

(19)



(11)

EP 1 939 360 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.07.2008 Patentblatt 2008/27

(51) Int Cl.:
E02D 7/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07024926.3**

(22) Anmeldetag: **21.12.2007**

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

• **TuTech Innovation GmbH**
21079 Hamburg (DE)

(72) Erfinder: **Grabe, Jürgen, Univ.-Prof.. Dr.-Ing.**
21075 Hamburg (DE)

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

(30) Priorität: **21.12.2006 DE 102006060643**

(71) Anmelder:
• **Technische Universität Hamburg-Harburg**
21073 Hamburg (DE)

(54) Verfahren und Anordnung zum Einbringen von langgestreckten Profilen in einen Baugrund

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen von langgestreckten Profilen, insbesondere Fertigteilpfählen, mit einem Kopfende und einem Fußende in einen Baugrund, wobei das Profil an seinem Kopfende Rammschlägen und/oder Vibrationen mit einer Auflast ausgesetzt wird, wobei beim Einbringvorgang die dynamische Beanspruchung unmittelbar am Profil gemessen wird und aus der gemessenen dynamischen Beanspruchung Regelgrößen für den Einbringvorgang hergeleitet werden.

Ferner betrifft die Erfindung eine Anordnung zum Einbringen von Profilen (1), insbesondere Fertigteilpfäh-

len, in einen Baugrund (B), mit einer Einbringvorrichtung in Form einer Ramm- (2) oder Vibrationsvorrichtung (3) sowie wenigstens einem in den Baugrund (B) einzubringenden Profil (1) mit einem Kopfende (11) und einem Fußende (12), wobei ein oder mehrere Messaufnehmer (4) in Form wenigstens eines Dehnungsmessstreifens (41) und/oder wenigstens eines Beschleunigungsaufnehmers (42) am Profil (1) zum Messen der dynamischen Beanspruchung des Profils (1) beim Einbringen angeordnet sind, wobei Mittel zur Regelung (5) der Einbringvorrichtung (2, 3) in Abhängigkeit der Messergebnisse vorgesehen sind.

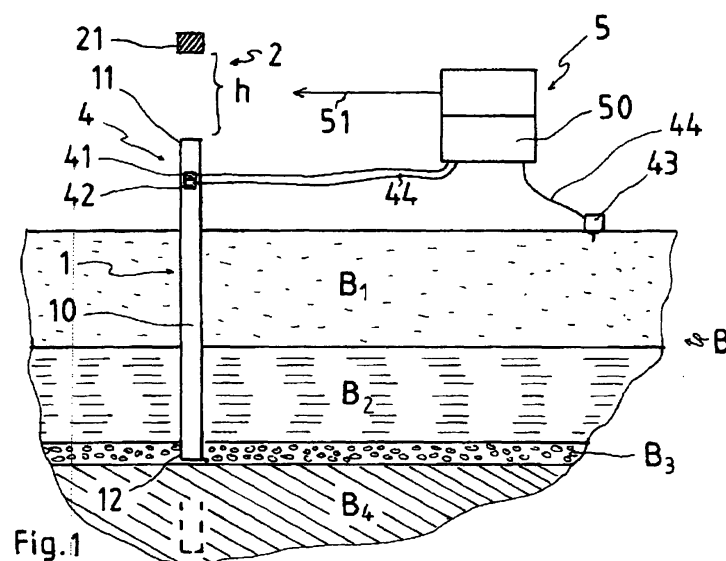


Fig.1

EP 1 939 360 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen von langgestreckten Profilen, insbesondere Fertigteilpfählen, mit einem Kopfende und einem Fußende in einen Baugrund, wobei das Profil an seinem Kopfende Rammschlägen und/oder Vibrationen mit einer Auflast ausgesetzt wird und eine Anordnung zum Einbringen von Profilen, insbesondere Fertigteilpfählen, in einen Baugrund, mit einer Einbringvorrichtung in Form einer Ramm- oder Vibrationsvorrichtung sowie wenigstens einem in den Baugrund einzubringenden Profil mit einem Kopfende und einem Fußende.

[0002] Langgestreckte Profile werden in Form von Pfählen, insbesondere Fertigteilpfählen, zur Gründung von Bauwerken eingesetzt, wenn der Baugrund für eine Oberflächengründung nicht ausreichend tragfähig ist. Ferner werden langgestreckte Profile als Spundwände zur vertikalen Abtrennung bei Bauwerken, auch Wasserbauwerken, verwendet.

[0003] Das Einbringen dieser langgestreckten Profile in den Baugrund erfolgt im Wesentlichen durch Rammen oder Vibrieren. Zwar haben Betonfertigteilpfähle durch ihre Vorfertigung im Betonwerk eine gleichmäßig hohe Qualität, gleichwohl treten beim Einbringen in den Baugrund erhebliche Kräfte im Pfahl auf. Ebenso weisen zwar Spundwandprofile eine hohe elastische Festigkeit auf, gleichwohl tritt bei erhöhter Schlossreibung zweier ineinander gekoppelter Profile die Gefahr einer Schlosssprengung auf. Bei dicht gelagerten Schichten erhöht sich die Spitzenbelastung am Profil erheblich. Schichten aus Kies, Steinen oder Blöcken bilden ebenfalls ein starkes Hindernis. Treten weiche Schichten unter dicht gelagerten Schichten auf, besteht die Gefahr von übermäßigen Zugspannungen im Profil während der Einbringung. Singuläre Ereignisse im Untergrund, wie beispielsweise Findlinge oder alte Bausubstanz wie Kanäle, Tunnel, Bunker oder dergleichen führen zu plötzlich auftretenden Punktlasten, die häufig zu einer Zerstörung des einzubringenden Profils führen.

[0004] Bisher erfolgt eine Anpassung der Parameter zum Einbringen der Profile lediglich intuitiv durch den Geräteführer der Einbringvorrichtung. Bei einer Rammvorrichtung wird vom Geräteführer die Fallhöhe des Rammgewichts nach seinen Erfahrungen und den Vorgaben der Bauleitung gewählt. Die Unversehrtheit des Profils wird nach dem Einbringen meist nicht geprüft.

[0005] Ferner ist insbesondere bei Pfählen mit Pfahlaufweitungshülse gemäß deutscher Patentanmeldung 10 2005 029 364 ein die aufweitbare Hülse schonende Einbringung bis zur gewünschten Solltiefe zwingend erforderlich, um ein vorzeitiges Spreizen der Pfahlaufweitungshülse sicher zu vermeiden.

[0006] Im Stand der Technik ist es bekannt, stichprobenartig mittels dynamischer Integritätsprüfung nach Fertigstellung des Einbringvorganges das eingebrachte Profil zu prüfen. Bei einer Spundwandherstellung kann unter günstigen Bedingungen aus den Rammprotokollen

eine Schlosssprengung erkannt werden.

[0007] Bei einer nachträglichen Abnahmeprüfung eines eingebrachten Pfahls kann dann zwar festgestellt werden, ob das Profil die geforderte Tragfunktion erzielt, jedoch kann sich dabei herausstellen, dass der Pfahl noch tiefer gerammt werden muss oder im anderen Fall, der Pfahl unnötig tief gerammt worden ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Baugrund häufig starken räumlichen Schwankungen in seiner Art, Zusammensetzung und seinen physikalischen Eigenschaften unterliegt, die im Rahmen der Baugrunderkundung nicht zureichend erfasst werden können.

[0008] Für die statische Tragfähigkeit eines eingebrachten Profils sind lediglich empirisch abgeleitete Rammformeln auf der Basis der letzten Hitzten (Rammschläge) bekannt. Für die Einbringung mittels Vibration gibt es hingegen keine Kriterien, mit denen auf die statische Tragfähigkeit derartig eingebrachter Profile geschlossen werden kann.

[0009] Ein den Oberbegriff des Anspruchs 1 betreffender Stand der Technik ist aus der DE 196 31 992 B4 bekannt. Daraus ist es bekannt, dass auf in den Baugrund einzubringende Profile aufsetzbare Vibrationsbären einen Vibrator aufweisen, dessen Vibrationsamplitude während des Betriebes verstellbar ist und die Vibrationsamplitude und Vibrationsfrequenz mit einem Sensor erfasst wird. Die Messungen am Vibrationsbären können jedoch keine einschlägigen Daten über die dynamische Belastung des Profils beim Einbringvorgang sowie die statische Tragfunktion des Profils liefern, da eine unmittelbare Ankopplung des Vibrationsbären am Profil nicht möglich ist. Darüber hinaus erfasst der Sensor lediglich nur die Vibrationsamplitude und -frequenz, woraus sich keine konkrete dynamische Beanspruchung herleiten lässt.

[0010] Ferner ist aus der DE 699 08 781 T2 eine Unterwasserpfahlrammanlage bekannt, die in dem Rammwerkzeug an der Oberseite der zum Werkzeug gehörenden Pfahlkappe einen Beschleunigungsmesser und eine Kraft-Messdoseninstrumentenscheibe aufweist. Die Pfahlkappe ist zur Übertragung des Rammimpulses in den einzurammenden Pfahl einführbar. Dabei gehört die Pfahlkappe zum Werkzeug, so dass die dynamischen Belastungen des einzurammenden Pfahls nur mittelbar über die bedingt zu gewährleistende Kopplung des Rammwerkzeugs auf dem einzurammenden Pfahl erfasst werden könnten. Präzise Aussagen über die dynamische Beanspruchungen des einzurammenden Pfahls während des Einbringvorgangs können mit dieser Anordnung nicht erreicht werden.

[0011] Ferner ist in der DE 694 20 050 T3 eine Pfahlramme sowie ein Verfahren angegeben, bei dem eine genaue Positionsbestimmung des Schlaghammers zum Moment der Berührung mit dem einzubringenden Profil eine verbesserte Überwachung des Einbringvorganges ermöglichen soll. Dabei wird ein Lasermessinstrument zur Lagebestimmung verwendet.

[0012] Ein Verfahren gemäß DE 195 32 931 A1 betrifft

das Verifizieren der erreichten Traglast eines Pfahlelementes mittels statischer Tragfähigkeitsmessung nach dem Einbringvorgang. Die Tragfähigkeitsmessung wird mittels hochpräziser Setzungsgeber in Form von Kraft-Setzungs-Kurven aufgenommen. Eine dynamische Beanspruchung wird dabei am Profil nicht gemessen.

[0013] Die DE 197 40 800 B4 beschreibt ein Verfahren zum Einbringen von Bohlen in Erdreich, bei dem eine thixotrope Bentonit-Suspension als Schmier- und Spülmittel dient, wobei eine permanente rechnergesteuerte Kontrolle der emittierten Schwingungen über Dauer-messstellen erfolgt.

[0014] Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, Beschädigungen am einzubringenden Profil während des Einbringvorgangs zu vermeiden und Feststellungen treffen zu können, wann die mindestens erforderliche statische Tragfunktion des Profils erreicht wird.

[0015] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1 und einer Anordnung gemäß Anspruch 8.

[0016] Dadurch, dass beim Einbringvorgang die dynamische Beanspruchung unmittelbar am Profil gemessen wird und aus der gemessenen dynamischen Beanspruchung Regelgrößen für den Einbringvorgang hergeleitet werden, kann während des Einbringvorgangs aus den Messwerten der dynamischen Beanspruchung direkt am Profil der Einbringvorgang schonend für das einzubringende Profil geregelt werden. Ferner liefern die Messdaten Informationen, die zur Prüfung der statischen Tragfunktion beim Einbringvorgang simultan abgeleitet werden können. Durch die beim Einbringvorgang simultan erfassten Messwerte können somit die Einbringparameter geregelt sowie ein Abbruchkriterium ermittelt werden.

[0017] Vorrichtungsgemäß wird dies so gelöst, dass ein oder mehrere Messaufnehmer direkt am Profil zum Messen der dynamischen Beanspruchung des Profils beim Einbringen angeordnet sind, wobei Mittel zur Regelung der Einbringvorrichtung in Abhängigkeit der Messergebnisse vorgesehen sind.

[0018] Um eine Beschädigung des einzubringenden Profils zu vermeiden, wird als erster Grenzwert eine maximale Beanspruchung des Profils vorgegeben, der ständig mit der gemessenen dynamischen Beanspruchung verglichen wird, wobei bei Überschreiten des ersten Grenzwertes die momentane Belastung beim Einbringvorgang verringert wird. Nachfolgend kann die Belastung beim Einbringvorgang, beispielsweise die Fallhöhe einer Rammmasse, die Rammmasse selbst oder durch die Impulsstärke bei hydraulischen oder pneumatischen Häm-mern, bei Vibrationseinbringverfahren die Frequenz einer Unwucht, das Unwuchtmoment und/oder die Auflast, schrittweise gesteigert werden, bis der erste Grenzwert bei der gemessenen dynamischen Beanspruchung wieder erreicht wird. Mit dieser Regelung wird versucht, eine maximale Einbringgeschwindigkeit unter Beachtung einer maximal zulässigen dynamischen Beanspruchung für das Profil zu erreichen.

[0019] Wenn wenigstens ein Messaufnehmer ein Deh-

nungsmessstreifen ist, können zur Bestimmung der dynamischen Beanspruchung am Profil Dehnungen/ Stauchungen an der Oberfläche des Profils gemessen werden. Die am Installationsort des Messaufnehmers am Profil auftretenden Dehnungen bzw. Stauchungen werden somit während des Einbringvorgangs erfasst. Wenn wenigstens ein Messaufnehmer ein Beschleunigungsaufnehmer ist, werden zur Bestimmung der dynamischen Beanspruchung am Profil Beschleunigungen am Profil gemessen. Somit werden die am Messort auftretenden Beschleunigungen sicher erfasst. Sowohl der Dehnungsmessstreifen wie auch der Beschleunigungsaufnehmer sollten mit ihrer Messrichtung parallel zur Einbringrichtung des Profils ausgerichtet werden, da in dieser räumlichen Komponente die größten Beschleunigungen sowie auch die originären Dehnungen/Stauchungen auftreten. Selbstverständlich können auch noch weitere Komponenten der Dehnungen bzw. Beschleunigungen erfasst werden.

[0020] Wenn die Dehnungen/Stauchungen und/oder Beschleunigungen am Kopfende des Profils gemessen werden, sind Wirkverbindungen (Kabel) zwischen einer Auswerte- und Regeleinheit und dem einzubringenden Profil lediglich am Kopfende anzubringen, so dass kostenaufwendige Sonderkonstruktionen für die einzubringenden Profile entbehrlich sind. Selbstverständlich können auch Messaufnehmer innerhalb des Profils oder auch am Fußende vorgesehen werden, um eine noch umfassendere Analyse der am Profil wirkenden Belastungen zu erreichen. Aufgrund des erheblichen Installationsaufwandes für solcher Art gewählten Messaufnehmerpositionen, dürfte dies nur bei besonders kritischen Anwendungen sinnvoll sein.

[0021] Wenn der/die Messaufnehmer nahe am Kopfende des Profils, bevorzugt in einem Abstand unterhalb des Kopfendes von etwa der dreifachen Querschnittsdimension des Profils, angeordnet sind, können Beschädigungen der Aufnehmer durch die unmittelbare Beanspruchung an der Lasteinleitung (Aufschlag des Rammgewichtes auf das Kopfende) verhindert werden. Gleichwohl sind die Messaufnehmer unmittelbar auch nach dem Einbringen des Profils im Zugriffsbereich. Nach Beendigung des Einbringvorganges können die Messaufnehmer somit ohne großen Aufwand entfernt und am nächsten Profil befestigt werden. Diese Anordnung eignet sich mit den stets im Zugriff befindlichen Wirkleitungen für den rauen Einsatz auf Baustellen.

[0022] Die Messaufnehmer messen bevorzugt Dehnungen und Stauchungen sowie Beschleunigungen, die in einer Regeleinheit als Mittel zur Regelung der Einbringvorrichtung in Form einer Auswertung unmittelbar in Echtzeit berechnet werden. Bei der Auswertung kann dabei auf ein Verfahren von CASE oder KOLYMBAS zurückgegriffen werden, das bisher nur im Rahmen der Pfahlabnahme als dynamische Probebelastung von fertig installierten Profilen eingesetzt wird. Eine zusammenfassende Darstellung ist in Grabe J. und Schuler U. (1991), Geotechnik, Technischer Bericht, Heft 1/1991

veröffentlicht.

[0023] Bevorzugt wird während des Einbringvorgangs aus den dynamischen Messwerten in Echtzeit die statische Tragfähigkeit berechnet und diese Werte mit einem zweiten Grenzwert, der die erforderliche statische Tragfähigkeit angibt, verglichen, wobei der Einbringvorgang des Profils beendet wird, wenn die dynamisch gemessene und in Echtzeit berechnete statische Tragfähigkeit den zweiten Grenzwert überschreitet. Somit wird ein Abbruchkriterium des Einbringvorganges vorgegeben. Während des Einbringvorganges in Echtzeit wird fortlaufend über die Auswertung der gemessenen dynamischen Beanspruchung, nämlich der Dehnungen und Stauchungen sowie der Beschleunigungen und daraus abgeleiteten Geschwindigkeiten, am einzubringenden Profil die nach CASE oder KOLYMBAS berechnete statische Tragfähigkeit mit der erwünschten zu erreichenden Tragfähigkeit (zweiter Grenzwert) verglichen. Somit ist ein zuverlässiges Kriterium geschaffen, bei dem der Einbringvorgang beendet wird, sobald das eingebrachte Profil seine Funktion erfüllen kann, nämlich seine mindestens erforderliche statische Tragfähigkeit erreicht hat. Um eine Mindesteindringtiefe des Profils zu erreichen, kann ergänzend noch eine vorbestimmte Eindringtiefe des Profils vorgegeben werden, ab der dann erst der zweite Grenzwert mit der gemessenen dynamischen Beanspruchung verglichen wird.

[0024] Ergänzend können zur Vermeidung von möglichen Schäden in der Umgebung durch zu große Erschütterungen und/oder Sackungen ein oder mehrere Geophone an der Oberfläche des Baugrundes in der Umgebung des einzubringenden Profils sowie an Gebäuden, insbesondere Außenmauern, Decken oder dergleichen, angeordnet sein, die die Erschütterungen beim Einbringvorgang erfassen. Dadurch, dass Erschütterungen beim Einbringvorgang an der Oberfläche des Baugrundes und/oder an Gebäuden in der Umgebung des Profilstandortes gemessen werden und als dritter Grenzwert eine maximale Erschütterungsamplitude vorgegeben wird, die ständig mit der gemessenen Erschütterung verglichen wird und bei Überschreiten des dritten Grenzwertes die momentane Belastung beim Einbringvorgang verringert wird, werden die Geräteparameter der Einbringvorrichtung entsprechend angepasst, also beispielsweise bei einer Rammvorrichtung die Fallhöhe des Rammgewichts verringert. Nachfolgend wird die Fallhöhe wieder erhöht, solange die vom Geophon gemessenen Erschütterungen den dritten Grenzwert nicht überschreiten. Selbstverständlich wird bei diesem Vorgang auch die gemessene dynamische Belastung der Profile selbst mit den übrigen Grenzwerten verglichen.

[0025] Geräteparameter, die einen Einfluss auf die Belastung beim Einbringvorgang haben, sind im Rammverfahren die Fallhöhe der Rammmasse, sowie ggf. die Rammmasse selbst oder bei hydraulischen oder pneumatischen Hämmern die Impulsstärke. Beim Vibrations-einbringverfahren sind dies die Frequenz der Unwucht, das Unwuchtmoment und die Auflast. Erfindungsgemäß

werden diese Geräteparameter bei der Einbringung ständig angepasst, so dass eine Beschädigung des Profils selbst ausgeschlossen wird, die Einbringung dann endet, sobald der Pfahl genügend einbindet und damit seine statische Tragfunktion erreicht hat und die Einbringung so erfolgt, dass eine Schädigung in der Umgebung verhindert wird.

[0026] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Figuren detailliert beschrieben.

[0027] Darin zeigt:

Fig. 1 in einer Prinzipskizze in einem Vertikalschnitt ein in einen Baugrund mittels Rammvorrichtung eingebrachtes Profil und

Fig. 2 eine entsprechende Prinzipskizze für ein mittels Vibration eingebrachtes Profil.

[0028] In Fig. 1 ist in einem Vertikalschnitt ein bereits teilweise in einen Baugrund B eingebrachtes Profil 1 in Form eines Fertigteilpfahls dargestellt. Der Fertigteilpfahl 1 weist einen langgestreckten, über seine Längserstreckung im Wesentlichen gleichen Querschnitt aufweisenden Profilkörper 10 mit einem unteren Fußende 12 und einem Kopfende 11 auf.

[0029] In den dargestellten Ausführungsbeispielen besteht der Baugrund B aus einer oberen, relativ dicht gelagerten Schicht B₁, einer darunter liegenden Weichschicht B₂, einer darunter liegenden Kies- oder Geröllschicht B₃ geringer Mächtigkeit und einer darunter befindlichen tragfähigen Schicht B₄, in der auch die geplante Solltiefe für den Fertigteilpfahl 1 liegt.

[0030] Um den Fertigteilpfahl 1 in den Baugrund B einzubringen, wird im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 eine Rammvorrichtung 2 verwendet. Die Rammvorrichtung 2 weist eine Rammmasse 21 auf, die vertikal geführt auf eine Freifallhöhe h gehoben wird. Aus dieser Höhe h fällt dann die Rammmasse 21 geführt im freien Fall auf das Kopfende 11 des Fertigteilpfahls 1. Am Kopfende 11 erfolgt somit die Lasteinleitung des jeweiligen Ramm-schlages.

[0031] Außen am Fertigteilpfahl 1 sind Messaufnehmer 4 angebracht. Die Messaufnehmer 4 sind vom Kopfende 11 des Fertigteilpfahls 1 um etwa den dreifachen Dimensionsquerschnitt des Profilkörpers 10 entfernt. Die Messaufnehmer 4 sind in Form eines Dehnungsmessstreifens 41 und eines Beschleunigungsaufnehmers 42 ausgebildet. Der Dehnungsmessstreifen 41 erfasst Dehnungen/Stauchungen in Einbringrichtung (Z-Richtung). Ebenso erfasst der Beschleunigungsaufnehmer 42 in Z-Richtung wirkende Beschleunigungen.

[0032] Ferner ist an der Oberfläche des Baugrunds B ein Geophon 43 zur Erfassung der Erschütterungen in der Umgebung der Einbringstelle angeordnet.

[0033] Zur Erfassung, Weiterverarbeitung und Steuerung der Einbringvorrichtung (Rammvorrichtung 2) ist eine Regeleinheit 5 mit einer Datenerfassungs- und Auswerteeinheit 50 vorgesehen. Vom Dehnungsmessstreifen

fen 41, Beschleunigungsaufnehmer 42 und Geophon 43 sind Wirkleitungen 44 zur Auswerteeinheit 50 vorgesehen. Von der Regeleinheit 5 führt eine Wirkleitung 51 zur Rammvorrichtung 2, die dort die Freifallhöhe h in Abhängigkeit der gemessenen und verarbeiteten Werte aus dem Dehnungsmessstreifen 41, dem Beschleunigungsaufnehmer 42 und dem Geophon 43 regelt.

[0034] Nachfolgend wird die Regelung der Rammvorrichtung anhand der von den Messaufnehmern aufgenommenen Signale beschrieben.

[0035] Die Rammvorrichtung 2 wird von der Regeleinheit 5 nach Aufstellen und Ausrichten des einzubringenden Profils 1 gestartet. Dabei kann der Einbringvorgang mit einer mittleren Fallhöhe h beginnen oder auch unmittelbar mit einer kleineren Fallhöhe beginnend gesteigert werden. Werden die in der Regeleinheit hinterlegten Grenzwerte, nämlich erster Grenzwert für die maximale Beanspruchung des einzubringenden Profils, zweiter Grenzwert für die erforderliche Einbindetiefe und dritter Grenzwert für die in der Umgebung auftretenden maximalen Erschütterungen nicht überschritten, wird jeweils für den nächsten Hitz die Fallhöhe h gesteigert. Sobald einer oder mehrere der drei Grenzwerte erreicht werden, wird die Fallhöhe nicht weiter gesteigert bzw. bei Überschreiten wenigstens eines Grenzwertes wieder verringert bzw. der Einbringvorgang beendet.

[0036] Entsprechend wird der Einbringvorgang automatisch geregelt, wobei ein maximaler Rammfortschritt bei Vermeidung von unzulässigen Druck- oder Zugspannungen im Profil erreicht wird. Bei Erreichen des zweiten Grenzwertes wird zudem der Einbringvorgang abgebrochen, da dann die erforderliche statische Tragfunktion des Profils 1 anhand der Messwerte der Messaufnehmer 4 und der in Echtzeit erfolgenden Auswertung der Messwerte nach dem Verfahren von CASE oder KOLYMBAS erreicht ist. Ein weiteres Einbringen des Profils 1 würde eine nicht notwendige Rammtiefe bedeuten, also unnötige Kosten bedeuten. Mit der Regelung können Beschädigungen und übermäßige Beeinträchtigungen vermieden werden.

[0037] Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist eine Vibrationsvorrichtung 3 zum Einbringen des Fertigteilpfahls 1 in den Baugrund B dargestellt. Funktionsmäßig übereinstimmende Bauteile sind mit gleichen Bezugszeichen wie zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 bezeichnet.

[0038] Die Vibrationsvorrichtung 3 weist mindestens eine Unwucht 31 auf, die meist hydraulisch angetrieben eine Vibration auf das Kopfende 11 des Profils 1 überträgt. Zur Anbindung der Vibrationsvorrichtung 3 auf dem Kopfende 11 erfolgt zudem eine statische Auflast F_{stat} , die die von der Unwucht 31 erzeugte periodische Schwingung in den Fertigteilpfahl 1 einleiten lässt.

[0039] Die der Regeleinheit 5 zugeordnete Datenerfassungs- und Auswerteeinheit 50 erfasst und verarbeitet wiederum von den Messaufnehmern, nämlich Dehnungsmessstreifen 41 und Beschleunigungsaufnehmer 42 sowie ergänzend Geophon 43 aufgenommene Signa-

le, um daraus in der Regeleinheit 5 die dynamische Beanspruchung des Profils 1 anzupassen. Regelgrößen sind dabei die Frequenz der Unwucht ω , die durch die Drehzahl des Elektromotors der Unwucht 31 verstellbar werden kann, das Unwuchtmoment m , das insbesondere durch Veränderung des radialen Abstandes der Unwuchtmasse zu seiner Rotationsachse eingestellt werden kann, und die statische Auflast F_{stat} , die durch eine Gewichtsveränderung oder/und hydraulische Auflastabstützung angepasst werden kann.

[0040] Wie zum ersten Ausführungsbeispiel bereits ausgeführt, wird die dynamische Belastung beim Einbringvorgang anhand durch Dehnungsmessstreifen 41 und Beschleunigungsaufnehmer 42 erfassten Messgrößen mit Echtzeitauswertung in der Auswerteeinheit 50 und Regeleinheit 5 an die jeweilige Situation im Baugrund B angepasst. Dabei werden von der Regeleinheit 5 die Regelgrößen statische Kraft F_{stat} , Unwuchtfrequenz ω und/oder Unwuchtmoment m entsprechend verändert.

[0041] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. Anordnung zum Einbringen von langgestreckten Profilen können Beschädigungen des Profils während der Einbringung vermieden werden. Ferner kann die Einbringung beendet werden, sobald das Profil seine statische Tragfunktion erfüllt. Der Einbringvorgang wird dabei gleichwohl mit maximaler Einbringgeschwindigkeit durchgeführt, woraus sich insgesamt eine hohe Qualität und Wirtschaftlichkeit ergibt. Der Aufwand für die Anbringung und Verkabelung der Messaufnehmer am einzubringenden Profil ist im Vergleich zu den Verbesserungen der Qualität und Wirtschaftlichkeit als gering einzustufen. Die Regelung für den Einbringvorgang erlaubt somit auch eine Voll- oder Teilautomatisierung, die eine weitere Qualitätsverbesserung und Produktionssteigerung mit sich bringen dürfte.

Bezugszeichenliste

[0042]

1	Profil, Fertigteilpfahl, Spundwandsegment
10	Profilkörper
11	Kopfende
12	Fußende
2	Rammvorrichtung
21	Rammmasse
3	Vibrationsvorrichtung
31	Unwucht
4	Messaufnehmer
41	Dehnungsmessstreifen
42	Beschleunigungsaufnehmer
43	Geophon
44	Wirkleitung

- 5 Mittel zur Regelung, Regeleinheit
 50 Datenerfassungs- und Auswerteeinheit
 51 Wirkleitung

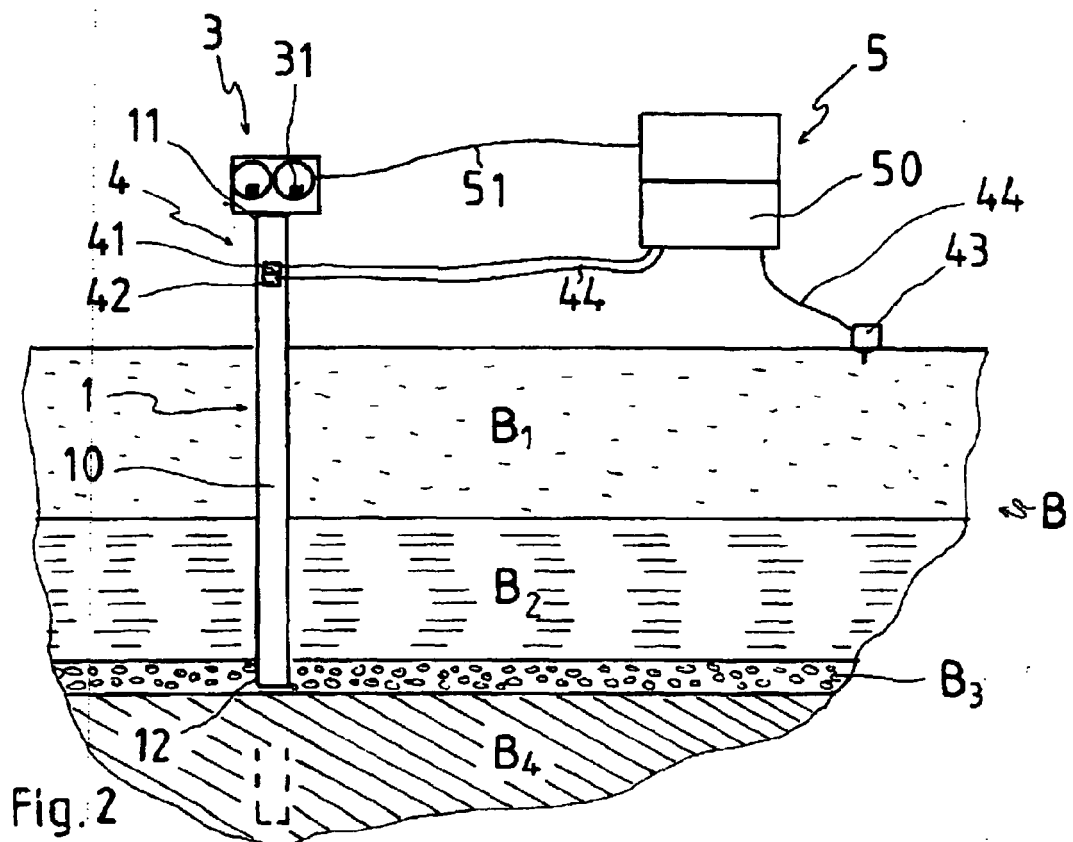
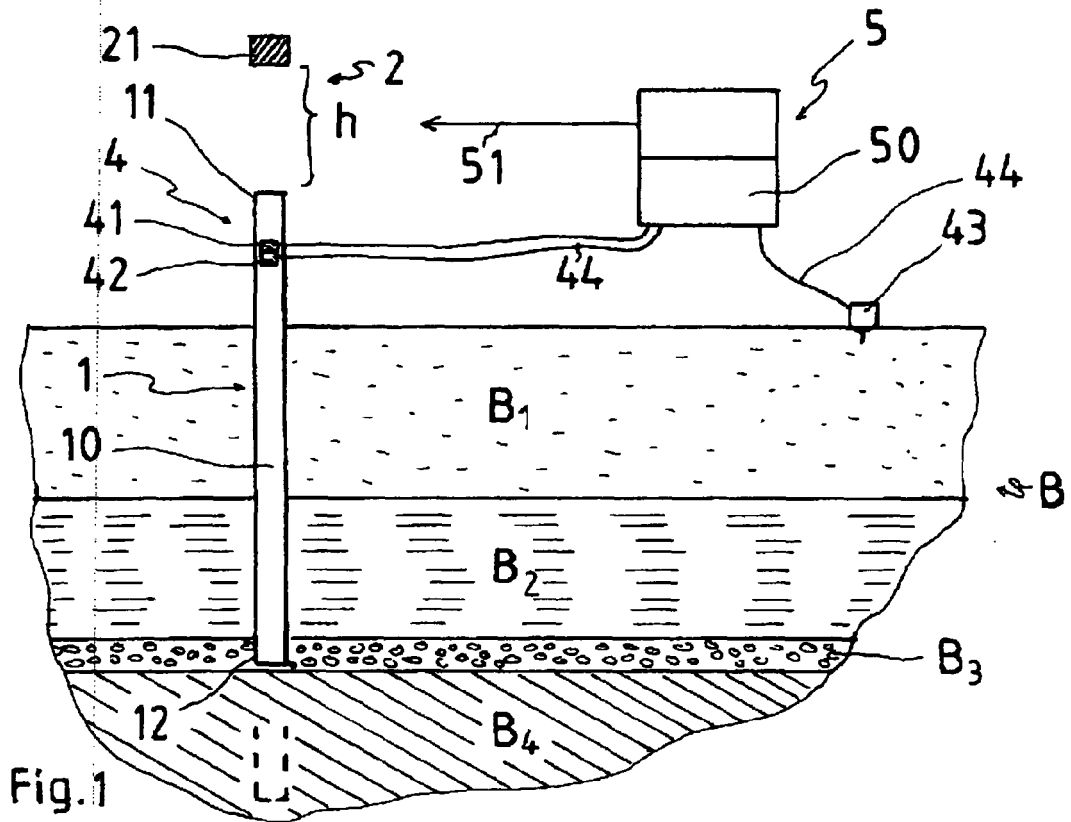
B	Baugrund
B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₄	Schichtung im Baugrund
h	Freifallhöhe
m	Unwuchtmoment
F _{stat}	statische Auflast
F(t)	Belastung beim Einbringvorgang
ω	Frequenz der Unwucht

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbringen von langgestreckten Profilen, insbesondere Fertigteilpfählen, mit einem Kopfende und einem Fußende in einen Baugrund, wobei das Profil an seinem Kopfende Rammschlägen und/oder Vibrationen mit einer Auflast ausgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Einbringvorgang die dynamische Beanspruchung unmittelbar am Profil gemessen wird und aus der gemessenen dynamischen Beanspruchung Regelgrößen für den Einbringvorgang hergeleitet werden. 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als erster Grenzwert eine maximale Beanspruchung des Profils vorgegeben wird, der ständig mit der gemessenen dynamischen Beanspruchung verglichen wird, wobei bei Überschreiten des ersten Grenzwertes die momentane Belastung beim Einbringvorgang verringert wird. 30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung der dynamischen Beanspruchung am Profil Dehnungen und Stauchungen an der Oberfläche des Profils gemessen werden. 35
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung der dynamischen Beanspruchung am Profil Beschleunigungen am Profil gemessen werden. 40
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den gemessenen Dehnungen und Stauchungen und Beschleunigungen die dynamische Beanspruchung des Profils und die Bodenreaktionskräfte am Mantel und Fuß des Profils unmittelbar errechnet werden. 45
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Einbringvorgangs aus den gemessenen Dehnungen und Stauchungen sowie Beschleunigungen in Echtzeit laufend die statische Tragfähigkeit berechnet wird und dieser berechnete Wert jeweils mit einem zweiten 50

Grenzwert, der die erforderliche statische Tragfähigkeit angibt, verglichen wird, wobei der Einbringvorgang des Profils beendet wird, wenn die dynamisch gemessene und in Echtzeit berechnete statische Tragfähigkeit den zweiten Grenzwert überschreitet.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Erschütterungen beim Einbringvorgang an der Oberfläche des Baugrundes in der Umgebung des Profilstandortes gemessen werden, wobei als dritter Grenzwert eine maximale Bodenerschütterung vorgegeben wird, die ständig mit der gemessenen Erschütterung verglichen wird und bei Überschreiten des dritten Grenzwertes die momentane Belastung beim Einbringvorgang verringert wird. 5
8. Anordnung zum Einbringen von Profilen (1), insbesondere Fertigteilpfählen, in einen Baugrund (B), mit einer Einbringvorrichtung in Form einer Ramm- (2) oder Vibrationsvorrichtung (3) sowie wenigstens einem in den Baugrund (B) einzubringenden Profil (1) mit einem Kopfende (11) und einem Fußende (12), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere Messaufnehmer (4) in Form wenigstens eines Dehnungsmessstreifens (41) und/oder wenigstens eines Beschleunigungsaufnehmers (42) am Profil (1) zum Messen der dynamischen Beanspruchung des Profils (1) beim Einbringen angeordnet sind, wobei Mittel zur Regelung (5) der Einbringvorrichtung (2, 3) in Abhängigkeit der Messergebnisse vorgesehen sind. 10
9. Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der/die Messaufnehmer (4) nahe am Kopfende (11) des Profils (1), bevorzugt in einem Abstand unterhalb des Kopfendes (11) von etwa der dreifachen Querschnittsdimension des Profils (1), angeordnet sind. 15
10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere Geophone (43) an der Oberfläche des Baugrundes (B) in der Umgebung des einzubringenden Profils (1) sowie an Gebäuden, insbesondere Außenmauern, Decken etc., angeordnet sind, die die relevanten Erschütterungen beim Einbringvorgang erfassen. 20





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 02 4926

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	OHBAYASHI GUMI KK: "Construction management apparatus for use on pile driver - has transmitter to modulate range finding data and signals obtained from range finder and pile mounted sensors as spread spectrum signal, and receiver to demodulate signal to be sent to computer" WPI / DERWENT, 3. August 1999 (1999-08-03), XP002979441	1-6,8,9	INV. E02D7/02
Y	* das ganze Dokument *	7,10	
X	JP 61 142216 A (JAPAN STEEL & TUBE CONSTR; UTO KAZUMA) 30. Juni 1986 (1986-06-30) * Zusammenfassung *	1,8	
X	JP 63 073128 A (UTO KAZUMA; JAPAN STEEL & TUBE CONSTR; JAPAN DEV & CONSTRUCTION) 2. April 1988 (1988-04-02) * Zusammenfassung *	1,8	
Y	US 5 725 329 A (CHELMINSKI STEPHEN [US]) 10. März 1998 (1998-03-10) * Spalte 9, Zeile 51 - Spalte 12, Zeile 5; Abbildung 6 *	7,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E02D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. April 2008	Prüfer Nilsson, Lars
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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			

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 07 02 4926

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

01-04-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 61142216 A	30-06-1986	JP 1644189 C JP 3004688 B	28-02-1992 23-01-1991
JP 63073128 A	02-04-1988	KEINE	
US 5725329 A	10-03-1998	KEINE	

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 102005029364 [0005]
- DE 19631992 B4 [0009]
- DE 69908781 T2 [0010]
- DE 69420050 T3 [0011]
- DE 19532931 A1 [0012]
- DE 19740800 B4 [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **GRABE J. ; SCHULER U.** *Geotechnik, Technischer Bericht*, 1991 [0022]