



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2024 Patentblatt 2024/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E02D 7/18 (2006.01) E02D 11/00 (2006.01)
E02D 15/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22194596.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E02D 7/18; E02D 11/00; E02D 15/08

(22) Anmeldetag: **08.09.2022**

(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

• **Stark, Anne**
21079 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Hansen, Jochen**
Patentanwaltskanzlei Hansen
Eisenbahnstraße 5
21680 Stade (DE)

(71) Anmelder: **Technische Universität Hamburg**
21073 Hamburg (DE)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

(72) Erfinder:
• **Grabe, Jürgen, Univ.-Prof. Dr.-Ing.**
21077 Hamburg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM EINBRINGEN EINES PROFILS IN DEN UNTERGRUND SOWIE VIBRATORANORDNUNG DAFÜR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Untergrund, insbesondere für Offshore-Anwendungen, mittels eines an einem Seil (6) geführten Vibrators (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) aufsitzt, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Ballastbehälters (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf den Vibrator (20) aufgebracht wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vibratoranordnung (2) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Einbringen eines Profils (1) in den Untergrund, insbesondere für Offshore-Anwendungen, mit einem an einem Seil (6) geführten Vibrator (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) aufsitzt, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ballastbehälter (5) mit einer Zuführ- oder Ablassleitung vorgesehen ist, der durch Zuführen oder Ablassen eines Fluids in den Ballastbehälter (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf das Profil (1) und/oder den Vibrator (20) ausübt.

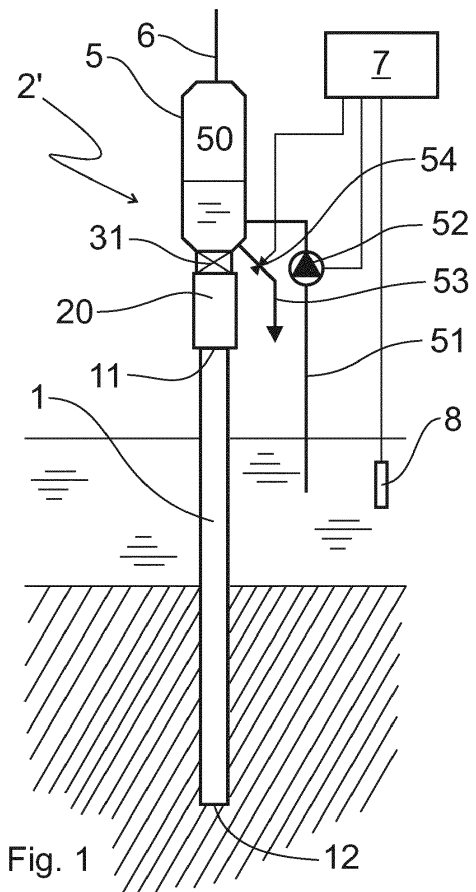


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Untergrund, insbesondere für Offshore-Anwendungen, mittels eines an einem Seil geführten Vibrators, der auf dem einzubringenden Profil aufsitzt. Ferner betrifft die Erfindung eine Vibratoranordnung dafür.

[0002] Im Stand der Technik sind verschiedene Methoden zum Einbringen von Profilen in den Untergrund (Boden) bekannt. Dabei eignen sich die verschiedenen Methoden für unterschiedliche Profile, Profilgrößen und Untergründe entsprechend der zu erreichenden Endtiefe. Dabei sind die Profile meist aus Stahl hergestellte Halbzeuge als Langprodukte, die in einer definierten Form hergestellt sind und dessen Querschnitt über seine gesamte Länge gleich ist. Profile aus Stahl werden gewalzt, gezogen oder gepresst und sind beispielsweise Spundwände, Stahlträger, Rohre oder dergleichen. Derartige Profile können durch entsprechende Einbringvorrichtungen in den Untergrund eingedrückt, einvibriert oder eingeschlagen werden.

[0003] Dabei ist das Eindrücken eines Profils in den Boden durch Aufbringen eines ausreichenden Gewichts auf das Profil ein sehr schonender Einbringvorgang, der beispielsweise auch Offshore keine Erschütterungen in den Wasserkörper (Hydroschall) leitet. Jedoch wird für die meisten Anwendungen bei Weitem nicht die geforderte Endtiefe für das jeweilig einzubringende Profil erreicht. Beispielsweise ist in der DE 2 312 727 A1 ein Verfahren und Vorrichtung zum Eindrücken eines Bauteils in den Boden beschrieben, bei dem die auf das einzudrückende Bauteil auszuübende Gewichtskraft durch Befüllen von gesonderten Tanks mit Seewasser erhöht werden kann. Gleichwohl ist die statische Auflastung von Gewichten und somit das erfolgreiche Niederbringen von entsprechend zur Einbringung gewünschten Profilen beschränkt auf weiche, oder leicht penetrierbare Böden und/oder kleinere Profilquerschnitte.

[0004] Ferner sind Rammgeräte bekannt, die ein einzubringendes Profil mittels Rammschlägen in den Untergrund einbringen. Dabei sind sowohl frei reitende Rammgeräte bekannt, die auf das Profil aufgesetzt und nicht aktiv geführt werden, ebenso wie Rammgeräte, die an einem sogenannten Mäkler als Führungseinrichtung, meist an einer Baumaschine befestigt, angeordnet sind und das einzubringende Profil präzise in den Untergrund führen. Dabei kann das Rammgerät über den Mäkler auch einen Teil seines Gewichts auf das einzubringende Profil auflasten, sodass bei den jeweiligen Rammschlägen ein verbesserter Vortrieb erreicht wird. Allerdings sind bei Offshore-Anwendungen Mäkler nicht ohne großen Aufwand einsetzbar. Weiter ist bei Rammgeräten allgemein nachteilig der erhebliche Schall, der von den Rammschlägen ausgelöst wird und sich bei Anwendungen im Wasser auch auf den Wasserkörper überträgt und im Meer eine erhebliche Beeinträchtigung der Natur mit sich bringt.

[0005] Für immer größer werdende Profile, insbesondere im Bereich der Offshore-Anwendung, also der Einbringung von Profilen auf den Meeresgrund, beispielsweise zur Gründung von Bohrinseln oder Windkraftanlagen werden immer größere Profile in den Meeresgrund eingebracht. Für Windkraftanlagen werden beispielsweise sogenannte Monopiles, also ein einfaches, jedoch entsprechend groß dimensioniertes Stahlrohr als Gründung im Meeresgrund verwendet. Derartige Monopiles haben zur Zeit Durchmesser von über 5 Meter, insbesondere 6 Meter, bis zur Zeit zu 10 Meter und eine Rohrwandungsdicke von 30 bis 80 mm. Für die Zukunft ist davon auszugehen, dass noch größere Monopiles zur Anwendung kommen werden. Entsprechend ist es erforderlich, die durch das Rammen erzeugte Schlagenergie auf einen großen Radius und somit quasi flächig zu verteilen. Dafür sind entsprechend auf dem Monopile aufsitze Ambossgewichte zur Verteilung der Schlagenergie bekannt.

[0006] Ferner ist aus der WO 2020/263095 A1 die sogenannte "BLUE PILING Technology" (Marke der IHC Holland IE B.V.) bekannt, bei der eine große in einem Behälter vorgehaltene Meerwassermasse angehoben und zum Rammen fallen gelassen wird. Dabei soll zwar durch den etwas verlängerten Schlagimpuls, also durch die veränderte Schlagcharakteristik eine Reduzierung des Unterwasserlärms im Vergleich zu konventionellen Hammerschlägen ermöglicht werden, gleichwohl sind äußerst kräftige Rammschläge zum Einbringen der groß dimensionierten Monopiles erforderlich, die weiterhin eine erhebliche Beeinträchtigung der Umgebung, insbesondere von Hydroschallemissionen, bedingen.

[0007] Ferner sind, wie eingangs bereits erwähnt, Vibrationseinbringverfahren bekannt. An Land sind dabei ähnlich zu den Rammgeräten entsprechende Vibratoren bekannt, die beispielsweise als frei reitender, sogenannter Vibratorbär auf das einzubringende Profil aufgesetzt und nicht aktiv geführt werden. Alternativ sind Vibratoren bekannt, die an den vorgenannten Mäklern präzise geführt werden. Gegenüber dem Rammverfahren ist die Beeinträchtigung der Umgebung durch das Einbringen der Profile mit Vibratoren erheblich geringer. Entsprechend können die Vibrationsverfahren häufig auch in bebauten Gebieten eingesetzt werden, in denen ein herkömmliches Rammen zu erheblichen Bauschäden führen würde. Entsprechend dürften auch beim Einsatz im Meer, also Übertragung der Vibrationen/Schläge in den Wasserkörper beim Vibrieren gegenüber dem Rammen geringere Hydroschallemissionen entstehen.

[0008] Trotz dieser Vorteile wird die Vibrationstechnik im Marinebereich und insbesondere für größere Profile nicht oder kaum eingesetzt, da beispielsweise große Profile, wie Monopiles mit Durchmessern von über 5 Metern auch in mitteldicht gelagerte Sande, wie sie beispielsweise in der Nordsee anstehen, nicht bis auf Endtiefe eingebracht werden können. Will man bisher die schonendere Vibrationstechnik dabei einsetzen, muss dann bei Erreichen einer Maximaltiefe im Vibrationsverfahren

auf Rammen umgestellt werden, was zeit- und kosten-
aufwendig ist.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher, die Vibrationstechnik zum Einbringen von großen Profilen, insbesondere bei Offshore-Anwendungen, zu ertüchtigen, um das einzubringende Profil mittels Vibration bis auf Endtiefe einbringen zu können.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1 und/oder einer Vibratoranordnung gemäß Anspruch 8.

[0011] Wenn mittels eines Ballastbehälters eine veränderbare Gewichtskraft auf den Vibrator aufgebracht wird, kann die Auflast für den Vibrator beim Einbringvorgang auf das erforderliche Maß gebracht werden, um das einzubringende Profil auf Endtiefe einbringen zu können.

[0012] Bevorzugt wird die veränderbare Gewichtskraft durch Einpumpen oder Ablassen von Wasser in den oder aus dem Ballastbehälter erzielt. Dabei ist insbesondere für Offshore-Anwendungen ein Einpumpen von Meerwasser in den Ballastbehälter und/oder bedarfsweises Ablassen von Meerwasser aus dem Ballastbehälter vorgesehen. Selbstverständlich ist diese Anwendung auch an Land möglich, sofern ein entsprechend großes Wasserreservoir, beispielsweise ein See oder ein Fluss oder künstliches Wasserreservoir, vorgehalten wird.

[0013] Dadurch, dass die veränderbare Gewichtskraft des Ballastbehälters vom Vibrator schwingungsentkoppelt ist, wirkt die Gewichtskraft des Ballastbehälters allein als quasi statische Auflast, sodass die Massenträgheit der Auflast nicht aktiviert wird.

[0014] Wenn Vibrator und Ballastbehälter (und das darunter liegende einzubringende Profil) vom Vibrator in Schwingung versetzt werden, so dass die Auflast die schwingende Masse vergrößert, muss alternativ das Seil vom Ballastbehälter und Vibrator schwingungsentkoppelt sein. Damit wird verhindert, dass diese Schwingungen auf das Halteseil der Anordnung übertragen werden. Anderenfalls könnte das Halteseil und damit auch der das Vibrationsgerät haltende Kran in unkontrollierte Schwingungen versetzt werden.

[0015] Dadurch, dass die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils gemessen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Vortriebsgeschwindigkeit erhöht und bei erhöhter Vortriebsgeschwindigkeit vermindert wird, kann ein kontrolliert geregelter Einbringvorgang ausgeführt werden, der die veränderbare Gewichtskraft entsprechend der Vortriebsgeschwindigkeit regelt.

[0016] Ergänzend oder alternativ kann über entsprechende Hydroschallmessungen die Auflast so geregelt werden, dass vorgegebene Hydroschallgrenzwerte eingehalten werden, nämlich dadurch, dass die Hydroschallemission beim Einbringen des Profils gemessen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Hydroschallemission erhöht und bei erhöhter Hydroschallemission vermindert wird.

[0017] Wenn nach Erreichen der Endtiefe der Vibrator

ausgeschaltet und die veränderbare Gewichtskraft auf Maximalgewicht erhöht wird, wird das einzubringende Profil quasi statisch durch die maximale Auflast nochmals mit dem Untergrund verspannt bzw. in Kraftschluss gebracht, da beim Vibrieren das Profil nach Abschluss des Vibrationsvorganges entsprechend der dynamischen Gesetzmäßigkeiten geringfügig zurückspringt, also ein unmittelbarer Kraftschluss zwischen der Profilstirnfläche und dem Untergrund noch nicht gegeben wäre.

[0018] Vorrichtungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass ein Ballastbehälter mit einer Zuführ- oder Ablassleitung vorgesehen ist, der durch Zuführen oder Ablassen eines Fluids in den Ballastbehälter eine veränderbare Gewichtskraft auf das Profil und/oder den Vibrator ausübt. Das Fluid ist im Falle von Offshore-Anwendungen das Meerwasser. Das Meerwasser wird beispielsweise über eine Tauchpumpe zugeführt.

[0019] Wenn der Vibrator über dem Ballastbehälter auf dem Profil angeordnet ist, wobei das Seil am Vibrator über einen zweiten Schwingungsisolator befestigt ist, bilden der Ballastbehälter und der Vibrator gemeinsam die schwingende Masse, so dass dann das daran befestigte Seil entsprechend schwingungsentkoppelt angesetzt sein muss.

[0020] In alternativer Ausgestaltung ist der Ballastbehälter über dem Vibrator auf dem Profil angeordnet, wobei das Seil am Ballastbehälter ebenfalls über einen zweiten Schwingungsisolator befestigt ist. Auch dabei bilden Ballastbehälter und Vibrator eine gemeinsam schwingende Masse.

[0021] Um die Massenträgheit des Ballastbehälters nicht zu aktivieren, sitzt der Vibrator unmittelbar auf dem Profil auf und der Ballastbehälter ist über einen ersten Schwingungsisolator auf dem Vibrator aufgelastet, womit der Vibrator seine Schwingungen unmittelbar auf das einzubringende Profil überträgt, jedoch durch den zwischengeordneten ersten Schwingungsisolator zwischen Vibrator und Ballastbehälter die Schwingungen nicht auf den Ballastbehälter überträgt.

[0022] Wenn Sensoren zur Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit am Vibrator und/oder am Ballastbehälter angeordnet sind, die mit einem Erfassungs- und Steuergerät zusammenwirken, kann die entsprechende Regelung beim Einbringvorgang ausgeführt und der Einbringvorgang protokolliert werden.

[0023] Ferner sind bevorzugt Hydroschallsensoren zur Messung des Hydroschalls im umgebenden Wasserkörper angeordnet, die mit dem Erfassungs- und Steuergerät wirkverbunden sind, so dass die Einhaltung von naturschutzrechtlichen Vorgaben kontrolliert und protokolliert werden kann.

[0024] Um eine entsprechend geeignete, ausreichend veränderbare Auflast bereitstellen zu können, weist der Ballastbehälter ein Tankvolumen für Wasser von 5 bis 50 cbm, insbesondere 10 bis 20 cbm auf. Somit können bei Einfüllen von Wasser/Meerwasser 5 bis 50 Tonnen oder bevorzugt 10 bis 20 Tonnen Auflast bedarfsweise

eingefüllt oder wieder abgelassen werden.

[0025] Bevorzugt ist das einzubringende Profil ein Monopile mit einem Durchmesser größer 5 m.

[0026] Nachfolgend werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie der Niederbringvorgang beispielhaft anhand der nachfolgenden Zeichnungen detailliert beschrieben.

[0027] Darin zeigt:

Fig. 1 eine Vibratoranordnung in einem ersten Ausführungsbeispiel in schematischer, teils geschnittener Seitenansicht,

Fig. 2 in zur Fig. 1 ähnlicher Darstellung eine Ausführung einer Vibratoranordnung in einem zweiten Ausführungsbeispiel und

Fig. 3 eine grafische Darstellung eines beispielhaften Einbringvorganges.

[0028] In Fig. 1 ist in einer schematischen, teils geschnittenen Seitenansicht eine Vibratoranordnung in einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Dort ist ein einzubringendes Profil 1, beispielsweise ein Monopile, in im Wesentlichen senkrechter Orientierung, bereits teils eingebracht in einen Meeresboden B, über dem sich ein Wasserkörper W, beispielsweise im Offshore-Bereich das Meer, erstreckt, dargestellt. Dabei weist das Profil eine langgestreckte Form auf, wobei dessen Querschnitt über seine gesamte Länge gleich ist. Das Profil 1, hier ein Monopile, weist einen Profilfuß 12 auf, der in den Boden bis zu einer Endtiefe T einzubringen ist. Das obere Ende des Profils 1, der Profilkopf 11, dient dann später zur Befestigung der aufzubauenden Struktur, beispielsweise eine Windkraftanlage oder dergleichen. Zum Einbringen des Profils 1 in den Boden B sitzt auf dem Profilkopf 11 eine Vibratoranordnung 2, bestehend aus einem Vibrator 20, einem Schwingungsisolator 3 und einem Ballastbehälter 5. Die Vibratoranordnung 2 wird von einem Kran oder dergleichen über ein Seil 6 angehoben, gehandhabt und geführt, um die Vibratoranordnung 2 auf dem Profilkopf 11 des einzubringenden Profils 1 absetzen und halten zu können.

[0029] Die erste Vibratoranordnung 2' in einer ersten Ausführungsform gemäß Fig. 1 zeichnet sich dadurch aus, dass der auf dem Profilkopf 11 des Profils 1 reitende Vibrator 20 über einen ersten Schwingungsisolator 31 mit dem darüber angeordneten Ballastbehälter 5 zusammengesetzt ist.

[0030] Demgegenüber ist die in Fig. 2 dargestellte zweite Ausführungsform als zweite Vibratoranordnung 2'' gemäß Fig. 2 aufgebaut aus dem Vibrator 20, der direkt auf dem Profilkopf 11 des einzubringenden Profils 1 reitet und einen darauf direkt befestigten Ballastbehälter 5 mit einem darüber angeordneten zweiten Schwingungsisolator 32 aufweist.

[0031] Jeweils am oberen Ende der Vibratoranordnung 2, gemäß Fig. 1 somit am oberen Ende des Bal-

lastbehälters 5 und in Fig. 2 am oberen Ende des zweiten Schwingungsisolators 32 ist jeweils das Seil 6 zur Handhabung der Gesamtvorrichtung angesetzt. Der zum Handhaben erforderliche Kran, an dem das Seil 6 geführt und bedarfsweise angehoben wird, ist der Übersichtlichkeit halber in den Fig. 1 und 2 nicht dargestellt.

[0032] Der in der ersten oder zweiten Vibratoranordnung 2'/2'' vorgesehene Vibrator 20 ist ein im Stand der Technik grundsätzlich bekannter Vibrator, dessen Unwuchtamplitude und dessen Frequenz in üblicher Weise veränderbar ist. Der Vibrator 20 weist selbstverständlich ein bestimmtes Eigengewicht auf, mit dem dieser Vibrator 20 auf dem Profilkopf 11 des einzubringenden Profils 1 aufsitzt. Dazu ist am Vibrator 20 ein Anschlusselement 21 ausgebildet, welches auf dem Profilkopf 11 des einzubringenden Profils 1 möglichst passgenau aufliegt und auch eine Führung der auf dem Profil 1 aufsitzenden Vibratoranordnung 2 übernimmt.

[0033] In der Ausführung gemäß Fig. 1 weist die erste Vibratoranordnung 2' oberhalb des Vibrators 20 einen ersten Schwingungsisolator 31 auf, der die vom Vibrator 20 erzeugten Schwingungen neutralisiert und im Wesentlichen nicht auf den über dem ersten Schwingungsisolator 31 aufsitzenden Ballastbehälter 5 überträgt. Derartige Schwingungsisolatoren sind im Stand der Technik bekannt.

[0034] Der Ballastbehälter 5 umschließt einen Hohlraum 50, an den eine Zuführleitung 51 mit Pumpe 52 angeschlossen ist, womit über die bis in den Wasserkörper W reichende Zuführleitung 51 Wasser, insbesondere Meerwasser mittels der Pumpe 52 in den Hohlraum 50 des Ballastbehälters 5 eingepumpt werden kann. Ferner ist eine Ablassleitung 53 mit einem Ablassventil 54 so angeschlossen, dass Wasser über die Ablassleitung 53 durch Öffnen des Ablassventils 54 in den Wasserkörper W abgelassen werden kann.

[0035] Ferner ist ein Erfassungs- und Steuergerät 7 vorgesehen, welches mit dem Vibrator 20, der Pumpe 52 und dem Ablassventil 54 wirkverbunden ist. Ferner ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ein im Wasserkörper W angeordnetes Hydrophon 8 mit dem Erfassungs- und Steuergerät 7 wirkverbunden, welches den Hydroschall im Wasserkörper W messen kann.

[0036] Alternativ zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 ist in Fig. 2 bei der zweiten Vibratoranordnung 2'', der Ballastbehälter 5 direkt auf dem Vibrator 20 angeordnet, womit die gesonderte Auflast des Ballastbehälters 5 die schwingende Masse des Vibrators 20 vergrößert. Damit das Seil 6, an dem die zweite Vibratoranordnung 2'' gesichert und gehandhabt wird, keine Schwingungen unerwünscht an den das Seil 6 tragenden Kran übertragen kann, ist oberhalb des Ballastbehälters 5 der zweite Schwingungsisolator 32 vorgesehen.

[0037] Durch die Ausbildung des Ballastbehälters 5 mit dem darin vorgesehenen Hohlraum 50 kann somit durch Zuführen von Wasser (Meerwasser) in den Hohlraum 50 das Gewicht des Ballastbehälters 5 und somit die Auflast auf das einzubringende Profil 1 variiert werden. Durch

Einpumpen von Wasser in den Hohlraum 50 wird die Auflast vergrößert und durch Ablassen von Wasser aus dem Hohlraum 50 wird die Auflast verringert.

[0038] Bei einem beispielhaften Einbringvorgang, der in Fig. 3 in zwei Graphen, einmal die geregelte Auflast über der Zeit und einmal die erreichte Tiefe über der Zeit aufgeführt ist. Beim Aufsetzen des einzubringenden Profils 1 auf dem Meeresboden B wird aufgrund des Eigengewichts des Profils 1 und des darauf aufgesetzten Vibrators 20 bereits ein erstes statisches minimales Eindringen erreicht. Der dynamische Einbringvorgang beginnt dann durch Aktivieren des Vibrators 20 mit geringer Auflast. Gegebenenfalls wird die gesamte Vibratoranordnung 2 vom Kran über das Seil 6 entlastet und nur mit sehr geringer Auflast auf den Profilkopf 11 des einzubringenden Profils 1 belastet. Mit fortschreitendem Einvibrieren des Profils 1 in den Meeresboden B wird die Auflast entsprechend der oberen Kurve der Fig. 3 durch Einpumpen von Meerwasser in den Hohlraum 50 des Ballastbehälters 5 erhöht, womit weiterhin eine geeignete Vortriebsgeschwindigkeit, also weiteres Eindringen des Profilsfußes 12 des Profils 1 in den Meeresboden B erreicht wird.

[0039] Erreicht der Profilsfuß 12 des einzubringenden Profils 1 eine weichere oder leichter penetrierbare Schicht im Untergrund, kann das Auflastgewicht des Ballastbehälters 5 durch entsprechende Regelung über das Erfassungs- und Steuergerät 7 ggf. auch reduziert oder nicht weiter gesteigert werden, um einen weiterhin möglichst gleichmäßigen Einbringvorgang mit stetiger Vordringgeschwindigkeit sicher zu stellen. Diese Situation gibt die in Fig. 3 im oberen Graphen dargestellte „Delle“ in dem mit Pfeil markierten Bereich an. Bei weiterem Vortrieb wird dann die Auflast wieder weiter gesteigert und bei Erreichen der gewünschten Endtiefe T beendet. Damit wird der Vibrator 20 ausgeschaltet.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform des Einbringverfahrens wird dann jedoch nicht sofort die Auflast verringert und abgehoben, sondern zunächst der Hohlraum 50 über Zuführleitung 51 und Pumpe 52 mit Meerwasser maximal befüllt, um ein statisches Nachsetzen des eingebrachten Profils 1 zu erreichen. Dabei wird das mit Beendigung des Vibrationsvorganges leicht zurückspringende Profil 1 durch die erhöhte statische Auflast zumindest soweit in den Meeresboden B eingedrückt, dass der Profilsfuß 12 des eingebrachten Profils 1 in Kraftschluss bzw. in Verspannungszustand mit dem Meeresboden B eintritt. Dies ist insbesondere bei großen Profilen 1, beispielsweise Monopiles mit größer gleich 5 m Durchmesser und einer Materialstärke des Monopiles von beispielsweise bis zu 80 mm sinnvoll, um auch den Spitzenwiderstand sofort ohne weitere Setzungsbewegungen bei der weiteren Nutzung des Profils 1, beispielsweise als Gründung für eine Windkraftanlage, nutzen zu können. Nach diesem statischen Setzungsvorgang wird dann die Auflast durch Ablassen des Wassers aus dem Hohlraum 50 des Ballastbehälters 5 verringert und schließlich die gesamte Vibratoranordnung 2 mittels des

Seils 6 von einem Kran abgehoben.

[0041] Zum Vergleich mit einem Vibrationseinbringvorgang ohne gesonderten Ballastbehälter 5, also ohne veränderbare Gewichtskraft, sind zugehörige gestrichelte Graphen dargestellt, aus denen auch ersichtlich ist, dass bei mitteldicht gelagerten Sanden im Meeresboden B, wie sie beispielsweise in der Nordsee anstehen, die gewünschte Endtiefe T nicht erreicht werden kann.

[0042] Durch die mittels des Ballastbehälters 5 auf den Vibrator 20 aufzubringende veränderbare Gewichtskraft, kann die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils 1 nicht nur durch Verändern der Vibratorfrequenz und ggf. der Unwuchtamplitude des Vibrators, wie dies bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist, sondern durch eine bewusste Regelung, also Veränderung der auflastenden Gewichtskraft mittels eines Ballastbehälters 5, in dessen Hohlraum 50 bedarfsweise Wasser eingepumpt, bzw. abgelassen wird, erreicht werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils gemessen und bei verminderter Vortriebsgeschwindigkeit die Auflast durch Einpumpen von Wasser in den Hohlraum 50 erhöht und bei zunehmender Vortriebsgeschwindigkeit, die Auflast des Ballastbehälters 5 durch Ablassen von Wasser aus dem Hohlraum 50 verringert wird. Durch diesen Regelkreis wird der Einbringvorgang vergleichmäßig und insgesamt eine deutlich größere Einbringtiefe des Profils erreicht.

[0043] Ebenso kann durch zusätzliches Messen der Hydroschallemission mittels des Hydrophons 8 die Auflast in Abhängigkeit des gemessenen Hydroschalls verändert werden. Dabei kann parallel zu dem erstgenannten Regelkreis eine maximal zulässige Hydroschallemission im Erfassungs- und Steuergerät vorgegeben werden, wobei bei Erreichen dieser Hydroschallemissionsgrenze die Auflast durch Ablassen von Wasser aus dem Hohlraum 50 des Ballastbehälters 5 verringert und in der Folge die Hydroschallemission ebenfalls verringert wird. In Abhängigkeit der übrigen Regelparameter kann dann bei entsprechend geringen Hydroschallemissionen das Auflastgewicht durch Einpumpen von Wasser in den Hohlraum 50 des Ballastbehälters 5 erhöht und somit die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils 1 wieder erhöht werden.

Bezugszeichenliste

[0044]

1	Profil, Monopile
11	Profilkopf
12	Profilsfuß
2, 2', 2"	Vibratoranordnung
20	Vibrator
21	Anschlussstück
3	Schwingungsisolator

- 31 erster Schwingungsisolator
32 zweiter Schwingungsisolator

4 Seil

- 5 Ballastbehälter
50 Hohlraum
51 Zufuhrleitung
52 Pumpe
53 Ablassleitung
54 Ablassventil

6 Seil

7 Erfassungs- und Steuergerät

8 Hydrophon, Hydroschallsensor

B Boden, Meeresboden

W Wasserkörper

T Endtiefe

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Untergrund, insbesondere für Offshore-Anwendungen, mittels eines an einem Seil (6) geführten Vibrators (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) aufsitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels eines Ballastbehälters (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf den Vibrator (20) aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die veränderbare Gewichtskraft durch Einpumpen oder Ablassen von Wasser in den oder aus den Ballastbehälter (5) erzielt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die veränderbare Gewichtskraft des Ballastbehälters (5) vom Vibrator (20) schwingungsentkoppelt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seil vom Ballastbehälter (5) und Vibrator (20) schwingungsentkoppelt ist.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils (1) gemessen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Vortriebsgeschwindigkeit erhöht und bei erhöhter Vortriebsgeschwindigkeit vermindert wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydroschallemmission beim Einbringen des Profils (1) ge-

messen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Hydroschallemmission erhöht und bei erhöhter Hydroschallemmission vermindert wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Erreichen der Endtiefe (T) der Vibrator (20) ausgeschaltet und die veränderbare Gewichtskraft auf Maximalgewicht erhöht wird.
8. Vibratoranordnung (2) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Einbringen eines Profils (1) in den Untergrund, insbesondere für Offshore-Anwendungen, mit einem an einem Seil (6) geführten Vibrator (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) aufsitzt, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ballastbehälter (5) mit einer Zuführ- oder Ablassleitung vorgesehen ist, der durch Zuführen oder Ablassen eines Fluids in den Ballastbehälter (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf das Profil (1) und/oder den Vibrator (20) ausübt.
9. Vibratoranordnung (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vibrator (20) über dem Ballastbehälter (5) auf dem Profil (1) angeordnet ist, wobei das Seil (6) am Vibrator (20) über einen zweiten Schwingungsisolator (32) befestigt ist.
10. Vibratoranordnung (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastbehälter (5) über dem Vibrator (20) auf dem Profil (1) angeordnet ist, wobei das Seil (6) am Ballastbehälter (5) über einen zweiten Schwingungsisolator (32) befestigt ist.
11. Vibratoranordnung (2) nach Anspruch 8 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vibrator (20) unmittelbar auf dem Profil (1) aufsitzt und der Ballastbehälter (5) über einen ersten Schwingungsisolator (31) auf dem Vibrator (20) aufgelastet ist.
12. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sensoren zur Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit am Vibrator (20) und/oder am Ballastbehälter (5) angeordnet sind, die mit einem Erfassungs- und Steuergerät (7) zusammenwirken.
13. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11 mit Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Hydroschallsensoren (8) zur Messung des Hydroschalls im umgebenden Wasserkörper (W) angeordnet sind, die mit dem Erfassungs- und Steuergerät (7) wirkverbunden sind.
14. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastbehälter (5) ein Tankvolumen für Wasser von 5 bis 50 cbm, insbesondere 10 bis 20 cbm aufweist.

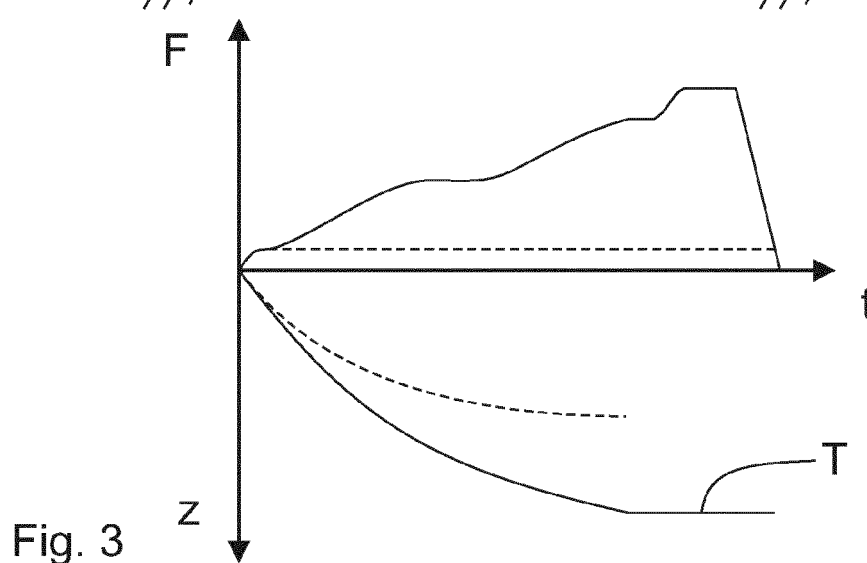
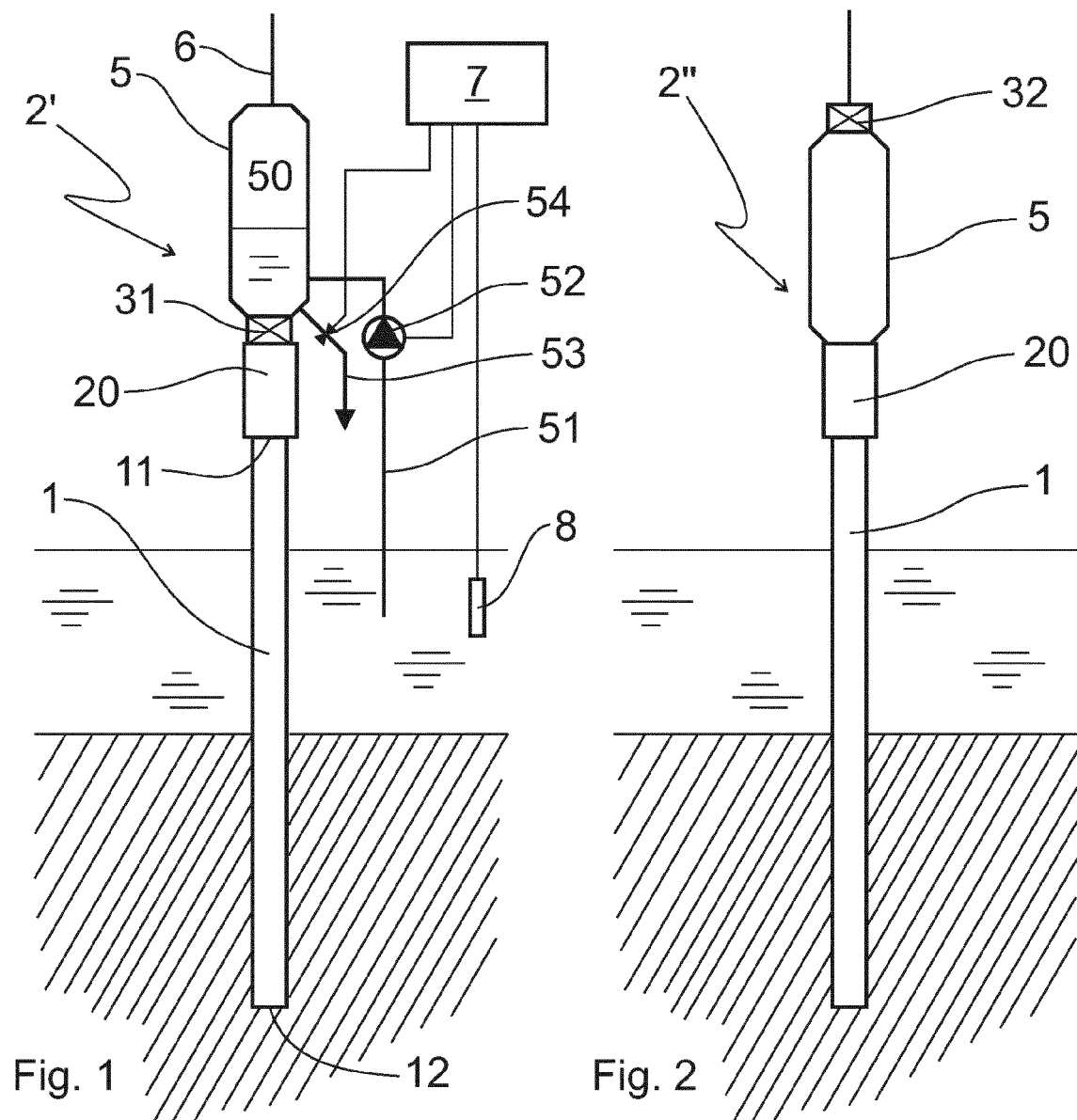
15. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einzubringende Profil (1) ein Monopile mit einem Durchmesser größer 5 m ist.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Einbringen eines Profils in den Untergrund für Offshore-Anwendungen mittels eines an einem Seil (6) geführten Vibrators (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) reitet, wobei mittels eines Ballastbehälters (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf den Vibrator (20) aufgebracht wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die veränderbare Gewichtskraft durch Einpumpen oder Ablassen von Wasser in den oder aus dem Ballastbehälter (5) erzielt wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastbehälter (5) vom Vibrator (20) schwingungsentkoppelt ist. 25
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seil vom Ballastbehälter (5) und Vibrator (20) schwingungsentkoppelt ist. 30
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vortriebsgeschwindigkeit beim Einbringen des Profils (1) gemessen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Vortriebsgeschwindigkeit erhöht und bei erhöhter Vortriebsgeschwindigkeit vermindert wird. 35
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hydroschallemission beim Einbringen des Profils (1) gemessen wird und die veränderbare Gewichtskraft bei verminderter Hydroschallemission erhöht und bei erhöhter Hydroschallemission vermindert wird. 40
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Erreichen der Endtiefe (T) der Vibrator (20) ausgeschaltet und die veränderbare Gewichtskraft auf Maximalgewicht erhöht wird. 45
8. Vibratoranordnung (2) zur Ausführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche zum Einbringen eines Profils (1) in den Untergrund für Offshore-Anwendungen mit einem an einem Seil (6) geführten Vibrator (20), der auf dem einzubringenden Profil (1) aufreitet, wobei ein Ballastbehälter (5) mit einer Zuführ- oder Ablassleitung vorgesehen ist, so dass durch Zuführen oder Ablassen eines Flu-

ids in den Ballastbehälter (5) eine veränderbare Gewichtskraft auf das Profil (1) und/oder den Vibrator (20) ausgeübt werden kann.

- 5 9. Vibratoranordnung (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastbehälter (5) über dem Vibrator (20) auf dem Profil (1) angeordnet ist, wobei das Seil (6) am Ballastbehälter (5) über einen zweiten Schwingungsisolator (32) befestigt ist.
- 10 10. Vibratoranordnung (2) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vibrator (20) unmittelbar auf dem Profil (1) aufsitzt und der Ballastbehälter (5) über einen ersten Schwingungsisolator (31) auf dem Vibrator (20) aufgelastet ist.
- 15 11. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sensoren zur Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeit am Vibrator (20) und/oder am Ballastbehälter (5) angeordnet sind, die mit einem Erfassungs- und Steuergerät (7) zusammenwirken.
- 20 12. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10 mit Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Hydroschallsensoren (8) zur Messung des Hydroschalls im umgebenden Wasserkörper (W) angeordnet sind, die mit dem Erfassungs- und Steuergerät (7) wirkverbunden sind.
- 25 13. Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastbehälter (5) ein Tankvolumen für Wasser von 5 bis 50 cbm, insbesondere 10 bis 20 cbm aufweist.
- 30 14. Verwendung der Vibratoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das einzubringende Profil (1) ein Monopile ist.
- 35 40 45 50 55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 4596

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2021/160798 A1 (DEGEN WILHELM [AE]; DEGEN ALEXANDER [DE]) 19. August 2021 (2021-08-19) * Seite 3, Zeile 7 - Seite 9; Abbildungen 1-4 *	1, 8	INV. E02D7/18 E02D11/00 E02D15/08
A	EP 0 301 114 A1 (BOMAG MENCK GMBH [DE]) 1. Februar 1989 (1989-02-01) * Spalte 3, Zeile 20 - Spalte 9, Zeile 10; Abbildungen 1-3 *	1-15	
A	US 2017/145650 A1 (DENEFF LAURENS [NL] ET AL) 25. Mai 2017 (2017-05-25) * Absatz [0045] - Absatz [0066]; Abbildungen 3d-3g, 4 *	1-15	
A	CN 114 457 802 A (WENZHOU YONGAN HEAVY INDUSTRY SCIENCE AND TECH LIMITED COMPANY) 10. Mai 2022 (2022-05-10) * das ganze Dokument *	1-15	
A	CN 113 585 261 A (SHANGHAI ZHENZHONG CONSTRUCTION MACHINERY TECH CO LTD) 2. November 2021 (2021-11-02) * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E02D E02C E02B
A	US 6 672 805 B1 (WHITE JOHN L [US]) 6. Januar 2004 (2004-01-06) * das ganze Dokument *	1-15	
A	WO 2016/071067 A1 (THYSSENKRUPP TIEFBAUTECHNIK GMBH [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 12. Mai 2016 (2016-05-12) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Februar 2023	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			

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

EP 22 19 4596

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.

28-02-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021160798 A1	19-08-2021	EP 4103785 A1	21-12-2022
		WO 2021160798 A1	19-08-2021
EP 0301114 A1	01-02-1989	EP 0301114 A1	01-02-1989
		JP H0678616 B2	05-10-1994
		JP S6436822 A	07-02-1989
		NO 168315 B	28-10-1991
		US 4818149 A	04-04-1989
		US 4872514 A	10-10-1989
US 2017145650 A1	25-05-2017	CN 106795704 A	31-05-2017
		EP 3155176 A2	19-04-2017
		US 2017145650 A1	25-05-2017
CN 114457802 A	10-05-2022	KEINE	
CN 113585261 A	02-11-2021	KEINE	
US 6672805 B1	06-01-2004	US 6672805 B1	06-01-2004
		US 6908262 B1	21-06-2005
WO 2016071067 A1	12-05-2016	CN 107371370 A	21-11-2017
		DE 102014016400 A1	12-05-2016
		EP 3215678 A1	13-09-2017
		US 2017328022 A1	16-11-2017
		WO 2016071067 A1	12-05-2016

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 Patentdokumente

- DE 2312727 A1 [0003]
- WO 2020263095 A1 [0006]