

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. September 2018 (13.09.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/162332 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

E01D 21/10 (2006.01) *B28B 21/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/055129

(22) Internationales Anmeldedatum:

02. März 2018 (02.03.2018)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2017 203 772.5

08. März 2017 (08.03.2017)

DE

(71) Anmelder: PERI GMBH [DE/DE]; Rudolf-Diesel-Straße

19, 89264 Weißenhorn (DE).

(72) Erfinder: BRUNNER, Werner; Roggenburger Straße 20,
89290 Buch (DE).

(74) Anwalt: KOHLER SCHMID MÖBUS PATENT-
ANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT
MBB; Gropiusplatz 10, 70563 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: CONCRETE TUBE AND FORMWORK DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING SUCH A CONCRETE TUBE

(54) Bezeichnung: BETONRÖHRE SOWIE SCHALVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER
SOLCHEN BETONRÖHRE

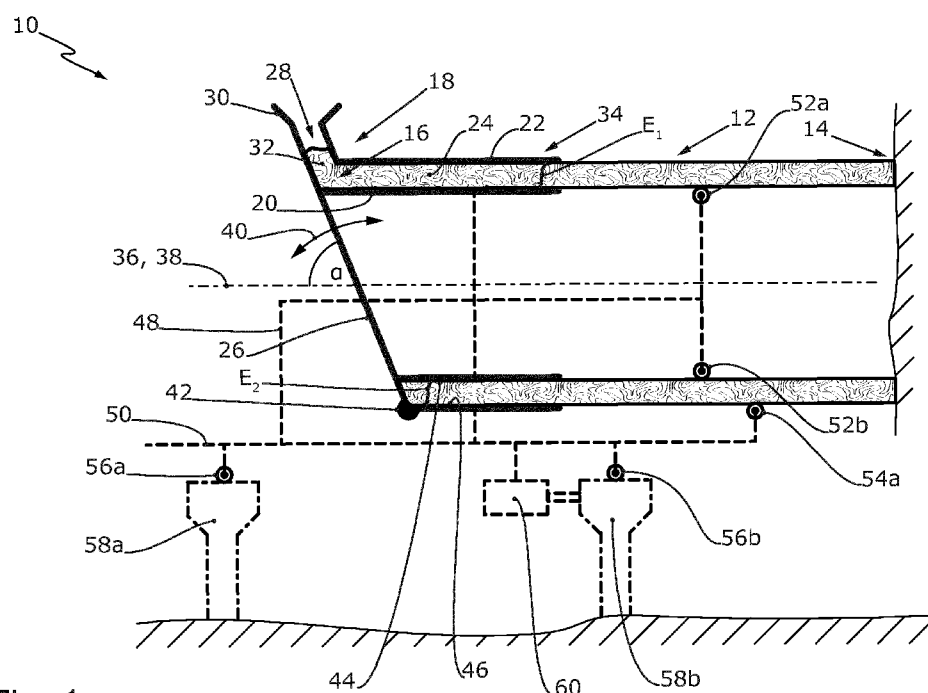


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a concrete tube (12) for a hyperloop passenger transport system. The concrete tube (12) is concreted in situ by means of a formwork device (10). The formwork device (10) has a formwork carriage (34) which moves forwards during concreting. The formwork carriage (34) has an inner form (20) and an outer form (22) for shuttering the concrete tube (12). An interspace (24) between the inner form (20) and outer form (22) is filled, in particular continuously, with concrete (32). The solidified concrete tube (12) can be supported on pillars (58a, 58b) via bearings. The freshly solidified portion of the concrete tube (12) is preferably supported on the inside by inner rollers (52a, 52b) and on the outside by outer rollers (54a). In order to support the formwork carriage (34) on the pillars (58a, 58b), the formwork device (10) can have supporting rollers (56a, 56b).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

The invention further relates to the formwork device (10) for implementing the method and to the concrete tube (12) produced by the method for the hyperloop passenger transport system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Betonröhre (12) für ein Hyperloop-Personentransportsystem. Die Beton röhre (12) wird vor Ort mittels einer Schalvorrichtung (10) betoniert. Die Schalvorrichtung (10) weist einen Schalwagen (34) auf, der sich beim Betonieren vorwärts bewegt. Der Schalwagen (34) weist eine Innenform (20) und eine Außenform (22) zur Schalung der Beton röhre (12) auf. Ein Zwischenraum (24) zwischen Innenform (20) und Außenform (22) wird, insbesondere kontinuierlich, mit Beton (32) gefüllt. Die erstarrte Beton röhre (12) kann über Auflager auf Pfeilern (58a, 58b) abgestützt werden. Vorzugsweise wird der frisch erstarrte Abschnitt der Beton röhre (12) innenseitig durch Innenrollen (52a, 52b) und außenseitig durch Außenrollen (54a) gestützt. Zur Abstützung des Schalwagens (34) auf den Pfeilern (58a, 58b) kann die Schalvorrichtung (10) Tragrollen (56a, 56b) aufweisen. Die Erfindung betrifft weiterhin die Schalvorrichtung (10) zur Durchführung des Verfahrens und die mit dem Verfahren hergestellte Beton röhre (12) für das Hyperloop-Personentransportsystem.

**Betonröhre sowie Schalvorrichtung und Verfahren zur Herstellung
einer solchen Betonröhre**

5

Die Erfindung betrifft eine Schalvorrichtung zur Herstellung einer Röhre aus Beton. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Betonröhre sowie die Betonröhre selbst.

10

Es ist bekannt, horizontal eingesetzte Betonröhren herzustellen.

Beispielsweise offenbart die EP 2 242 628 B1 ein Verfahren zur Herstellung von Betonröhren für Abwasserleitungen. Die bekannten Betonröhren weisen ein verlorenes Kunststoffinnenrohr auf und werden in einem Trog gefertigt. Nach dem Aushärten der Betonröhre wird diese aus

15

dem Trog entnommen und der Trog erneut als Form eingesetzt.

Weiterhin ist aus der DE 1 784 718 C eine Vorrichtung zur Herstellung von Betonröhren bekannt geworden. Die bekannte Vorrichtung setzt hierzu ein Walzverfahren ein.

Darüber hinaus ist es bekannt, Betonröhren mit einem sogenannten
5 Schleuderbeton-Verfahren herzustellen. Dabei wird Beton mittels einer rotierenden Walze gegen eine Form einer Schalvorrichtung geschleudert.

Derzeit wird nun versucht, ein neuartiges Personentransportsystem aufzubauen, bei dem ein Personentransportmittel, insbesondere in Form eines Zuges, in einer zumindest teilweise evakuierten Röhre
10 aufgenommen ist. Dieses Personentransportmittel ist unter der Bezeichnung „Hyperloop“ bekannt geworden. Das Personentransportmittel soll dabei mit einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 1000 km/h besonders energieeffizient Langstreckenzüge und Kurzstreckenflüge ersetzen.

15 Problematisch an dem Personentransportsystem sind u. a. die hohen Baukosten für die Röhre. Stahlröhren, die zur Aufnahme eines zuvor genannten Personentransportmittels geeignet sind, kosten ca. 15.000€ je laufendem Meter Röhre.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine zur Aufnahme eines
20 eingangs beschriebenen Personentransportmittels geeignete Röhre bereit zu stellen, die signifikant kosteneffektiver herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird durch eine Schalvorrichtung gemäß Patentanspruch 1, ein Verfahren gemäß Patentanspruch 12 und eine Betonröhre gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Die Unteransprüche geben zweckmäßige
25 Weiterbildungen an.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird somit gelöst durch eine Schalvorrichtung zur Herstellung einer horizontalen Betonröhre in Ortbetonbauweise.

Erfindungsgemäß ist dabei unter „horizontal“ im Wesentlichen horizontal, d. h. horizontal $\pm 10^\circ$, insbesondere horizontal $\pm 5^\circ$, zu verstehen.

Weiterhin wird unter Ortbetonbauweise ein Aushärten des Betons vor Ort verstanden, wobei die nach dem Aushärten erhaltene Betonstruktur nicht
5 mehr transportiert wird.

Die Schalvorrichtung weist einen Schalwagen auf, der, insbesondere gleichmäßig, bei der Herstellung der Betonröhre vorwärts bewegbar ist. Die Betonröhre entsteht dabei durch Einfüllen von Beton in einen Zwischenraum, der durch eine Innenform, eine Außenform und ein
10 Abschlusselement begrenzt ist. An dem dem Abschlusselement gegenüberliegenden Ende ist die Schalvorrichtung offen, sodass die neu erstellte Betonröhre ortsfest verbleibt, wohingegen der Schalwagen weiter vorwärts bewegt wird und dabei die Betonröhre stetig verlängert. Der Schalwagen ist auf beabstandeten Pfeilern bewegbar, auf denen sich
15 später die Betonröhre abstützt. Das Einfüllen des Betons in den Zwischenraum erfolgt durch einen Einfüllanschluss.

Der Einfüllanschluss ist bevorzugt so angeordnet, dass der Zwischenraum von oben befüllbar ist. Besonders bevorzugt weist der Einfüllanschluss einen Einfülltrichter auf.

20 Der Zwischenraum kann über mehrere Einfüllanschlüsse oder – bevorzugt – über einen einzigen Einfüllanschluss befüllbar sein.

In weiter bevorzugter Ausgestaltung der Schalvorrichtung weist diese einen Rüttler auf. Der Rüttler ist vorzugsweise im Bereich des Einfüllanschlusses angeordnet.

25 Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Schalvorrichtung ein Rührwerk zum homogenen Befüllen des Zwischenraums mit Beton aufweisen.

Ein kritischer Parameter beim Betonieren der Röhre ist das Erstarren des Betons beim horizontalen Gleiten des Schalwagens. Denn das Erstarren des Betons erfolgt in einem bestimmten Abstand zum Einfüllanschluss.

Wird Beton beispielsweise von oben in den Zwischenraum eingefüllt, ist die Erstarrungsfront des Betons im oberen Bereich der Röhre horizontal weiter vom Einfüllanschluss beabstandet als im unteren Bereich der Betonröhre: Der untere Teil der Betonröhre wird dann schon fest, während
5 der obere Teil noch weich und verformbar ist. Um die horizontal oben und unten unterschiedlich weit fortgeschrittene Erstarrungsfront zumindest teilweise kompensieren zu können, ist das Abschlusselement vorzugsweise mit einem spitzen Winkel gegenüber der Horizontalen ausgerichtet. Der spitze Winkel beträgt insbesondere zwischen 47° und 67° , vorzugsweise
10 zwischen 52° und 62° .

Das Abschlusselement ist vorzugsweise plattenförmig ausgebildet.

Um die Abstandsdifferenz zwischen den Erstarrungsfronten anpassen zu können, kann der Winkel des Abschlusselements zur Horizontalen begrenzt einstellbar sein.

15 Die Innenform ist vorzugsweise zur Herstellung der Betonröhre mit einer minimalen lichten Weite von mehr als 3 m, insbesondere von mehr als 3,5 m, ausgebildet.

Innenform und Außenform sind vorzugsweise zur Herstellung der Betonröhre mit einer Dicke von weniger als 20 cm, insbesondere von
20 weniger als 15 cm, ausgebildet.

Die mit der Schalvorrichtung erstellbare Betonröhre kann einen mehrkantförmigen Querschnitt, beispielsweise einen rechteckförmigen Querschnitt, aufweisen. Zur Maximierung der Stabilität der Betonröhre weist diese jedoch bevorzugt einen ovalförmigen oder kreisförmigen
25 Innenumfang und einen ovalförmigen oder kreisförmigen Außenumfang auf. Zur Herstellung einer solchen Betonröhre weist die Innenform vorzugsweise eine zylinderförmige Außenmantelfläche, insbesondere eine kreiszylinderförmige Außenmantelfläche, und die Außenform eine

zylinderförmige Innenmantelfläche, insbesondere eine kreiszylinderförmige Innenmantelfläche, auf.

Die Betonröhre soll möglichst präzise fertigbar sein. Beispielsweise soll die Durchmesser Genauigkeit der Betonröhre nur einige Promille vom
5 gewünschten Durchmesser abweichen. Um dies zu erreichen, weist der Schalwagen bevorzugt eine Innenstützstruktur auf, an der die Innenform befestigt ist und eine Außenstützstruktur, an der die Außenform befestigt ist. Innenstützstruktur und Außenstützstruktur sind vorzugsweise fest, insbesondere starr bzw. unbeweglich, miteinander verbunden.

10 Innenstützstruktur und/oder Außenstützstruktur können eine Fachwerkträgeranordnung aufweisen. Die Fachwerkträgeranordnung weist bevorzugt eine Vielzahl von Stahlstreben auf.

Weiter bevorzugt ist die Außenstützstruktur vorlaufend gegenüber der Innenstützstruktur angeordnet. Die Außenstützstruktur erstreckt sich
15 dabei vorzugsweise um zumindest einen Pfeilerabstand vor dem Einfüllanschluss.

In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung weist die Innenstützstruktur eine Innenrolle auf, die sich an der Innenseite der mit der Schalvorrichtung erstellten Betonröhre abstützen kann. Die Innenrolle
20 kann kegelförmig oder ballig ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Außenstützstruktur eine Außenrolle aufweisen, die sich an der Außenseite der Betonröhre abstützen kann. Hierdurch kann das Gewicht der Betonröhre während des Herstellungsprozesses zuverlässig abgetragen werden, ohne dass es zu einer Verformung der Betonröhre
25 kommt. Vorzugsweise weist die Schalvorrichtung mehrere Innenrollen und/oder mehrere Außenrollen zum Abstützen der Betonröhre auf.

Die Schalvorrichtung kann eine Tragrolle aufweisen, über die der Schalwagen an einem der Pfeiler abstützbar ist. Die Tragrolle kann am Pfeiler oder am Schalwagen drehbar angeordnet sein. Bevorzugt erfolgt

die Abstützung über eine Schulter des Pfeilers. Vorzugsweise sind mehrere Tragrollen zur Abstützung des Gewichts des Schalwagens vorgesehen.

Innenrolle, Außenrolle und/oder Tragrolle können einen Außendurchmesser zwischen 50 mm und 150 mm, insbesondere
5 zwischen 70 mm und 130 mm, vorzugsweise zwischen 90 mm und 110 mm, aufweisen.

Die Schalvorrichtung kann eine Außenstütze zum Stützen der Außenform aufweisen. Die Außenstütze kann bewegbar, insbesondere verschwenkbar, sein, um einen Pfeiler beim Bewegen des Schalwagens passieren zu
10 können. Die Schalvorrichtung kann dabei zum hydraulischen Verschwenken der Außenstütze ausgebildet sein.

Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Schalvorrichtung eine Betonröhrenstütze aufweisen, die das Gewicht der erstellten Betonröhre nach deren Erstarren abträgt. Die Betonröhrenstütze kann, insbesondere
15 hydraulisch, bewegbar, insbesondere verschwenkbar, sein, um einen Pfeiler passieren zu können.

Die Schalvorrichtung kann einen Antrieb zum Vorschub des Schalwagens bei der Herstellung der Betonröhre aufweisen. Der Antrieb weist insbesondere einen Vorschub-Hydraulikzylinder auf. Der Antrieb weist
20 vorzugsweise mehrere Vorschub-Hydraulikzylinder auf. Der Antrieb ist dabei weiter bevorzugt zum kontinuierlichen Vorschub des Schalwagens ausgebildet.

Um das Gleiten der Innenform an der Betonröhre zu erleichtern, kann die Schalvorrichtung eine Folie zwischen der Betonröhre und der Innenform
25 aufweisen. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Schalvorrichtung eine Folie zwischen der Betonröhre und der Außenform aufweisen, um das Gleiten der Außenform an der Betonröhre zu erleichtern. Die Folie zwischen der Betonröhre und der Innenform kann über einen Schlitz der Schalvorrichtung eingeführt werden. Alternativ oder zusätzlich dazu kann

die Folie zwischen der Betonröhre und der Außenform über einen Schlitz der Schalvorrichtung eingeführt werden.

Die Schalvorrichtung kann zum Schwenken, insbesondere Drehen, der Innenform um die Längsachse der Innenform ausgebildet sein. Alternativ
5 oder zusätzlich dazu kann die Schalvorrichtung zum Schwenken, insbesondere Drehen, der Außenform um die Längsachse der Außenform ausgebildet sein. Hierdurch wird ein Anhaften der Betonröhre mit der Innenform bzw. Außenform verhindert. Besonders bevorzugt sind die Innenform und die Außenform dabei entgegengesetzt verschwenkbar,
10 insbesondere verdrehbar, ausgebildet.

Die Schalvorrichtung kann zumindest eine Schmiernut, insbesondere mehrere Schmiernuten, aufweisen, um ein Gleitmittel zwischen die Betonröhre und die Innenform und/oder die Außenform einbringen zu können. Hierdurch wird ein Anhaften der Betonröhre besonders wirksam
15 verhindert, insbesondere im Zusammenspiel mit der verschwenkbaren Innenform bzw. Außenform.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer horizontalen Betonröhre in Ortbetonbauweise, bei dem Beton zum Formen der Betonröhre in den Zwischenraum der zuvor
20 beschriebenen Schalvorrichtung gefüllt wird.

Der Schalwagen wird zur Herstellung der Betonröhre, insbesondere gleichzeitig mit dem Befüllen des Zwischenraums mit Beton, vorwärts bewegt.

Vorzugsweise wird der Schalwagen beim Betonieren eines
25 Betonröhrenabschnitts von mehr als 20 m, insbesondere von mehr als 100 m, vorzugsweise von mehr als 1000 m, stetig, vorzugsweise kontinuierlich, horizontal vorwärts bewegt.

Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt bevorzugt zwischen 2 cm/min und 6 cm/min, insbesondere zwischen 3 cm/min und 5 cm/min. Hierdurch wird

ein guter Kompromiss zwischen der Qualität der Betonröhre und hoher Herstellungsgeschwindigkeit erreicht.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Betonröhre in Ortbetonbauweise zur Aufnahme eines

5 Personentransportmittels, wobei die Längsachse der Betonröhre horizontal verläuft, die Betonröhre eine nahtfreie Länge von mehr als 20 m, insbesondere von mehr als 200 m, und eine minimale lichte Weite von mehr als 3 m aufweist. Die Betonröhre wurde vorzugsweise mit dem zuvor beschriebenen Verfahren erstellt.

10 Die Betonröhre weist vorzugsweise Ultra-High-Performance-Concrete (UHPC) mit einer Zugfestigkeit von mehr als 150 N/mm² auf. Die Betonröhre kann zwischen 0,5% und 2% Stahlfasern aufweisen. Vorzugsweise weist die Betonröhre eine Vorspannkraft durch mehrere Litzen mit jeweils über 100 kN auf.

15 Alle Maßangaben beziehen sich auf einen gleichmäßigen mittleren Abschnitt der Betonröhre, nicht auf das unmittelbare Anfangsstück bzw. Endstück der Betonröhre.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der

20 Erfindung, aus den Patentansprüchen sowie anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt. Die verschiedenen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der Erfindung verwirklicht sein. Die in der Zeichnung gezeigten Merkmale sind derart dargestellt, dass die
25 erfindungsgemäßen Besonderheiten deutlich sichtbar gemacht werden können.

Es zeigen:

Fig. 1 Eine schematische Schnittansicht eines Teils einer Schalvorrichtung beim Herstellen einer Betonröhre;

- Fig. 2a eine vollständige Seitenansicht der Schalvorrichtung aus Fig. 1;
- Fig. 2b eine vergrößerte Teilansicht des strichpunktiert eingerahmten Bereichs der Schalvorrichtung aus Fig. 2a;
- 5 Fig. 2c eine teilweise geschnittene Stirnseitenansicht (von links) der Schalvorrichtung aus Fig. 2a;
- Fig. 2d eine Stirnseitenansicht der Schalvorrichtung gemäß Fig. 2c, wobei sich der Teil der Schalvorrichtung zum Einfüllen des Betons im Bereich eines Pfeilers befindet;
- 10 Fig. 2e eine teilweise geschnittene Stirnseitenansicht eines Teils der Schalvorrichtung, wobei der Teil der Schalvorrichtung die fertig erstellte Betonröhre stützt;
- Fig. 2f eine Stirnseitenansicht des Teils der Schalvorrichtung gemäß Fig. 2e im Bereich eines Pfeilers; und
- 15 Fig. 2g eine vergrößerte Teilansicht des strichpunktiert eingerahmten Bereichs aus Fig. 2f.

Fig. 1 zeigt eine Schalvorrichtung **10** zur Herstellung einer Betonröhre **12** aus Ortbeton. Die Betonröhre **12** weist ein festes Ende **14** und ein freies Ende **16** auf. Das freie Ende **16** wird durch eine Schalung **18** erweitert.

- 20 Die Schalung **18** weist eine Innenform **20** und eine Außenform **22** auf. Innenform **20** und Außenform **22** definieren einen Zwischenraum **24**. Der Zwischenraum **24** wird stirnseitig am freien Ende **16** durch ein Abschlusselement **26** verschlossen. Die Schalung **18** weist oberhalb der Außenform **22** einen Einfüllanschluss **28**, hier mit einem Einfülltrichter **30**,
25 auf.

Beton **32** wird in den Einfüllanschluss **28** gegeben und verteilt sich im Zwischenraum **24**. Gleichzeitig wird ein Schalwagen **34**, der die Schalung **18** aufweist, vom festen Ende **14** weg bewegt. Hierdurch wird

der erstarrte Teil der Betonröhre 12 aus dem Zwischenraum 24 gezogen und die Betonröhre 12 wird im Zwischenraum 24 durch frisch erstarrenden Beton 32 verlängert.

Der Schalwagen 34 weist eine Längsachse **36** auf, die sich entlang der Horizontalen **38** erstreckt. Vorzugsweise deckt sich die Längsachse 36 des Schalwagens 34 mit der Längsachse der Betonröhre 12 oder verläuft parallel zur Längsachse der Betonröhre 12. Beim Betonieren wird der Schalwagen 34 im Wesentlichen in Richtung der verlängerten Längsachse 36 bewegt. Kurven der erstellten Betonröhre weisen dabei einen Mindestradius von mehr als 10.000 m, insbesondere von mehr als 15.000 m, vorzugsweise von mehr als 20.000 m auf.

Parallel zur Längsachse 36 sind Innenform 20 und Außenform 22 an der unteren Seite der Schalung 18 gegenüber der oberen Seite der Schalung 18 zurückversetzt. Das, insbesondere plattenförmig ausgebildete, Abschlusselement 26 weist einen Winkel $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ zur Horizontalen 38 auf. Hierdurch kann, zumindest teilweise, der Streckenunterschied zwischen dem Einfüllanschluss 28 und den Erstarrungsfronten im oberen Teil des Zwischenraums 24 bzw. unteren Teil des Zwischenraums 24 kompensiert werden. In Fig. 1 sind zur Veranschaulichung die Erstarrungsfronten oben und unten mit den Bezeichnungen **E₁** und **E₂** angedeutet. Um den Unterschied zwischen den Erstarrungsfronten **E₁**, **E₂** im oberen Teil der Betonröhre 12 und dem unteren Teil der Betonröhre 12 besser steuern zu können, kann der Winkel α des Abschlusselements 26 zur Horizontalen 38 einstellbar sein, wie in Fig. 1 durch einen Doppelpfeil **40** angedeutet ist. Hierzu kann beispielsweise das Abschlusselement 26 unterenends ein Gelenk **42** aufweisen.

Die Innenform 20 weist eine kreiszylinderförmige Außenmantelfläche **44** und die Außenform 22 eine kreiszylinderförmige Innenmantelfläche **46**

auf. Die erstellte Betonröhre 12 weist dadurch einen ringförmigen Querschnitt auf.

Die Innenform 20 ist an einer Innenstützstruktur **48**, die Außenform 22 an einer Außenstützstruktur **50** angebunden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Innenstützstruktur 48 und die Außenstützstruktur 50 gestrichelt dargestellt. Die Innenstützstruktur 48 stützt die frisch erstellte Betonröhre 12 innenseitig durch Innenrollen ab, von denen in Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit die Innenrollen **52a**, **52b** dargestellt sind. Die Außenstützstruktur 50 stützt die frisch erstellte Betonröhre 12 außenseitig durch Außenrollen ab, von denen in Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit die Außenrolle **54a** dargestellt ist.

Innenstützstruktur 48 und Außenstützstruktur 50 stützen sich nach unten durch Tragrollen, von denen in Fig. 1 die Tragrollen **56a**, **56b** dargestellt sind, gegenüber Pfeilern **58a**, **58b** ab. Die Pfeiler 58a, 58b sind vorzugsweise betoniert und in Fig. 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit strichpunktiert und stark verkleinert dargestellt.

Am festen Ende der Betonröhre 12 kann zumindest eine Litze zum Vorspannen der Betonröhre 12 angeordnet sein.

Fig. 1 zeigt beispielhaft einen Antrieb **60**, hier in Form eines Vorschub-Hydraulikzylinders, der eine Vorwärtsbewegung des Schalwagens 34 ermöglicht.

Fig. 2a zeigt eine Seitenansicht der Schalvorrichtung 10. Der Schalwagen 34 erstreckt sich dabei über vier Pfeiler 58a, 58b, **58c**, **58d**. Die Pfeiler 58a-d sind zwischen 5 m und 30 m hoch und zwischen 10 m und 60 m, insbesondere zwischen 30 m und 60 m, zueinander beabstandet. Innenstützstruktur 48 und Außenstützstruktur 50 erstrecken sich jeweils über eine Länge von mehr als 50 m. Die Innenstützstruktur 48 ist zu mehr als 60% nachlaufend gegenüber einem Einfüllanschluss 28.

Die Außenstützstruktur 50 ist zu mehr als 20%, insbesondere zu mehr als 30%, vorlaufend gegenüber dem Einfüllanschluss 28.

Fig. 2b zeigt einen Ausschnitt der Schalvorrichtung 10 aus Fig. 2a im Bereich des Einfüllanschlusses 28. Aus Fig. 2b sind der obere Querschnitt und der untere Querschnitt der Betonröhre 12 ersichtlich. Die
5 Betonröhre 12 wird von innen durch Innenrollen gestützt, von denen in Fig. 2b aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Innenrollen 52a, 52b mit einem Bezugszeichen versehen sind. Weiterhin sind aus Fig. 2b eine Vielzahl von Tragrollen zum Abstützen des Schalwagens 34 ersichtlich,
10 von denen aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 2b nur die Tragrollen 56a, 56b mit einem Bezugszeichen versehen sind.

Fig. 2c zeigt eine teilweise geschnittene Stirnseitenansicht der Schalvorrichtung 10 mit der Innenstützstruktur 48, der Außenstützstruktur 50 und dem Einfülltrichter 30. Die
15 Innenstützstruktur 48 stützt die Innenform 20, die Außenstützstruktur 50 stützt die Außenform 22. Zwischen der Innenform 20 und der Außenform 22 ist die Betonröhre 12 sichtbar. Aus einer Zusammenschau der Fign. 2a, 2b und 2c ist ersichtlich, dass sowohl die Innenstützstruktur 48 als auch die Außenstützstruktur 50 eine
20 Fachwerkträgeranordnung aufweisen. Hierdurch wird bei verhältnismäßig geringem Gewicht eine hohe Stabilität der Schalvorrichtung 10 gewährleistet.

Die Außenstützstruktur 50 kann zur Auflage der Außenform 22 zumindest eine Außenstütze, hier mehrere Außenstützen **62a**, **62b**, aufweisen.

Fig. 2d zeigt die Schalvorrichtung 10 gemäß Fig. 2c im Bereich eines Pfeilers 58a. Wie aus einer Zusammenschau der Fign. 2c und 2d
25 ersichtlich ist, würden die Außenstützen 62a, 62b in der Stellung gemäß Fig. 2c mit dem Pfeiler 58a kollidieren. In Fig. 2d sind die Außenstützen 62a, 62b aus dem Bereich miteinander fluchtender

Pfeiler 58a-d (siehe Fig. 2a) wegbewegt, hier weggeschwenkt. Die Außenstützen 62a, 62b werden dabei jeweils durch einen Hydraulikantrieb **64a**, **64b** bewegt, der in Fig. 2d nicht explizit dargestellt ist.

5 **Fig. 2e** zeigt die Schalvorrichtung 10, die bezüglich der Vorschubrichtung der Schalvorrichtung 10 hinter der Innenform 20 und der Außenform 22 (siehe Fig. 2c) liegt. Hier weist die Schalvorrichtung 10 zumindest eine Betonröhrenstütze, hier zwei Betonröhrenstützen **66a**, **66b**, auf. Die Betonröhrenstütze 66a und/oder die Betonröhrenstütze 66b kann/können
10 eine Außenrolle 54a aufweisen, um die Betonröhre 12 zu stützen. In Fig. 2e ist lediglich die Außenrolle 54a sichtbar. Vorzugsweise weisen die Betonröhrenstützen 66a, 66b in Vorschubrichtung wechselweise eine Außenrolle 54a auf.

Gemäß Fig. 2e können Innenrollen 52a, 52b, **52c**, **52d** in Form von
15 Kegelrollen oder in Form balliger Rollen ausgebildet sein.

Fig. 2f zeigt analog zu Fig. 2d die Situation eines Abschnitts der Schalvorrichtung 10 im Bereich eines Pfeilers 58b. Um eine Kollision mit dem Pfeiler 58b beim Vorschub des Schalwagens 34 zu vermeiden, sind die Betonröhrenstützen 66a, 66b weggeschwenkt. Hierzu sind am
20 Schalwagen 34 in Fig. 2f nicht explizit gezeigte Hydraulikantriebe 64c, 64d vorgesehen.

In Fig. 2f ist weiterhin ein Auflager **68** gezeigt, das, insbesondere in Form eines betonierten Auflagers, die Betonröhre 12 auf dem Pfeiler 58b abstützt. Das Auflager 68 wird bevorzugt nach der Herstellung des
25 Abschnitts der Betonröhre 12 im Bereich des Auflagers 68 hergestellt.

Fig. 2g zeigt eine Detailansicht aus Fig. 2f. Fig. 2g zeigt exemplarisch die Abstützung des Schalwagens 34, hier der Außenstützstruktur 50, an einer Außenschulter **70** des Pfeilers 58b. Die Abstützung erfolgt dabei über eine Tragrolle 56a.

Unter Vornahme einer Zusammenschau aller Figuren der Zeichnung betrifft die Erfindung zusammenfassend ein Verfahren zur Herstellung einer Betonröhre 12 für ein Hyperloop-Personentransportsystem. Die Betonröhre 12 wird vor Ort mittels einer Schalvorrichtung 10 betoniert.

5 Die Schalvorrichtung 10 weist einen Schalwagen 34 auf, der sich beim Betonieren vorwärts bewegt. Der Schalwagen 34 weist eine Innenform 20 und eine Außenform 22 zur Schalung der Betonröhre 12 auf. Ein Zwischenraum 24 zwischen Innenform 20 und Außenform 22 wird, insbesondere kontinuierlich, mit Beton 32 gefüllt. Die erstarrte

10 Betonröhre 12 kann über Auflager 68 auf Pfeilern 58a-d abgestützt werden. Vorzugsweise wird der frisch erstarrte Abschnitt der Betonröhre 12 innenseitig durch Innenrollen 52a-d und außenseitig durch Außenrollen 54a gestützt. Zur Abstützung des Schalwagens 34 auf den Pfeilern 58a-d kann die Schalvorrichtung 10 Tragrollen 56a, 56b

15 aufweisen. Die Erfindung betrifft weiterhin die Schalvorrichtung 10 zur Durchführung des Verfahrens und die mit dem Verfahren hergestellte Betonröhre 12 für das Hyperloop-Personentransportsystem.

Patentansprüche

1. Schalvorrichtung (10) zur Herstellung einer horizontalen
Betonröhre (12) in Ortbetonbauweise, wobei die
5 Schalvorrichtung (10) einen auf beabstandeten Pfeilern (58a-d)
horizontal bewegbaren Schalwagen (34) mit einer Außenform (22)
und einer Innenform (20) aufweist, die einen Zwischenraum (24)
begrenzen, wobei Beton (32) über einen Einfüllanschluss (28) in den
Zwischenraum (24) zur Formung der Betonröhre (12) füllbar ist und
10 wobei die Schalvorrichtung (10) ein Abschlusselement (26) zum
stirnseitigen Verschließen des Zwischenraums (24) aufweist.
2. Schalvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Einfüllanschluss (28),
insbesondere mit einem Einfülltrichter (30), ein Befüllen des
15 Zwischenraums (24) von oberhalb der Innenform (20) ermöglicht.
3. Schalvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der der Winkel (α) des
Abschlusselements (26) zur Horizontalen (38) begrenzt einstellbar ist.
- 20 4. Schalvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der
die Innenform (20) eine zylinderförmige Außenmantelfläche (44)
aufweist und die Außenform (22) eine zylinderförmige
Innenmantelfläche (46) aufweist, um die Betonröhre (12) mit
kreisringförmigem oder ovalförmigem Querschnitt herzustellen.

5. Schalvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Schalwagen (34) eine Innenstützstruktur (48) aufweist, an der die Innenform (20) befestigt ist und eine Außenstützstruktur (50) aufweist, an der die Außenform (22) befestigt ist.

5

6. Schalvorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Innenstützstruktur (48) eine Fachwerkträgeranordnung aufweist und/oder die Außenstützstruktur (50) eine Fachwerkträgeranordnung aufweist.

10

7. Schalvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, bei der die Innenstützstruktur (48) eine Innenrolle (52a-d) zum Abstützen an der Innenseite der Betonröhre (12) aufweist und/oder die Außenstützstruktur (50) eine Außenrolle (56a-b) zum Abstützen an der Außenseite der Betonröhre (12) aufweist.

15

8. Schalvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der die Schalvorrichtung (10) eine Tragrolle (56a-b) aufweist, über die der Schalwagen (34) an einem der Pfeiler (58a-d) abstützbar ist.

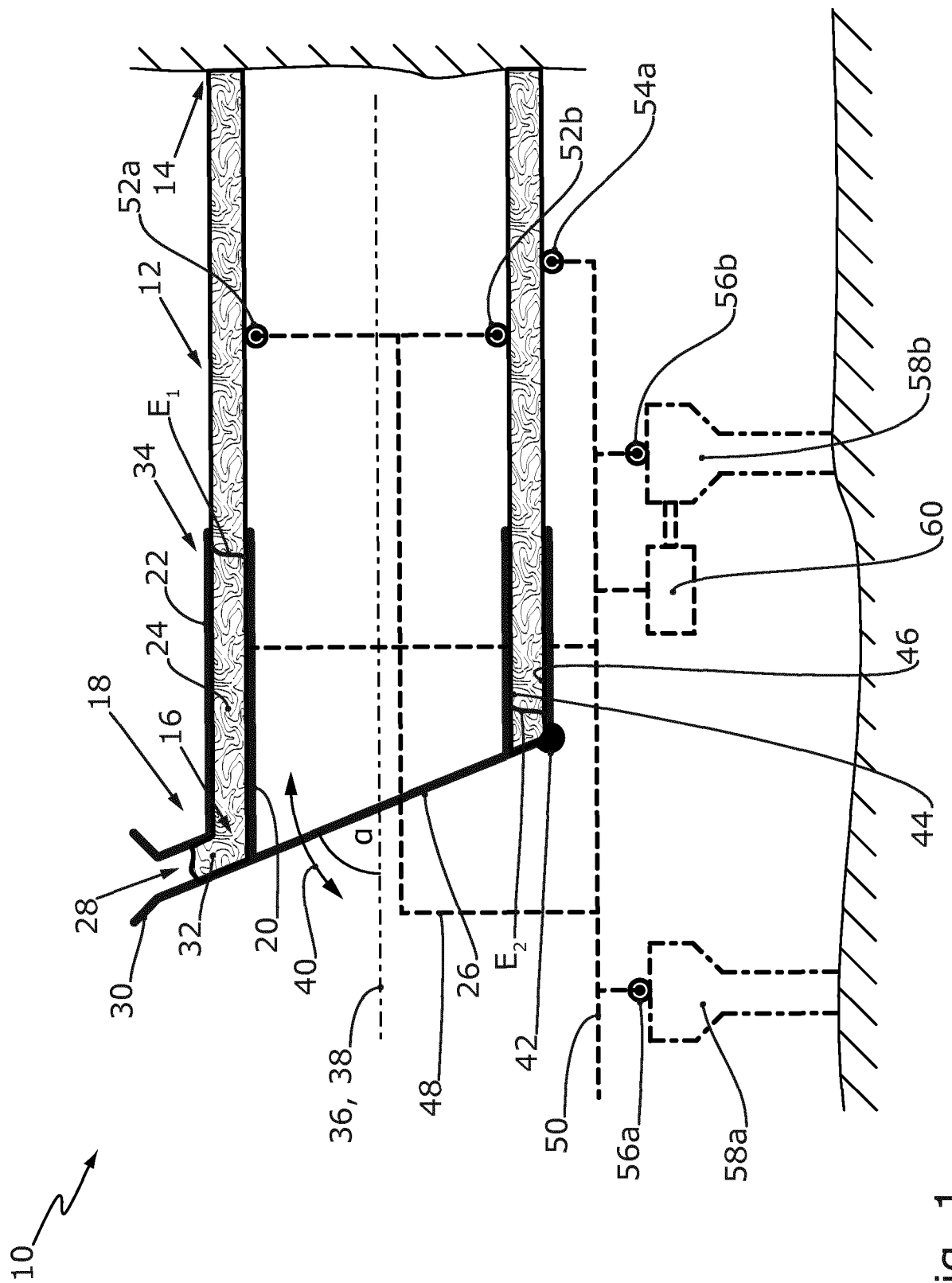
20

9. Schalvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Schalvorrichtung (10) eine Außenstütze (62a-b) zum Stützen der Außenform (22) aufweist, wobei die Außenstütze (62a-b), insbesondere hydraulisch, bewegbar ist, um einen der Pfeiler (58a-d) beim horizontalen Vorschub des Schalwagens (34) passieren zu können.

25

10. Schalvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Schalvorrichtung (10) eine Betonröhrenstütze (66a-b) zum Stützen der Betonröhre (12) aufweist, wobei die Betonröhrenstütze(66a-b), insbesondere hydraulisch, bewegbar ist, um einen der Pfeiler (58a-d) passieren zu können.
11. Schalvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Schalvorrichtung (10) einen Antrieb (60), insbesondere in Form eines Vorschub-Hydraulikzylinders, aufweist, um den Schalwagen (34) beim Betonieren horizontal vorwärts zu verschieben.
12. Verfahren zur Herstellung einer horizontalen Betonröhre (12) in Ortbetonbauweise mit einer Schalvorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Beton (32) zum Formen der Betonröhre (12) in den Zwischenraum (24) gefüllt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem der Schalwagen (34) beim Betonieren eines Betonröhrenabschnitts von mehr als 20 m kontinuierlich horizontal vorwärts bewegt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Vorschubgeschwindigkeit zwischen 2 cm/min und 6 cm/min, insbesondere zwischen 3 cm/min und 5 cm/min beträgt.

15. Betonröhre (12) in Ortbetonbauweise zur Aufnahme eines Personentransportmittels, wobei die Längsachse der Betonröhre (12) horizontal verläuft, die Betonröhre (12) eine nahtfreie Länge von mehr als 20 m, insbesondere von mehr als 200 m, und eine minimale lichte Weite von mehr als 3 m aufweist.
- 5



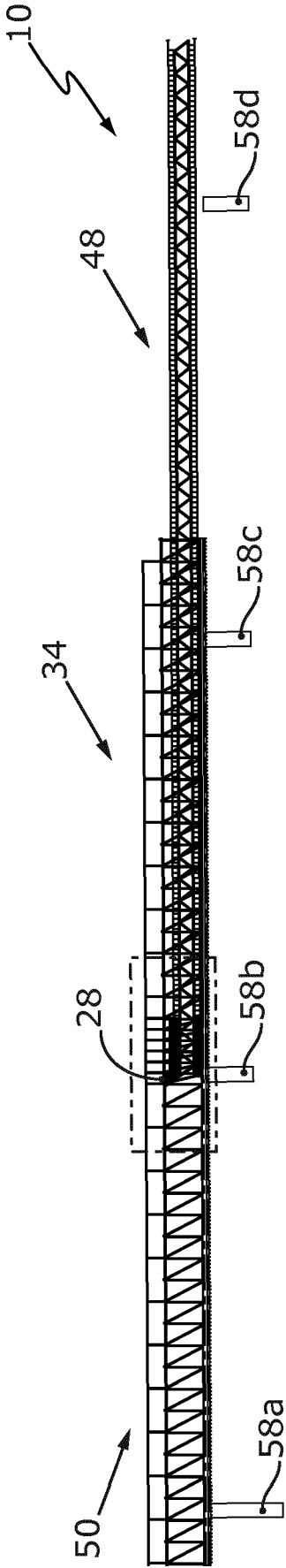


Fig. 2a

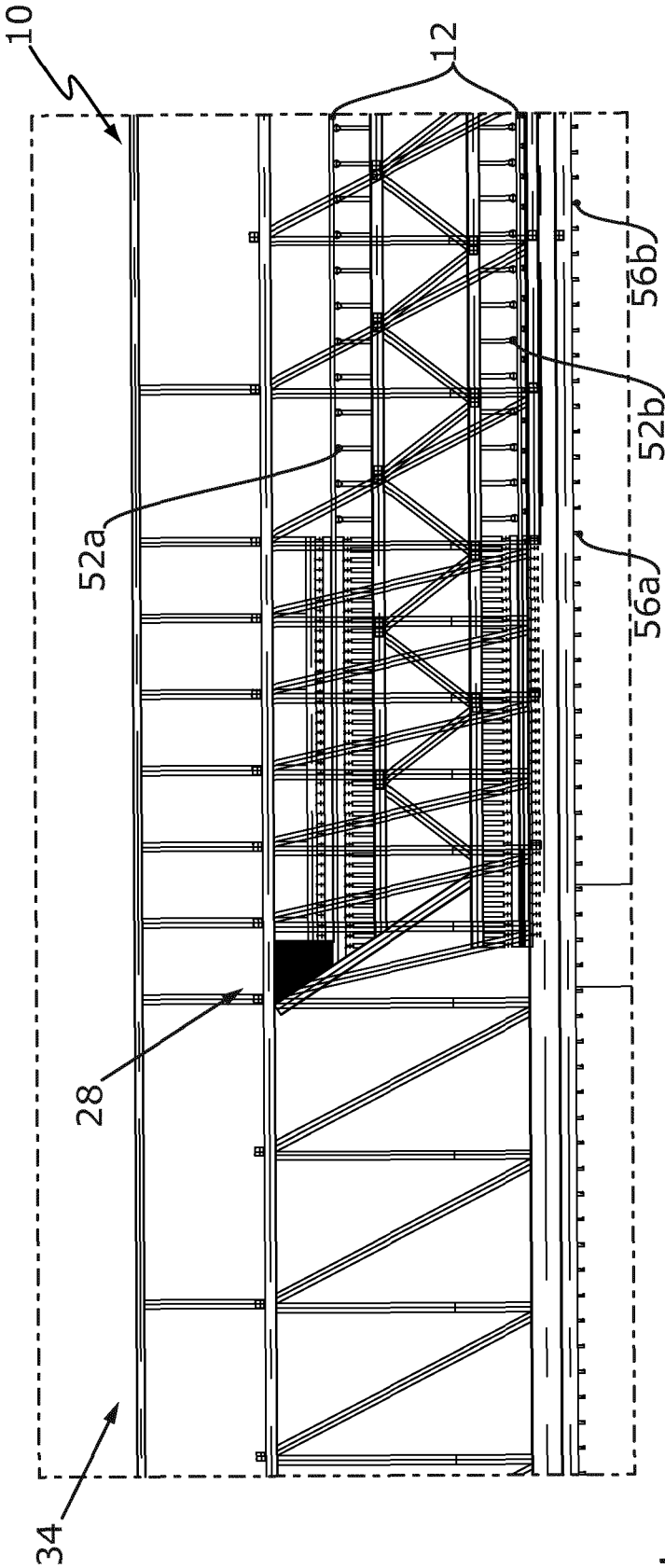


Fig. 2b

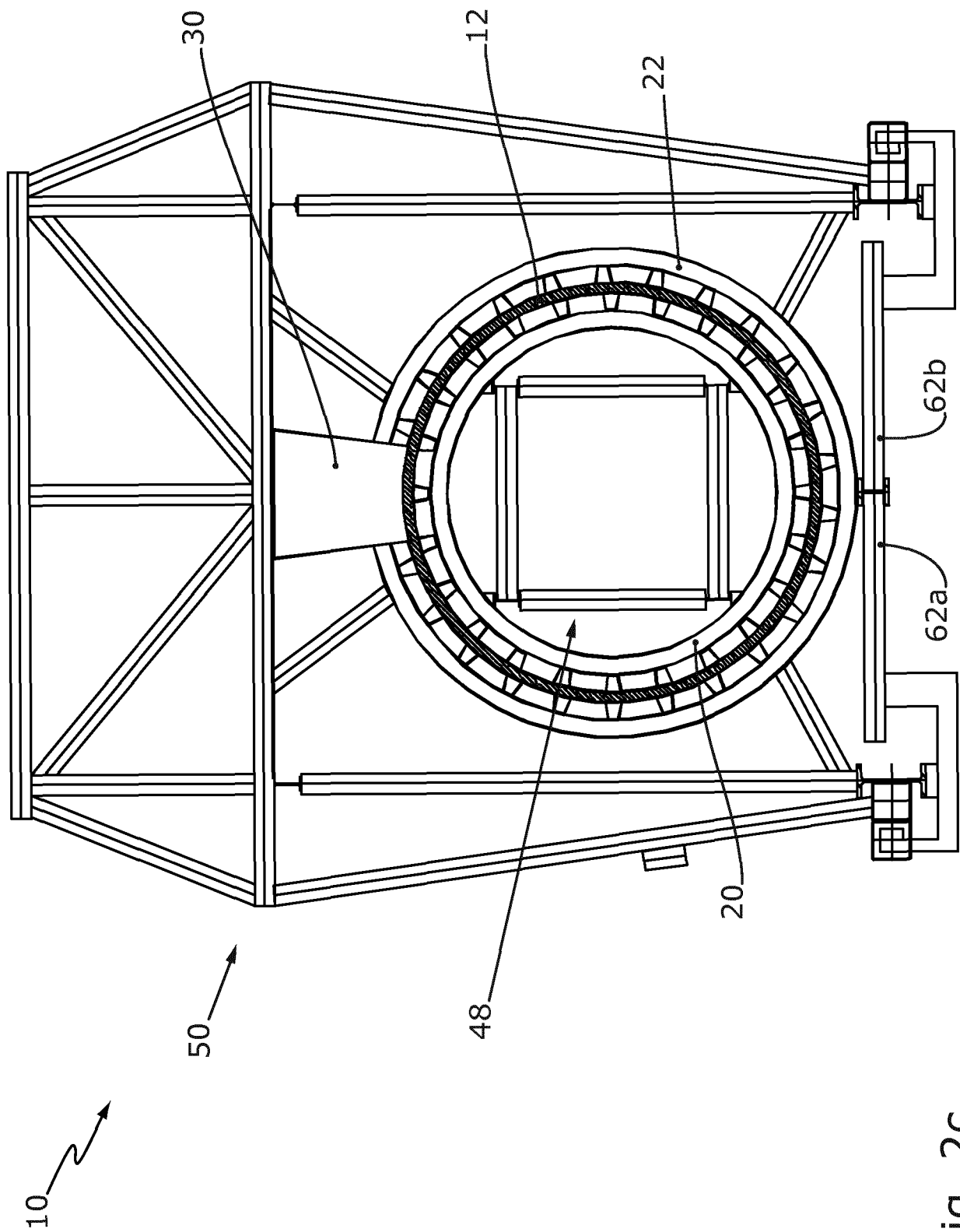


Fig. 2c

10

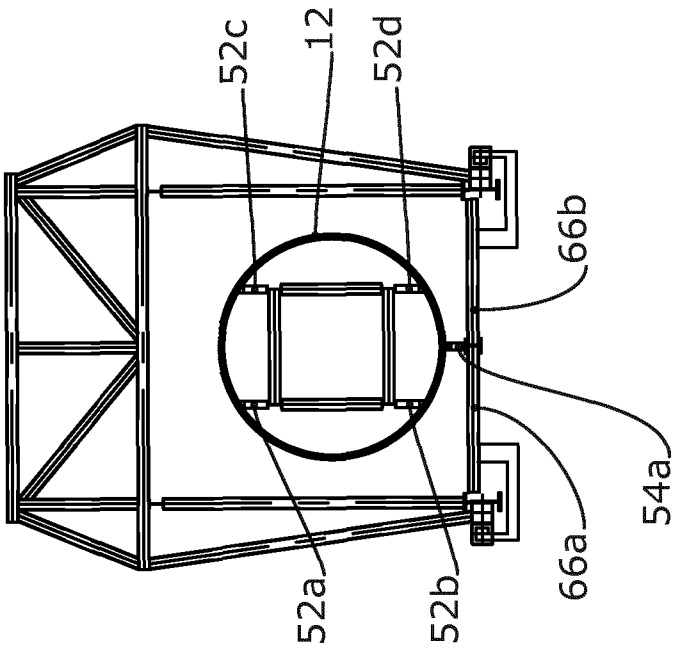


Fig. 2e

10

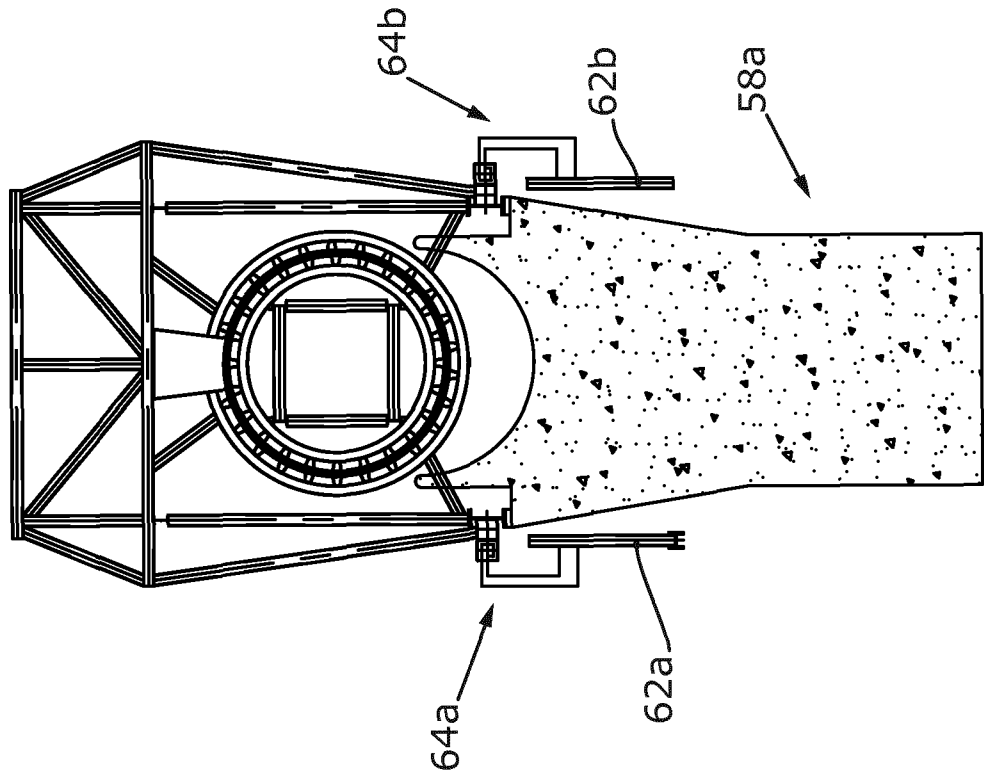


Fig. 2d

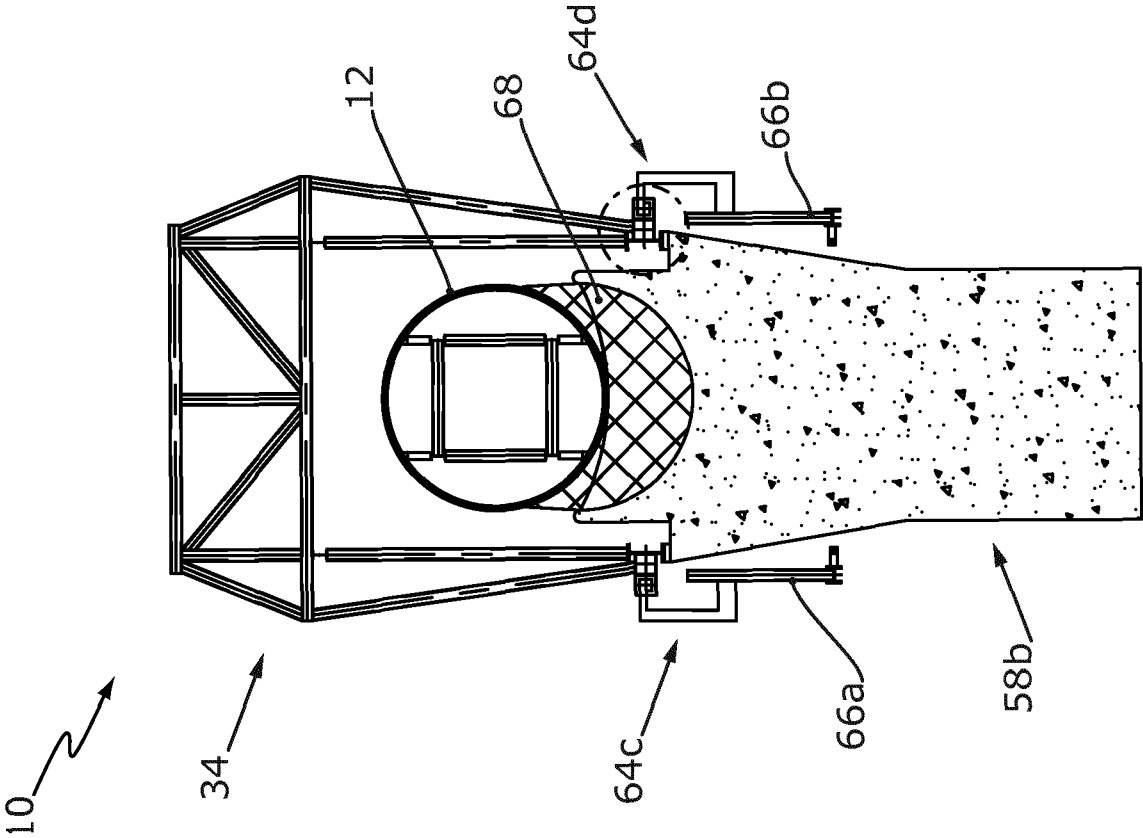


Fig. 2f

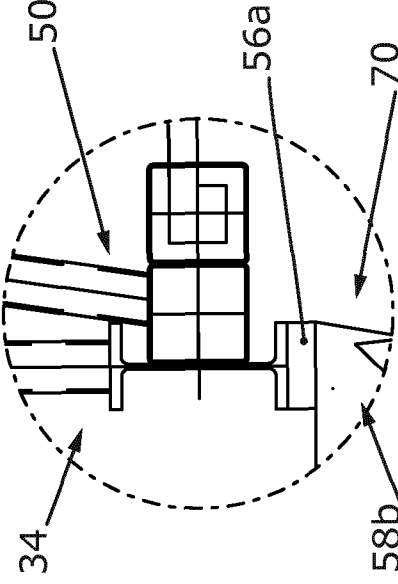


Fig. 2g

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/055129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. E01D21/10 B28B21/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
E01D B28B E02D E21D E03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 500 221 A1 (NORWEGIAN CONTRACTORS [NO]) 26 August 1992 (1992-08-26) column 1, line 1 - column 4, line 34; claim 1; figures 2a-3e -----	1-15
X	EP 1 457 601 A1 (DOKA IND GMBH [AT]) 15 September 2004 (2004-09-15) -----	1,2,5,6, 8,9, 11-14
A	figures 1-9 -----	3,4,7, 10,15
X	DE 21 27 156 A1 (RIEHELMANN, HARRY) 14 December 1972 (1972-12-14) -----	15
A	page 1, line 20 - line 23; figures 1-16 -----	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 May 2018

Date of mailing of the international search report

04/06/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baumgärtel, Tim

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/055129

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0500221	A1	26-08-1992	EP NO 0500221 A1 910317 A	26-08-1992 29-07-1992
EP 1457601	A1	15-09-2004	AT 308641 T DE 50301543 D1 EP 1457601 A1 ES 2249649 T3	15-11-2005 08-12-2005 15-09-2004 01-04-2006
DE 2127156	A1	14-12-1972	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. E01D21/10 B28B21/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
E01D B28B E02D E21D E03F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 500 221 A1 (NORWEGIAN CONTRACTORS [NO]) 26. August 1992 (1992-08-26) Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 4, Zeile 34; Anspruch 1; Abbildungen 2a-3e -----	1-15
X	EP 1 457 601 A1 (DOKA IND GMBH [AT]) 15. September 2004 (2004-09-15) -----	1,2,5,6, 8,9, 11-14
A	Abbildungen 1-9 -----	3,4,7, 10,15
X	DE 21 27 156 A1 (RIEHELMANN, HARRY) 14. Dezember 1972 (1972-12-14) -----	15
A	Seite 1, Zeile 20 - Zeile 23; Abbildungen 1-16 -----	1-14



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Mai 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/06/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Baumgärtel, Tim

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/055129

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
EP 0500221	A1	26-08-1992	EP	0500221 A1	26-08-1992			
			NO	910317 A	29-07-1992			

EP 1457601	A1	15-09-2004	AT	308641 T	15-11-2005			
			DE	50301543 D1	08-12-2005			
			EP	1457601 A1	15-09-2004			
			ES	2249649 T3	01-04-2006			

DE 2127156	A1	14-12-1972	KEINE					
