



(11)

**EP 2 851 471 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.06.2016 Patentblatt 2016/23**

(51) Int Cl.:  
**E02B 17/00<sup>(2006.01)</sup> E02D 27/52<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14185475.2**

(22) Anmeldetag: **19.09.2014**

(54) **Bauwerksstruktur insbesondere Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks und Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks**

Building structure, in particular underwater structure of an offshore structure and method for the construction of an offshore building

Structure de construction en particulier structure sous-marine d'une construction en mer et procédé de fondation d'une construction en mer

(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: **24.09.2013 DE 102013015819**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.03.2015 Patentblatt 2015/13**

(73) Patentinhaber: **RWE Innogy GmbH  
45127 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bartminn, Daniel  
25335 Elmshorn (DE)**  
• **Quintana Saavedra, Jesus David  
22339 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly  
Patentanwälte PartG mbB  
Sattlerweg 14  
51429 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 204 041 US-A- 3 878 687**

**EP 2 851 471 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 Bauwerksstruktur, insbesondere eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander wenigstens teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse gefülltes Volumen zumindest teilweise umschließen.

**[0002]** Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Unterwasserstruktur mit wenigstens einem Stützbein und/oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur, wobei das Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl sowie das Vergrauen des Stützbeins in dem Gründungspfahl oder das Vergroueten eines Ringraums zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl umfasst.

**[0003]** Eine Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art sind beispielsweise aus der WO 2011/010937 A1 und der EP 0 204 041 A1 bekannt.

**[0004]** Offshore-Gründungen werden häufig als Pfahlgründungen ausgeführt, wobei in den Meeresgrund üblicherweise ein oder mehrere Gründungspfähle gerammt oder eingespült werden. Die Pfähle sind häufig als Hohlpfähle aus Stahl ausgebildet, die über eine vorgegebene Länge in den Meeresuntergrund verbracht werden. Auf diese Pfähle wird eine Unterwasserstruktur beziehungsweise Verankerungsstruktur des Offshore-Bauwerks, beispielsweise in Form eines Jacket-Fundaments, aufgesetzt. Das Jacket-Fundament nimmt später ein Übergangsstück (transition piece) und ein auf dem Übergangsstück errichtetes Bauwerk auf. Die Stützbeine der Struktur können beispielsweise mit sogenannten piles sleeves versehen sein, die in der Einbaulage von den Gründungspfählen durchsetzt sind. Alternativ können die Stützbeine in die Gründungspfähle eintauchen. In beiden Fällen ist es üblich, die Bauelemente im Bereich ihrer gegenseitigen Durchdringung zu vergroueten, das heißt mit einer hydraulisch aushärtbaren Vergussmasse zu verbinden. Als Vergussmassen (grout) finden hochviskose Betone Anwendung, die nach deren Aushärten Kräfte zwischen den einander umschließenden Teilen der Bauelemente übertragen.

**[0005]** Insbesondere Offshore-Bauwerke sind durch Wellen und Windeinwirkung dynamisch zyklischen Lasten ausgesetzt, so dass über die Lebensdauer des Bauwerks Zug- und Druckspannungen in die Vergussmasse eingetragen werden. Mit der Zeit unterliegt der Beton einer gewissen Schwindung, wodurch der Oberflächenkontakt des Betons mit dem Stahl unter Umständen vermindert wird, so dass Zugspannungen im Beton zu einer Rissbildung und zu einer verminderten Materialfestigkeit des Betons führen.

**[0006]** Es sind Bemühungen bekannt, die Duktilität des

Betons durch eine Füllung mit Kunststofffasern zu verbessern. Darüber hinaus ist es auch bekannt, die Zugfestigkeit des Materials durch entsprechende Armierung oder durch Stahlfüllungen zu verbessern.

**[0007]** Es hat sich dennoch herausgestellt, dass die Dauerfestigkeit solcher vergossener Verbindungen insbesondere unter dynamischen Lasten nicht zufriedenstellend ist.

**[0008]** Ähnliche Probleme treten bei Flanschverbindungen auf, bei denen die miteinander verflanschten Bauelemente, beispielsweise in Form von Rohrschüssen aus Stahlrohr mit einer Vergussmasse verfüllt sind. Bei solchen mit vorgespannten Bolzen gesicherten Verbindungen kann einer entsprechende Beeinträchtigung der Betonfüllung dazu führen, dass die Zugspannung im Bereich der Bolzenverbindungen verloren geht, so dass sich die Verbindungen lösen können.

**[0009]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Bauwerksstruktur sowie ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei welchem die Dauerfestigkeit der vergossenen Verbindungen insbesondere bei Einwirkung dynamisch zyklischer Lasten verbessert ist.

**[0010]** Die Aufgabe wird zunächst durch eine Bauwerksstruktur gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0011]** Dadurch wird erfindungsgemäß einerseits einer sonst üblichen Schwindung der Vergussmasse entgegengewirkt und andererseits wird über die gesamte Lebensdauer der Bauwerksstruktur eine Vorspannung im Bereich der vergossenen Verbindung erzielt, die einer vorzeitigen Relaxation entgegenwirkt.

**[0012]** Dies ist besonders dann zweckmäßig und vorteilhaft, wenn das Volumen zweier einander durchdringender Bauwerksstrukturen mit einer solchen hydraulisch abbindenden Masse vergossen ist, die nach dem Abbinden eine Volumenzunahme erfährt.

**[0013]** Zweckmäßigerweise erfolgt diese Volumenzunahme über längere Zeit und in einem Maße derart, dass sichergestellt ist, dass die Festigkeitsgrenzen der Bauwerksstruktur nicht überschritten werden.

**[0014]** Eine Bauwerksstruktur im Sinne der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise eine Unterwasserstruktur sein. Auch vergossene Verbindungen, die sich nicht Unterwasser befinden, unterliegen strukturellen Veränderungen, beispielsweise in Form von Trocknungsschwindungen. Auch bei solchen Bauwerksstrukturen ist es sinnvoll und zweckmäßig, die umschlossenen Volumina mit einer hydraulisch abbindenden Masse zu verfüllen, die nach deren Aushärtung eine Volumenzunahme erfährt.

**[0015]** Die Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung umfasst sowohl einander teilweise umschließende strukturelle Bauelemente mit beispielsweise ringraumförmigen Volumina als auch solche Bauelemente, die beispielsweise stoßseitig mit verbolzten Flanschverbindungen aneinander angeschlossen sind.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass als Vergussmasse ein Beton vorgesehen ist, der einen Alkali-

Silikat reaktiven Zuschlag umfasst. Hierdurch wird im Beton eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion zwischen den Alkalien des Zements im Beton und den Betonzuschlägen mit alkalilöslicher Kieselsäure erzeugt. Diese Reaktion verursacht ein Treiben beziehungsweise eine Volumenzunahme des Betons, welches sich die erfindungsgemäße Struktur zu Nutze macht, um eine Vorspannung zwischen den einander umschließenden Bauelementen der Bauwerksstruktur zu erzeugen.

**[0017]** Eine solche Reaktion ist bei nicht umschlossenen beziehungsweise eingespannten Betonteilen normalerweise nicht erwünscht und führt normalerweise zur Zerstörung des betreffenden Bauwerks. Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zu Nutze, dass ein Auftreiben der Vergussmasse infolge einer Alkali-Reaktion bei zumindest überwiegend von Bauwerksstrukturen eingeschlossenen Vergussmassen im Wesentlichen unschädlich ist.

**[0018]** Bei einer vorteilhaften Variante der Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Beton einen Alkaligehalt zwischen  $1 \text{ kg/m}^3$  und  $5 \text{ kg/m}^3$   $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent aufweist. Erfindungsgemäß besitzt der Beton einen Alkaligehalt  $> 1 \text{ kg/m}^3$ , weiterhin vorzugsweise  $> 3 \text{ kg/m}^3$ . Ein Wert von  $5 \text{ kg/m}^3$  sollte nicht überschritten werden.

**[0019]** Alkaligehalte von Zement und Beton werden üblicherweise als sogenanntes  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent angegeben. Das  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent ergibt sich aus der Summe des  $\text{Na}_2\text{O}$ -Anteils und des mit einem Faktor belegten  $\text{K}_2\text{O}$ -Anteils.

**[0020]** Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass Betone mit einem Alkaligehalt von über  $1 \text{ kg/m}^3$   $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent bereits nach deren Aushärtung eine Volumenzunahme erfahren, die ausreicht, um über längere Zeiträume eine Vorspannung der vergossenen Verbindung zu erreichen. Der Alkaligehalt des Betons ergibt sich naturgemäß aus dem Alkaligehalt des Zements und dem Zuschlagsstoff, unter der Annahme, dass kein alkalihaltiger Betonzusatzstoff dem Zement beigefügt ist.

**[0021]** Beton besteht üblicherweise aus dem Zement, gegebenenfalls einem Betonzusatzstoff, der volumetrisch Berücksichtigung findet, und einem Zuschlag sowie einer Wasserbeigabe. Der Zement ist hydraulisch reaktiv und bewirkt mit der Wasserbeigabe das hydraulische Abbinden der Mischung.

**[0022]** Bei einer besonders bevorzugten Variante der Bauwerkstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Zement ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $> 0,6 \text{ M.-%}$  besitzt.

**[0023]** Insbesondere alkaliempfindliche Zuschläge, beispielsweise Gesteinskörnungen, führen in Verbindung mit Zementen mit einem  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $> 0,6 \text{ M.-%}$  zu der gewünschten Volumenzunahme des Betons.

**[0024]** Der Zuschlag ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Schluffstein, Kalkstein, Quarzit, Grauwacke, Granit, Diorit, Gabbro, rhyolitischer Tuff, Chloritschiefer oder Basalt.

**[0025]** Der Zuschlag kann mehr als  $1 \text{ M.-%}$  reine Kristalline oder amorphe Silikatminerale umfassen, die vorzugsweise ausgewählt sind aus einer Gruppe umfassen Opal, Cristobalit, Obsidian oder anderes vulkanisches oder künstliches Glas.

**[0026]** Unter vulkanischem Glas im Sinne der vorliegenden Anmeldung ist ein amorphes Vulkalit mit hohem Silikatanteil zu verstehen.

**[0027]** Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Volumenzunahme der Betonzusammensetzung nach einem Jahr unter Testbedingungen nach ASTM C1293 zwischen  $0,06$  und  $0,24 \text{ %}$  beträgt.

**[0028]** Bei Verwendung moderat alkalireaktiver Zuschläge kann beispielsweise die Volumenzunahme im Bereich von  $0,06 \text{ %}$  oder geringfügig mehr als  $0,06 \text{ %}$  betragen.

**[0029]** Bei Verwendung hoch alkalireaktiver Zuschläge und gegebenenfalls hoch alkalihaltiger Zemente kann die Volumenzunahme in der Größenordnung von  $0,12 \text{ %}$  betragen. Bei Verwendung extrem reaktiver Zuschläge und/oder Zemente mit extrem hohem Alkalianteil kann die Volumenzunahme nach einem Jahr mehr als  $0,24 \text{ %}$  betragen.

**[0030]** Die Wasserzugabe des gießfertigen Betons wird vorzugsweise so gewählt, dass die relative innere Feuchtigkeit des Betons nach zwei Jahren etwa  $80 \text{ %}$  beträgt.

**[0031]** Bei einer besonders zweckmäßigen und vorteilhaften Variante der Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Zement ohne Betonzusatzstoffe Anwendung findet.

**[0032]** Bei Verwendung von Flugasche als Betonzusatzstoff mit einem Anteil von weniger als  $8 \text{ M.-%}$  CaO sollte der Anteil des Betonzusatzstoffes  $< 30 \text{ M.-%}$  betragen. Bei Verwendung von Flugasche mit einem CaO-Anteil von  $8$  bis  $20 \text{ M.-%}$  sollte der  $\text{M.-%}$ -Anteil des Betonzusatzstoffes  $< 35 \text{ %}$  betragen.

**[0033]** Bei Verwendung von Flugasche mit einem Anteil von  $8$  bis  $20 \text{ M.-%}$  CaO als Betonzusatzstoff sollte der Anteil des Betonzusatzstoffes  $< 60 \text{ M.-%}$  betragen, bei Verwendung von Silikatstaub  $< 12 \text{ M.-%}$ , bei Verwendung von Schlacke  $< 65 \text{ M.-%}$  und bei Verwendung von Metakaolin  $< 20 \text{ M.-%}$ . Bei der Verwendung von Flugasche als Betonzusatzwerkstoff sollte der Anteil von CaO in der Flugasche idealer Weise über  $15 \text{ M.-%}$  betragen.

**[0034]** Bei einer bevorzugten Variante der Bauwerkstruktur gemäß der Erfindung sind als Strukturbauelemente wenigstens ein Gründungspfahl im Meeresuntergrund und wenigstens ein Stützbein oder wenigstens eine Pfahlführung an einer Gründungsstruktur des Offshore-Bauwerks vorgesehen und die Vergussmasse füllt einen Ringraum zwischen dem Stützbein oder der Pfahlführung einerseits und dem Pfahl andererseits aus.

**[0035]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Unterwasserstruktur mit wenigstens einem Stützbein oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur, wo-

bei dem Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl sowie das Vergouten des Stützbeins in dem Gründungspfahl oder das Vergouten eines Ringraums zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl umfasst, und wobei als Vergussmasse eine hydraulisch abbindende Masse verwendet wird, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

**[0036]** Als Vergussmasse findet zweckmäßigerweise ein Beton der vorstehend beschriebenen Art Anwendung.

**[0037]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

**[0038]** Es zeigen:

Figur 1: einen Längsschnitt durch eine Bauwerksstruktur gemäß der Erfindung und

Figur 2: einen Querschnitt entlang der Linien II-II in Figur 1,

Figur 3: einen Graphen für die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen als Zuschlag mit einem Größtkorn von 8 mm und

Figur 4: einen Graphen für die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen als Zuschlag mit einem Größtkorn von 16 mm.

**[0039]** Die Figuren 1 und 2 zeigen einen Teil einer unter Wasser befindlichen Verankerungsstruktur eines Offshore-Bauwerks. Die Verankerungsstruktur umfasst ein Stützbein 1, welches in einen im Meeresuntergrund verankerten Gründungspfahl 2 eingesetzt ist. Die Verankerungsstruktur ist beispielsweise als sogenanntes Jacket-Fundament mit mehreren Stützbeinen 1 ausgeführt, welche ein Übergangsstück (transition piece) und ein darauf errichtetes Bauwerk, beispielsweise in Form eines Turmes mit einem Windkraftgenerator aufnimmt.

**[0040]** Das Stützbein 1 ist Teil der Stahlkonstruktion des Jacket-Fundaments und taucht über eine vorgegebene Einbettungslänge in den Gründungspfahl 2 ein. Der Gründungspfahl 2 ist beispielsweise als Stahlrohr ausgeführt, dieser wurde in den Meeresuntergrund eingerammt oder eingespült. Das Stützbein 1 kann beispielsweise auf einer Füllung innerhalb des Gründungspfahls 2 abgesetzt sein. Alternativ kann sich dieses beispielsweise über ein sogenanntes Bracket auf dem Gründungspfahl 2 abstützen.

**[0041]** Der zwischen dem Gründungspfahl 2 und dem diesen durchsetzenden Stützbein 1 gebildete Ringraum 3 ist in bekannter Art und Weise vergoutet, das heißt mit einer aushärtbaren Vergussmasse 4 gefüllt.

**[0042]** Obwohl im Folgenden die Erfindung unter Bezugnahme auf die Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks mit wenigstens einem Stützbein erläutert wird,

ist die Erfindung grundsätzlich so zu verstehen, dass die Anordnung des Stützbeins 1 in dem Gründungspfahl 2 repräsentativ für wenigstens zwei einander teilweise umschließende oder teilweise durchsetzende Bauelemente aus Stahl sein soll, die eine äußere Umschließung und eine innere Umschließung bilden. In diesem Falle definiert der Gründungspfahl 2 die äußere Umschließung, das Stützbein 1 hingegen die innere Umschließung, der zwischen diesen gebildete Ringraum 3 bildet das zu erfüllende Volumen. Über die in dem Ringraum 3 eingeführte Vergussmasse 4 wird eine Festlegung der inneren Umschließung bezüglich der äußeren Umschließung bewirkt, wobei die Vergussmasse 4 im ausgehärteten Zustand Kräfte zwischen dem Stützbein 1 und dem Gründungspfahl überträgt.

**[0043]** Die Vergussmasse 4 innerhalb des Ringraums kann zusätzlich mit Armierungselementen durchsetzt sein. Im Falle des beschriebenen Ausführungsbeispiels sind auf der Innenseite des Gründungspfahls 2 Scherdübel 5 vorgesehen, die in die Vergussmasse 4 eingebettet sind. Alternativ können die Scherdübel 5 auch an dem Stützbein 1 vorgesehen sein. Anstelle von Scherdübeln 5 können auch Ausnehmungen/Öffnungen im Stützbein 1 und/oder am Gründungspfahl 2 vorgesehen sein, in die die Vergussmasse 4 hineinfließt und so einen Formschluss erzeugt. Im vorliegenden Fall ist als Vergussmasse ein Beton vorgesehen, der mit einem Alkali-Silikat reaktiven Zuschlag hergestellt wurde und dessen Zement ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von mehr als 0,6 M.-% aufweist. Als Zuschlag für den Beton wurde beispielsweise eine Gesteinskörnung mit einem Größtkorn von 8 mm oder einem Größtkorn von 16 mm gewählt, die als Gesteinsarten beispielsweise Granit, Diorit, Grabbo, Basalt, Quarzit, Grauwacke oder dichte Kalksteine umfasst, so dass der Alkaligehalt des Betons, also der fertigen Mischung aus Zement und Zuschlag einen Alkaligehalt von mehr als  $1 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent aufweist. Idealerweise beträgt der Alkaligehalt des Betons mehr als  $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent. Ein solcher Alkaligehalt wird beispielsweise erreicht, wenn silikathaltige Kalksteine als Zuschlag verwendet werden.

**[0044]** Wenn Schluffstein oder Siltstein als Zuschlag Anwendung findet, kann der Alkaligehalt des Betons mehr als  $4 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent betragen.

**[0045]** In den Figuren 3 und 4 sind die Grenzsieblinien für Gesteinskörnungen mit einem Größtkorn von 8 mm (Figur 3) und einem Größtkorn von 16 mm (Figur 4) dargestellt, wobei bei der Verwendung einer Gesteinskörnung mit einem Größtkorn von 8 mm Zuschläge mit den Sieblinien A8 oder B8 verwendet werden, bei einem Größtkorn von 16 mm werden Zuschläge mit den Sieblinien A16 oder B16 verwendet.

**[0046]** Die Sieblinien werden mit Maschensieben und Quadratlochsieben gemäß DIN ISO 3310-1 und DIN ISO 3310-2 ermittelt, wobei oberhalb einer Korngröße von 2,5 mm Quadratlochsiebe Anwendung finden.

**[0047]** Bei den Zuschlägen werden solche Gesteinskörnungen bevorzugt, die ein größeres E-Modul und eine

geringere Wasseraufnahmefähigkeit aufweisen. Dies sind bevorzugt Granite, Diorite Grabbo, Basalt, Quarzit sowie Kalkstein mit einer höheren Dichte.

Die bevorzugte Betonmischung begünstigt bei Anwesenheit von Wasser eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion, die zum Auftreiben des Betons nach dessen Erhärtung, das heißt nach Vollendung des hydraulischen Abbindeprozesses, führt.

**[0048]** Die Zusammensetzung des Betons wird so gewählt, dass die Volumenzunahme nach einem Jahr wenigstens 0,06 % beträgt. Die Volumenzunahme wird vorzugsweise an einem Betonblock gemäß Teststandard nach ASTM C1293 ermittelt.

**[0049]** Die Volumenzunahme bei moderat reaktiven Betonmischungen beträgt etwa 0,06 %, bei hoch reaktiven Betonmischungen kann die Volumenzunahme etwa 0,12 % betragen, bei Verwendung extrem reaktiver Betonmischungen kann die Volumenzunahme etwa 0,24 % oder mehr betragen.

**[0050]** Unter reaktiv im Sinne der vorliegenden Erfindung wird die Alkali-Kieselsäure-Reaktivität der Mischung zu verstehen. Als Alkali-Kieselsäure-Reaktion bezeichnet man die chemische Reaktion zwischen den Alkalien im Zement und den Betonzuschlägen mit alkalilöslicher Kieselsäure. Diese Alkali-Kieselsäure-Reaktion wird auch als Alkali-Aggregat-Reaktion bezeichnet.

Bezugszeichenliste

#### **[0051]**

- 1 Stützbein
- 2 Gründungspfahl
- 3 Ringraum
- 4 Vergussmasse
- 5 Scherdübel

#### **Patentansprüche**

1. Bauwerksstruktur, insbesondere Unterwasserstruktur eines Offshore-Bauwerks, umfassend wenigstens zwei aneinander angeschlossene oder einander wenigstens teilweise umschließende Bauelemente aus Stahl, die wenigstens ein mit einer aushärtbaren Vergussmasse (4) gefülltes Volumen zumindest teilweise umschließen, wobei als Vergussmasse (4) eine hydraulisch abbindende Masse vorgesehen ist, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt, wobei als Vergussmasse ein Beton vorgesehen ist, der einen Alkali-Silikat reaktiven Zuschlag umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beton einen Alkaligehalt von  $\geq 1 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent aufweist.
2. Bauwerksstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beton einen Alkaligehalt

zwischen  $1 \text{ kg/m}^3$  und  $5 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -Äquivalent, vorzugsweise  $\geq 2 \text{ kg/m}^3$ , vorzugsweise  $\geq 3 \text{ kg/m}^3$  und vorzugsweise  $\geq 4 \text{ kg/m}^3$  aufweist.

3. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zement ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $> 0,6 \text{ M.-%}$ , vorzugsweise ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $> 0,7 \text{ M.-%}$ , vorzugsweise ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $> 1,1 \text{ M.-%}$ , weiterhin vorzugsweise ein  $\text{Na}_2\text{O}$ -Äquivalent von  $\geq 2 \text{ M.-%}$  aufweist.
4. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuschlag ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Schluffstein, Kalkstein, Quarzit, Grauwacke, Granit, Diorit, Grabbo, rhyolitischer Tuff, Chloritschiefer, Basalt.
5. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zuschlag mehr als  $1 \text{ M.-%}$  reine kristalline oder amorphe Silikatminerale, vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Opal, Cristobalit, Obsidian oder anderes vulkanisches oder künstliches Glas enthält.
6. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Volumenzunahme der Betonzusammensetzung nach einem Jahr unter Testbedingungen nach ASTM C1293 zwischen 0,06 und 0,24 M.-% beträgt.
7. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zement ohne Betonzusatzstoffe Anwendung findet.
8. Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Bauelemente wenigstens ein Gründungspfahl (2) im Meeresuntergrund und wenigstens ein Stützbein (1) oder wenigstens eine Pfahlführung an einer Gründungsstruktur eines Offshore-Bauwerks vorgesehen sind und dass die Vergussmasse (4) einen Ringraum (3) zwischen dem Stützbein (1) oder der Pfahlführung einerseits und dem Gründungspfahl (2) andererseits ausfüllt.
9. Verfahren zur Gründung eines Offshore-Bauwerks, umfassend eine Bauwerksstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Bauwerksstruktur eine Unterwasserstruktur mit wenigstens einem Stützbein (1) oder wenigstens einer Pfahlführung an der Unterwasserstruktur ist, wobei das Verfahren das Erstellen wenigstens eines Gründungspfahls (2) im Meeresuntergrund und das Verbinden der Unterwasserstruktur mit dem Gründungspfahl (2) sowie das VergROUTEN des Stützbeins (1) in dem Gründungspfahl oder das VergROUTEN eines Ringraums (3) zwischen der Pfahlführung und dem Gründungspfahl (2) umfasst, und wobei als Vergussmasse (4)

eine hydraulisch abbindende Masse verwendet wird, die eine Volumenzunahme nach dem Abbinden erfährt.

## Claims

1. Building structure, in particular an underwater structure of an offshore construction, comprising at least two steel structural elements which are connected to one another or at least partially enclose one another and which at least partially enclose at least one volume filled with a curable casting compound (4), wherein the casting compound (4) provided is a hydraulically setting compound which experiences a volume increase after setting, wherein the casting compound provided is a concrete which comprises an alkali silicate-reactive aggregate, **characterized in that** the concrete has an alkali content of  $\geq 1 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$  equivalent.
2. Building structure according to Claim 1, **characterized in that** the concrete has an alkali content between  $1 \text{ kg/m}^3$  and  $5 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$  equivalent, preferably  $\geq 2 \text{ kg/m}^3$ , preferably  $\geq 3 \text{ kg/m}^3$  and preferably  $\geq 4 \text{ kg/m}^3$ .
3. Building structure according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the cement has an  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalent of  $> 0.6 \text{ wt\%}$ , preferably an  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalent of  $> 0.7 \text{ wt\%}$ , preferably an  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalent of  $> 1.1 \text{ wt\%}$ , more preferably an  $\text{Na}_2\text{O}$  equivalent of  $\geq 2 \text{ wt\%}$ .
4. Building structure according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the aggregate is selected from a group comprising siltstone, limestone, quartzite, greywacke, granite, diorite, gabbro, rhyolitic tuff, chlorite slate and basalt.
5. Building structure according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** aggregate contains more than  $1 \text{ wt\%}$  of pure crystalline or amorphous silicate minerals, preferably selected from a group comprising opal, cristobalite, obsidian or other volcanic or artificial glass.
6. Building structure according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the volume increase of the concrete composition after one year under test conditions in accordance with ASTM C1293 is between  $0.06$  and  $0.24 \text{ wt\%}$ .
7. Buildings structure according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** a cement without concrete aggregates is used.

8. Building structure according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the structural elements provided comprise at least one foundation pile (2) in the seabed and at least one support leg (1) or at least one pile guide on a foundation structure of an offshore construction, and **in that** the casting compound (4) fills an annular space (3) between the support leg (1) or the pile guide on the one hand and the foundation pile (2) on the other hand.
9. Method for the foundation of an offshore construction, comprising a building structure according to one of Claims 1 to 8, wherein the building structure is an underwater structure with at least one support leg (1) or at least one pile guide on the underwater structure, wherein the method comprises the erection of at least one foundation pile (2) in the seabed and the connection of the underwater structure to the foundation pile (2) and the grouting of the support leg (1) in the foundation pile or the grouting of an annular space (3) between the pile guide and the foundation pile (2), and wherein the casting compound (4) used is a hydraulically setting compound which experiences a volume increase after setting.

## Revendications

1. Structure de construction, notamment structure sous-marine d'une construction en mer, comprenant au moins deux éléments de construction en acier raccordés l'un à l'autre ou au moins partiellement entourés l'un par l'autre, qui entourent au moins partiellement au moins un volume rempli avec une masse de scellement durcissable (4), une masse à prise hydraulique qui subit une augmentation de volume après la prise étant prévue en tant que masse de scellement, un béton qui comprend un additif réactif de silicate alcalin étant prévu en tant que masse de scellement, **caractérisée en ce que** le béton présente une teneur en alcalis  $\geq 1 \text{ kg/m}^3$  d'équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$ .
2. Structure de construction selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le béton présente une teneur en alcalis comprise entre  $1 \text{ kg/m}^3$  et  $5 \text{ kg/m}^3$  d'équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$ , de préférence  $\geq 2 \text{ kg/m}^3$ , de préférence  $\geq 3 \text{ kg/m}^3$  et de préférence  $\geq 4 \text{ kg/m}^3$ .
3. Structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le ciment comprend un équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$  de  $> 0,6 \text{ \%}$  en moles, de préférence un équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$  de  $> 0,7 \text{ \%}$  en moles, de préférence un équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$  de  $> 1,1 \text{ \%}$  en moles, également de préférence un équivalent de  $\text{Na}_2\text{O}$  de  $\geq 2 \text{ \%}$  en moles.
4. Structure de construction selon l'une quelconque

des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** l'additif est choisi dans le groupe comprenant la silite, le calcaire, le quartzite, le grauwacke, le granite, la diorite, le gabbro, le tuf rhyolitique, le chloritoschiste, le basalte.

5

5. Structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'additif contient plus de 1 % en moles de minéraux silicatés cristallins ou amorphes purs, de préférence choisis dans un groupe comprenant l'opale, la cristobalite, l'obsidienne ou un autre verre volcanique ou artificiel. 10
6. Structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** l'augmentation de volume de la composition de béton après un an en conditions d'essais selon ASTM C1293 est comprise entre 0,06 et 0,24 % en moles. 15  
20
7. Structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce qu'un** ciment sans additif de béton est utilisé.
8. Structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'au** moins un pieu de fondation (2) dans le fond de la mer et au moins une jambe de soutien (1) ou au moins un guide de pieu sur une structure de fondation d'une construction en mer sont prévus en tant qu'éléments de construction, et **en ce que** la masse de scellement (4) remplit un espace annulaire (3) entre la jambe de soutien (1) ou le guide de pieu d'une part et le pieu de fondation (2) d'autre part. 25  
30  
35
9. Procédé de fondation d'une construction en mer, comprenant une structure de construction selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, la structure de construction étant une structure sous-marine comprenant au moins une jambe de soutien (1) ou au moins un guide de pieu sur la structure sous-marine, le procédé comprenant la construction d'au moins un pieu de fondation (2) dans le fond de la mer et la liaison de la structure sous-marine avec le pieu de fondation (2), ainsi que le jointoiement de la jambe de soutien (1) dans le pieu de fondation ou le jointoiement d'un espace annulaire (3) entre le guide de pieu et le pieu de fondation (2), et une masse à prise hydraulique qui subit une augmentation de volume après la prise étant utilisée en tant que masse de scellement (4). 40  
45  
50

55

Fig. 1

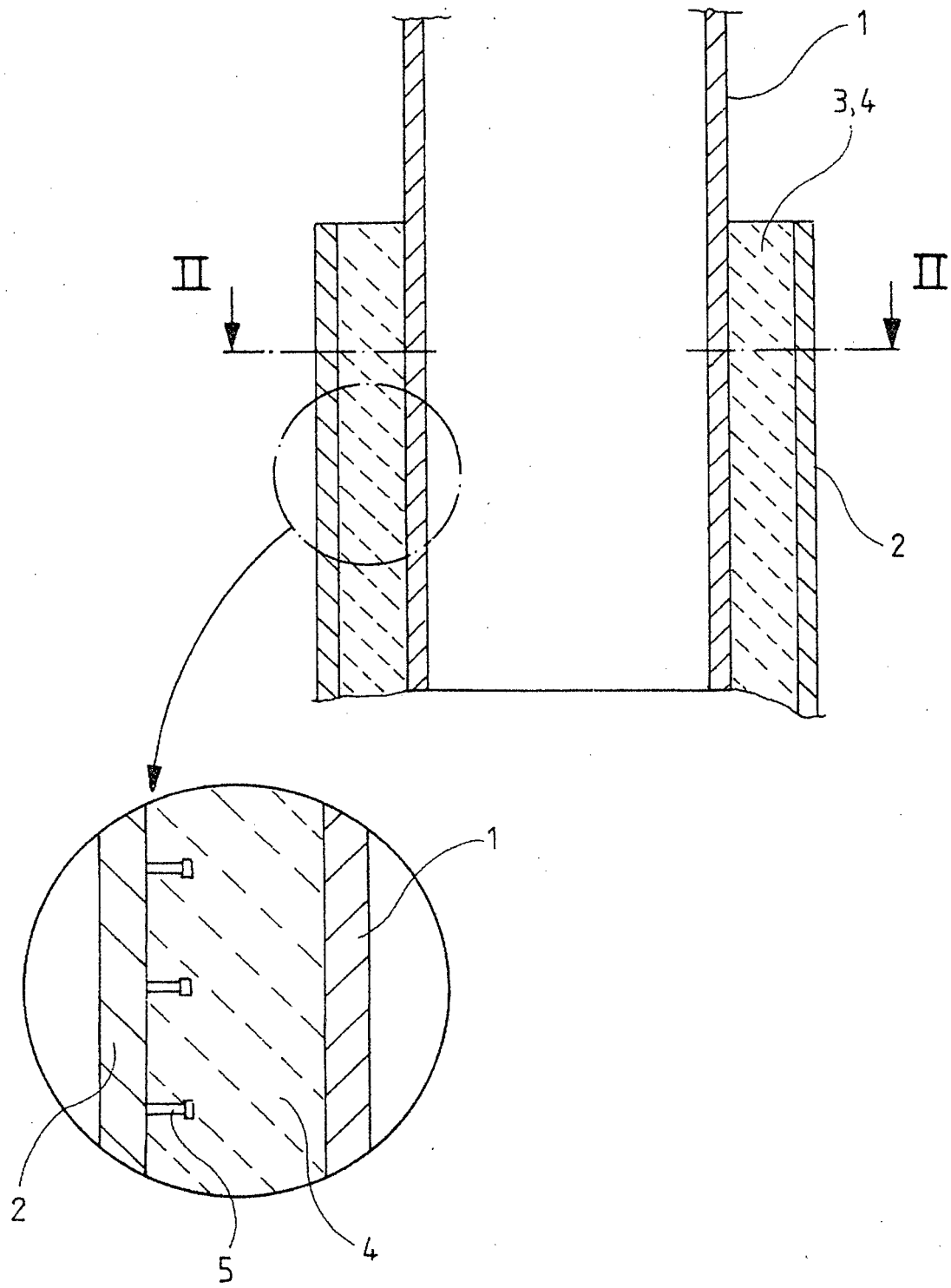
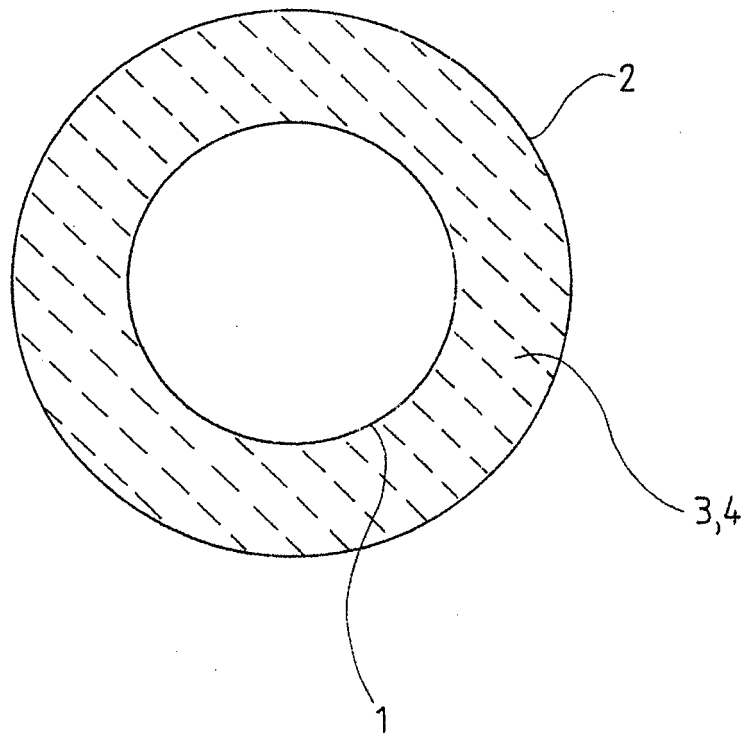


Fig. 2



Volumenanteil [%]

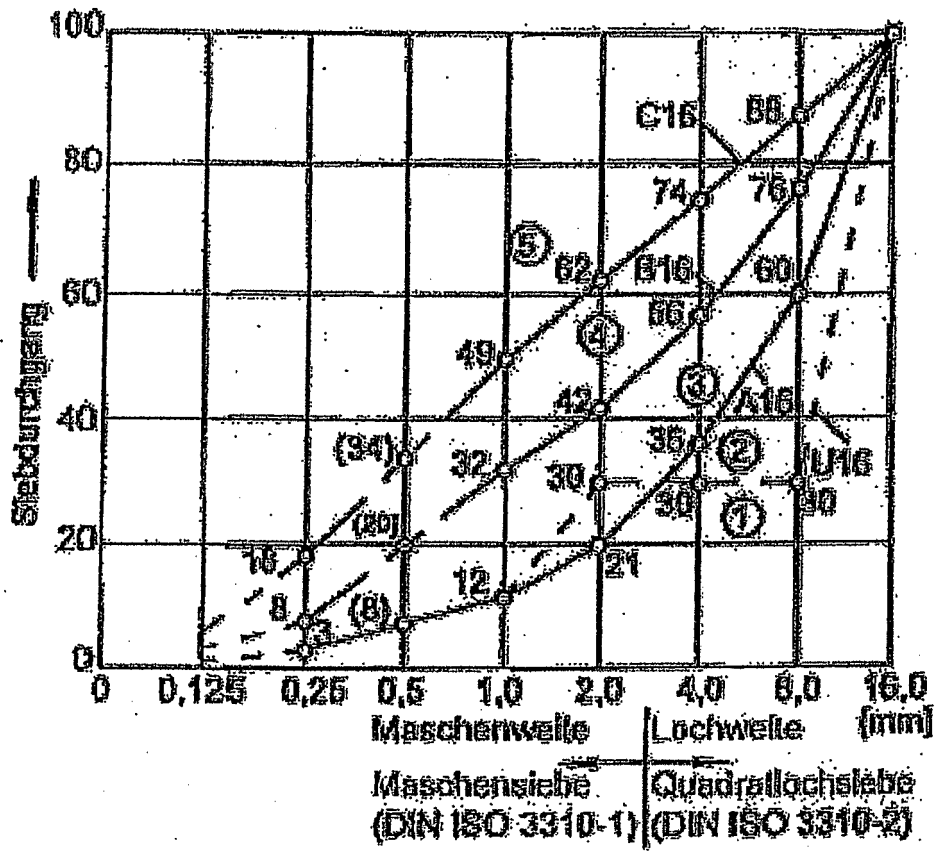


Fig. 3

Volumenanteil [%]

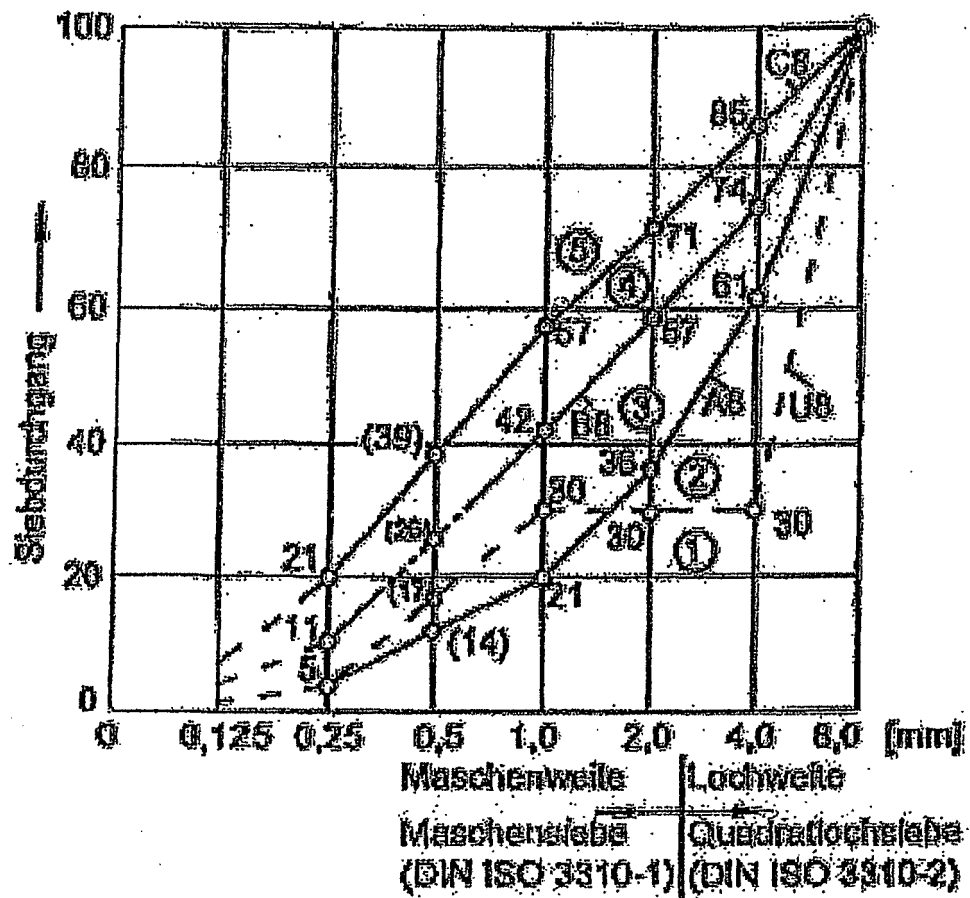


Fig. 4

**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 2011010937 A1 [0003]
- EP 0204041 A1 [0003]