

(19)



(11)

EP 2 650 446 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

16.10.2013 Patentblatt 2013/42

(51) Int Cl.:

E02D 27/42 ^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **12163981.9**(22) Anmeldetag: **12.04.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

(71) Anmelder:

- **Herrenknecht AG**
77963 Schwanau (DE)
- **HOCHTIEF Solutions AG**
45128 Essen (DE)

(72) Erfinder:

- **Gipperich, Christof, Dr.**
42389 Wuppertal (DE)
- **Leeuwarke, Fenno**
9675 Winschoten (NL)
- **Els, Wolfgang**
23911 Buchholz (DE)

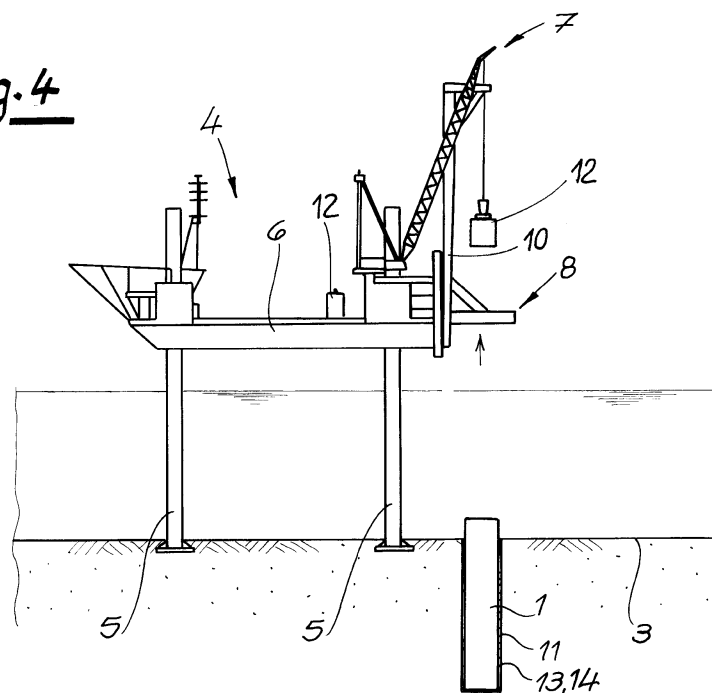
(74) Vertreter: **Rohmann, Michael**

Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage

(57) Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage, insbesondere für eine Offshore-Windkraftanlage, wobei ein Bauelement in Form eines rohrförmigen Hohlkörpers mit seinem unteren Ende auf den Meeresboden abgesenkt wird. Anschließend wird das untere Ende des Bauelementes in den Meeresboden

eingebraucht. Zum Unterstützen dieses Einbringens wird das Bauelement in seinem oberen Bereich mit einer Vibrationseinrichtung beaufschlagt. Während des Einbringens des Bauelementes wird in den Spalt bzw. Ringspalt zwischen Bauelement und angrenzendem Meeresboden Verfüllmaterial eingebracht. Das Bauelement wird nach Erreichen seiner Endtiefe im Bohrloch fixiert.

Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage, insbesondere für eine Offshore-Windkraftanlage. Offshore-Anlage meint ein feststehendes Bauwerk, das in der offenen See und insbesondere vor Küsten errichtet wird. Offshore-Anlagen können neben Offshore-Windkraftanlagen auch beispielsweise Bohrinseln oder Brücken sein.

[0002] Eine Offshore-Windkraftanlage weist ein Bauelement bzw. Gründungselement auf, welches die Windkraftanlage im Meeresboden verankert. Auf dieses Gründungselement ist ein Mast aufgesetzt, der hoch aus der Wasseroberfläche herausragt. Auf der Spitze des Mastes ist in der Regel ein Maschinenhaus aufgesetzt, das im Wesentlichen einen Generator, eine Lagerungseinheit für einen Rotor und den Rotor selbst aufweist. Heute geplante Offshore-Windkraftanlagen ragen bis über 150 m aus dem Wasser heraus und sollen in Wassertiefen bis zu 60 m installiert werden.

[0003] Die Gründung der Windkraftanlagen am Meeresboden ist aufgrund von Wellengang, Windlasten und Eigengewicht der Windkraftanlage sowie aufgrund der dynamischen Kräfte aus dem Anlagenbetrieb aufwendig. Bis heute kommen im Wesentlichen entweder sogenannte Monopiles zum Einsatz (schwere Rohre mit großem Durchmesser bis über 6 m) oder schwere Stahlfachwerkstrukturen, insbesondere sogenannte Tripods, Tripiles oder Jackets, die an drei oder mehr Punkten mit Rammpfählen oder anderen Konstruktionen im Meeresboden verankert werden. Alle vorgenannten Gründungskonstruktionen stoßen zunehmend an wirtschaftliche, technische und insbesondere ökologische Grenzen. Zum Einbringen von Monopiles und der anderen Gründungssysteme sind oft schwere Rammarbeiten notwendig, die zu großen Schallemissionen im Meer führen und die Umwelt beeinträchtigen. Deshalb stoßen solche Vorhaben zunehmend auf Genehmigungsschwierigkeiten. Verstärkt wird dieser Effekt durch die zukünftig angestrebten Anlagengrößen von deutlich über 5 MW, die notwendig werden, um die gewünschten Leistungsinstallationen von Offshore-Windkraftanlagen zu erreichen. Außerdem ist die Machbarkeit von Rammarbeiten abhängig von der lokalen Geologie. Bei Felsgestein, Lehmschichten oder lokalen Felsbrocken stößt die Herstellung von Gründungen von Offshore-Windkraftanlagen mittels Rammen an ihre Grenzen.

[0004] Demgegenüber liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das die ökologischen Belastungen minimiert, die geologischen Abhängigkeiten reduziert und gleichzeitig die bestehenden Einschränkungen für die Größe der Windkraftanlagen und damit der Tragfähigkeit der Gründungskonstruktionen überwindet.

[0005] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage, insbesondere für eine Offshore-Windkraftanlage, wobei ein Bauelement in

Form eines rohrförmigen Hohlkörpers mit seinem unteren Ende auf den Meeresboden abgesenkt wird,

[0006] wobei anschließend das untere Ende des Bauelementes in den Meeresboden eingebracht wird und wobei zum Unterstützen dieses Einbringens das Bauelement mittels einer in seinem oberen Bereich bzw. an seinem oberen Ende angebrachten Vibrationseinrichtung mit Vibrationsenergie beaufschlagt wird,

wobei während des Einbringens des Bauelementes in den Spalt bzw. Ringspalt zwischen Bauelement und angrenzendem Meeresboden bzw. Gebirge Verfüllmaterial eingebracht wird, vorzugsweise kontinuierlich eingebracht wird

und wobei das Bauelement nach Erreichen seiner Endtiefe fixiert wird. - Das Bauelement kann anschließend selbst als Gründungselement bzw. Gründungskörper eingesetzt werden oder als Verankerungselement eines solchen dienen. Es kann aber auch als verlorene Schalung zur Herstellung eines Hohlraums dienen, in dem nachträglich der Gründungskörper (Monopile, Tripod etc.) positioniert und verankert wird. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass es sich bei dem Bauelement um einen rohrförmigen Hohlkörper aus Stahl oder aus Beton handelt. Beton beinhaltet hier verschiedene Bewehrungsarten von Betonstahl, hochfestem Betonstahl, Spannstahl, Stahlfasern, Kunststofffasern und Kombinationen daraus sowie auch Stahlverbundbauweisen. Vorzugsweise ist das Bauelement bzw. der Hohlkörper zylinderförmig ausgebildet und bevorzugt ist auch der Hohlraum in dem Bauelement zylinderförmig ausgebildet. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass sich der Hohlraum, vorzugsweise der zylindrische Hohlraum über die gesamte Länge des Bauelementes bzw. über die gesamte Länge des Hohlkörpers erstreckt.

[0007] Eine erfindungsgemäß eingesetzte Vibrationseinrichtung wird im oberen Bereich bzw. am oberen Ende des Hohlkörpers fixiert und mittels der Vibrationseinrichtung kann der Hohlkörper mit Vibrationsenergie beaufschlagt werden. Dadurch wird der Hohlkörper gleichsam in den Untergrund bzw. in den Boden einvibriert. - Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass aufgrund der Kombination des Einsatzes einer Vibrationseinrichtung mit dem Verfüllen des Spaltes bzw. Ringspaltes ein überraschend einfaches und präzises

[0008] Einbringen des Hohlkörpers in den Untergrund möglich ist. Das gilt vor allem auch für Hohlkörper mit geringerem Gewicht (insbesondere geringer Länge und/oder geringem Durchmesser und/oder geringer Manteldicke), die nicht ohne weiteres unter ihrem Eigengewicht in den Untergrund eindringen. So eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise sehr gut für die Einbringung von Gründungselementen für Jackets.

[0009] Eine ganz besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass am unteren Ende des Bauelementes mit einer Bohreinrichtung ein Bohrloch in den Meeresboden gebohrt wird und dass das Bauelement entsprechend dem Bohrfortschritt in dem Bohrloch abgesenkt wird. Bei dieser sehr bevor-

zugten Ausführungsform der Erfindung wird also das Einbringen des Bauelementes in den Meeresboden einerseits unterstützt durch die Beaufschlagung des Bauelementes mit Vibrationsenergie mittels der Vibrationseinrichtung und andererseits durch das Bohren in den Meeresboden mittels der Bohreinrichtung. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass während des Bohrfortschritts zwischen Bauelement und Bohrlochwandung ein Verfüllmaterial eingebracht wird, vorzugsweise kontinuierlich eingebracht wird. Es liegt weiterhin im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement nach Erreichen seiner Endtiefe im Bohrloch fixiert wird.

[0010] Soweit hier und nachfolgend vom Meer bzw. vom Meeresboden die Rede ist, schließt das die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Süßwassergewässern nicht aus. Insoweit meint Meeresboden also auch beispielsweise den Boden eines Sees oder eines Flusses.

[0011] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement aus einer im Wesentlichen horizontalen Transportposition in eine vertikale Position bzw. in eine im Wesentlichen vertikale Position überführt wird und dass das Bauelement bzw. der Hohlkörper mit Hilfe einer Manipulationseinrichtung in der vertikalen bzw. in der im Wesentlichen vertikalen Position gehalten wird. - Dass das Bauelement mit Hilfe der Manipulationseinrichtung in einer vertikalen bzw. in einer im Wesentlichen vertikalen Position gehalten wird, meint im Rahmen der Erfindung, dass die Längsachse des Bauelements bzw. des rohrförmigen Hohlkörpers vertikal bzw. im Wesentlichen vertikal orientiert ist.

[0012] Vorzugsweise wird für die Installation bzw. für die Verankerung des Bauelementes eine Versetzeinrichtung eingesetzt. Bei der Versetzeinrichtung kann es sich insbesondere um eine Hubinsel oder ein Schiff handeln. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement in eine vertikale Position bzw. in eine im Wesentlichen vertikale Position überführt wird, und zwar vorzugsweise mit einer Hebevorrichtung, die bevorzugt an bzw. auf der Versetzeinrichtung angeordnet bzw. fixiert ist. Empfohlenermaßen wird im Übrigen die Versetzeinrichtung mit Hubbeinen auf dem Meeresboden abgestützt und positioniert. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement in seiner vertikalen Position bzw. im Wesentlichen vertikalen Position von der Manipulationseinrichtung fixiert bzw. eingespannt wird und in der vertikalen Position bzw. in der im Wesentlichen vertikalen Position gehalten wird. Zweckmäßigerweise ist die Manipulationseinrichtung an der Versetzeinrichtung angeschlossen bzw. fixiert.

[0013] Nach besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung wird das Bauelement in seiner in Bezug auf seine Höhe h oberen Hälfte bevorzugt im oberen Viertel von der Manipulationseinrichtung gehalten. Dazu weist die Manipulationseinrichtung zweckmäßigerweise eine Spanneinrichtung mit Spannelementen auf, zwischen denen das Bauelement eingespannt wird. Dabei kann es sich um eine Spannschellenkonstruktion han-

deln. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement mit der Manipulationseinrichtung bezüglich seiner vertikalen und horizontalen Position geführt bzw. gehalten wird.

[0014] Zweckmäßigerweise wird das Bauelement zunächst in der Manipulationseinrichtung eingespannt und dann mit Hilfe der Manipulationseinrichtung und der Hebevorrichtung in Richtung Meeresboden bewegt. Vorzugsweise wird anschließend das Bauelement so von der Manipulationseinrichtung gelöst, dass es unter seinem Eigengewicht auf den Meeresboden sinken kann bzw. unter seinem Eigengewicht in den Meeresboden einsinken kann. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass dann die Vibrationseinrichtung im oberen Bereich bzw. am oberen Ende des Bauelementes fixiert wird. Zur weiteren Unterstützung des Absenkvorganges wird zweckmäßigerweise vorab eine Bohreinrichtung am unteren Ende des Bauelementes installiert.

[0015] Gemäß bevorzugter Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Manipulationseinrichtung beim Absenken des Bauelementes das Bauelement in seiner Position haltend, in Richtung Meeresboden nachgeführt. Die Manipulationseinrichtung wird dabei zweckmäßigerweise an zumindest einer Führungsschiene der Versetzeinrichtung vertikal nach unten nachgeführt. Das Nachführen erfolgt dabei bevorzugt solange, bis das Bauelement seine Endtiefe im Meeresboden erreicht hat. Dass das Bauelement von der Manipulationseinrichtung in seiner Position gehalten wird, meint im Rahmen der Erfindung, dass das Bauelement bezüglich seiner vertikalen und/oder horizontalen Position von der Manipulationseinrichtung gehalten bzw. geführt wird.

[0016] Eine sehr bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass mit der Bohreinrichtung taktweise gebohrt wird und dass zwischen den einzelnen Bohrvorgängen die erfindungsgemäße Vibrationseinrichtung zum Einsatz kommt. Zweckmäßigerweise wird der Hohlkörper zunächst mit der Vibrationseinrichtung eine bestimmte Strecke nach unten in den Boden einvibriert bzw. eingerüttelt, wobei in der Regel Bodenmaterial von unten in den Hohlraum des Hohlkörpers eindringt. Danach wird bevorzugt die Vibrationseinrichtung abgeschaltet und die Bohreinrichtung aktiviert, so dass zunächst nur der im Inneren des Hohlkörpers befindliche Boden abgebaut und gefördert wird. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, auch unterhalb des eigentlichen Hohlkörpers Bodenmaterial abzubauen und zu fördern. Es liegt dabei im Rahmen der Erfindung, dass der Hohlkörper taktweise nach jedem Bohrhub oder kontinuierlich mit dem Bohrfortschritt in dem Bohrloch abgesenkt bzw. auf dem Boden des Bohrloches abgesetzt wird. Anschließend wird empfohlenermaßen die Bohreinrichtung abgeschaltet und wiederum die Vibrationseinrichtung aktiviert usw.. Bei diesen Vorgängen wird das Bauelement vorzugsweise von der Manipulationseinrichtung geführt bzw. gehalten. Empfohlenermaßen wird im Übrigen das beim Bohrvorgang gelöste Bodenmaterial durch den Hohlraum des Bauelementes bzw. des

Hohlkörpers nach oben abgefördert.

[0017] Zweckmäßigerweise ist zumindest ein Teil der Bohreinrichtung in dem Hohlraum des Bauelementes bzw. des Hohlkörpers aufgenommen. Empfohlenermaßen wird die Bohreinrichtung in den Hohlraum des Bauelementes eingeführt und positioniert, wenn das Bauelement auf dem Meeresboden abgesetzt wurde bzw. in den Meeresboden eingesunken ist. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass zumindest der Bohrantrieb der Bohreinrichtung sowie gegebenenfalls Kabelzuführungen für diesen Bohrantrieb in dem Hohlraum des Bauelementes angeordnet sind. Bei dem Bohrantrieb kann es sich um einen hydraulischen oder elektromotorischen Bohrantrieb handeln. Zweckmäßigerweise ist der Bohrantrieb im Hohlraum des Bauelementes fixiert. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass in dem Hohlraum des Bauelementes angeordnete Kabelzuführungen die Steuerung der Bohreinrichtung von einem Steuerstand auf der Versetzeinrichtung aus ermöglichen.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei dem Bohrvorgang im Vollschnittverfahren gebohrt. Dazu ist vorzugsweise ein am unteren Ende des Bauelementes installiertes Schneidrad vorgesehen. Das rotierende Schneidrad löst den Boden im Bohrloch und führt das gelöste Bodenmaterial zweckmäßigerweise einer Fördereinrichtung zu. - Nach einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei dem Bohrvorgang im Teilschnittverfahren gebohrt. Dabei wird vorzugsweise eine rotierende Schneidwalze mit Besatz aus Abbauwerkzeugen eingesetzt, die bevorzugt an einem dreidimensional bewegbaren Arm montiert ist. Das gelöste Bodenmaterial wird auch bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens von der Schneidwalze einer Fördereinrichtung zugeführt.

[0019] Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Bauelement gearbeitet wird, das an seinem unteren Stirnende eine Schneidkante aufweist. Vorzugsweise läuft diese Schneidkante über den gesamten Umfang des Bauelementes bzw. des Hohlkörpers um. Zur Realisierung der Schneidkante läuft die Wandung des Bauelementes bzw. des rohrförmigen Hohlkörpers nach unten hin spitz zu. Besonders vorteilhaft ist die untere Schneidkante des Hohlkörpers in Kombination mit der erfindungsgemäßen Vibrationseinrichtung. Aufgrund dieser Schneidkante lässt sich der Hohlkörper besonders effektiv in den Untergrund einrütteln bzw. einvibrieren.

[0020] Während des Bohrvorgangs wird die Bohrlochwandung zweckmäßigerweise hydraulisch gestützt und geschmiert, insbesondere durch ein im Bohrloch bzw. im Hohlraum des Bauelementes vorhandenes fluides Medium. Bei diesem fluiden Medium handelt es sich zweckmäßigerweise um eine Flüssigkeit in Form von Seewasser oder in Form einer Suspension. Die Verwendung von speziellen Suspensionen bzw. Stützsuspensionen auf Polymerbasis oder Bentonitbasis oder hydraulisch ab-

bindenden Materialien ist im Bedarfsfall möglich. Zweckmäßigerweise wird die hydraulische Stützung und Schmierung durch Flüssigkeit mit einem im Vergleich zum Meeresspiegel erhöhten Flüssigkeitsdruck realisiert. Die Flüssigkeit dringt dadurch in den Zwischenraum zwischen Boden bzw. Bohrlochwandung und der Außenfläche des Hohlkörpers ein. Dieser Zwischenraum oder Ringspalt kann dabei planmäßig erzeugt werden durch Bohren mit Überschnitt oder sich aufgrund des Bohr- und Vibrationsvorgangs ergeben. Durch diese hydraulische Stützung bzw. durch den dabei erzeugten Druck wird ein Zusammenfallen der Bohrlochwandungen verhindert. Außerdem wird dadurch ein Anhaften von Teilen des umgebenden Bodens an der Außenfläche des Hohlkörpers vermieden, wodurch der o.g. Effekt der Schmierung erzielt wird.

[0021] Eine mögliche Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Ringspalt während des Bohrvorgangs mit einem nicht aushärtenden bzw. nicht abbindenden Verfüllmaterial verfüllt wird und dass der Ringspalt zum Ende des Bohrvorgangs und/oder nach Beendigung des Bohrvorgangs unter Verdrängung des nicht aushärtenden bzw. nicht abbindenden Verfüllmaterials mit einem aushärtenden bzw. abbindenden Verfüllmaterial verfüllt bzw. verpresst wird. Bei dem nicht aushärtenden Verfüllmaterial kann es sich bevorzugt um eine Bentonitsuspension handeln. Als aushärtendes bzw. abbindendes Verfüllmaterial wird zweckmäßigerweise ein hydraulisch abbindendes Verfüllmaterial eingesetzt. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das nicht aushärtende bzw. nicht abbindende Verfüllmaterial nach Erreichen der Endtiefe des Bauelementes wieder aus dem Ringspalt entfernt wird. Dazu wird vorzugsweise über den Hohlraum des Bauelementes das aushärtende bzw. abbindende Verfüllmaterial - beispielsweise ein Mörtel - von unten in den Ringspalt eingepresst, so dass das nicht aushärtende bzw. nicht abbindende Verfüllmaterial nach oben hin verdrängt wird und am oberen Ende des Ringspaltes austritt. Es ist dabei möglich, das nicht aushärtende bzw. nicht abbindende Verfüllmaterial - beispielsweise eine Bentonitsuspension - am oberen Ende des Ringspaltes mit Hilfe eines Auffangringes aufzufangen, damit das Material nicht ins Meerwasser gelangt.

[0022] Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird der Ringspalt während des Bohrvorgangs mit einem aushärtenden bzw. abbindenden Verfüllmaterial verfüllt bzw. verpresst. Vorzugsweise handelt es sich dabei um ein hydraulisch abbindendes Verfüllmaterial. Wenn während des Bohrvorgangs der Ringspalt mit dem aushärtenden Verfüllmaterial verfüllt wird, muss sichergestellt sein, dass die Kontaktfläche zwischen Bauelement und Verfüllmaterial ausreichend gleitfähig bleibt. Dazu kann ein entsprechend spezielles Verfüllmaterial eingesetzt werden. Es ist auch möglich, eine entsprechende Beschichtung auf der Außenoberfläche des Bauelementes aufzubringen. Das erfindungsgemäße Vibrieren des Bauelementes trägt dazu bei, dass eine ausreichende Beweglichkeit des Bauelementes relativ zum

Verfüllmaterial gewährleistet bleibt. - Nach einer empfohlenen Ausführungsform wird ein aushärtender Mörtel bzw. Ringspaltmörtel als Verfüllmaterial für den Ringspalt eingesetzt.

[0023] Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das aushärtende bzw. abbindende Verfüllmaterial über seitliche Öffnungen in der Wandung des Bauelementes eingebracht wird. Das Einpressen kann im Bedarfsfall mit hohem Druck erfolgen, so dass das Verfüllmaterial über den Ringspalt hinaus in den angrenzenden Boden bzw. das angrenzende Gebirge eindringt und dort verästelte, mit aushärtendem Verfüllmaterial gefüllte Kanäle bildet. Dieses Einpressen unter hohem Druck kann auch nach Einbringen eines aushärtenden Verfüllmaterials vorgenommen werden, oder wiederholt vorgenommen werden, wobei dann das im Ringspalt vorhandene, ausgehärtete Verfüllmaterial teilweise aufgebrochen wird und von dem neu eingepressten Verfüllmaterial durchsetzt wird, dass dann auch darüber hinaus weiter in den Boden eindringt und dort die vorab beschriebenen Verästelungen ausbildet. Auf diese Weise ergibt sich eine optimale Verzahnung des Bauelementes mit dem Boden sowie eine Verbesserung desselben und somit insgesamt eine verbesserte Tragfähigkeit.

[0024] Gemäß einer weitergehenden Ausführungsform der Erfindung wird das Bauelement zusätzlich mit Hilfe von Verpressankern fixiert, die durch Öffnungen in dem rohrförmigen Hohlkörper in den umgebenden Boden getrieben werden. Auch diese Verpressanker gewährleisten eine bessere Verankerung bzw. Verzahnung des Bauelementes in dem umgebenden Boden. Zweckmäßigerweise handelt es sich um vorgespannte Verpressanker.

[0025] Vorzugsweise wird nach Abschluss des Bohrvorganges zumindest ein Teil der Komponenten der Bohreinrichtung zurückgebaut. Zweckmäßigerweise wird zumindest der Bohrantrieb wieder aus dem Hohlraum des Bauelementes entfernt und bevorzugt auch der Bohrkopf bzw. die Bohrwerkzeuge. Ein vollständiger Rückbau der Komponenten der Bohreinrichtung empfiehlt sich.

[0026] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein einfaches und effektives Einbringen von Bauelementen bzw. Gründungselementen in den Untergrund möglich ist. Dabei können die ökologischen Belastungen und insbesondere unerwünschte Schallemissionen gegenüber aus der Praxis bekannten Maßnahmen überraschend beachtlich minimiert werden. Der Erfindung liegt weiterhin die Erkenntnis zugrunde, dass vor allem der Kombination von Vibrieren einerseits und Verpressen andererseits erhebliche Bedeutung zukommt. Mit dem Verfahren lassen sich vor allem auch Bauelemente mit geringem Gewicht - beispielsweise Pfähle für Jackets - einfach und effektiv in den Boden einbringen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist von lokalen geologischen Verhältnissen weitgehend unabhängig. Die mit dem Verfahren hergestellte

Gründung zeichnet sich durch eine überraschend hohe Tragfähigkeit aus und zwar bei gleichzeitiger Reduzierung der Massen und Gewichte der in einem Arbeitsschritt einzubauenden Komponenten. Damit werden die bislang bestehenden Einschränkungen für die Größe von Offshore-Anlagen überwunden. Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet mit relativ einfachen und wenig aufwendigen Maßnahmen und kann somit verhältnismäßig kostengünstig realisiert werden.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 15 Figur 1 eine erste Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 2 eine zweite Phase,
- 20 Figur 3 eine dritte Phase,
- Figur 4 eine vierte Phase des Verfahrens,
- 25 Figur 5 eine Draufsicht auf ein Bauelement mit daran fixierter Manipulationseinrichtung in Form einer Spannschellenkonstruktion,
- Figur 6 einen Schnitt durch eine Ausführungsform eines Bauelementes mit innenseitig angeordneter Bohreinrichtung für das erfindungsgemäße Verfahren und
- 30 Figur 7 einen vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 6.

35 **[0028]** Die Figuren verdeutlichen das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage, und zwar im Ausführungsbeispiel nach den Figuren für eine Offshore-Windkraftanlage.

[0029] Gemäß der in Figur 1 dargestellten ersten Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Bauelement 1 mit der Hebevorrichtung 7 aus der Transportposition in eine vertikale Position überführt. Das in der vertikalen Position befindliche Bauelement 1 wird anschließend in eine Manipulationseinrichtung 8 der Hubinsel 4 eingespannt. In der Figur 5 ist eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Manipulationseinrichtung 8 dargestellt. Hier weist die Manipulationseinrichtung 8 eine Spannschellenkonstruktion mit Spannschellen 9 zum Einspannen des Bauelementes 1 auf. In der Figur 5 ist auch deutlich erkennbar, dass im Ausführungsbeispiel und nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung das Bauelement 1 einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und somit zylinderförmig ausgebildet ist. Das Einspannen des Bauelementes 1 in der Manipulationseinrichtung 8 erfolgt bevorzugt und im Ausführungsbeispiel (Figur 1) am oberen Ende des Bauelementes 1.

[0030] Die Figur 2 zeigt die zweite Phase des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens. Hier wird das Bauelement 1 mit der an zumindest einer Führungsschiene 10 der Hubinsel 4 vertikal verfahrbaren Manipulationseinrichtung 8 zum Meeresboden 3 hingeführt. Mit andern Worten wird das untere Ende des Bauelementes 1 auf dem Meeresboden 3 abgestellt. Dabei kann nach einer Ausführungsform der Erfindung kurz vor Erreichen des Meeresbodens 3 das Bauelement 1 in der Manipulationseinrichtung 8 mit der Maßgabe gelöst werden, dass das Bauelement 1 unter seinem Eigengewicht vertikal nach unten zum Meeresboden 3 sinkt und gegebenenfalls in den Meeresboden 3 einsinkt. In der Fig. 2 ist auch erkennbar, dass im Inneren des Bauelementes 1 eine Bohrvorrichtung 12 angeordnet sein kann und am oberen Ende des Bauelementes 1 eine Vibrationseinrichtung 27 fixiert ist. Anschließend werden vorzugsweise abwechselnd die Vibrationseinrichtung 27 und die Bohreinrichtung 12 aktiviert. Es findet also im Wechsel ein Einvibrieren des Bauelementes 1 in den Meeresboden 3 und ein Bohren des Bohrloches 11 statt. Eine bevorzugte Ausführungsform der Bohreinrichtung 12 ist im Übrigen in der Figur 6 schematisch dargestellt. Darauf wird weiter unten noch eingegangen.

[0031] Das Bohrloch 11 wird in den Bohrphasen sukzessive entsprechend dem Durchmesser des Bauelementes 1 in den Meeresboden 3 gebohrt. Dabei wird das Bauelement 1 mit Hilfe der an der Führungsschiene 10 vertikal verfahrbaren Manipulationseinrichtung 8 nachgeführt. Das Bauelement 1 wird zweckmäßigerweise sowohl bezüglich der horizontalen Richtung als auch bezüglich der vertikalen Richtung von der Manipulationseinrichtung 8 geführt bzw. gehalten. In der in Figur 3 dargestellten dritten Phase des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde bereits die Endtiefe des Bauelementes 1 erreicht und die Manipulationseinrichtung 8 ist in dieser Phase noch am oberen Ende des Bauelementes 1 angeschlossen.

[0032] Gemäß der in Figur 4 dargestellten vierten Phase wird die Führungsschiene 10 mit der am unteren Ende der Führungsschiene 10 angeordneten Manipulationseinrichtung 8 nach oben verfahren. - Das Bohrloch 11 wird im Übrigen mit Überschnitt gebohrt, sodass der Durchmesser des Bohrloches 11 etwas größer ist als der Außendurchmesser des Bauelementes 1. Der dabei resultierende Ringspalt 13 zwischen dem Bauelement 1 und der Bohrlochwandung wird nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mit einem aushärtenden Mörtel bzw. Ringspaltmörtel verpresst, der nach Beendigung des Bohrvorgangs aushärtet.

[0033] Die Figur 6 veranschaulicht eine mögliche Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hier ist der größte Teil der Komponenten der Bohreinrichtung 12 in dem Hohlraum 20 des Bauelementes 1 aufgenommen. So ist insbesondere der Bohrantrieb 21 der Bohreinrichtung 12 in diesem Hohlraum 20 angeordnet. Lediglich der Bohrkopf 22 ragt aus dem unteren Ende des Bauelementes 1 in das Bohrloch 11. Der Bohrkopf 22 mag hier ein nicht näher dargestelltes Schneidrad für ein

Bohren im Vollschnitt-Verfahren aufweisen. Durch das rotierende Schneidrad wird Bodenmaterial im Bohrloch 11 gelöst und anschließend abgefördert. Eine weitere nicht dargestellte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht den Bodenabbau im Teilschnittverfahren vor. Dabei erfolgt der Abbauvorgang mit einer an einem beweglichen Arm rotierenden und mit Abbauwerkzeugen bestückten Schneid-/Schrämwalze. Nach besonders bevorzugter Ausführungsform und passend zu beiden vorab beschriebenen Verfahrensvarianten wird das beim Bohrvorgang gelöste Bodenmaterial durch den Hohlraum 20 des Bauelementes 1 nach oben abgefördert. In der Figur 6 ist die entsprechende Förderleitung 23 schematisch dargestellt.

[0034] Figur 6 zeigt weiterhin, dass der Hohlraum 20 des Bauelementes 1 mit Flüssigkeit 24 gefüllt ist. Dabei füllt die Flüssigkeit 24 den Hohlraum 20 mit einem im Vergleich zum Meeresspiegel 25 erhöhten Flüssigkeitsstand. Dadurch werden die Wandungen des Bohrloches 11 hydraulisch gestützt, um einen Zusammenfall der Bohrlochwandungen zu verhindern. Mit Hilfe der Flüssigkeit 24 kann das beim Bohren gelöste Bodenmaterial im Übrigen hydraulisch über die Förderleitung 23 abgefördert werden, und zwar vorzugsweise im Rahmen eines in der Figur 6 nicht näher dargestellten hydraulischen Förderkreislaufes. Nach Beendigung des Bohrvorganges wird vorzugsweise die gesamte Bohreinrichtung 12 mit Förderleitung 23 zurückgebaut bzw. über den Hohlraum 20 aus dem Bauelement 1 entfernt. Bei der Flüssigkeit 24 kann es sich im Übrigen um eine Stützsuspension handeln. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die im Ringspalt 13 zwischen Bauelement 1 und Bohrlochwandung verbleibende Stützsuspension entfernt wird, sofern sie nicht aushärtend ist (1-Phasen-Lösung). Dazu wird in nicht näher dargestellter Weise bevorzugt Mörtel über den Hohlraum 20 des Bauelementes 1 von unten in den Ringspalt 13 eingepresst. Die Stützsuspension auf Basis von Bentonit wird dann nach oben verdrängt und bevorzugt mit einem über dem Ringspalt 13 angeordneten Auffangring 26 aufgefangen und entfernt. Der Mörtel erhärtet im Ringspalt 13 und fixiert das Bauelement 1 so in seiner Lage.

[0035] In den Figuren 6 und 7 ist im Übrigen erkennbar, dass nach bevorzugter Ausführungsform und im Ausführungsbeispiel das untere Stirnende des Bauelementes 1 eine Schneidkante 28 aufweist, die vorzugsweise und im Ausführungsbeispiel über den Umfang des Bauelementes 1 umläuft. Diese Schneidkante 28 ist insbesondere in den Phasen hilfreich, in denen das Bauelement 1 mit der Vibrationseinrichtung 27 eingerüttelt bzw. einvibriert wird. Fig. 6 und 7 zeigen weiterhin, dass bevorzugt und im Ausführungsbeispiel der mit der Schneidkante 28 versehene untere Abschnitt 29 des Bauelementes 1 einen größeren Außendurchmesser aufweist, als der obere Bereich des Bauelementes 1. Das trägt in vorteilhafter Weise dazu bei, dass ein Bohrloch 11 mit Überschnitt erzeugt werden kann. - In der Fig. 7 (vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 6) sind im Übrigen weitere Komponenten erkennbar,

die der besseren Übersichtlichkeit halber in Fig. 6 nicht eingezeichnet wurden. Im unteren Bereich des Bauelementes 1 sind Verpressleitungen 30 erkennbar, mit denen ein Verfüllmaterial 14, insbesondere ein Ringspaltmörtel in den Ringspalt 13 verpressbar ist. Weiter oben sind Öffnungen 31 über den Umfang der Wandung des Bauelementes 1 verteilt angeordnet. An diese Öffnungen 31 schließen Verpressleitungen 32 an, die die Öffnungen 31 mit einer nicht dargestellten Verpresseinrichtung verbinden. Über die Verpressleitungen 32 bzw. über die Öffnungen 31 kann ein Verfüllmaterial 14 - vorzugsweise ein Ringspaltmörtel - unter hohem Druck - den Ringspalt 13 bzw. das darin angeordnete Verfüllmaterial durchdringend - in den Meeresboden 3 verpresst werden. Dadurch entstehen Verankerungskanäle 33, die eine effektive Verankerung des Bauelementes 1 in dem Meeresboden gewährleisten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Gründung für eine Offshore-Anlage, insbesondere für eine Offshore-Winkraftanlage, wobei ein Bauelement (1) in Form eines rohrförmigen Hohlkörpers mit seinem unteren Ende auf den Meeresboden (3) abgesenkt wird, wobei anschließend das untere Ende des Bauelementes (1) in den Meeresboden (3) eingebracht wird und wobei zum Unterstützen dieses Einbringens das Bauelement (1) in seinem oberen Bereich bzw. an seinem oberen Ende mit einer Vibrationseinrichtung (27) beaufschlagt wird, wobei während des Einbringens des Bauelementes (1) in den Spalt bzw. Ringspalt (13) zwischen Bauelement (1) und angrenzendem Meeresboden (3) Verfüllmaterial eingebracht wird, vorzugsweise kontinuierlich eingebracht wird und wobei das Bauelement (1) nach Erreichen seiner Endtiefe fixiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei am unteren Ende des Bauelementes (1) mit einer Bohreinrichtung (12) ein Bohrloch (11) in den Meeresboden (3) gebohrt wird und wobei das Bauelement (1) entsprechend dem Bohrfortschritt in dem Bohrloch (11) abgesenkt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Bauelement (1) schwimmend zum Einsatzort bzw. Installationsort transportiert wird und wobei das Bauelement (1) aus einer schwimmenden Position mit horizontal orientierter Längsachse bzw. mit im Wesentlichen horizontal orientierter Längsachse abgesenkt wird, wobei die Absenkung bis auf den Meeresboden (3) oder bis zu einer definierten Position darüber erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Bauelement (1) aus einer horizontalen Position

bzw. aus einer im Wesentlichen horizontalen Position in eine vertikale bzw. in eine im Wesentlichen vertikale Position überführt wird und mit Hilfe einer Manipulationseinrichtung (8) in der vertikalen bzw. in der im Wesentlichen vertikalen Position gehalten wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Manipulationseinrichtung (8) beim Absenken des Bauelementes (1), das Bauelement (1) in seiner Position haltend, in Richtung Meeresboden (3) nachgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei im Vollschnitt-Verfahren gebohrt wird und wobei hierzu ein am unteren Ende des Bauelementes installiertes Schneidrad eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei im Teilschnitt-Verfahren mit einer Teilschnitt-Einrichtung gebohrt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei mit einem Bauelement (1) gearbeitet wird, das an seinem unteren Stirnende eine Schneidkante (28) aufweist und wobei die Schneidkante (28) vorzugsweise über den Umfang des Bauelementes (1) umläuft.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei ein Bohrloch (11) gebohrt wird, dessen Durchmesser größer ist als der Außendurchmesser des Bauelementes (1), so dass zwischen Bauelement (1) und Bohrlochwandung ein Ringspalt (13) gebildet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei die Bohrlochwandung hydraulisch gestützt wird, insbesondere durch ein im Bohrloch (11) bzw. im Hohlraum des Bauelementes (1) angeordnetes fluides Medium, beispielsweise in Form einer Suspension oder in Form von Seewasser.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei der Ringspalt (13) während des Bohrvorgangs und/oder nach dem Bohrvorgang mit einem aushärtenden bzw. abbindenden Verfüllmaterial (14) verfüllt bzw. verpresst wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der Ringspalt (13) während des Bohrvorgangs mit einem nicht aushärtenden bzw. nicht abbindenden Verfüllmaterial verfüllt wird und wobei der Ringspalt (13) zum Ende des Bohrvorgangs und/oder nach Beendigung des Bohrvorgangs unter Verdrängung des nicht aushärtenden bzw. nicht abbindenden Verfüllmaterials mit einem aushärtenden bzw. abbindenden Verfüllmaterial (14) verfüllt bzw. verpresst wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei aushärtendes bzw. abbindendes Verfüllmaterial über seitliche Öffnungen 31 in der Wandung des Bauelementes (1) in den Ringspalt (13) eingepresst wird. 5
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Einpressen über seitliche Öffnungen mit einem erhöhten Druck erfolgt, so dass das Verpressmaterial in den Ringspalt und darüber hinaus in den umgebenden Boden eindringt. 10
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Einpressen über die seitlichen Öffnungen mit einem erhöhten Druck nach Aushärten einer vorab eingepressten Ringspaltverfüllung erfolgt. 15
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei aus dem Bauelement (1) Verpressanker ausgebracht und in das angrenzende Gebirge bzw. in den angrenzenden Meeresboden (3) eingebracht werden. 20
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 15, wobei das beim Bohrvorgang gelöste Bodenmaterial durch den Hohlraum des Bauelementes (1) nach oben abgefördert wird. 25
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 16, wobei abwechselnd mit der Vibrationseinrichtung (27) vibriert bzw. eingerüttelt wird und mit der Bohreinrichtung (12) gebohrt wird. 30

35

40

45

50

55

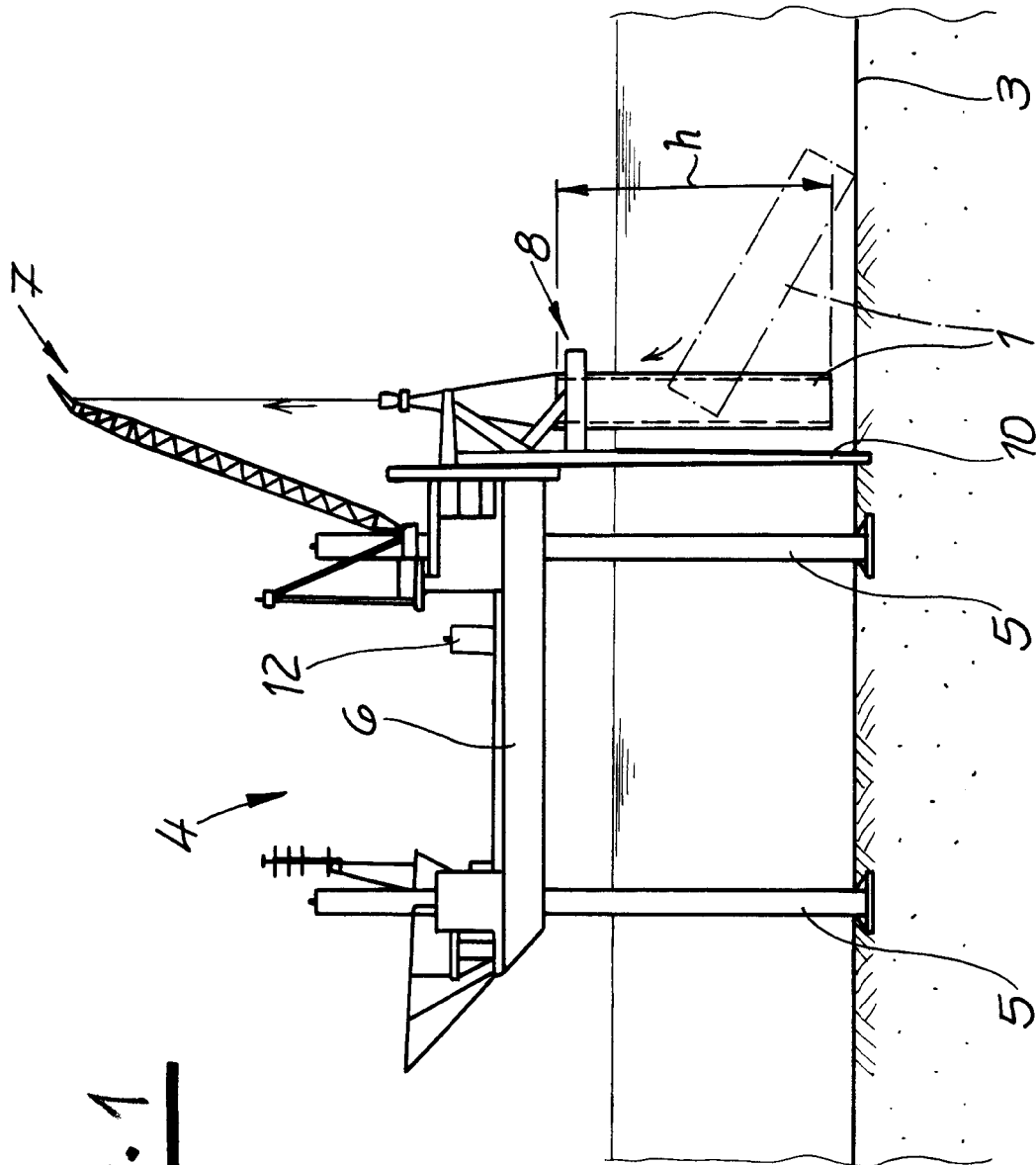


Fig. 1

Fig. 2

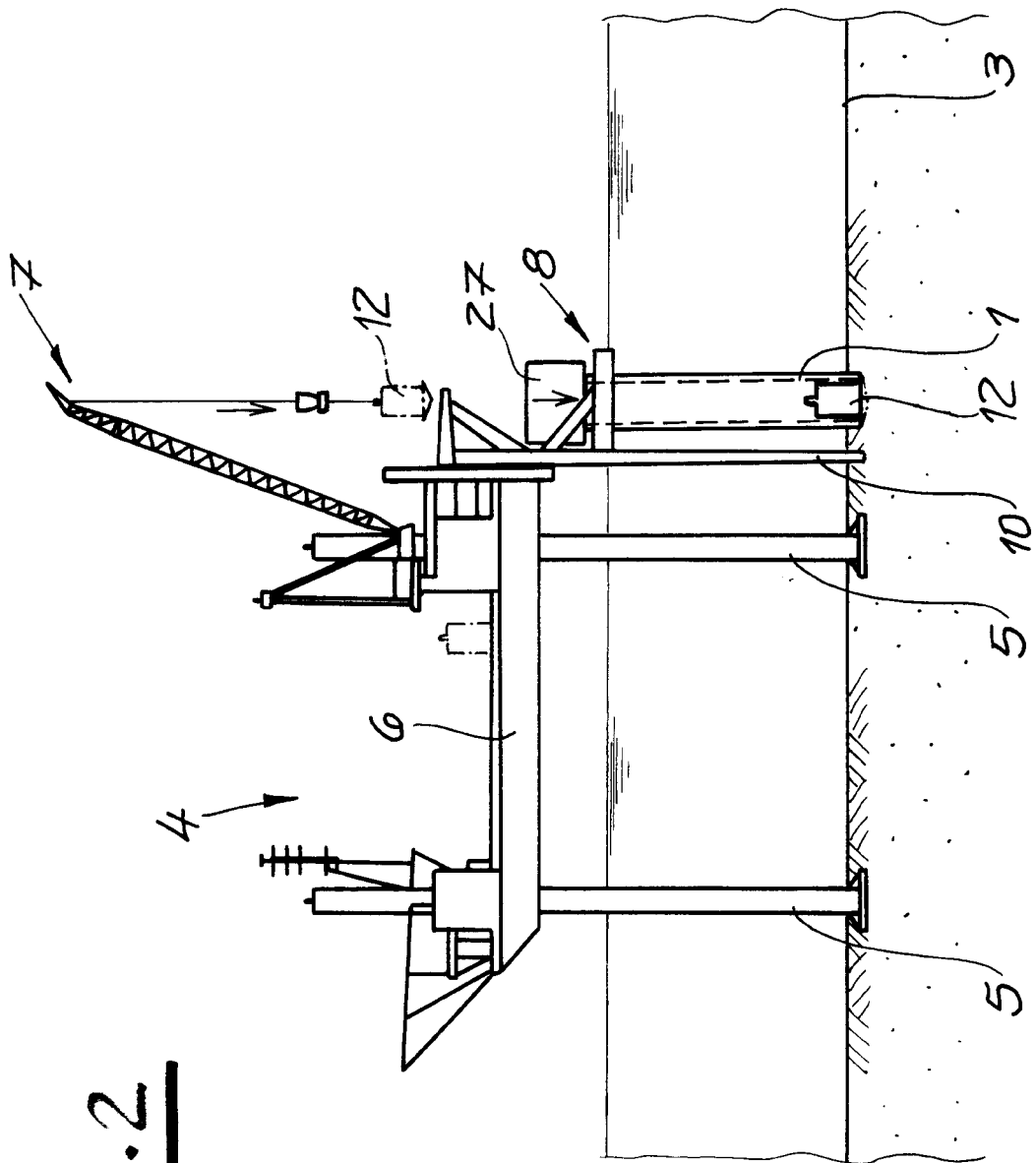
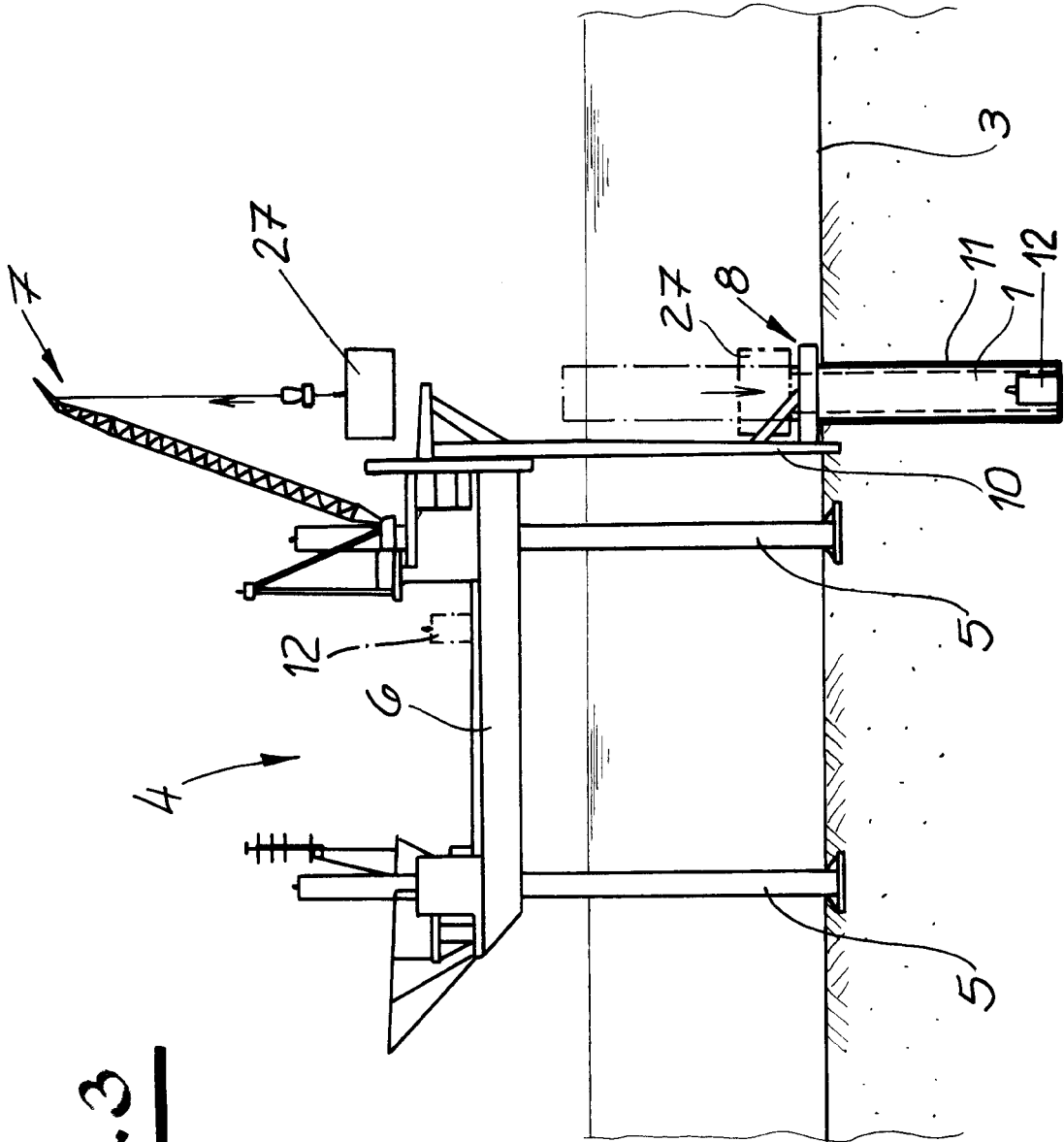


Fig. 3



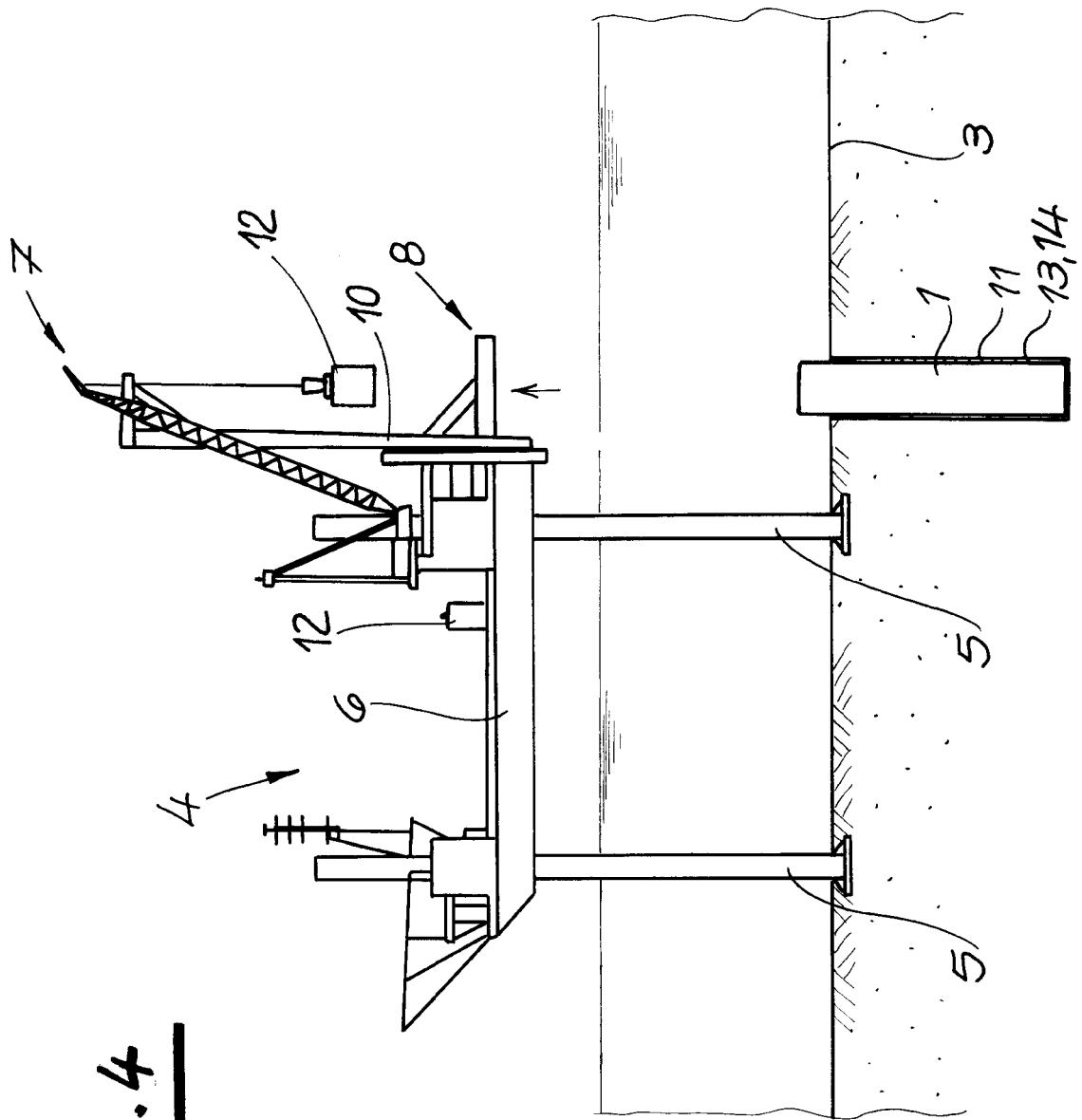


Fig. 4

Fig. 5

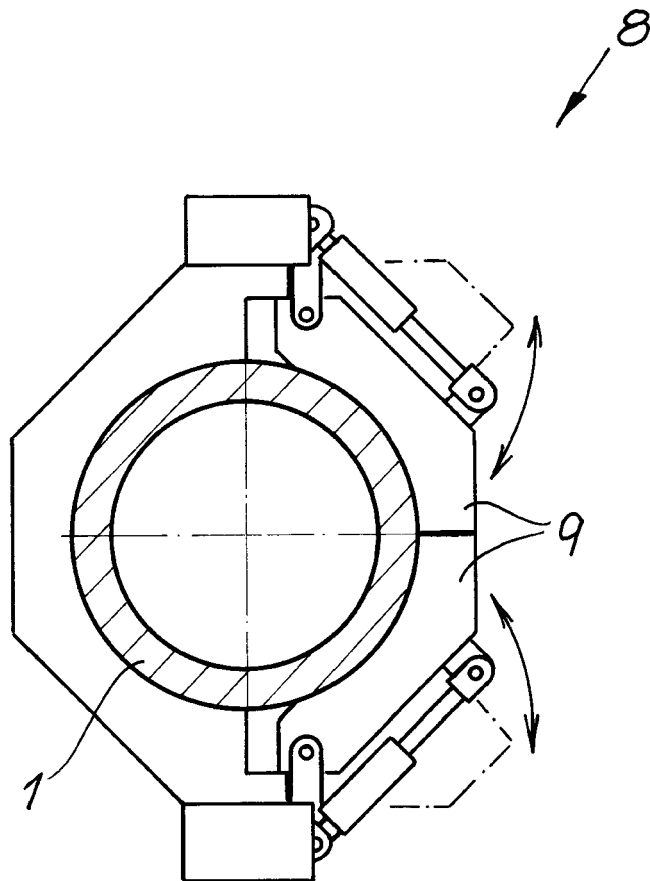


Fig. 6

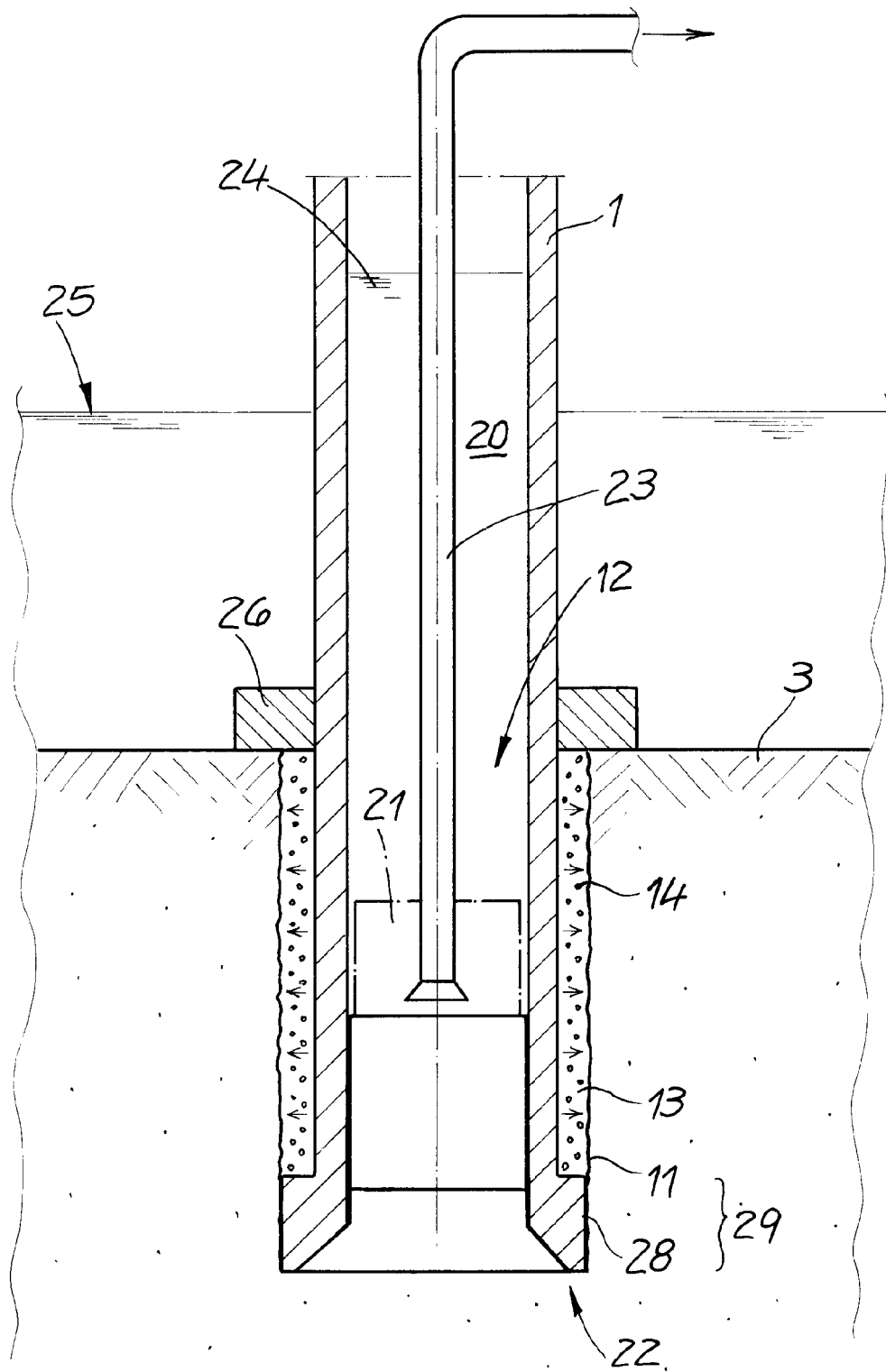
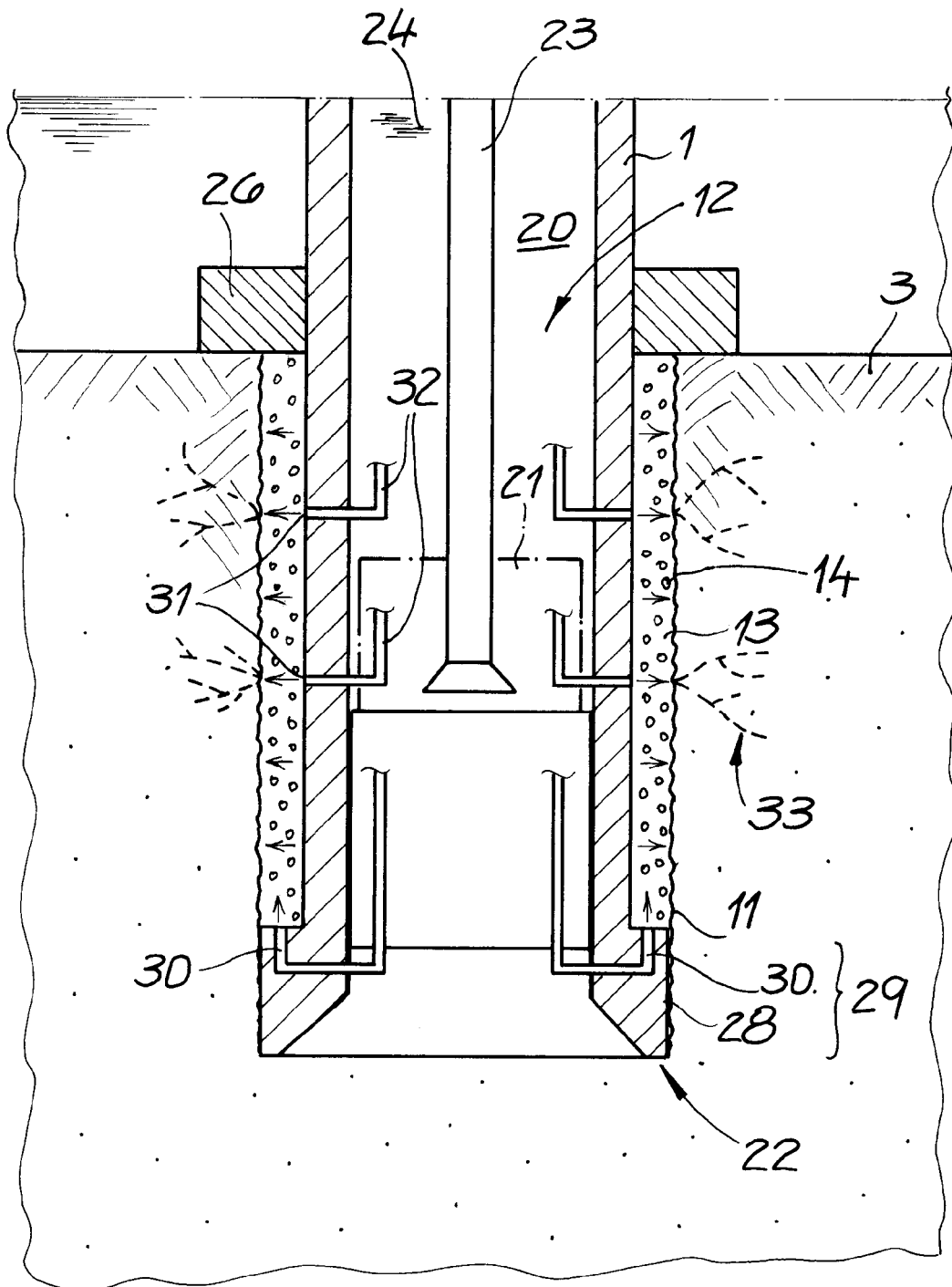


Fig. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 16 3981

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 2006/076873 A1 (BARD ENGINEERING GMBH [DE]; BEKKER ARNGOLT [DE]; GUNT ARWIT [DE]; ROSS) 27. Juli 2006 (2006-07-27) * das ganze Dokument *	1-18	INV. E02D27/42
A	NL 6 514 594 A (VANDERVAART) 22. Juni 1966 (1966-06-22) * das ganze Dokument *	1-18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. August 2012	Prüfer Geiger, Harald
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 16 3981

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006076873 A1	27-07-2006	DE 112004003050 A5	22-11-2007
		WO 2006076873 A1	27-07-2006
NL 6514594 A	22-06-1966	DE 1634340 A1	18-06-1970
		GB 1094385 A	13-12-1967
		NL 6514594 A	22-06-1966
		US 3314240 A	18-04-1967
		US 3314241 A	18-04-1967

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82