



(11) **EP 2 123 836 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.11.2009 Patentblatt 2009/48

(51) Int Cl.:
E04B 1/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09450102.0**

(22) Anmeldetag: **19.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK TR**

- **Dallinger, Sonja**
1100 Wien (AT)
- **Pardatscher, Herbert**
1210 Wien (AT)

(30) Priorität: **19.05.2008 AT 8052008**

(71) Anmelder: **Technische Universität Wien**
1040 Wien (AT)

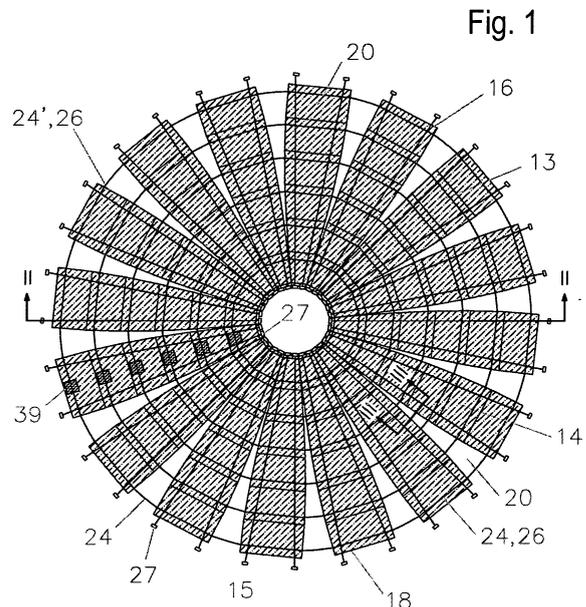
(74) Vertreter: **Margotti, Herwig Franz et al**
Kopecky & Schwarz
Patentanwälte
Wipplingerstrasse 30
1010 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **Kollegger, Johann**
3400 Klosterneuburg (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Schale**

(57) Ein kosten- und materialgünstiges Verfahren zur Herstellung einer Schale ist gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale:

- Einmessen einer Grundfläche (12) auf einer Arbeitsfläche (15), vorzugsweise einer ebenen Arbeitsfläche (15), wobei die Grundfläche (12) größer ist als der Grundriss der Schale (10) und mindestens die Ausmaße der auf die Arbeitsfläche übertragenen Oberfläche der Schale (10) aufweist;
- Auflegen eines aufblasbaren Pneus (11) auf die Grundfläche (12);
- Anordnen von die Schale (10) bildenden Flächentragwerkelementen (13) auf dem Pneu (11);
- Anordnen von flexiblen Zuggliedern (24') in zueinander fluchtenden Hohlräumen (26) der Flächentragwerkelemente (13), wobei die Hohlräume (26) sich in Richtung einer Krümmung der Schale (10) erstrecken;
- Anordnen von zumindest einem flexiblen Zugglied (24) der Flächentragwerkelemente (13), wobei sich die Zugglieder (24') mit dem zumindest einen Zugglied (24) unter einem Winkel von zumindest 30° überkreuzen;
- Bildung der Schale (10) durch Aufblasen des Pneus (11) unter Zugbelastung der Zugglieder (24, 24'), wodurch die Fugen geschlossen werden und die Flächentragwerkelemente (13) sich entlang ihrer Ränder bzw. Kanten berühren.



EP 2 123 836 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer - vorzugsweise zweifach räumlich gekrümmten - Schale aus Flächentragwerkelementen sowie eine danach hergestellte Schale.

[0002] Besonders geeignet für die Herstellung von räumlich gekrümmten Schalen sind Werkstoffe, die sich gießen lassen, wie z.B. Stahlbeton, Kunststoffe und Wasser bzw. Eis.

[0003] Schalen aus den genannten Werkstoffen sind Flächentragwerke, die zum Beispiel als Überdachung für Ausstellungshallen oder Veranstaltungshallen verwendet werden können.

[0004] Zusätzlich zu dem genannten Einsatzgebiet von Schalen zur Überdachung von großen Flächen können räumlich gekrümmte Schalen aus Holz auch als Schalung zur Formung von Hohlräumen in massiven Betonkonstruktionen, beispielsweise in Staudämmen, eingesetzt werden.

[0005] Schalentragwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei geeigneter Form und Lagerung Lasten überwiegend durch Membrankräfte abtragen. Dies führt zu einer äußerst günstigen Materialausnutzung und geringem Materialverbrauch. Den Ersparnissen beim Materialverbrauch stehen aber erhöhte Lohnkosten für die Herstellung räumlich gekrümmter Schalungen entgegen. Ausgeführte Schalentragwerke, wie sie beispielsweise in "Räumliche Dachtragwerke - Konstruktion und Ausführung" von Hermann Rühle, Band 1, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1969, S. 177, 248, 256 und "Heinz Isler - Schalen" von Ekkehard Ramm und Eberhard Schunk (Hrsg.), Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1986, S. 51, 68, 70, 77 beschrieben sind, weisen in der Regel komplizierte; räumlich gekrümmte Schalungen aus Holz und/oder Stahl auf.

[0006] Weil die Herstellung und der Einsatz von Gussformen und pneumatischen Schalungen sehr teuer sind, wurden zweifach räumlich gekrümmte Flächentragwerke aus Stäben gebaut. Bei Fachwerkkuppeln wird die kontinuierliche Fläche der Schale durch Stäbe aus Stahl oder Holz ersetzt, die polygonal die gekrümmte Schalfläche annähern.

[0007] Räumlich gekrümmte Flächentragwerke werden als Schalen bezeichnet, wenn die Fläche ein Kontinuum darstellt - im Unterschied zu den genannten Fachwerkkuppeln nicht durch einzelne Stäbe gebildet wird.

[0008] Die Fläche einer räumlich gekrümmten Schale kann auch aus einem nicht gießfähigen Werkstoff wie beispielsweise Holz bestehen. In AT 410 342 wird ein Werkstoffverbund aus biegesteifen, ebenen Holzplatten vorgeschlagen, die die Zuschnittform eines Dreiecks oder Vierecks aufweisen und entlang benachbarter Kanten gelenkig verbunden sind. Die Gelenkverbindung entlang der Kanten wird durch ein einseitiges Aufkleben eines textilen Gewebes oder einer biegsamen Membran hergestellt. Die Herstellung einer räumlich gekrümmten Schale nach diesem Verfahren erfordert das Anheben

von einzelnen Punkten des Werkstoffverbundes. Die bei dem Hebevorgang auftretenden Zugkräfte müssen von den Klebeverbindungen in den Gelenken aufgenommen werden. Wegen der eingeschränkten Tragfähigkeit von geklebten Verbindungen ist die Herstellung von Schalen nach diesem Verfahren auf kleine Spannweiten beschränkt.

[0009] Um die Kosten für den Bau räumlich gekrümmter Schalungen zu sparen, sind auch pneumatische Schalungen bekannt geworden. Schalen in Kugelform oder in Zylinderform und Schalen mit mehr oder weniger geringfügigen Abwandlungen dieser Grundformen können auf diese Weise hergestellt werden, siehe z.B. "Kuppelbau mit pneumatischer Schalung" von Franz Derflinger, in "Beton- und Stahlbetonbau", Jahrgang 1983, Heft 11, Seite 299 bis 302.

[0010] Um die Form einer pneumatischen Schalung zu verändern, wird in der DE 35 00 153 vorgeschlagen, auf der Oberfläche der pneumatischen Schalung radial verlaufende Seile anzuordnen, die gegen die pneumatische Schalung vorgespannt sind. Mit der pneumatischen Schalung gemäß DE 35 00 153 wird die Krümmung der Schalung in der Nähe der Seile örtlich erhöht, was günstig für die Stabilität der auf dieser Schalung herzustellenden Schale ist.

[0011] Aufwändig bei pneumatischen Schalungen ist die Herstellung des Pneus aus Zuschnitten. Nachteilig ist, dass das Aufbringen des Baustoffs der Schale in dünnen Schichten, z.B. durch Spritzbeton, erfolgen muss, weil die Tragfähigkeit des Pneus für gleichmäßig verteilte Lasten zwar hoch ist, örtliche Lasten aber zu großen Verschiebungen führen.

[0012] Weil das Aufbringen des Spritzbetons auf den Pneu zur Herstellung einer Betonschale oder das Aufspritzen von Wasser auf den Pneu zur Herstellung einer Eisschale ein aufwändiger Herstellungsvorgang ist, ist in der EP 1 706 553 vorgeschlagen worden, eine Platte aus gießfähigem Material wie z.B. Beton oder Wasser bzw. Eis auf einer ebenen Arbeitsfläche herzustellen und die Platte anschließend durch das Aufblasen eines Pneus und das Anspannen von Spanngliedern in eine Schale umzuformen. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass ein zweites weiches Material in der Platte eingelegt sein muss, das sich während des Umformungsprozesses von der Platte zur Schale plastisch verformt, aber in der endgültigen Schale verbleibt. Nachteilig ist weiterhin, dass die Krümmung der mit diesem Verfahren herzustellenden Schale begrenzt ist.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer gekrümmten Schale ohne den Aufbau einer räumlich gekrümmten Schalung und des dazugehörigen Lehrgerüsts und ohne den aufwändigen Herstellungsvorgang des Aufspritzen von Baustoff auf eine pneumatische Schalung zu ermöglichen, das nicht auf kleine Spannweiten und Krümmungen begrenzt ist und bei dem kein plastisch verformtes Material in der endgültigen Schale verbleibt.

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch

die Kombination folgender Merkmale gelöst:

- Einmessen einer Grundfläche auf einer Arbeitsfläche, vorzugsweise einer ebenen Arbeitsfläche, wobei die Grundfläche größer ist als der Grundriss der Schale und mindestens die Ausmaße der auf die Arbeitsfläche übertragenen Oberfläche der Schale aufweist;
- Auflegen eines aufblasbaren Pneus auf die Grundfläche;
- Anordnen von die Schale bildenden Flächentragwerkelementen auf dem Pneu;
- Anordnen von flexiblen Zuggliedern in zueinander fluchtenden Hohlräumen der Flächentragwerkelemente, wobei die Hohlräume sich in Richtung einer Krümmung der Schale erstrecken;
- Anordnen zumindest eines flexiblen Zugglieds in Hohlräumen der Flächentragwerkelemente, wobei sich die Zugglieder in radialer Richtung mit dem zumindest einen Zugglied in Umfangsrichtung unter einem Winkel von zumindest 30° überkreuzen;
- Bildung der Schale durch Aufblasen des Pneus unter Zugbelastung der Zugglieder, wodurch die Fugen geschlossen werden und die Flächentragwerkelemente sich entlang ihrer Ränder bzw. Kanten berühren.

[0015] Beim Aufwölben der Flächentragwerkelemente bilden sich Fugen. Diese werden vorzugsweise mit einem aushärtenden Vergussmaterial verfüllt, wodurch eine hohe Stabilität der so gebildeten Schale sichergestellt ist. Als Vergussmaterial haben sich Zementmörtel, Kunstharz, Kunststoff oder Wasser bewährt.

[0016] Vorzugsweise wird zusätzlich mindestens ein Zugglied nach Aushärten des Vergussmaterials vorgespannt.

[0017] Zweckmäßig werden Flächentragwerkelemente aus Beton, Stahlbeton, Faserbeton, textilbewährtem Beton, Kunststoff, Holz, Stahl, Aluminium, Glas oder Eis gebildet und weiters werden zweckmäßig Zugglieder aus Spanndrahtlitzen, Monolitzen, Edelstahlseilen, Edelstahllitzen oder aus faserverstärktem Kunststoff gebildet.

[0018] Damit die Flächentragwerkelemente beim Aufwölben zur Schale an ihren gegenseitig zur Anlage gelangenden Rändern nicht beschädigt werden, werden sie zweckmäßig an diesen Rändern mit einem Kantenschutz versehen.

[0019] Dieser Kantenschutz kann zweckmäßig bei einem Flächentragwerkelement als Nut und bei einem benachbarten Flächentragwerkelement als in diese Nut eingreifende Feder ausgebildet sein.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Variante wird der Pneu aus zwei übereinanderliegenden Folien mit einem dazwischen liegenden Vlies gebildet, wobei die übereinanderliegenden Folien an ihren Rändern dicht miteinander verbunden werden und eine Gaseinleitvorrichtung an einer Folie vorgesehen wird.

[0021] Die Folien sind zweckmäßig aus Polyvinylchlorid

oder Polyethylen in allen denkbaren Varianten hergestellt.

[0022] Eine größere Sicherheit beim Aufwölben der Flächentragwerkelemente gegen Verkippen ergibt sich, wenn Flächentragwerkelemente mit mindestens zwei Hohlräumen zur Aufnahme von jeweils einem Zugglied versehen werden.

[0023] Vorzugsweise sind die Hohlräume von Hüllrohren gebildet, in die Zugglieder eingefädelt werden.

[0024] Es kann zweckmäßig sein, einen einen Stützrand der Schale bildenden Rand während des Aufwölbens der Schale nieder zu halten. Dies kann beispielsweise mittels einer Auflast und/oder durch ein Verankern mindestens eines Zuggliedes in der Arbeitsfläche und/oder durch Führen mindestens eines Zuggliedes in einer Schiene, die vorzugsweise in der Arbeitsfläche angeordnet ist und/oder mit Hilfe einer Hilfskonstruktion, die ein Ausweichen des Randes nach oben verhindert, bewerkstelligt werden.

[0025] Ein Variante des Herstellungsverfahrens ist **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anordnen von die Schale bildenden Flächentragwerkelementen auf dem Pneu durch Aufgießen eines die Flächentragwerkelemente bildenden gießfähigen Materials, wie Beton, Kunststoff oder Wasser bewerkstelligt wird, wobei die Grundfläche mit einer umlaufenden Randschalung zur Einfassung des gießfähigen Materials versehen wird. Nach dem Erhärten des gießfähigen Materials wird die ebene Platte in Flächentragwerkelemente zerteilt. Dies wird durch Entfernen eines Teils des gießfähigen, erhärteten Materials zur Bildung von Freiräumen zwischen den Flächentragwerkelementen und durch Herstellen von Fugen durch Einschneiden und/oder Brechen des erhärteten, gießfähigen Materials bewerkstelligt.

[0026] In einer besonders vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens sind das zumindest eine Zugglied in Umfangsrichtung der Schale und die Zugglieder jeweils in radialer Richtung zumindest annähernd orthogonal zueinander angeordnet.

[0027] Eine nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Schale ist durch die Kombination nachfolgender Merkmale gekennzeichnet:

- eine Mehrzahl von aneinandergereihten Flächentragwerkelementen, in deren Inneren mindestens ein sich in Richtung der Krümmung erstreckendes Zugglied in Umfangsrichtung sowie zumindest jeweils ein Zugglied in radialer Richtung vorgesehen sind,
- wobei die Flächentragwerkelemente einander an den zum Krümmungsmittelpunkt gerichteten Rändern bzw. Kanten berühren und an den vom Krümmungsmittelpunkt weggerichteten Rändern bzw. Kanten unter Bildung von etwa keilförmigen Spalten auseinanderklaffen,
- und wobei diese Spalten mit einem aushärtenden Vergussmaterial verfüllt sind.

[0028] Die Erfindung wird anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

[0029] Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Platte 14 aus Flächentragwerkelementen 13, die zu einer Kugelschale 9 umgeformt wird, wobei der Übersichtlichkeit halber die Grundfläche 12 und der Pneu 11 nicht dargestellt sind.
- Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie II-II der Fig. 1.
- Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie III-III der Fig. 1.
- Fig. 4 einen Schnitt längs der Linie IV-IV der Fig. 6.
- Fig. 5 eine der Fig. 4 entsprechende Schnittdarstellung nach dem Verfüllen der Fugen 20 mit einem Vergussmaterial 21.
- Fig. 6 eine Fig. 1 entsprechende Draufsicht auf die Kugelschale 9 nach Abschluss des Umformungsprozesses; Draufsicht längs der Linie VI-VI der Fig. 4.
- Fig. 7 eine Ansicht der Kugelschale 9 nach Abschluss des Umformungsprozesses.
- Fig. 8 einen der Fig. 4 entsprechenden Schnitt mit einer Ausführungsvariante für den Pneu 11 und einer Ausführungsvariante für das Niederhalten des Randes der Schale durch eine Auflast 17.
- Fig. 9 zwei Flächentragwerkelemente 13 mit einer Nut 35 bzw. einer Feder 36.
- Fig. 10 eine Nut 35 - Feder 36 - Verbindung zwischen zwei Flächentragwerkelementen 13.
- Fig. 11 eine Nut 35 - Feder 36 - Verbindung zwischen zwei Flächentragwerkelementen 13 nach dem Umformungsprozess.
- Fig. 12 eine Draufsicht auf eine Platte 14 aus gießfähigem Material 22, die zu einer Kugelschale 9 umgeformt wird.
- Fig. 13 einen Schnitt längs der Linie XIII-XIII der Fig. 12.
- Fig. 14 eine Draufsicht auf eine Platte 14 aus Flächentragwerkelementen 13, die zu einer Kugelschale 9 umgeformt wird, nach dem Zerteilen der Platte 14 in Flächentragwerkelemente 13, wobei der Übersichtlichkeit halber die Grundfläche 12 und der Pneu 11 nicht dargestellt sind.

[0030] Anhand eines Beispiels wird die Herstellung einer Kugelschale 9 durch Umformen einer ebenen Platte 14 aus Flächentragwerkelementen 13 zu einer Kugelschale 9 (Halbkugel) beschrieben. Hierbei wird auf Fig. 1 bis Fig. 7 Bezug genommen. Bei einer Halbkugel handelt es sich - wie bei allen zweifach gekrümmten Flächen - um eine nicht abwickelbare Fläche. Somit müssen die einzelnen Flächentragwerkelemente 13 in Größe und Form der Endform der Schale 10 angepasst werden.

[0031] Im ersten Schritt wird ein Pneu 11 auf der Arbeitsfläche 15 ausgebreitet. Als Material für den Pneu 11

können beispielsweise Folien aus Polyvinylchlorid oder Polyethylen in allen Varianten angewendet werden. Zwischen diesen beiden Folien befindet sich eine gas- und flüssigkeitsdurchlässige Schicht, die aus einem Vlies und/oder einem textilen Flächengebilde, Gewebe, Gestricke oder Gewirke besteht. In diesem ersten Ausführungsbeispiel ist die Form des Pneus 11 an die endgültige Form der Schale angepasst.

[0032] Anschließend werden vorgefertigte Flächentragwerkelemente 13, die vorweg mit Hohlräumen 26 ausgestattet worden sind, auf dem Pneu 11 in Position gebracht. Durch die Hohlräume 26 werden Zugglieder 24 bzw. 24' geführt. Prinzipiell werden die Zugglieder derart angeordnet, dass jedes Flächentragwerkelement 13 mindestens zwei zueinander annähernd orthogonale Zugglieder 24 bzw. 24' enthält. Bei dem Beispiel einer Kugelschale kann somit zwischen Umfangszuggliedern 24, die in Umfangsrichtung der Halbkugel verlaufen und Radialzuggliedern 24', die in radialer Richtung der Schale eingelegt sind, unterschieden werden. Bei diesem Beispiel einer Kugelschale werden pro Flächentragwerkelement 13 zwei radiale Zugglieder 24' sowie ein bzw. zwei Zugglieder 24 in Umfangsrichtung angeordnet.

[0033] Die Radialzugglieder 24' sind an ihren Enden mit einer Verankerung 27 versehen. Die Länge dieser Zugglieder 24' muss derart gewählt werden, dass durch die Längenänderungen während des Umformungsprozesses, das heißt beim Aufwölben der Flächentragwerkelemente 13, die gewünschte Spannung in den Zuggliedern 24' entsteht, wobei die Verankerungen 27 an den Enden der Flächentragwerkelemente 13 zur Anlage gelangen.

[0034] Im zweiten Schritt wird der Pneu 11 aufgeblasen, zum Beispiel durch Einblasen der Luft über die Zuleitung 37 und das Ventil 38, wodurch die ebene Platte 14 aus Flächentragwerkelementen 13 zu einer Kugelschale 9 umgeformt wird. Während des Umformungsprozesses öffnen sich die Fugen zwischen den Flächentragwerkelementen 13, während die Flächentragwerkelemente 13 selbst keine Verkrümmung oder sonstige Verformung erfahren. Der Pneu 11 wird somit durch die Zugglieder 24 bzw. 24' sowie die Flächentragwerkelemente 13 in Form gebracht. Der Umfang der Schale verkürzt sich während des Umformungsprozesses ständig, bis sich schließlich die Flächentragwerkelemente 13 in Ringrichtung, das heißt in Umfangsrichtung, berühren und somit eine Kugelschale 9 entsteht. Die Umfangszugglieder 24 werden mittels einer Spannvorrichtung 39 während des Aufblasens des Pneus 11 verkürzt.

[0035] Nach dem vollständigen Aufblasen des Pneus 11 werden im dritten Schritt die Fugen 20 zwischen den Flächentragwerkelementen vergossen. Nach dem Erhärten des Vergussmaterials 21 werden die Zugglieder 24 bzw. 24' vorgespannt und anschließend wird der Luftdruck im Pneu 11 abgelassen.

[0036] Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf die Platte 14 aus einzelnen Flächentragwerkelementen 13, die zu einer Kugelschale 9 umgeformt werden soll. In Fig. 2 ist ein

Schnitt entlang der Linie II-II der Fig. 1 dargestellt. In Fig. 1 und Fig. 2 sind die Flächentragwerkelemente 13 sowie die Zugglieder 24 bzw. 24' in den Hohlräumen 26 zu sehen.

[0037] Fig. 3 zeigt ein Detail mit einem Schnitt durch zwei Flächentragwerkelemente 13 mit einer Fuge 20 zwischen diesen Elementen. Das Zugglied 24' befindet sich in einem Hohlraum 26 innerhalb des Flächentragwerkelements 13. Der Hohlraum 26 wird durch ein Hüllrohr 25 gebildet.

[0038] Geeignete Ausführungsformen für das Zugglied 24 bzw. 24' sind beispielsweise Spanndrahtlitzen, Monolitzen, Edelstahlseile, Edeldrahtlitzen oder Drähte aus faserverstärkten Kunststoffen. Die Enden der Zugglieder müssen der Zuggliedart entsprechend verankert werden.

[0039] Bei Verwendung von Beton als gießfähiges Material 22 zur Herstellung der Flächentragwerkelemente 13 können die in Fig. 3 dargestellten Hohlräume 26 beispielsweise durch Einlegen von Hüllrohren 25 vor dem Betoniervorgang geformt werden.

[0040] Die Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch die Kugelschale nach dem Umformungsprozess.

[0041] Außerdem ist in Fig. 2 bzw. in Fig. 4 jeweils eine Lufteinleitvorrichtung schematisch dargestellt. Das Einblasen der Luft erfolgt über die Zuleitung 37 und das Ventil 38 in der oberen Folie des Pneus 11.

[0042] Fig. 5 zeigt wie Fig. 4 einen Schnitt durch die Kugelschale nach dem Umformungsprozess, wobei die Fugen 20 durch ein Vergussmaterial 22 verfüllt wurden. Als Vergussmaterial kann je nach Material der Schale beispielsweise Zementmörtel, Kunstharz, Kunststoff oder Wasser bzw. Eis verwendet werden.

[0043] In Fig. 6 ist eine Draufsicht auf die Kugelschale nach Abschluss des Umformungsprozesses dargestellt. In der Zeichnung sind die Flächentragwerkelemente 13 dargestellt. Die innerhalb liegenden Zugglieder 24 bzw. 24' sowie Hüllrohre 25 sind in dieser Ansicht nicht erkennbar.

[0044] Fig. 7 zeigt eine Ansicht der Kugelschale 9 nach Abschluss des Umformungsprozesses. Auch in dieser Zeichnung sind die Zugglieder 24 bzw. 24' und Hüllrohre 25 nicht dargestellt.

[0045] In Fig. 8 sind eine weitere Ausführungsvariante für den Pneu 11, sowie eine Ausführungsvariante für das Niederhalten des Randes der Schale durch eine Auflast 17 dargestellt.

[0046] In den Fig. 4 und Fig. 5 wurden jeweils Pneus 11 abgebildet, die sich der Kugelschale perfekt anpassen. Um einen derartigen Pneu 11 zu erhalten, muss ein genauer Zuschnitt angefertigt werden. Außerdem können Pneus 11, die eine doppelte Krümmung aufweisen, nur gefaltet auf die Arbeitsfläche 15 aufgelegt werden. Eine andere Ausführungsart des Pneus 11 ist in Fig. 8 dargestellt. Der Pneu 11 kann beispielsweise aus zwei konzentrischen Kreisen bestehen, die an den Kanten zusammengeklebt sind. Mit dieser Form ist es möglich, den Pneu 11 ungefaltet und somit völlig eben auf der Arbeits-

fläche 15 auszubreiten. Nach dem Aufblasen dieses Pneus ist jedoch nicht an allen Stellen ein Kontakt zwischen dem Pneu 11 und den Flächentragwerkelementen 13 vorhanden.

[0047] Um das Abheben der gesamten Schale zu verhindern, werden in der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsvariante an den Randelementen Auflasten 17 angebracht. Die in diesem Beispiel dargestellten Auflasten 17 bestehen aus einem dichten Material, beispielsweise aus Stahl. Die Fixierung dieser Auflasten 17 auf der Arbeitsfläche 15 ist in Fig. 8 jedoch nicht dargestellt.

[0048] Die hoch beanspruchten Kanten der Flächentragwerkelemente 13 können - wie in Fig. 8 schematisch dargestellt - mit einem Kantenschutz 28 versehen werden. Als Kantenschutz können einerseits Materialien mit einer hohen Festigkeit, beispielsweise Stahl, sowie weiche Materialien, beispielsweise Schaumstoff aus extrudiertem Polystyrol, verwendet werden. Eine weitere Möglichkeit, um die Kantenpressungen zu reduzieren und ein sicheres Abrollen der Flächentragwerkelemente 13 aneinander zu gewährleisten, ist das Abrunden oder Abfasen der Kanten.

[0049] In Fig. 9, Fig. 10 und Fig. 11 ist jeweils eine alternative Ausführungsform eines Kantenschutzes dargestellt. In den Fugen 20 zwischen den Flächentragwerkelementen 13 wird eine Nut - Feder - Verbindung ausgebildet. Fig. 9 zeigt zwei Flächentragwerkelemente 13 mit einer dazwischen liegenden Fuge 20. Ein Flächentragwerkelement 13 ist mit einer kreisrunden Nut 35 und das benachbarte Element 13 mit einer dazupassenden kreisrunden Feder 36 ausgestattet. In Fig. 10 werden die beiden Flächentragwerkelemente bereits zusammengeführt dargestellt, sodass sich die Feder 36 in die Nut 35 legt. Außerdem ist das Zugglied 24' bereits in das Hüllrohr 25 eingeführt dargestellt. Die Fig. 11 zeigt diese Nut - Feder - Verbindung während bzw. nach dem Umformungsprozess. Die beiden Flächentragwerkelemente 13 können sich entlang des Nut - Feder - Systems verdrehen. Durch diese Art des Kantenschutzes kann ein einfaches Abrollen der Flächentragwerkelemente 13 gegeneinander erreicht werden. Außerdem wird durch die größere Berührungsfläche der Flächentragwerkelemente 13 die Kantenpressung verringert.

[0050] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in den Fig. 12 bis Fig. 14 dargestellt. Auch bei diesem Beispiel soll eine ebene Platte 14 zu einer Kugelschale 9 umgeformt werden. Bei der Herstellung wird im ersten Schritt ein Pneu 11 auf der Arbeitsfläche 15 aufgebracht, anschließend wird eine Randabschalung 23 entlang des Umfangs 18 der Platte angebracht. Diese Randabschalung 23 kann beispielsweise aus Beton oder Holz bestehen und muss mindestens dieselbe Höhe wie die Plattenstärke aufweisen.

[0051] Anschließend wird ein gießfähiges Material 22 auf die Grundfläche 12, welche von der Randabschalung 23 begrenzt wird, aufgebracht. Das Material wird schichtenweise eingebaut, bis die gewünschte Plattenstärke erreicht ist. Für dieses Beispiel ist der Werkstoff Wasser

bzw. Eis besonders gut geeignet. Es können jedoch auch andere gießfähige Materialien 22, wie etwa Beton oder Kunststoff, zur Anwendung kommen.

[0052] Um die Hohlräume 26, in die die Zugglieder 24 bzw. 24' eingefädelt werden, herzustellen, werden Hüllrohre 25 in das gießfähige Material 22 eingelegt. Das Platzieren der Hüllrohre 25 kann während des Aufbringens des gießfähigen Materials 22 erfolgen. Dazu werden beispielsweise die ersten Zentimeter des Materials eingebaut, anschließend werden die Hüllrohre 25 in Position gebracht. Danach wird weiter gießfähiges Material 22 aufgebracht, bis die gewünschte Plattenstärke erreicht ist. Die Hüllrohre 25 müssen entweder dem Druck des gießfähigen Materials 22 standhalten oder aussteift werden. Um die Hohlräume 26 in Ringrichtung herzustellen, müssen Hüllrohre 25 gewählt werden, die beim Entfernen des überschüssigen Materials in Radialrichtung durchtrennt und entfernt werden können.

[0053] Im nächsten Schritt muss diese ebene Platte 14, die aus bereits erhärtetem Material 22 besteht, in einzelne Flächentragwerkelemente 13 zerlegt werden. Bei dem hier angeführten Beispiel einer Kugelschale 9 gibt es zwei Arten von Fugen: Radialfugen 33, die radial verlaufen und Umfangsfugen 34, die in Umfangsrichtung der Schale 9 angeordnet sind.

[0054] Um die Radialfugen 33 herzustellen, müssen jene Teile des Materials entfernt werden, die bei der Umformung von einer ebenen Platte 14 zu einer nicht abwickelbaren Kugelschale 9 überschüssig sind. Bei einer Schale 9 aus Eis kann das überschüssige Material beispielsweise mittels Hochdruckwasserstrahlen oder durch Einschneiden und händisches Herauslösen entfernt werden. Somit entstehen Fugen 33 durch Entfernen des überschüssigen Materials in Radialrichtung.

[0055] Um einzelne Flächentragwerkelemente 13 herzustellen, werden außerdem Umfangsfugen 34 durch Einschneiden und/oder Brechen des Materials hergestellt. Bei diesem in Fig. 14 gezeigten Beispiel weisen die Fugen 34 in Ringrichtung der Flächentragwerkelemente 13 jeweils einen geraden Verlauf zwischen den Fugen 33 auf.

[0056] Nach dem Entfernen des Materials in Radialrichtung und dem Herstellen der Umfangsfugen 34 können die Zugglieder 24' in Radialrichtung und die Zugglieder 24 in Umfangsrichtung durch die Hüllrohre 25 in den Flächentragwerkelementen 13 geführt werden.

[0057] Als nächster Schritt wird der Pneu 11 aufgeblasen, wodurch es zu dem Umformungsprozess kommt. Gleichzeitig mit dem Aufblasen des Pneus 11 können die Zugglieder 24 in Umfangsrichtung angespannt werden.

[0058] Das Zugglied 24, welches sich am äußeren Rand der Kugelschale befindet, dient der Aufnahme des Horizontalschubs der Kugelschale im Endzustand. Dieses Zugglied 24 kann nach Abschluss des Umformungsprozesses und nach dem Vergießen der Fugen eingeführt werden. Sobald der Luftdruck des Pneus abgesenkt wird, wird der Horizontalschub, der von dem Ring-

zugglied 24 aufgenommen werden muss, wirksam.

[0059] Nach dem Umformungsprozess können die Fugen vergossen und die Zugglieder 24 bzw. 24' angespannt und anschließend der Pneu 11 entfernt werden.

[0060] Fig. 12 zeigt eine Draufsicht auf eine Platte 14 aus gießfähigem Material 22. Das gießfähige Material 22 wird auf der gesamten kreisrunden Platte 14 verteilt. Neben den Hohlräumen 26 und den Hüllrohren 25 zeigt Fig. 12 auch die Randabschalung 23 entlang des Umfanges 18 der Platte 14 sowie in der Mitte der Platte. Die Randabschalung 23 entlang des Umfangs 18 erfüllt mehrere Funktionen. Einerseits dient sie als Schalung für das gießfähige Material 22, andererseits kann das Gewicht der Randabschalung 23 genutzt werden, um den Rand der Schale beim Umformungsprozess auf der Arbeitsfläche 15 zu halten. Die Randabschalung 23 in der Mitte muss schlanker und leichter gewählt werden, da diese sich beim Umformungsprozess zusammen mit den Flächentragwerkelementen heben muss.

[0061] Fig. 13 zeigt einen Schnitt der Draufsicht entlang der Linie XIII-XIII, wodurch die Randabschalungen 23 sowie die Zugglieder 24 bzw. 24' im Schnitt zu sehen sind. Um das Zugglied 24' nicht durch das Herstellen der Fugen 34, die durch Einschneiden und/oder Brechen des Materials entstehen, zu beschädigen, werden die Zugglieder 24' im unteren Bereich der Platte 14 geführt.

[0062] Fig. 14 zeigt eine Draufsicht auf eine Platte 14 aus einem Material 22, wobei im Gegensatz zu Fig. 12 die Grenzen der Flächentragwerkelemente 13 bereits definiert sind. Ein Flächentragwerkelement 13 wird durch zwei Arten von Fugen begrenzt. In Radialrichtung entstehen Fugen bzw. Freiräume 33 durch Entfernen des überschüssigen Materials und in Ringrichtung werden die Fugen 34 durch Einschneiden und/oder Brechen des Materials hergestellt.

[0063] Auch die Herstellung einer Schale mit einer Freiform, also einer Grundfläche, die von einer Kreisfläche abweicht, ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich. Die Zugglieder 24' werden bei einer Schale in Freiform sinngemäß ebenfalls in etwa radialer Richtung, jedenfalls zueinander fluchtend, angeordnet. Die Zugglieder 24 werden je nach Gestaltung der Freiform so angeordnet, dass sie etwa in Umfangsrichtung bzw. in Richtung des Rands der Freiform zu liegen kommen und sich mit den Zuggliedern 24' unter einem Winkel von zumindest 30° überkreuzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Schale (10), **gekennzeichnet durch** die Kombination folgender Merkmale:

- Einmessen einer Grundfläche (12) auf einer Arbeitsfläche (15), vorzugsweise einer ebenen Arbeitsfläche (15), wobei die Grundfläche (12) größer ist als der Grundriss der Schale (10) und

- mindestens die Ausmaße der auf die Arbeitsfläche übertragenen Oberfläche der Schale (10) aufweist;
- Auflegen eines aufblasbaren Pneus (11) auf die Grundfläche (12);
 - Anordnen von die Schale (10) bildenden Flächentragwerkelementen (13) auf dem Pneu (11);
 - Anordnen von flexiblen Zuggliedern (24') in zueinander fluchtenden Hohlräumen (26) der Flächentragwerkelemente (13), wobei die Hohlräume (26) sich in Richtung einer Krümmung der Schale (10) erstrecken;
 - Anordnen zumindest eines flexiblen Zugglieds (24) in Hohlräumen (26) der Flächentragwerkelemente (13), wobei sich die Zugglieder (24') mit dem zumindest einen Zugglied (24) unter einem Winkel von zumindest 30° überkreuzen;
 - Bildung der Schale (10) **durch** Aufblasen des Pneus (11) unter Zugbelastung der Zugglieder (24, 24'), wodurch die Fugen geschlossen werden und die Flächentragwerkelemente (13) sich entlang ihrer Ränder bzw. Kanten berühren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein einen Stützrand der Schale (10) bildender Rand der Flächentragwerkelemente (13) auf der Arbeitsfläche (15) während des Aufblasens niedergehalten wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich beim Aufwölben der Flächentragwerkelemente (13) bildende Fugen (20) nach Bilden der Schale (10) mit einem aushärtenden Vergussmaterial (21) verfüllt werden.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Zugglied (24) nach Aushärten des Vergussmaterials (21) vorgespannt wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Flächentragwerkelemente (13) aus Beton, Stahlbeton, Faserbeton, texturbewehrtem Beton, Kunststoff, Holz, Stahl, Aluminium, Glas oder Eis gebildet werden.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flächentragwerkelemente (13) an Rändern mit einem Kantenschutz (28, 35, 36) versehen werden.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an benachbarten Rändern von Flächentragwerkelementen (13) ein Kantenschutz einerseits als Nut (35) und andererseits als Feder (36) ausgebildet wird.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pneu (11) aus zwei übereinander liegenden Folien mit einem dazwischen liegenden Vlies (40) gebildet wird, wobei die übereinander liegenden Folien aus Polyvinylchlorid oder Polyethylen gebildet sind und an ihren Rändern dicht miteinander verbunden werden und eine Gaseinleitvorrichtung (37, 38) an einer Folie vorgesehen wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Flächentragwerkelemente (13) mit mindestens zwei Hohlräumen (26) zur Aufnahme von jeweils einem Zugglied (24') versehen werden.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlräume (26) von Hüllrohren (25) gebildet werden, in die Zugglieder (24, 24') eingefädelt werden.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anordnen von die Schale (10) bildenden Flächentragwerkelementen (13) auf dem Pneu (11) durch Aufgießen eines die Flächentragwerkelemente (13) bildenden gießfähigen Materials (22), wie Beton, Kunststoff oder Wasser bewerkstelligt wird, wobei die Grundfläche (12) mit einer umlaufenden Randschalung (23) zur Einfassung des gießfähigen Materials (22) versehen wird, und wobei weiters nach dem Erhärten des gießfähigen Materials die Flächentragwerkelemente (13) durch Entfernen eines Teils des gießfähigen, erhärteten Materials und durch Herstellen von Fugen (34) gebildet werden.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zumindest eine Zugglied (24) in Umfangsrichtung der Schale (10) sowie die Zugglieder (24') jeweils in radialer Richtung der Schale (10) angeordnet sind.
 13. Schale, **gekennzeichnet durch** die Kombination folgender Merkmale:
 - eine Mehrzahl von aneinandergereihten Flächentragwerkelementen (13), in deren Inneren mindestens ein sich in Richtung der Krümmung erstreckendes Zugglied (24) in Umfangsrichtung sowie zumindest jeweils ein Zugglied (24') in radialer Richtung vorgesehen sind,
 - wobei die Flächentragwerkelemente (13) einander an den zum Krümmungsmittelpunkt gerichteten Rändern bzw. Kanten berühren und an den vom Krümmungsmittelpunkt weggerichteten Rändern bzw. Kanten unter Bildung von etwa keilförmigen Spalten auseinanderklaffen,
 - und wobei diese Spalten mit einem aushärtenden

den Vergussmaterial (21) verfüllt sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

8

Fig. 3

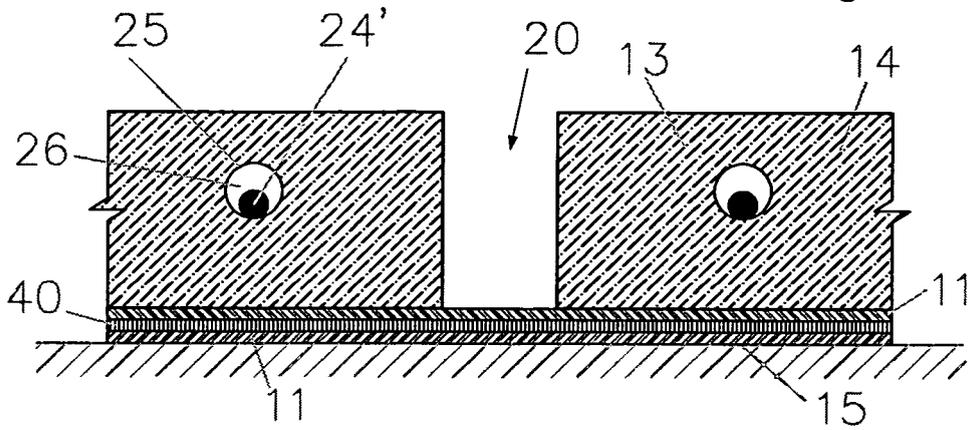


Fig. 4

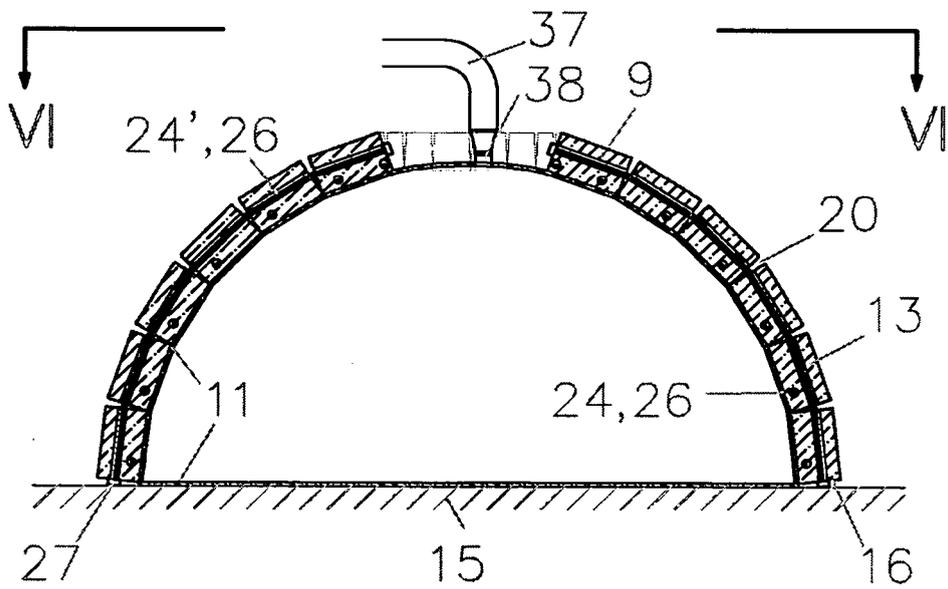


Fig. 7

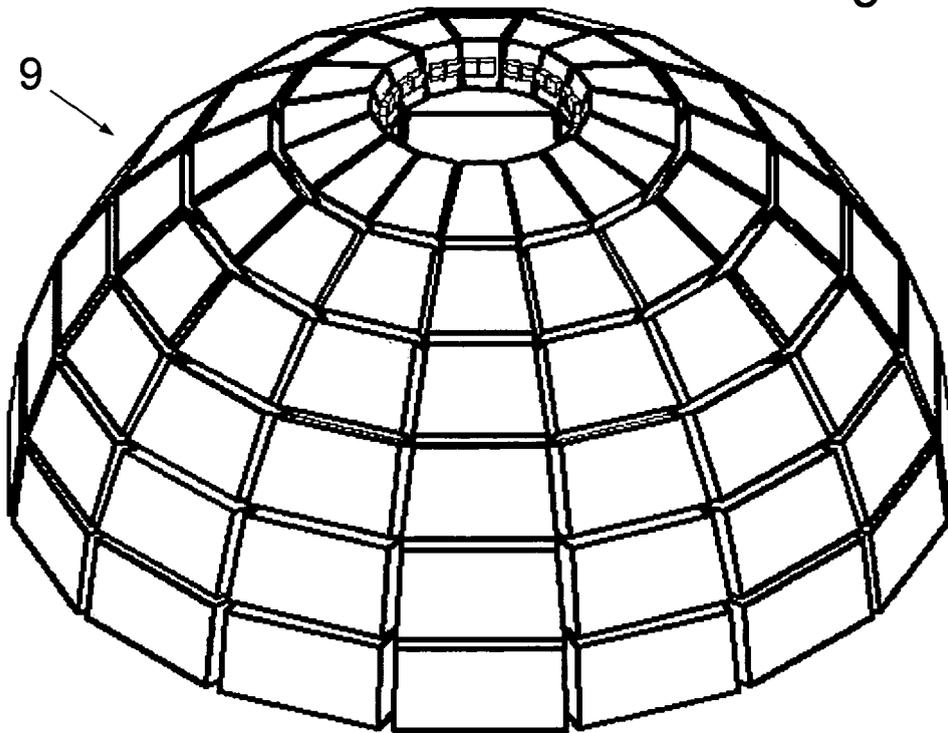


Fig. 8

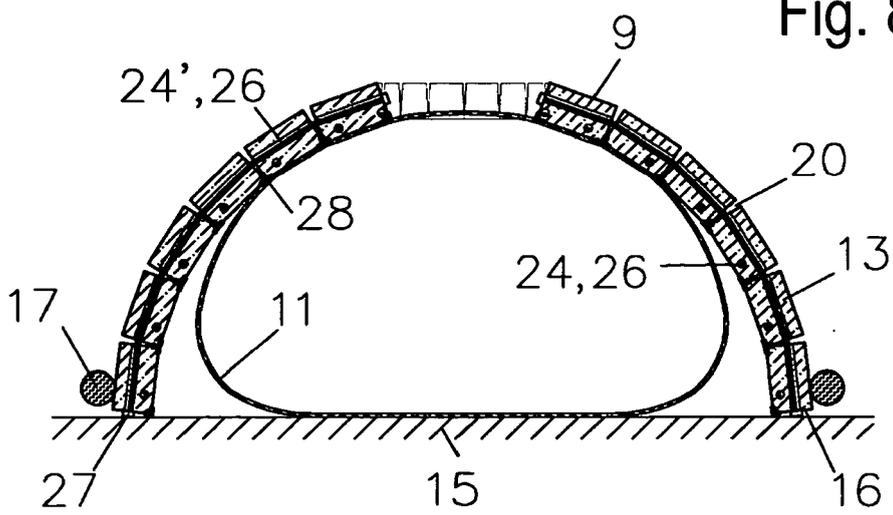


Fig. 9

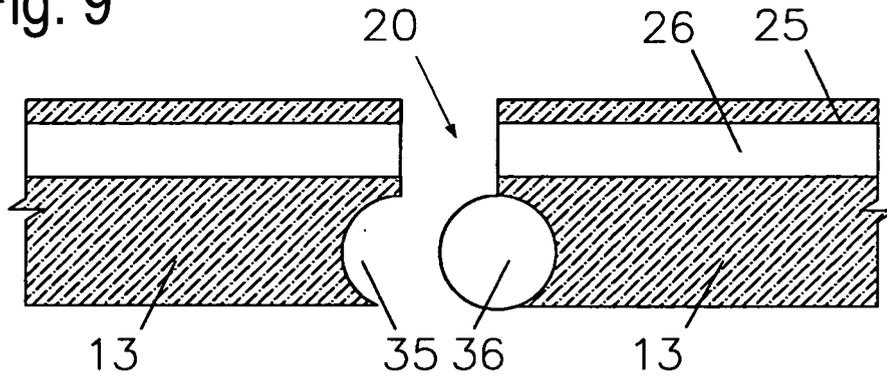


Fig. 10

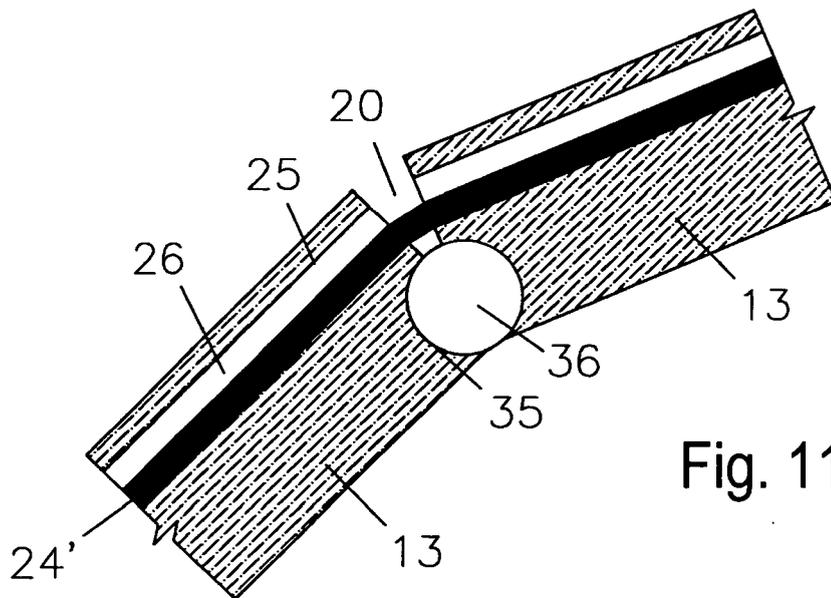
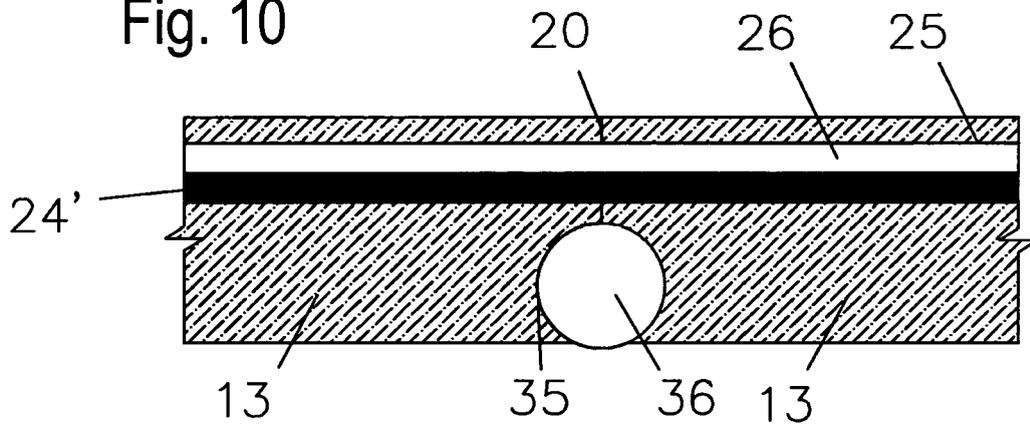


Fig. 11

Fig. 12

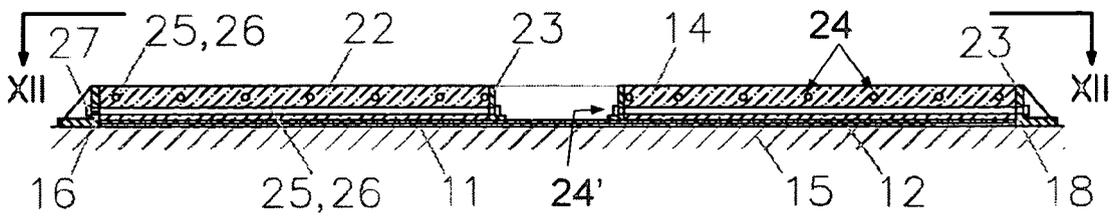
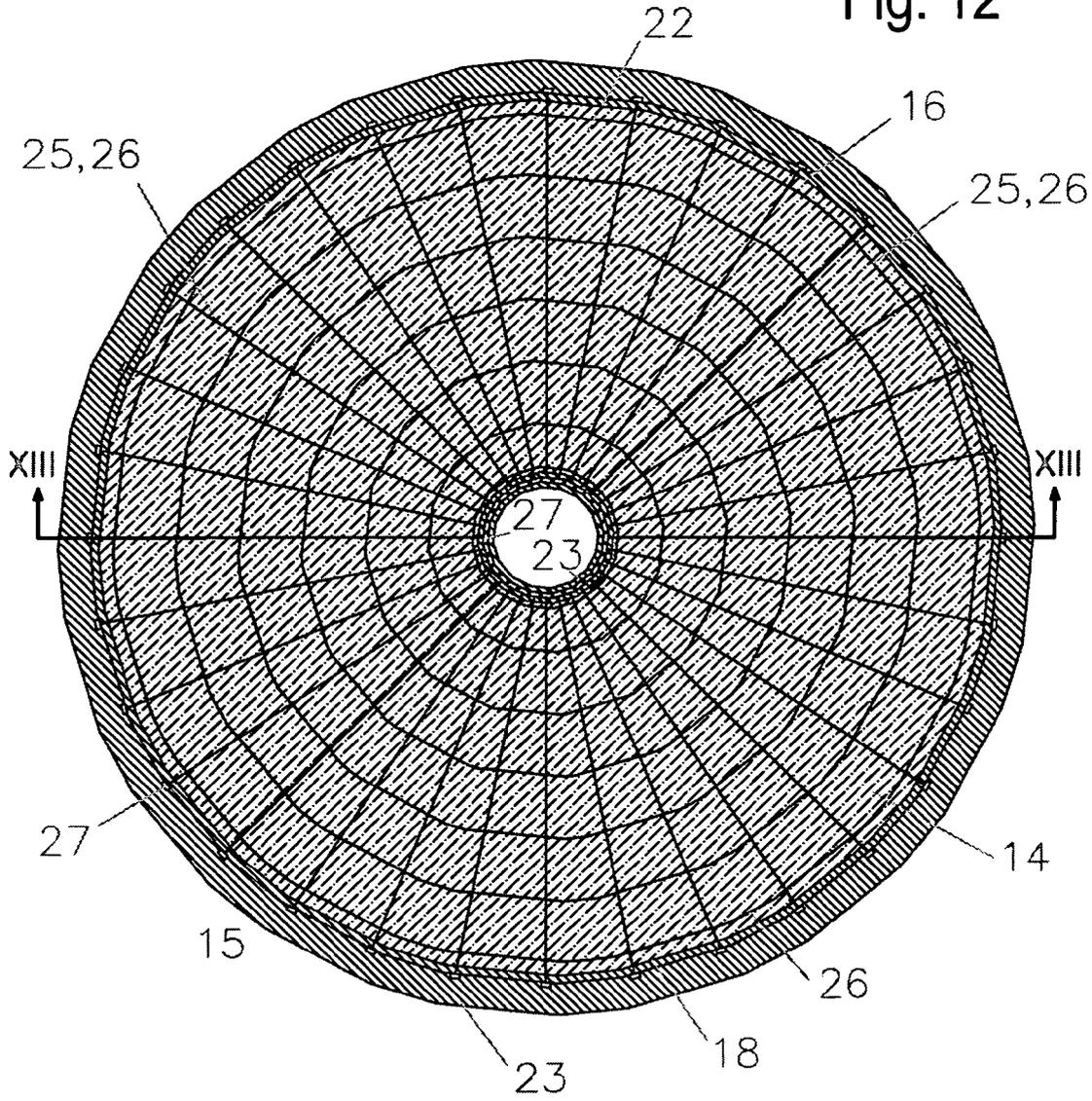


Fig. 13

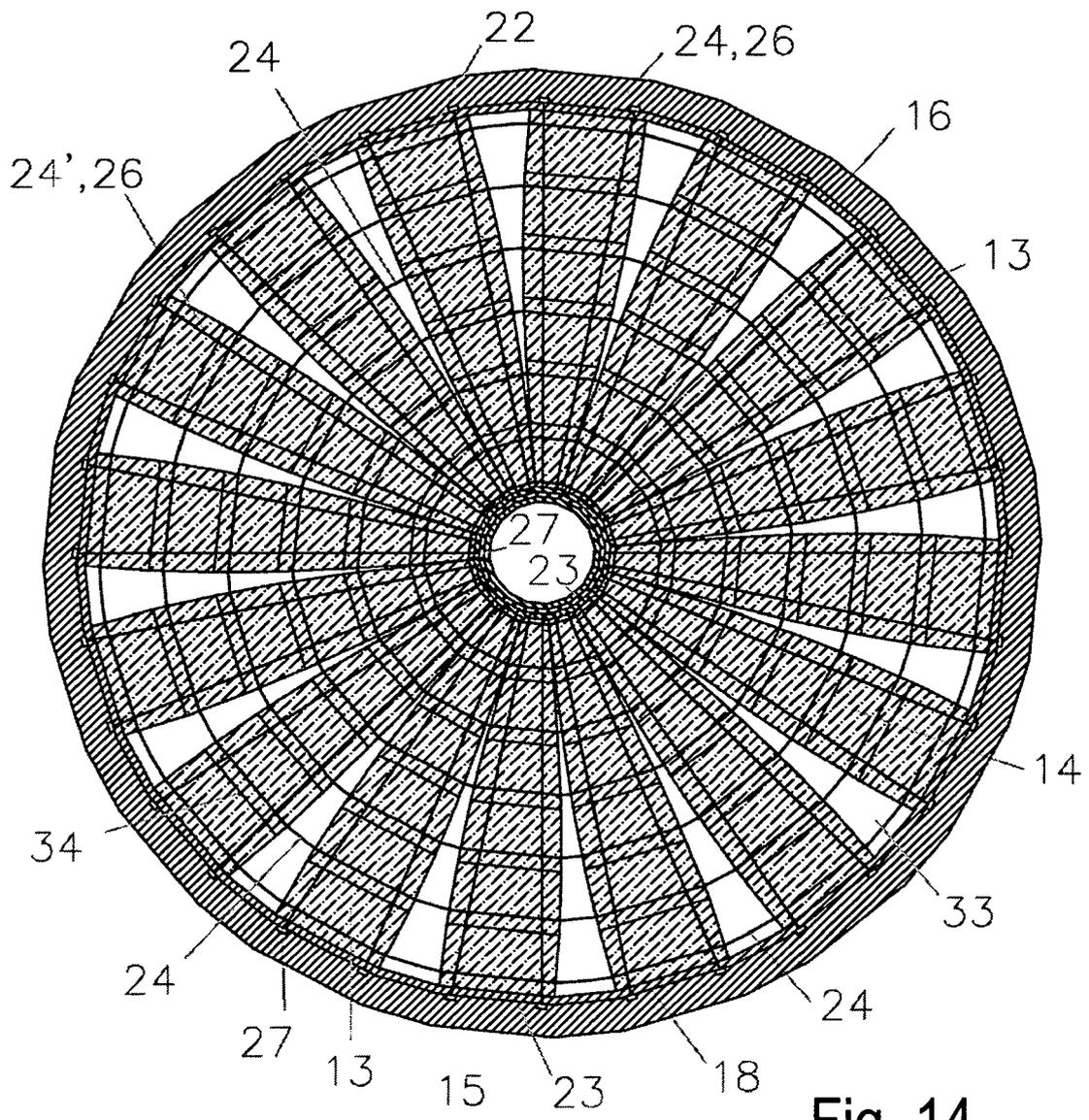


Fig. 14



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 45 0102

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2 826 157 A (VARTIA KARL O) 11. März 1958 (1958-03-11) * Spalte 1, Zeile 15 - Spalte 4, Zeile 8; Abbildungen 1-10 *	1-10	INV. E04B1/32
A	WO 2007/019593 A (KOLLEGER JOHANN [AT]) 22. Februar 2007 (2007-02-22) * Seite 4, Zeile 9 - Zeile 11; Abbildungen 1,2 *	1,4,9,10	
A	WO 2005/068740 A (KOLLEGER JOHANN [AT]; PREISINGER CLEMENS [AT] KOLLEGER JOHANN [AT]; P) 28. Juli 2005 (2005-07-28)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. September 2009	Prüfer Porwoll, Hubert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 45 0102

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-09-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2826157	A	11-03-1958	KEINE	

WO 2007019593	A	22-02-2007	DE 102005038541 A1	01-03-2007
			EP 1915487 A1	30-04-2008

WO 2005068740	A	28-07-2005	AT 393272 T	15-05-2008
			EP 1706553 A1	04-10-2006

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3500153 [0010]
- EP 1706553 A [0012]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **Hermann Rühle.** Räumliche Dachtragwerke - Konstruktion und Ausführung. VEB Verlag für Bauwesen, 1969, vol. 1, 177, 248, 256 [0005]
- **Franz Derflinger.** Kuppelbau mit pneumatischer Schalung. *Beton- und Stahlbetonbau*, 1983, 299-302 [0009]
- Heinz Isler - Schalen. Karl Krämer Verlag, 1986, 51, 68, 70, 77 [0005]