



(11) **EP 2 955 276 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.08.2018 Patentblatt 2018/32

(51) Int Cl.:
E02B 17/00^(2006.01) E02B 17/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14171980.7**

(22) Anmeldetag: **11.06.2014**

(54) **Offshore-Fundament für Windenergieanlagen mit mehrschichtiger Beschichtung**

Offshore foundation for wind energy plants with multilayer coatings

Fondation offshore pour éoliennes dotée de revêtement multicouches

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.12.2015 Patentblatt 2015/51

(73) Patentinhaber:
• **reamotion GmbH**
27753 Delmenhorst (DE)
• **Construction Research & Technology GmbH**
83308 Trostberg (DE)

(72) Erfinder: **Reales Bertomeo, Emilio**
28355 Bremen (DE)

(74) Vertreter: **Eisenführ Speiser**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbB
Postfach 10 60 78
28060 Bremen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2006/004417 DE-U1-202012 005 538
GB-A- 1 206 347 US-A- 4 415 293
US-A- 5 087 154

• **"HOSTILE CHALLENGE OFFSHORE", MARINE ENGINEERS REVIEW, INSTITUTE OF MARINE ENGINEERS. LONDON, GB, 1. Juli 1989 (1989-07-01), Seite 15, XP000053280, ISSN: 0047-5955**

EP 2 955 276 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Offshore-Tragstruktur für eine Windenergieanlage mit ein oder mehreren Befestigungsmitteln zum Befestigen der Tragstruktur an einem Gewässergrund, einer Aufnahmeeinrichtung zur Aufnahme eines Turmschafts der Windenergieanlage und einem Tragabschnitt, welcher einen Unterwasserbereich und einen Überwasserbereich aufweist und eine oder mehrere Tragstreben umfasst, wobei die Tragstreben die Aufnahmeeinrichtung mit den Befestigungsmitteln verbinden.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Offshore-Tragstruktur für eine Windenergieanlage mit den Schritten: Beschichten einer oder mehrerer Tragstreben der Tragstruktur mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung und Verbinden von mehreren Tragstreben miteinander.

[0003] Derartige Offshore-Tragstrukturen werden auch als Gründungsstrukturen bezeichnet und dienen der Installation von Windenergieanlagen in windreichen Offshore-Revieren. Der Tragabschnitt einer derartigen Offshore-Tragstruktur kann beispielsweise als Jacket-, Monopile- oder Tripodstruktur ausgebildet sein.

[0004] Das Dokument DE 20 2012 005 538 U1 offenbart eine derartige Offshore-Tragstruktur.

[0005] Die Tragabschnitte von Offshore-Tragstrukturen weisen stets einen Unterwasserbereich und einen Überwasserbereich auf. Der Unterwasserbereich des Tragabschnitts ist den Einflüssen der Gewässerströmung und dem dort herrschenden Milieu ausgesetzt. Der Überwasserbereich des Tragabschnitts ragt aus dem Gewässer heraus und ist somit auch visuell von der Schifffahrt wahrnehmbar. Der Überwasserbereich des Tragabschnitts ist unter anderem der feuchten Luft im Bereich der Wasseroberfläche sowie den herrschenden Winden ausgesetzt. Die Anforderungen, die an den Überwasserbereich des Tragabschnitts gestellt werden, unterscheiden sich folglich beträchtlich von den Anforderungen, die an den Unterwasserbereich des Tragabschnitts gestellt werden.

[0006] Neben den genannten Umwelteinflüssen müssen der Unterwasserbereich und der Überwasserbereich des Tragabschnitts Belastungen standhalten, welche beispielsweise durch Kollisionen mit Treibgut oder Schiffen, insbesondere Wartungsschiffen hervorgerufen werden.

[0007] Es hat sich gezeigt, dass nicht nur der Überwasserbereich des Tragabschnitts sondern auch der Unterwasserbereich des Tragabschnitts einer Offshore-Tragstruktur einem erheblichen Korrosionsrisiko ausgesetzt ist. Dies ist damit zu begründen, dass mikrobiologische Bakterien im Laufe der Zeit an den Tragstreben des Unterwasserbereichs anhaften und es infolgedessen durch die Bakterien zu einer Sauerstoffbildung an der Oberfläche der Tragstreben kommt. Hieraus resultiert ein kontinuierlicher Korrosionsprozess, welcher die Tragfähigkeit der Offshore-Tragstruktur erheblich beeinträchtigen kann.

[0008] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist folglich darin zu sehen, eine Offshore-Tragstruktur anzugeben, welche im Vergleich zu den bereits bekannten Offshore-Tragstrukturen eine erhöhte Lebensdauer aufweist und geringeren Beschädigungsrisiken ausgesetzt ist. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer derartigen Offshore-Tragstruktur anzugeben. Bei bekannten Strukturen kann Rost bereits in der Phase der Lagerung und Installation entstehen, oftmals vergehen Monate bis das aktive Korrosionssystem angeschlossen ist.

[0009] Die Erfindung wird in einem ersten Aspekt mit einer Offshore-Tragstruktur der eingangs genannten Art gelöst, wobei ein oder mehrere Tragstreben im Unterwasserbereich und ein oder mehrere Tragstreben im Überwasserbereich zumindest abschnittsweise mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet sind.

[0010] Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zu Nutze, dass der Kontakt zwischen einem korrosionsfördernden Milieu und den Tragstreben sowohl im Unterwasserbereich als auch im Überwasserbereich mittels einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung erheblich reduziert oder sogar gänzlich unterbunden werden kann. Im Unterwasserbereich des Tragabschnitts hat die mehrschichtige Schutzbeschichtung zusätzlich den Effekt, dass den mikrobiologischen Bakterien die Möglichkeit genommen wird, direkt an der Oberfläche der Tragstreben anzuhafeln und somit die Tragstreben anzugreifen. Auch der von den Bakterien ausgestoßene Sauerstoff gelangt nicht an die Oberfläche der vorzugsweise aus Stahl ausgebildeten Tragstreben im Unterwasserbereich, sodass keine Korrosion der Tragstreben eintritt. Ferner kann durch die Materialauswahl der mehrschichtigen Schutzbeschichtung die Widerstandsfähigkeit der Offshore-Tragstruktur gegenüber externen Belastungen, wie sie beispielsweise durch Kollisionen mit Treibgut oder Schiffen hervorgerufen werden können, erheblich erhöht werden. Das Material der einzelnen Schichten der mehrschichtigen Schutzbeschichtung kann beispielsweise derart ausgewählt werden, dass die Tragstreben an den beschichteten Abschnitten eine erhöhte Steifigkeit sowie eine erhöhte Verschleiß- und Abriebfestigkeit aufweisen. Die einzelnen Schichten der mehrschichtigen Schutzbeschichtung können ferner derart ausgewählt werden, dass die Schutzbeschichtung eine hohe Zugfestigkeit, gute Dämpfungseigenschaften und einen erhöhten Weiterreißwiderstand aufweist. Ebenfalls lässt sich durch eine geeignete Materialauswahl eine mehrschichtige Schutzbeschichtung realisieren, welche an die jeweiligen Wasser- und Lufttemperaturen des Offshore-Reviers angepasst ist. Außerdem lässt sich durch die mehrschichtige Schutzbeschichtung eine hohe Beständigkeit gegen Öle, Fette, Sauerstoff und Ozon erreichen. Die mehrschichtige Schutzbeschichtung kann derart ausgebildet sein, dass sie bei äußerer Schlägeinwirkung, beispielsweise durch Treibgut, einen abfedernden und dämpfenden Einfluss hat, sodass es zu einer verringerten Krafteinwirkung auf die eigentlichen Tragstreben des Tragabschnitts der Offshore-Tragstruktur kommt. Ferner kann durch eine geeignete Materialauswahl

oder Materialkombination für die einzelnen Schichten der Schutzbeschichtung der Härtegrad der Schutzbeschichtung variiert werden, sodass beispielsweise ein sprödes Abplatzen von großflächigen Beschichtungsabschnitten bei externer Krafteinwirkung verhindert wird. Auch können durch die mehrschichtige Schutzbeschichtung ungünstige Schwingungseigenschaften der beschichteten Tragstrebe bzw. der beschichteten Tragstreben ausgeglichen werden.

5 **[0011]** In einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Offshore-Tragstruktur sind ein oder mehrere, vorzugsweise alle Tragstreben im Unterwasserbereich an Ihren Außenflächen und/oder im Wesentlichen vollständig mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet. Alternativ oder zusätzlich sind ein oder mehrere, vorzugsweise alle Tragstreben im Überwasserbereich an Ihren Außenflächen und/oder im Wesentlichen vollständig mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet. Unter den Außenflächen der Tragstreben im Unterwasserbereich sind die Flächen zu verstehen, welche mit dem Wasser in Kontakt kommen. Unter den Außenflächen der Tragstreben im Überwasserbereich sind die Flächen zu verstehen, welche mit der Umgebungsluft in Kontakt kommen. Sind die Tragstreben beispielsweise als Stahlrohre ausgebildet, so sind unter den Außenflächen im Unterwasserbereich und im Überwasserbereich die äußeren Mantelflächen der Rohre zu verstehen. Bei einer vollständigen Beschichtung sind auch die innenliegenden Flächen der Tragstreben mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet. Es kann somit ein vollständiger und vollumfänglicher Korrosionsschutz realisiert werden. Dies führt zu einer erheblich verlängerten Lebensdauer der Tragstruktur. Erfindungsgemäß ist im Überwasserbereich zumindest abschnittsweise auf die mehrschichtige Schutzbeschichtung eine äußere Lackschicht aufgetragen. Besonders bevorzugt ist eine äußere Lackschicht, welche beständig gegenüber Ultraviolett-Strahlung ausgebildet ist. Somit kann die darunter liegende mehrschichtige Schutzbeschichtung vor dem Einfluss ultravioletter Strahlung geschützt werden. Die äußere Lackschicht kann beispielsweise direkt auf die mehrschichtige Schutzbeschichtung aufgetragen werden. Alternativ kann ein zusätzlicher Haftvermittler bzw. eine zusätzliche Haftvermittler-Schicht Anwendung finden, um eine Haftung der äußeren Lackschicht auf der mehrschichtigen Beschichtung zu realisieren. Erfindungsgemäß weist die äußere Lackschicht Farbpigmente auf. Durch die eingelagerten Farbpigmente wird die Wahrnehmbarkeit des Überwasserbereichs des Tragabschnitts und somit die Wahrnehmbarkeit der gesamten Offshore-Tragstruktur erhöht. Hieraus resultiert ein erheblich reduziertes Risiko eines unbeabsichtigten Kontakts bzw. einer unbeabsichtigten Kollision mit einem Wasserfahrzeug. Insbesondere bei widrigen Wetterverhältnissen, wie starkem Nebel und/oder starkem Regen, wird die Offshore-Tragstruktur aufgrund der farbigen Lackschicht auf den Streben des Tragabschnitts im Überwasserbereich visuell erheblich früher von auf Sicht fahrenden Schiffsführern wahrgenommen. Das Risiko einer Kollision wird dadurch um ein vielfaches reduziert.

10 **[0012]** Die erfindungsgemäße Offshore-Tragstruktur wird ferner dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass die Farbpigmente als anorganische Farbpigmente ausgebildet sind, welche bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehalten. Hierdurch wird gewährleistet, dass es nicht zu einem Verblässen der äußeren farbigen Lackschicht kommt. Das verminderte Kollisionsrisiko durch die erhöhte optische Wahrnehmbarkeit der Offshore-Tragstruktur bleibt somit stets erhalten. Dies führt außerdem dazu, dass eine Erneuerung der äußeren farbigen Lackschicht aufgrund eines Verblässens der Farbe nicht notwendig ist. Die Wartungskosten einer Offshore-Tragstruktur, welche im Überwasserbereich eine äußere farbige Lackschicht aufweist, welche bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehält, sind folglich erheblich reduziert.

15 **[0013]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Offshore-Tragstruktur sind die Farbpigmente gelb ausgebildet. Besonders bevorzugt ist die Ausbildung der Farbpigmente in der Farbe verkehrsgelb, welche gemäß dem RAL-Standard als RAL 1023 bezeichnet wird. Die Kenntlichmachung von Offshore-Tragstrukturen durch eine verkehrsgelbe Farbgebung ist eine notwendige Voraussetzung für Tragstrukturen, welche in Offshore-Revieren innerhalb der Bundesrepublik Deutschland aufgestellt werden. Es ist damit zu rechnen, dass die Kenntlichmachung von Offshore-Tragstrukturen durch eine verkehrsgelbe Farbgestaltung in näherer Zukunft zum internationalen Standard werden wird.

20 **[0014]** Die erfindungsgemäße Offshore-Tragstruktur wird ferner dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass die mehrschichtige Schutzbeschichtung mindestens eine der folgenden Schichten aufweist: mindestens einen Haftvermittler, vorzugsweise zwei Haftvermittler, und, erfindungsgemäß, mindestens eine Polymerschicht, vorzugsweise eine Zweikomponenten-Polymerschicht. Durch die Verwendung eines Haftvermittlers, welcher auch als Primer bezeichnet wird, lässt sich eine Polymerschicht auch auf Streben mit einer rauen oder einer texturaufweisenden Oberfläche ohne Weiteres aufbringen. Es entfällt somit der Verarbeitungsschritt der Glättung der Außenoberfläche der verwendeten Streben, welche vorzugsweise als Stahlrohre ausgebildet sind. Durch die Verwendung einer Polymerschicht lassen sich die gewünschten Eigenschaften der mehrschichtigen Beschichtung gezielt einstellen. Bei einer Zweikomponenten-Polymerschicht können positive Eigenschaften zweier Polymermaterialien miteinander gekoppelt werden, sodass eine besonders steife, verschleiß-, abrieb- und zugfeste sowie dämpfende und weiterreißwiderständige Beschichtung realisiert werden kann.

25 **[0015]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Offshore-Tragstruktur umfasst die Polymerschicht Polyurethan oder ist im Wesentlichen vollständig aus Polyurethan ausgebildet. Polyurethan eignet sich besonders als Beschichtungsmaterial, da es zäh und elastisch verformbar ist und somit nicht zur Rissbildung neigt. Kommt es zu einer Beanspruchung der Polyurethanschicht, z.B. zu einem Eindringen oder Aufschlitzen der Polyure-

thanschicht, wird eine elastische Verformung der Polyurethanschicht hervorgerufen. Nach Aufhebung der Belastung nimmt die Polyurethanschicht entweder wieder den Ausgangszustand an oder ein entstandener Riss wird im Wesentlichen wieder verschlossen. Ferner weist Polyurethan vorteilhafte Dämpfungseigenschaften auf, welche dazu führen, dass externe äußere Schlagbelastungen auf den Tragabschnitt vor Krafterleitung in die Tragstreben abgedämpft werden.

[0016] Vorzugsweise weist die mehrschichtige Schutzbeschichtung mindestens eine der folgenden Schichten auf: Epoxidharz-Haftvermittler, Klebstoff-Haftvermittler, eine Polyethylenschicht oder eine Polypropylenschicht. Abhängig von den gewünschten Eigenschaften der resultierenden mehrschichtigen Beschichtung sind die verschiedenen Schichten in eine Schichtdicke in einem Bereich von einem Millimeter bis fünf Millimeter aufgetragen.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Offshore-Tragstruktur weist die Polymerschicht Weichmacher auf. Mittels Weichmachern lassen sich die elastischen Eigenschaften der Polymerschicht präzise einstellen. Abhängig vom beabsichtigten Offshore-Revier, lassen sich somit verschiedene auf die in dem jeweiligen Revier notwendigen Anforderungen zugeschnittene Polymerschichten realisieren.

[0018] Ferner wird die erfindungsgemäße Offshore-Tragstruktur durch eine oder mehrere Korrosionsschutzeinrichtungen weitergebildet, welche dazu ausgebildet sind aktiven kathodischen Korrosionsschutz bereitzustellen. Neben dem passiven Korrosionsschutz, welcher durch die mehrschichtige Schutzbeschichtung realisiert wird, sorgt der durch die Korrosionsschutzeinrichtungen hervorgerufene aktive kathodische Korrosionsschutz für eine weitere Reduzierung des Korrosionsrisikos und somit zu einer verlängerten Lebensdauer der Offshore-Tragstruktur. Die Korrosionsschutzeinrichtungen können dabei beispielsweise mit Fremdstrom und einer oder mehreren Fremdstromanoden aus Titan, titannummantelten Kupfer oder Silber-Silberchlorid arbeiten. Alternativ oder zusätzlich kommt der Einsatz von Opferanoden aus Magnesium, Zink oder Aluminium in Frage, welche auch ohne den Einsatz von Fremdstrom Korrosionsschutz bereitstellen.

[0019] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner in einem zweiten Aspekt durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, wobei die Tragstreben vor dem Verbinden untereinander mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet werden.

[0020] Dadurch, dass die mehrschichtige Schutzbeschichtung vor dem Verbinden bzw. vor der Zwischen- oder Endmontage der Offshore-Tragstruktur mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet werden, ist das Herstellungsverfahren erheblich vereinfacht und beschleunigt. Es soll verstanden werden, dass nicht nur die Tragstreben der Tragstruktur vor dem Verbinden der Tragstreben miteinander mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet werden, sondern ebenfalls notwendige Verbindungselemente, wie beispielsweise Knotenpunkte, Adapterringe, Koppelstücke oder Verbindungsplatten, auch vor dem Verbinden der einzelnen Komponenten miteinander mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet werden. Vor dem eigentlichen Zusammensetzen der einzelnen Tragstruktur-Komponenten ist es möglich diese zu bewegen und somit das Auftragen der mehrschichtigen Beschichtung zu vereinfachen. Ferner existieren in diesem Herstellungsstadium noch keine unzugänglichen oder schlecht erreichbaren Strebenabschnitte, deren Beschichtung einen erheblichen Mehraufwand bedingen würde. Ferner können standardisierte Beschichtungsverfahren sowie Beschichtungsrouitinen eingeführt werden, welche den Zeit- und Kostenaufwand weiter senken. Ferner können geeignete Beschichtungsstätten bzw. Aufbauten Verwendung finden, um die Beschichtung der einzelnen Komponenten, insbesondere der Tragstreben vor dem eigentlichen Zusammenbau durchzuführen.

[0021] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Beschichten der einen oder der mehreren Tragstreben der Tragstruktur mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung derart, dass die Tragstreben an Ihren Außenflächen und/oder im Wesentlichen vollständig mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung beschichtet werden. Somit ist ein vollumfänglicher Korrosionsschutz bereits während der Lagerung der Tragstreben vor der Zwischen- oder Endmontage gewährleistet. Es besteht folglich bereits nach der Herstellung der Tragstreben ein wirksamer Korrosionsschutz, sodass die Lebensdauer der Tragstreben und somit auch der Offshore-Tragstruktur verlängert wird. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst den Schritt:

- Auftragen einer äußeren farbigen Lackschicht, insbesondere einer Lackschicht, welche gelbe Farbpigmente aufweist und/oder welche bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehält, auf die mehrschichtige Schutzbeschichtung.

[0022] Vorzugsweise erfolgt das Auftragen der äußeren farbigen Lackschicht vor dem Verbinden der mehreren Tragstreben miteinander. Es werden somit bereits vor der Installation der Offshore-Tragstruktur farbige Tragstreben und ggf. Komponenten zum Verbinden der farbigen Tragstreben bereitgestellt, sodass nach dem Zusammenfügen oder der Endmontage der Offshore-Tragstruktur diese bereits eine farbige Lackschicht aufweist und zeit- und arbeitsaufwändige nachträgliche Lackierungen nicht notwendig sind.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren wird ferner durch den folgenden Schritt weitergebildet:

- Auftragen der mehrschichtigen Schutzbeschichtung oder der mehrschichtigen Schutzbeschichtung und der äußeren

farbigen Lackschicht auf die Verbindungselemente und/oder Verbindungsabschnitte zwischen miteinander verbundenen Tragstreben.

5 **[0024]** Nach dem Verbinden bereits beschichteter Tragstreben miteinander entstehen regelmäßig Abschnitte oder es werden Verbindungselemente verwendet, welche noch nicht beschichtet sind. Zur Realisierung einer vollumfänglichen Beschichtung bedarf es folglich einem nachträglichen Auftragen der mehrschichtigen Schutzbeschichtung auf die noch nicht beschichteten Elemente bzw. Abschnitte. Befinden sich diese Elemente bzw. Abschnitte in einem Bereich der Tragstruktur, welcher im Übrigen mittels der farbigen Lackschicht eingefärbt ist, bedarf es ebenfalls einer nachträglichen Auftragung der farbigen Lackschicht auf die Verbindungselemente bzw. Verbindungsabschnitte.

10 **[0025]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Beschichten einer oder mehrerer Tragstreben der Tragstruktur mit der mehrschichtigen Beschichtung ferner mindestens einen der folgenden Schritte:

- 15 - Aufbringen, insbesondere Aufsprühen mindestens eines Haftvermittlers, vorzugsweise zweier Haftvermittler; und, erfindungsgemäß
- Aufbringen, insbesondere Aufsprühen mindestens einer Polymerschicht, vorzugsweise einer Zweikomponenten-Polymerschicht.

20 **[0026]** Das Verfahren wird ferner dadurch erfindungsgemäß weitergebildet, dass die Polymerschicht Polyurethan umfasst oder im Wesentlichen vollständig aus Polyurethan ausgebildet ist und/oder die Polymerschicht Weichmacher aufweist.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens umfasst dies die Schritte:

- 25 - Auftragen der mehrschichtigen Schutzbeschichtung oder der mehrschichtigen Schutzbeschichtung und der äußeren farbigen Lackschicht auf eine Aufnahmeeinrichtung zur Aufnahme eines Turmschafts der Windenergieanlage; und
- Verbinden der beschichteten Aufnahmeeinrichtung mit einer oder mehreren Tragstreben.

30 **[0028]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem beigefügten Ansprüchen und der nachfolgenden Figurenbeschreibung, in welcher Ausführungsbeispiele anhand von Abbildungen im Einzelnen näher erläutert werden. Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Offshore-Tragstruktur; und

35 Fig. 2 eine schematische Darstellung der mehrschichtigen Schutzbeschichtung mit einer zusätzlichen äußeren Lackschicht.

40 **[0029]** Gemäß Fig. 1 umfasst die Offshore-Tragstruktur 1 sechs Befestigungsmittel 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, mittels welcher die Tragstruktur 1 an einem Gewässergrund 4 verankert ist. Die sechs Befestigungsmittel 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f sind in einer gemeinsamen im Wesentlichen horizontalen Ebene angeordnet. Ferner sind die sechs Befestigungsmittel 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f auf einem runden Kreisbogen äquidistant voneinander beabstandet angeordnet.

[0030] Die Befestigungsmittel 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f sind über einen Tragabschnitt 8 mit einer Aufnahmeeinrichtung 6 verbunden. Die Aufnahmeeinrichtung 6 ist dazu eingerichtet, einen Turmschaft einer Windenergieanlage aufzunehmen.

45 **[0031]** Der Tragabschnitt 8 weist einen Unterwasserbereich 8a und einen Überwasserbereich 8b auf. Der Tragabschnitt 8 ist in diesem Ausführungsbeispiel als Jacketkonstruktion ausgebildet und weist demnach mehrere fachwerkartig miteinander verbundene Tragstreben 10 auf. Die Tragstreben 10 bzw. die Abschnitte der Tragstreben 10, welche dem Unterwasserbereich 8a des Tragabschnitts 8 zugeordnet sind, sind unterhalb der Wasseroberfläche 9 angeordnet. Die Tragstreben 10 bzw. die Abschnitte der Tragstreben 10, welche dem Überwasserbereich 8b des Tragabschnitts 8 zugeordnet sind, sind oberhalb der Wasseroberfläche 9 angeordnet.

50 **[0032]** Die Tragstreben 10 des Unterwasserbereichs 8a sowie des Überwasserbereichs 8b des Tragabschnitts 8 sind mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung 12 beschichtet. Ebenfalls sind die Verbindungselemente, welche die einzelnen Tragstreben 10 des Unterwasserbereichs 8a sowie des Überwasserbereichs 8b der Tragstruktur miteinander verbinden mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung 12 beschichtet. Die mehrschichtige Schutzbeschichtung 12 weist eine erste Haftvermittler-Schicht und eine darüber liegende zweite Polymerschicht auf. Die Polymerschicht ist im Wesentlichen vollständig aus Polyurethan ausgebildet. Als Haftvermittler können Epoxidharz oder Klebstoff eingesetzt werden. Die einzelnen Schichten der mehrschichtigen Beschichtung 12, also die Haftvermittler-Schicht sowie die Polymerschicht, können mit einer Schichtdicke im Bereich von einem Millimeter bis 5 Millimeter aufgetragen werden.

55 **[0033]** Die Tragstreben 10 des Überwasserbereichs 8b sind zusätzlich mit einer äußeren Lackschicht 14 beschichtet.

Die äußere Lackschicht ist ebenfalls über eine zusätzliche Haftvermittler-Schicht auf die mehrschichtige Beschichtung 12 aufgetragen. Die äußere Lackschicht 14 weist verkehrsgelbe Farbpigmente auf, welche als anorganische Farbpigmente ausgebildet sind. Die Farbpigmente behalten bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung stets bei.

5 **[0034]** Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer mehrschichtigen Beschichtung 12 auf der Oberfläche einer Tragstrebe 10, welche als Stahlrohr (nicht vollständig abgebildet) ausgebildet ist. Die mehrschichtige Schutzbeschichtung 12 weist zwei Einzelschichten auf, nämlich eine erste untere Haftvermittler-Schicht 18 sowie eine darüber liegende zweite Polymerschicht 20. Als Haftvermittler kommen beispielsweise Epoxidharz oder Klebstoff in Betracht. Die Polymerschicht kann teilweise oder vollständig aus Polyurethan, Polyethylen oder Polypropylen ausgebildet sein. Ferner kann die Polymerschicht 20 Weichmacher beinhalten.

10 **[0035]** Auf die mehrschichtige Schutzbeschichtung 12 ist eine äußere Lackschicht 14 aufgetragen ist. Die äußere Lackschicht 14 weist verkehrsgelbe Farbpigmente auf, wobei die äußere gelbe Lackschicht auch bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehält.

15 Bezugszeichenliste

[0036]

	1	Offshore-Tragstruktur
20	2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f	Befestigungsmittel
	4	Gewässergrund
	6	Aufnahmeeinrichtung
	8	Tragabschnitt
	8a	Unterwasserbereich
25	8b	Überwasserbereich
	9	Wasseroberfläche
	10	Tragstreben
	12	mehrschichtige Schutzbeschichtung
	14	äußere Lackschicht
30	18	Haftvermittler
	20	Polymerschicht

Patentansprüche

- 35
1. Offshore-Tragstruktur (1) für eine Windenergieanlage, mit ein oder mehreren Befestigungsmitteln (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f) zum Befestigen der Tragstruktur (1) an einem Gewässergrund (4), einer Aufnahmeeinrichtung (6) zur Aufnahme eines Turmschafts der Windenergieanlage, und
- 40 einem Tragabschnitt (8), welcher einen Unterwasserbereich (8a) und einen Überwasserbereich (8b) aufweist und eine oder mehrere Tragstreben (10) umfasst, wobei die Tragstreben (10) die Aufnahmeeinrichtung (6) mit den Befestigungsmitteln (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f) verbinden, wobei ein oder mehrere Tragstreben (10) im Unterwasserbereich (8a) und ein oder mehrere Tragstreben (10) im Überwasserbereich (8b) zumindest abschnittsweise mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) beschichtet sind, wobei die Schutzbeschichtung (12) mindestens eine Polymerschicht (20), vorzugsweise eine Zweikomponenten-Polymerschicht (20) aufweist,
- 45 wobei die Polymerschicht (20) Polyurethan umfasst oder im Wesentlichen vollständig aus Polyurethan ausgebildet ist, und wobei im Überwasserbereich (8b) zumindest abschnittsweise auf die mehrschichtige Schutzbeschichtung (12) eine äußere Lackschicht (14) aufgetragen ist, wobei die äußere Lackschicht (14) Farbpigmente aufweist.
- 50
2. Offshore-Tragstruktur (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere, vorzugsweise alle Tragstreben (10) im Unterwasserbereich (8a) und/oder ein oder mehrere, vorzugsweise alle Tragstreben (10) im Überwasserbereich (8b) an Ihren Außenflächen und/oder im Wesentlichen vollständig mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) beschichtet sind.
- 55
3. Offshore-Tragstruktur (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Farbpigmente als anorganische Farbpigmente ausgebildet sind, welche bei

Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehalten.

- 5
4. Offshore-Tragstruktur (1) nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Farbpigmente gelb, insbesondere verkehrsgelb ausgebildet sind.
- 10
5. Offshore-Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die mehrschichtige Schutzbeschichtung (12) einen Haftvermittler (18), vorzugsweise zwei Haftvermittler (18), aufweist.
- 15
6. Offshore-Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Polymerschicht (20) Weichmacher aufweist.
7. Offshore-Tragstruktur (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine oder mehrere Korrosionsschutzeinrichtungen, welche dazu ausgebildet sind aktiven kathodischen Korrosionsschutz bereitzustellen.
- 20
8. Verfahren zur Herstellung einer Offshore-Tragstruktur (1) für eine Windenergieanlage mit den Schritten:
- Beschichten einer oder mehrerer Tragstreben (10) der Tragstruktur (1) mit einer mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) durch Aufbringen, insbesondere Aufsprühen, mindestens einer Polymerschicht (20), vorzugsweise einer Zweikomponenten-Polymerschicht, wobei die Polymerschicht (20) Polyurethan umfasst oder im Wesentlichen vollständig aus Polyurethan ausgebildet ist,
 - Auftragen einer äußeren farbigen Lackschicht (14), insbesondere einer Lackschicht (14), welche gelbe Farbpigmente aufweist und/oder welche bei Einwirkung von Ultraviolett-Strahlung ihre optische Farbwirkung beibehält, auf die Schutzbeschichtung (12), vorzugsweise vor dem Verbinden der mehreren Tragstreben (10) miteinander, und
 - Verbinden von mehreren Tragstreben (10) miteinander,
- 25
- wobei die Tragstreben (10) vor dem Verbinden untereinander mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) beschichtet werden.
- 30
9. Verfahren nach Anspruch 8,
wobei das Beschichten der einen oder der mehreren Tragstreben (10) der Tragstruktur (1) mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) derart erfolgt, dass die Tragstreben (10) an Ihren Außenflächen und/oder im Wesentlichen vollständig mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) beschichtet werden.
- 35
10. Verfahren nach Anspruch 9,
ferner umfassend den Schritt:
- Auftragen der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) oder der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) und der äußeren farbigen Lackschicht (14) auf Verbindungselemente und/oder Verbindungsabschnitte zwischen miteinander verbundenen Tragstreben (10).
- 40
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
wobei das Beschichten einer oder mehrerer Tragstreben (10) der Tragstruktur (1) mit der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) ferner mindestens einen der folgenden Schritte umfasst:
- Aufbringen, insbesondere Aufsprühen mindestens eines Haftvermittlers (18), vorzugsweise zweier Haftvermittler (18).
- 45
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
wobei die Polymerschicht (20) Weichmacher aufweist.
- 50
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
ferner umfassend die Schritte:
- Auftragen der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) oder der mehrschichtigen Schutzbeschichtung (12) und der äußeren farbigen Lackschicht (14) auf eine Aufnahmeeinrichtung (6) zur Aufnahme eines Turmschafts
- 55

der Windenergieanlage; und

- Verbinden der beschichteten Aufnahmeeinrichtung (6) mit einer oder mehreren Tragstreben (10).

5 Claims

1. An offshore supporting structure (1) for a wind energy plant, with one or more fastening means (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f) for fastening the supporting structure (1) to the bed (4) of a body of water,
 10 a receiving means (6) for receiving a tower shaft of the wind energy plant, and a supporting portion (8), which has an underwater region (8a) and an above-water region (8b) and comprises one or more supporting struts (10), wherein the supporting struts (10) connect the receiving means (6) to the fastening means (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f),
 15 wherein one or more supporting struts (10) in the underwater region (8a) and one or more supporting struts (10) in the above-water region (8b) are coated at least in portions with a multi-layered protective coating (12), wherein the protective coating (12) has at least one polymer layer (20), preferably a two-component polymer layer (20), wherein the polymer layer (20) comprises polyurethane or is formed substantially completely of polyurethane, and wherein in the above-water region (8b) an outer paint layer (14) is applied at least in portions to the multi-layered protective coating (12), wherein the outer paint layer (14) has coloured pigments.
 20
2. An offshore supporting structure (1) according to Claim 1, **characterised in that** one or more, preferably all the, supporting struts (10) in the underwater region (8a) and/or one or more, preferably all the, supporting struts (10) in the above-water region (8b) are coated on their outer surfaces and/or substantially completely with the multi-layered protective coating (12).
 25
3. An offshore supporting structure (1) according to Claim 2, **characterised in that** the coloured pigments are formed as inorganic coloured pigments which retain their optical colour effect under the action of ultraviolet radiation.
- 30 4. An offshore supporting structure (1) according to Claim 2 or 3, **characterised in that** the coloured pigments are formed to be yellow, in particular traffic yellow.
5. An offshore supporting structure (1) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the multi-layered protective coating (12) has an adhesion promoter (18), preferably two adhesion promoters (18).
 35
6. An offshore supporting structure (1) according to one of the preceding claims, **characterised in that** the polymer layer (20) has plasticisers.
7. An offshore supporting structure (1) according to one of the preceding claims, **characterised by** one or more anti-corrosion means which are formed to provide active cathodic corrosion protection.
 40
8. A method for producing an offshore supporting structure (1) for a wind energy plant, having the steps:
 - coating one or more supporting struts (10) of the supporting structure (1) with a multi-layered protective coating (12) by applying, in particular spraying on, at least one polymer layer (20), preferably a two-component polymer layer, wherein the polymer layer (20) comprises polyurethane or is formed substantially completely of polyurethane,
 45 - applying an outer coloured paint layer (14), in particular a paint layer (14) which has yellow coloured pigments and/or which retains its optical colour effect under the action of ultraviolet radiation, to the protective coating (12), preferably prior to the plurality of supporting struts (10) being connected together, and
 50 - connecting a plurality of supporting struts (10) together,

wherein the supporting struts (10) prior to being connected together are coated with the multi-layered protective coating (12).
 55
9. A method according to Claim 8, wherein the coating of the one or the plurality of supporting struts (10) of the supporting structure (1) with the multi-layered protective coating (12) takes place in such a way that the supporting struts (10) are coated on their outer

surfaces and/or substantially completely with the multi-layered protective coating (12).

10. A method according to Claim 9,
further comprising the step:

- applying the multi-layered protective coating (12) or the multi-layered protective coating (12) and the outer coloured paint layer (14) to connecting elements and/or connecting portions between supporting struts (10) which are connected together.

11. A method according to one of Claims 8 to 10,
wherein the coating of one or more supporting struts (10) of the supporting structure (1) with the multi-layered protective coating (12) further comprises at least one of the following steps:

- applying, in particular spraying on, at least one adhesion promoter (18), preferably two adhesion promoters (18).

12. A method according to one of Claims 8 to 11,
wherein the polymer layer (20) has plasticisers.

13. A method according to one of Claims 8 to 12,
further comprising the steps:

- applying the multi-layered protective coating (12) or the multi-layered protective coating (12) and the outer coloured paint layer (14) to a receiving means (6) for receiving a tower shaft of the wind energy plant; and
- connecting the coated receiving means (6) to one or more supporting struts (10).

Revendications

1. Structure porteuse en mer (1) pour une éolienne, avec un ou plusieurs moyens de fixation (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f) servant à fixer la structure porteuse (1) au niveau d'un fond sous-marin (4), un dispositif de logement (6) servant à loger un mât de l'éolienne, et une section porteuse (8), qui présente une zone immergée (8a) et une zone au-dessus de la surface de l'eau (8b) et comprend une ou plusieurs entretoises porteuses (10), dans laquelle les entretoises porteuses (10) relient le dispositif de logement (6) aux moyens de fixation (2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f), dans laquelle une ou plusieurs entretoises porteuses (10) dans la zone immergée (8a) et une ou plusieurs entretoises porteuses (10) dans la zone au-dessus de la surface de l'eau (8b) sont revêtues au moins par endroits d'un revêtement de protection (12) multicouche, dans laquelle le revêtement de protection (12) présente au moins une couche polymère (20), de préférence une couche polymère à deux composants (20), dans laquelle la couche polymère (20) comprend du polyuréthane ou est réalisée sensiblement en totalité à partir de polyuréthane, et dans laquelle une couche de vernis (14) extérieure est appliquée dans la zone au-dessus de la surface de l'eau (8b) au moins par endroits sur le revêtement de protection (12) multicouche, dans laquelle la couche de vernis (14) extérieure présente des pigments de couleur.

2. Structure porteuse en mer (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**une ou plusieurs, de préférence toutes les entretoises porteuses (10) dans la zone immergée (8a) et/ou une ou plusieurs, de préférence toutes les entretoises porteuses (10) dans la zone au-dessus de la surface de l'eau (8b) sont revêtues au niveau de leurs surfaces extérieures et/ou sensiblement en totalité du revêtement de protection (12) multicouche.

3. Structure porteuse en mer (1) selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les pigments de couleur sont réalisés sous la forme de pigments de couleur inorganiques, qui conservent leur effet coloré optique lors de l'action d'un rayonnement ultraviolet.

4. Structure porteuse en mer (1) selon la revendication 2 ou 3, **caractérisée en ce que** les pigments de couleur sont réalisés en jaune, en particulier en jaune signalisation.

5. Structure porteuse en mer (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le revêtement de protection (12) multicouche présente un promoteur d'adhérence (18), de préférence deux promoteurs d'adhérence (18).
- 5 6. Structure porteuse en mer (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la couche polymère (20) présente des plastifiants.
7. Structure porteuse en mer (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée par** un ou plusieurs dispositifs de protection anti-corrosion, qui sont réalisés pour offrir une protection anti-corrosion cathodique active.
- 10 8. Procédé servant à fabriquer une structure porteuse en mer (1) pour une éolienne avec les étapes :
- de revêtement d'une ou de plusieurs entretoises porteuse (10) de la structure porteuse (1) d'un revêtement de protection (12) multicouche par l'application, en particulier la pulvérisation, d'au moins une couche polymère (20), de préférence d'une couche polymère à deux composants, dans lequel la couche polymère (20) comprend du polyuréthane ou est réalisée sensiblement en totalité à partir de polyuréthane,
 - d'application d'une couche de vernis (14) colorée extérieure, en particulier d'une couche de vernis (14), qui présente des pigments de couleur jaune et/ou qui conserve son effet coloré optique lors de l'action d'un rayonnement ultraviolet, sur le revêtement de protection (12), de préférence avant la liaison des nombreuses entretoises porteuses (10) entre elles, et
 - de liaison de plusieurs entretoises porteuses (10) entre elles,
- dans lequel les entretoises porteuses (10) sont revêtues du revêtement de protection (12) multicouche avant la liaison entre elles.
- 25 9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le revêtement d'une ou de plusieurs entretoises porteuses (10) de la structure porteuse (1) du revêtement de protection (12) multicouche est effectué de telle manière que les entretoises porteuses (10) sont revêtues au niveau de leurs surfaces extérieures et/ou sensiblement en totalité du revêtement de protection (12) multicouche.
- 30 10. Procédé selon la revendication 9, comprenant en outre l'étape :
- d'application du revêtement de protection (12) multicouche ou du revêtement de protection (12) multicouche et de la couche de vernis (14) colorée extérieure sur des éléments de liaison et/ou des sections de liaisons entre des entretoises porteuses (10) reliées entre elles.
- 35 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel le revêtement d'une ou de plusieurs entretoises porteuses (10) de la structure porteuse (1) du revêtement de protection (12) multicouche comprend en outre au moins une des étapes suivantes :
- d'application, en particulier de pulvérisation, d'au moins un promoteur d'adhérence (18), de préférence de deux promoteurs d'adhérence (18).
- 40 45 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans lequel la couche polymère (20) présente des plastifiants.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, comprenant en outre les étapes :
- d'application du revêtement de protection (12) multicouche ou du revêtement de protection (12) multicouche et de la couche de vernis (14) colorée extérieure sur un dispositif de logement (6) servant à loger un mât de l'éolienne ; et
 - de liaison du dispositif de logement (6) revêtu à une ou plusieurs entretoises porteuses (10).
- 50 55

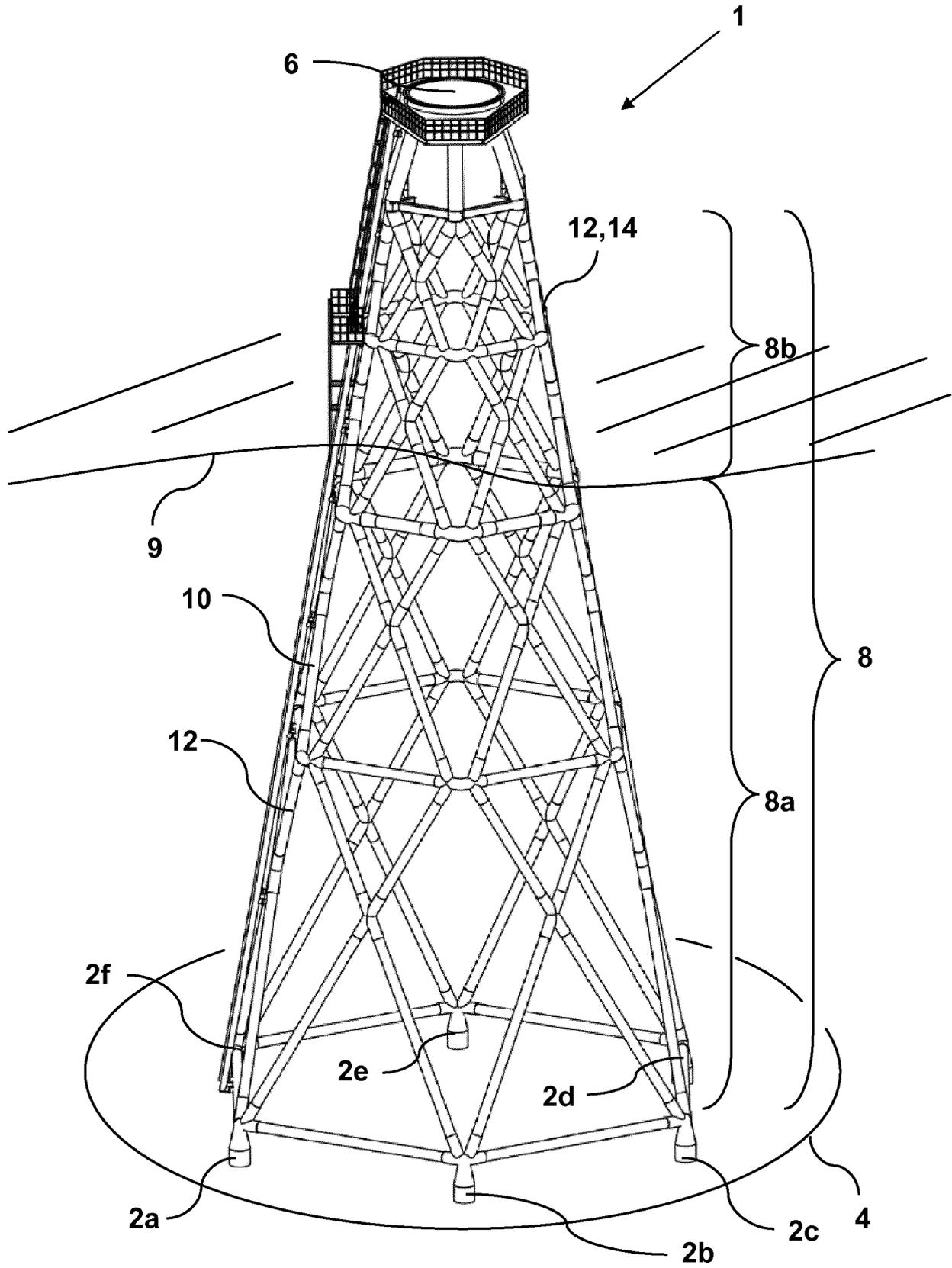


Fig. 1

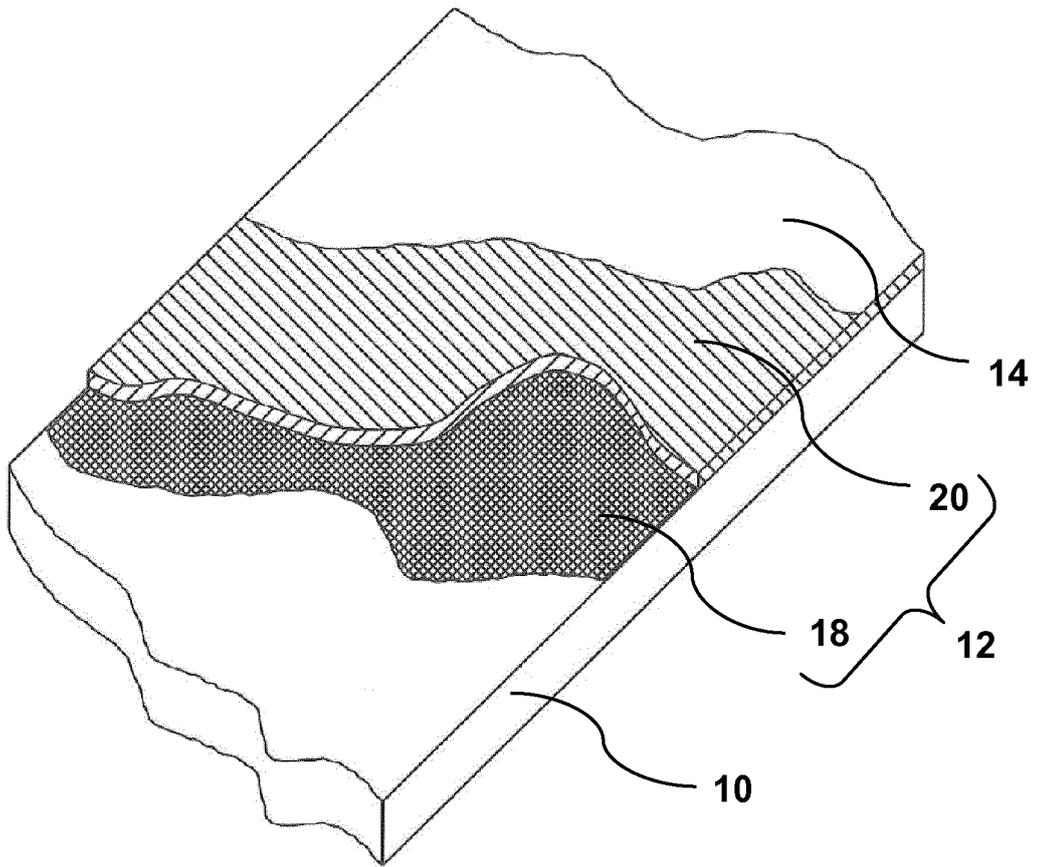


Fig. 2

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 202012005538 U1 [0004]