

(19)



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 569 769 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
20.11.2019 Patentblatt 2019/47

(51) Int Cl.:  
**E02D 5/18 (2006.01)**      **E02D 5/34 (2006.01)**  
**E02D 5/46 (2006.01)**      **E02D 7/22 (2006.01)**  
**E02D 13/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: 18173174.6

(22) Anmeldetag: 18.05.2018

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **BAUER Spezialtiefbau GmbH**  
**86529 Schobenhausen (DE)**  
 (72) Erfinder: **Dr. REGLER, Hans**  
**86529 Schobenhausen (DE)**  
 (74) Vertreter: **Wunderlich & Heim Patentanwälte**  
**Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
**Irmgardstrasse 3**  
**81479 München (DE)**

### (54) GRÜNDUNGSPFAHL

(57) Die Erfindung betrifft ein Tiefbauverfahren und ein Baugerät zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur im Boden, wobei ein Tiefbauwerkzeug um eine Drehachse drehend angetrieben und mit einem Vorschub in einen Boden eingebracht wird, wobei die säulenförmige Struktur im Boden erstellt wird. Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass beim Erstellen der säulenförmigen Struktur eine Drehbewegung und eine Vorschubbewegung

des Tiefbauwerkzeugs über die Zeit erfasst und zu einer Auswerteeinheit weitergeleitet werden, dass mittels einer Sensoreinrichtung mindestens ein weiterer Bearbeitungsparameter beim Erstellen der säulenförmigen Struktur in dem Boden über die Zeit erfasst und zu der Auswerteeinheit weitergeleitet wird, und dass durch die Auswerteeinheit ein dreidimensionales Modell der säulenförmigen Struktur erstellt und angezeigt wird.

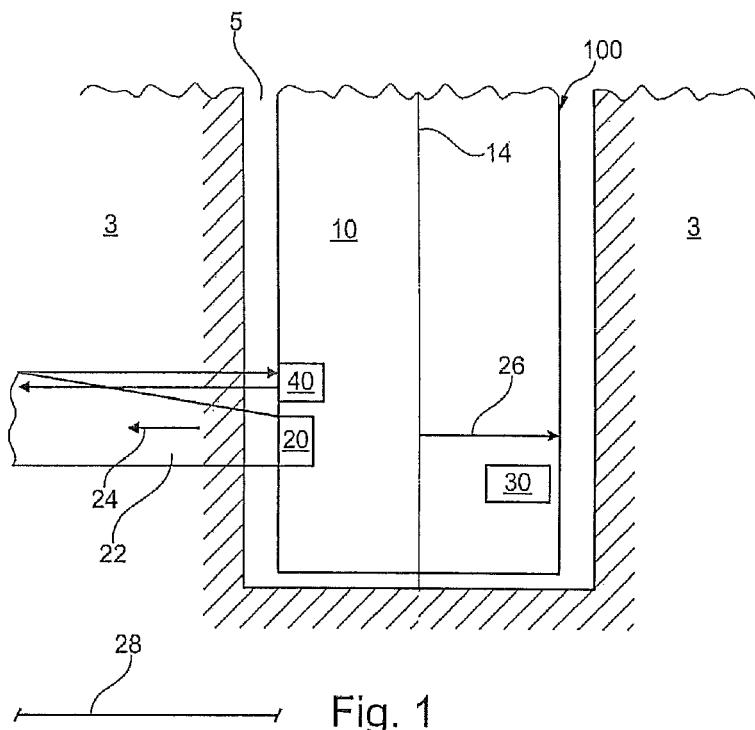


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Tiefbauverfahren zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur im Boden, bei dem ein Tiefbauwerkzeug um eine Drehachse drehend angetrieben und mit einem Vorschub in einen Boden eingebracht wird, wobei die säulenförmige Struktur im Boden erstellt wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin ein Baugerät zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur im Boden, mit einem Tiefbauwerkzeug, welches drehend um eine Drehachse mittels eines Drehantriebes antriebbar und mittels eines Vorschubantriebes in einer Vorschubrichtung in den Boden verfahrbar ist, mindestens einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Drehbewegung des Tiefbauwerkzeugs und einer Vorschubbewegung und mindestens einer Sensoreinrichtung zum Erfassen mindestens eines weiteren Betriebsparameters, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10.

**[0003]** Ein gattungsgemäßes Tiefbauverfahren und ein gattungsgemäßes Baugerät gehen aus der EP 2 806 070 B1 hervor. Bei diesem bekannten Verfahren wird ein Hochdruckinjektionskörper im Boden mittels eines Bohrgestänges erstellt, welches einen Auslass zum Ausstoßen eines Injektionsmediums in den Boden aufweist. An dem Bohrgestänge ist ein gyroskopisches Messmittel zum Erfassen einer durch den Ausstoß des Injektionsmediums hervorgerufenen Bewegungsrichtung von zu mindest einem Teil des Bohrgestänges vorgesehen. Ein elektronisches Auswertemittel ermöglicht es, der momentanen Ausgaberichtung ermittelte Ausbreitungstiefe des Injektionsmediums zuzuordnen.

**[0004]** Indem das Bohrgestänge mit dem Auslass gedreht wird, wird das Injektionsmedium radial um das Bohrgestänge in den Boden gegeben. Es ist möglich, den Boden zunächst durch einen Hochdruckwasserstrahl zu erodieren und sodann das Injektionsmedium in die Umgebung auszustoßen, welche aus erodiertem Boden und Wasser besteht. Durch Anheben des Bohrgestänges mit dem Auslass kann ein etwa zylindertümlicher Hochdruckinjektionskörper (HDI-Körper) gebildet werden.

**[0005]** HDI-Körper oder HDI-Säulen werden für verschiedene Zwecke eingesetzt. Insbesondere kann ein Baugrund verfestigt werden oder gegen das Eindringen von Grundwasser abgedichtet werden. Bei Baugrubenabsicherungen können durch HDI-Körper unterschiedliche Wandtypen miteinander verbunden werden, beispielsweise Pfahlwände und Spundwände.

**[0006]** Das Injektionsmedium kann grundsätzlich ein beliebiges Fluid oder eine beliebige Flüssigkeit oder Suspension sein, welche auch mit Feststoffen versetzt sein kann. Beispielsweise können eine Zementsuspension, Chemikalien oder Kunstharze eingesetzt werden.

**[0007]** Damit ein HDI-Körper die gewünschte Abdichtung oder Stabilität bietet, müssen die tatsächlich erzeugten Abmessungen des HDI-Körpers mit gewünschten

Abmessungen ausreichend übereinstimmen. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn mehrere HDI-Körper nebeneinander im Boden eine Abdichtung bereitstellen sollen. In diesem Fall darf zwischen den HDI-Körpern 5 kein Freiraum verbleiben.

**[0008]** Die genauen Abmessungen eines HDI-Körpers, insbesondere in Radialrichtung zu dem Bohrgestänge, können jedoch abhängig vom Boden verschieden ausfallen. So kann beispielsweise ein Hindernis im Boden ein Eindringen des Injektionsmediums verhindern. Als Folge hat ein erzeugter HDI-Körper in der Regel 10 keine exakte Zylinderform. Vielmehr ist dessen radiale Ausdehnung abhängig von der Tiefe und dem Azimutalwinkel. Dieser gibt eine Richtung in einer Ebene senkrecht zur Bohrachse an.

**[0009]** Um dennoch eine abdichtende Wirkung mit HDI-Körpern bereitzustellen, werden diese üblicherweise mit einem Überlapp im Boden erzeugt. Der Überlapp wird umso größer gewählt, je unsicherer die Kenntnis der 15 Abmessungen der HDI-Körper ist. Damit steigt die Anzahl zu errichtenden HDI-Körper, womit ein größerer Zeitbedarf und höhere Kosten einhergehen.

**[0010]** Um den Überlapp zwischen benachbarten HDI-Körpern gering halten zu können, werden Messeinrichtungen eingesetzt. Bei DE 195 21 639 A1 wird die Errichtung eines HDI-Körpers mit einem Geophon überwacht. Dieses wird beabstandet zum Bohrgestänge in den Boden getrieben. Indem es Bodenerschütterungen erfasst, kann die Reichweite geschätzt werden, bis zu 20 welcher das Injektionsmedium ausgestoßen wird. Das Eintreiben eines Geophons stellt aber einen zusätzlichen Arbeitsaufwand dar, durch den der Zeitbedarf und die personellen Anforderungen steigen. Zudem ist die hierdurch erreichbare Genauigkeit begrenzt.

**[0011]** Demgegenüber werden bei einer gattungsgemäßem Vorrichtung und einem gattungsgemäßem Verfahren, wo die Messeinrichtung am Bohrgestänge befestigt ist, Vorteile erreicht. Der Betrieb einer solchen Messeinrichtung ist mit praktisch keinem zusätzlichen Arbeitsaufwand verbunden. Eine solche Vorrichtung und ein solches Verfahren werden beispielsweise in DE 196 22 282 C1 beschrieben. Die Messeinrichtung umfasst 25 dort einen Schallsender und -empfänger. Der ausgesendete Schall wird an einer Grenzfläche des Bohrlochs, insbesondere zu einem Injektionskörper, zurückgeworfen. Aus der Laufzeit des Schallsignals kann sodann die radiale Ausdehnung des Bohrlochs oder die Ausbreitungstiefe des Injektionsmediums bestimmt werden.

**[0012]** Eine weitere Vorrichtung und ein weiteres Verfahren sind aus DE 198 34 731 C1 bekannt. Dort umfasst 30 die Messeinrichtung eine Spule mit abwickelbarer Messleine. Indem die Ausmaße des Abrollens der Messleine erfasst werden, kann auf die radialen Abmessungen des Hochdruckinjektionskörpers geschlossen werden.

**[0013]** In dieser Weise können zwar die Maße des Injektionskörpers bestimmt werden, jedoch bedarf die Auswertung und Interpretation der Messdaten eines nicht 35 unerheblichen Aufwandes. Es ist aber wünschenswert,

die im Boden erstellte dreidimensionale Struktur besonders genau zu bestimmen und eine effiziente Überprüfung des Bearbeitungsergebnisses zu ermöglichen.

**[0014]** Es ist eine **Aufgabe** der Erfindung, ein Verfahren und ein Baugerät zum Erstellen einer dreidimensionalen Struktur im Boden bereitzustellen, mit denen die erstellte Struktur besonders effizient ermittelt und überprüft werden kann.

**[0015]** Diese Aufgabe wird durch ein Tiefbauverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Baugerät mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

**[0016]** Bevorzugte Varianten der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass beim Erstellen der säulenförmigen Struktur eine Drehbewegung und eine Vorschubbewegung des Tiefbauwerkzeugs über die Zeit erfasst und zu einer Auswerteeinheit weitergeleitet werden, dass mittels einer Sensoreinrichtung mindestens ein weiterer Bearbeitungsparameter zum Erstellen der säulenförmigen Struktur in dem Boden über die Zeit erfasst und zu der Auswerteeinheit weitergeleitet wird und dass durch die Auswerteeinheit ein dreidimensionales Modell der säulenförmigen Struktur erstellt und angezeigt wird.

**[0018]** Ein Aspekt der Erfindung besteht darin, bei einem Tiefbauverfahren zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur im Boden bestimmte Messwerte über die Zeit zu erfassen und hieraus in möglichst anschaulicher Weise ein dreidimensionales Modell der erstellten säulenförmigen Struktur zu bilden und anzuzeigen. Dabei muss das erstellte dreidimensionale Modell der säulenförmigen Struktur kein maßstabgetreues Modell der tatsächlich im Boden erstellten säulenförmigen Struktur, etwa eines Gründungspfahles, sein. Maßgeblich ist, dass das erzeugte dreidimensionale Modell anschaulich eine korrekte Durchführung des Tiefbauverfahrens und mögliche Fehlstellen der erzeugten Struktur darstellen kann. Dabei werden während des Herstellungsprozesses eine Drehbewegung des drehenden Tiefbauwerkzeuges und gleichzeitig eine Vorschubbewegung des Tiefbauwerkzeuges über die Zeit erfasst.

**[0019]** Weiterhin wird mindestens ein weiterer Bearbeitungsparameter über die Zeit erfasst, welcher für das Erstellen der säulenförmigen Struktur im Boden wesentlich ist. Hieraus kann dann durch die Auswerteeinheit ein anschauliches dreidimensionales Säulenmodell der säulenförmigen Struktur erstellt und unmittelbar an einer Anzeigeeinrichtung an einer Bedien- oder Überwachungsstation, etwa unmittelbar im Baugerät, angezeigt werden.

**[0020]** So kann etwa einem Maschinenbediener unmittelbar angezeigt werden, wenn die erstellte säulenförmige Struktur im Boden eine unerwünschte Fehlstelle aufweist. Durch dieses unmittelbare Anzeigen kann der Maschinenbediener unmittelbar, insbesondere solange etwa eine eingebrachte Zementsuspension noch nicht ausgehärtet ist, eine Nacharbeitung mit dem Tiefbauwerkzeug durchführen. Eine derartige zeitnahe Fehlerbehebung ist deutlich einfacher und kostengünstiger

durchführbar als wenn eine Fehlstelle erst bei der fertigen und ausgehärteten Struktur im Boden festgestellt wird.

**[0021]** Grundsätzlich kann eine beliebige säulenförmige Struktur im Boden erstellt werden, etwa ein HDI-Element für einen Injektionsanker oder eine Kalk- oder Kiessäule. Besonders bevorzugt ist es nach einer Ausführungsform der Erfindung, dass als säulenförmige Struktur ein Gründungspfahl im Boden erstellt wird. Der Gründungspfahl kann dabei durch ein materialabtragendes Bohren oder durch ein Verdrängungsbohren hergestellt werden, wobei in das erzeugte Bohrloch eine aushärtbare Suspension eingeleitet wird.

**[0022]** Dabei ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung besonders vorteilhaft, dass als Tiefbauwerkzeug ein Bohrwerkzeug mit Injektionsöffnung oder eine Injektionslanze zum Injizieren einer aushärtbaren Suspension verwendet wird und dass eine aushärtbare Suspension durch das drehende Tiefbauwerkzeug in den Boden zum Erstellen der säulenförmigen Struktur in den Boden eingebracht wird. Mit derartigen drehenden Bohrwerkzeugen können gleichzeitig das Bohrloch erstellt und im gleichen oder einem anschließenden Arbeitsgang die aushärtbare Suspension eingebracht werden. Bei diesem Einbringen führt das Bohrwerkzeug mit der Injektionsöffnung eine schraubenförmige Bewegung durch, welche durch eine Überlagerung zwischen einer Drehbewegung und einer Vorschubbewegung entsteht.

**[0023]** Als weiterer Betriebsparameter kann jeder Parameter beim Erstellen der säulenförmigen Struktur im Boden erfasst werden, welcher eine Aussage über die erstellte Struktur im Boden zulässt. Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass als mindestens ein weiterer Betriebsparameter ein Injektionsdruck, ein Pumpendruck, ein Injektionsvolumen, eine Temperatur, eine Werkzeugauslenkung und/oder ein Schallmesswert erfasst wird. Diese Parameter können einzeln oder auch in einer beliebigen Kombination zueinander erfasst und zum Erzeugen des dreidimensionalen Modells herangezogen werden. Eine besonders gute Aussage über das Einbringen einer aushärtbaren Suspension kann durch Messung einer Werkzeugauslenkung oder eines Schalls erfasst werden, so wie dies etwa in den in der Beschreibungseinleitung genannten Druckschriften EP 2 896 070 B1 beziehungsweise DE 196 22 282 C1 angegeben und einem Durchschnittsfachmann auch grundsätzlich bekannt ist.

**[0024]** Nach einer weiteren Verfahrensvariante der Erfindung ist es bevorzugt, dass durch die Auswerteeinheit abhängig von der über die Zeit erfassten Drehbewegung und Vorschubbewegung eine helixförmige Zeitachse gebildet wird und dass der mindestens eine über die Zeit erfasste Bearbeitungsparameter zum Bilden des dreidimensionalen Modells der helixförmigen Zeitachse zugeordnet wird. Die Auswerteeinheit kombiniert dabei die ermittelte Drehbewegung und die ermittelte Vorschubbewegung so, dass keine linienförmige gerade Zeitachse gebildet wird, sondern eine helixförmige Zeitachse. Dabei kann die Mittenachse der Helixform vorzugsweise ein

Maß für den zurückgelegten Weg, also die Tiefe im Boden, sein. Wird nunmehr der mindestens eine weitere Parameter über die helixförmige Zeitachse abgetragen, ergibt dies eine anschauliche Darstellung, die unmittelbare Vergleiche zu der im Boden tatsächlich erstellten Säulenstruktur zulässt und insbesondere Abweichungen und Fehlstellen leicht erkennen lässt.

**[0025]** Besonders vorteilhaft ist es dabei, dass durch die Auswerteeinheit nach Zuordnung des mindestens einen Bearbeitungsparameters zu der helixförmigen Zeitachse das dreidimensionale Modell der säulenförmigen Struktur durch Interpolation gebildet wird. Dabei werden die zwischen den Schraubenwindungen fehlenden Bereiche durch entsprechende Interpolation der in Axialrichtung gegenüberliegenden Betriebsparameter auf den angrenzenden Windungen der helixförmigen Zeitachse mathematisch bestimmt. Vorzugsweise wird hierbei eine lineare Interpolation vorgesehen. So kann relativ einfach aus einer linearen Erfassung eines Parameters ein räumliches, säulenförmiges Modell erstellt werden.

**[0026]** Eine bevorzugte Verfahrensvariante besteht weiter darin, dass die Drehbewegung unmittelbar an einem Drehantrieb oder durch ein Drehzahlmesserelement an dem Tiefbauwerkzeug erfasst wird. Das Drehzahlmesserelement kann insbesondere ein Drehzahlmesser sein. Alternativ kann die Drehbewegung auch unmittelbar von einem Drehzahlmesser am Drehantrieb abgenommen werden.

**[0027]** Eine Messung der Vorschubbewegung kann grundsätzlich in jeder geeigneten Weise erfolgen. Besonders bevorzugt ist es, dass die Vorschubbewegung unmittelbar an einem Vorschubantrieb oder durch ein Wegmesserelement an dem Tiefbauwerkzeug erfasst wird.

**[0028]** Ein besonders effizientes Tiefbauverfahren wird nach einer Weiterbildung der Erfindung dadurch erreicht, dass in der Auswerteeinheit ein dreidimensionales Soll-Modell für die zu erstellende säulenförmige Struktur im Boden abgespeichert ist, dass durch die Auswerteeinheit das ermittelte dreidimensionale Modell für die säulenförmige Struktur als ein Ist-Modell mit dem Soll-Modell verglichen wird und dass an einer Anzeigeeinrichtung Abweichungen zwischen dem Soll-Modell und dem Ist-Modell angezeigt werden. Diese Abweichungen können als Fehlstellen angesehen werden, insbesondere wenn das Ist-Modell in seinem Außenumfang nicht dem Soll-Modell mit seinem Außenumfang entspricht. Diese Fehlstellen können vorzugsweise auf einem farbigen Display mit einer anderen Farbe, etwa der Farbe Rot, dargestellt werden. Somit ist für einen Maschinenbediener unmittelbar eine Fehlstelle oder eine nicht ausreichende Ausbildung der säulenförmigen Struktur im Boden ersichtlich. Wenn die Längsachse des säulenförmigen Modells einer Vertikalachse der säulenförmigen Struktur im Boden entspricht, kann auch unmittelbar die Tieflage festgestellt werden, in der eine Fehlstelle bei der erstellten säulenförmigen Struktur im Boden vorliegt. Somit kann diese Fehlstelle unmittelbar durch den Ma-

schinenbediener durch eine Nachbearbeitung beseitigt werden.

**[0029]** Das erfindungsgemäße Baugerät ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerteeinheit vorgesehen ist, welche mit der mindestens einen Erfassungseinrichtung und der Sensoreinrichtung verbunden ist, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet ist, basierend auf den erfassten Daten ein dreidimensionales Modell der säulenförmigen Struktur zu erstellen, und dass eine Anzeigeeinrichtung vorgesehen ist, mit der das erstellte dreidimensionale Modell der säulenförmigen Struktur anzeigbar ist.

**[0030]** Mit dem erfindungsgemäßen Bohrgerät kann insbesondere das zuvor beschriebene erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden. Es ergeben sich dabei die zuvor beschriebenen Vorteile.

**[0031]** Das Baugerät kann insbesondere ein Bohrgerät zum Erstellen eines Gründungspfahles im Boden oder eines Injektionsankers sein.

**[0032]** Besonders bevorzugt ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung, dass das Tiefbauwerkzeug ein Bohrwerkzeug mit Injektionsöffnung oder einer Injektionslanze zum Injizieren einer aushärtbaren Suspension ist. Dabei wird als weiterer Bearbeitungsparameter vorzugsweise ein Messwert herangezogen, welcher ein Maß für die eingebrachte aushärtbare Suspension pro Zeit und Ort darstellt.

**[0033]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bohrgerätes besteht darin, dass ein Drehzahlmesserelement vorgesehen ist, mit dem eine Drehbewegung des Tiefbauwerkzeugs über die Zeit erfassbar ist, und/oder dass ein Wegmesserelement vorgesehen ist, mit dem ein Verfahrweg des Tiefbauwerkzeuges über die Zeit erfassbar ist.

**[0034]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen erläutert, welche schematisch in den Zeichnungen dargestellt sind. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt eines stark schematisierten Baugeräts bei der Herstellung einer säulenförmigen Struktur im Boden;

Fig. 2 ein Messdatenbeispiel einer Datenkurve einer gemessenen Schallintensität über die Zeit bei der Erstellung einer säulenförmigen Struktur im Boden gemäß der Anordnung von Fig. 1;

Fig. 3 eine helixförmige Darstellung der Zeitachse  $t$  über den Weg  $s$ , wobei ein  $360^\circ$ -Abschnitt der Helix einer Drehung des Tiefbauwerkzeuges gemäß Fig. 1 entspricht; und

Fig. 4 eine Veranschaulichung der schematischen Übertragung einer Rohdatenkurve gemäß Fig. 2 auf die helixförmige Zeitachse und die schematische Ermittlung eines dreidimensionalen säulenförmigen Modells hieraus.

**[0035]** Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Baugeräts 100 zur Herstellung einer säulenförmigen Struktur 32 in einem Boden 3.

**[0036]** Das Baugerät 100 umfasst als ein Tiefbauwerkzeug 10 ein Bohrgestänge, mit dem ein in Fig. 1 ausschnittsweise dargestelltes Bohrloch 5 erzeugt werden kann. An dem gestängeförmigen Tiefbauwerkzeug 10 ist eine Injektionsöffnung 20 ausgebildet. Durch diese kann ein Injektionsmedium 22 aus dem Tiefbauwerkzeug 10 in den Boden 3 ausgestoßen werden. Die Injektionsöffnung 20 ist gemeinsam mit dem Tiefbauwerkzeug 10 oder auch unabhängig hiervon um eine Drehachse 14, auch Bohrachse genannt, drehbar. Dadurch wird eine säulenförmige Struktur 32 erzeugt, welche das stangenförmige Tiefbauwerkzeug 10 umgibt.

**[0037]** Das ausgestoßene Injektionsmedium 22 dringt bis zu einer Ausbreitungstiefe 28 vor. Die Ausbreitungstiefe 28 ist eine radiale Strecke, die ab der Injektionsöffnung 20 oder ab der Drehachse 14 bestimmt sein kann. Aufgrund von Hindernissen im Boden kann die Größe der Ausbreitungstiefe 28 vom Azimutwinkel um die Drehachse 14 und/oder von der Höhe der Injektionsöffnung 20 entlang der Drehachse 14 abhängen.

**[0038]** Zur Messung der Ausbreitungstiefe 28 ist eine Sensoreinrichtung 40 mitdrehend an dem Tiefbauwerkzeug 10 angeordnet. Dieses empfängt ein Messsignal, beispielsweise ein Schallsignal. Als Schallsignal kann das Injektionsgeräusch verwendet werden oder es kann mit einem Sender ein akustisches Signal ausgesandt werden, dessen Reflexionen als Schallsignal von der Sensoreinrichtung 40 gemessen wird. Das Signal kann insbesondere an einer Grenzfläche zwischen dem Injektionsmedium 22 und dem Boden 3 zurückgeworfen werden.

**[0039]** Zu der ermittelten Ausbreitungstiefe 28 wird auch die zugehörige Azimutalrichtung ermittelt, welche eine Drehstellung der Injektionsöffnung 20 um die Drehachse 14 angibt. Hierfür können kryoskopische Messmittel 30 am stangenförmigen Tiefbauwerkzeug 10 vorgesehen sein. Diese erfassen eine Bewegungsrichtung 26 von zumindest einem Teil des Tiefbauwerkzeuges 10. Diese Bewegung wird durch den Ausstoß des Injektionsmediums 22 verursacht. Daher sind eine Ausstoßrichtung 24 und die Bewegungsrichtung 26 des Bohrgestänges 10 gerade entgegengesetzt zueinander. Somit kann eine elektronische Auswerteeinheit aus den Messwerten der kryoskopischen Messmittel 30 verschiedener Ausstoß- oder Ausgaberichtungen 24 der Injektionsöffnung 20 errechnet werden. Eine korrekte Drehstellung kann auch über die Erfassung des Drehwinkels oder einer Drehzahl ausgehend von einer Ausgangsdrehstellung ermittelt und erfasst werden.

**[0040]** Vorzugsweise werden für eine 360°-Drehung der Injektionsöffnung 20 mehrere verschiedene Ausgaberichtungen 24 nacheinander mit den kryoskopischen Messmitteln 30 erfasst und die zugehörigen Ausbreitungstiefen 28 zu der Auswerteeinheit weitergeleitet. Da-

durch können die Abmessungen der gebildeten säulenförmigen Struktur 32 im Boden mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

**[0041]** In Fig. 2 ist eine mögliche Rohdatenkurve gezeigt, welche mit der Anordnung von Fig. 2 durch eine Schallmessung ermittelt wird. Dabei zeigt Fig. 2 über eine Zeitachse  $t$  die periodisch je Umdrehung gemessene Schallintensität  $I$ , welche ein Maß für die Ausbreitungstiefe des Injektionsmediums 22 und damit als ein Maß für die äußere Form der im Boden erstellten säulenförmigen Struktur 32 darstellt. Die säulenförmige Struktur 32 kann dabei insbesondere ein Gründungspfahl im Boden 3 sein.

**[0042]** Gemäß der Erfindung wird die unmittelbar wenig aussagekräftige Rohdatenkurve auf eine helixförmige Zeitachse  $t$  übertragen, welche schematisch in Fig. 3 dargestellt ist. Dabei ist die Längsachse  $s$  der Helixform ein Maß für den zurückgelegten Weg beziehungsweise die Tiefe des Tiefbauwerkzeuges 10 im Boden 3. Eine 360°-Wicklung der Helixform stellt dabei eine 360°-Drehung des Tiefbauwerkzeuges 10 im Betrieb dar, wobei der zugehörige Axialweg  $s$  mit einem Vorschub des Tiefbauwerkzeuges 10 pro Umdrehung korrespondiert.

**[0043]** Auf die so gebildete helixförmige Zeitachse  $t$  gemäß Fig. 3 kann die Rohdatenkurve gemäß Fig. 2 mit dem Schallwert als weiterem Bearbeitungsparameter übertragen werden. Hieraus kann dann durch eine einfache mathematische Interpolation gemäß Fig. 4 ein säulenförmiges Modell 50 erstellt und an einer Anzeigeeinrichtung vorzugsweise an dem Baugerät 100, angezeigt werden. Dabei können die Werte für die Schallintensität  $I$  in einer radialen Richtung zur Längsachse  $s$  aufgetragen werden, so dass sich eine im Wesentlichen zylindrische Säulenform ergibt. Aufgrund von Abweichungen in der Schallintensität lassen sich in dem säulenförmigen Modell 50 Abweichungen als Dellen 52 oder Beulen und damit als mögliche Fehlstellen bei dem erstellten Gründungspfahl unmittelbar erkennen.

## Patentansprüche

1. Tiefbauverfahren zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur (32) im Boden (3), bei dem ein Tiefbauwerkzeug (10) um eine Drehachse (14) drehend angetrieben und mit einem Vorschub in einen Boden (3) eingebracht wird, wobei die säulenförmige Struktur (32) im Boden (3) erstellt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** beim Erstellen der säulenförmigen Struktur (32) eine Drehbewegung und eine Vorschubbewegung des Tiefbauwerkzeugs (10) über die Zeit erfasst und zu einer Auswerteeinheit weitergeleitet werden,  
**dass** mittels einer Sensoreinrichtung (40) mindestens ein weiterer Bearbeitungsparameter beim Erstellen der säulenförmigen Struktur (32) in dem Boden (3) über die Zeit erfasst und zu der Auswerte-

einheit weitergeleitet wird und  
**dass** durch die Auswerteeinheit ein dreidimensionales Modell (50) der säulenförmigen Struktur (32) erstellt und angezeigt wird.

2. Tiefbauverfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** als säulenförmige Struktur (32) ein Gründungspfahl im Boden (3) erstellt wird.

3. Tiefbauverfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** als Tiefbauwerkzeug (10) ein Bohrwerkzeug mit Injektionsöffnung (20) oder eine Injektionslanze zum Injizieren einer aushärtbaren Suspension verwendet wird und  
**dass** eine aushärtbare Suspension durch das drehende Tiefbauwerkzeug (10) in den Boden (3) zum Erstellen der säulenförmigen Struktur (32) eingebracht wird.

4. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** als mindestens ein weiterer Betriebsparameter ein Injektionsdruck, ein Pumpendruck, ein Injektionsvolumen, eine Temperatur, eine Werkzeugauslenkung und/oder ein Schallmesswert erfasst wird.

5. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** durch die Auswerteeinheit abhängig von der über die Zeit erfassten Drehbewegung und Vorschubbewegung eine helixförmige Zeitachse gebildet wird und dass der mindestens eine über die Zeit erfasste Bearbeitungsparameter zum Bilden des dreidimensionalen Modells (50) der helixförmigen Zeitachse zugeordnet wird.

6. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die Drehbewegung unmittelbar an einem Drehantrieb oder durch ein Drehzahlmesselement an dem Tiefbauwerkzeug (10) erfasst wird.

7. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** die Vorschubbewegung unmittelbar an einem Vorschubantrieb oder durch ein Wegmesselement an dem Tiefbauwerkzeug (10) erfasst wird.

8. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** durch die Auswerteeinheit nach Zuordnung des mindestens einen Bearbeitungsparameters zu der helixförmigen Zeitachse das dreidimensionale Modell (50) der säulenförmigen Struktur (32) durch Interpolation gebildet wird.

9. Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** in der Auswerteeinheit ein dreidimensionales Soll-Modell für die zu erstellende säulenförmige Struktur (32) im Boden (3) abgespeichert ist,  
**dass** durch die Auswerteeinheit das ermittelte dreidimensionale Modell (50) für die säulenförmige Struktur (32) als ein Ist-Modell mit dem Soll-Modell verglichen wird und  
**dass** an einer Anzeigeeinrichtung Abweichungen zwischen dem Soll-Modell und dem Ist-Modell angezeigt werden.

10. Baugerät zum Erstellen einer säulenförmigen Struktur (32) im Boden (3), insbesondere mit einem Tiefbauverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit

- einem Tiefbauwerkzeug (10), welches drehend um eine Drehachse (14) mittels eines Drehantriebes drehend antreibbar ist und mittels eines Vorschubantriebes in einer Vorschubrichtung in den Boden (3) verfahrbar ist,
- mindestens einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Drehbewegung des Tiefbauwerkzeuges (10) und einer Vorschubbewegung über die Zeit und
- mindestens einer Sensoreinrichtung (40) zum Erfassen mindestens eines weiteren Bearbeitungsparameters,

**dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** eine Auswerteeinheit vorgesehen ist, welche mit der mindestens einen Erfassungseinrichtung und der Sensoreinrichtung (40) verbunden ist, wobei die Auswerteeinheit ausgebildet ist, basierend auf den erfassten Daten ein dreidimensionales Modell der säulenförmigen Struktur (32) zu erstellen, und
- **dass** eine Anzeigeeinrichtung vorgesehen ist, mit der das erstellte dreidimensionale Modell (50) der säulenförmigen Struktur (32) anzeigbar ist.

11. Baugerät nach Anspruch 10,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** das Tiefbauwerkzeug (10) ein Bohrwerkzeug mit Injektionsöffnung (22) oder einer Injektionslanze zum Injizieren einer aushärtbaren Suspension ist.

12. Bohrgerät nach Anspruch 10 oder 11,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
**dass** ein Drehzahlmesselement vorgesehen ist, mit dem eine Drehbewegung des Tiefbauwerkzeugs (10) über die Zeit erfassbar ist, und/oder dass ein Wegmesselement vorgesehen ist, mit dem ein Verfahrtsweg des Tiefbauwerkzeugs (10) über die Zeit erfassbar ist.

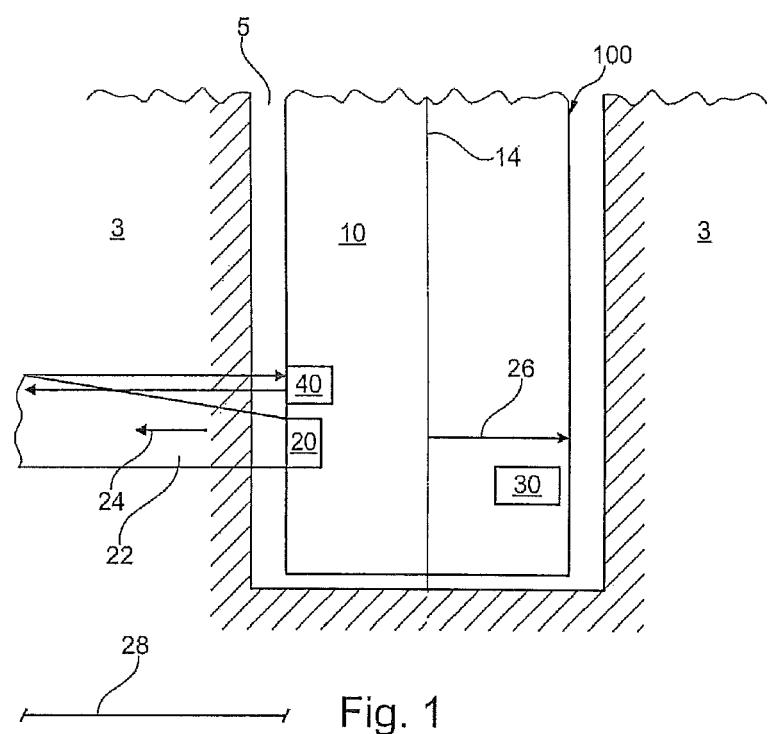


Fig. 2

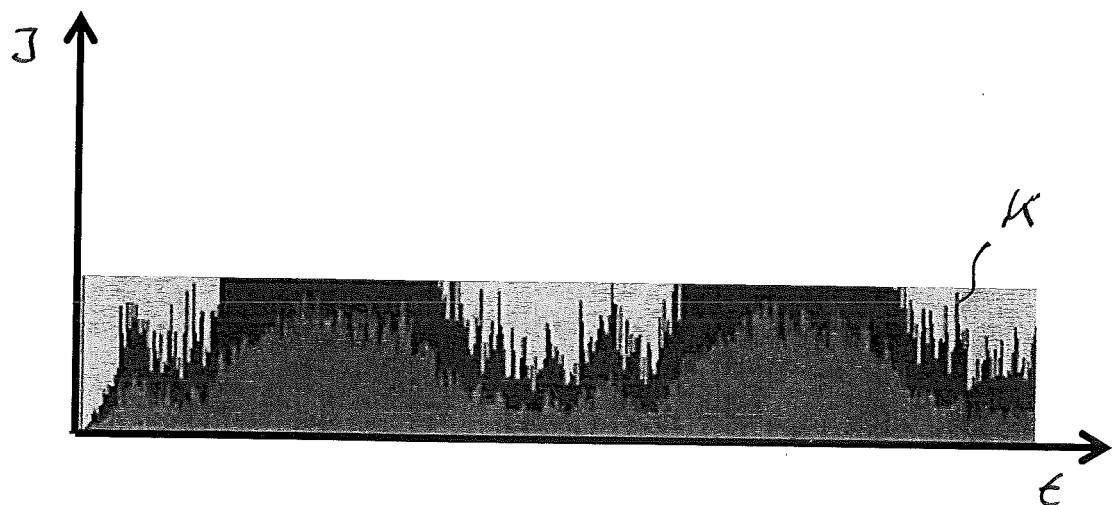
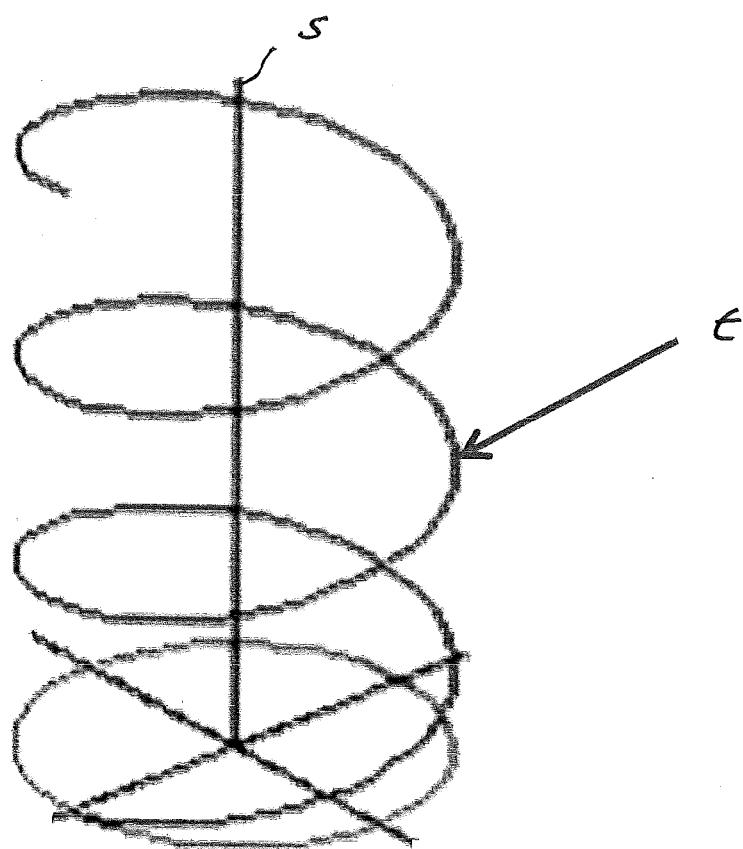


Fig. 3



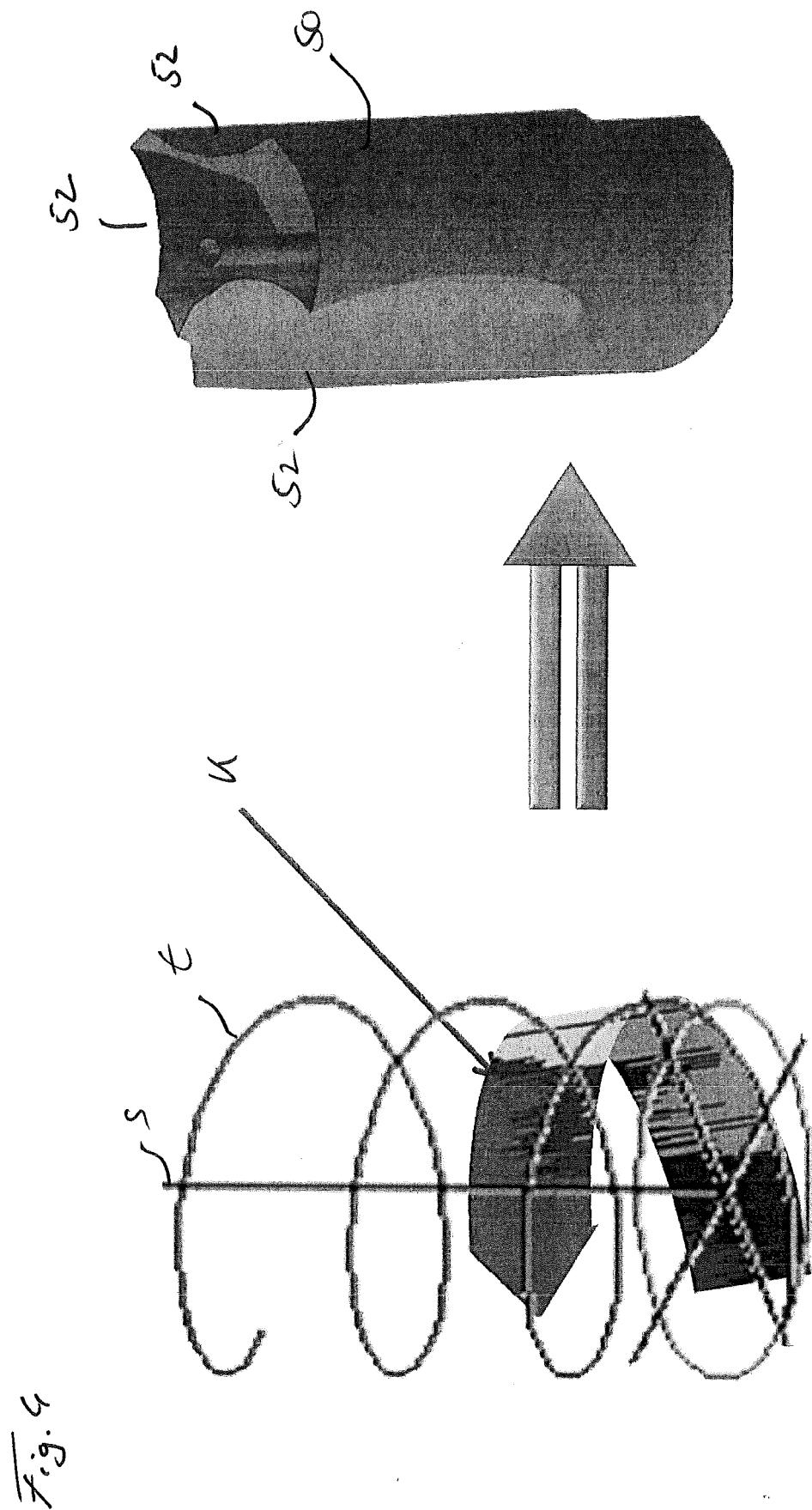


Fig. 4



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 17 3174

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE										
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)						
10	A	GB 2 328 700 A (KVAERNER CEMENTATION FOUND LTD [GB]) 3. März 1999 (1999-03-03) * Seite 7, Zeile 26 - Seite 8, Zeile 5; Abbildungen 11,5-9 * * Seite 6, Zeile 27 - Seite 7, Zeile 14 * -----	1-12	INV. E02D5/18 E02D5/34 E02D5/46 E02D7/22 E02D13/06						
15	A	JP H08 27463 A (SERUTETSUKU PLAN KK) 30. Januar 1996 (1996-01-30) * Absatz [0003] - Absatz [0013]; Abbildung 1 *	1-12							
20	A	JP H11 209978 A (OHBAYASHI CORP) 3. August 1999 (1999-08-03) * Absatz [0006] - Absatz [0019]; Abbildungen 1-2 *	1-12							
25	A,D	DE 195 21 639 A1 (BILFINGER BERGER BAU [DE]) 2. Mai 1996 (1996-05-02) * Spalte 2, Zeile 22 - Spalte 6, Zeile 40 * -----	1-12							
30				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)						
35				E02D						
40										
45										
50	2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt								
55		<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort</td> <td>Abschlußdatum der Recherche</td> <td>Prüfer</td> </tr> <tr> <td>München</td> <td>11. Juli 2018</td> <td>Geiger, Harald</td> </tr> </table>	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	München	11. Juli 2018	Geiger, Harald		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer								
München	11. Juli 2018	Geiger, Harald								
		<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>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</p>	<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>							

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

EP 18 17 3174

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.

11-07-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	GB 2328700 A	03-03-1999	AT AU BR CA CN DE DE EP ES GB GB JP US WO	189725 T 714365 B2 9609974 A 2228518 A1 1192793 A 69606647 D1 69606647 T2 0842329 A1 2145473 T3 2303868 A 2328700 A H11509900 A 6116819 A 9705334 A1	15-02-2000 23-12-1999 27-07-1999 13-02-1997 09-09-1998 16-03-2000 31-08-2000 20-05-1998 01-07-2000 05-03-1997 03-03-1999 31-08-1999 12-09-2000 13-02-1997
20	JP H0827463 A	30-01-1996	JP JP	2704839 B2 H0827463 A	26-01-1998 30-01-1996
25	JP H11209978 A	03-08-1999		KEINE	
30	DE 19521639 A1	02-05-1996		KEINE	
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2806070 B1 [0003]
- DE 19521639 A1 [0010]
- DE 19622282 C1 [0011] [0023]
- DE 19834731 C1 [0012]
- EP 2896070 B1 [0023]