



(11)

**EP 4 098 802 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.08.2023 Patentblatt 2023/31**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**E02B 3/06** <sup>(2006.01)</sup>      **E02D 5/20** <sup>(2006.01)</sup>  
**E02D 17/18** <sup>(2006.01)</sup>      **E02D 37/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**E02D 5/58** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **22174546.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**E02D 37/00; E02B 3/066; E02D 5/20; E02D 5/58; E02D 17/18**

(22) Anmeldetag: **20.05.2022**

### (54) **GEOTECHNISCHES VERFAHREN SOWIE GEOTECHNISCHE ANORDNUNG**

GEOTECHNICAL METHOD AND GEOTECHNICAL ARRANGEMENT

PROCÉDÉ GÉOTECHNIQUE, AINSI QU'AGENCEMENT GÉOTECHNIQUE

(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**

(72) Erfinder:  
• **Prof. Dr. Grabe, Jürgen**  
**21075 Hamburg (DE)**  
• **Vogel, Paul**  
**21107 Hamburg (DE)**

(30) Priorität: **25.05.2021 DE 102021113483**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.12.2022 Patentblatt 2022/49**

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

(73) Patentinhaber: **Technische Universität Hamburg**  
**21073 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2017/191564**      **BE-A4- 1 010 514**  
**DE-A1- 2 942 428**      **KR-B1- 102 082 333**

**EP 4 098 802 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein geotechnisches Verfahren zur geregelten Abschirmung eines Bodendruckes an einer zu entlastenden Baustruktur in einem zu stabilisierenden Boden. Ferner betrifft die Erfindung eine geotechnische Anordnung, die bei Ausführung des Verfahrens entsteht.

**[0002]** Exzentrisch vorspannbare Profile sind in der Bautechnik bekannt. Dabei bedeutet Profil beispielsweise ein Doppel-T-Stahlträger, ein Stahlrohr, ein Stahlbetonpfahl (mit rundem oder eckigem Querschnitt). Exzentrisch vorspannbare Profile weisen dabei exzentrisch zu ihrer zentralen Längsachse ein oder mehrere einseitig angeordnete Spannlieder auf, die beispielsweise in einem Hüllrohr geführt sind. Übliche Spannverfahren aus dem Massivbau sind beispielsweise die verbundlose Vorspannung, die für Stahlbetonpfähle eingesetzt wird. Das Verpressen der Hüllrohre entfällt dabei, was deutlich kleinere Durchmesser der Spannkabel und somit eine Anwendung für relativ schlanke Profile ermöglicht. Des Weiteren treten bei dieser Vorspannungsart durch äußere Lasten kaum Spannungsänderungen im Spannstahl (Spannlied) auf, weil kein Verbund vorhanden ist. Durch die verbundlose Vorspannung kann das Verfahren nachhaltiger gestaltet werden. Es kann nachgespannt werden, falls im Laufe der Zeit durch Kriechen/Schwinden des Betons oder durch Relaxation des Spannkabels die Spannkraft und somit die Verformung und Abschirmung verringert wird. Im Gegensatz dazu kann eine Vorspannung mit Verbund für Stahlbetonträger eingesetzt werden, womit ein kraftschlüssiger Verbund zwischen Spannlied und Beton ermöglicht wird.

**[0003]** Derartige exzentrisch vorspannbare Profile sind somit zwar im Massivbau, beispielsweise für Brücken bekannt, jedoch noch nicht für ein geotechnisches Verfahren zur geregelten Abschirmung eines Bodendruckes.

**[0004]** Es ist bekannt, zur Stabilisierung einer Kaimauer eine sogenannte Vorsetze wasserseitig vor die zu sanierende Kaimauer zu setzen. Eine Vorsetze verändert jedoch unerwünscht die Geometrie des Hafenbeckens und ist auch hinsichtlich der erforderlichen Rückverankerung technisch aufwendig. Eine derartige nachträglich ertüchtigte Kaimauer ist beispielsweise in der BE 1 010 514 A4 beschrieben, bei der wasserseitig vor der zu sanierenden Kaimauer eine Vorsätze gesetzt wird, die tief im Untergrund verankert und zusätzlich durch einen Grundanker im tieferen Untergrund rückverankert wird.

**[0005]** Ferner ist es bekannt, eine nicht vorgespannte Pfahlwand unter Inkaufnahme einer Zusatzverformung oder lediglich rechnerisch in Grenzzustand wirkenden Abtragens landseitig der zu schützenden, bestehenden Kaimauer einzubringen, was jedoch nur eine bedingte Entlastung für die bestehende Kaimauer bedeutet. Ferner ist es möglich, eine gefährdete Kaimauer komplett rückzubauen und durch einen Neubau zu ersetzen, was logistisch aufwendig und sehr teuer ist.

**[0006]** Aus der KR 10 2 082 333 B1 ist ein exzentrisch vorgespanntes H-Profil zur direkten Absicherung von Geländesprüngen, insbesondere einer Baugrube bekannt, bei dem das H-Profil beispielsweise durch Bohren in den noch unbearbeiteten Boden eingebracht, das eingesetzte H-Profil exzentrisch verspannt und danach die Baugrube zur Erzeugung des Geländesprungs ausgehoben wird. Nach Fertigstellung der in der Baugrube erstellten Baustruktur wird der H-Pfahl durch Lösen der Verspannung entspannt und kann anschließend ohne Probleme entfernt werden.

**[0007]** Aus der JP H05-54 630 U ist eine Erdstützwand aus aneinander koppelbaren Profilen bekannt, wobei jedes Profil exzentrisch vorspannbar ist, um den an einem Geländesprung (Baugrube) entstehenden Bodendruck besser aufnehmen zu können. Dabei wird das untere Ende der Profile unterhalb des Aushubs im tieferen Boden verankert und das obere Ende und ggf. dazwischen durch entsprechende Verankerungen gesichert.

**[0008]** Ferner ist in der JP H11-50 446 A ein Spundwandelement beschrieben, welches eine exzentrische Vorspannung auf der Seite des abzuschirmenden Bodendruckes aufweist. Damit soll verhindert werden, dass sich die Spundwand mit ihrem freien oberen Ende ohne eine zusätzliche Verankerung im tieferen Untergrund nicht übermäßig nach außen neigt.

**[0009]** In diesen drei vorgenannten Schriften sind zwar exzentrisch spannbare Profile beschrieben, jedoch dienen diese zur Erhöhung der Steifigkeit der jeweils gebildeten Stützwand und somit zur Reduktion von Verformungen.

**[0010]** Die DE 29 42 428 A1 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen von Fußverstärkungen zum Ausbau und/oder zur Sanierung bestehender Kaimauern und dergleichen, bei dem in gleichmäßigen, vorgebbaren Abständen beidseitig offene Rohre allein durch Bohren mit geringem Abstand unmittelbar vor dem Fuß der bestehenden Kaimauer unter Wasser in den Untergrund der Hafensohle eingebracht und durch anschließend in die Zwischenräume benachbarter Rohre passende Wandelemente zumindest auf einer vorgebbaren Länge des oberen Endbereiches der Rohre zu einer den Fuß der bestehenden Kaimauer überlappenden Unterwasserspundwand ergänzt werden. Somit wird in dieser Schrift zwar die Verstärkung einer Kaimauer durch Einbringen von Profilen beschrieben, jedoch werden diese Profile ähnlich zur BE 1 010 514 A4 vor der Gründung des Bestandsmauerwerks, also in Richtung zum Hafenbecken vorgesetzt, um dort beispielsweise eine gewünschte Vertiefung des Hafenbeckens gefahrlos ausführen zu können.

**[0011]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren bzw. eine Anordnung anzugeben, mit dem/der Bodendruck von einer zu entlastenden Baustruktur abgeschirmt wird.

**[0012]** Gelöst wird diese Aufgabe mit dem geotechnischen Verfahren gemäß Anspruch 1. Das Anspannen der Spannlieder der entsprechend exzentrisch vorspannbaren Profilen führt zu einer gezielten und regelbaren Durchbiegung der Profile bzw. Pfähle gegen die Richtung des wirkenden Erddrucks. Damit bildet sich ein Erddruckgewölbe zwischen den

exzentrisch vorgespannten Profilen im Boden aus. Die Profile (Pfähle) tragen die Lasten über die Biegung zu ihren beiden gelagerten Enden ab. Zur Erfassung der an diesen Enden wirkenden Querkräfte reicht es aus, an wenigstens einem Ende des Profils diese zu erfassen und als Maß für die erreichte (geregelt) Abschirmung zu verwenden.

**[0013]** Ferner wird diese Aufgabe mit der geotechnischen Anordnung gemäß Anspruch 9 gelöst. Dadurch, dass parallel zur zu entlastenden Baustruktur auf Seiten des zu stabilisierenden Bodens eine Reihe vorspannbarer Profile in den Boden im Wesentlichen senkrecht zur Richtung des abzuschirmenden Bodendruckes angeordnet sind, wobei die Profile an ihren beiden Enden gelagert sind, entsteht nach exzentrischer Vorspannung und Verbiegung der Profile zwischen benachbarten Profilen jeweils ein Erddruckgewölbe im zu stabilisierenden Boden, welches den kritischen Bodendruck auf die Profile und über deren Lagerung in den tieferen Untergrund ableitet, also die zu schützende Baustruktur entlastet. Dabei sind Kraftmessmittel zur Erfassung einer entstehenden Querkraft an wenigstens einem Ende des Profils, an dem das Profil gelagert ist, angeordnet, womit ein Nachweis für die gewünschte Abschirmung des Bodendruckes geführt werden kann.

**[0014]** Wenn das Anspannen der Spannglieder beendet wird, wenn ein vorgegebener Wert für die entstehende Querkraft an dem betreffenden Profil gemessen wird, wird die Ausbildung eines charakterisierbaren Erddruckgewölbes erreicht, der nachweisbar zur gewünschten Abschirmung des Bodendruckes führt.

**[0015]** Wenn die Querkraft kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitintervallen überprüft wird, wird ein Monitoring der erreichten Abschirmungswirkung ermöglicht.

**[0016]** In weiterer Ausbildung können die Spannglieder nachgespannt werden, wenn ein vorgegebener unterer Grenzwert für die entstehende Querkraft an dem betreffenden Profil unterschritten wird. Somit ist es möglich, bei etwaigen Entlastungen der Spannglieder (infolge Kriechen/Schwinden oder Relaxation) die erforderliche Durchbiegung durch Nachspannen der exzentrisch vorspannbaren Profile nachzusetzen.

**[0017]** Wenn das exzentrisch angeordnete Spannglied gekrümmt im Profil geführt wird, können aufgrund der in Längsrichtung des Profils gekrümmten Spanngliedführung im Profil zusätzliche Umlenkkräfte mobilisiert werden, die eine größere Verformung des Profils gegen die Richtung des wirkenden Bodendruckes ermöglicht. Durch die gekrümmte Führung des Spanngliedes und seiner Vorspannung im Profil werden quasi unendlich viele Stützstellen am Profil geschaffen, die zu einer Vergleichmäßigung der wirkenden Umlenkkräfte über die gesamte Länge des Profils und somit zu einer starken Verformung des Profils führen, womit in dem abzustützenden Boden sich ein Erddruckgewölbe bildet, was auch zur bevorzugten geotechnischen Anordnung führt.

**[0018]** Hinsichtlich der geotechnischen Anordnung ist die zu entlastende Baustruktur eine Stützmauer oder eine Kaimauer.

**[0019]** Bei einer zu entlastenden Baustruktur in Form einer Stützmauer oder einer Kaimauer ist die Reihe der vorspannbaren Profile parallel zur Baustruktur und im Wesentlichen lotrecht in dem zu stabilisierenden Boden eingebracht, wobei die unteren Enden der Profile unterhalb der zu entlastenden Baustruktur im Boden fest gelagert sind und die oberen Enden der Profile mittels lastabtragender Verankerung fest gelagert sind. Entsprechend wird der übermäßige Bodendruck über sich zwischen den vorgespannten Profilen ausbildende Erddruckgewölbe in die Profile und von dort über die feste Lagerung und lastabtragende Verankerung in den tieferen Untergrund geleitet, also die Stützmauer oder Kaimauer entlastet, so dass diese wieder dauerhaft standsicher ist. Dabei lässt sich der abgeschirmte Erddruck insbesondere am oberen Auflager messtechnisch erfassen und durch die Vorspannung so regeln, dass die vorhandene Baustruktur ausreichend entlastet wird.

**[0020]** Insbesondere kann dieses geotechnische Verfahren bzw. Anordnung zur Stabilisierung einer Kaimauer mit diagonal in den tieferen Untergrund verspanntem Trägerrost verwendet werden, wobei landseitig dieser Kaimauer im Wesentlichen parallel dazu die exzentrisch vorspannbaren Profile in den Boden eingebracht werden, wobei ein oberes Ende jedes Profils im Trägerrost verankert wird, und anschließend die Profile durch Anspannen der Spannglieder in Richtung des Bodendruckes verbogen werden.

**[0021]** Dabei ist es das besondere mittels einer hinter der Kaimauer angeordneten Pfahlreihe den Erddruck über die Ausbildung von Erddruckgewölben von der eigentlichen Kaimauer umzulagern. Dazu benötigt man jedoch eine Bodenbewegung, die in aller Regel nicht eintritt oder zu vermeiden ist. Durch die exzentrisch vorspannbaren Profile oder Pfähle führt die Vorspannung zu einer gezielten und regelbaren Durchbiegung der Pfähle (Profile) in Richtung des wirkenden Erddrucks. Damit bilden sich Erddruckgewölbe zwischen den exzentrisch vorgespannten Profilen im Boden aus. Die Pfähle (Profile) tragen die Lasten über Biegung in das obere Lager, im Falle der Ufereinfassung über das Trägerrost, und in den tieferen Untergrund ab. Um die Spundwand nicht zusätzlich durch den mobilisierten Erdwiderstand im Fußbereich der Pfähle zu beanspruchen, müssen die exzentrisch vorgespannten Pfähle tief genug in den Boden einbinden. Bevorzugt wird also jedes Profil mit seinem unteren Ende möglichst tiefer als die bestehende Kaimauer in den Boden eingebunden.

**[0022]** Der abgeschirmte Erddruck lässt sich am oberen Auflager messtechnisch erfassen und durch die Vorspannung so regeln, dass die vorhandene Bestandskaimauer entspannt wird.

**[0023]** Die Vorgehensweise zur geregelten Erddruckabschirmung läuft somit wie folgt ab:

Nach dem Einbringen des Profils und der Verbindung mit dem Trägerrost beginnt der Anspannvorgang. Durch die

Vorspannung wird eine exzentrische Normalkraftbeanspruchung in das Bauteil induziert, die eine Biegebeanspruchung und somit die Durchbiegung des Profils verursacht. Bei einer gekrümmten Spanngliedführung im Profil werden zusätzliche Umlenkkräfte mobilisiert, die eine größere horizontale Verformung des Profils gegen die Richtung des wirkenden Bodendrucks begünstigen. Durch die geregelte Verformung wird ein Erddruckgewölbe zwischen den einzelnen Pfählen mobilisiert, welches zu einer Reduzierung der Erddruckbelastung auf die vorhandene Kaimauer (Spundwand) führt. Zur Beurteilung der Entlastungswirkung werden die Verformung des Profils (z.B. mit Ketteninklinometern), der mobilisierte Erddruck vor dem Profil und die aus der horizontalen Belastung resultierende Auflagerkraft (Querkraft), die am Pfahlkopf in den Trägerrost eingeleitet wird, mit einem kontinuierlichen Monitoring gemessen. Ist die Entlastungswirkung ausreichend, kann der Spannprozess beendet werden und entweder das Hüllrohr mit Mörtel verpresst (Vorspannung mit Verbund) oder die Spannglieder am Pfahlkopf verkeilt werden (verbundlose Vorspannung).

**[0024]** Neben der Anwendung zur Ertüchtigung von Bestandskaimauern kann dieses Verfahren bzw. die Anordnung auch direkt bei der Planung neuer Kaimauern eingesetzt werden, um im Bedarfsfall die geregelte Erddruckmobilisierung durchzuführen und die Spundwand zu entlasten. Hierfür kann die erste Pfahlreihe direkt aus exzentrisch vorgespannten Profilen bestehen, die in den Boden eingebracht und mit dem Trägerrost verbunden werden.

**[0025]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beiliegenden Figuren detailliert beschrieben. Darin zeigt

Fig. 1 a einen Querschnitt durch eine Kaimauer mit ergänzenden, vorspannbaren Profilen,

Fig. 1 b eine schematische Draufsicht auf die Profilvereinigung,

Fig. 2 a, b, c, d beispielhaft verschiedene Profile im Querschnitt mit exzentrisch angeordneten Spanngliedern und

Fig. 3 eine alternative Ausführungsform eines Profils mit in Längsrichtung gekrümmt angeordnetem Spannglied.

**[0026]** In Fig. 1 ist im Querschnitt eine Kaimauer als zu entlastende Baustruktur dargestellt. Die Kaimauer 1 weist eine den Geländesprung zwischen Boden B und Wasserkörper W des Hafenbeckens bildende Spundwand 10 auf. Die Spundwand 10 ist in den tieferen Untergrund U eingebracht. Am oberen Ende der Spundwand 10 ist ein Trägerrost 11 aufgesetzt, das gegebenenfalls mit Ankern im Boden B verankert ist. Ferner ist am Kopf der Spundwand 10 bzw. dem Kopf des Trägerrostes 11 eine diagonal durch den Boden B in den tieferen Untergrund U einbindende Verankerung 12 vorgesehen, die Boden- und Verkehrslasten von der Kaimauer in den Untergrund leiten soll. Sollte die Kaimauer 1 den bestehenden Bodendruck des Bodens B nicht mehr ausreichend sicher aufnehmen können, bietet sich das hier beschriebene geotechnische Verfahren bzw. Anordnung zur geregelten Abschirmung eines Bodendruckes an einer zu entlastenden Baustruktur, nämlich hier Kaimauer 1, zur effizienten und kostengünstigen Sanierung an. Dabei werden landseitig zu dieser Kaimauer 1 im Wesentlichen parallel zur Spundwand 10 Profile 2 in den Boden B in einer beabstandeten Reihenanordnung eingebracht. Die Profile binden unten tiefer als die zu stabilisierende Kaimauer ein. Die so parallel zur Kaimauer 1 entstehende Pfahlreihe wird dabei mit ihren unteren Enden der Profile 2 im tieferen Untergrund U und am oberen Ende im Trägerrost 11 der bestehenden Kaimauer 1 gelagert. Die Lagerung des oberen Endes der jeweiligen Profile 2 erfolgt durch Lasteintrag über das Trägerrost 11 und die Verankerung 12 ebenfalls im tieferen Untergrund U.

**[0027]** Die in den Untergrund eingebrachten Profile 2 weisen ein exzentrisch angeordnetes Spannglied 21 auf, mit dem die Profile vorspannbar sind. Beispiele für derartige vorspannbare Profile sind in Fig. 2 dargestellt. Fig. 2 a zeigt ein Doppel-T-Träger 2' mit zwei exzentrisch an einer Flanke des Doppel-T-Profils angeordneten Spanngliedern 21, Fig. 2 b ein Rundrohr 2'' mit exzentrisch angeordnetem Spannglied 21, Fig. 2 c ein Rundstahlbetonprofil 2''' mit exzentrisch angeordnetem Spannglied 21 und Fig. 2 d ein Vierkantstahlbetonpfahl 2'''' mit exzentrisch angeordnetem Spannglied 21.

**[0028]** In alternativer Ausgestaltung ist in Fig. 3 ein Profil mit einem in Längsrichtung des Profils angeordnetem Spannglied 21 ausgestattet, wobei das Spannglied 21 über die Längsrichtung des Profils gekrümmt in dem Profil angeordnet ist. Dabei ist in Fig. 3 das Profil 2 in einer Seitenansicht dargestellt, wobei in Zeichenebene rechts der zu stabilisierende Boden B liegt, der einen übermäßigen Bodendruck für eine links vom Profil 2 (hier nicht dargestellt) liegende Baustruktur erzeugt. Das Spannglied 21 ist in diesem Ausführungsbeispiel über die Längsrichtung des Profils gekrümmt in dem Profil 2 befestigt, sodass beim Anspannen des Spanngliedes 21 die in Richtung des Spanngliedes 21 wirkenden Normalkräfte, die in Fig. 3 als zwei in Längsrichtung des Spanngliedes orientierte Pfeile symbolisiert sind, Umlenkkräfte mobilisieren, die durch die gleichmäßige Krümmung des Spanngliedes 21 quasi unendlich viele Stützstellen am Profil schaffen, womit eine gleichmäßige Umlenkraft über die gesamte Längsrichtung des Profils entgegen der Richtung des wirkenden Bodendruckes vom zu stabilisierenden Boden B wirkt. Dies ist schematisch in Fig. 3 durch die gleichmäßigen Pfeile im linken Rechteck dargestellt. Diese symbolisieren durch die gekrümmte Führung des Spanngliedes 21 und Anspannen des Spanngliedes 21 entstehende gleichmäßige Umlenkkräfte. Diese über die gesamte Längsrichtung des

Profils 2 wirkenden Umlenkkräfte erzeugen eine starke Verformung des Profils (Verbiegung) in Richtung des abzustüt-  
zenden Bodens B, womit in dem abzustütenden Boden B sich ein Erddruckgewölbe bildet, welches den übermäßigen  
Erddruck von der in Zeichenebene der Fig. 3 links befindlichen Baustruktur (hier nicht dargestellt) abschirmt und über  
die Lagerung des Profils 2 am unteren Ende und am oberen Ende (über die entsprechende Verankerung 12) in den  
tieferen Untergrund U einbindet.

**[0029]** Allgemein wird beim Anspannen des Spanngliedes 21 durch exzentrische Anordnung gem. Fig. 2 a bis d  
und/oder durch die in Längsrichtung gekrümmte Anordnung des Spanngliedes 21, wie in Fig. 3, eine Verformung des  
Profils gegen die Richtung des wirkenden Bodendrucks erzielt. Dies ist in Fig. 1 b als Aufsicht auf die geotechnische  
Anordnung gem. Fig. 1 a mit im in Fig. 1 b oberen abgebildeten Pfahl durch den kleinen Pfeil und Schraffur dargestellt.  
Nach dem Vorspannen der Profile 2 wölben sie sich wie in Fig. 1 a gestrichelt und mit kleinem Pfeil dargestellt gegen  
den Bodendruck. Durch diese Verbiegung der Profile 2 sowie zwischen den beabstandet zueinander angeordneten  
Profilen 2 bilden sich entsprechende Bodendruckgewölbe auf, die den Bodendruck in der durch die Pfahlreihe aufge-  
spannten Ebene aufnehmen und über die Profile und deren Lagerung am oberen und unteren Ende in den tiefen  
Untergrund U leiten. Entsprechend wird die Spundwand 10 der Kaimauer 1 aktiv entlastet.

**[0030]** Um ein Maß für die erreichte Abschirmung des Bodendrucks durch die neu eingeführte Pfahlreihe zu verifizieren,  
wird die an wenigstens einem Ende des Profils entstehende Querkraft, bevorzugt am oberen Ende des Profils am  
Lagerungspunkt im Trägerrost 11 gemessen. Die ermittelte Querkraft ist dabei unmittelbar ein Maß für die Entlastung  
der bestehenden Kaimauer.

Bezugszeichenliste

**[0031]**

1 Baustruktur, Kaimauer  
10 Spundwand  
11 Trägerrost  
12 Verankerung

2, 2', 2'', 2''', 2'''' Profil, Pfahl  
21 Spannglied

B Boden

W Wasserkörper

U tiefer Untergrund

**Patentansprüche**

1. Geotechnisches Verfahren zur geregelten Abschirmung eines Bodendruckes an einer zu entlastenden Baustruktur  
(1) in einem zu stabilisierenden Boden (B), **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Einbringen von Profilen (2) in den zu stabilisierenden Boden im Wesentlichen senkrecht zur Richtung des  
abzuschirmenden Bodendruckes, wobei die Profile (2) mittels exzentrisch zur zentralen Profillängsachse an-  
geordneter Spannglieder (21) vorgespannt werden können und
- die Profile (2) an ihren beiden Enden gelagert sind,
- Anspannen der Spannglieder (21), wobei die Profile (2) gegen den Bodendruck verbogen werden,
- Erfassung einer entstehenden Querkraft an wenigstens einem Ende des Profils, an dem das Profil gelagert  
ist, als Maß für die erreichte Abschirmung.

2. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anspannen der Spannglieder  
(21) beendet wird, wenn ein vorgegebener Wert für die entstehende Querkraft an dem betreffenden Profil (2) ge-  
messen wird.

3. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querkraft kontinuierlich  
oder in festen Zeitabständen gemessen wird.

## EP 4 098 802 B1

4. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannglieder (21) nachgespannt werden, wenn ein vorgegebener unterer Grenzwert für die entstehende Querkraft an dem betreffenden Profil (2) unterschritten wird.
- 5 5. Geotechnisches Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das exzentrische angeordnete Spannglied (21) gekrümmt im Profil geführt wird.
- 10 6. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4 zur Stabilisierung einer Kaimauer (1) mit diagonal in den tieferen Untergrund (U) verspanntem Trägerrost (11), **dadurch gekennzeichnet, dass** landseitig dieser Kaimauer im Wesentlichen parallel dazu die exzentrisch vorspannbaren Profile (2) in den Boden eingebracht werden, wobei ein oberes Ende jedes Profils im Trägerrost verankert wird, und anschließend die Profile durch Anspannen der Spannglieder (21) gegen den Bodendruck verbogen werden.
- 15 7. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwischen dem Trägerrost (11) und jedem Profil (2) wirkenden Querkräfte gemessen werden.
8. Geotechnisches Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Profil (2) mit seinem unteren Ende tiefer als die bestehende Kaimauer (1) in den Boden eingebunden wird.
- 20 9. Geotechnische Anordnung bestehend aus einer geregelt zu entlastenden Baustruktur (1) in einem zu stabilisierenden Boden (B), **dadurch gekennzeichnet, dass** parallel zur zu entlastenden Baustruktur auf Seiten des zu stabilisierenden Bodens eine Reihe mittels exzentrisch zur zentralen Profillängsachse angeordneter Spannglieder (21) vorspannbarer Profile (2) in den Boden im Wesentlichen senkrecht zur Richtung des abzuschirmenden Bodendruckes angeordnet sind, wobei die Profile an ihren beiden Enden gelagert sind, nach exzentrischer Vorspannung und
- 25 Verbiegung der Profile zwischen benachbarten Profilen jeweils ein Erddruckgewölbe im zu stabilisierenden Boden ausgebildet ist und Kraftmessmittel zur Erfassung einer entstehenden Querkraft an wenigstens einem Ende des Profils, an dem das Profil gelagert ist, angeordnet sind.
- 30 10. Geotechnische Anordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu entlastende Baustruktur (1) eine Stützmauer, eine Kaimauer ist.
- 35 11. Geotechnische Anordnung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer zu entlastenden Baustruktur (1) in Form einer Stützmauer oder einer Kaimauer die Reihe der vorspannbaren Profile (2) parallel zur Baustruktur und im Wesentlichen lotrecht in dem zu stabilisierenden Boden eingebracht ist, wobei die unteren Enden der Profile unterhalb der zu entlastenden Baustruktur im Boden fest gelagert sind und die oberen Enden der Profile mittels lastabtragender Verankerung (12) fest gelagert sind.
- 40 12. Geotechnische Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das exzentrisch im Profil (2) angeordnete Spannglied (21) gekrümmt im Profil geführt ist.

### Claims

- 45 1. A geotechnical method for the controlled shielding of a soil pressure on a building structure (1) which is to be relieved of load in a soil (B) which is to be stabilised, **characterised by** the steps:
- inserting, into the soil which is to be stabilised, profiles (2) substantially perpendicularly to the direction of the soil pressure which is to be shielded, the profiles (2) being able to be prestressed by means of tendons (21)
  - 50 arranged eccentrically to the central profile longitudinal axis, and
  - the profiles (2) are mounted at both their ends,
  - tensioning the tendons (21), with the profiles (2) being bent against the soil pressure,
  - detecting a resulting transverse force at at least one end of the profile at which the profile is mounted, as a measurement of the shielding achieved.
- 55 2. A geotechnical method according to claim 1, **characterised in that** the tensioning of the tendons (21) is terminated if a specified value for the resulting transverse force is measured on the profile (2) in question.

3. A geotechnical method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the transverse force is measured continuously or at fixed time intervals.
- 5 4. A geotechnical method according to claim 3, **characterised in that** the tendons (21) are retensioned if a specified lower limit value for the resulting transverse force is undershot on the profile (2) in question.
- 10 5. A geotechnical method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the eccentric [sic] arranged tendon (21) is guided in the profile in a curved manner.
- 15 6. A geotechnical method according to claim 1, 2, 3 or 4 for stabilising a quay wall (1) with a supporting grid (11) braced diagonally in the deeper subgrade (U), **characterised in that** the eccentrically prestressable profiles (2) are introduced into the soil on the land side of this quay wall and substantially parallel thereto, with an upper end of each profile being anchored in the supporting grid, and then the profiles being bent against the soil pressure by tensioning the tendons (21).
- 20 7. A geotechnical method according to claim 6, **characterised in that** the transverse forces acting between the supporting grid (11) and each profile (2) are measured.
- 25 8. A geotechnical method according to claim 6 or 7, **characterised in that** each profile (2) is embedded in the soil with its lower end deeper than the existing quay wall (1).
- 30 9. A geotechnical arrangement consisting of a building structure (1) which is to be relieved of load in a controlled manner in a soil which is to be stabilised (B), **characterised in that** parallel to the building structure which is to be relieved of load, on sides of the soil which is to be stabilised, a series of profiles (2) which are prestressable by means of tendons (21) arranged eccentrically to the central profile longitudinal axis are arranged in the soil substantially perpendicularly to the direction of the soil pressure which is to be shielded, with the profiles being mounted at both their ends, after eccentric prestressing and bending of the profiles in each case an earth pressure dome being formed between adjacent profiles in the soil which is to be stabilised, and force measuring means for detecting a resulting transverse force being arranged at at least one end of the profile at which the profile is mounted.
- 35 10. A geotechnical arrangement according to claim 9, **characterised in that** the building structure (1) which is to be relieved of load is a retaining wall, a quay wall.
- 40 11. A geotechnical arrangement according to claim 10, **characterised in that**, in the case of a building structure (1) which is to be relieved of load in the form of a retaining wall or a quay wall, the series of prestressable profiles (2) is introduced parallel to the building structure and substantially vertically in the soil which is to be stabilised, the lower ends of the profiles being firmly mounted in the soil beneath the building structure which is to be relieved of load and the upper ends of the profiles being firmly mounted by means of load-transferring anchoring (12).
- 45 12. A geotechnical arrangement according to one of claims 9 to 11, **characterised in that** the tendon (21) arranged eccentrically in the profile (2) is guided in the profile in a curved manner.

## Revendications

- 45 1. Procédé géotechnique d'absorption contrôlée d'une pression de sol au niveau d'une structure de construction (1) à décharger dans un sol (B) à stabiliser, **caractérisé par** les étapes suivantes :
- 50 - mise en place de profilés (2) dans le sol à stabiliser, sensiblement perpendiculairement à la direction de la pression de sol à absorber, les profilés (2) pouvant être précontraints au moyen d'éléments de tension (21) disposés de manière excentrée par rapport à l'axe longitudinal central des profilés, et
- les profilés (2) sont logés à leurs deux extrémités,
- mise en tension des éléments de tension (21), les profilés (2) étant alors déformés à l'encontre de la pression de sol,
- 55 - détection d'une force transversale résultante au niveau au moins d'une extrémité du profilé par laquelle le profilé est logé, en tant que mesure de l'absorption obtenue.
2. Procédé géotechnique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la mise en tension des éléments de tension

## EP 4 098 802 B1

(21) est arrêtée lorsqu'une valeur prédéterminée de la force transversale résultante est mesurée sur le profilé (2) concerné.

- 5
3. Procédé géotechnique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la force transversale est mesurée en continu ou à intervalles fixes.
- 10
4. Procédé géotechnique selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les éléments de tension (21) sont retenus lorsque la force transversale résultante au niveau du profilé (2) concerné est inférieure à une valeur limite inférieure prédéfinie.
- 15
5. Procédé géotechnique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de tension (21) disposé de façon excentrée est guidé de manière incurvée dans le profilé.
- 20
6. Procédé géotechnique selon la revendication 1, 2, 3 ou 4 pour stabiliser un mur de quai (1) avec une grille de support (11) tendue en diagonale dans le sous-sol plus profond (U), **caractérisé en ce que**, côté terre de ce mur de quai, les profilés (2) pouvant être précontraints de manière excentrique sont introduits dans le sol de façon sensiblement parallèle audit mur de quai, une extrémité supérieure de chaque profilé étant ancrée dans la grille de support, et les profilés sont ensuite déformés à l'encontre de la pression de sol par la mise en tension des éléments de tension (21).
- 25
7. Procédé géotechnique selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les forces transversales s'exerçant entre la grille de support (11) et chaque profilé (2) sont mesurées.
- 30
8. Procédé géotechnique selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** chaque profilé (2) est ancré dans le sol par son extrémité inférieure plus profondément que le mur de quai existant (1).
- 35
9. Dispositif géotechnique constitué d'une structure de construction (1) à décharger de manière réglée dans un sol (B) à stabiliser, **caractérisé en ce que**, parallèlement à la structure de construction à soulager, du côté du sol à stabiliser, une rangée de profilés (2) pouvant être précontraints au moyen d'éléments de tension (21) disposés de façon excentrée par rapport à l'axe longitudinal central des profilés est disposée dans le sol de façon essentiellement perpendiculaire à la direction de la pression de sol à absorber, les profilés étant logés à leurs deux extrémités, une voûte de pression de terre étant formée dans le sol à stabiliser entre des profilés voisins après une précontrainte excentrique et une déformation des profilés, et des moyens de mesure de force pour détecter une force transversale résultante étant disposés à au moins une extrémité du profilé par laquelle le profilé est logé.
- 40
10. Dispositif géotechnique selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la structure de construction (1) à soulager est un mur de soutènement, un mur de quai.
- 45
11. Dispositif géotechnique selon la revendication 10, **caractérisé en ce que**, dans le cas d'une structure de construction (1) à soulager sous la forme d'un mur de soutènement ou d'un mur de quai, la rangée de profilés pouvant être précontraints (2) est placée parallèlement à la structure de construction et sensiblement verticalement dans le sol à stabiliser, les extrémités inférieures des profilés étant logées fermement dans le sol en dessous de la structure de construction à décharger, et les extrémités supérieures des profilés étant logées fixement au moyen d'un ancrage (12) reprenant la charge.
- 50
12. Dispositif géotechnique selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** l'élément de tension (21) disposé de façon excentrée dans le profilé (2) est guidé de manière incurvée dans le profilé.
- 55

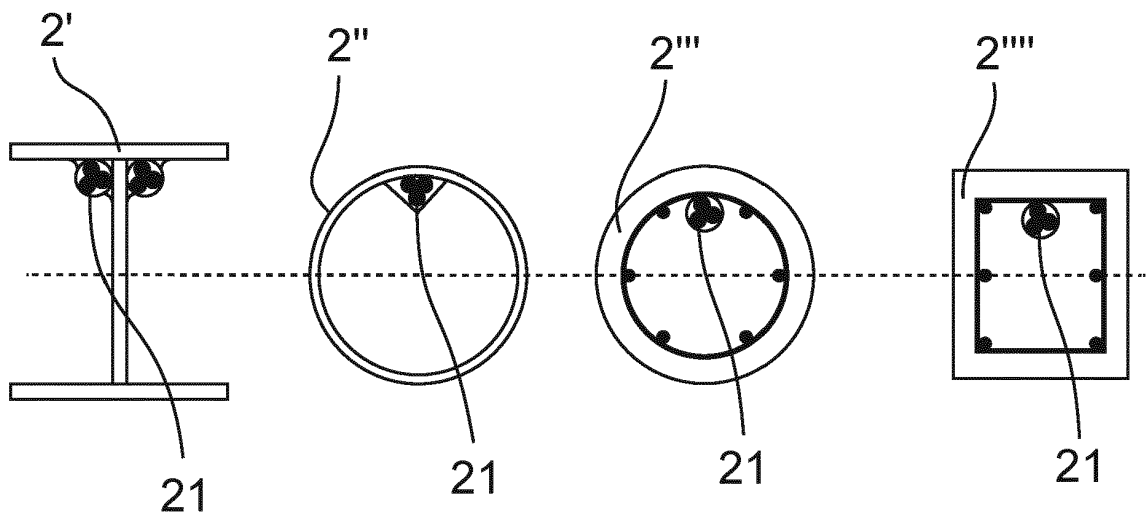
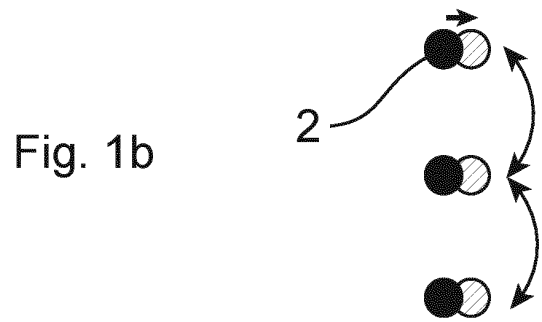
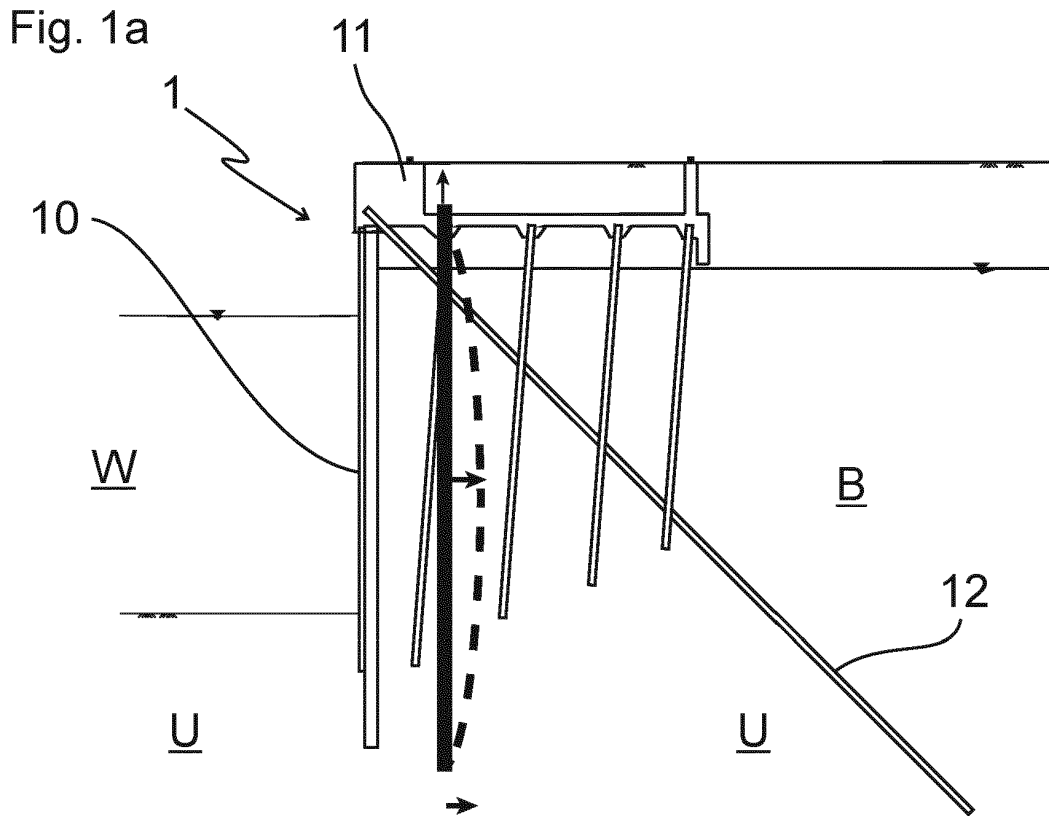


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

Fig. 2d

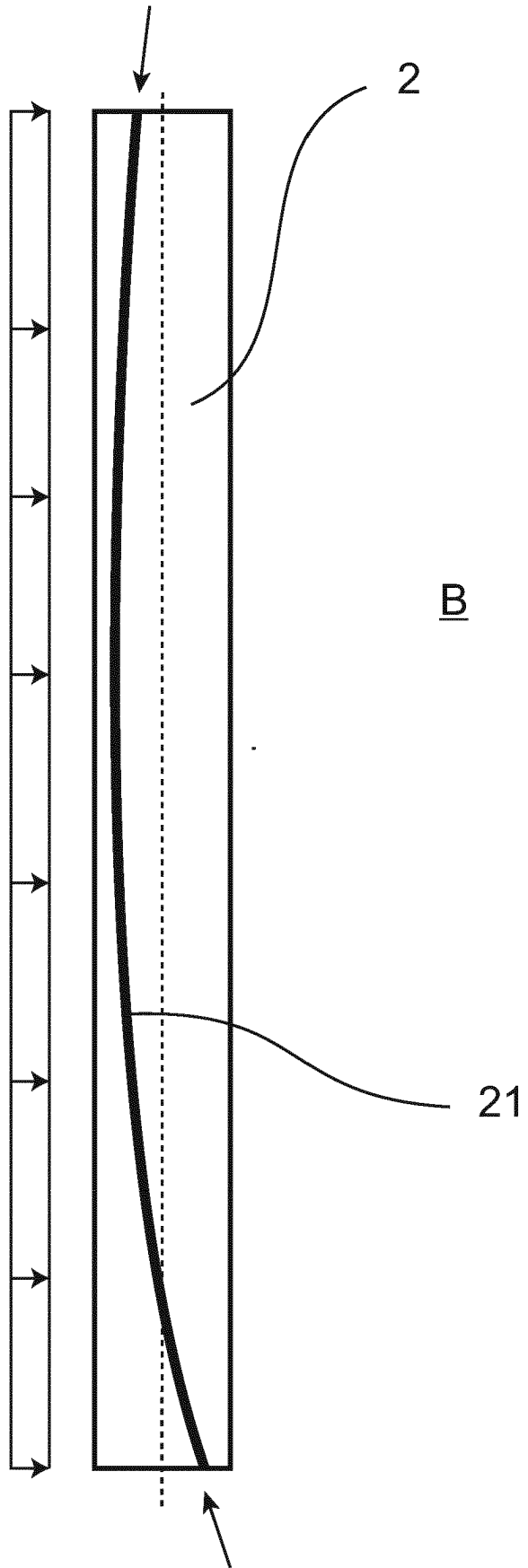


Fig. 3

**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**

- BE 1010514 A4 [0004] [0010]
- KR 102082333 B1 [0006]
- JP H0554630 U [0007]
- JP H1150446 A [0008]
- DE 2942428 A1 [0010]