



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 533 424 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.05.2005 Patentblatt 2005/21

(51) Int Cl.7: **E02D 3/12**

(21) Anmeldenummer: **04025855.0**

(22) Anmeldetag: **30.10.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(30) Priorität: **22.11.2003 DE 10354624**

(71) Anmelder:
• **Ross, Kurt G.**
64287 Darmstadt (DE)

• **Gudehus, Gerd**
76275 Ettlingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Ross, Kurt G.**
64287 Darmstadt (DE)
• **Gudehus, Gerd**
76275 Ettlingen (DE)

(74) Vertreter: **Katscher Habermann Patentanwälte**
Fröbelweg 1
64291 Darmstadt (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Stabilisierung von weichem Boden

(57) Weicher Boden wird durch Einbringen und Verdichten von trockenem mineralischem Pulver stabilisiert, das mittels einer drehangetriebenen Stopfwindel (4) in eine Bohrung (10) im Boden eingestopft wird. Die Axialkraft der Stopfwindel (4), vorzugsweise die Vorschubkraft eines axialen Vorschubantriebs der Stopfwindel (4), wird gemessen und auf einen jeweils vorge-

gebenen Wert gesteuert bzw. geregelt. Zur Steuerung bzw. Regelung der Axialkraft der Stopfwindel kann das Antriebsdrehmoment der Stopfwindel (4) gesteuert werden. Der vorgegebene Wert, auf den die Axialkraft geregelt wird, kann aus durch das Stopfen verursachten Lageänderungen des Planums, eines Baukörpers oder einer Verkehrsfläche im Stopfbereich bestimmt werden.

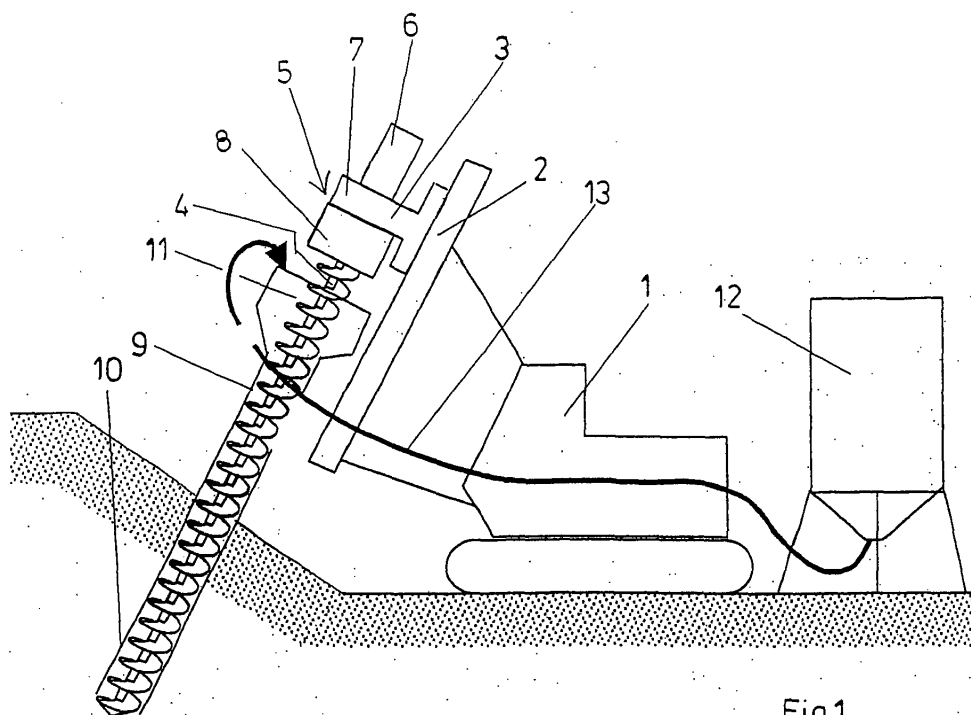


Fig.1

EP 1 533 424 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung von weichem Boden durch Einbringen und Verdichten von trockenem mineralischem Pulver, das mittels einer drehangetriebenen Stopfwendel in eine Bohrung im Boden eingestopft wird.

[0002] Durch Einpressen von trockenem mineralischem Pulver kann weicher Boden so stabilisiert werden, dass er als tragfähiger Baugrund geeignet ist (DE 41 25 576 A). Bei einem bekannten Verfahren der genannten Gattung (DE 44 17 887 A1) wird das zur Baugrundstabilisierung in den Boden einzubringende trockene mineralische Pulver durch eine in einem Rohr drehbare Förderwendel zum Rohrende gefördert und verdichtet, wobei umgebender Boden verdrängt und verdichtet wird.

[0003] Während es zur Baugrundvorbereitung oftmals ausreicht, insgesamt eine Stabilisierung und damit eine qualitative Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrunds herbeizuführen, besteht bei der Baugrundsanierung unter Verkehrswegen und Bauwerksfundamenten sowie in deren Umgebung zusätzlich der Wunsch, eine gezielte, quantifizierbare und kontrollierbare Ertüchtigung des Baugrunds vorzunehmen, um bereits eingetretene Setzungen auszugleichen oder zu erwartende Setzungen zu vermeiden. Darüber hinaus besteht der Wunsch, die genannten Maßnahmen zur Baugrundstabilisierung möglichst wirtschaftlich einzusetzen, d.h. insbesondere, das Einstopfen von mineralischem Pulver in Bohrungen nur in dem Maße durchzuführen, wie es zur Erzielung der gewünschten Baugrundeigenschaften erforderlich ist.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Gattung so auszugestalten, dass eine planmäßige Beeinflussung der Baugrundeigenschaften ermöglicht wird.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Axialkraft der Stopfwendel gemessen und auf einen jeweils vorgegebenen Wert gesteuert bzw. geregelt wird.

[0006] Die Erfassung und gezielte Beeinflussung der beim Einstopfen auf die Stopfwendel ausgeübten Axialkraft ermöglicht es in einfacher Weise, mit ausreichender Zuverlässigkeit auf die erzielte Baugrundstabilisierung Einfluss zu nehmen. Insbesondere wird es damit erstmalig ermöglicht, das Stopfen so durchzuführen, dass ein über dem Baugrund liegendes Planum, ein Fahrweg oder ein Fundament keine unerwünschten Lageänderungen erfährt, wobei der Baugrund aber gleichwohl in optimaler Weise verdichtet und verfestigt wird. Die über die Axialkraftbeeinflussung ermöglichte Steuerung des Stopfvorgangs macht somit eine Optimierung des Stopfvorgangs möglich, indem die höchstmögliche Stabilisierungswirkung erreicht wird, ohne dabei jedoch unerwünschte Lageänderungen an der Bodenoberfläche zu verursachen.

[0007] Das Verfahren ermöglicht außerdem eine An-

passung des Baugrundsanierungsvorgangs an bereichsweise unterschiedliche Baugrundbeschaffenheiten. Der Boden kann gezielt in den Bereichen verdichtet und verfestigt werden, in denen es jeweils erforderlich ist, wobei vor allem auch der Grad der Verdichtung und/oder die Menge des einzustopfenden Materials an die jeweiligen örtlichen Anforderungen angepasst werden kann.

[0008] Es hat sich gezeigt, dass die Beeinflussung der auf die Stopfwendel ausgeübten Axialkraft eine einfache und gut beherrschbare Maßnahme darstellt, um den Stopfvorgang zu beeinflussen.

[0009] Nach der Durchführung des Verfahrens weist der Boden verdichtete Bereiche aus vorher weichem Boden sowie aus eingepresstem pulverförmigem, bodenartigem Material auf. Verspannungen infolge des Einstopfens verschwinden ohne nennenswerte Verschiebungen des darüber angeordneten Planums, Fahrwegs oder Fundaments rasch. Der so verbesserte Untergrund gibt bei und nach weiterer Belastung weniger als vorher nach. Dadurch sind erneute Reparaturen unnötig. Bei Verkehrswegen wird auch Verkehr mit schnelleren und/oder schwereren Fahrzeugen ermöglicht.

[0010] Das Verfahren ermöglicht einen gezielten und kontrollierten Einsatz. Mit Vorbohrungen und Sondierungen werden der Stoffbestand und der Stoffzustand des Untergrunds ergänzend erkundet. Auf dieser Basis werden die erforderliche axiale Stopfkraft sowie die Anordnung und Menge des Stopfmateri als vorab mit einem bodenmechanischen Rechenmodell dimensioniert.

[0011] Bei der Anwendung an und unter Fahrwegen werden die Stopfkraft und Stopfmengen sowie die Lage des Fahrwegs kontrolliert. Früher entstandene Mulden lassen sich durch verstärktes Einstopfen darunter innerhalb gewisser Grenzen ausgleichen. Das Stopfmateri al dringt bei der Axialkraftsteuerung von selbst in weichere Bodenbereiche, wo es nötiger ist, vermehrt ein. Das Verfahren lässt sich durch die Anordnung der Bohrungen, insbesondere aber durch die Wahl der Axialkraft der Stopfwendel an Untergrund anpassen, der von Natur aus und/oder infolge früherer ungenügender Vergütung inhomogen ist.

[0012] Bei Anwendung unter bestehenden Fundament ermöglicht das Verfahren durch Beeinflussung der Axialkraft der Stopfwendel eine das darüber befindliche Bauwerk schonende Sanierung, was insbesondere unter dem Gesichtspunkt des Denkmalschutzes sehr bedeutsam ist.

[0013] Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Bohr- und Stopfgerät, das an einem Trägergerät eine mittels eines Drehantriebs antreibbare Stopfwendel aufweist, die mittels eines Vorschubantriebs axial bewegbar ist und mit einer Einrichtung zur Zufuhr von mineralischem Pulver zu einem die Stopfwendel enthaltenden Rohr.

[0014] Ausgehend von einer solchen Vorrichtung, die aus DE 44 17 887 A1 bekannt ist, stellt sich die Aufgabe,

diese Vorrichtung mit möglichst geringem zusätzlichem Aufwand zur Durchführung des genannten Verfahrens einzusetzen. Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Vorrichtung gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Messung der Axialkraft der Stopfwendel und eine Einrichtung zur Steuerung bzw. Regelung des Vorschubantriebs und/oder des Drehantriebs der Stopfwendel.

[0015] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist vorgesehen, dass das Trägergerät mittels Bodenankern, vorzugsweise Schraubankern, im Boden verankert ist. Damit wird erreicht, dass die auf die Stopfwendel auszuübende Axialkraft nicht durch das Gewicht des Trägergeräts begrenzt ist, sondern erforderlichenfalls auch höher gewählt werden kann.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in der Zeichnung dargestellt sind. Es zeigt:

Fig. 1 in vereinfachter Darstellungsweise ein Bohr- und Stopfgerät zur Stabilisierung von weichem Boden,

Fig. 2 in einer Teildarstellung die Arbeitsweise des Geräts nach Fig. 1 beim Herstellen einer Bohrung,

Fig. 3 in einer Teildarstellung die Arbeitsweise des Geräts nach Fig. 1 beim Einstopfen von mineralischem Pulver in die Bohrung,

Fig. 4 den Einsatz des Geräts gemäß Fig. 1 zur Stabilisierung von Baugrund unter einem Fundament,

Fig. 5 den Einsatz des Geräts nach Fig. 1 zum Herstellen mehrerer Stopfsäulen, wobei das Bohr- und Stopfgerät durch Schraubanker verankert ist und

Fig. 6 den Einsatz eines Bohr- und Stopfgeräts gemäß Fig. 5 zur Stabilisierung von weichem Boden unter einem Verkehrsbaum.

[0018] Das in Fig. 1 gezeigte Bohr- und Stopfgerät weist ein verfahrbares Trägergerät 1 mit einer schwenkbar daran angebrachten Lafette (Mäkler) 2 auf. An der Lafette 2 ist ein Schlitten 3 durch einen Vorschubantrieb verschiebbar, der eine Lagerung für eine Stopfwendel oder Förderschnecke 4 bildet.

[0019] Ein am Schlitten 3 angeordneter Kraftdrehkopf 5 weist einen mit einem Motor 6 verbundenen Drehantrieb 7 auf, der über eine Einrichtung 8 zur Kraftregelung mit der Stopfwendel 4 verbunden ist.

[0020] Die Stopfwendel 4 befindet sich in einem Rohr 9, das zusammen mit der Stopfwendel 4 in die im Boden auszuführende Bohrung 10 abgesenkt wird und an seinem oberen Ende eine trichterartige Öffnung 11 aufweist. Aus einem Silo 12 wird über eine Förderleitung

13 beim Stopfvorgang trockenes mineralisches Pulver in die Öffnung 11 des Rohres 9 eingebracht. Anstelle des Silos 12 kann auch eine andere Einrichtung zur Zufuhr von mineralischem Pulver verwendet werden.

[0021] Die Axialkraft der Stopfwendel 4 wird über eine Hydraulik aufgebracht und ebenso wie die Drehzahl und der Vorschub der Stopfwendel 4 konstant auf vorgegebene Werte geregelt.

[0022] Zum Herstellen der Bohrung 10 wird die Stopfwendel 4 zunächst als Förderschnecke in einer Drehrichtung betrieben, in der sie das Bodenmaterial nach oben fördert, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Das gleichzeitig mit der Stopfwendel 4 niedergebrachte Rohr 9 hält die Bohrung 10 offen. In sehr weichem Boden kann die beschriebene Bodenförderung durch die Stopfwendel 4 auch entfallen. Das Rohr 9 und die Stopfwendel 4 werden dann vollverdrängend in den Boden eingedrückt.

[0023] Nach Erreichen der Endteufe wird der Stopfwendel 4 aus dem Silo 12 trockenes mineralisches Pulver zugegeben. Durch gegenläufiges Drehen der Stopfwendel wird das Material zum Bohrungsende gefördert und dann dort mit definiertem Einpressdruck in den Boden eingedrückt. Durch die fortgesetzte Drehbewegung der Stopfwendel während des Einpressens werden der Boden und das zugegebene Stopfmaterial gesichert und damit wirksam verdichtet.

[0024] Zur Beeinflussung des Verdichtungsvorgangs und damit der gewünschten Stabilisierungswirkung wird die Axialkraft der Stopfwendel 4 auf einen jeweils vorgegebenen Wert gesteuert bzw. geregelt. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Vorschubkraft des axialen Vorschubantriebs der Stopfwendel 4 gesteuert wird. Stattdessen oder zusätzlich ist es auch möglich, hierzu das Antriebsdrehmoment der Stopfwendel 4 zu steuern.

[0025] Der vorgegebene Wert, auf den die Axialkraft geregelt wird, kann vorzugsweise auf Grund eines bodenmechanischen Rechenmodells gewählt werden, in das Eigenschaften und Zustand des Baugrunds und die erwünschte Verdichtung oder Lageveränderung eingehen. Im Zuge der Ausführung werden sowohl der Vorgabewert als auch das zugrunde liegende Rechenmodell nach den Regeln der Beobachtungsmethode angepasst. Hierzu werden während des Stopfens die unmittelbar hierdurch verursachten Lageveränderungen des Planums, eines Baukörpers oder einer Verkehrsfläche im Stopfbereich beobachtet. Weiter ist es hierzu möglich, den vorgegebenen Wert der Axialkraft auf Grund von Lageänderungen von Verkehrsflächen anzupassen, die beim Überfahren eines Stopfbereichs mit definierten Fahrzeugen nach dem Stopfen oder vergleichend vor und nach dem Stopfen gemessen werden. Hierdurch wird zugleich der Stopferfolg kontrolliert.

[0026] Die Einrichtung zur Messung der Axialkraft kann beispielsweise ein im Bereich der Einrichtung 8 zur Kraftregelung und somit zwischen der Stopfwendel 4 und dem Trägergerät 1 wirkender Kraftaufnehmer sein. Stattdessen kann auch eine andere, die Vorschubkraft

des Vorschubantriebs oder das Antriebsdrehmoment des Drehantriebs 7 ermittelnde Einrichtung verwendet werden.

[0027] Das Einfahren der Stopfwendel 4 und das anschließende Stopfen von trockenem mineralischem Pulver als Zugabematerial kann senkrecht nach unten (Fig. 5) oder schräg in einen Damm 14 (Fig. 6) oder in eine Böschung hinein erfolgen. Beim Einsatz unter bestehenden Fundamenten 14a (Fig. 4) kann nur von den Seiten aus gearbeitet werden.

[0028] Damit die Axialkraft der Stopfwendel 4 und damit die mögliche Stopfkraft nicht durch das Eigengewicht des Trägergeräts 1 begrenzt bleibt, kann das Trägergerät 1 mittels Bodenankern 15, beispielsweise zwei bis vier ausreichend dimensionierten Schraubankern, im Boden verankert werden. Die als Schraubanker ausgeführten Bodenanker 15 können mit dem selben Kraftdrehkopf 5 eingedreht und nach dem Stopfen wieder herausgedreht werden, mit dem auch die Stopfwendel 4 betrieben wird.

[0029] Vorzugsweise erstrecken sich die Bodenanker 15 mindestens angenähert parallel zur Längsachse der Stopfwendel 4. Damit ist die Richtung der resultierenden Zugkraft der Bodenanker 15 angenähert gleich der Stopfrichtung, wie dies am Beispiel des schrägen Stopfens in Fig. 6 gezeigt ist. Schräge Bodenanker 15 können gemäß Fig. 5 auch so angeordnet werden, dass ihre resultierende Ankerkraft in Stopfrichtung verläuft. Die Bodenanker 15 können entfallen, wenn das Eigengewicht des verwendeten Trägergeräts ausreicht oder wenn eine Abstützung gegen vorhandene Geländesprünge oder Bauwerksteile möglich ist.

[0030] Der Erfolg des angewandten Verfahrens wird vor allem über Lageänderungen des Planungs-, Fahrwegs oder Fundaments zeitnah kontrolliert. Bei und gleich nach dem Stopfen muss die Lage in einem engen Toleranzbereich bleiben. Insbesondere bei Verkehrswegen kann man durch Überfahrten mit wohl definierten repräsentativen Fahrzeugen feststellen, ob die elastische Nachgiebigkeit des Untergrunds im geforderten Ausmaß abgenommen hat. Schon nach wenigen derartigen Überfahrten zeigt sich, ob der Boden, wie gefordert, keine akkumulierten bleibenden Lageänderungen mehr entwickelt. Bei nicht ausreichendem Erfolg wird nachgestopft. Die Lage der Stopfstellen ergibt sich, wie schon zu Beginn der Stabilisierung, aus dem beobachteten Verhalten bei Überfahrten sowie aus dem erkundeten Stoffbestand und Stoffzustand.

[0031] Durch die Verdichtung und damit Verbesserung von kompressiblem und wenig tragfähigem Baugrund werden Setzungen unter statischen oder dynamischen Lasten auf Dauer innerhalb zulässiger Grenzen gehalten. Das Verfahren ist daher insbesondere geeignet für Verkehrswege, insbesondere Straßen und Bahntrassen, sowie Dämme für solche Verkehrswege auf zu weichem Untergrund, die bei und nach Überfahrten zu sehr nachgeben. Die Verringerung dieser Nachgiebigkeit und/oder eine Ertüchtigung für schnelleren und/

oder schwereren Verkehr kann sogar ohne Unterbrechung des Fahrbetriebs erfolgen.

[0032] Das Verfahren ist außerdem besonders geeignet zur Anwendung in der Fundamentumgebung bestehender, häufig historischer Bauwerke, die infolge kompressibler Bodenschichtungen Setzungsschäden erleiden. Das Verfahren ist jedoch nicht auf die geschilderten Anwendungsfälle beschränkt.

[0033] Beim Stopfen nimmt das Porenvolumen des weichen Bodens weitgehend unverzüglich ab, denn dieser reißt kurzfristig auf und gibt daher Porenwasser rascher ab als bei der Konsolidierung eines ungestörten Schichtpakets. Bei kontrolliert eingestellter und konstant gehaltener Axialkraft der Stopfwendel verdichtet sich der Boden umso mehr, je weicher er zunächst ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung von weichem Boden durch Einbringen und Verdichten von trockenem mineralischem Pulver, das mittels einer drehangeordneten Stopfwendel in eine Bohrung im Boden eingestopft wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Axialkraft der Stopfwendel gemessen und auf einen jeweils vorgegebenen Wert gesteuert bzw. geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Steuerung bzw. Regelung der Axialkraft der Stopfwendel die Vorschubkraft eines axialen Vorschubantriebs der Stopfwendel gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Steuerung bzw. Regelung der Axialkraft der Stopfwendel das Antriebsdrehmoment der Stopfwendel gesteuert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgegebene Wert, auf den die Axialkraft geregelt wird, aus durch das Stopfen verursachten Lageänderungen des Planums, eines Baukörpers oder einer Verkehrsfläche im Stopfbereich bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgegebene Wert, auf den die Axialkraft geregelt wird, aus Lageänderungen von Verkehrsflächen im Stopfbereich beim Überfahren mit definierten Fahrzeugen nach dem Stopfen bestimmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vorgegebene Wert, auf den die Axialkraft geregelt wird, auf Grund eines bodenmechanischen Rechenmodells gewählt wird, in das Eigenschaften und Zustand des Baugrunds und die

erwünschte Verdichtung oder Lageveränderung eingehen, und dass im Zuge der Ausführung sowohl der Vorgabewert als auch das zugrunde liegende Rechenmodell nach den Regeln der Beobachtungsmethode angepasst werden, wobei während des Stopfens die unmittelbar hierdurch verursachten Lageveränderungen des Planums eines Baukörpers oder einer Verkehrsfläche im Stopfbereich beobachtet werden.

5

10

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-6, mit einem Bohr- und Stopfgerät, das an einem Trägergerät (1) eine mittels eines Drehantriebs (7) antreibbare Stopfwendel (4) aufweist, die mittels eines Vorschubantriebs axial bewegbar ist, und mit einer Einrichtung (12, 13) zur Zufuhr von mineralischem Pulver zu einem die Stopfwendel (4) enthaltenden Rohr (9), **gekennzeichnet durch** eine Einrichtung zur Messung der Axialkraft der Stopfwendel (4) und einer Einrichtung zur Steuerung bzw. Regelung des Vorschubantriebs und/oder des Drehantriebs der Stopfwendel (4). 15
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Messung der Axialkraft ein zwischen der Stopfwendel (4) und dem Trägergerät (1) wirkender Kraftaufnehmer ist. 20
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung zur Messung der Axialkraft ein die Vorschubkraft des Vorschubantriebs oder das Antriebsdrehmoment des Drehantriebs (7) ermittelnde Einrichtung ist. 25
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägergerät (1) mittels Bodenankern (15) im Boden verankert ist. 30
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bodenanker (15) Schraubanker sind. 35
12. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die resultierende Krafrichtung der Bodenanker (15) mindestens angenähert parallel zur Längsachse der Stopfwendel (4) ist. 40

50

55

