

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Mai 2018 (24.05.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2018/091395 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
E02D 9/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/079009

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. November 2017 (13.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 222 601.0  
16. November 2016 (16.11.2016) DE

(71) Anmelder: INNOGY SE [DE/DE]; Opernplatz 1, 45128 Essen (DE).

(72) Erfinder: BIJKERSMA, Niels; Witthof 23f, 22305 Hamburg (DE).

(74) Anwalt: KIERDORF RITSCHEL RICHLY; Sattlerweg 20, 51429 Bergisch Gladbach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

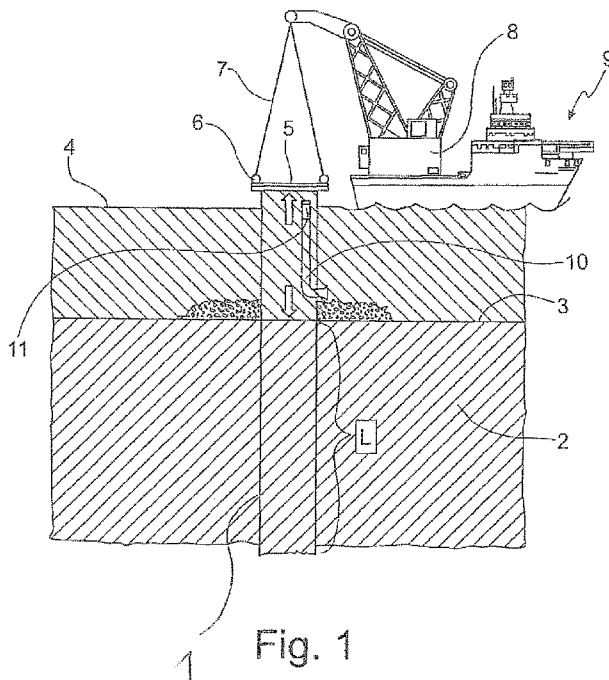
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR DISMANTLING OFFSHORE FOUNDATION STRUCTURES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM RÜCKBAU VON OFFSHORE GRÜNDUNGSSTRUKTUREN



(57) Abstract: The invention relates to a method for dismantling offshore foundation structures comprising at least one hollow pile which, at its leading open end, is driven into the subsoil beneath the seabed in such a way that it encloses soil, wherein the hollow pile is hydraulically and/or pneumatically extracted. In particular, the method includes the extraction of the hollow pile in the form of a monopile (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückbau von Offshore-Gründungsstrukturen mit wenigstens einem Hohlpfahl, der an seinem führenden offenen Ende unter Umschließung von Erdreich in den Meeresuntergrund eingetrieben ist, wobei der Hohlpfahl hydraulisch und/oder pneumatisch extrahiert wird wobei das Verfahren insbesondere die Extraktion eines Monopiles (1) als Hohlpfahl umfasst.

WO 2018/091395 A1

5

### Verfahren zum Rückbau von Offshore Gründungsstrukturen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückbau von Offshore- oder Onshore Gründungsstrukturen mit mindestens einem Hohlpfahl, der an seinem führenden offenen Ende unter Umschließung von Erdreich in den Untergrund eingetrieben ist.

Gründungsstrukturen der vorbezeichneten Art sind beispielsweise „Monopiles“ oder „Tripiles“. Solche Gründungsstrukturen finden überwiegend bei Onshore- oder Offshore-Windenergieanlagen sowie bei Offshore Öl- und Gasförderanlagen Anwendung.

Offshore-Gründungsstrukturen umfassen normalerweise einen oder mehrere Gründungspfähle, die im küstennahen Flachwasser in den Meeresuntergrund eingetrieben wurden, beispielsweise durch Rammen oder Einvibrieren. Beispielsweise Monopiles mit einem Durchmesser von 3 bis 4 m werden bis zu einer Tiefe von etwa 30 m in den Meeresuntergrund eingetrieben. Eine typische Offshore-Windkraftanlage umfasst beispielsweise den zuvor erwähnten Monopile, ein auf den Monopile aufgesetztes Übergangsstück (transition piece) und das auf dem Übergangsstück befestigte Bauwerk, beispielsweise als Turmbauwerk aus einer Vielzahl von Rohrschüssen mit einer darauf angeordneten Gondel, einem in der Gondel angeordneten Generator und einem auf der Welle des Generators angeordneten Rotor.

Wenn die wirtschaftliche Nutzung der Offshore-Gründungsstruktur endet, ist es in der Regel erforderlich, diese zurückzubauen.

Der Rückbau muss bis zu einem bestimmten Niveau relativ zur lokalen Wassertiefe erfolgen. Wird lediglich der obere Teil eines Gründungspfahls entfernt, während der untere Teil dauerhaft im Meeresboden verbleibt, entsteht die Notwendigkeit, den Gründungspfahl in definierter Tiefe abzuschneiden. Voraussetzung hierfür ist die Zugänglichkeit der vorgesehenen Schnittebene für ein Schneidwerkzeug. Der als Hohlpfahl ausgebildete Gründungspfahl muss daher bis zu einer gewissen Tiefe ausgeräumt werden, d.h., dass gegebenenfalls in diesem befindliche Feststoffe wie Sand, Kies, Steine und Klei entfernt werden müssen. Das Schneiden erfordert den Einsatz spezieller Werkzeuge und geht mit erheblichem Zeitaufwand einher.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Rückbau von Gründungsstrukturen bereitzustellen, das einfacher als die bekannten Verfahren durchführbar ist.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ein Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückbau von Gründungsstrukturen mit wenigstens einem Hohlpfahl, der an seinem führenden offenen Ende unter Umschließung von Erdreich in den Meeresuntergrund eingetrieben ist, wobei das Verfahren sich dadurch auszeichnet, dass der Hohlpfahl hydraulisch extrahiert wird. Dabei wird zweckmäßigerweise hydraulisch ein Austreiben bzw. Auftreiben des Hohlpfahls bewirkt, wobei die Gewichtskraft des Hohlpfahls vorzugsweise mittels einer hierfür vorgesehenen Hebeeinrichtung aufgefangen wird.

Unter einem Hohlpfahl im Sinne der vorliegenden Erfindung ist beispielsweise ein Gründungspfahl eines Onshore-Bauwerks oder eines Offshore-Bauwerks, beispielsweise in Form eines Monopiles

zu verstehen. Es handelt sich hierbei um einen an seinem führenden Ende offenen zylindrischen Pfahl aus Stahl, der beispielsweise mittels Rammen oder Vibrieren in den Meeresuntergrund eingetrieben wurde, so, dass der Meeresuntergrund (Sand, Kies, Klei und Gestein) in den von dem Hohlpfahl umschlossenen Hohlraum eingedrungen ist. Naturgemäß ist der Hohlpfahl an seinem führenden Ende durch das in diesen eingedrungene Material verschlossen. Das andere obere Ende des Gründungspfahls kann sich oberhalb der Wasserlinie befinden. Auf dieses Ende ist in der Regel ein Übergangsstück aufgeschlossen, welches das Bauwerk aufnimmt.

Insbesondere durch die hydraulische Extraktion des Hohlpfahls kann das Verfahren ohne ein vorheriges Ausräumen des Hohlpfahls und ohne den Einsatz von Schneidwerkzeugen durchgeführt werden. Je nach Beschaffenheit des Hohlpfahls ist es nicht erforderlich, unter Wasser Schneidarbeiten oder Schweißarbeiten durchzuführen.

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, den Hohlpfahl vollständig zu extrahieren, d.h. vollständig aus dem Meeresuntergrund herauszutreiben und/oder herauszuziehen, sodass keine Rückstände in Meeresboden verbleiben.

Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung umfasst das Verfahren folgende Verfahrensschritte:

- a) Verschließen von Öffnungen des Hohlpfahls,
- b) Anbringen eines Anschlusses für eine Fluidleitung an dem Hohlpfahl, sodass der Anschluss mit einem Hohlraum des Hohlpfahls kommuniziert,
- c) Herstellen einer Verbindung der Fluidleitung mit dem Anschluss,

d) Anschlagen eines Hebezeugs an den Hohlpfahl,

e) Druckmittelbeaufschlagung des Hohlpfahls mit einem über die Fluidleitung bereitgestellten Druckmittel und

5

f) Einholen des Hebezeugs mittels eines Krans unter Extraktion des Hohlpfahls, wobei der Kran die Last des Hohlpfahls aufnimmt.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, nach Rückbau des Bauwerks und gegebenenfalls nach Entfernen des Übergangsstücks, mit Ausnahme der Öffnung am führenden Ende des Hohlpfahls, alle verbleibenden Öffnungen zu versiegeln bzw. dicht zu verschließen und den Hohlraum im Inneren des Hohlpfahls mit Druck zu beaufschlagen, sodass der Druck innerhalb des Hohlpfahls eine Kraft erzeugt, die eine Extraktion des Hohlpfahls unterstützt und/oder bewirkt.

15

Zweckmäßigerweise umfasst das Verfahren ein druckdichtes Verschießen der Öffnungen wenigstens an einem oberen, nicht eingebetteten Ende des Hohlpfahls.

20

Das Druckmittel kann beispielsweise mit einem Druck zwischen 10 und 30 bar in den Hohlraum des Hohlpfahls gepumpt werden, je nach geologischen Gegebenheiten kann es allerdings auch erforderlich sein, ein Vielfaches dieses Drucks aufzuwenden.

25

Der innerhalb des druckdicht versiegelten Hohlpfahls aufgebaute Fluiddruck, beispielsweise in Form von Wasserdruck oder Gasdruck wirkt auf den Boden im Inneren des Hohlpfahls, welcher durch den Untergrund gebildet wird und dementsprechend einer standortabhängige Permeabilität aufweist. Bei sandigen bzw. nicht bindigen Böden ist die Durchlässigkeit beispielsweise größer als bei tonhaltigen bzw. bindigen Böden. Das Entweichen von Wasser/Gas durch den Boden nach unten zur Spitze des Hohlpfahls ist mit einem Druckverlust verbunden. Sowohl das abnehmende Volumen als

30

auch der Druckverlust müssen durch Pumpen oder Verdichter kompensiert werden. Im Falle einer besonders hohen Permeabilität des Bodens können die Druck- und Volumenverluste so groß sein, dass die erforderliche Pumpen- oder Verdichterleistung nicht zur  
5 Extraktion des Hohlpfahls ausreicht.

Eine besonders vorteilhafte und zweckmäßige Variante des Verfahrens, welche sich besonders für die Extraktion von Hohlpfählen in nicht bindigen Böden eignet, zeichnet sich dadurch aus,  
10 dass vor Durchführung des Verfahrensschritts e) eine Verringerung eines während des Verfahrensschritts e) hydraulisch wirksamen Querschnitts des Hohlpfahls im Bereich eines unteren nicht eingespannten Endes des Hohlpfahls umfasst. Der hydraulisch wirksame Querschnitt des Hohlpfahls wird an dessen unterem,  
15 nicht eingespannten Ende durch den vom Untergrund verschlossenen Querschnitt definiert. Das untere Ende des Hohlpfahls im Sinne der vorliegenden Erfindung ist damit das untere Ende des von dem Hohlpfahl umschlossenen Hohlraums, also der Übergangsbereich zwischen Hohlraum und Boden.

20

Die Verringerung des hydraulisch wirksamen Querschnitts des Hohlpfahls im Bereich eines unteren, in den Untergrund nicht eingebetteten Endes kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass vor einer Druckmittelbeaufschlagung ein Durchflussbegrenzer in  
25 Form einer Blende, eines Stopfens oder dergleichen in den Hohlpfahl eingebaut wird.

Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass der Hohlpfahl vor oder während des Verfahrensschritts e) wenigstens  
30 teilweise mit einer Bohrspülung, beispielsweise in Form einer Bentonit Suspension gefüllt wird. Durch das Einbringen einer Bohrspülung lässt sich die Permeabilität des Untergrundes im Bereich der Spitze des Hohlpfahls verringern.

Wenn bei Anwendung des Verfahrens gemäß der Erfindung hydraulisch eine Auftriebskraft erzeugt wird, die größer ist als die Mantelreibung zwischen dem inneren und äußeren Umfang des Hohlpfahls und dem diesen umgebenden und den von diesem beispielsweise umschlossenen Meeresuntergrund. Die Gewichtskraft des Hohlpfahls wird zweckmäßigerweise von der hierfür vorgesehenen Hebeeinrichtung vollständig aufgenommen. Die zur Extraktion des Hohlpfahls erforderliche Kraft wird hydraulisch aufgebracht.

10 Wenn das Verfahren beim Rückbau einer Offshore-Gründungsstruktur angewendet wird, ist die Verwendung eines Kranschiffs zur Extraktion des Hohlpfahls vorgesehen, wobei ein auf dem Kranschiff vorgesehener Kran die Gewichtskraft des Hohlpfahls aufnimmt.

15 Das Verschließen von Öffnungen des Hohlpfahls kann das Einbringen wenigstens eines Verschlusskörpers in oder an wenigstens eine Öffnung des Hohlpfahls umfassen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn wenigstens ein Verschlusskörper von innen in eine Öffnung des Hohlpfahls eingesetzt wird, sodass eine Druckmittelbeaufschlagung des Hohlpfahls eine Abdichtung des Verschlusskörpers verstärkt oder bewirkt.

Verbleibt das Übergangsstück auf dem als Monopile ausgebildeten Hohlpfahl, so kann beispielsweise eine Kabeleinführung in das Übergangsstück (J-tube entry hole) von innen abgedichtet werden.

Bei einer weiteren zweckmäßigen Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Verfahrensschritt a) das Einbringen wenigstens eines Verschlusskörpers oder das Anbringen wenigstens eines Deckelverschlusses in jeweils ein oberes und unteres nicht eingebettetes Ende des Hohlpfahls oder an jeweils einem oberen und unteren nicht eingebetteten Ende des Hohlpfahls umfasst, wobei der Querschnitt des Hohlpfahls an einem führenden nicht eingebetteten Ende nur teilweise verschlossen wird. Das nicht eingebettete Ende des Hohlpfahls im Sinne der vorstehenden

Ausführungen ist der Übergangsbereich des Hohlpfahls zwischen Hohlraum und Boden, wobei der Boden von dem von dem Hohlpfahl umschlossenen Untergrund gebildet wird. Unterhalb dieses Übergangsbereichs ist der Hohlpfahl von dem Untergrund eingespannt, 5 dieser Abschnitt wird auch als Einspannlänge bezeichnet. Die Einspannlänge kann grundsätzlich größer sein als die nicht eingespannte Länge des Hohlpfahls.

Zusätzlich zu der hydraulischen Extraktion des Hohlpfahls im 10 Sinne einer Unterstützung kann vorgesehen sein, dass in dem Hohlraum des Hohlpfahls oder an dem Hohlpfahl unterhalb der Wasserlinie eine Auftriebskammer hergestellt oder angebracht wird, die mit einem Gas befüllt wird.

15 Zweckmäßigerweise werden an dem Hohlpfahl Mittel zum Anschlagen des Hebezeugs befestigt. Als Mittel zum Anschlagen des Hebezeugs können beispielsweise Befestigungshaken oder Befestigungsösen vorgesehen sein.

20 Vor der endgültigen Druckmittelbeaufschlagung des Hohlpfahls zwecks hydraulischer Extraktion kann vorgesehen sein, die Druckfestigkeit des Hohlpfahls zu testen. Deshalb ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Druckmittelbeaufschlagung eine erste und zweite Druckerhöhung umfasst, wobei die erste Druckerhöhung zur 25 Überprüfung der Druckfestigkeit des Hohlpfahls dient.

Als Druckmittel können eine Flüssigkeit und/oder ein Gas verwendet werden.

30 Als Flüssigkeiten kommen beispielsweise Wasser und/oder eine Bohrspülung in Betracht. Als Gas kommt beispielsweise Luft in Betracht. Im Rahmen der Erfindung ist eine Kombination einer Beaufschlagung des Hohlpfahls mit Flüssigkeit und mit Gas möglich. Beispielsweise kann zunächst eine Flüssigkeit als Druckmittel Anwendung finden, anschließend kann die Flüssigkeit 35

teilweise durch ein Gas verdrängt werden, sodass zusätzlich die Auftriebskraft des Gases zur Extraktion benutzt wird.

Wie vorstehend bereits erwähnt, kann als Flüssigkeit auch eine Bohrspülung verwendet werden. Die Bohrspülung kann beispielsweise eine Feststoff/Wasser Suspension sein, die ein oder mehrere Komponenten umfasst, die ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassend Tonmineralien, Bentonit, Bariumsulfat und Polymere, mit denen in besonders vorteilhafter Art und Weise die Viskosität der Flüssigkeit erhöht werden kann.

Alternativ kann eine Mischung von Polymeren und Wasser als Flüssigkeit Anwendung finden.

Obwohl grundsätzlich die für die Druckmittelbeaufschlagung vorgesehene Installation in Form von Pumpen oder Verdichtern beispielsweise auf einer Krananlage oder einem Kranschiff installiert sein können, ist bei einer vorteilhaften Variante der Erfindung vorgesehen, Pumpen und/oder Verdichter auf einer oberen Abdeckung oder auf einem oberen Deckelverschluss des Hohlpfahls oder an einer an dem Hohlpfahl vorzusehenden Aufnahme anzubringen. Dies hat den Vorzug, dass keine Relativbewegung zwischen der Installation für die Druckmittelbeaufschlagung und dem Hohlpfahl während der Extraktion stattfindet. Dadurch werden Schläuche und Anschlüsse nicht belastet. Darüber hinaus wird die Verlegung langer Hochdruckschläuche entbehrlich.

Das Verfahren gemäß der Erfindung umfasst die Extraktion eines Offshore-Gründungselements in Form eines Monopile als Hohlpfahl wobei vor der Anbringung eines Anschlusses für eine Fluidleitung ein eventuell vorhandenes Anschlusselement oder ein eventuell vorhandenes Übergangsstück für ein Turmbauwerk oder eine Plattform entfernt wird und das Verfahren das Anbringen eines Deckelverschlusses auf das obere offene Ende des Monopiles umfasst.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass Übergangsstück auf dem Monopile zu belassen und das Übergangsstück entsprechend abzudichten.

- 5 Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Es zeigen:

- 10 Figur 1 eine schematische Ansicht einer Offshore-Gründungsstruktur, die die Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung nach einem ersten Ausführungsbeispiel veranschaulicht und
- 15 Figur 2 eine schematische Ansicht einer Offshore-Gründungsstruktur, die die Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel veranschaulicht.
- 20 Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Offshore-Gründungsstruktur in Form eines Monopiles 1 als zylindrischer Hohlpfahl im Sinne der vorliegenden Erfindung, der über eine Einspannlänge  $L$  in den Meeresuntergrund 2 eingetrieben ist. Der Monopile 1 ist Teil eines bereits teilweise zurückgebauten Offshore-Bauwerks, beispielsweise eines Turmbauwerks mit einem Windkraftgenerator. Die Einspannlänge  $L$  des Monopiles 1 im Meeresuntergrund 2 kann beispielsweise etwa 30 m betragen. Im Bereich der Einspannlänge  $L$  ist der Monopile mit dem Material des Meeresuntergrundes 2 gefüllt. Der sich darüber erstreckende
- 25 Teil des Monopiles 1, der sich von Meeresboden 3 bis über den Wasserspiegel 4 erstreckt, ist, wenn der Rückbau noch nicht eingeleitet ist, als teilweise mit Luft gefüllter Hohlkörper ausgebildet.
- 30

Das Verfahren gemäß der Erfindung umfasst das druckdichte Verschließen des Monopiles 1, nachdem die Aufbauten, beispielsweise in Form einer Plattform oder des zuvor erwähnten Turmbauwerks entfernt wurden.

5

Die Figur 1 veranschaulicht einen Teilschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens. Eine obere Öffnung des Monopiles 1 wurde mit einem ersten Deckelverschluss 5 versehen. An dem ersten Deckelverschluss sind Ösen 6 vorgesehen, an die ein Hubgeschirr 7 eines Kranes 8 angeschlagen ist. Der Kran 8 ist auf einem Kranschiff 9 aufgestellt.

Der Monopile 1 umfasst eine weitere Öffnung in Form einer Kabeleinführung 10, die als sogenanntes „J-tube“ ausgebildet ist. Die Darstellung ist insoweit vereinfacht, denn es ist für den Fachmann nachvollziehbar, dass der Monopile durchaus mehr als nur zwei Öffnungen aufweisen kann. Diese Öffnungen wären entsprechend abzudichten. Die Kabeleinführung 10 wird mit einem Verschlusskörper 11 abgedichtet. An dem Deckelverschluss 5 oder an einer anderen geeigneten Stelle des Monopiles 1 ist ein Anschluss für eine als Hochdruckleitung ausgebildete Fluidleitung vorgesehen, der mit dem Hohlraum des Monopiles 1 kommuniziert. Über das Kranschiff 9 mit Pumpen und anderer Infrastruktur wird eine Hochdruckleitung an den Monopile 1 angeschlossen. Die Pumpen und die sonst benötigte Infrastruktur können auch über ein zusätzliches Versorgungsschiff bereitgestellt werden. Über die Hochdruckleitung wird gefiltertes Meerwasser in den Hohlraum des Monopiles 1 mit einem Druck von beispielsweise zwischen 10 und 30 bar hineingepumpt. Auf dieser Weise wird der Innendruck des Monopiles 1 langsam erhöht. Der Monopile 1 erfährt eine hydraulische Krafteinwirkung die größer oder gleich der allmählich abnehmenden Reibkraft an der inneren und äußeren Mantelfläche des Monopiles 1 ist. Gleichzeitig wird der Monopile 1 mittels des Kranes 8 über das Hubgeschirr 7 angehoben. Dabei überwindet der Kran 8 lediglich die Gewichtskraft des Monopiles 1.

Auf diese Art und Weise wird der Monopile 1 vollständig hydraulisch extrahiert und von dem Kranschiff 9 oder einem Transportschiff aufgenommen.

5

Das zweite Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß der Erfindung wird anhand der in Figur 2 wiedergegebenen Darstellung des Monopile 1 erläutert. Gleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

10

Bei dem Verfahren gemäß der zweiten Variante wurde vor der Druckmittelbeaufschlagung des Monopile 1 in dessen unteren Ende ein zweiter Deckelverschluss 11 als Durchflussbegrenzer für das Druckmittel installiert. Das untere Ende in diesem Sinne ist der Übergangsbereich zwischen dem Hohlraum des Hohlpfahls und dem Meeresuntergrund 2. Die Einspannlänge des Monopile 1 kann, wie bereits erwähnt, durchaus länger sein als die nicht eingespannte Länge. Der zweite Deckelverschluss 11 als Durchflussbegrenzer dient dazu, einen zu hohen Druckmittelverlust in den Meeresuntergrund 2 bzw. in den Meeresboden 3 für den Fall zu verhindern, dass der Meeresboden 3 verhältnismäßig permeabel ist.

20

Der zweite Deckelverschluss 11 bildet in einer horizontalen Ebene eine kreisrunde Querschnittsfläche, deren Durchmesser geringfügig kleiner als der Innendurchmesser des Monopile 1 ist. Es bleibt ein Ringsspalt zwischen der Innenwand des Monopile 1 und dem zweiten Deckelverschluss 11. Der Ringsspalt kann beispielsweise weniger als 5 % der inneren Querschnittsfläche des Monopile 1 ausmachen. Bei Druckmittelbeaufschlagung des Monopile 1 ergibt sich durch den zweiten Deckelverschluss 11 eine Verminderung des Volumenstroms, der durch den Meeresboden 3 entweichen kann, die annähernd proportional zur Reduktion der Querschnittsfläche durch den zweiten Deckelverschluss 11 ist.

30

Der zwischen dem zweiten Deckelverschluss 11 und der Innenwand des Monopile gebildete Ringsspalt kann beispielsweise auch durch eine Labyrinthdichtung oder eine Lippendichtung verschlossen sein, die bei Druckbeaufschlagung einen Teil des Ringspalts  
5 freigibt.

Anstelle eines scheibenförmigen Deckelverschlusses kann als Durchflussbegrenzer im Sinne der vorliegenden Erfindung auch ein einseitig oder beidseitig geschlossener Zylinder vorgesehen  
10 sein. Dieser Zylinder ist vorteilhafter Weise innerhalb des Monopile 1 selbstzentrierend, dh. schwimmend, angeordnet. Die Zentrierung bei Druckmittelbeaufschlagung kann beispielsweise dadurch unterstützt werden, dass auf der äußeren Mantelfläche des Zylinders ein Oberflächenprofil vorgesehen ist.

15

Alternativ oder zusätzlich kann der Zylinder mit einer umlaufenden Lippendichtung oder Labyrinthdichtung versehen sein.

Der Durchflussbegrenzer kann entweder bereits bei der Installation des Monopile 1 oder unmittelbar vor dessen Extraktion platziert werden.  
20

Eine oder mehrere Pumpen oder Verdichter zur Erzeugung des erforderlichen Drucks für das Druckmittel, beispielsweise in Form von Wasser und/oder Gas und/oder einer Bohrspülung können auf  
25 dem ersten Deckelverschluss 5 des Monopile 1 installiert werden. Auf diese Art und Weise bleibt der Abstand zwischen der für die Druckmittelinjektion erforderlichen Installationen und einem Anschluss an der oberen Abdichtung des Monopile 1 während des Extraktionsvorgangs konstant. Auf einen oder mehrere bewegliche  
30 Verbindungsschläuche kann verzichtet werden.

**Bezugszeichenliste**

1. Monopile
2. Meeresuntergrund
- 5 3. Meeresboden
4. Wasserspiegel
5. erster Deckelverschluss
6. Ösen
7. Hubgeschirr
- 10 8. Kran
9. Kranschiff
10. Kabeleinführung
11. zweiter Deckelverschluss

5

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Rückbau von Gründungsstrukturen mit wenigstens einem Hohlpfahl, der an seinem führenden offenen Ende unter Umschließung von Erdreich in einen Untergrund eingetrieben ist, 10 dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlpfahl hydraulisch und/oder pneumatisch extrahiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend folgende Verfahrensschritte: 15

a) Verschließen von Öffnungen des Hohlpfahls,

b) Anbringen eines Anschlusses für eine Fluidleitung an dem Hohlpfahl, so dass der Anschluss mit einem Hohlraum des Hohlpfahls kommuniziert, 20

c) Herstellen einer Verbindung der Fluidleitung mit dem Anschluss, 25

d) Anschlagen eines Hebezeugs an den Hohlpfahl,

e) Druckmittelbeaufschlagung des Hohlpfahls mit einem über die Fluidleitung bereitgestellten Druckmittel, und 30

f) Einholen des Hebezeugs mittels eines Krans (8) unter Extraktion des Hohlpfahls, wobei der Kran (8) die Last des Hohlpfahls aufnimmt. 35

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensschritt a) ein druckdichtes Verschließen der Öffnungen an einem oberen, nicht eingebetteten Ende des Hohlpfahls umfasst.

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren vor Durchführung des Verfahrensschritts e) eine Verringerung eines während des Verfahrensschritts e) hydraulischen wirksamen Querschnitts des Hohlpfahls in einem unteren nicht eingebetteten Endes des Hohlpfahls umfasst.

10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlpfahl vor oder während des Verfahrensschritts e) wenigstens teilweise mit einer Bohrspülung gefüllt wird.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass während Verfahrensschritt e) eine Auftriebskraft erzeugt wird, die größer ist als die Mantelreibung zwischen dem Hohlpfahl und dem diesen umgebenden Untergrund.

25

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass Verfahrensschritt a) das Einbringen wenigstens eines Verschlusskörpers oder das Anbringen wenigstens eines Deckelverschlusses in jeweils einem oberen Ende und in einem nicht eingebetteten unteren Ende des Hohlpfahls oder an jeweils dem oberen Ende und an dem nicht eingebet-

30

teten unteren Ende des Hohlpfahls umfasst, wobei der Querschnitt des Hohlpfahls in dem nicht eingebetteten unteren Ende nur teilweise verschlossen wird.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlusskörper oder der Deckelverschluss an dem führenden nicht eingebetteten Ende des Hohlkörpers als Durchflussbegrenzer ausgebildet ist, dessen Durchmesser kleiner ist als der Innendurchmesser des Hohlpfahls ist und der mit dem  
10 Hohlpfahl einen umlaufenden offenen Ringsspalt bildet.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Hohlraum des Hohlpfahls oder an dem  
15 Hohlpfahl eine Auftriebskammer hergestellt oder angebracht wird, die mit einem Gas befüllt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Hohlpfahl Mittel zum Anschlagen des  
20 Hebezeugs befestigt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensschritt e) eine erste und  
25 zweite Druckerhöhung umfasst, wobei die erste Druckerhöhung zur Überprüfung der Druckbeständigkeit des Hohlpfahls dient.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Druckmittel eine Flüssigkeit und/oder ein Gas verwendet wird.

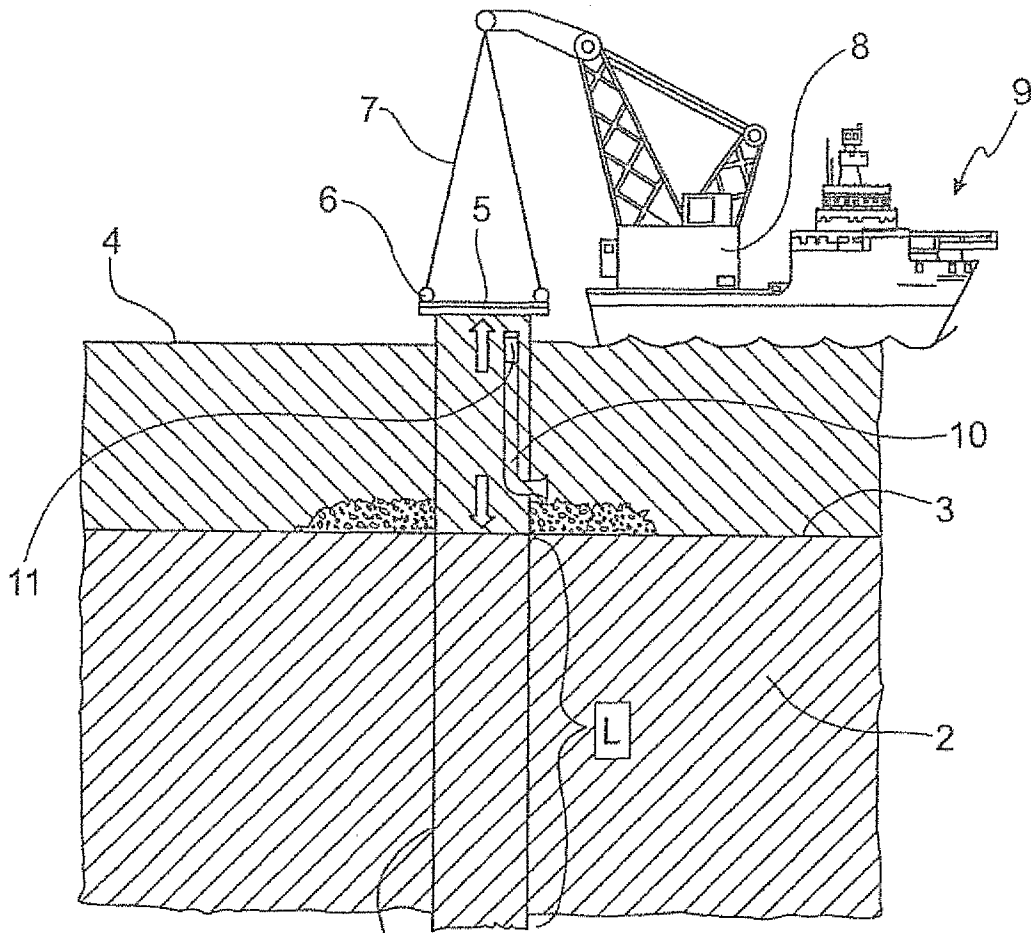
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Flüssigkeit eine Bohrspülung und/oder Wasser verwendet wird.

5 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Bohrspülung eine Feststoff/Wasser Suspension Anwendung findet, die ein odere mehrere Komponenten umfasst, die ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassend Tonmineralien, Bentonit, Bariumsulfat und Polymere.

10

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 umfassend die Installation wenigstens einer Hochdruckpumpe auf einem oberen Deckelverschluss des Hohlpfahls.

15



1 Fig. 1

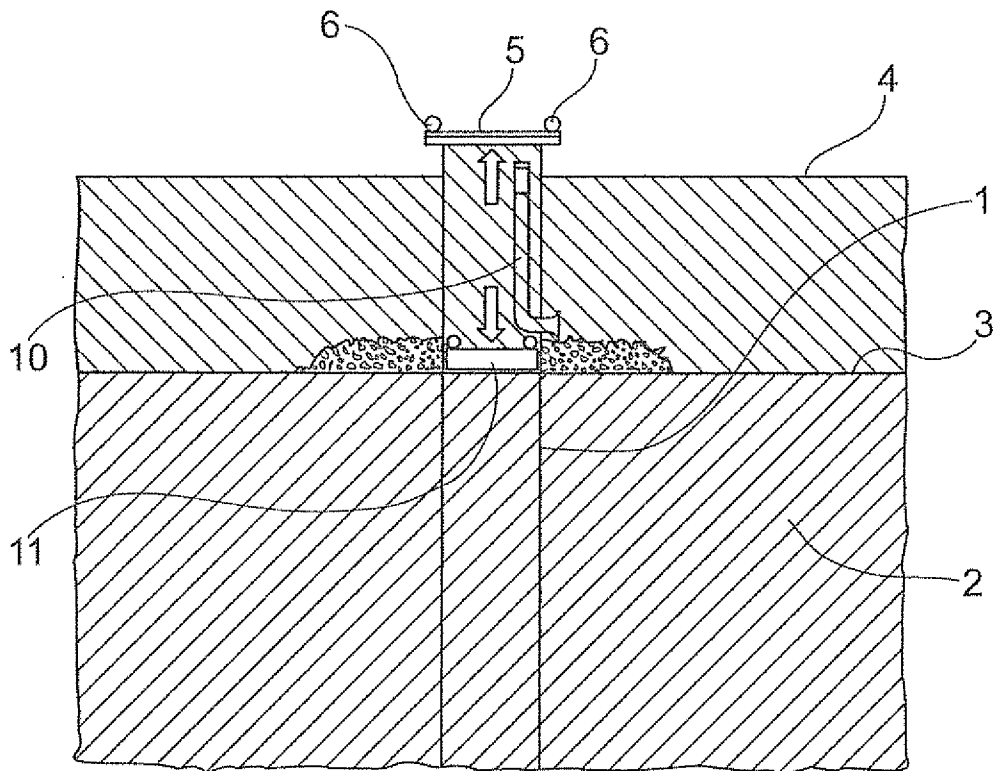


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/079009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. E02D9/02  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
E02D  
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	DE 10 14 036 B (MANNESMANN AG) 14 August 1957 (1957-08-14) the whole document	1,5, 12-15 2-4,6, 10,11 7-9
X Y A	----- US 7 090 434 B1 (THOMPSON JR ROBERT M [US]) 15 August 2006 (2006-08-15) abstract; figures 1-10 -----	1,12-15  2-4,6, 10,11 5,7-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  19 December 2017	Date of mailing of the international search report  04/01/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Koulo, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/079009

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1014036	B	NONE	14-08-1957
-----			
US 7090434	B1	NONE	15-08-2006
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/079009

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. E02D9/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) E02D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	DE 10 14 036 B (MANNESMANN AG) 14. August 1957 (1957-08-14) das ganze Dokument	1,5, 12-15 2-4,6, 10,11 7-9
X Y A	----- US 7 090 434 B1 (THOMPSON JR ROBERT M [US]) 15. August 2006 (2006-08-15) Zusammenfassung; Abbildungen 1-10 -----	1,12-15  2-4,6, 10,11 5,7-9
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  19. Dezember 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  04/01/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Koulo, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/079009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1014036	B	14-08-1957	KEINE
-----			
US 7090434	B1	15-08-2006	KEINE
-----			