



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 3 882 410 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.09.2021 Patentblatt 2021/38**

(51) Int Cl.:  
**E04B 1/19 (2006.01)**

**E04B 1/32 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20163820.2**

(22) Anmeldetag: **18.03.2020**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Ruch Innovation AG  
6490 Andermatt (CH)**  
  
 (72) Erfinder: **RUCH, Andreas  
6460 Altdorf (CH)**  
  
 (74) Vertreter: **Koelliker, Robert  
Patentanwalt Koelliker GmbH  
Bahnhofstrasse 11  
6210 Sursee (CH)**

### (54) NEUARTIGE STIRNFLÄCHENKNOTENVERBINDUNG FÜR FLÄCHENTRAGWERKE

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Stirnflächenknotenverbindung (1) umfassend mindestens zwei Stabelemente (2) mit Aussenbereich (21), Innenbereich (22), Seitenbereiche (23) sowie Stirnflächenbereiche (24), und einen zylindrischen Knoten (3) mit Oberseite (31), Unterseite (32) und gerundetem Seitenbereich (33), wobei die Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) geformte Stirnflächenbereiche (24) darstellen und so geformt sind, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken, wobei die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente

(2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, sind.

Beansprucht wird auch ein Flächentragwerk (4), insbesondere in Freiform, umfassend eine Vielzahl von Stirnflächenknotenverbindungen (1), ein Verfahren zur Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1) sowie die Verwendung der Stirnflächenknotenverbindung (1) zur Erstellung des Flächentragwerks (4) und/oder eines Freiform-Körpers.

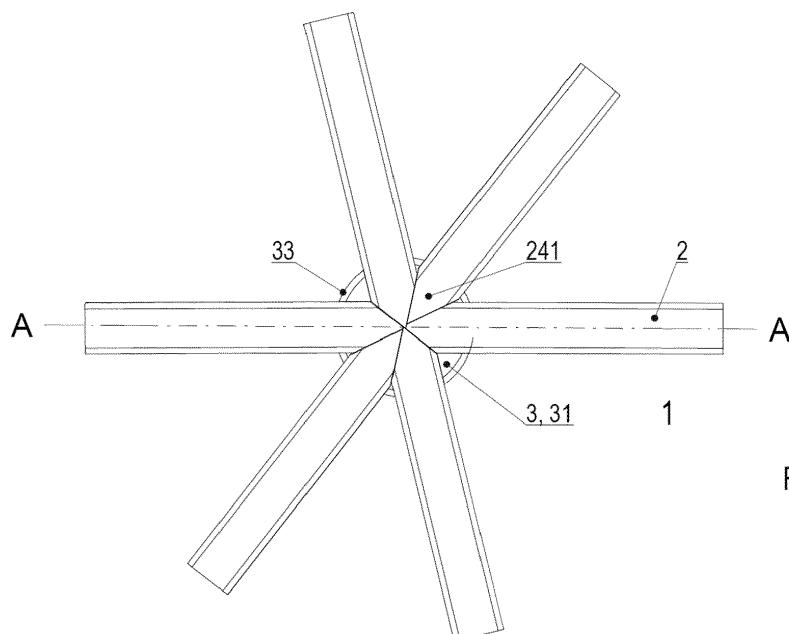


Fig. 3a

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Stirnflächenknotenverbindung mit Stabelementen für Flächentragwerke, ein Flächentragwerk umfassend eine Vielzahl der Stirnflächenknotenverbindungen, Verfahren zur Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung sowie die Verwendung der Stirnflächenknotenverbindung.

**[0002]** In der modernen Architektur bilden Flächentragwerke ein wesentliches Gestaltungselement. Dabei sind Flächentragwerke in Form von Freiformflächen besonders beliebt, da sie dem Architekten ermöglichen, äusserst vielfältige Bauformen zu realisieren. So werden Freiformflächen für grossflächige Gebäudehüllen und/oder Überdachungen eingesetzt.

**[0003]** In der Praxis werden die Flächentragwerke mittels einer Vielzahl nebeneinander angeordneten flächigen Polygone erstellt. Die Ecken der Polygone verbinden die angrenzenden Polygone, wobei jedes einzelne Polygon in einer unterschiedlichen Ebene angeordnet sein kann, wodurch beliebige Freiformen erstellt werden können. Die Seiten der Polygone werden durch - typischerweise lineare - Stabelemente gebildet, wobei jedes Stabelement zwei Knoten und zwei Polygonseiten miteinander verbindet. Die Polygonflächen der Flächentragwerke werden in der Regel überdeckt, beispielsweise mit Glas.

**[0004]** Die Polygon-Ecken, auch Knoten genannt, bilden ein äusserst wichtiges Element bei den Flächentragwerken, da sie die einzelnen Polygone zusammenhalten und dadurch oft sehr grosse Kräfte aufnehmen müssen.

Dabei ist die Verbindung der Knoten mit den daran befestigten Stabelementen sowohl für die Geometrie des Flächentragwerks wie auch für dessen Stabilität zentral.

**[0005]** Stabwerke für Freiformflächen werden typischerweise entweder als zweiresp. mehrlagige Stabwerke für Spannweiten bis 100 Meter, oder als einlagige Stabwerke für kleine bis mittlere Spannweiten von beispielsweise bis zu 30 Metern realisiert. Dabei werden einzelne Elemente der Stabwerke in der Regel werkseitig vorgefertigt und bauseitig zusammengefügt.

**[0006]** Bei den einlagigen Stabwerken werden die Knotenverbindungen in die voneinander stark unterschiedlichen Kategorien Laschenknoten und Stirnknoten unterteilt. Bei den Laschenknoten erfolgt die Kraftübertragung zwischen Knoten und Stabanschluss mittels in Stablängsrichtung angeordneten Laschen. Dabei sind die Laschen entweder Einzelelemente oder in den Stab oder Knoten integriert. Bei Stirnflächenknoten verläuft die Verbindungsfläche zwischen Knoten und Stab senkrecht zur Stablängsachse, wobei die Verbindung vorwiegend mittels Kopfplattenstoss mit vorgespannten Schraubenbolzen oder Schweißung erfolgt. Mit diesen bekannten Knotenverbindungen können zwar die unterschiedlichsten Freiformflächen erstellt werden. Allerdings hat es sich gezeigt, dass entweder eine geometrisch und/oder strukturell optimierte Fläche erhalten werden kann, oder die Übertragbarkeit von Schnittgrössen wie

Normalkräfte und Biegemomente und/oder die Aufnehmbarkeit von lokalen Geometrieparametern gut bis ausgezeichnet anwendbar ist (S. Stephan et al., Stahlbau 73 (2004), Heft 8; S. 562-572). Zudem sind die bekannten 5 Knotenverbindungen komplex und nur mit grösserem Aufwand herstellbar.

**[0007]** Somit ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Knotenverbindung für einlagige Stabwerke bereitzustellen, mit welcher nicht nur geometrisch und 10 strukturell optimierte Flächen erstellt werden können, sondern welche auch ausgezeichnet anwendbar ist für die Übertragbarkeit von Schnittgrössen wie Normalkräften und Biegemomente sowie für die Aufnehmbarkeit von lokalen Geometrieparametern. Zudem soll die Knotenverbindung nicht nur einfach herstellbar sein, sondern 15 auch die Herstellung von Freiformflächen vereinfachen und gegebenenfalls sogar optimierte Freiformflächen ermöglichen.

**[0008]** Diese komplexe Aufgabe konnte überraschenderweise gelöst werden mit einer Stirnflächenknotenverbindung (1) mit Stabelementen (2) für Flächentragwerke 20 (4) und Freiform-Körper, umfassend

- mindestens zwei Stabelemente (2), wobei jedes Stabelement (2) einen Aussenbereich (21), einen Innenbereich (22), mindestens zwei Seitenbereiche (23) sowie mindestens einen Stirnflächenbereich (24) aufweist, und
- einen zylindrischen Knoten (3) mit Oberseite (31), Unterseite (32) und gerundetem Seitenbereich (33),

wobei die Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) geformte Stirnflächenbereiche (24) darstellen und so geformt sind, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken, wobei die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, sind.

**[0009]** Beansprucht wird ein Flächentragwerk (4) umfassend eine Vielzahl von erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindungen (1), wobei die Stirnflächenknotenverbindungen (1) durch die Stabelemente (2) miteinander verbunden sind, wobei die Stabelemente (2) zwei Knoten (3) miteinander verbinden, die Stirnflächenknotenverbindungen (1) eine Vielzahl von Polygone (5) bilden und die Mitte der Oberseite (31) und/oder Unterseite (32) der Knoten (3) die Ecken der Polygone (5) bilden.

**[0010]** Zudem wird auch ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) beansprucht (12) wobei

- die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2) aus unbearbeiteten Stabelementen geformt werden, und

- jede geformte Stirnfläche (24) der Stabelemente (2) passgenau an den Knoten (3) gefügt und kraftschlüssig, insbesondere mittels Verschweissen und/oder Kleben, verbunden wird.

**[0011]** Beansprucht wird auch die Verwendung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) zur Erstellung eines erfindungsgemässen Flächentragwerks (4) und/oder eines Freiform-Körpers, wobei

- das Flächentragwerk (4) bevorzugt ein Flächentragwerk (4) in Freiform und/oder ein Dach, Glasbau, Raumfachwerk, Gerüst, Überdachung und/oder eine Fassade ist, und/oder
- der Freiform-Körper bevorzugt ein Möbel, Stuhl, Sofa, Gestell und/oder eine Skulptur ist.

**[0012]** Die erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1), das erfindungsgemässen Flächentragwerk (4), das Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) sowie die Verwendung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) weisen überraschenderweise eine Vielzahl von Vorteilen auf. Mit der Stirnflächenknotenverbindung (1), auch Knotenverbindung genannt, können geometrisch und strukturell optimierte Flächen - insbesondere Flächentragwerke (4) in Freiform - erstellt werden. Die Knotenverbindungen sind ausgezeichnet anwendbar für die Übertragbarkeit von Schnittgrößen wie Normalkräfte und Biegemomente, sowie für die Aufnehmbarkeit von lokalen Geometrieparametern wie Horizontal-, Vertikal- und Verdrehwinkel.

**[0013]** Für die Stirnflächenknotenverbindung (1) ist es von äusserst grossem Vorteil, dass der Knoten (3) nicht oder nur unwesentlich bearbeitet werden muss, denn es vereinfacht - sofern überhaupt notwendig - nicht nur die Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1) enorm, sondern auch des Flächentragwerks (4). Dies ist insbesondere bei Flächentragwerken (4) in Freiform von sehr grossem Vorteil, da jeder Knoten (3) identisch ist. Denn bei den bekannten Stirnflächenknotenverbindungen (1) in Freiform muss jedoch Knoten separat bearbeitet werden, was nicht nur bei deren Herstellung mit grossen Aufwand verbunden ist, sondern auch beim Zusammenbau der einzelnen Knoten (3) und Stabelementen (2) zu den Flächentragwerken (4) in Freiform.

**[0014]** Da der Knoten (3) symmetrisch ist, können die Stabelemente (2) an jeder beliebigen Stelle des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) angebracht werden. Der exakte Ort der Befestigung der Stabelemente (2) am Knoten (3) wird lediglich durch die zu erzielende Geometrie definiert - und somit in Relation zu dem oder den schon vorhandenen Stabelementen (2), und muss nicht mit der bearbeiteten Stelle des jeweiligen Knotens übereinstimmen. Dies ist wiederum ein äusserst grosser Vorteil gegenüber den bekannten Systemen.

**[0015]** Indem insbesondere mittels elektronisch gesteuertem Stahlbearbeitungsgerät mit Brenn-, Laser-

oder Wasserstrahl auch sehr komplexe und individuell verschiedenen geformten Stirnflächenbereiche (24) mit unterschiedlichsten Winkeln hergestellt werden können, kann eine Vielzahl an unterschiedlichsten, auch komplexen, Flächentragwerke (4) und Freiform-Körper auf einfache Art und Weise erstellt werden. Dabei muss nur das Stabelement (2), nicht aber der Knoten (3), bearbeitet werden.

**[0016]** Ein grosser Vorteil der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) ist es, dass die Stabelemente (2) auf einfache Art und Weise senkrecht zentrisch, d.h. parallel zur Knotenachse, von mindestens einer Seite an den Knoten (3) zur Befestigung herangeführt werden, wobei sie nicht in eine Lasche, eine Verbindungsplatte oder zwischen zwei Arme eines Knotens hineingestossen werden müssen. Dadurch wird die Herstellung des Flächentragwerks (4) stark vereinfacht.

**[0017]** Die CN-A-105178443 offenbart eine Bolzenverbindung, die für eine einlagige Gitterschale mit rechteckigen Stahlrohren geeignet ist. Die Bolzenverbindung besteht aus den rechteckigen Stahlrohren und einem Verbindungskörper in Form eines Hohlzylinders. Auf der Innenfläche des Hohlzylinders sind bogenförmige Dichtungen kreisförmig und bogenförmige Verbindungsplatten angeordnet. Die bogenförmigen Dichtungen, der Hohlzylinder und die bogenförmigen Verbindungsplatten sind durch Bolzen und die bogenförmigen Verbindungsplatten und die rechteckigen Stahlrohre sind fest miteinander verbunden. Die Verwendung von Verbindungsplatten als Verbindungselemente zwischen dem Hohlzylinder und den Stahlrohren ist zwingend und verunmöglich das seitliche Einfahren der Stahlrohre bei der Herstellung der Flächentragwerken. Zudem ist die vorgeschlagene Verbindung sowohl aufwändig in der Herstellung der Einzelteile als auch im Zusammenbau und führt für jedes Stahlrohr zu zwei verschiedenen Verbindungsstellen. Dies führt insbesondere bei Freiformen, bei welchen die Stahlrohre, d.h. die Stabelemente, bei jedem Knoten eine unterschiedliche Geometrie aufweisen, zu grossen Herausforderungen. Auch weisen die rechteckigen Stahlrohre immer einen rechten Winkel zum Verbindungskörper auf, was die Erstellung beliebiger Freiformen zusätzlich erschwert.

#### Die Stirnflächenknotenverbindung (1)

**[0018]** Die erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) mit Stabelementen (2) ist besonders geeignet für Flächentragwerke (4) und/oder Freiform-Körper für beliebige Anwendungen.

**[0019]** Jede Stirnflächenknotenverbindung (1) umfasst

- mindestens zwei Stabelemente (2), wobei jedes Stabelement (2) einen Aussenbereich (21), einen Innennbereich (22), mindestens zwei Seitenbereiche (23) sowie mindestens einen Stirnflächenbereich

- (24) aufweist, und
- einen zylindrischen Knoten (3) mit Oberseite (31), Unterseite (32) und gerundetem Seitenbereich (33).

Dabei stellen die Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) geformte Stirnflächenbereiche (24) dar, die so geformt sind, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken, wobei die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, sind.

**[0020]** Somit bedecken bevorzugt die Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des zylindrischen Knotens (3), oder ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) bedeckt einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des zylindrischen Knotens (3) und der andere Teil der Stirnflächenbereiche (24) die Oberseite (31) und/oder Unterseite (32) des zylindrischen Knotens (3).

**[0021]** Unter dem Begriff Stirnflächenknotenverbindung (1) wird erfindungsgemäß verstanden, dass die Verbindungsfläche zwischen dem Knoten (3) und dem Stabelement (2) parallel zur Achse des Knotens (3) verläuft. Mit anderen Worten: Die Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) können so geformt sein, dass die Verbindungsfläche zwischen dem gerundeten Seitenbereich (33) des zylindrischen Knotens (3) und dem Stabelement (2) nicht senkrecht zur Stablängsachse verläuft. Verlaufen an einem Knoten (3) mindestens zwei, insbesondere jede, Verbindungsfläche nicht senkrecht zur Stablängsachse, bildet der Knoten (3) die Spitze einer vielseitigen Pyramide, wobei die Stabelemente (2) die Kanten der Pyramide bilden. Anhand dieser Anordnung lassen sich auf einfache Art und Weise auch komplexe, geometrisch und strukturell optimierte Flächen herstellen, wobei die Stirnflächenknotenverbindung (1) sowohl für die Übertragbarkeit von Schnittgrößen wie Normalkräfte und Biegemomente wie auch für die Aufnehmbarkeit von lokalen Geometrieparametern ausgezeichnet anwendbar ist.

**[0022]** Jedes Stabelemente (2) weist einen Außenbereich (21), einen Innenbereich (22), mindestens zwei Seitenbereiche (23) sowie mindestens einen Stirnflächenbereich (24) auf. Dabei beziehen sich die Begriffe Außenbereich (21) und Innenbereich (22) auf das zu bildende Flächentragwerk (4), welches einen Außenraum von einem Innenraum abgrenzt oder - in Form einer Überdachung - einen äusseren, ungeschützten Außenraum von einem geschützten Raum unterteilt. Somit weist der Außenbereich (21) in Richtung des - vielfach ungeschützten - Außenraums und der Innenbereich (22) in Richtung des Innenraums und/oder geschützten Raums. Zudem ist der Außenbereich (21) gegenüber dem Innenbereich (22) angeordnet. Die mindestens zwei Seitenbereiche (23) sind zwischen dem Außenbereich (21)

und dem Innenbereich (22) angeordnet. Falls die Stabelemente (2) in Form eines runden Rohrs vorliegen, fliesst der Außenbereich (21) des Stabelements (2) in die Seitenbereiche (23) und diese wiederum weiter in den Innenbereich (22). Der Fachmann kann die Abgrenzung des Außenbereichs (21) resp. des Innenbereichs (22) zu den Seitenbereichen (23) bestimmen, sofern dies notwendig ist.

**[0023]** Die Stabelemente (2) weisen zudem mindestens einen, bevorzugt zwei einander gegenüberliegende, Stirnflächenbereich (24) auf. Dabei sind die Stirnflächenbereiche (24) an den Enden der Stabelemente (2) angeordnet. Die geformten Stirnflächenbereiche (24) sind so geformt, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken, wobei die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, sind. Dabei grenzt vorteilhafterweise mindestens 50%, bevorzugt mindestens 70%, insbesondere mindestens 90%, der Querschnittsfläche des Stabelements (2) an den Seitenbereich (33) des Knotens (3).

**[0024]** Der Begriff "so geformt" steht dafür, dass die geformten Stirnflächenbereiche (24) - insbesondere die Stirnflächenbereiche (24) der an die Seitenbereiche (33) angrenzenden Außenbereiche (21) und/oder Innenbereiche (22) der Stabelemente (2) - sich der Wölbung des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) passgenau anpassen.

**[0025]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Stirnflächenknotenverbindung (1) weisen die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2), die an den Seitenbereich (33) des Knotens (3) angrenzen, die gleiche Wölbung auf wie die gerundeten Seitenbereich (33) des Knotens (3). Dadurch wird eine optimale, passgenaue Verbindung zwischen den Stabelementen (2) und dem Knoten (3) mit optimaler Kraftübertragung von den Stabelementen (2) zum Knoten (3) erzielt.

**[0026]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsform

- weisen die Stabelemente (2) einen rechteckigen, quadratischen, dreieckigen oder gerundeten, insbesondere runden oder elliptischen, Querschnitt auf, oder liegen die Stabelemente (2) in Form eines H-, U-, L- oder T-Profilen vor, wobei die Stabelemente (2) den gleichen oder einen unterschiedlichen Querschnitt aufweisen können, und/oder
- basieren die Stabelemente (2) aus Stahl, Chromstahl, Chrom-Nickel-Stahl (CNS), Edelstahl, Aluminium, Holz und/oder Kunststoff, insbesondere aus faserverstärktem Kunststoff wie glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Carbonfaser Composite, gefertigt, wobei der Kunststoff bevorzugt auf Polyester, Epoxidharz und/oder Polyamid, basiert.

Dadurch kann je nach geforderten Eigenschaften der

Stirnflächenknotenverbindung (1) und/oder des Flächentragwerks (4) sowohl das optimale Profil wie auch das beste geeignete Material der Stabelemente (2) ausgewählt werden.

**[0027]** Die Dimensionen der Stabelemente (2) hängen sehr stark von der Anwendung der Stirnflächenknotenverbindung (1) und somit der aufzunehmenden Kräfte ab. Wird die Stirnflächenknotenverbindung (1) für ein Flächentragwerk (4) eingesetzt, beträgt die Distanz zwischen Außenbereich (21) und Innenbereich (22) und/oder zwischen den Seitenbereichen (23) beispielsweise von 10 bis 25 cm; insbesondere von 12 - 20 cm, wobei die Distanz im Querschnitt der Stabelemente (2) gemessen wird. Der Fachmann weiss wie er für die jeweilige Stirnflächenknotenverbindung (1), das Flächentragwerk (4) sowie die Freiform-Körper die Stabelemente (2) dimensionieren muss. Auch kann er die geeignete Auswahl in Bezug auf das Material und die Profilierung der Stabelemente (2) treffen.

**[0028]** Unter dem Begriff Knoten (3) wird erfindungsgemäss ein zylindrischer Knoten (3) mit Oberseite (31), Unterseite (32) und gerundetem Seitenbereich (33) verstanden. Die Oberseite (31) des Knotens (3) ist typischerweise zum Außenbereich und die Unterseite (32) des Knotens (3) zur Innenseite des Flächentragwerks (4) hin angeordnet. Dabei sind die Oberseite (31) und Unterseite (32) bevorzugt zueinander parallel und rechtwinklig zur Achse des Knotens, welche parallel zum gerundeten Seitenbereich (33) angeordnet ist. Daher weisen die Oberseite (31) und Unterseite (32) typischerweise die gleiche, runde Fläche auf oder unterscheiden sich von einander nur unwesentlich, beispielsweise durch eine abgeschrägte Kante.

**[0029]** Der gerundete Seitenbereich (33) des zylindrischen Knotens (3) weist typischerweise einen runden, insbesondere einen kreisrunden, Querschnitt auf. Dabei weist der Knoten (3) entlang der Mittelachse des Knotens (3) in aller Regel den gleichen, runden Querschnitt auf, wobei mindestens eine Kante des zylindrischen Knotens (3) abgeschrägt sein kann. Der Knoten (3) wird beispielsweise aus einem Stab oder einem Rohr gefertigt. Geeignete Knoten (3) sind kommerziell erhältlich.

**[0030]** Der Knoten (3) kann ein massiver Knoten sein oder- bevorzugt in der Achse des Knotens (3) - eine Bohrung aufweisen. Dabei kann die Bohrung von der Oberseite (31) bis zur Unterseite (32) des Knotens (3) führen. Alternativ kann die Bohrung nicht durchgehend sein. Dabei beträgt die Bohrung vorteilhafterweise weniger als 50 Vol.-%, bevorzugt weniger als 20 Vol.-%, insbesondere weniger als 5 Vol.-%, des Gesamtvolumens des Knotens (3), wobei das Volumen der Bohrung mit einberechnet ist.

**[0031]** In einer bevorzugten Ausführungsform des zylindrischen Knotens (3)

- stellt der Knoten (3) ein massiver Knoten (3) dar oder liegt in Form eines Rohrs vor, und/oder
- ist der Knoten (3) aus Stahl, Chromstahl, Chrom-

Nickel-Stahl (CNS), Edelstahl, Aluminium und/oder Kunststoff, insbesondere aus faserverstärktem Kunststoff wie glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Carbonfaser Composite, gefertigt, wobei der Kunststoff bevorzugt auf Polyester, Epoxidharz und/oder Polyamid basiert.

Dadurch kann je nach geforderten Eigenschaften der Stirnflächenknotenverbindung (1) und/oder des Flächentragwerks (4) sowohl der optimale Knoten (3) wie auch das beste geeignete Material für den Knoten (3) ausgewählt werden. Dabei werden die wobei die Wanddicken des Rohrs so bemessen, dass sie gemäss den Querkräften differieren. Der Fachmann kann die entsprechenden Dimensionen bestimmen.

**[0032]** Die Dimensionen des Knotens (3) hängen sehr stark von der Anwendung der Stirnflächenknotenverbindung (1), der Dimensionen sowie der Anzahl der angrenzenden Stabelemente (2) ab. Wird die Stirnflächenknotenverbindung (1) für ein Flächentragwerk (4) eingesetzt, weist der zylindrische Knoten (3) beispielsweise eine Höhe von 10 bis 25 cm, insbesondere von 12 - 20 cm, und einen Durchmesser von 15 bis 40 cm, insbesondere von 20 - 30 cm, auf. Der Fachmann weiss wie er für die jeweilige Stirnflächenknotenverbindung (1), das Flächentragwerk (4) sowie die Freiform-Körper die Knoten (3) dimensionieren muss. Auch kann er die geeignete Auswahl in Bezug auf das Material und die Dimensionen der Knoten (3) treffen.

**[0033]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Stirnflächenknotenverbindung (1) weisen die geformten Stirnflächenbereiche (24) im Bereich des Außenbereichs (21) und/oder Innenbereichs (22) der Stabelemente (2) eine Verlängerung (241) auf, wobei die Verlängerung (241) einen Teil der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) bedecken, wobei sich die Verlängerung (241) bevorzugt in einem spitzen Winkel bis zur Mitte der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) erstreckt. Dabei dient die Verlängerung (241) sowohl einer zusätzlichen Stabilität der Stirnflächenknotenverbindung (1), als auch zur Verlängerung von geeigneten Auflagen für Überdeckungen (6), beispielsweise in Form von Dichtungen, bis zum Zentrum der Oberseite (31) resp. der Unterseite (32) des Knotens, wodurch sich die Dichtigkeit des Flächentragwerks (4) erhöht. Dabei dienen die Dichtungen zur Auflage der Überdeckungen (6) des Flächentragwerk (4).

**[0034]** Die Verlängerung (241) ist bevorzugt Teil des ursprünglichen Stabelements (2). Indem die Stirnflächen des Stabelements (2) - bis auf die zu bildende Verlängerung (241) - abgetragen und dadurch zurückversetzt werden, kann die Verlängerung (241) auf einfache Art und Weise hergestellt werden.

**[0035]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Stirnflächenknotenverbindung (1) bilden die Stabelemente (2) und der Knoten (3) die Grenzen einer planen oder geformten Fläche, wobei, wenn die Stirnflächenknotenverbindung (1) drei oder mehr Stabelemente (2)

umfasst, die geformte Fläche bevorzugt eine vielseitige Pyramide darstellt. Dadurch lassen sich mit der Stirnflächenknotenverbindung (1) auf einfache Art und Weise Flächentragwerke (4), insbesondere auch in Freiform, herstellen.

**[0036]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Stirnflächenknotenverbindung (1) ist mindestens ein Stabelement (2) als Rohrstumpf ausgebildet und ein weiteres Stabelement ist am Rohrstumpf befestigt. Diese Ausführung ist besonders vorteilhaft zum Verbinden von beispielsweise zwei vorgefertigten Teilelementen des Flächentragwerks (4) auf der Baustelle. Somit werden gegenüberliegende Rohrstümpfe und weitere Stabelemente vorteilhafterweise nur punktuell eingesetzt.

#### Das Flächentragwerk (4)

**[0037]** Das erfindungsgemäße Flächentragwerk (4) umfassend eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Stirnflächenknotenverbindungen (1) kann überraschenderweise in beliebiger Form vorliegen, sofern die statischen Erfordernisse gegeben sind. Dabei bildet das Flächentragwerk (4) bevorzugt ein Dach, Glasbau, Raumfachwerk, Gerüst und/oder eine Überdachung. Zudem ist die Freiform eine ganz besonders bevorzugte Ausführungsform, wobei unter dem Begriff Freiform jede Stirnflächenknotenverbindungen (1) in Bezug auf die Winkel zwischen den Stabelementen (2) und der zu der Oberseite (31) und Unterseite (32) vertikal angeordneten Achse des Knotens (3) unterschiedlich sein kann. Aufgrund der sehr einfachen Herstellung der erfindungsgemäßen Stirnflächenknotenverbindungen (1) lässt sich überraschenderweise auch das Flächentragwerk (4) einfach und kostengünstig herstellen. Dabei kann das Flächentragwerk (4) beispielsweise eine Spannweite von 20 m und mehr aufweisen.

**[0038]** Das Flächentragwerk (4) wird typischerweise seitlich an verschiedenen Punkten mit dem Untergrund verbunden. Dem Fachmann sind geeignete Verbindungssystem bekannt und er kann die optimale Auswahl treffen.

**[0039]** Das Flächentragwerk (4) umfasst eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Stirnflächenknotenverbindungen (1). Dabei sind die Stirnflächenknotenverbindungen (1) durch die Stabelemente (2) miteinander verbunden, wobei die Stabelemente (2) zwei Knoten (3) miteinander verbinden, die Stirnflächenknotenverbindungen (1) eine Vielzahl von Polygone (5) bilden und die Mitte der Oberseite (31) und/oder Unterseite (32) der Knoten (3) die Ecken der Polygone (5) bilden.

**[0040]** Die Polygone (5), die durch die Stirnflächenknotenverbindungen (1) gebildet werden, sind bevorzugt regelmässig konvexe Polygone mit 3 bis 20 oder mehr Ecken, insbesondere mit 3 bis 10 Ecken. Ein nicht-limiterendes, bevorzugtes Polygon ist ein Dreieck, insbesondere ein gleichseitiges oder gleichschenkliges Dreieck, mit einer Seitenlänge von beispielsweise 2 bis 3 Metern.

**[0041]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Flächentragwerk (4) sind mindestens zwei einander gegenüberliegende Stabelemente (2) als Rohrstumpf ausgebildet sind und ein weiteres Stabelement an den einander gegenüberliegenden Rohrstümpfe befestigt. Solche gegenüberliegende Rohrstümpfe mit einem weiteren Stabelement werden - wenn sie eingesetzt werden - vorteilhafterweise nur punktuell eingesetzt, um beispielsweise zwei vorgefertigte Teilelemente des Flächentragwerks (4) miteinander zu verbinden.

**[0042]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Flächentragwerks (4) weisen die Polygone (5) eine Überdeckung (6) auf, wobei die Überdeckung (6) aus Glas, Metall wie beispielsweise Blech, Zementfaserplatten, Faserzementplatten, Holz, Textil, Gewebe, Vlies, Folie wie Kunststofffolie oder Metallfolie, Membrane und/oder Kunststoff wie beispielsweise Plexiglas, Polycarbonat, PVC, PET, PMMA, Polyacrylamid und/oder Kunststoff-Komposit ist, und wobei sich die Überdeckung (6) bevorzugt über die ganze Polygonfläche (5) erstreckt. Dadurch grenzt das Flächentragwerk (4) einen geschützten Raum - beispielsweise einen Innenraum - vom ungeschützten Außenraum ab. Durch die Wahl der Überdeckung (6) kann nicht nur der Lichteinfluss optimiert werden, sondern auch die Materialeigenschaften können den Bedürfnissen angepasst werden.

**[0043]** Die Überdeckung (6) wird bevorzugt auf eine Auflage, beispielsweise Dichtungen, gelegt, welche typischerweise am Außenbereich (21) der Stabelemente (2) angebracht sind. Geeignete Dichtungen sind dem Fachmann bekannt und umfassen Gummidichtungen, zum Beispiel EPDM- oder SBR-Dichtungen.

**[0044]** Die Überdeckung (6) wird vorteilhafterweise auf den Außenbereich (21) der Stabelemente (2) - und somit der Flächentragwerke (4) - angeordnet. Dadurch sind die Stirnflächenknotenverbindungen (1) mit den Stabelementen (2) und den Knoten (3) vor Wettereinflüssen geschützt und müssen daher weniger gewartet werden.

**[0045]** Die Überdeckung (6) kann in Form einzelner polygonförmiger Elemente und somit einzelner rigider Paneele sein, die über die jeweiligen Polygone angeordnet werden. Alternativ kann die Überdeckung auch über die Stabelemente (2) gespannt sein und so eine zusammenhängende Haut über das Flächentragwerk (4) resp. einen Freiform-Körper gespannt sein. In diesem Fall ist die Überdeckung (6) vorteilhafterweise eine Folie, ein Textil, Gewebe oder Vlies.

**[0046]** Die Befestigung der Überdeckungen (6) an den Stabelementen (2) erfolgt typischerweise auf bewährte, d.h. herkömmliche Weise, beispielsweise mittels Schrauben. Der Fachmann kann die jeweils optimale Befestigung bestimmen. Solche Befestigungen sind kommerziell erhältlich.

**[0047]** Weisen die Stabelemente (2) der Stirnflächenknotenverbindung (1) eine Verlängerung (241) auf, welche einen Teil der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) bedecken, kann die Auflage für die Überdeckung (6) - beispielsweise eine Dichtung - bis ins

Zentrum des Knotens (3) geführt werden. Dies gilt insbesondere, wenn sich die Verlängerung (241) typischerweise in einem spitzen Winkel bis zur Mitte der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) erstreckt.

**[0048]** Das Flächentragwerk (4) weist bevorzugt eine zweidimensionale oder dreidimensionale Form, insbesondere eine Freiform, auf. Dabei stellt das Flächentragwerk (4) in Freiform bevorzugt ein freiförmiges und räumlich gekrümmtes, regelmässige oder unregelmässigen Flächentragwerk (4) dar. Dies erlaubt eine äusserst grosse Anzahl an unterschiedlichsten geometrisch und strukturell optimierten Flächen mit optimaler Übertragbarkeit von Schnittgrössen wie Normalkräfte und Biegemomente sowie optimaler Aufnehmbarkeit von lokalen Geometrieparametern wie Horizontal-, Vertikal- und Verdrehwinkel.

#### Verfahren zur Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1)

**[0049]** Die erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) lässt sich überraschenderweise auf einfache Art und Weise herstellen, wobei auch Stirnflächenknotenverbindungen (1) mit komplexen Formen und Winkel hergestellt werden, die selbst sehr hohe statische Anforderungen erfüllen.

**[0050]** Beim erfindungsgemässen Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1)

- werden die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2) aus unbearbeiteten Stabelementen geformt, und
- jede geformte Stirnfläche (24) der Stabelemente (2) wird passgenau an den Knoten (3) gefügt und kraftschlüssig, insbesondere mittels Verschweissen und/oder Kleben, verbunden.

**[0051]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2) mit dem unbearbeiteten Seitenbereich (33) des zylindrischen Knotens (3) verbunden. Dadurch entfällt die aufwändige, komplexe Herstellung von bearbeiteten Knoten (3). Zudem wird dadurch die Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1) und stark vereinfacht, da dadurch alle Knoten (3) eines Flächentragwerks (4) identisch sind und nicht individuell ausgewählt und positioniert werden müssen.

**[0052]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2)

- mechanisch hergestellt, insbesondere mittels Zerspanen wie Fräsen und/oder Schleifen, und/oder
- mittels elektronisch gesteuertem Stahlbearbeitungsgerät mit Brenn-, Laser- oder Wasserstrahl, insbesondere mit einer Laser-Rohrschneidemaschi-

ne.

Diese Herstellarten erlauben die Herstellung von der Stabelementen (2) mit geformten, komplexen Stirnflächenbereichen (24), wobei jedes Stabelement (2) individuell so geformt sein kann, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken kann, wobei die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, werden können.

**[0053]** Der Fachmann kennt zum Verkleben geeignete Kleber und kann für die jeweilige Ausführungsform der Stirnflächenknotenverbindung (1), des Flächentragwerks (4) und Freiform-Körpers den optimalen Kleber auswählen. Wird das Stabelement (2) mit dem Knoten (3) verschweisst, kann der Fachmann auch die jeweils optimale Schweißverbindung erstellen.

**[0054]** Die Bearbeitung der Stabelemente (2) mittels elektronisch gesteuertem Stahlbearbeitungsgerät, insbesondere mittels Laser-Rohrschneidemaschine, auch Rohrlaserschneidegerät oder Rohrlaser genannt, ermöglicht die präzise und effiziente Herstellung von individuell geformten und komplexen Stirnflächenbereichen (24). Geeignete Stahlbearbeitungsgeräte sind dem Fachmann bekannt. Ein geeignetes, nicht-limitierendes Stahlbearbeitungsgerät umfasst das Gerät TruLaser Tube 7000 der Firma TRUMPF.

#### Verwendung der Stirnflächenknotenverbindung (1)

**[0055]** Die erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) kann überraschenderweise äusserst vielfältig verwendet werden.

**[0056]** Eine besonders bevorzugte Verwendung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) umfasst die Erstellung von erfindungsgemässen Flächentragwerken (4) und/oder von Freiform-Körpern, wobei

- das Flächentragwerk (4) bevorzugt ein Flächentragwerk (4) in Freiform und/oder ein Dach, Glasbau, Raumfachwerk, Gerüst, Überdachung und/oder eine Fassade ist, und/oder
- der Freiform-Körper bevorzugt ein Möbel, Stuhl, Sofa, Gestell und/oder eine Skulptur ist.

**[0057]** Dies unterstreicht die vielseitige Verwendung der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) wie auch des erfindungsgemässen Flächentragwerks (4).

**[0058]** Es werden folgende Bezugszeichen verwendet:

- 1 Stirnflächenknotenverbindung (1)
- 2 Stabelemente (2)

21 Aussenbereich der Stabelemente (2)	
22 Innenbereich der Stabelemente (2)	
23 Seitenbereiche der Stabelemente (2)	
24 geformte Stirnflächen der Stabelemente (2)	
241 Verlängerung der Stirnfläche (24)	5
3 Zylindrischer Knoten (3)	
31 Oberseite des Knotens (3)	
32 Unterseite des Knotens (3)	
33 gerundeter Seitenbereich des Knotens (3)	
4 Flächentragwerk (4)	10
5 Polygon (5)	
6 Überdeckung (6)	

**[0059]** Im Folgenden wird eine nicht-limitierende, bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1) anhand der nachfolgenden Zeichnungen beschrieben. Diese sind nicht einschränkend auszulegen und werden als Bestandteil der Beschreibung verstanden:

Fig. 1a zeigt beispielhaft den zylindrischen Knoten (3) von der Seite umfassend die Oberseite (31), die Unterseite (32) sowie den gerundeten Seitenbereich (33) des Knotens (3). Die Oberseite (31) des Knotens (3) ist in dieser Ausführung seitlich abgeschrägt, um den Übergang der darauf zu liegenden Verlängerung (241) der geformten Stirnfläche (24) zum seitlichen Seitenbereich (33) zu optimieren.

Fig. 1b zeigt den zylindrischen Knoten (3) von Fig. 1a von oben mit dem gerundeten Seitenbereich (33) sowie der Oberseite (31) und der Unterseite (32) des Knotens (3). Der äussere Kreis stellt die äussere Begrenzung der Unterseite (32) und des gerundeten Seitenbereichs (33) dar. Der zweite, innere Kreis markiert die äussere Begrenzung der Oberseite (31), welche durch die Abschrägung einen etwas geringeren Durchmesser als die Unterseite (32) des Knotens (3) aufweist.

Fig. 2a zeigt beispielhaft ein Stabelement (2) mit im Wesentlichen rechtwinkeligen Querschnitt mit dem Aussenbereich (21), dem Innenbereich (22), zwei einander gegenüberliegende Seitenbereiche (23) sowie den geformten Stirnflächenbereich (24). Der Stirnflächenbereich (24) des Aussenbereichs (21) weist die Verlängerung (241) auf, welche bei der Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1) auf die Oberseite (31) oder die Unterseite (32) des Knotens (3) zu liegen kommt.

Fig. 2b zeigt das in Fig. 2a dargestellte Stabelement (2) um 90° gedreht mit dem Aussenbereich (21) und dem darüber angeordneten Innenbereich (22). Diese sind mit den zwei Seitenbe-

reichen (23) miteinander verbunden. Der geformte Stirnflächenbereich (24) des Innenbereichs (22) weist eine Wölbung auf, die der Wölbung des Knotens (3) entspricht, um passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den gerundeten Seitenbereich (33) des Knotens (3) anzugrenzen. Die Verlängerung (241) des Aussenbereichs (21) im Stirnflächenbereich (24) weist einen spitzen Winkel auf, welcher sich bis zur Mitte der Oberseite (31) des Knotens (3) erstrecken kann. Dabei ist der geformte Winkel - in Bezug auf die Mittelachse des Stabelements (2) asymmetrisch, da nicht alle Stabelemente (2) bei der zu bildenden Stirnflächenknotenverbindung (1) im gleichen Winkel zueinander am Knoten (3) angebracht sind.

Fig. 2c zeigt den im Wesentlichen rechtwinkeligen Querschnitt des Stabelements (2). Das Stabelement (2) weist - je nach Anwendung und aufzunehmende Kräfte - eine Wanddicke von beispielsweise 1.5 bis 12 mm auf.

Fig. 3a zeigt beispielhaft die obere Ansicht einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Stirnflächenknotenverbindung (1). Die dargestellte Stirnflächenknotenverbindung (1) umfasst insgesamt 6 Stabelemente (2) mit je einer Verlängerung (241), welche am Knoten (3) befestigt sind. Die Verlängerungen (241) bedecken den grössten Teil der Oberseite (31) des Knotens (3), wobei sich die Spitzen der Verlängerungen (241) in der Mitte der Oberseite (31) treffen. Die Stabelemente (2) sind in unterschiedlichen Winkeln zueinander am Knoten (3) angebracht, wodurch sich auch in die Form der Spitzen der Verlängerungen (241) voneinander unterscheiden.

Fig. 3b zeigt den Schnitt A-A der in Fig. 1a dargestellten Stirnflächenknotenverbindung (1). In der Mitte befindet sich der Knoten (3) mit der Oberseite (31), Unterseite (32) und dem gerundeten Seitenbereich (33). Der Knoten (3) weist in der Mitte der Unterseite (32) beispielhaft eine kleine Bohrung auf, die sich jedoch nicht bis zur Oberseite (31) erstreckt. An den Knoten (3) angeordnet sind die Stabelemente (2), die je einen geformten Stirnflächenbereichen (24) aufweisen. Diese sind so geformt sind, dass der grösste Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedeckt um die auf den Knoten (3) wirkenden Kräfte optimal aufzunehmen. Der Stirnseitenbereich (24) weist im Bereich des Aussenbe-

reichs (21) die Verlängerung (241) auf, die sich über die Oberseite (31) des Knotens (3) erstrecken.

Fig. 4 zeigt ein beispielhaftes Flächentragwerk (4) in dreidimensionaler Freiform, wobei das Flächentragwerk (4) ein freiformiges und räumlich gekrümmtes, unregelmässiges Flächentragwerk (4) darstellt. 5

Das Flächentragwerk (4) umfasst eine Vielzahl von Stirnflächenknotenverbindungen (1) mit Stabelementen (2) und zylindrischen Knoten (3). Die Stirnflächenknotenverbindungen (1) sind durch die Stabelemente (2) miteinander verbunden, wobei jeweils die Stabelemente (2) zwei Knoten (3) miteinander verbinden. Durch diese Anordnung wird eine Vielzahl von Polygonen (5) gebildet. Durch die gewählte Architektur grenzen an jede Stirnflächenknotenverbindung (1) 6 unterschiedliche Stabelemente (2), wodurch die gebildeten Polygone (5) die Form von Dreiecken erhalten.

Die Polygone (5) weisen beispielhaft eine Überdeckung (6) aus Glas auf, wobei sich die Überdeckung (6) über die ganze Polygonfläche (5) erstreckt. Dadurch entsteht ein dreidimensionales, gekrümmtes Glasdach in Freiform.

Das Flächentragwerk (4) wird beispielhaft seitlich durch einen optionalen Druckring begrenzt, welcher wiederum mittels optionaler Stützen am Untergrund befestigt ist. Somit sind die Stirnflächenknotenverbindungen (1) im Randbereich in den Druckring integriert oder werden durch diesen ersetzt. 30

## Patentansprüche

1. Stirnflächenknotenverbindung (1) mit Stabelementen (2) für Flächentragwerke (4) und Freiform-Körper, umfassend 40

- mindestens zwei Stabelemente (2), wobei jedes Stabelement (2) einen Aussenbereich (21), einen Innenbereich (22), mindestens zwei Seitenbereiche (23) sowie mindestens einen Stirnflächenbereich (24) aufweist, und 45
- einen zylindrischen Knoten (3) mit Oberseite (31), Unterseite (32) und gerundetem Seitenbereich (33),

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) geformte Stirnflächenbereiche (24) darstellen und so geformt sind, dass zumindest ein Teil der Stirnflächenbereiche (24) einen Teil des gerundeten Seitenbereichs (33) des Knotens (3) bedecken, wobei die geformten 55

Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2) passgenau und ohne Zwischenverbindung direkt an den Knoten (3) angrenzen und kraftschlüssig mit dem Knoten (3) verbunden, insbesondere verschweisst und/oder verklebt, sind.

2. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geformten Stirnflächenbereiche (24) im Bereich des Aussenbereichs (21) und/oder Innenbereichs (22) der Stabelemente (2) eine Verlängerung (241) aufweisen, wobei die Verlängerung (241) einen Teil der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) bedecken, wobei sich die Verlängerung (241) bevorzugt in einem spitzen Winkel bis zur Mitte der Oberseite (31) und/oder der Unterseite (32) des Knotens (3) erstreckt. 10
3. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stabelemente (2) und der Knoten (3) die Grenze einer planen oder geformten Fläche bilden, wobei, wenn die Stirnflächenknotenverbindung (1) drei oder mehr Stabelemente (2) umfasst, die geformte Fläche bevorzugt eine vielseitige Pyramide darstellt. 15
4. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stabelemente (2)
  - einen rechteckigen, quadratischen, dreieckigen oder gerundeten, insbesondere runden oder elliptischen, Querschnitt aufweisen, oder dass die Stabelemente (2) in Form eines H-, U-, L- oder T-Profiles vorliegt, wobei die Stabelemente (2) den gleichen oder einen unterschiedlichen Querschnitt aufweisen können, und/oder
  - aus Stahl, Chromstahl, Chrom-Nickel-Stahl (CNS), Edelstahl, Aluminium, Holz und/oder Kunststoff, insbesondere aus faserverstärktem Kunststoff wie glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Carbonfaser Composite, gefertigt sind, wobei der Kunststoff bevorzugt auf Polyester, Epoxidharz und/oder Polyamid basiert.
5. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zylindrische Knoten (3)
  - ein massiver Knoten (3) darstellt oder in Form eines Rohrs vorliegt, und/oder
  - aus Stahl, Chromstahl, Chrom-Nickel-Stahl (CNS), Edelstahl, Aluminium und/oder Kunststoff, insbesondere aus faserverstärktem Kunststoff wie glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) oder Carbonfaser Composite, gefertigt ist, wobei der Kunststoff bevorzugt auf Polyester, Epoxidharz und/oder Polyamid basiert.

6. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geformten Stirnflächenbereiche (24) der Stabelemente (2), die an den Seitenbereich (33) des Knotens (3) angrenzen, die gleiche Wölbung aufweisen wie die gerundeten Seitenbereich (33) des Knotens (3). 5
7. Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Stabelement (2) als Rohrstumpf ausgebildet ist und ein weiteres Stabelement am Rohrstumpf befestigt ist. 10
8. Flächentragwerk (4) umfassend eine Vielzahl von Stirnflächenknotenverbindungen (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnflächenknotenverbindungen (1) durch die Stabelemente (2) miteinander verbunden sind, wobei die Stabelemente (2) zwei Knoten (3) miteinander verbinden, die Stirnflächenknotenverbindungen (1) eine Vielzahl von Polygone (5) bilden und die Mitte der Oberseite (31) und/oder Unterseite (32) der Knoten (3) die Ecken der Polygone (5) bilden. 15 20 25
9. Flächentragwerk (4) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei einander gegenüberliegende Stabelemente (2) als Rohrstumpf ausgebildet sind und ein weiteres Stabelement an den einander gegenüberliegenden Rohrstümpfe befestigt ist. 30
10. Flächentragwerk (4) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polygone (5) eine Überdeckung (6) aufweisen, wobei die Überdeckung (6) aus Glas, Metall wie beispielsweise Blech, Zementfaserplatten, Faserzementplatten, Holz, Textil, Gewebe, Vlies, Folie wie Kunststofffolie oder Metallfolie, Membrane und/oder Kunststoff wie beispielsweise Plexiglas, Polycarbonat, PVC, PET, PMMA, Polyacrylamid und/oder Kunststoff-Komposit ist, und wobei sich die Überdeckung (6) bevorzugt über die ganze Polygonfläche (5) erstreckt. 35 40 45
11. Flächentragwerk (4) nach mindestens einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flächentragwerk (4) eine zweidimensionale oder dreidimensionale Form, insbesondere eine Freiform, aufweist, wobei das Flächentragwerk (4) in Freiform bevorzugt ein freiförmiges und räumlich gekrümmtes, regelmässige oder unregelmässigen Flächentragwerk (4) darstellt. 50
12. Verfahren zur Herstellung der Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2) aus unbearbeiteten Stabelementen geformt werden, und  
- jede geformte Stirnfläche (24) der Stabelemente (2) passgenau an den Knoten (3) gefügt und kraftschlüssig, insbesondere mittels Verschweissen und/oder Kleben, verbunden wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2) mit dem unbearbeiteten Seitenbereich (33) des zylindrischen Knotens (3) verbunden werden.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geformten Stirnflächen (24) der Stabelemente (2)
- mechanisch hergestellt werden, insbesondere mittels Zerspanen wie Fräsen und/oder Schleifen, und/oder
  - mittels elektronisch gesteuertem Stahlbearbeitungsgerät mit Brenn-, Laser- oder Wasserstrahl hergestellt, insbesondere mittels Laser-Rohrschneidemaschine.
15. Verwendung der Stirnflächenknotenverbindung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Erstellung eines Flächentragwerks (4) nach mindestens einem der Ansprüche 8 bis 11 und/oder eines Freiform-Körpers, wobei
- das Flächentragwerk (4) bevorzugt ein Flächentragwerk (4) in Freiform und/oder ein Dach, Glasbau, Raumfachwerk, Gerüst, Überdachung und/oder eine Fassade ist, und/oder
  - der Freiform-Körper bevorzugt ein Möbel, Stuhl, Sofa, Gestell und/oder eine Skulptur ist.

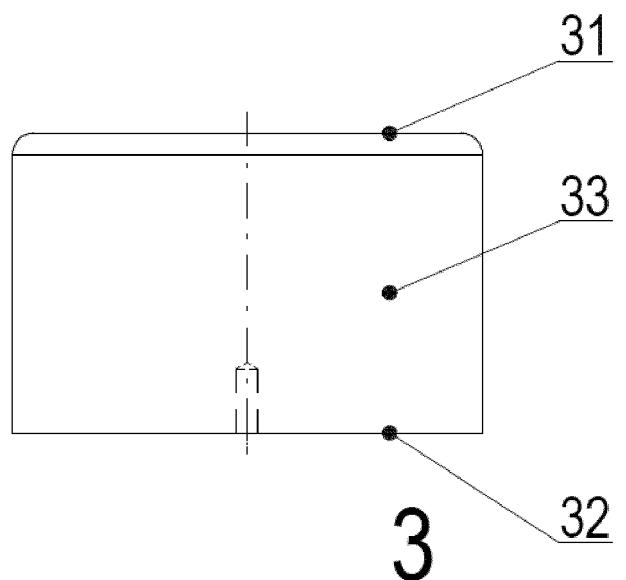


Fig 1a

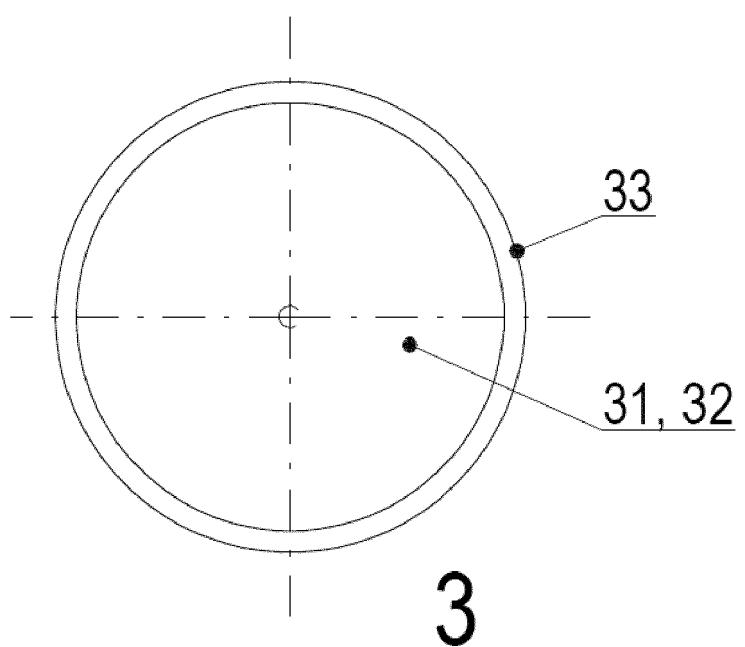
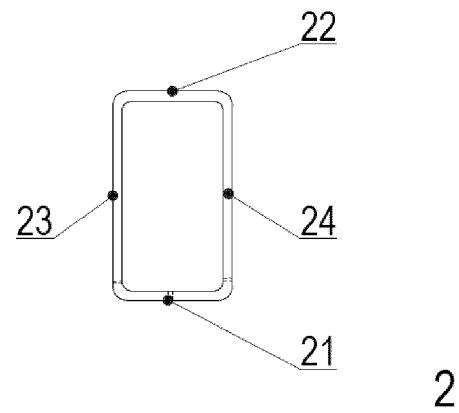
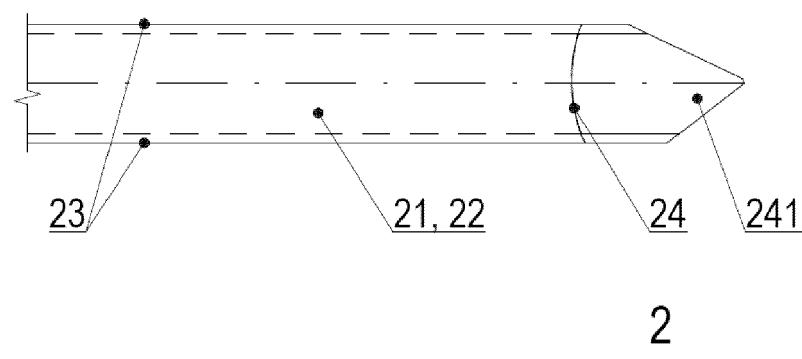
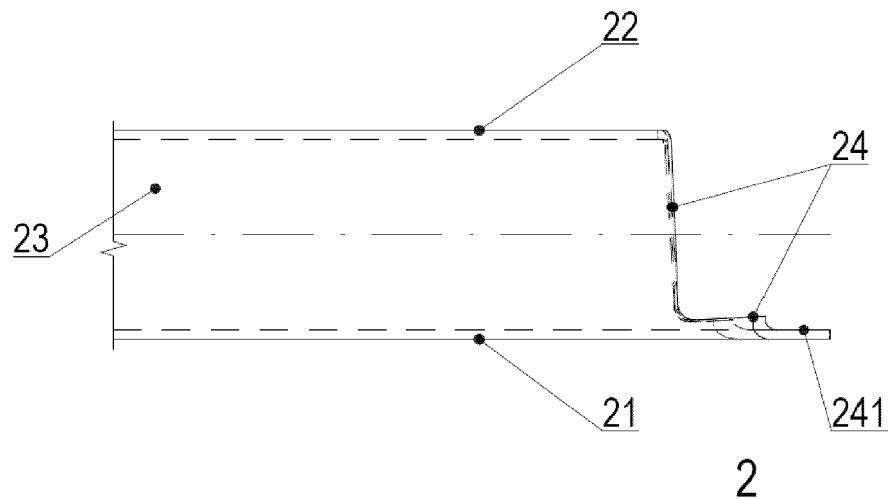


Fig 1b



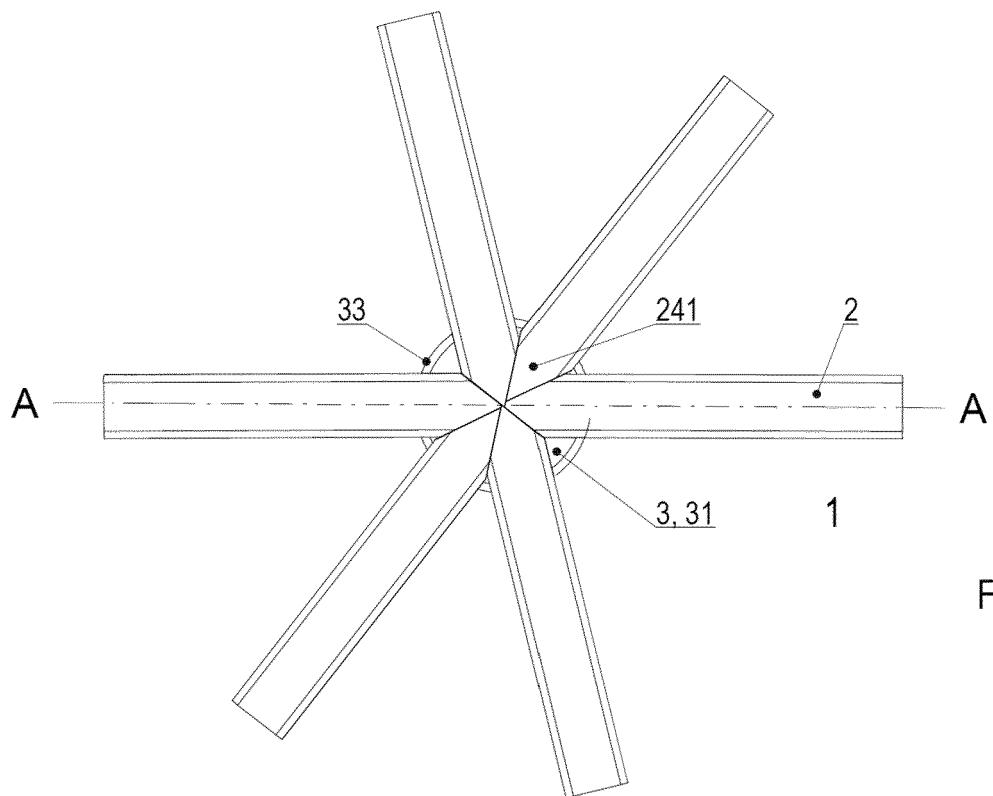


Fig 3a

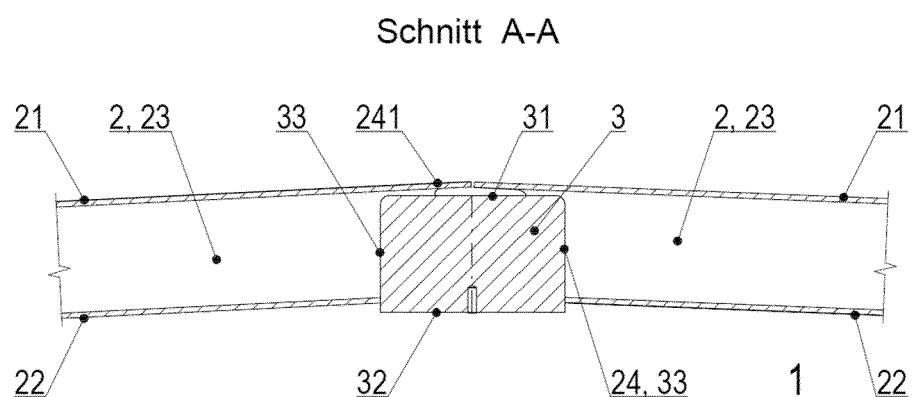
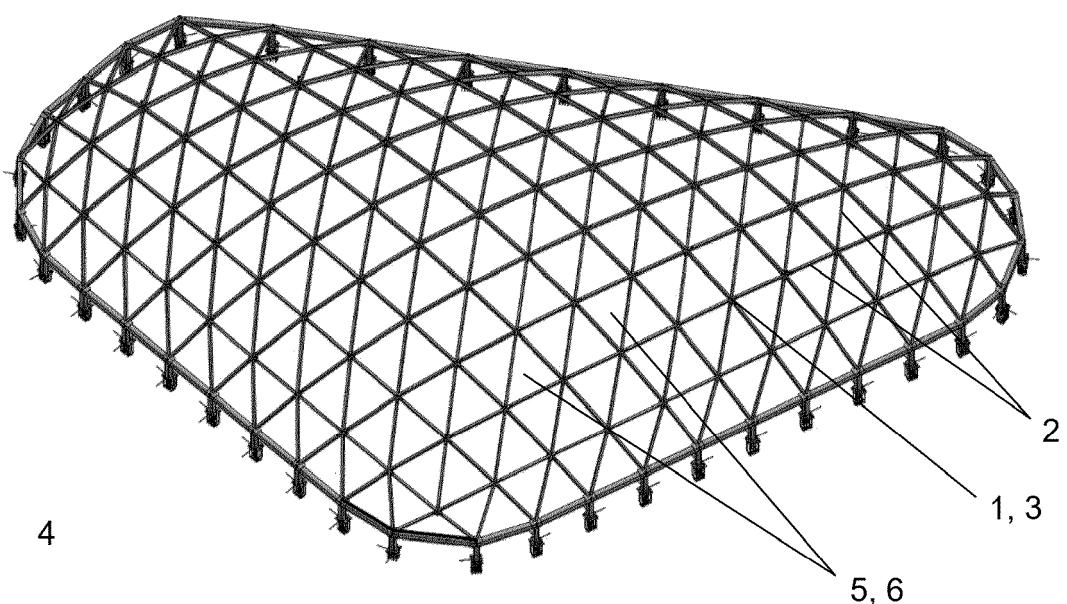


Fig 3b



**Fig. 4**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 20 16 3820

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	US 4 295 303 A (KLEBE WILMER A) 20. Oktober 1981 (1981-10-20) * Spalte 2, Zeile 9 - Spalte 3, Zeile 41; Abbildungen 1-3 *	1-6,8, 10-15	INV. E04B1/19 E04B1/32
15 X	CN 101 519 893 A (JIANGYIN NAERJIE ROBOT CO LTD) 2. September 2009 (2009-09-02) * Seite 3 - Seite 4; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1-3 * * Seite 1, Absatz 2 *	1,3-15	
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 9. September 2020	Prüfer Melhem, Charbel
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
	P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 20 16 3820

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

09-09-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 4295303 A	20-10-1981	KEINE	
20	CN 101519893 A	02-09-2009	KEINE	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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**

- CN 105178443 A [0017]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- S. STEPHAN et al. *Stahlbau*, 2004, vol. 73, 562-572 [0006]