkte und Tiefen der Aufschlüsse sind unter Berücksichtigung von DIN EN 1997-2:2010-10, B.3, festzulegen. Für Pfähle mit überwiegender horizontaler Bodenbeanspruchung und für Sondergründungen mit Suction Caissons gelten die Regelungen nach 6.2.1.

Für Offshore-Windenergieanlagen ist im Anschluss an die Voruntersuchung nach 6.2.1 mindestens ein Aufschluss je Offshore-Windenergieanlage auszuführen. Bei Anlagen mit flächigen Gründungsformen bzw. Gründungsformen mit großem Abstand der Gründungselemente, sind in der Regel mindestens vier Baugrundaufschlüsse, jeweils in den Eckbereichen der Struktur auszuführen. Von diesen Baugrundaufschlüssen ist mindestens einer als direkter Aufschluss mit Probenentnahme auszuführen.

Onshore-Windenergieanlagen sind im Rahmen der Hauptuntersuchung mit mindestens drei Baugrundaufschlüssen je Fundament zu erkunden, wobei mindestens ein direkter Baugrundaufschluss auszuführen ist. Für nichtbindige Böden ist als direkter Aufschluss die Erkundung mittels Kleinrammbohrung zulässig, sofern sie in Kombination mit ergänzenden Sondierungen (z. B. Druck- oder Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 bzw. DIN EN ISO 22476-12) ausgeführt wird.

6.2.3 Baugrunduntersuchung für Einzelbauwerke

Bei Einzelbauwerken wie Offshore-Plattformen ist die Zusammenlegung von Vor- und Hauptuntersuchung in einer Untersuchungskampagne zulässig. In der Regel sind mindestens vier Baugrundaufschlüsse, jeweils in den Eckbereichen der Struktur, auszuführen. Von diesen Baugrundaufschlüssen ist mindestens einer als direkter Aufschluss mit Probenentnahme auszuführen.

6.3 Geologische Erkundung mit geophysikalischen Verfahren für Offshore Windenergieanlagen und Plattformen

6.3.1 Allgemeines

Geophysikalische Untersuchungen wie Fächerecholotvermessung, Seitensichtsonar- und seismische Aufnahmen sind zur flächenmäßigen Erfassung der Baugrundverhältnisse im Planungsgebiet und entlang der Kabeltrassen geeignet, sofern sie die geplanten Standorte der Windenergieanlagen und Plattformen entsprechend berücksichtigen.

6.3.2 Anforderungen an die Tiefenvermessung

6.3.2.1 Echolotvermessung (Fächerecholot)

Die Echolotvermessung muss eine flächendeckende Übersicht über die bathymetrischen Verhältnisse des Windparks ermöglichen. Die Positionierung muss besser als 5 m + 5 % der Wassertiefe betragen. Die Genauigkeit für reduzierte Tiefen hat nach IHO (2008) [3] für Order 1b Surveys zu erfolgen.

6.3.2.2 Anforderungen an Seitensichtsonar-Untersuchungen

Seitensichtsonar-Untersuchungen müssen einen flächendeckenden Überblick über die vorkommenden Sedimenttypen und -strukturen ermöglichen. Zur Verifizierung der Sedimenttypen sind Greiferproben zu entnehmen oder Unterwasser-Videoaufnahmen durchzuführen. Es sind Systeme zu verwenden, welche die Erkennung von Objekten mit einer Kantenlänge von 1 m ermöglichen. Für geschleppte Systeme ist eine Positionierung des Gerätes von besser als 10 m erforderlich.

6.3.3 Anforderungen an seismische Untersuchungen

Seismische Untersuchungen müssen einen flächendeckenden Überblick über den Untergrundaufbau im Planungsgebiet des Windparks ermöglichen. Das umfasst die Abbildung von Schichtgrenzen im Baugrund und die Detektion von Einlagerungen.

Es ist eine rasterförmige Erkundung des Offshore-Baufeldes durchzuführen. Ein Linienabstand des Rasters von 500 m in Längs- und Querrichtung wird empfohlen; ein maximaler Abstand von 1 000 m darf nicht überschritten werden.

Es sind Impulsquellen, Resonanzquellen oder alternative Systeme mit mindestens vergleichbarer Leistung und hinreichender Signaleindringung zu verwenden. Das Empfangssystem muss in seiner Empfangscharakteristik (Frequenzbereich) mit den verwendeten seismischen Quellen kompatibel sein. Das Mess- und Datenerfassungssystem ist so zu wählen, dass eine Erkundung des Untergrundaufbaus bis zu der nach 6.2.1 festgelegten Aufschlusstiefe erreicht wird. Dabei ist eine vertikale Auflösung von mindestens 1 m zu gewährleisten.

Zur Ergebnisdarstellung sind die Laufzeiten der seismischen Wellen mit Hilfe eines Geschwindigkeitsmodells in Tiefen umzurechnen. Die Ergebnisse der Erkundungsarbeiten sind im Rahmen des Geotechnischen Entwurfsberichtes zu dokumentieren.