



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**04.03.2020 Patentblatt 2020/10**

(51) Int Cl.:  
**E02D 9/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **19191180.9**

(22) Anmeldetag: **12.08.2019**

(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**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Innogy SE**  
**45128 Essen (DE)**

(72) Erfinder: **Bijkersma, Niels**  
**22305 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
**Patent- & Rechtsanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Bleichstraße 14**  
**40211 Düsseldorf (DE)**

(30) Priorität: **03.09.2018 DE 102018121385**

(54) **RÜCKBAU VON HOHLPFÄHLEN**

(57) Verfahren zum Rückbau eines Gründungspfahls umfassend Durchtrennen des Gründungspfahls ausgehend von seiner Innenwand und Anheben des durchtrennten Gründungspfahls, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchtrennung entlang einer sich tangential und axial zur Innenwand erstreckenden Trennlinie erfolgt.

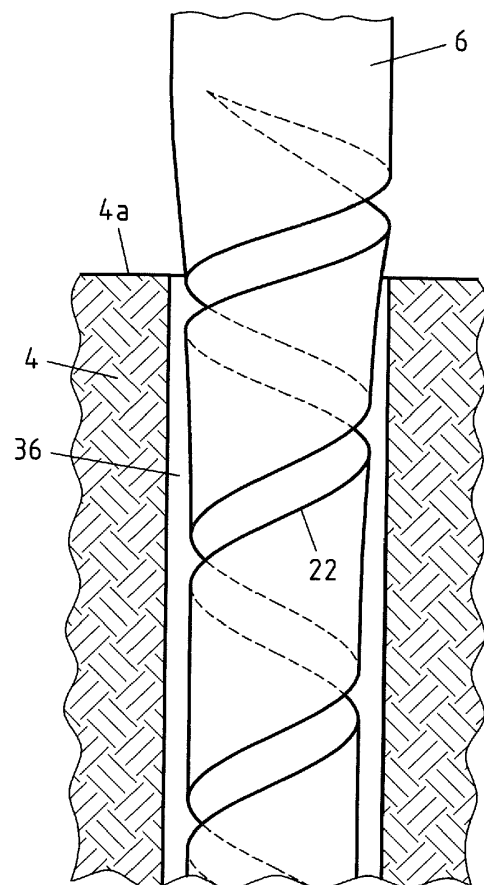


Fig.5b

## Beschreibung

**[0001]** Der Gegenstand betrifft ein Verfahren zum Rückbau eines Gründungspfahls, insbesondere eines Hohlpfahls, insbesondere einer Dalbe, einer Außenwandung von Brunnen/Bohrlöchern, einer Windkraftanlage, insbesondere einer Offshore-Windkraftanlage oder dergleichen.

**[0002]** Windkraftanlagen, Dalben oder dergleichen werden in der Regel auf hohlen Gründungspfählen im Boden verankert. Der Rückbau der Gründungspfähle ist aufwändig und teilweise nicht vollständig möglich. Bisher erfolgt der Rückbau der Gründungspfähle im Bereich der Eindringtiefe lediglich partiell, wobei nur der obere Teil des Gründungspfahls entfernt wird, während der untere Teil dauerhaft im Meeresboden verbleibt.

**[0003]** Daher lag dem Gegenstand die Aufgabe zugrunde, den Rückbau von Hohlpfählen zu vereinfachen und einen vollständigen Rückbau zu ermöglichen.

**[0004]** Gegenständlich wird vorgeschlagen, den Rückbau von Gründungspfählen zu erleichtern, indem die Haftreibung an der äußeren Mantelfläche reduziert wird, um den Hohlpfahl am Stück mit vergleichsweise geringem Kraftaufwand aus dem Erdreich heraus ziehen zu können.

**[0005]** Gegenständlich ist erkannt worden, dass ein wendelförmiger Schnitt in der Außenwand des Hohlpfahls dazu genutzt werden kann, dessen Haftreibung an dem umgebenden Erdreich zu verringern. Durch den wendelförmigen Schnitt ist es möglich, den Gründungspfahl im Wesentlichen an einem Stück aus der Gründung heraus zu ziehen. Dies geschieht dadurch, dass sich durch den wendelförmigen Schnitt während des Herausziehens der Durchmesser des Gründungspfahls verkleinert, da durch den Schnitt bei einer Auszugskraft gleichzeitig eine Längung des Pfahls eintritt.

**[0006]** Der wendelförmige Schnitt wird entlang einer Trennlinie, die sich tangential und axial zur Innenwand des Gründungspfahls erstreckt, erreicht. Das bedeutet, dass sich die Trennlinie sowohl in Umfangsrichtung als auch in Längsrichtung des Gründungspfahls erstreckt.

**[0007]** Der Vorschub eines Schneidwerkzeugs erfolgt bevorzugt entlang zweier senkrecht zueinander stehenden Achsen, wobei eine Achse parallel zur Längsachse des Gründungspfahls ist und die zweite Achse tangential zur Innenwand des Gründungspfahls verläuft. Beim Durchtrennen wird bevorzugt mittels eines Schneidwerkzeugs die Wand des Gründungspfahls bevorzugt vollständig durchtrennt.

**[0008]** Ein Schneidwerkzeug wird bevorzugt zunächst an den Beginn der Trennlinie bewegt. Anschließend wird mittels des Schneidwerkzeugs die Wand des Gründungspfahls bevorzugt vollständig, ggf. auch nur teilweise durchtrennt. Das Schneidwerkzeug wird danach in einer Vorschubrichtung axial als auch tangential zur Innenwand bewegt, wobei bei dieser Bewegung eine fortlaufende Durchtrennung oder Teildurchtrennung der Wand des Gründungspfahls erfolgt.

**[0009]** Die Wand des Gründungspfahls ist bevorzugt ein Stahlblech und hat typischerweise eine Wandstärke zwischen 50mm und 150mm. Das Schneidwerkzeug ist entsprechend ausgelegt, solche großen Wandstärken vollständig oder teilweise zu durchtrennen.

**[0010]** Das Schneidwerkzeug kann Teil eines Trennwerkzeugs sein. Das Trennwerkzeug kann das Schneidwerkzeug führen. Das Trennwerkzeug kann an der Innenwand des Hohlpfahls anliegen. Das Trennwerkzeug kann als Antrieb für das Schneidwerkzeug dienen. Das Trennwerkzeug kann dabei einen axialen Vorschub im Gründungspfahl gewährleisten. Das Trennwerkzeug kann das Schneidwerkzeug um die Längsachse des Gründungspfahls rotieren.

**[0011]** Die Trennlinie ist bevorzugt gewendelt, insbesondere helixförmig gewunden. Hierbei sei jedoch angemerkt, dass die helixförmige Windung nicht zwingend gleichmäßig, gleichförmig sein muss, sondern auch ungleichmäßige Windungen mit unterschiedlichen Ganghöhen und /oder Gangwinkeln möglich sind. Die Trennlinie kann einfach oder mehrfach ausgeführt werden, z. B. als Doppelhelix.

Nachdem das Transition Piece vom Gründungspfahl entfernt wurde, kann das Innere des Gründungspfahls ausgeräumt werden. Dies ist mittels Saugen, Baggern und/oder Spülen oder anderen Technologien möglich. Hierbei wird vorgeschlagen, das Innere des Hohlpfahls bis zum unteren Ende oder über einen Großteil der Einbindelänge von Material zu befreien. Auch wird vorzugsweise der außen am Gründungspfahl angeordnete Kolk entfernt. Durch das Ausräumen des Inneren des Gründungspfahls ist die Haftreibung am inneren Pfahlmantel nahezu 0, da dort lediglich Meerwasser oder Umgebungsluft anliegt.

**[0012]** Durch den gewendelten Schnitt entlang der Trennlinie wird gegenständlich erreicht, dass sich während des Aushebens des Gründungspfahls dieser verjüngt und durch diese Verjüngung der Kontakt zwischen dem Gründungspfahl und dem Erdreich gelöst wird, so dass keine Haftreibung mehr besteht und der Gründungspfahl bevorzugt an einem Stück aus dem Erdreich heraus gezogen werden kann.

**[0013]** Das Durchtrennen oder teilweise Trennen erfolgt bevorzugt dadurch, dass ein Schneidwerkzeug zunächst an einem Punkt die Wand (teilweise) durchtrennt. Anschließend erfolgt bei einer tangentialen als auch axialen Bewegung des Schneidwerkzeugs entlang der inneren Mantelfläche des Gründungspfahls das (teilweise) Durchtrennen entlang der Trennlinie. Die Trennlinie erstreckt sich tangential und axial entlang der inneren Mantelfläche des Gründungspfahls. Das Trennwerkzeug wird bevorzugt rotiert und in axialer Richtung in einer linearen Bewegung bewegt. Dabei kann die Rotation links- oder rechtsläufig sein. Gangwinkel und Ganghöhe können durch Einstellung der Rotationsgeschwindigkeit und/oder Vorschubgeschwindigkeit entlang der Längsachse eingestellt werden. Die Ganghöhe als auch der Gangwinkel kann in Abhängigkeit von den Abmessungen

gen des Gründungspfahls sowie den Materialeigenschaften eingestellt werden. Die Ganghöhe und/oder der Gangwinkel kann relevant für die Länge der Schnittlinie sein. Auch kann mit Hilfe der Ganghöhe und/oder des Gangwinkels die Verkleinerung des Durchmessers des Gründungspfahls beim Herausziehen beeinflusst werden. Auch kann abhängig von der Ganghöhe und/oder des Gangwinkels die Längung des Gründungspfahls beim Herausziehen sein.

**[0014]** Vernachlässigt man die Wandstärke des Gründungspfahls und nimmt eine gleichmäßig wendelförmige Trennlinie an, so kann deren Länge  $s$  anhand der nachfolgenden Gleichung ermittelt werden:

$$s = \sqrt{h^2 + (n \cdot \pi \cdot d)^2}$$

wobei

- h Höhe des Gründungspfahls mit wendelförmiger Trennlinie  
n Anzahl der Windungen  
d Durchmesser des Gründungspfahls

**[0015]** Bleibt die Anzahl der Windungen beim Anheben des Gründungspfahls unverändert, so lässt sich der Durchmesser  $d'$  des gelängten Gründungspfahls näherungsweise anhand der nachfolgenden Gleichung bestimmen:

$$d' = \frac{\sqrt{s^2 - (h + f)^2}}{n \cdot \pi}$$

wobei

- f absolute Längung des Gründungspfahls

**[0016]** Der Durchmesser  $d'$  des gelängten Gründungspfahls ist abhängig von der absoluten Längung, welche als Federweg einer zylindrischen Zugfeder mit rechteckigem Querschnitt des Federdrahtes aufgefasst werden kann. Für die näherungsweise Berechnung des Federwegs derartiger Schraubenfedern sind in der Literatur unterschiedliche Gleichungen zu finden. Laut "Mechanische Federn" von A. M. Wahl (Michael Triltsch Verlag, Düsseldorf, 1966) kann die absolute Längung  $f$  bei großen Wickel- bzw. Formverhältnissen wie folgt kalkuliert werden:

$$f = \frac{P \cdot d^3 \cdot n}{k_3 \cdot a \cdot b^3 \cdot G}$$

wobei

- P Kraft  
k<sub>3</sub> Beiwert  
a Ganghöhe  
b Wandstärke des Gründungspfahls  
G Schubmodul

**[0017]** Zu ähnlichen Ergebnissen führt die Gleichung von S. Gross in "Berechnung und Gestaltung von Metallfedern" (Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1960):

$$f = \frac{\pi \cdot n \cdot d^3 \cdot P}{4 \cdot \eta_3 \cdot a \cdot b^3 \cdot G}$$

wobei

- $\eta_3$  Beiwert

**[0018]** Für einen gegebenen Gründungspfahl, der rückgebaut werden soll, können die Anzahl der Windungen  $n$  und die Kraft  $P$  beliebig gewählt werden, um die gewünschte absolute Längung  $f$  zu erzielen, welche wiederum den Durchmesser  $d'$  des gelängten Gründungspfahls bestimmt. Dabei ist es vorteilhaft, die Anzahl der Windungen  $n$  und die Kraft  $P$  so zu wählen, dass der Durchmesser des Gründungspfahls sich aufgrund der Längung des Gründungspfahls um bis zu 70 cm verkleinert, wobei eine Verkleinerung des Durchmessers bevorzugt zwischen 5 cm und 70 cm ist, insbesondere zwischen 5 cm und 35 cm.

**[0019]** Insbesondere soll eine Längung des Gründungspfahls möglichst gering gehalten werden, um die erforderliche Mindesthöhe des Hebemittels begrenzen zu können.

**[0020]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist der Gründungspfahl ein Hohlpfahl, insbesondere der einer Windkraftanlage, einer Substation, einer Trafostation, einer Umspannstation einer Dalbe oder dergleichen. Windkraftanlagen können Teil eines Windparks sein.

**[0021]** Windparks müssen in der Regel nach Ablauf der allgemeinen Betriebsdauer zurückgebaut werden. Die dabei verwendeten Gründungsstrukturen müssen daher möglichst effizient entfernt werden können, was mit der gegenständlichen Lösung möglich ist.

**[0022]** Die Gründungsstruktur, insbesondere der Gründungspfahl, ist insbesondere rotationssymmetrisch zu seiner Längsachse und insbesondere rohrförmig. Diese Form eignet sich für den wendelförmigen Schnitt in besonderer Weise.

**[0023]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird vorgeschlagen, dass der Gründungspfahl ein Monopile, Teil eines Tripile, Teil eines Tripods oder ein Verankerungspfahl eines Jackets ist. All diese Gründungsstrukturen werden im Erdreich verankert.

**[0024]** Wie bereits erläutert, wird bevorzugt, dass zunächst das Innere des Gründungspfahls entlang seiner Einbindelänge vollständig oder teilweise ausgeräumt

wird. Anschließend kann ein Auftrennen der Wand des Gründungspfahls entlang der Trennlinie im Wesentlichen entlang der Einbindelänge erfolgen. Daher erstreckt sich die Trennlinie im Wesentlichen entlang der Einbindelänge des Gründungspfahls. Das heißt, dass sich die Trennlinie ausgehend von der Oberkante Erdboden bis zum bodenseitigen Ende des Gründungspfahls erstrecken kann.

**[0025]** Um den Schnitt entlang der Trennlinie durchzuführen, wird vorgeschlagen, dass ein Trennwerkzeug und/oder ein Schneidwerkzeug während des Durchtrennens um die Längsachse des Gründungspfahls rotiert und axial in Richtung der Längsachse (in Vorschubrichtung) verschoben wird. Auch ist es möglich, dass die Rotation des Trennwerkzeugs extern angeregt ist. Beispielsweise kann das Trennwerkzeug von oben in den Gründungspfohl eingeführt werden. Durch seine Befestigung z.B. an einem Kran oder einem Hebwerkzeug kann die Rotation des Trennwerkzeugs bewirkt werden.

**[0026]** Auch ist es möglich, dass das Trennwerkzeug einen eigenen Antrieb aufweist, um die Rotation zu ermöglichen. Dabei kann beispielsweise ein Antrieb an der Innenwand des Gründungspfahls anliegen und so die Rotation des Trennwerkzeugs und/oder Schneidwerkzeugs relativ zum Gründungspfohl bewirken.

**[0027]** Gleiches gilt für den Vorschub des Trennwerkzeugs entlang der Längsachse des Gründungspfahls. Dabei kann beispielsweise ein Antrieb des Trennwerkzeugs an der Innenwand des Gründungspfahls anliegen und so den Vorschub des Trennwerkzeugs relativ zum Gründungspfohl entlang der Längsachse des Gründungspfahls bewirken. Auch kann von außen der Vorschub bewirkt werden, in dem, seine Befestigung, z.B. an einem Kran oder einem Hebwerkzeug mit dem das Trennwerkzeug in den Gründungspfohl eingeführt wird, mit der gewünschten Vorschubgeschwindigkeit abgelassen wird, so dass sich das Trennwerkzeug in axialer Richtung des Gründungspfahls bewegt.

**[0028]** Das Trennwerkzeug eignet sich zur Durchtrennung von Wandstärken von zumindest 4cm, insbesondere von 2cm bis 15cm. Dies können insbesondere mechanische Trennverfahren sein, insbesondere Wasserstrahlschneiden. Hierbei können dem Wasserstrahl Abrasivmittel hinzugefügt werden. Auch thermische Schneidverfahren eignen sich, insbesondere Laserschneidverfahren.

**[0029]** Wie oben bereits erläutert, erfolgt nach dem Durchtrennen entlang der Trennlinie ein Anheben des Gründungspfahls. Der Gründungspfohl kann durch geeignete Hebelmittel angehoben werden. Dabei können die Hebelmittel, z.B. ein Kran oder eine Hubbühne, am oberen Ende des Gründungspfahls befestigt werden. Eine Verbindung zwischen dem Hebelmittel und dem Gründungspfohl kann form-, kraft-/reib- oder stoffschlüssig sein. Durch das Hebelmittel wird der Gründungspfohl parallel zu seiner Längsachse angehoben. Die Zugkraft wirkt dabei vertikal nach oben. Durch diese Zugkraft erfolgt eine Längung im Bereich der Trennlinie, die gleich-

zeitig zu einer Verkleinerung des Außendurchmessers des Gründungspfahls führt. Durch diese Verkleinerung des Außendurchmessers bildet sich ein Abstand zwischen der äußeren Mantelfläche des Gründungspfahls und dem umgebenden Erdreich. Dadurch wird die Reibung an der äußeren Mantelfläche des Gründungspfahls erheblich reduziert, so dass dieser vollständig aus der Gründung herausgehoben werden kann.

**[0030]** Vor dem Durchtrennen wird das Trennwerkzeug von oben in den Gründungspfohl eingeführt. Hierbei kann über ein Hebelmittel das Trennwerkzeug in den Gründungspfohl gehoben werden. Das Trennwerkzeug hat vorzugsweise einen maximalen Querschnitt, welcher dem inneren Durchmesser des Gründungspfahls entspricht. Das Trennwerkzeug hat dabei beispielsweise drei Stützarme, welche radial nach außen auskragend sind und radial nach außen beweglich an dem Trennwerkzeug angeordnet sind. Dadurch können sich die Arme an der Innenwand des Gründungspfahls abstützen und können beispielsweise dafür sorgen, dass der Abstand des Schneidwerkzeugs, beispielsweise einer Wasserdüse oder eines Laserkopfs, zur Innenwand des Gründungspfahls im Wesentlichen entlang des gesamten Umfangs konstant ist.

**[0031]** Um sicher zu stellen, dass das Trennwerkzeug auch in den Gründungspfohl eingeführt werden kann, wird vorgeschlagen, dass der Gründungspfohl vor dem Einführen des Trennwerkzeugs durchtrennt wird. Die Trennlinie kann dabei senkrecht zur Längsachse des Gründungspfahls verlaufen. Dies ist beispielsweise dann notwendig, wenn der Gründungspfohl nach oben konisch zu läuft. Auch kann ein Transition Piece mittel Grouting an dem Gründungspfohl befestigt werden. Rückstände nach dem Entfernen des Transition Pieces können den Innendurchmesser blockieren. Auch dann kann es sinnvoll sein, den Gründungspfohl unterhalb der Rückstände senkrecht zur Längsachse zu durchtrennen, um das Trennwerkzeug einführen zu können.

**[0032]** Ein weiterer Aspekt ist ein Trennwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens.

**[0033]** Eine Lagerung eines Trennwerkzeugs kann dabei beispielsweise nach außen kragende Arme, insbesondere rollend gelagerte Arme sein, welche sich an der Innenwand des Gründungspfahls abstützen. Die Arme können federbelastet sein, so dass die Arme mit einer Abstützkraft gegen die Innenwand des Gründungspfahls drücken.

**[0034]** Das Schneidwerkzeug kann mechanisch mit der Lagerung verbunden sein. Das Schneidwerkzeug ist bevorzugt zentrisch an dem Trennwerkzeug angeordnet. Das Schneidwerkzeug ist so gelagert, dass dieses während des Schneidens in axialer Richtung bewegt werden kann, als auch gleichzeitig oder sequenziell rotiert werden kann. Diese Bewegung erfolgt z.B. über die Lagerung des Schneidwerkzeugs an dem Lager. Das Lager ist bevorzugt so gestaltet, dass es eine Rotation des Schneidwerkzeugs relativ zur Innenwand des Gründungspfahls ermöglicht. Das Lager ist bevorzugt so ge-

staltet, dass es einen Vorschub des Schneidwerkzeugs axial entlang der Längsachse des Gründungspfahls ermöglicht.

**[0035]** Durch die Längung, welche beim Anheben des Gründungspfahls auftritt, kann es dazu kommen, dass der Gründungspfahl durch das Hebemittel nicht vollständig aus dem Boden heraus gehoben werden kann. In einem solchen Fall kann es sinnvoll sein, den Gründungspfahl vor oder während des Anhebens zu durchtrennen und in mehreren Schritten aus dem Boden heraus zu heben. Dies ist jedoch lediglich eine Frage der Höhe des Hebemittels und der Längung des Gründungspfahls.

**[0036]** Nachfolgend wird der Gegenstand anhand einer Ausführungsbeispiele zeigenden Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1a, b verschiedene Gründungsstrukturen;

Fig. 2 Verfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 3a, b verschiedene helixförmige Schnitte;

Fig. 4a, b ein Trennwerkzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel:

Fig. 5a, b ein durchtrennter Gründungspfahl vor und während des Anhebens.

**[0037]** Fig. 1a zeigt eine Offshore-Windkraftanlage 2 welche im Erdreich 4 mit einem Gründungspfahl 6 gegründet ist. Der Gründungspfahl 6 steht zumindest teilweise unterhalb der Wasseroberfläche 8. Oberhalb der Wasseroberfläche 8 ist an dem Gründungspfahl 6 beispielsweise ein Transition Piece 10 befestigt. Das Transition Piece 10 nimmt beispielsweise eine Substation 12 auf. Zur Durchführung des gegenständlichen Verfahrens wird die Substation 12 demontiert und das Transition Piece 10 von dem Gründungspfahl 6 entfernt. Anschließend kann ein Schnitt wie er in Fig. 2 gezeigt ist durchgeführt werden.

**[0038]** Fig. 1b zeigt eine weitere Variante einer Windkraftanlage 2. Hierbei sind drei Gründungspfähle 6 als Tripile im Erdreich 4 gegründet. Auf dem Tripile ist ebenfalls ein Transition Piece 10 befestigt, an welchem ein Turm 14, beispielsweise einer Windturbine, befestigt ist. Zur Durchführung des gegenständlichen Verfahrens wird zunächst der Turm 14 und das Transition Piece 10 demontiert.

**[0039]** Um das Trennwerkzeug in die Gründungspfähle 6 einführen zu können, wird gegebenenfalls ein horizontaler Schnitt 16 außen an den Gründungspfählen 6 durchgeführt, so dass die Gründungspfähle 6 nach oben offen bevorzugt mit einer lichten Weite, welche dem größten inneren Durchmesser des Gründungspfahls 6 entspricht, sind.

**[0040]** Nachdem die Gründungspfähle 6 wie beschrie-

ben vorbereitet wurden, wird, wie in Fig. 2 gezeigt, beispielsweise über einen Kran 18 ein Trennwerkzeug 20 in den Gründungspfahl 6 eingelassen. Im Bereich der Oberkante 4a des Erdreichs 4 wird am Gründungspfahl 6 mit Hilfe des Trennwerkzeugs 20 ein gewendelter Schnitt entlang einer Trennlinie 22 durchgeführt. Zu erkennen ist, dass die Trennlinie 22 helixförmig ist. Das Trennwerkzeug 20 wird bevorzugt über zumindest einen Großteil der Einbindelänge 24 in den Gründungspfahl 6 verschoben.

**[0041]** Während das Trennwerkzeug 20 mittels eines Schneidwerkzeugs 26, z.B. eines Wasserstrahlschneiders, die Wand des Gründungspfahls 6 durchtrennt, wird das Trennwerkzeug sowohl in axialer Richtung 28 bewegt, als auch wie in Fig. 4b gezeigt in einer Rotationsrichtung 30 rotiert. Hierdurch kommt es zu dem helixförmigen Schnitt entlang der Trennlinie 22.

**[0042]** Die Bewegung entlang der axialen Richtung 28 kann durch Absenken des Krans 18 oder in sonstiger Weise extern oder über einen Antrieb (nicht gezeigt) des Trennwerkzeugs 20, welcher sich an den Armen 20a befindet, erfolgen.

**[0043]** Die Rotation in Rotationsrichtung 30 des Schneidwerkzeugs 26 kann durch eine Rotation am Kran 18 oder über einen Antrieb (nicht gezeigt) des Trennwerkzeugs 20, welcher sich an den Armen 20a befindet, bewirkt werden. Auch kann das Schneidwerkzeug 26 gegenüber dem Trennwerkzeug 20 rotieren.

**[0044]** Die Fig. 3a, b zeigen verschiedenartige Trennlinien 22. Wie bereits zuvor erwähnt, ist es möglich, den helixförmigen Schnitt mit konstanter oder variabler Ganghöhe 32 und/oder konstanten oder variablen Gangwinkel 34 auszuführen.

**[0045]** Auch ist es möglich, einen gewendelten, nicht stetigen Schnitt entlang einer Trennlinie 22 wie in Fig. 3b gezeigt ist, auszuführen. Hierbei wechselt sich die Bewegung in axialer und tangentialer Richtung während des Schneidens ab, so dass eine stufige Trennlinie 22 erzielt wird.

**[0046]** Die gezeigten Trennlinien 22 gemäß der Fig. 3a, b können, ob mit konstanter Ganghöhe 32 oder variabler Ganghöhe 32, ob mit konstantem Gangwinkel 34 oder variablem Gangwinkel 34, als helixförmiger oder gewendelter Schnitt verstanden werden. Die Trennlinie 22 kann in einfacher oder mehrfacher Ausführung hergestellt werden.

**[0047]** Fig. 4a zeigt beispielhaft ein Trennwerkzeug 22. Das Trennwerkzeug 22 wird, wie beschrieben, in axialer Richtung 28 während des Trennvorgangs bewegt. Gleichzeitig oder alternierend wird das Trennwerkzeug 22 oder lediglich das Schneidwerkzeug 26 in einer Rotationsrichtung 30 rotiert, wie in der Fig. 4b gezeigt ist.

**[0048]** Das Trennwerkzeug 22 ist mit Armen 22a gegenüber der Innenwand des Gründungspfahls 6 abgestützt. Die Arme 22a können dabei beispielsweise federbelastet sein, so dass das Trennwerkzeug 20 möglichst zentrisch in dem Gründungspfahl 6 geführt ist.

**[0049]** Das Schneidwerkzeug 26, das als Wasser-

strahlschneider oder Laserschneider ausgeführt sein kann, kann drehbar an dem Trennwerkzeug 20 angeordnet sein.

**[0050]** Fig. 5a zeigt den Gründungspfahl 6 im geschnittenen, jedoch nicht angehobenen Zustand. Zu erkennen ist die Trennlinie 22, entlang derer die Außenwand des Gründungspfahls 6 vollständig oder teilweise durchtrennt ist. Der Schnitt entlang der Trennlinie 22 beginnt bevorzugt an der Oberkante 4a des Erdreichs 4.

**[0051]** Nachdem der Schnitt durchgeführt wurde, wird der Gründungspfahl 6 in axialer Richtung 28 aus dem Erdreich 4 angehoben. Dabei kommt es, wie in der Fig. 5b gezeigt, zu einer Längung des Gründungspfahls 6. Die Fig. 5b ist schematisch und überhöht dargestellt, um den gegenständlichen Effekt besser darstellen zu können. Durch das Eigengewicht als auch die Haftreibung im Erdreich 4 wird der Gründungspfahl 6 entlang der Trennlinie 22 auseinander gezogen. Durch dieses Auseinanderziehen kommt es zu einer Verkleinerung des Durchmessers des Gründungspfahls 6, so dass zwischen dem Gründungspfahl 6 und dem Erdreich 4 ein Spalt entsteht. Durch diesen Spalt wird die Haftreibung des Gründungspfahls 6 am Erdreich 4 verringert oder aufgehoben. Durch die verringerte Haftreibung und den Spalt 36 kann der Gründungspfahl 6 mit erheblich weniger Kraft aus dem Erdreich 4 gezogen werden als ohne den Schnitt entlang der Trennlinie 22.

Bezugszeichenliste

**[0052]**

|    |                   |
|----|-------------------|
| 2  | Windkraftanlage   |
| 4  | Erdreich          |
| 4a | Oberkante         |
| 6  | Gründungspfahl    |
| 8  | Wasseroberfläche  |
| 10 | Transition Piece  |
| 12 | Substation        |
| 14 | Turm              |
| 16 | Schnitt           |
| 18 | Kran              |
| 20 | Trennwerkzeug     |
| 22 | Trennlinie        |
| 24 | Einbindelänge     |
| 26 | Schneidwerkzeug   |
| 28 | axiale Richtung   |
| 30 | Rotationsrichtung |
| 32 | Ganglinie         |
| 34 | Gangwinkel        |
| 36 | Spalt             |

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Rückbau eines Gründungspfahls umfassend:

- Durchtrennen des Gründungspfahls ausgehend von seiner Innenwand und
- Anheben des durchtrennten Gründungspfahls,

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Durchtrennung entlang einer sich tangential und axial zur Innenwand erstreckenden Trennlinie erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Trennlinie gewunden, insbesondere helixförmig gewunden ist.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** nach dem Durchtrennen der Gründungspfahl angehoben wird, wobei sich der Pfahldurchmesser im Bereich der Trennlinie durch die Durchtrennung beim Anheben verkleinert.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** der Gründungspfahls Teil einer Windkraftanlage, einer Substation, einer Trafostation oder einer Umspannstation ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** der Gründungspfahl rotationssymmetrisch zu seiner Längsachse ist, insbesondere dass der Gründungspfahl ein Rohr ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** der Gründungspfahl ein Monopile, ein Tripile, ein Tripod oder ein Verankerungspfahl eines Jackets ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** vor dem Durchtrennen das Innere des Gründungspfahls ausgeräumt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** sich die Trennlinie im Wesentlichen entlang der Einbindelänge des Gründungspfahls erstreckt.

5

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

10

- **dass** ein Trennwerkzeug während des Durchtrennens um die Längsachse des Gründungspfahls rotiert und axial in Richtung der Längsachse verschoben wird.

15

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Rotation des Trennwerkzeugs durch eine Lagerung des Trennwerkzeugs an der Innenwand ermöglicht wird oder dass die Rotation des Trennwerkzeugs extern angeregt wird.

20

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

25

- **dass** die Verschiebung des Trennwerkzeugs durch eine Lagerung des Trennwerkzeugs an der Innenwand ermöglicht wird oder dass die Verschiebung des Trennwerkzeugs extern angeregt wird.

30

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

35

- **dass** die Wand mittels mechanischer Trennverfahren, insbesondere Wasserstrahlschneiden, oder thermischer Trennverfahren, insbesondere Laserscheiden, durchtrennt wird.

40

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

45

- **dass** beim oder vor dem Anheben der Gründungspfahl in Windungsrichtung der Trennlinie tordiert wird.

50

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

**dadurch gekennzeichnet,**

55

- **dass** das Trennwerkzeug vor dem Durchtrennen von oben in den Gründungspfahl eingeführt wird und/oder dass der Gründungspfahl vor dem

Einsetzen des Trennwerkzeugs aufgetrennt wird.

15. Trennwerkzeug zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche umfassend:

- mit einer Lagerung eingerichtet zur radialen Lagerung des Trennwerkzeugs an der Innenwand des Gründungspfahls und
- einem Schneidwerkzeug eingerichtet zur Durchtrennung der Wand des Gründungspfahls,

**dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Schneidwerkzeug über die Lagerung tangential und axial relativ zur Innenwand des Gründungspfahls beweglich ist.

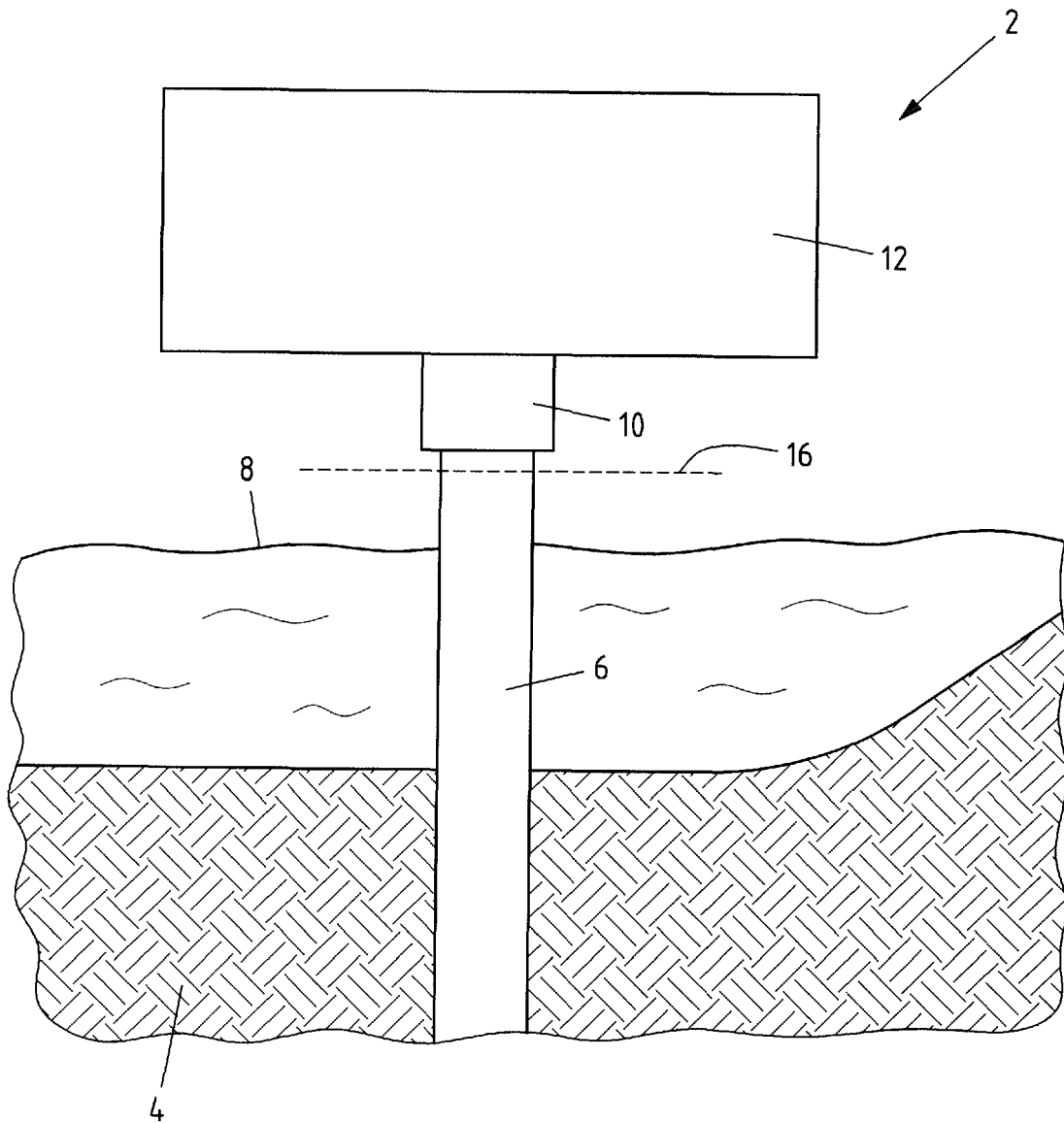
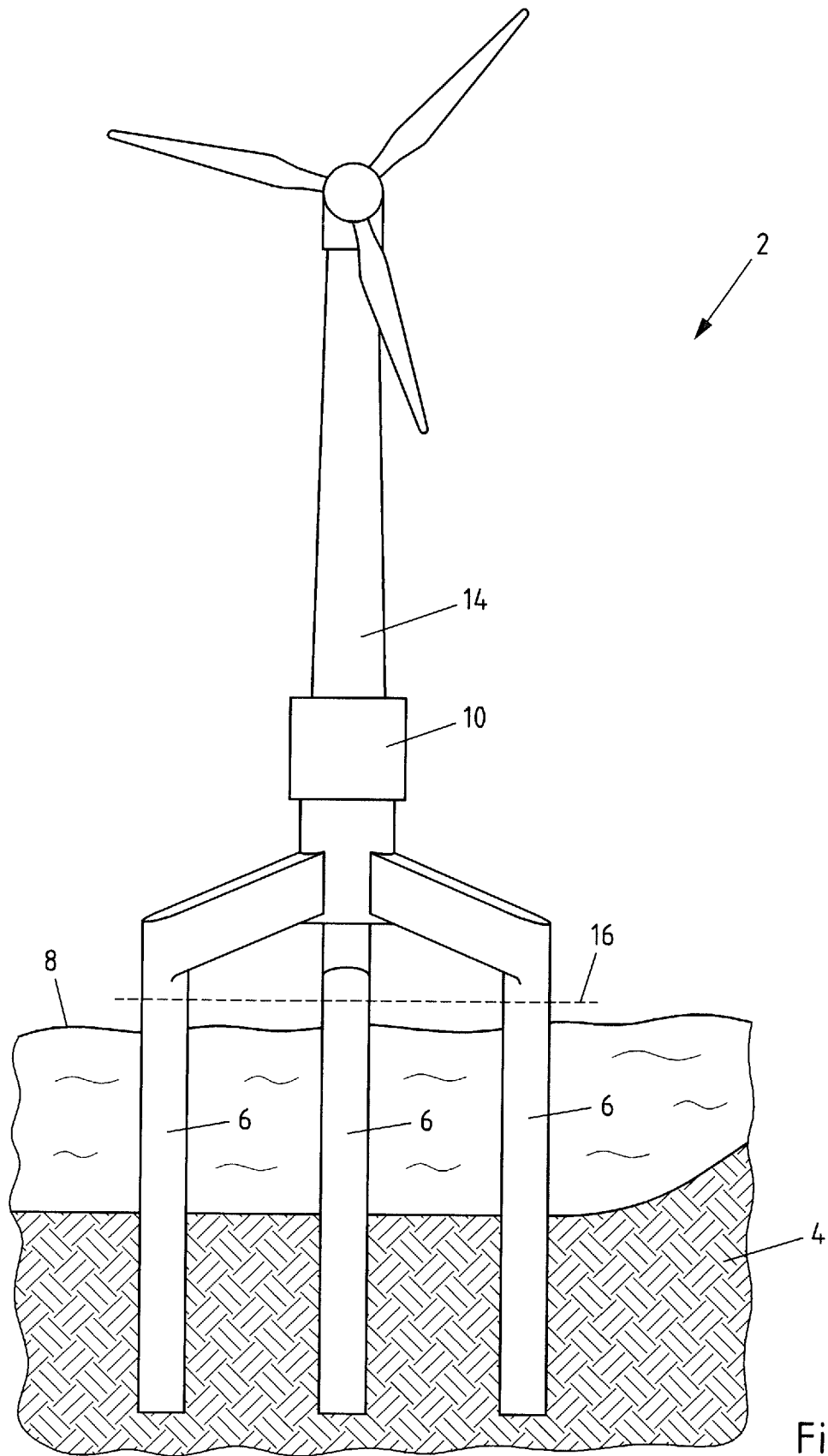


Fig.1a



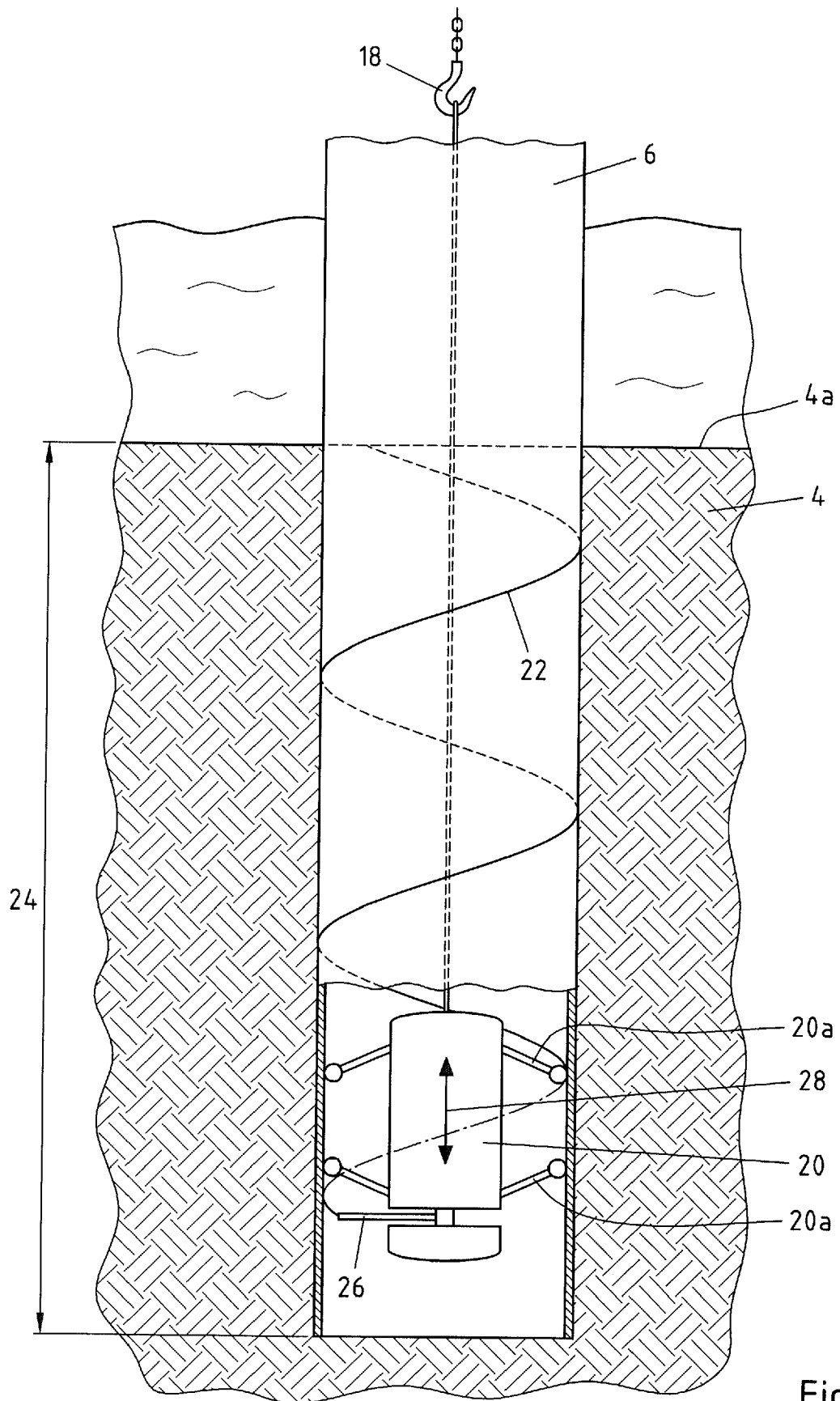


Fig.2

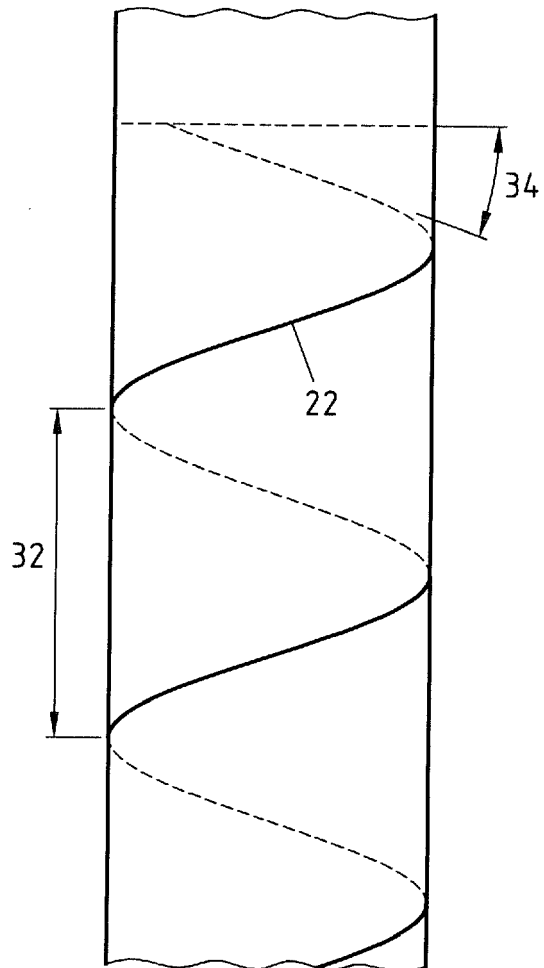


Fig.3a

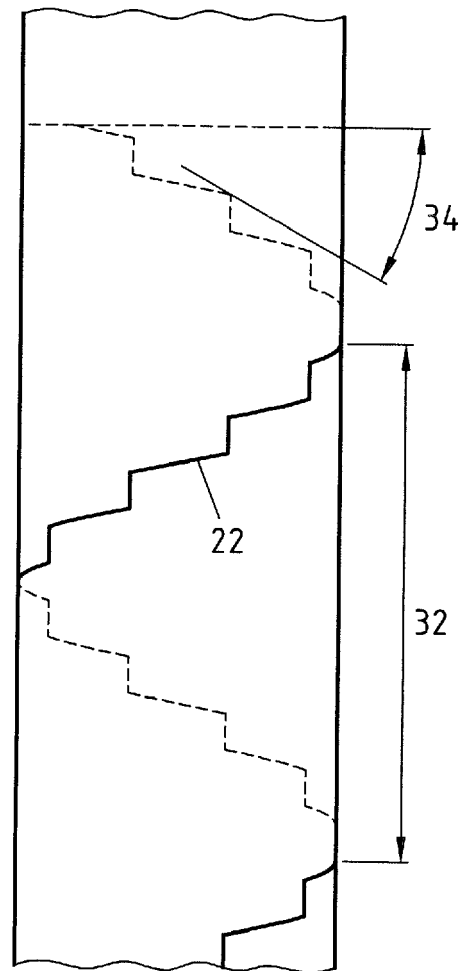


Fig.3b

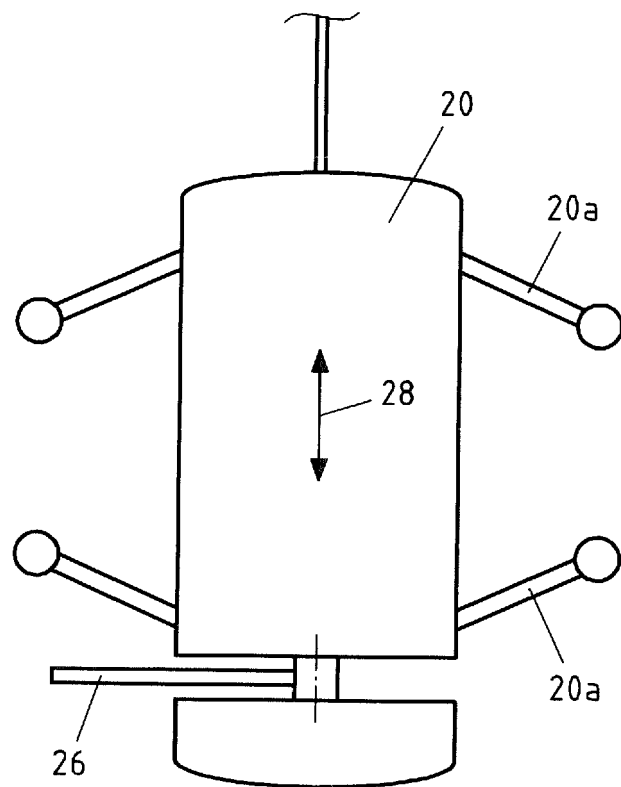


Fig.4a

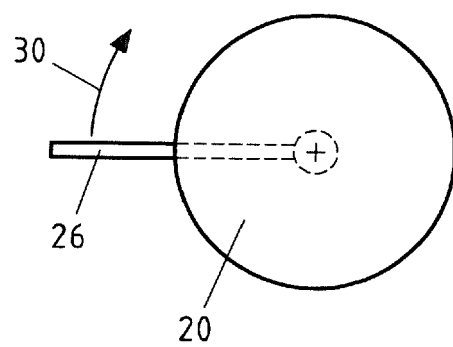


Fig.4b

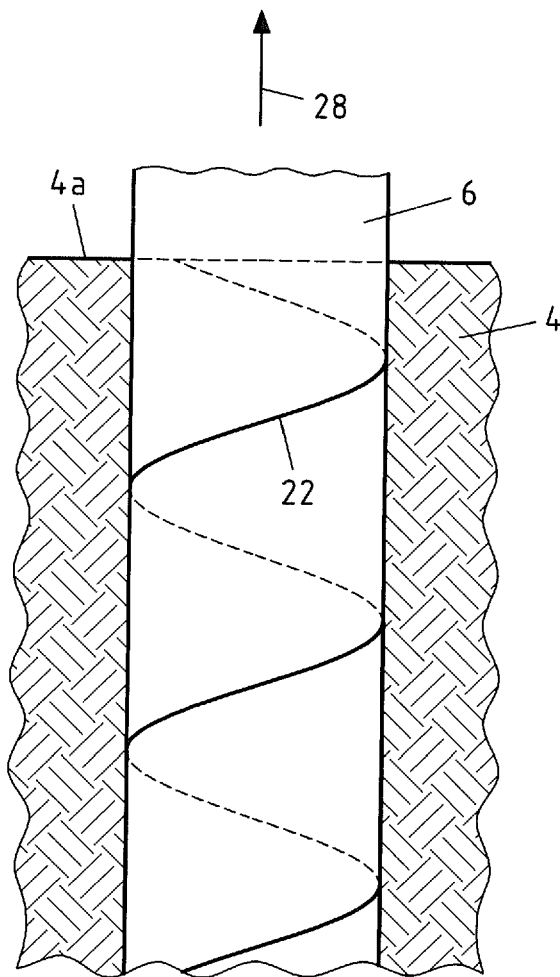


Fig.5a

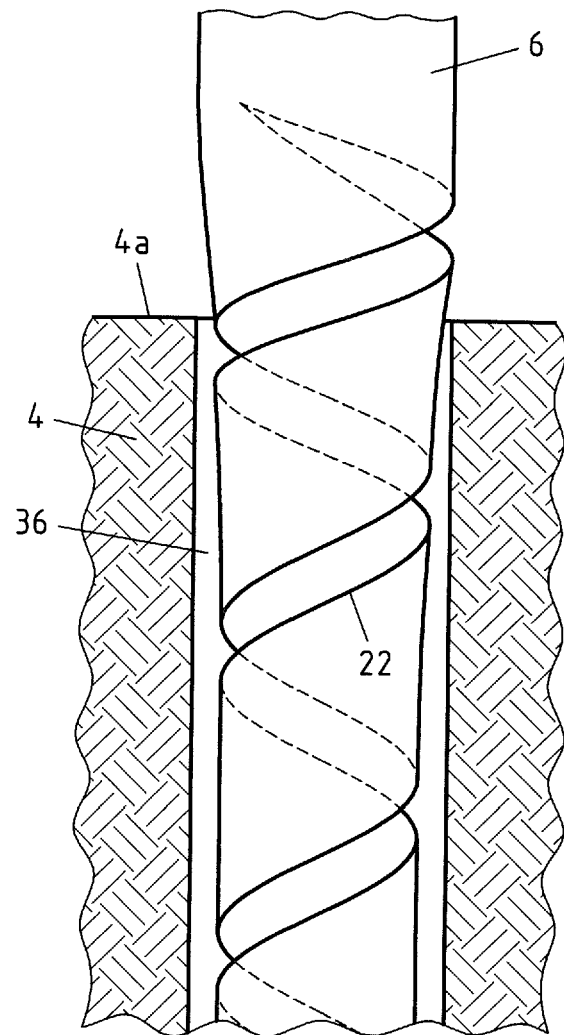


Fig.5b



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 19 1180

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | NL 1 021 034 C2 (VREOM [NL])<br>13. Januar 2004 (2004-01-13)                        | 1,3-8,<br>10-12,<br>14,15                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | INV.<br>E02D9/04                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Seite 3, Zeile 3 - Seite 6, Zeile 27;<br>Abbildung 1 *                            | 2,9,13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 3 056 786 A1 (TERRA AG TIEFBAUTECHNIK [CH]) 17. August 2016 (2016-08-17)         | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Absatz [0026] - Absatz [0045]; Abbildung 5 *                                      | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 4 162 383 A (HAMASAKI MASANOBU [JP])<br>24. Juli 1979 (1979-07-24)               | 1,3,5,7,<br>8,10-12,<br>14,15                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Spalte 2, Zeile 23 - Spalte 6, Zeile 18;<br>Abbildungen 1-3 *                     | 2,4,6,9,<br>13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JP H05 50234 A (KAWASAKI STEEL CO)<br>2. März 1993 (1993-03-02)                     | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Absatz [0010] - Absatz [0017];<br>Abbildungen 1,3,4,6 *                           | 1-14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | E02D                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br><b>13. Januar 2020</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prüfer<br><b>Geiger, Harald</b>    |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                     | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 19 19 1180

5 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.

13-01-2020

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie               | Datum der<br>Veröffentlichung          |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|
|    | NL 1021034 C2                                      | 13-01-2004                    | KEINE                                           |                                        |
| 15 | EP 3056786 A1                                      | 17-08-2016                    | DE 102015101874 A1<br>EP 3056786 A1             | 11-08-2016<br>17-08-2016               |
|    | US 4162383 A                                       | 24-07-1979                    | JP S5278188 A<br>JP S5535234 B2<br>US 4162383 A | 01-07-1977<br>12-09-1980<br>24-07-1979 |
| 20 | JP H0550234 A                                      | 02-03-1993                    | JP 2655955 B2<br>JP H0550234 A                  | 24-09-1997<br>02-03-1993               |
| 25 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 30 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 35 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 40 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 45 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 50 |                                                    |                               |                                                 |                                        |
| 55 |                                                    |                               |                                                 |                                        |

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **A. M. WAHL.** Mechanische Federn. Michael Triltsch Verlag, 1966 **[0016]**