

(19)



(11)

**EP 2 912 231 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**13.11.2019 Patentblatt 2019/46**

(51) Int Cl.:

**E02D 27/42<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **13759668.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/EP2013/002660**

(22) Anmeldetag: **04.09.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 2014/063765 (01.05.2014 Gazette 2014/18)**

(54) **GRÜNDUNG FÜR EINE WINDTURBINE**

FOUNDATION FOR A WIND MOTOR

FONDATION D'UNE ÉOLIENNE

(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**

(30) Priorität: **24.10.2012 DE 102012020871**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**02.09.2015 Patentblatt 2015/36**

(73) Patentinhaber: **Senvion GmbH**

**22297 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder: **SEIDEL, Marc**

**49082 Osnabrück (DE)**

(74) Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll**

**Partnerschaft mbB von**

**Patent- und Rechtsanwälten**

**Postfach 13 03 91**

**20103 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 2 669 437**

**WO-A1-2011/010937**

**WO-A1-2011/147476**

**EP 2 912 231 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 vorliegende Erfindung betrifft eine Verbundstruktur für eine Pfahlgründung zur Verankerung eines Turmbauwerks gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Verbundstruktur für eine Windenergieanlage, speziell für eine Offshore-Windenergieanlage. Weitere Aspekte der Erfindung betreffen eine Gründung für einen Turm und ein Jacket z.B. für eine Windenergieanlage, und eine Windenergieanlage. Insbesondere geht es um Anwendungen im Offshore-Bereich.

**[0002]** Wie beispielsweise aus WO 2011/147476 A1 bekannt, ist es üblich, ein Turmbauwerk über eine Gründung im Boden zu verankern und die auf das Turmbauwerk einwirkenden Lasten in den Untergrund abzuleiten. Bei Windenergieanlagen und hier insbesondere bei Offshore-Windenergieanlagen sind Pfahlgründungen bekannt, um die Windenergieagentürme im Meeresboden zu verankern und um die statischen und dynamischen Lasten in den Meeresboden abzuleiten. Vorzugsweise werden die Anschlüsse solcher Pfahlgründungen an die aufgehende Struktur in einer Verbundstruktur hergestellt. Das bedeutet, dass eine Verbindung aus Stahl und Mörtel (z. B. hochfester Beton) eingesetzt wird, über die die an dem Turmbauwerk auftretenden Kräfte, z. B. Längsschubkräfte, in den Boden übertragen werden.

**[0003]** Eine bekannte Pfahlgründung besteht z.B. aus einem hohlen Pfahl, der in den Boden eingebracht ist, z.B. durch rammen. In dem Hohlpfahl wird ein Jacketbein oder ein Tripod-Bein oder auch das (einzige) Bein eines Monopiles angeordnet, wobei dieses Bein mit dem Turmbauwerk gekoppelt ist. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird im folgenden immer von einem Eckstiel gesprochen, um alle genannten Beine mit einem einheitlichen Begriff zu versehen, auch wenn nach herkömmlichem Verständnis ein Eckstiel Teil einer Gitterstruktur ist. In der vorliegenden Anmeldung ist die Bezeichnung Eckstiel in einer erweiterten Bedeutung zu verstehen.

**[0004]** Im Offshore-Bereich sind neben Monopiles vor allem Gitterstrukturen (Jackets) sehr verbreitet, die zu einem großen Teil unterhalb des Meeresspiegels angeordnet sind. Auf der Gitterstruktur ist z. B. der Rohrturm einer Windenergieanlage angeordnet.

**[0005]** Bekannte Pfahlgründungen umfassen eine Verbundstruktur in einem Verbundbereich zwischen Pfahl und Eckstiel. Der Verbundbereich ist in Längsrichtung des Pfahles derjenige Bereich, den der Eckstiel in vertikaler Richtung in den Pfahl hineinragt. Man spricht auch von der sogenannten Übergreiflänge. In horizontaler Richtung wird der Verbundbereich aus dem Pfahl, dem Eckstiel und dem sich zwischen dem Pfahl und dem Eckstiel entstehenden Raum gebildet. Dieser Raum wird zur Herstellung einer festen Verbindung mit Mörtel gefüllt, um auf diese Weise eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Pfahl und dem Eckstiel herzustellen. In der Regel erstreckt sich der Pfahl noch bis weiter unterhalb des Verbundbereichs bis tief in den Boden hinein und ist

auch dort mit Mörtel gefüllt. Das Befüllen mit Mörtel wird als Grouten bezeichnet.

**[0006]** Es ist weiterhin bekannt, die Stabilität der Verbundstruktur dadurch zu erhöhen, dass im Verbundbereich am Eckstiel oder an der Pfahlinnenoberfläche oder an beiden Verbundmittel angebracht sind, nämlich sogenannte Schubrippen. Dies ist z.B. aus der WO 2011/010937 A1 oder dem Artikel "Statische und dynamische Axialdruckversuche an vergROUTETEN Rohr-in-Rohr-Verbindungen mit verschiedenen Füllmaterialien", Bautechnik 86 (2009), Heft 11, Seiten 719 ff., Autoren: Peter Schaumann et al., bekannt. Diese Schubrippen sind in der Regel als Ringe ausgebildet, die in einer horizontalen Ebene am Eckstielumfang und/oder am inneren Pfahlumfang im Wesentlichen quer zur Längsachse der Pfahlverbindung ausgerichtet sind. Über diese Schubrippen erfolgt eine verbesserte und höher belastbare Übertragung der an dem Eckstiel auftretenden Schubkräfte in den Mörtel bzw. bei Anordnung der Schubrippen am inneren Pfahlumfang aus dem Mörtel über die Schubrippen auf den Pfahl.

**[0007]** Diese bekannten Pfahlgründungen mit Schubrippen weisen den Nachteil auf, dass für die Verbundverbindung ein hochfester Mörtel verwendet werden muss, um den auftretenden Belastungen Stand halten zu können. Dies ist z.B. beschrieben in der Dissertation "Betontechnologische Einflüsse auf das Tragverhalten von Grouted Joints", Steffen Anders, Hannover 2007, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, ISBN 978-3-936634-05-1. Weiterhin muss bei dieser bekannten Pfahlgründung die Übergreiflänge sehr groß gewählt werden. Schließlich wird als nachteilig angesehen, dass für das "pre-piling" große Spaltmaße vorzusehen sind, sodass eine relativ große Materialmenge des teuren hochfesten Mörtels einzusetzen ist. Diese Maßnahmen sind insgesamt erforderlich, um eine ausreichende Schubkraftübertragung zuverlässig gewährleisten zu können, sind aber aufgrund der dafür erforderlichen großen Menge an hochfestem Mörtel entsprechend teuer. Es fehlt bisher auch noch an verbindlichen Bestimmungen zur Bemessung des Verbundbereiches, so dass zur Vermeidung von Zulassungsproblemen eher eine Überdimensionierung bei entsprechend erhöhten Kosten erfolgt.

**[0008]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verbundstruktur für eine Pfahlgründung bereitzustellen, die die beschriebenen Nachteile behebt, die also insbesondere bei gleichbleibend guter oder sogar besserer Lastübertragung in der Herstellung kostengünstiger als der bekannte Stand der Technik ist.

**[0009]** Gelöst wird die Aufgabe mit einer Verbundstruktur mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0010]** Die erfindungsgemäße Verbundstruktur für eine Pfahlgründung umfasst einen hohlen Pfahl, der in den Boden eingebracht ist, einen mit dem Turmbauwerk verbundenen Eckstiel, der mit seinem verbundseitigen Ende in dem Pfahl angeordnet ist, sowie einen Verbundbe-

reich. In dem Verbundbereich weisen Pfahl und/oder Eckstiel Verbundmittel zur Übertragung von Schubkräften auf. Anders als die bisher bekannten Schubrippen weisen diese Verbundmittel eine Ausnehmung auf, die von der in den Verbundbereich einzufüllenden Verbundmasse ausfüllbar ist, und die die Verbundmasse um einen Winkelbereich von mehr als 90° umschließt.

**[0011]** Erfindungsgemäße diskontinuierliche Verbundmittel zur Übertragung von Schubkräften sind z.B. in Figur 3 exemplarisch gezeigt. Es kann sich dabei einerseits um Dübel handeln, die per se die erfindungsgemäß verlangte Ausnehmung aufweisen, oder andererseits auch um solche Dübel, die erst bei Ausstattung mit Ankerschlaufen oder mit Hakenankern zu erfindungsgemäßen Verbundmitteln werden. Gegenüber den diskontinuierlichen Verbundmitteln sind allerdings kontinuierliche Verbundmittel bevorzugt, zu den die Figur 4 einige Ausführungsbeispiele zeigt. Diese bevorzugten Verbundmittel lassen sich auch als Verbundleisten bezeichnen. Für beide Verbundmittelklassen - kontinuierlich/diskontinuierlich - ist im Sinne einer zuverlässigen und einfach herzustellenden Befestigung von Vorteil, wenn die Befestigung mittels Schweißverbindung erfolgt.

**[0012]** Bei der vorliegenden Erfindung ist erkannt worden, dass eine verbesserte Pfahlgründung hergestellt werden kann, wenn die Verbundmittel eine mit Mörtel ausfüllbare Ausnehmung aufweisen, die den ausgehärteten Mörtel um wenigstens 90° einschließen. Zwischen Pfahl bzw. Eckstiele und dem Verbundmittel ist also wenigstens ein rechter Winkel ausgebildet. Die Ausnehmung kann aber auch beabstandet vom Eckstiel oder vom Pfahl im Profil des Verbundmittels ausgebildet sein, wie dies einige Beispiele in Fig. 4 zeigen. Die Schubübertragung ist dadurch derart verbessert, dass die Übergreiflänge zwischen Eckstiel und Pfahl erheblich kürzer ausgebildet werden kann, wodurch auch der Verbundbereich kürzer wird und entsprechend weniger hochfester Mörtel benötigt wird. Es ist dadurch auch möglich, einen weniger festen Mörtel als bisher zu verwenden. Beides hat zur Folge, dass die erfindungsgemäße Pfahlgründung deutlich kostengünstiger hergestellt werden kann als die aus dem Stand der Technik bekannte Pfahlgründung.

**[0013]** Es ist primär daran gedacht, dass an den Eckstielen Verbundleisten angebracht sind. Auf der Pfahlseite können weiterhin die bekannten Schubrippen eingesetzt werden, unter anderem weil dort die zur Verfügung stehende Fläche größer als beim Eckstiel ist. Natürlich können die Verbundleisten aber auch auf der Pfahlseite vorgesehen werden.

**[0014]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können zusätzlich Bewehrungselemente vorgesehen sein, die in der Ausnehmung angeordnet sind. Solche Bewehrungselemente können z.B. Stahldrähte etc. sein, die in den Mörtel ragen, um auf diese Weise die Kraftübertragung zwischen Eckstiel und Pfahl weiter zu verbessern.

**[0015]** Die erfindungsgemäßen Verbundleisten erstre-

cken sich gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung in Richtung der Längsachse des Eckstiels bzw. des Pfahls. Gegenüber einer horizontal umlaufenden oder diagonal oder spiralförmig umlaufenden Erstreckung wird dies als besser herstellbar eingestuft bei hoher Schubstabilität.

**[0016]** Bevorzugt weisen die Ausnehmungen in den Verbundleisten die Form einer Klothoide oder eines Puzzleteils auf. Solche Leisten sind als Klothoidenleisten oder Puzzleleisten bekannt. Es hat sich herausgestellt, dass diese Formen besonders gut den auftretenden Lasten standhalten und für die Übertragung von Schubkräften besonders geeignet sind.

**[0017]** Weiterhin wird vorgeschlagen, dass sich das leistenförmige Verbundmittel über einen wesentlichen Teil des Verbundbereichs erstreckt. Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass eine kontinuierliche Kraftübertragung über den wesentlichen Teil des Verbundbereiches erfolgt. Eine Erstreckung von über 25%, bevorzugt von über 50%, weiter bevorzugt von über 75 % wird als wünschenswert angesehen. Auf diese Weise wird vorteilhaft zur Reduzierung der Menge an Mörtel beigetragen, da die Übergreiflänge reduziert werden kann bei entsprechender langer Ausbildung der Verbundmittel.

**[0018]** Ebenso ist es gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft, mehrere kontinuierliche bzw. leistenförmige Verbundmittel umfangsbeabstandet am Eckstielumfang und/oder auf der Pfahlinnenfläche zu verteilen und auf diese Weise ebenfalls die kontinuierliche und richtungsunabhängige Abtragung der auftretenden Schubkräfte zu verbessern und den vorzusehenden Verbundbereich zu verkleinern. Die Verbundmittel werden vorzugsweise gleichmäßig über den Eckstielumfang und/oder auf der Pfahlinnenfläche verteilt angeordnet.

**[0019]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin auch eine Gründung für ein Turmbauwerk, insbesondere den Turm einer Windenergieanlage, insbesondere einer Offshore-Windenergieanlage, wobei die Gründung eine erfindungsgemäße Verbundstruktur aufweist. Weitere Aspekte der Erfindung betreffen ein Jacket, an dessen Eckstielen erfindungsgemäße Verbundmittel ausgebildet sind, sowie eine Windenergieanlage mit einem solchen Jacket.

**[0020]** Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden, die in den Figuren schematisiert dargestellt sind. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Pfahlgründung mit diskontinuierlichen Verbundmitteln;

Fig. 2 eine Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Pfahlgründung mit kontinuierlichen Verbundmitteln;

Fig. 3 einige Beispiele für diskontinuierliche Verbund-

mittel; und

Fig. 4 einige Beispiele für kontinuierliche Verbundmittel.

**[0021]** In der Fig. 1 ist eine Pfahlgründung 1 für eine Offshore-Windenergieanlage dargestellt.

**[0022]** Die Pfahlgründung 1 umfasst einen Hohlpfahl 2. In dem Hohlpfahl 2 ist ein verbundseitiges Ende eines Eckstiels 3 angeordnet, wobei die Eindringtiefe des Eckstiels 3 durch einen sogenannten Pile Stopper 12 begrenzt wird.

**[0023]** Der Hohlpfahl 2 ist über seine gesamte dargestellte Länge, insbesondere auch der als Verbundbereich VB bezeichnete Überlappbereich zwischen dem Pfahl 2 und dem Eckstiel 3, mit Mörtel 4 gefüllt. Der Verbundbereich VB erstreckt sich von der Oberkante des Pfahles 2, auf dem der Pile Stopper 12 aufliegt, über die gesamte Übergreiflänge des Eckstiels 3 bis zur unteren Spitze des Eckstiels 3. Der in den Hohlpfahl 2 eingeführte Bereich des Eckstiels 3 wird auch als Grout Pin 15 bezeichnet. In diesem Verbundbereich VB sind diverse diskontinuierliche Verbundmittel 5, 6, 7, 8, 9, 10 an dem Eckstielumfang 13 angeordnet. So ist z. B. ein Kopfbolzendübel 5 an dem Eckstiel 3 befestigt. Weiterhin sind gezeigt: ein Hufeisendübel 6 sowie ein Winkelanker 7, ein Blockdübel 8 und ein T-Dübel 9, wobei der Winkelanker 7, der Blockdübel 8 und der T-Dübel 9 zusätzlich mit Ankerschlaufen oder Hakenankern 10 versehen sind. Zusätzlich zu diesen Verbunddübeln sind an der Hohlpfahlinnenfläche 14 noch ringförmig Schubrippen 11 angeordnet, über die eine Ableitung von Schubkräften in den Pfahl 2 erfolgt. Anders als in Figur 1 gezeigt, wird bei der praktischen Umsetzung der Erfindung in der Regel nur eine Art von Dübeln vorgesehen werden. Figur 1 und insbesondere auch Figur 3 sollen zeigen, dass es eine Vielzahl geeigneter Dübelarten gibt.

**[0024]** Verbunddübel werden schon seit längerem z. B. für den Stahl-Beton-Brückenbau verwendet. Eine Beschreibung entsprechender diskontinuierlicher und kontinuierlicher Dübel mit weiteren Verweisen sind z.B. in der Dissertation *"Zum Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern aus ultrahochfestem Beton mit Verbundleisten"*, Fakultät für Bauingenieurwesen der RWTH Aachen von Frau Sabine Heinemeyer beschrieben.

**[0025]** In der Fig. 2 ist eine alternative Pfahlgründung 20 für eine Offshore-Windenergieanlage dargestellt.

**[0026]** Auch die Pfahlgründung 20 besteht aus einem hohlen Pfahl 22, in den ein Eckstiel 23 hineinragt, wiederum begrenzt durch einen am oberen Pfahlrand zur Anlage kommenden Pile Stopper 32. Wie auch schon beim ersten Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist auch in diesem zweiten Ausführungsbeispiel der Hohlpfahl 22 über seine gesamte dargestellte Länge mit Mörtel 24 gefüllt, insbesondere also auch der Raum zwischen dem Pfahl 22 und dem Eckstiel 23. In dem Verbundbereich VB, der dem Überlappbereich zwischen Eckstiel 23 und Hohlpfahl 22 entspricht, erfolgt im wesentlichen die

Lastübertragung .

**[0027]** Bei dem in der Fig. 2 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel sind statt der diskontinuierlichen Verbundmittel aus Fig. 1 nun mehrere kontinuierliche Verbundmittel 25 an dem Eckstielumfang 33 angeordnet, z.B. vier um 90° umfangsversetzte Verbundleisten. Weiterhin sind als zusätzliches Verbundmittel Schubrippen 31 an der dem Eckstiel 23 zugewandten Hohlpfahlinnenfläche 34 angeordnet. Denkbar wäre aber auch, statt oder zusätzlich zu den Schubrippen 31 auf der Hohlpfahlinnenfläche 34 ein oder mehrere diskontinuierliche und/oder kontinuierliche Verbundmittel anzuordnen.

**[0028]** Die am Eckstiel 23 befestigten kontinuierlichen Verbundmittel 25 sind als Leiste ausgebildet, deren Längsachse parallel zur Längsachse des Eckstiels 23 verläuft. Eine Längsseite der Verbundleiste 25 ist am Eckstiel 23 angeschweißt, die der angeschweißten Seite gegenüberliegende freie Längsseite weist Ausnehmungen 26 zwischen Zähnen 27 auf.

**[0029]** In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Ausnehmungen 26 klothoidenförmig ausgebildet. Es sind aber auch alternative Ausnehmungsformen denkbar wie z. B. puzzelförmige, schwalbenschwanzförmige oder auch tropfenförmige Ausnehmungen. Weitere Beispiele für geeignete Verbundleisten sind in Figur 4 dargestellt.

**[0030]** Fig. 3 zeigt einige nichtabschließende Beispiele für diskontinuierliche Verbundmittel, nämlich von links oben nach rechts unten:

1. Zeile: Kopfbolzendübel;
2. Zeile: in perspektivischer Ansicht Blockdübel mit Ankerschlaufe, T-Dübel mit Hakenanker, C-Dübel mit Ankerschlaufe, Hufeisendübel mit Ankerschlaufe;
3. Zeile: Blockdübel mit Hakenanker in Draufsicht und Seitenansicht, Blockdübel mit Ankerschlaufe in Draufsicht und Seitenansicht, Winkelanker mit Hakenanker in perspektivischer Ansicht.

**[0031]** Fig. 4 zeigt einige nichtabschließende Beispiele für diskontinuierliche Verbundmittel, nämlich von links oben nach rechts unten:

1. Zeile: Perfobondleiste, Kombidübelleiste (Perfobondleiste mit weiteren Randausnehmungen);
2. Zeile: Sägezahnleiste, Puzzleleiste;
3. Zeile: jeweils auf einem Doppel-T-Träger angeschweißt eine Perfobondleiste, eine geschwungene Perfobondleiste, ein T-Verbinder, eine geschwungene Verbundleiste;
4. Zeile: die Abbildungen zeigen Beispielprofile von Ausnehmungen 26/Zähnen 27 verschiedener Verbundleisten 25.

#### Patentansprüche

1. Verbundstruktur (1, 20) für eine Pfahlgründung zur

- Verankerung eines Turmbauwerks im Boden, insbesondere einer Windenergieanlage, insbesondere einer Offshore-Windenergieanlage, mit einem hohlen Pfahl (2, 22), der am Aufstellungsort des Turmbauwerks in den Boden eingebracht ist, weiterhin mit einem mit dem Turmbauwerk verbundenen oder verbindbaren Eckstiel (3, 23), der verbundseitig innerhalb des Pfahls (2, 22) angeordnet ist, sowie mit einem Verbundbereich (VB), in dem durch Einfüllen und Aushärten einer Verbundmasse der Pfahl und der Eckstiel fest miteinander verbunden sind, wobei in dem Verbundbereich (VB) am Pfahl (2, 22) und oder am Eckstiel (3, 23) mindestens ein Verbundmittel (5, 6, 7, 8, 9, 25) zur Übertragung von Schubkräften fest angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbundmittel mindestens eine mit der Verbundmasse (4) ausfüllbare Ausnehmung (26) aufweist oder zusammen mit dem Eckstiel (3, 23) oder Pfahl (2, 22) diese Ausnehmung (26) bildet, wobei die Ausnehmung (26) die ausfüllende Verbundmasse (4) um einen Winkelbereich von mehr als 90° umschließt.
2. Verbundstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbundmittel (5, 6, 7, 8, 9, 25) eine radiale Erstreckung aufweist, die größer ist als die Wanddicke des das Verbundmittel tragenden Eckstiels (3, 23) oder Pfahls (2, 22).
  3. Verbundstruktur (1, 20) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbundmittel (5, 6, 7, 8, 9, 25) an der dem Pfahl zugewandten Eckstielumfangsfläche (13) und/oder an der dem Eckstiel zugewandten Pfahlinnenfläche (14) angeschweißt ist.
  4. Verbundstruktur (1, 20) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbundmittel als kontinuierliches Verbundmittel (25) ausgebildet ist, nämlich als Verbundleiste.
  5. Verbundstruktur (1, 20) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Verbundleiste (25) im wesentlichen in Richtung der Längsachse des Pfahls (23) bzw. des Eckstiels (22) erstreckt.
  6. Verbundstruktur (1, 20) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbundleiste eine Klothoidenleiste mit Ausnehmungen (26) in Form einer Klothoide und/oder eine Puzzleleiste mit Ausnehmungen in Puzzleteiform ist.
  7. Verbundstruktur (1, 20) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Verbundleiste (25) über einen wesentlichen Teil des Verbundbereichs (VB) erstreckt.
  8. Verbundstruktur (1, 20) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Verbundleisten umfangsbeabstandet am Eckstielumfang (33) und/oder auf der Pfahlinnenfläche (34) angeordnet sind.
  9. Verbundstruktur (1, 20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Ausnehmung Bewehrungsmittel (10) angeordnet sind.
  10. Gründung für ein Turmbauwerk mit einer Verbundstruktur (1, 20) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.
  11. Jacket für eine Windenergieanlage, mit mindestens einem Eckstiel, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Eckstiel zumindest eine Verbundstruktur nach einem der Ansprüche 1-9 ausgebildet ist.
  12. Windenergieanlage mit einem Jacket nach Anspruch 11 und/oder mit einer Gründung nach Anspruch 10.
- ## 25 Claims
1. Composite structure (1, 20) for a pile foundation for anchoring a tower construction in the ground, in particular a wind turbine, in particular an offshore wind turbine, having a hollow pile (2, 22) which is introduced into the ground at the erection location of the tower construction, further having a corner post (3, 23) that is or can be connected to the tower construction and is arranged inside the pile (2, 22) on the composite side, and having a bonding region (VB) in which the pile and the corner post are firmly connected to each other by filling and hardening a bonding compound, where at least one bonding means (5, 6, 7, 8, 9, 25) for transmitting thrust forces is firmly arranged in the bonding region (VB) on the pile (2, 22) and/or on the corner post (3, 23), **characterized in that** the bonding means has at least one recess (26) that can be filled with the bonding compound (4) or forms this recess (26) together with the corner post (3, 23) or pile (2, 22), wherein the recess (26) encloses the bonding compound (4) to be filled in over an angular range of more than 90°.
  2. Composite structure according to Claim 1, **characterized in that** the bonding means (5, 6, 7, 8, 9, 25) has a radial extent which is greater than the wall thickness of the corner post (3, 23) or pile (2, 22) carrying the bonding means.
  3. Composite structure (1, 20) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the bonding means (5, 6, 7, 8, 9, 25) is welded onto the corner post circumferential surface (13) facing the pile and/or onto the pile

inner surface (14) facing the corner post.

4. Composite structure (1, 20) according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the bonding means is formed as a continuous bonding means (25), specifically as a bonding strip. 5
5. Composite structure (1, 20) according to Claim 4, **characterized in that** the bonding strip (25) extends substantially in the direction of the longitudinal axis of the pile (23) and the corner post (22). 10
6. Composite structure (1, 20) according to Claim 5, **characterized in that** the bonding strip is a clothoid strip having recesses (26) in the form of a clothoid and/or a puzzle strip having recesses in the shape of puzzle pieces. 15
7. Composite structure (1, 20) according to one of Claims 4 to 6, **characterized in that** the bonding strip (25) extends over a substantial part of the bonding region (VB). 20
8. Composite structure (1, 20) according to one of Claims 4 to 7, **characterized in that** multiple bonding strips are spaced apart circumferentially on the corner post circumference (33) and/or on the pile inner surface (34). 25
9. Composite structure (1, 20) according to one of the preceding claims, **characterized in that** reinforcing means (10) are arranged in the recess. 30
10. Foundation for a tower construction having a composite structure (1, 20) according to one of the preceding claims. 35
11. Jacket for a wind turbine, having at least one corner post, **characterized in that** at least one composite structure according to one of Claims 1-9 is formed on the corner post. 40
12. Wind turbine having a jacket according to Claim 11 and/or having a foundation according to Claim 10. 45

#### Revendications

1. Structure de connexion (1, 20) pour une fondation sur pieux destinée à l'ancrage d'un ouvrage en tour dans le sol, notamment d'un aérogénérateur, notamment d'un aérogénérateur en pleine mer, comprenant un pieu creux (2, 22) qui est introduit dans le sol au lieu d'installation de l'ouvrage en tour, comprenant en outre un montant d'angle (3, 23) relié ou pouvant être relié à l'ouvrage en tour, lequel est disposé à l'intérieur du pieu (2, 22) du côté de la connexion, et comprenant aussi une zone de connexion 50

(VB) dans laquelle le pieu et le montant d'angle sont reliés à demeure l'un à l'autre par remplissage et durcissement d'une masse liante, au moins un moyen de connexion (5, 6, 7, 8, 9, 25) destiné à la transmission des efforts de cisaillement étant disposé dans la zone de connexion (VB) au niveau du pieu (2, 22) ou au niveau du montant d'angle (3, 23), **caractérisée en ce que** le moyen de connexion possède au moins une cavité qui peut être remplie avec la masse liante (4) ou forme cette cavité (26) conjointement avec le montant d'angle (3, 23) ou le pieu (2, 22), la cavité (26) enveloppant la masse liante (4) de remplissage sur une plage angulaire de plus de 90°.

2. Structure de connexion selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le moyen de connexion (5, 6, 7, 8, 9, 25) possède une extension radiale qui est plus grande que l'épaisseur de paroi du montant d'angle (3, 23) ou du pieu (2, 22) qui supporte le moyen de connexion.
3. Structure de connexion (1, 20) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le moyen de connexion (5, 6, 7, 8, 9, 25) est soudé à la surface périphérique de montant d'angle (13) faisant face au pieu et/ou à la surface intérieure de pieu (14) faisant face au montant d'angle.
4. Structure de connexion (1, 20) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le moyen de connexion est réalisé sous la forme d'un moyen de connexion continu (25), à savoir sous la forme d'une barre de connexion.
5. Structure de connexion (1, 20) selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la barre de connexion (25) s'étend sensiblement dans la direction de l'axe longitudinal du pieu (23) ou du montant d'angle (22).
6. Structure de connexion (1, 20) selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** la barre de connexion est une barre clothoïdale munie de cavités (26) sous la forme d'une clothoïde et/ou une barre en puzzle munie de cavités sous la forme de pièces de puzzle.
7. Structure de connexion (1, 20) selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisée en ce que** la barre de connexion (25) s'étend sur une partie essentielle de la zone de connexion (VB).
8. Structure de connexion (1, 20) selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisée en ce que** plusieurs barres de connexion sont disposées espacées dans le sens périphérique sur le pourtour du montant d'angle (33) et/ou sur la surface intérieure du pieu (34).
9. Structure de connexion (1, 20) selon l'une des re-

ventions précédentes, **caractérisée en ce que** des moyens d'armature (10) sont disposés dans la cavité.

10. Fondation pour un ouvrage de tour comprenant une structure de connexion (1, 20) selon l'une des revendications précédentes. 5
11. Fondation en treillis tubulaire pour un aérogénérateur, comprenant au moins un montant d'angle, **caractérisée en ce qu'**au moins une structure de connexion selon l'une des revendications 1 à 9 est formée au niveau du montant d'angle. 10
12. Aérogénérateur comprenant une fondation en treillis tubulaire selon la revendication 11 et/ou comprenant une fondation selon la revendication 10. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

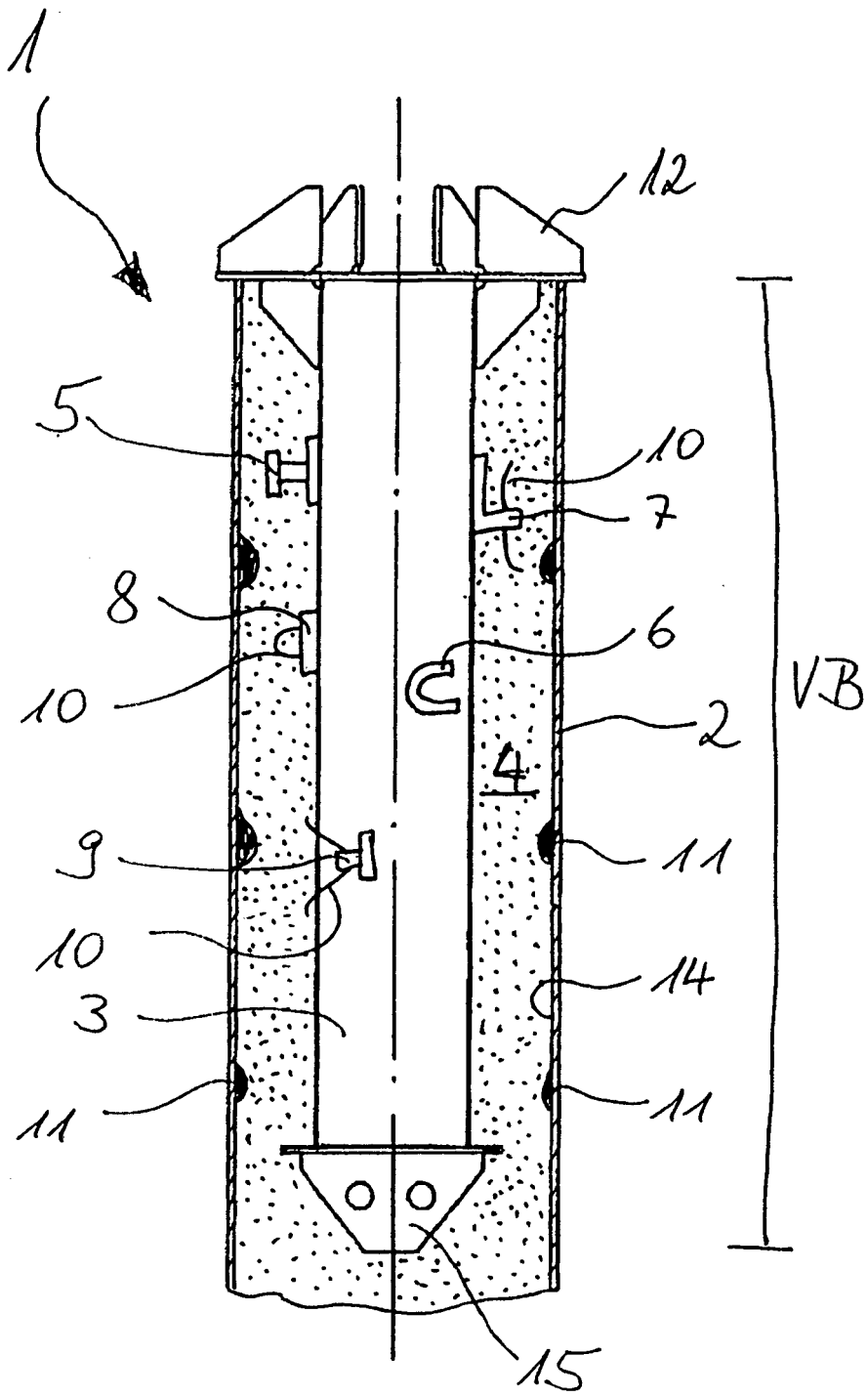


Fig. 1

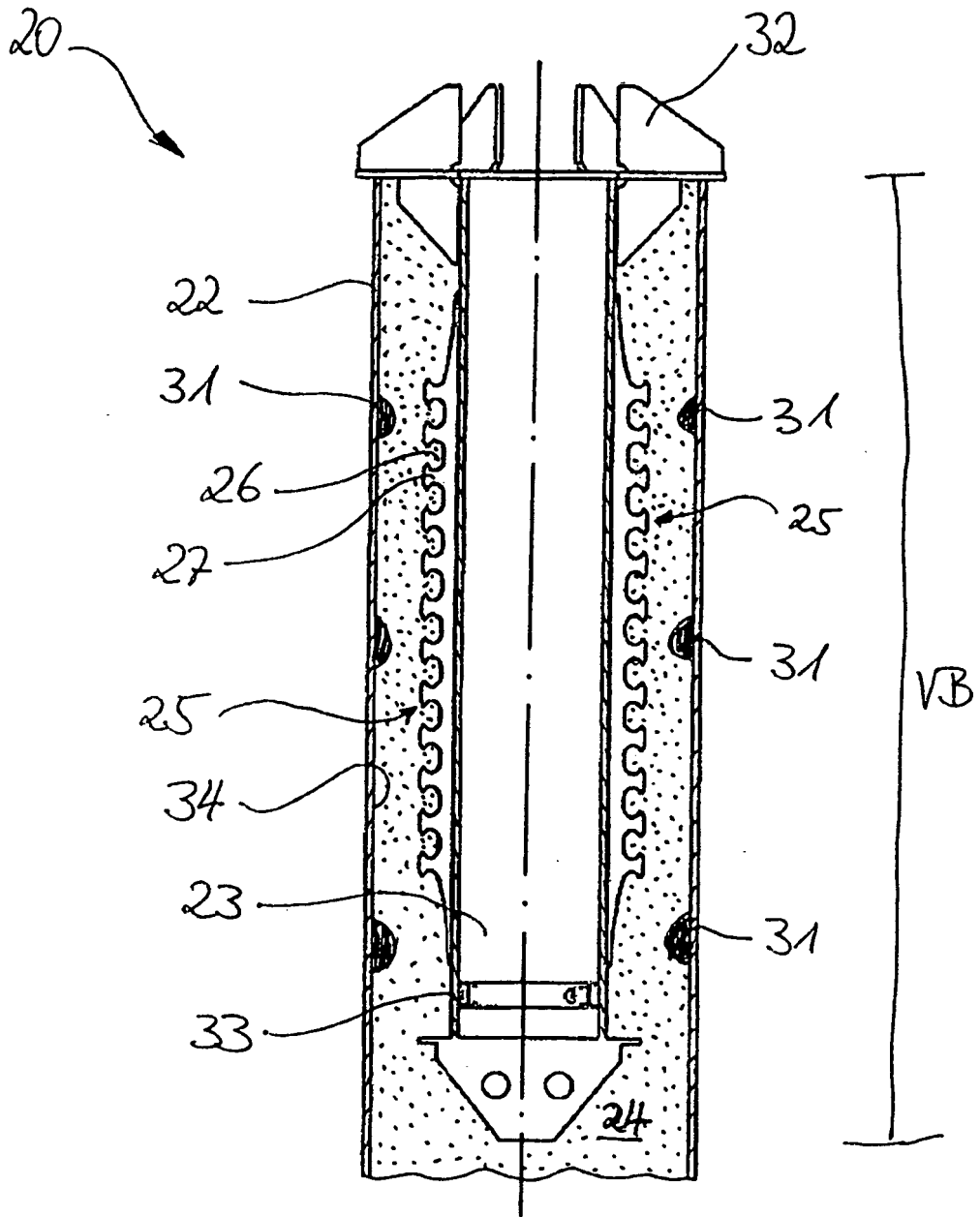
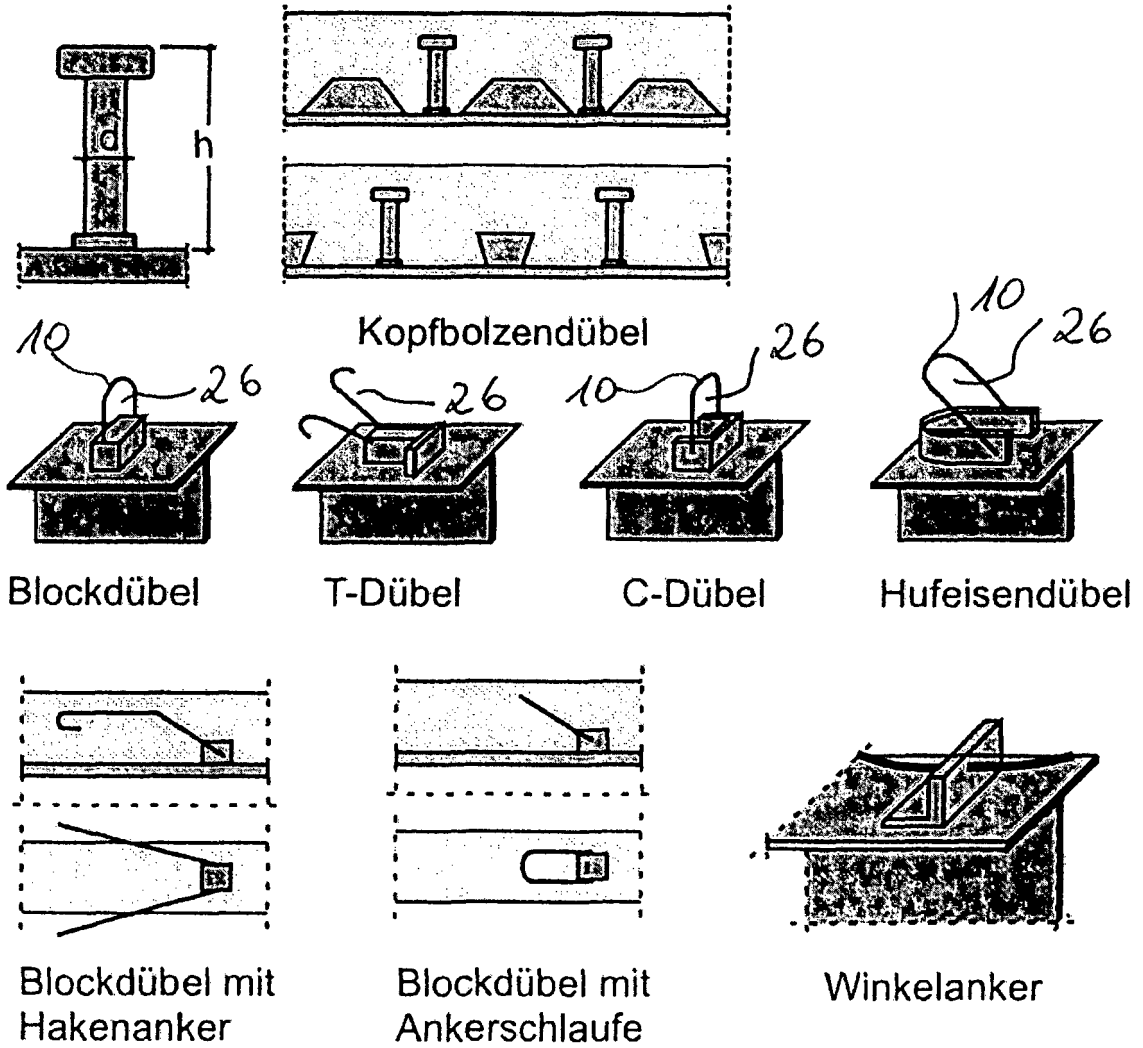
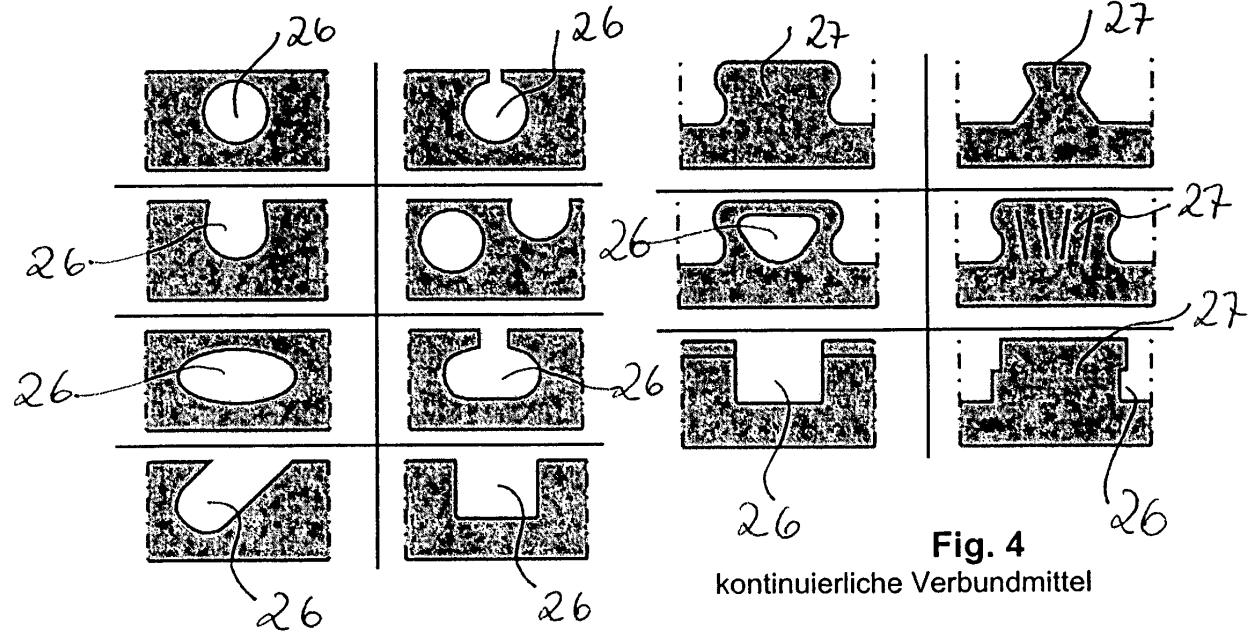
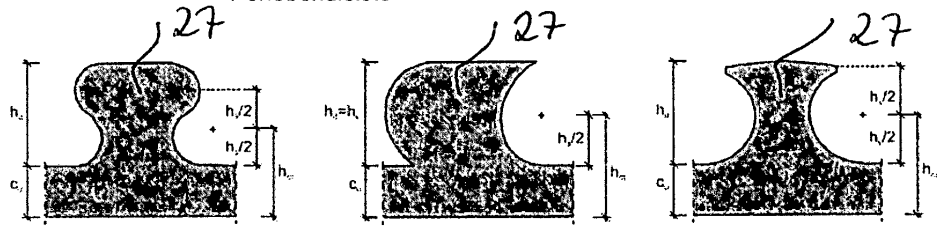
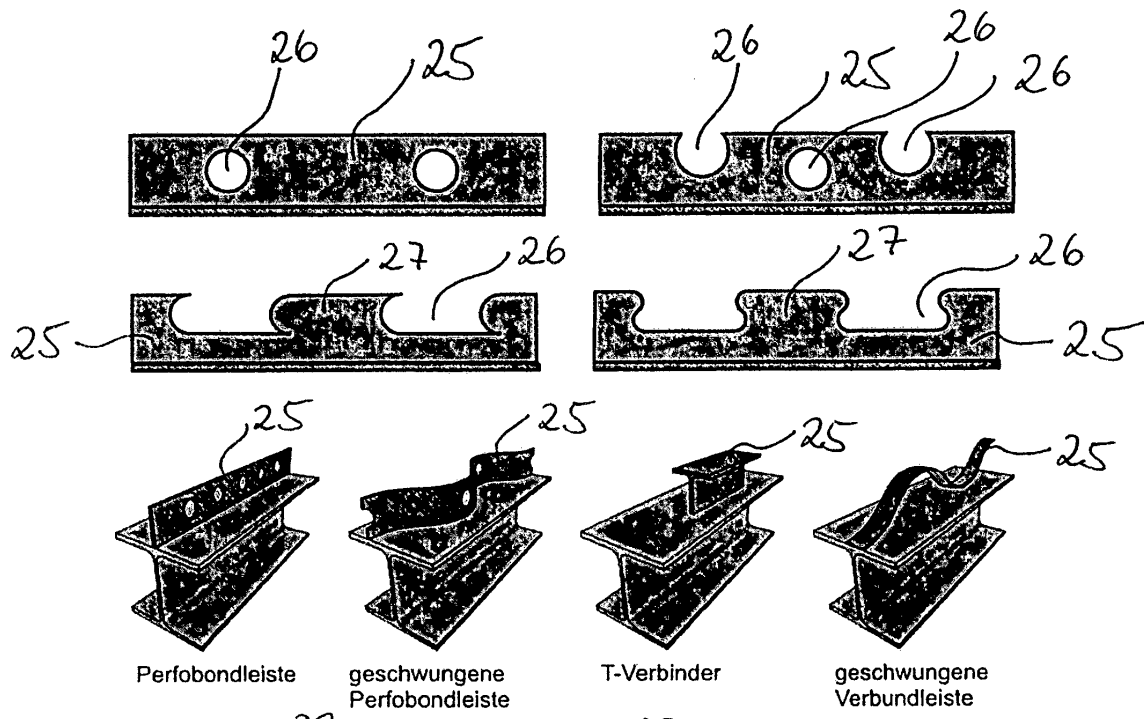


Fig. 2



**Fig. 3**  
Diskontinuierliche Verbundmittel:



**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**

- WO 2011147476 A1 [0002]
- WO 2011010937 A1 [0006]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **PETER SCHAUMANN.** Statische und dynamische Axialdruckversuche an vergROUTeten Rohr-in-Rohr-Verbindungen mit verschiedenen Füllmaterialien. *Bautechnik*, 2009, vol. 86 (11), 719 ff [0006]
- **STEFFEN ANDERS.** Betontechnologische Einflüsse auf das Tragverhalten von Grouted Joints. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2007 [0007]