

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 288/2011
(22) Anmeldetag: 14.04.2010
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.10.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2011

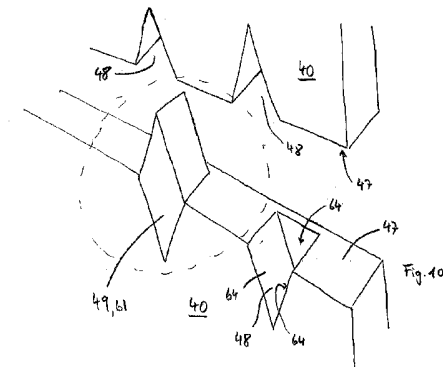
(51) Int. Cl. : **E04H 12/04** (2006.01)
F03D 11/04 (2006.01)

(60) Abzweigung aus PCT 10002276
(30) Priorität:
19.04.2009 DE 102009017593 beansprucht.

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
TIMBER TOWER GMBH
D-30165 HANNOVER (DE)

(54) **TURM FÜR EINE WINDKRAFTANLAGE**

(57) Turm (31) für eine Windkraftanlage (30), wobei die Wände des Turms zumindest teilweise aus einzelnen Wandabschnitten aus einem Holzwerkstoff hergestellt sind, die über Verbindungsmittel (49) miteinander verbunden sind, wobei dass die Wandabschnitte (40) zueinander Helix-bildend versetzt angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Turm für eine Windkraftanlage, wobei die Wände des Turms zumindest teilweise aus einzelnen Wandabschnitten hergestellt sind, die über Verbindungsmittel miteinander verbunden sind.

[0002] Bei einer Windkraftanlage handelt es sich um eine Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie. Die Windkraftanlage ist mit einem Fundament, einem Turm, der auf dem Fundament errichtet wird, und einer Gondel, die auf dem Turm angeordnet wird, versehen. An der Gondel befindet sich die mit Rotorblättern verbundene Antriebseinheit zur Energieerzeugung.

[0003] Die Konstruktion des Turms ist ausgerichtet auf die durch die Gondel auf den Turm erzeugte statische Belastung und die durch die Rotation der Drehflügel des Rotors und der Bewegungsmöglichkeit der Gondel in Abhängigkeit der Windrichtung erzeugten dynamischen Belastungen. Bekannte Türme werden aus Stahlringen oder Betonelementen hergestellt. Die Grundflächen der bekannten Türme sind dabei entweder Polygone oder ringförmige Kreissegmente. Polygonale Türme, die aus einzelnen Segmenten aus Beton hergestellt sind, sind bekannt aus WO 2003/069099 A. Des Weiteren ist bekannt, solche polygonalen Türme aus Holz zu errichten (DE 10 2007 006 652 A1).

[0004] Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist es erwünscht, die Höhe der Türme wirtschaftlich maximiert zu errichten, da der Ertrag einer Windkraftanlage von der Nabenhöhe des Rotors abhängt und der Ertrag mit Zunahme der Höhe steigt. Gleichzeitig steigen die durch die größere Höhe des Turmes entstehenden Anforderungen an die Statik und das Material bzw. den Materialaufwand des Turmes. Die Wandstärken nehmen zu und dadurch steigt der Errichtungsaufwand des Turms.

[0005] Ein dabei entscheidender Aspekt bei Türmen, die aus abschnittsweise angeordneten Segmenten gebildet werden, ist, dass die horizontalen Berührungsflächen der übereinander angeordneten Segmente empfindlich für Schubbelastungen bzw. Querkräfte sind. Dieses muss in der Statik der Türme berücksichtigt werden, damit diese Sollbruchstelle entschärft wird, was zu verstärktem Materialeinsatz führt, und insbesondere einen Einsatz von aufwändigen Verbindungsmitteln bedingt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Turm für eine Windkraftanlage bereit zu stellen, bei dem es unter Berücksichtigung der vorgenannten Querkraft- bzw. Schubbelastungsproblematik möglich ist, die Konstruktionshöhe zu vergrößern und gleichzeitig Material einzusparen und/oder die Herstellungskosten zu senken.

[0007] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Wandabschnitte zueinander Helix-bildend versetzt angeordnet sind. Durch diese Anordnung zueinander wird die Schubbelastung/Querkraft über die Helix abgeleitet und es existiert kein Ansatzpunkt für ein Abheben des Turm an einer vorgegebenen Stelle. Aus diesem Grund können Wandstärken reduziert werden und es ist insbesondere möglich, einfachere und damit kostengünstigere Verbindungsmittel zu wählen.

[0008] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass es sich bei der Helix um eine Einfachhelix oder um eine aus mehreren Einfachhelices gebildeten Mehrfachhelix handelt. Bei einer Mehrfachhelix ist vorteilhaft, dass die Anzahl der die Mehrfachhelix bildenden Einfachhelices mit der Anzahl der Wandabschnitte in einer horizontalen Ebene des Turms übereinstimmt. Bevorzugt sind die Wandabschnitte bei der Mehrfachhelix als auf die Spitze gestellte Raute vorgesehen. Die Raute ist dabei als Kreissegment vorgesehen oder durch zwei vertikal miteinander verbundene Dreiecke gebildet, wobei die Flächen der Dreiecke in einem Winkel zueinander angeordnet sind, der 360° geteilt durch die Anzahl der Einfachhelices beträgt. Weiterhin ist vorteilhaft, dass die oberen Stoßseiten der einzelnen Bestandteile einer Helix eine durchgehende Linie und/oder eine Stufung aufweisen. Dadurch wird die Belastungsableitung im Turm verbessert.

[0009] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Wandabschnitte wenigstens teilwei-

se in den Stößen Schlitzte aufweisen, die quer zur Stoßrichtung und/oder längs zur Stoßrichtung angeordnet sind. Bevorzugt werden in die Schlitzte Verbindungsmittel eingesetzt, bei denen es sich bevorzugt um Metallbleche, besonders bevorzugt um Lochbleche, handelt, die bevorzugt verklebt werden. Zusätzlich können die Stoßöffnungen mit beispielsweise einem Tape oder Plexiglas abgeklebt werden. Bevorzugt erfolgt das Einbringen des Klebstoffes durch Verspritzen der Räume zwischen Bauteil und Verbindungselement. Alternativ können Holzteile bzw. Holz-zugdübel verwendet werden, wenn es sich bei den Bestandteilen um Holzelemente handelt. Bei diesen Verbindungsmitteln handelt es sich um kostengünstige Elemente, die allerdings die notwendigen Festigkeiten hinsichtlich Schub bzw. Schubbelastungen zwischen den einzelnen Bestandteilen bereit stellen.

[0010] Neben den Betriebsbelastungen, die auf den Turm einwirken, wirken auch klimatische Belastungen auf den Turm. Bei Stahltürmen wird dieser klimatischen Belastung durch das Aufbringen eines Anstriches auf den Turm entgegengewirkt. Beim Einsatz von Stahlbeton nimmt das Stahlgerüst die Zugbelastungen des Turmes auf. Die Betonüberdeckung nimmt die Druckbelastungen auf und dient gleichzeitig zum Schutz der Stahlkonstruktion gegen die Umwelteinflüsse in Form von Feuchtigkeit und chemischen Reaktionen durch die umgebende Atmosphäre. Die Dicke des Betons muss gewährleisten, dass das Stahlgerüst gegen diese Belastungen geschützt ist. Bei Holzkonstruktionen werden entsprechende Witterungsbelastungen durch Anstriche entgegengewirkt. Gleichzeitig lassen sich nur Holzmaterialien, die für den Außeneinsatz zugelassen sind, für die Konstruktion von Holztürmen einsetzen.

[0011] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht deshalb vor, dass auf die äußere Oberfläche des Turms wenigstens teilweise eine Beschichtung aufgebracht ist, wobei die Beschichtung bevorzugt so aufgebracht wird, dass die Beschichtung Zugbelastungen aufnimmt, die auf die äußere Oberfläche des Turms wirken, und dass die Beschichtung die äußere Oberfläche gegen von außen auf die Oberfläche des Turmes einwirkende Umwelteinflüsse, insbesondere Feuchtigkeit, abdichtet.

[0012] Bezogen auf Stahltürme wird es durch eine derartige Beschichtung möglich, die notwendige Stahlmenge hinsichtlich Zugbelastungen zu reduzieren, da die Beschichtung Zugbelastungen aufnimmt, und gleichzeitig den Anstrich der Stahlelemente einzusparen. Hinsichtlich Betontürmen wird es möglich, die Betonüberdeckung über dem Stahlgerüst zu reduzieren, so dass eine Kostensenkung entsteht. Hinsichtlich Holztürmen wird es durch die Beschichtung möglich, Holzwerkstoffe und deren Verbindungsmittel einzusetzen, die lediglich eine Zulassung für den Innenausbau besitzen.

[0013] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Beschichtung im beschichteten Abschnitt des Turms vollflächig aufgebracht ist, und den beschichteten Abschnitt umhüllt. Dabei ist vorteilhaft, dass es sich bei der Beschichtung um einen Schichtstoff, eine Folie, ein Gewebe, ein Textil oder eine Platte handelt. Besonders bevorzugt handelt es sich um eine Folie, eine Platte, ein Gewebe und/oder Textil aus Kunststoff, wobei besonders bevorzugt Polypropylen, Polyurethan, Polyvinylchlorid, Polyester, Polycarbonat oder Polyethylen als Materialien verwendet werden. Solche Materialien sind in der Lage, Zugspannungen aufzunehmen und gleichzeitig einen Abschluss und damit eine Abdichtung gegenüber den auf die Oberfläche des Turms einwirkenden Umwelteinflüssen bereit zu stellen. Gleichzeitig weisen solche Materialien geringere Flächengewichte als beispielsweise Anstriche auf der Oberfläche des Turmes auf, so dass dieses Gewicht bei der Konstruktion hinsichtlich der statischen Druckbelastung reduziert werden kann, wodurch auch die Turmkonstruktion insgesamt schlanker ausgeführt werden kann. Gleichzeitig sind die Kosten dieser Materialien beispielsweise gegenüber Anstrichen geringer.

[0014] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Beschichtung zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Turmerrichtung aufgebracht wird. Als erste Variante wird die Beschichtung nach Errichten des Turmes aufgebracht. Dieses kann von oben oder unten erfolgen. Alternativ kann die Beschichtung abschnittsweise während des Errichtens des Turmes oder auf die einzelnen Bestandteile bereits vor Errichtung des Turmes aufgebracht werden. Wird die Beschichtung vor Errichtung des Turmes aufgebracht, so hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Be-

schichtung vor Ort auf der Baustelle aufzubringen. Hierdurch reduzieren sich die Kosten der Beschichtung und gleichzeitig kann gewährleistet werden, dass die Beschichtung während des Transports der einzelnen Elemente nicht beschädigt wird. Die einzelnen Abschnitte der Beschichtung werden anschließend miteinander verbunden, wobei besonders bevorzugt das Verbinden über ein Verkleben bzw. ein Verschweißen der Stöße erfolgt.

[0015] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Beschichtung direkt auf die Bestandteile des Turms aufgebracht ist. Bevorzugt erfolgt das Aufbringen vollflächig durch Verkleben. Alternativ kann eine abschnittsweise Verklebung auf einer Oberfläche eines Bestandteils erfolgen. Durch die Verklebung wird sichergestellt, dass eine Aufnahme der statischen Belastung durch die Beschichtung erfolgt.

[0016] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass der Turm wenigstens teilweise aus Stahl, Beton, insbesondere Stahlbeton, und/oder Holz bzw. Holzwerkstoff errichtet wird. Bevorzugt handelt es sich bei dem Holz bzw. Holzwerkstoff um Brettspertholz und/oder Holzverbundwerkstoffe.

[0017] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Beschichtung bei Holz eine geringere Dampfdurchlässigkeit als das Holz aufweist. Auf diese Weise wird die Diffusion umgekehrt, d. h. dass die Dampfdurchlässigkeit des Turms nicht nach außen hin größer wird, sondern nach innen. Im Inneren des Turms ist weiterhin bevorzugt ein Wärmeerzeuger angeordnet, wobei es sich bevorzugt um die Leistungselektronik einer Windkraftanlage handelt. Die Wärme ist dabei die abgegebene Verlustleistung der Leistungselektronik. Durch die Wärmeerzeugung wird die im Inneren des Turms befindliche Feuchtigkeit nach oben abgeführt und die aus dem Holz austretende Feuchtigkeit zum Inneren des Turms hin bewegt und ebenfalls mit abgeführt. Bei Beschädigung der Beschichtung wird ein Abtransport der Feuchtigkeit nach innen gewährleistet. Durch die in der Feuchtigkeit befindlichen Partikel und Mineralien wird die Beschädigung der Beschichtung nach und nach verschlossen und gleichzeitig weiterhin gewährleistet, dass die Feuchtigkeit nach innen hin entweicht.

[0018] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass die Tragstruktur des Turms zumindest teilweise aus Materialien errichtet ist, die für den Außeneinsatz nicht geeignet sind. Hierbei handelt es sich um Materialien, die eine Zulassung lediglich für den Inneneinsatz bei der Konstruktion von Gebäuden erhalten haben. Durch das Aufbringen der Beschichtung wird es möglich, derartige Materialien und auch Verbindungsmittel für die Tragkonstruktion eines Turms für eine Windkraftanlage einzusetzen, weil die Beschichtung den Zustand des Inneneinsatzes der Materialien gewährleistet.

[0019] Eine weitere Lehre der Erfindung sieht vor, dass der Turm aus einzelnen Bestandteilen vor Ort zusammengesetzt ist. Bei den vor Ort zusammengesetzten Bestandteilen handelt es sich um Flachelemente. Durch ein derartiges Zusammensetzen des Turmes aus einzelnen Flachelementen wird gewährleistet, dass der Transportaufwand der einzelnen Türme erheblich reduziert wird.

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung an Hand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

[0021] Fig. 1: eine räumliche Ansicht einer Windkraftanlage mit einem erfindungsgemäßen Turm,

[0022] Fig. 2: eine räumliche Ansicht des erfindungsgemäßen Turms,

[0023] Fig. 3: die nebeneinander angeordneten Seiten des erfindungsgemäßen Turms,

[0024] Fig. 4: eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Turms,

[0025] Fig. 5: eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Turms,

[0026] Fig. 6: eine alternative Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Turms,

[0027] Fig. 7: eine Innenansicht der Wandelemente zu Fig. 6,

- [0028] Fig. 8: eine räumliche Ansicht eines Grundelements einer weiteren alternativen Ausführungsform des Turms,
- [0029] Fig. 9: eine räumliche Ansicht der Errichtung eines Turms zu Fig. 8,
- [0030] Fig. 10: eine räumliche Darstellung eines erfindungsgemäßen Verbindungsmittels,
- [0031] Fig. 11: eine Detailansicht zu Fig. 10,
- [0032] Fig. 12: eine fertig montierte Ansicht zu Fig. 10,
- [0033] Fig. 13: eine alternative Verbindungsmöglichkeit,
- [0034] Fig. 14: eine geschnittene Detailansicht zu Fig. 13,
- [0035] Fig. 15: eine alternative Verbindungsmöglichkeit,
- [0036] Fig. 16: eine alternative Verbindungsmöglichkeit,
- [0037] Fig. 17: eine Draufsicht zu Fig. 16,
- [0038] Fig. 18: ein Verfahren zum Aufbringen einer Beschichtung,
- [0039] Fig. 19: eine Seitenansicht einer beschichteten Turmwand,
- [0040] Fig. 20: eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Wandaufbaus,
- [0041] Fig. 21: eine Seitenansicht eines Adapters zum Befestigen einer Gondel mit einem erfindungsgemäßen Turm,
- [0042] Fig. 22: eine Draufsicht auf die Unterseite des Verbinders,
- [0043] Fig. 23: eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Adapters, und
- [0044] Fig. 24: eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Adapters.

[0045] Fig. 1 zeigt eine Windkraftanlage 30, die aus einem Turm 31, der auf einem Fundament 32 steht, und einer Gondel 33, die über einen Adapter 35 mit dem Turm 31 verbunden ist, besteht. An der Gondel 33, die horizontal drehbar ausgeführt ist, ist ein Rotor 34 vorgesehen, der über Rotorblätter 36 verfügt, die in einer Nabe 37 mit der Gondel 33 verbunden sind. Nachfolgend werden verschiedene Ausführungsformen des Turms 31 dargelegt.

[0046] Gemäß Fig. 2 weist der Turm 31 eine Außenseite 38 auf. Der Turm 31 ist als Polygon ausgeführt. Vorliegend handelt es sich um ein Sechseck, andere Polygone wie Viereck, Fünfeck, Achteck, Zehneck oder Zwölfeck oder größer sind ebenfalls ohne Weiteres möglich. Gleiches gilt auch für einen kreisförmigen Querschnitt. Der Turm 31 gemäß Fig. 2 weist sechs Turmseiten 39 auf, die über ihre gesamte Seite konisch ausgeführt sind. Die Turmseiten 39 sind aus einzelnen Wandelementen oder -abschnitten 40 gebildet, die ggf. ein gekürztes Wandelement 41 an der Unterseite und 42 an der Oberseite aufweisen. In der Ausführungsform gemäß Fig. 2 sind die Wandelemente 40 als konisch zulaufendes Trapez ausgeführt, wobei die einzelnen Wandelemente aus verschiedenen Teilelementen zusammengesetzt sein können. Die Ausführungsform gemäß Fig. 2 weist einen helixförmigen Aufbau auf. Dieses ist aus Fig. 3 erkennbar, bei dem die sechs Seiten nebeneinander dargestellt sind. Die einzelnen Wandelemente 40 sind dabei von Seite zu Seite immer um ein Sechstel der Wandhöhe nach oben versetzt zueinander angeordnet, wobei die Dimensionen der einzelnen Wandelemente 40 dabei entsprechend dem konischen Zulauf der einzelnen Turmseiten 39 berücksichtigt wurde. Die sechs Wandelemente bilden dabei einen Helixabschnitt 43. Dieser Aufbau gewährleistet, dass das siebtfolgende Wandelement direkt auf das erste Wandelement obendrauf angeordnet wird und diese beiden Wandelemente stoßseitig aufeinander stehen. Bei anderen Polygonen ist der Versatz $1/n \cdot \text{Höhe Wandelement 40}$, wobei n die Anzahl der Polygonecken ist. Diese Anforderungen gelten auch für die Ausführungsformen des Turmaufbaus gemäß Fig. 4 und Fig. 5.

[0047] Gemäß der Ausführungsform von Fig. 4 weist der Turm 31 ebenfalls einen einfachen Helixaufbau auf. Die dargestellten Türme weisen wiederum sechs Seiten auf und jede Seite hat ein unteres und ein oberes Abschlusselement, ggf. als gekürztes Wandelement 41, 42. Die

einzelnen Wandelemente dazwischen sind konisch zulaufend, wobei die untere und obere Stoßseite zwar parallel zueinander, aber in einem Winkel α gegenüber der Fundamentseite nach oben geneigt ausgeführt sind. Der Winkel α ist aber vorteilhafter Weise so gewählt, dass er 360° durch die Anzahl der Seiten entspricht, damit wiederum bei N-Seiten das $N + 1$ Wandelement wiederum auf dem ersten Wandelement eines Helixabschnittes 43 angeordnet werden kann. Die unteren und oberen Seiten der Stöße des Wandelements 40 bilden dabei eine durchgehende Linie 56.

[0048] Auch die Ausführungsform gemäß Fig. 5 stellt eine einfache Helixanordnung dar, wobei sich die Ausführungsform von Fig. 5 zu der Ausführungsform von Fig. 4 dadurch unterscheidet, dass die Ober- und Unterseiten der Wandelemente 40 drei Abschnitte aufweisen, wobei es sich dabei um einen ersten ansteigenden Abschnitt 57, einen sich daran anschließenden horizontalen Abschnitt 58 und einem zweiten ansteigenden Abschnitt 59 handelt. Insgesamt bildet sich dadurch wiederum eine durchgehende Linie 56, deren Steigung sich, bezogen auf die einzelnen Wandelemente, jedoch ändert.

[0049] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Turms 31. Der Aufbau dieses Turms umfasst eine Mehrfachhelix. Der Turm ist aufgebaut in Form eines Grundelements 53, das auf einem Fundament 32 aufsteht. Auf das Grundelement 53 werden Turmelemente 54 aufgestellt. Der Turm wird durch ein Abschlusselement 55 beendet, auf das dann die Gondel 33 oder der Adapter 35 angeordnet wird. Das Grundelement 53 weist eine Mehrzahl von gekürzten Wandelementen 41 auf. Die Anzahl der gekürzten Wandelemente 41 im Grundelement 53 gibt die Anzahl der miteinander verschraubten Helixstränge wieder. Sind sechs gekürzte Wandelemente 41 im Grundelement 43 angeordnet, bedeutet dies, dass sechs Helixschraubengänge ineinander verdreht wurden.

[0050] Bei der Darstellung gemäß Fig. 6 und Fig. 7 sind die Wandelemente 40 als zwei Dreiecke ausgeführt, die um einen Winkel zueinander entlang einer Linie 46 versetzt angeordnet sind. Die Linie 46 ist dabei als äußere Kante 46 ausgeführt. Die beiden Dreiecke bilden Teilflächen 44 und 45, wie dieses in Fig. 7 ersichtlich ist. Das Grundelement 53 ist in Fig. 8 dargestellt. In der aktuellen Ausführungsform gemäß Fig. 8 sind im Grundelement 53 zwölf gekürzte Wandelement 41 vorgesehen, so dass insgesamt zwölf Helixstränge miteinander verdreht sind. In der Ausführungsform gemäß Fig. 8 und Fig. 9 ist allerdings das Wandelement als Kreissegment 50 ausgeführt. Das Aufeinandersetzen und Verbinden der einzelnen Turmelemente 54 aufeinander bzw. auf das Grundelement 53 erfolgt aber unabhängig davon, ob die Wandelemente als geknicktes Element oder als Kreissegmentelement ausgeführt sind, gleich. Die einzelnen Turmelemente 54 werden entweder mit einer Zwischenebene 52 vormontiert, wie dieses in Fig. 9 dargestellt ist, auf das darunter liegende Turmelement 54 bzw. Grundelement 53 aufgesetzt, oder einzeln montiert.

[0051] Eine Art der Verbindung der einzelnen Wandelemente 40 zueinander ist dabei in Fig. 7 dargestellt. Die beiden sich im montierten Zustand berührenden Stoßflächen 47 werden mit einem Verbindungsmittel, bei Holzelementen beispielsweise Klebstoff, verbunden. Bei Stahlelementen bietet sich das Verschweißen der Stöße an. Zusätzlich können die Stoßflächen mit Aussparungen 48 versehen werden, die nicht über die gesamte Breite der Stoßfläche 47 vorgesehen sind, sondern vor einem Durchstoßen der Außenwandseite 38 enden. In Fig. 7 ist die Innenseite 51 der Turmwand dargestellt, so dass die Aussparungen 48 sichtbar sind. In die Aussparungen 48 werden Verbindungsmittel 49 eingesetzt und diese werden anschließend mit den Wandelementen 40 verbunden. Bei den Verbindungsmitteln 49 kann es sich dabei um Dübel oder Metallplatten bzw. Bleche handeln. Das Verbinden erfolgt beispielsweise mit Klebstoff, das in die Aussparungen 48 eingespritzt wird. Anschließend können zusätzlich die Außenflächen der Aussparung, beispielsweise mit Klebeband oder dgl., abgedeckt werden. Die in Fig. 7 dargestellten Verbindungsmöglichkeiten, wie Verkleben der Stöße und Vorsehen von Aussparungen und das Einsetzen von Verbindungsmitteln, ist dabei allerdings nicht auf die Mehrfachhelixausführungsform beschränkt. Solche Ausführungsformen lassen sich auch bei den Einfachhelixformen, wie sie in Fig. 2 bis Fig. 5 dargestellt sind, verwenden.

[0052] Nachfolgend werden in den Fig. 10 bis 17 mehrere Verbindungsmöglichkeiten der Wandelemente zueinander dargestellt.

[0053] Die Verbindung der Wandelemente 40 miteinander kann auf verschiedene Art und Weisen erfolgen. Dabei sind jeweils Aussparungen 48 vorgesehen, in die Verbindungsmittel 49 eingesetzt werden. Diese Verbindungsmittel werden dann mit den Wandelementen, beispielsweise durch Verkleben oder dgl., verbunden, um eine haltende Wirkverbindung zu erzeugen. Diese Wirkverbindung kann dann Scherbewegungen und dgl. bzw. die dadurch resultierenden Belastungen aufnehmen. Eine weitere Variante ist in Fig. 10 dargestellt. Dabei sind in den Wandelementen 40 dreieckige bzw. keilförmige Aussparungen 48 vorgesehen. Auf den Stoßflächen 47 der Wandelemente 40 kann Klebstoff aufgebracht werden. Gleiches gilt für die Flächen 64 der Aussparungen 48. Das Verbindungsmittel 49 ist als rautenförmiger Quader in Form eines Dübels 61 vorgesehen. Wird als Material für die Wandelemente 40 Holz verwendet, so handelt es sich auch bei den Dübeln 61 um Holzdübel. Diese Dübel 61 können entweder nach Aufsetzen der Wandelemente 40 auf die Stoßflächen 47 in die Aussparungen 48 eingesetzt werden, oder die Dübel 61 werden in die Aussparung 48 des bereits montierten Wandelements 40 eingesetzt und das darüber liegende Wandelement wird mit den dort vorgesehenen Aussparungen auf den Dübel 61 aufgesetzt und dann insgesamt auf die Stoßfläche 47 angeordnet und mittels Verklebung oder ähnlichen Verbindungsverfahren arretiert. Das Verkleben ist in Fig. 11 als Kleber 60 dargestellt. Eine weitergehende Darstellung der Holzdübel 61 ist in Fig. 12 dargestellt.

[0054] Die Fig. 13 und 14 zeigen die bereits für Fig. 7 angerissene Verbindungsform der Blechelemente in Schlitten. In der Ausführungsform gemäß Fig. 13 sind in den Wandelementen 40 Aussparungen 48 in Form von Schlitten vorgesehen, die in die Stoßfläche 47 eingelassen sind, allerdings nicht voll bis zur von der Innenseite 51 bis zur Außenseite 38 durchgehend, sondern es verbleibt ein Restwandelement 65. In die Schlitte 48 werden Lochbleche 62 eingesetzt. Auf die Stoßflächen 47 wird wiederum Klebstoff aufgebracht und das nächste Wandelement 40 wird mit seiner Aussparung 48 auf die Wand auf die Lochbleche 62 aufgesetzt. Alternativ können auch wiederum die Wandelemente aufeinander gesetzt werden und die Lochbleche werden in die dann vorhandenen Aussparungen 48 eingesetzt und, wie in Fig. 14 dargestellt, mit Kleber 60 verklebt. Anschließend kann die Stirnfläche der Lochbleche wiederum mit einem Klebeband oder anderen geeigneten Abdeckmitteln überdeckt werden. Dieses dient u. a. auch als Korrosionsschutz.

[0055] Eine weitere Ausführungsform der Verbindungsmöglichkeit ist in Fig. 15 dargestellt. Dabei sind die Stoßflächen entlang der Fläche mit Aussparungen 48 in Form von Nuten 63 parallel zur Außenseite 38 bzw. Innenseite 51 des Wandelements 40 versehen. In diese Nuten 63 werden Federn 64 als Verbindungsmittel 49 eingesetzt. Das Befestigen der Federn 63 in den Nuten 64 erfolgt mittels Kleber 60. Die Nuten 64 des dann darauf anzuordnenden Wandelements 40 werden auf die Federn 63 aufgesetzt. Eine weitere Ausführungsform hierzu ist in den Fig. 16 und 17 dargestellt. Hier sind ebenfalls in den Stoßflächen 47 der Wandelemente 40 Aussparungen 48 in Form eines parallel zur Außenseite 38 bzw. Innenseite 51 des Wandelements 40 verlaufenden Schlittes vorgesehen. In die Schlitte 48 werden längliche Bleche 66 als Verbindungsmittel 49 eingesetzt und ebenfalls miteinander verklebt. Eine Draufsicht auf die Stoßflächen 47 der Wandelement 40 mit eingesetzten Blechen 66 zeigt Fig. 17.

[0056] In Fig. 18 ist das Aufbringen einer Beschichtung 69 auf ein Wandelement 40 dargestellt. Dafür ist eine Klebevorrichtung 67 vorgesehen, die den Kleber 60 auf die Turmaußenseite 38 des Wandelements 40 aufsprüht. Nach dem Aufsprühen wird direkt die Beschichtung 69 aufgebracht, die als Rolle 68 vorgesehen wird. Die Beschichtung 69 wird von der Rolle 68 auf der mit Kleber benetzten Oberfläche abgerollt und damit auf die Oberfläche des Wandelements 40 aufgebracht. Das Aufbringen kann nach der Errichtung des Turmes 31 auf die einzelnen Turmseiten 39 erfolgen. Alternativ kann vor Errichtung eines einzelnen Wandelements jedes einzelne Wandelement direkt beschichtet werden, oder die Beschichtungen erfolgen nachdem das einzelne Wandelement am Turm angebracht wurde, sodass die Beschichtung der Wandelemente im montierten Zustand einzeln erfolgt. Nach Aufbringen der Beschichtung 69 werden die Stöße

der Beschichtung (nicht dargestellt) miteinander verbunden, sodass eine durchgehende, gesamte Umhüllung des Turmes 31 durch die Beschichtung 69 entsteht. Der fertig beschichtete Zustand ist in Fig. 19 dargestellt.

[0057] Fig. 20 zeigt dann anschließend den Betriebszustand der Windkraftanlage 30 und das dort herrschende Dampfdruckgefälle, dargestellt in Form der Feuchtigkeitsbewegung 71 und dem Abtransport der Feuchtigkeit durch die Wärmeabfuhr 72, ausgehend von einem Wärmezeuger. Die Beschichtung 69 weist eine geringere Dampfdurchlässigkeit als das Material des Wandelements 40 auf. Dieses ist insbesondere bei dem Einsatz von Holz notwendig, weil dadurch gewährleistet wird, dass eventuell durch die Beschichtung 69 hindurchtretende Feuchtigkeit aus dem Übergangsbereich Beschichtung zu Holz und auch aus der Holzkonstruktion als solches abgeführt wird. Durch die Wärmeabfuhr 72 werden die Klimabedingungen innerhalb des Turmes so beeinflusst, dass ein Wasserdampfgefälle von außen nach innen besteht. Die sich an der Oberfläche der Innenseite 51 des Turmes 31 sammelnde Feuchtigkeit, die durch das Wandelement 40 hindurchgetreten ist, wird von der aufsteigenden Wärme mitgenommen und von dieser aus dem Turm 31 entfernt. Der dabei entstehende Wasserdampf steigt auf und entweicht aus dem Turm. Alternativ bzw. zusätzlich kann auch eine Absaugung des Wasserdampfes vorgesehen werden. Es herrscht somit ein Temperaturgefälle dergestalt, dass die Außentemperatur niedriger ist als die Temperatur im Inneren des Turmes 31.

[0058] Da die Anschlüsse für Gondeln 33 in Bezug auf die Türme 31 im Wesentlichen kreissegmentförmig ausgeführt sind, wird ein erfindungsgemäßer Adapter 35 vorgeschlagen, der einen Übergang des polygonalen Turmes 31 auf den kreissegmentförmigen Anschluss der Gondel 33 ermöglicht. Hierfür ist eine Seitenwand 76 vorgesehen, an deren unteren Ende ein Flansch 73 vorgesehen ist, der Bohrungen 74 aufweist. Der Flansch 73 ist mittig mit einer Öffnung 75 versehen. Der Flansch 73 dient dazu, auf die polygonale Stoßfläche 47 des obersten Abschnittes des Turmes 31 aufgesetzt zu werden und durch die Bohrungen 74 mit dem Turm verbunden zu werden. Am oberen Abschnitt der Seitenwand 46 sind Anschlussbereiche 74 für die Gondel 33 vorgesehen. Gegebenenfalls kann, um eine bessere Tragfähigkeit der Seitenwand 76 zu erreichen, ein verstärkter Abschnitt 78 auf der Seitenwand 76 vorgesehen werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

30	Windkraftanlage	49	Verbindungsmittel
31	Turm	50	Kreisabschnitt
32	Fundament	51	Turminnenseite
33	Gondel	52	Zwischenebene
34	Rotor	53	Grundelement
35	Adapter	54	Turmelement
36	Rotorblatt	55	Abschlusselement
37	Narbe	56	durchgehende Linie
38	Turmaußenseite	57	ansteigender Abschnitt
39	Turmseite	58	horizontaler Abschnitt
40	Wandelement	59	ansteigender Abschnitt
41	gekürztes Wandelement	60	Kleber
42	gekürztes Wandelement	61	Bügel
43	Helixabschnitt	62	Lochblech
44	Teilfläche	63	Nut
45	Teilfläche	64	Feder
46	Kante	65	Restbereich
47	Stoßfläche	66	Blech
48	Aussparung	67	Klebevorrichtung

68	Rolle	74	Bohrung
69	Beschichtung	75	Öffnung
70	Wärmeerzeuger	76	Seitenwand
71	Feuchtigkeitsbewegung	77	Gondelanschluss
72	Wärmeabfuhr	78	verstärkter Abschnitt
73	Flansch		

Ansprüche

1. Turm (31) für eine Windkraftanlage (30), wobei die Wände des Turms zumindest teilweise aus einzelnen Wandabschnitten (40) aus einem Holzwerkstoff hergestellt sind, die über Verbindungsmittel (49) miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandabschnitte (40) zueinander Helix (43)-bildend versetzt angeordnet sind.
2. Turm nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Helix (43) um eine Einfachhelix handelt
3. Turm nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Helix (43) um eine aus mehreren Einfachhelices gebildeten Mehrfachhelix handelt.
4. Turm nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der die Mehrfachhelix bildenden Einfachhelices mit der Anzahl der Wandabschnitte (40) in einer horizontalen Ebene des Turms (31) übereinstimmt.
5. Turm nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wandabschnitt (40) eine auf eine Spitze gestellte Raute ist.
6. Turm nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Raute in Horizontaler Richtung ein Kreissegment (50) ist.
7. Turm nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Raute durch zwei vertikal miteinander verbundene Dreiecke (44, 45) gebildet ist, wobei die Flächen der Dreiecke in einem Winkel zueinander angeordnet sind.
8. Turm nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkel 360° geteilt durch die Anzahl der Einfachhelices beträgt.
9. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die oberen Stoßseiten der einzelnen Bestandteile einer Helix (43) eine durchgehende Linie (56) und/oder eine Stufung (57 - 58 - 59) aufweisen.
10. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandabschnitte (40) wenigstens teilweise in Stößen Schlitz (48) aufweisen, die quer zur Stoßrichtung und/oder längs zur Stoßrichtung angeordnet sind.
11. Turm nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Schlitz (48) die Verbindungsmittel (49), bevorzugt Metallbleche (66), besonders bevorzugt Lochbleche, angeordnet sind und bevorzugt in den Schlitz (48) verklebt sind.
12. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Wandabschnitten (40) aus einem Holzwerkstoff hergestellt sind.
13. Turm nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem Holzwerkstoff um Brettsperholz und/oder Holzverbundwerkstoff handelt.
14. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Turm (31) aus den einzelnen Wandabschnitten (40) vor Ort zusammengesetzt ist.
15. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche der Außenseite (38) des Turms (31) mit einer Beschichtung (69) versehen ist,

16. Turm nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) eine von einem Anstrich verschiedene, wenigstens einen Teil der auf die Oberfläche des Turms (31) wirkenden Zugbelastung aufnehmende und die Oberfläche der Außenseite (38) des Turms (31) gegen von außen auf die Oberfläche einwirkende Umwelteinflüsse, insbesondere Feuchtigkeit, abdichtende Beschichtung ist, die z.B. einen Schichtstoff, eine Folie, ein Gewebe, eine Platte und/oder ein Textil aufweist.
17. Turm nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) auf die Oberfläche der Außenseite (38) des Turms (31) wenigstens teilweise vollflächig aufgebracht ist.
18. Turm nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Beschichtung (69) um einen Kunststoff, eine Kunststoffplatte, ein Gewebe und/oder ein Textil aus Kunststoff handelt, die bevorzugt aus Polypropylen, Polyurethan, Polyvinylchlorid, Polyester, Polycarbonat und/oder Polyethylen hergestellt sind.
19. Turm nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) wenigstens teilweise auf die Turmoberfläche aufgeklebt ist.
20. Turm nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) aus einzelnen Abschnitten besteht, die miteinander verbunden sind, bevorzugt verklebt oder verschweißt.
21. Turm nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) eine geringere Dampfdurchlässigkeit als der Holzwerkstoff der Wandelemente (40) aufweist.
22. Turm nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Inneren des Turms (31) ein Wärmeerzeuger (70) angeordnet ist, wobei es sich bevorzugt um die Leistungselektronik einer Windkraftanlage (30) handelt.
23. Verfahren zur Herstellung eines Turms nach einem der Ansprüche 15 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) nach Errichtung des Turms (31) aufgebracht wird.
24. Verfahren zur Herstellung eines Turms nach einem der Ansprüche 15 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) während der Errichtung des Turms (31) aufgebracht wird.
25. Verfahren zur Herstellung eines Turms nach einem der Ansprüche 15 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) vor der Errichtung des Turms (31), bevorzugt vor Ort, aufgebracht wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung (69) direkt auf die Wandabschnitte (40) des Turms (31) aufgebracht wird.
27. Windkraftanlage (30) mit einem Turm (31) nach einem der Ansprüche 1 bis 22.

Hierzu 16 Blatt Zeichnungen

1/16

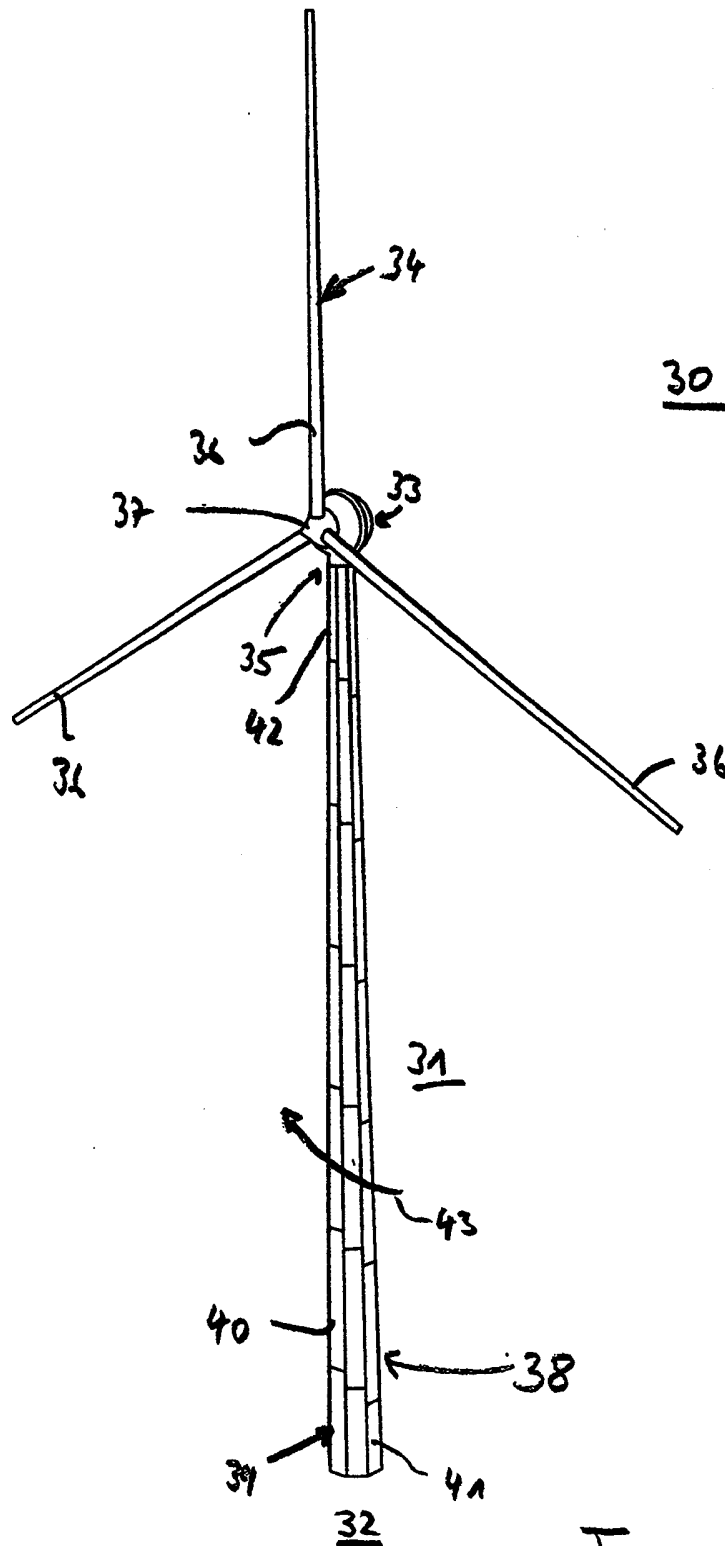
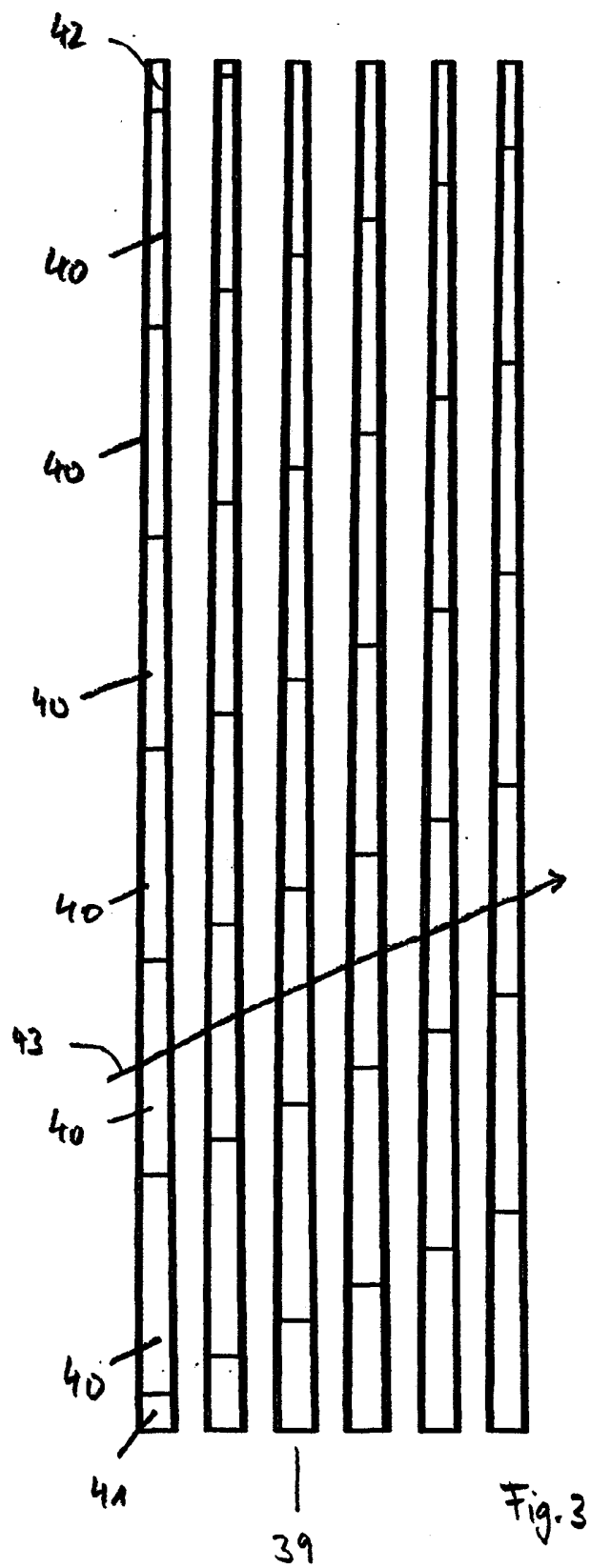
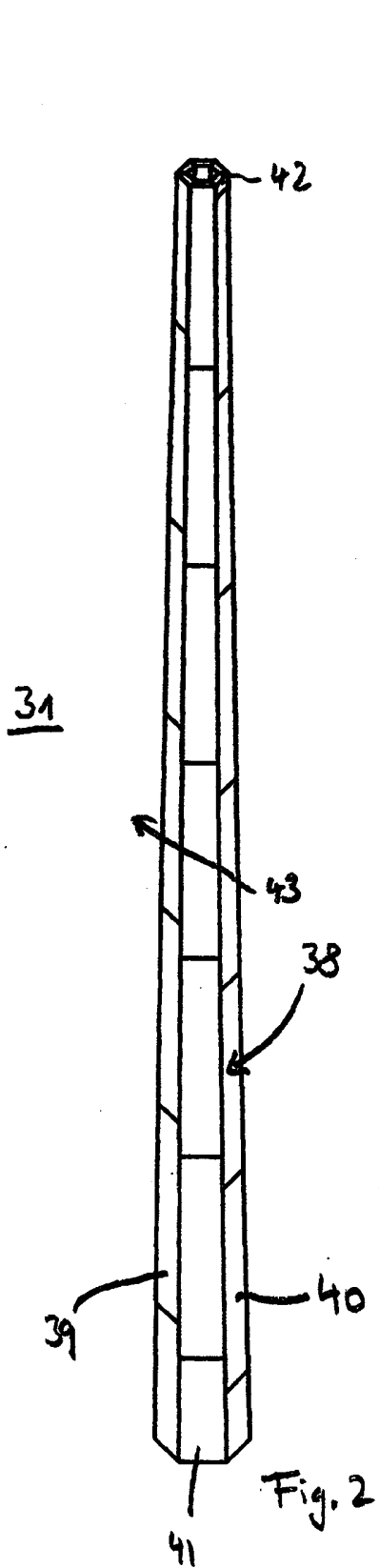
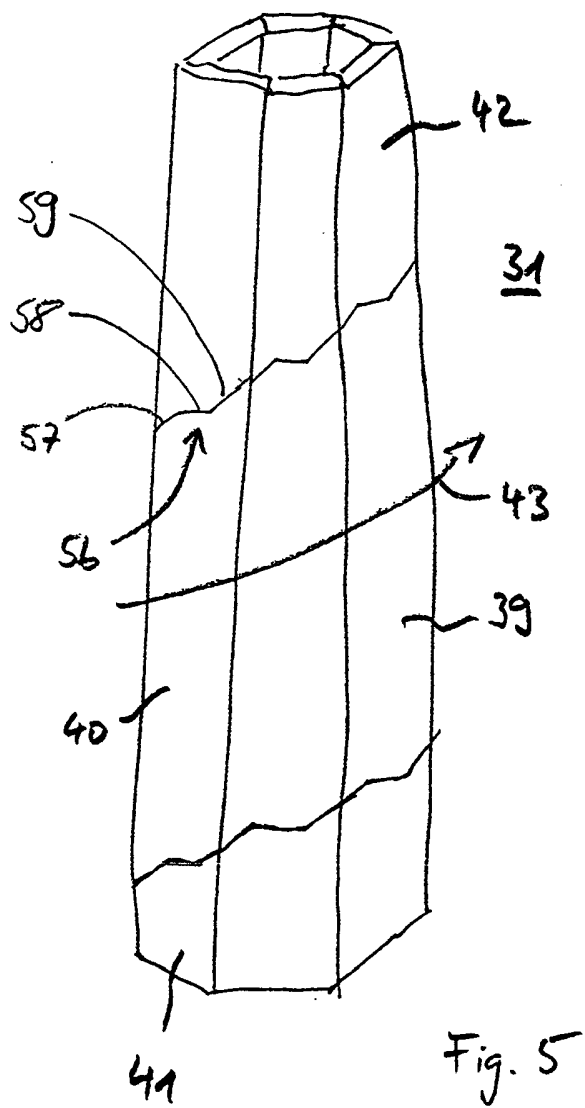
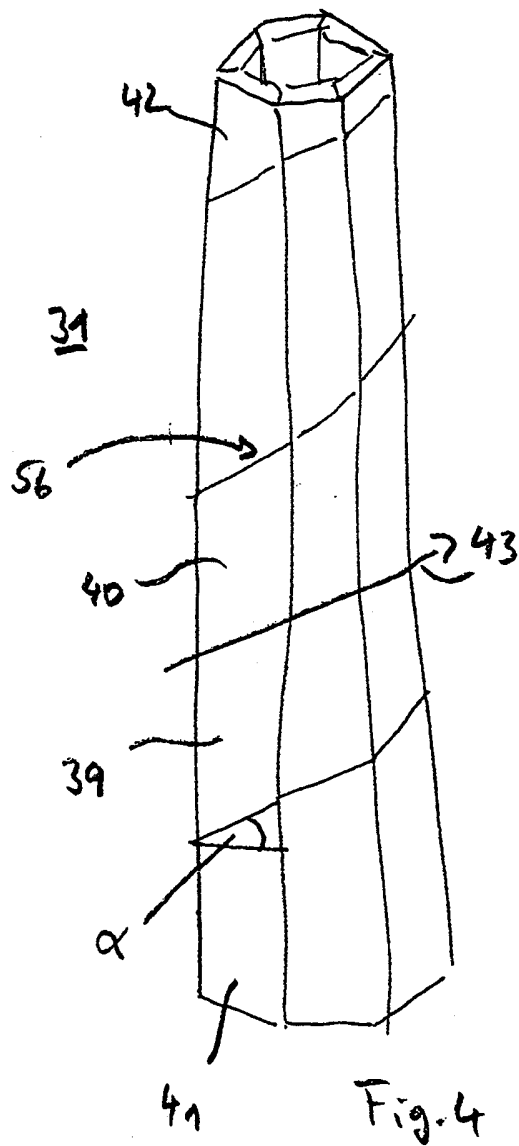


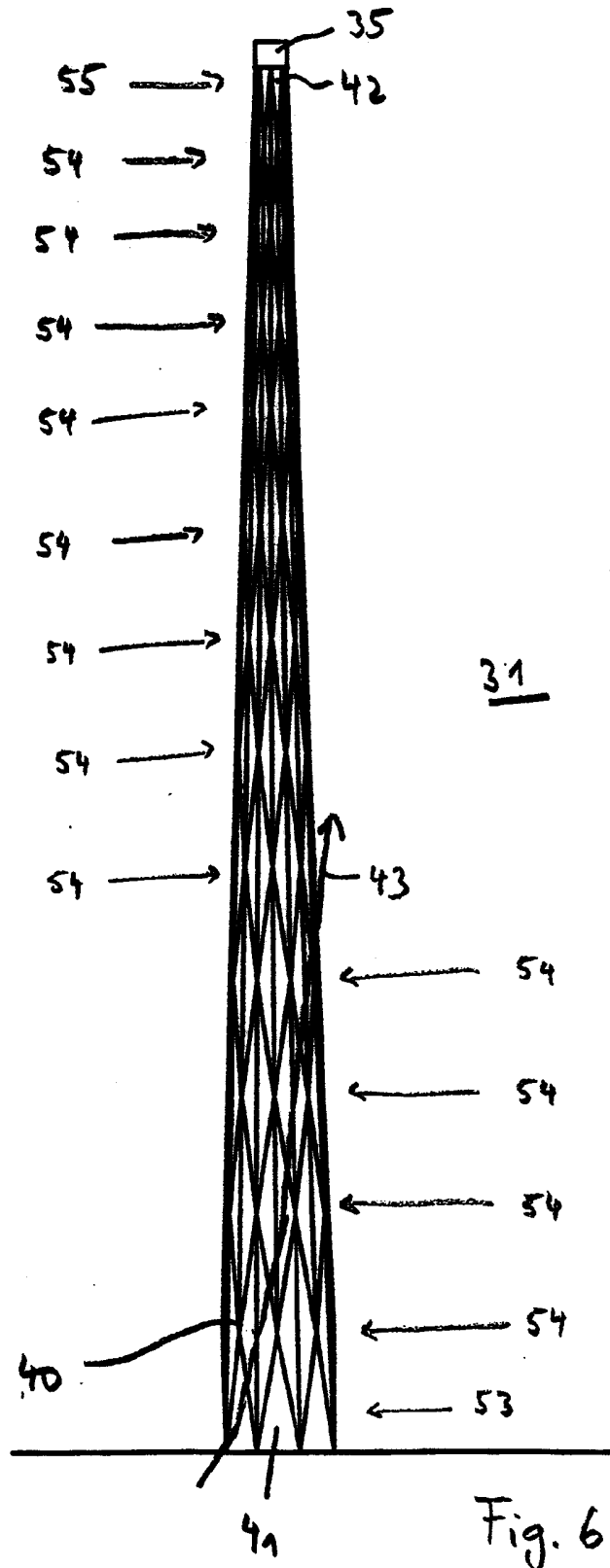
Fig. 1

2/16

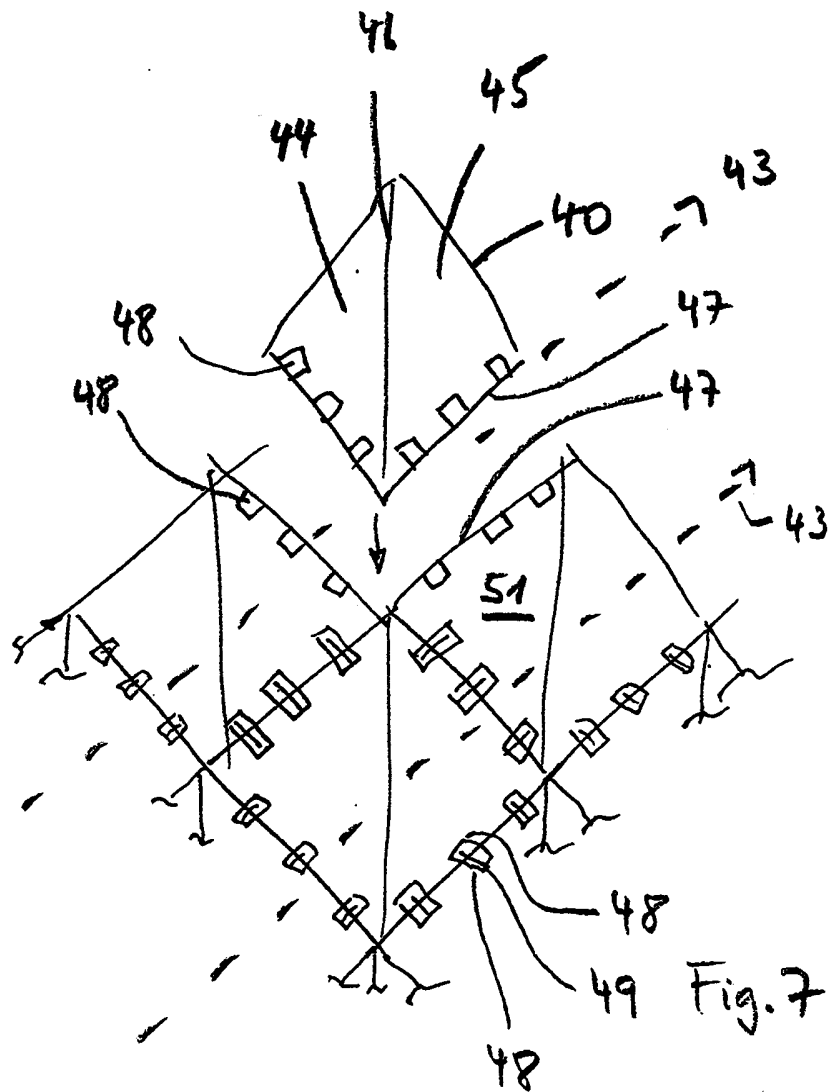




4/16

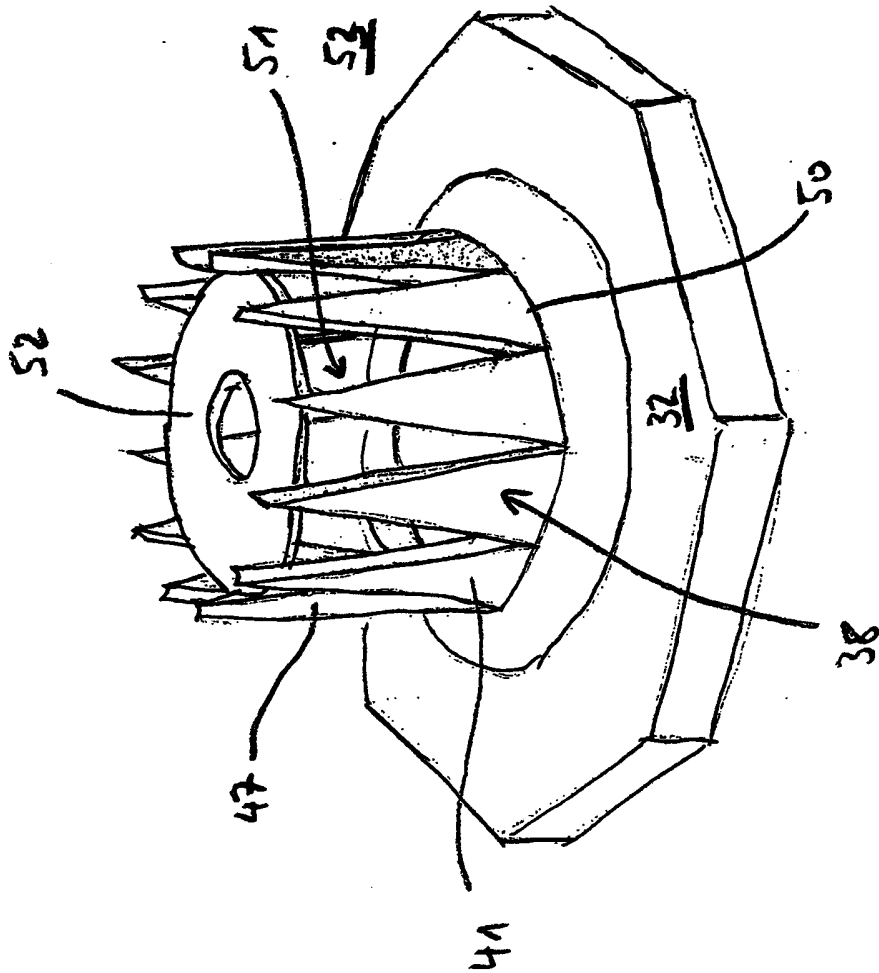


5/16

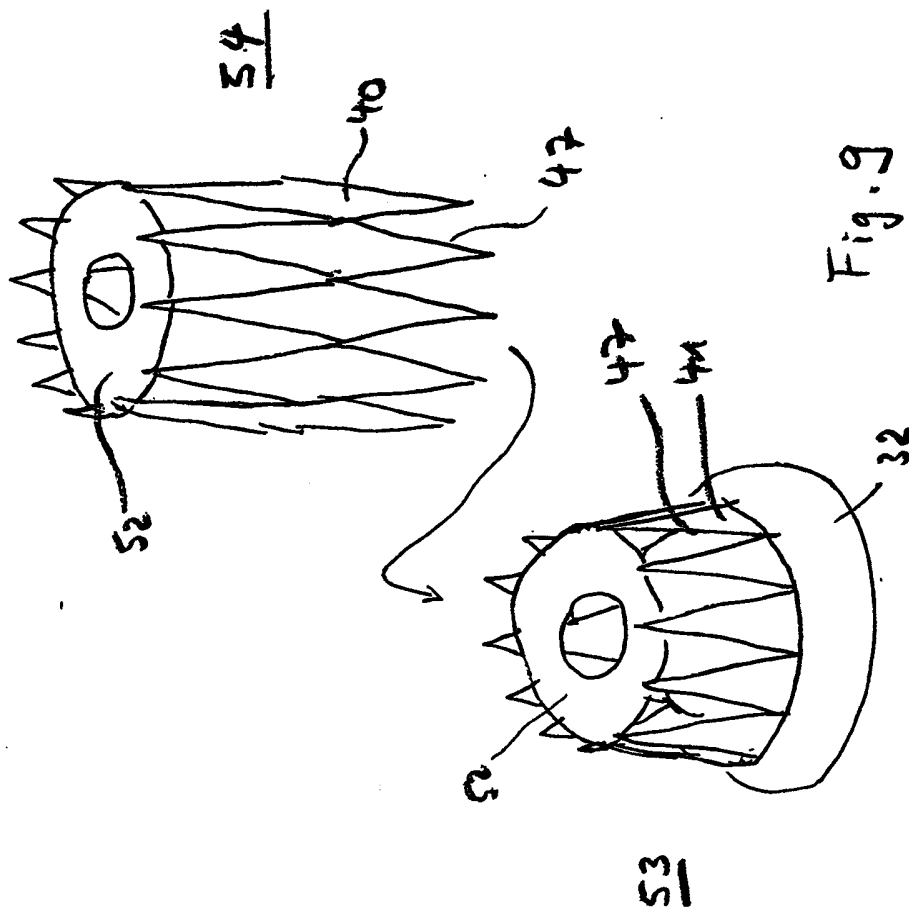


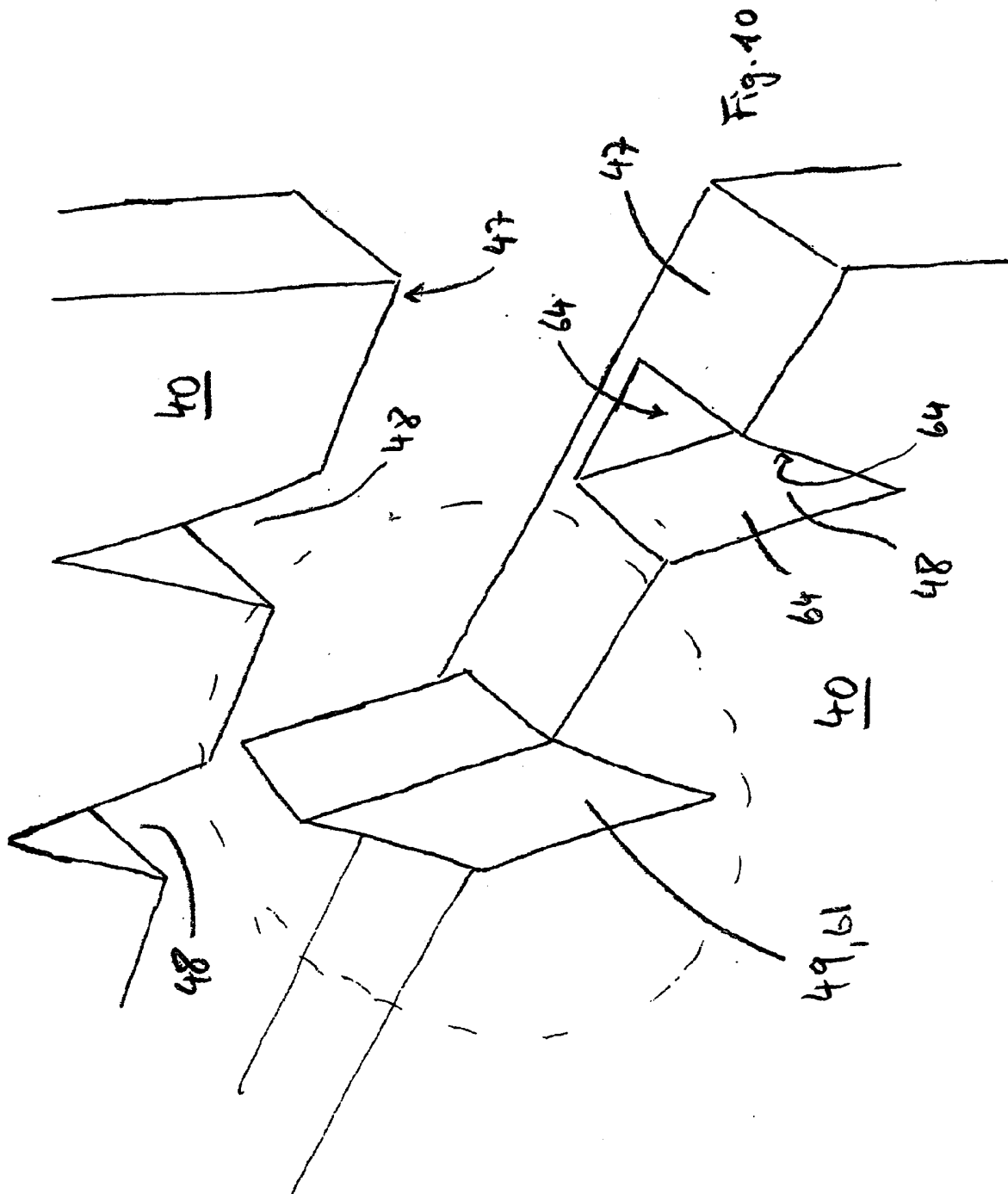
6/16

Fig. 8



7/16





9/16

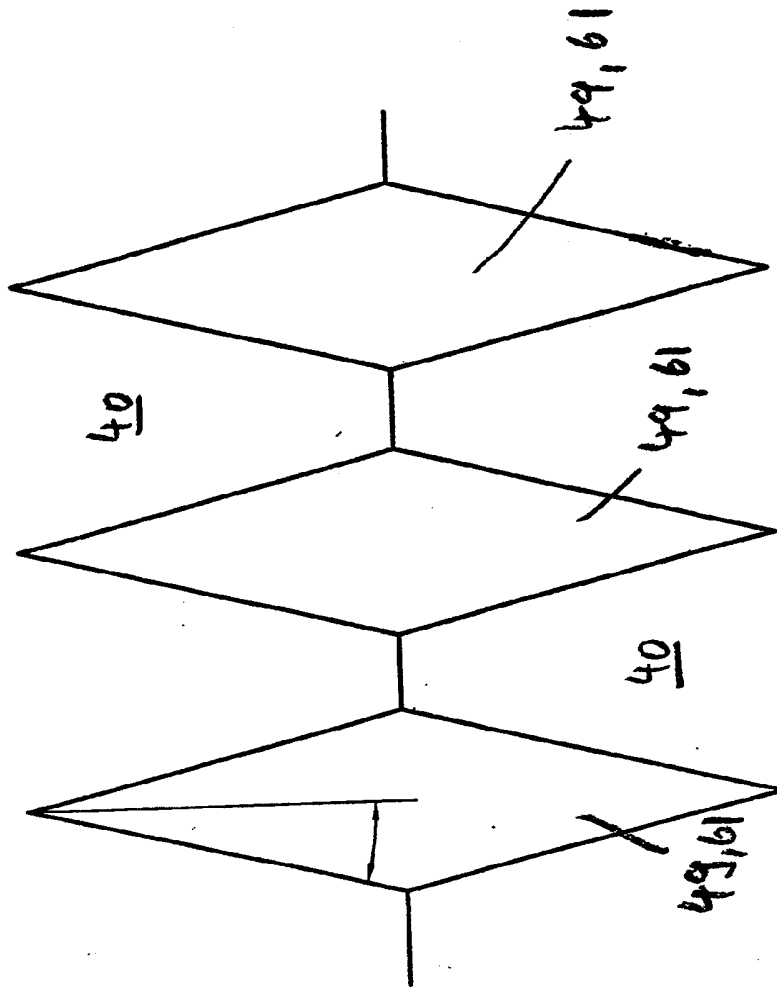


Fig. 12

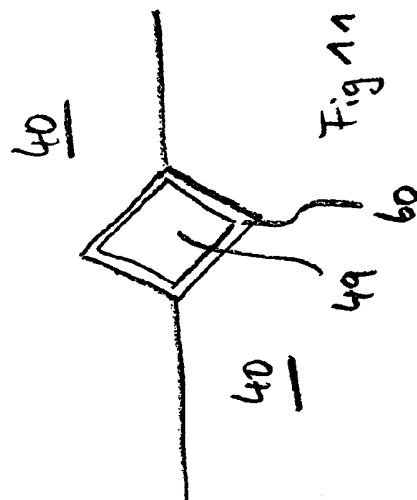
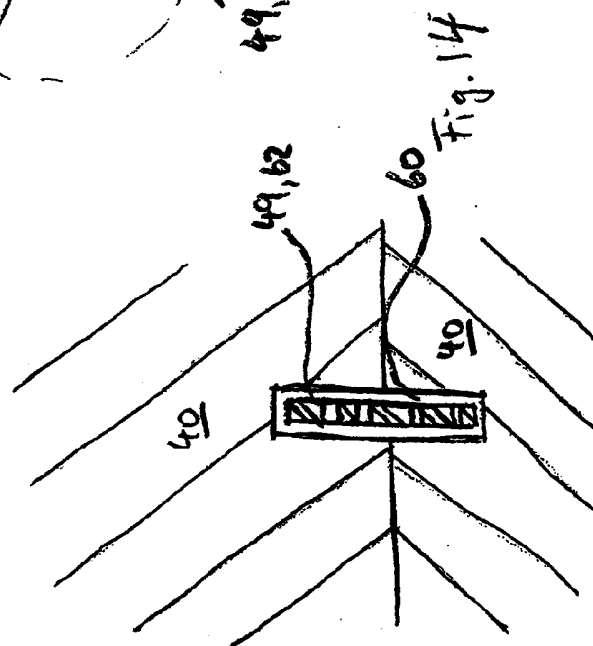
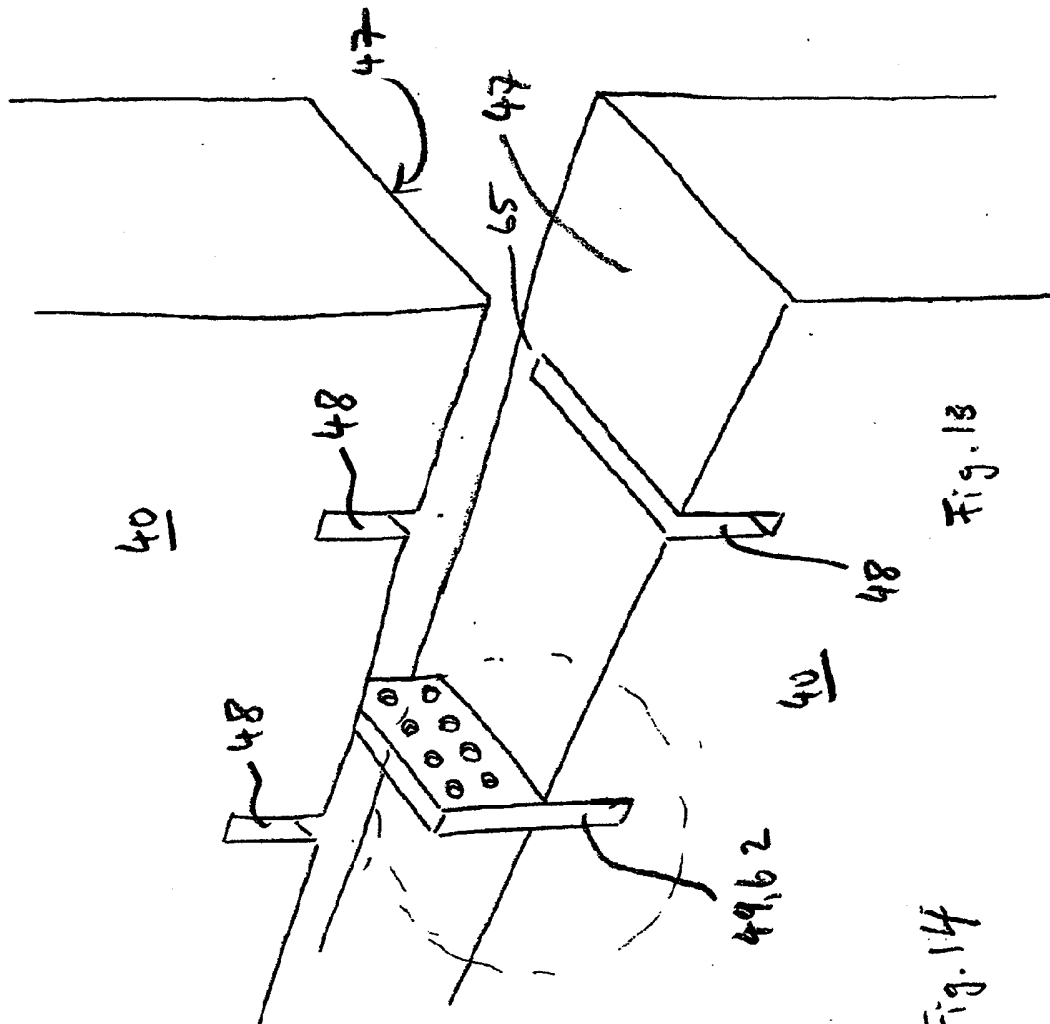


Fig. 11

10/16



11/16

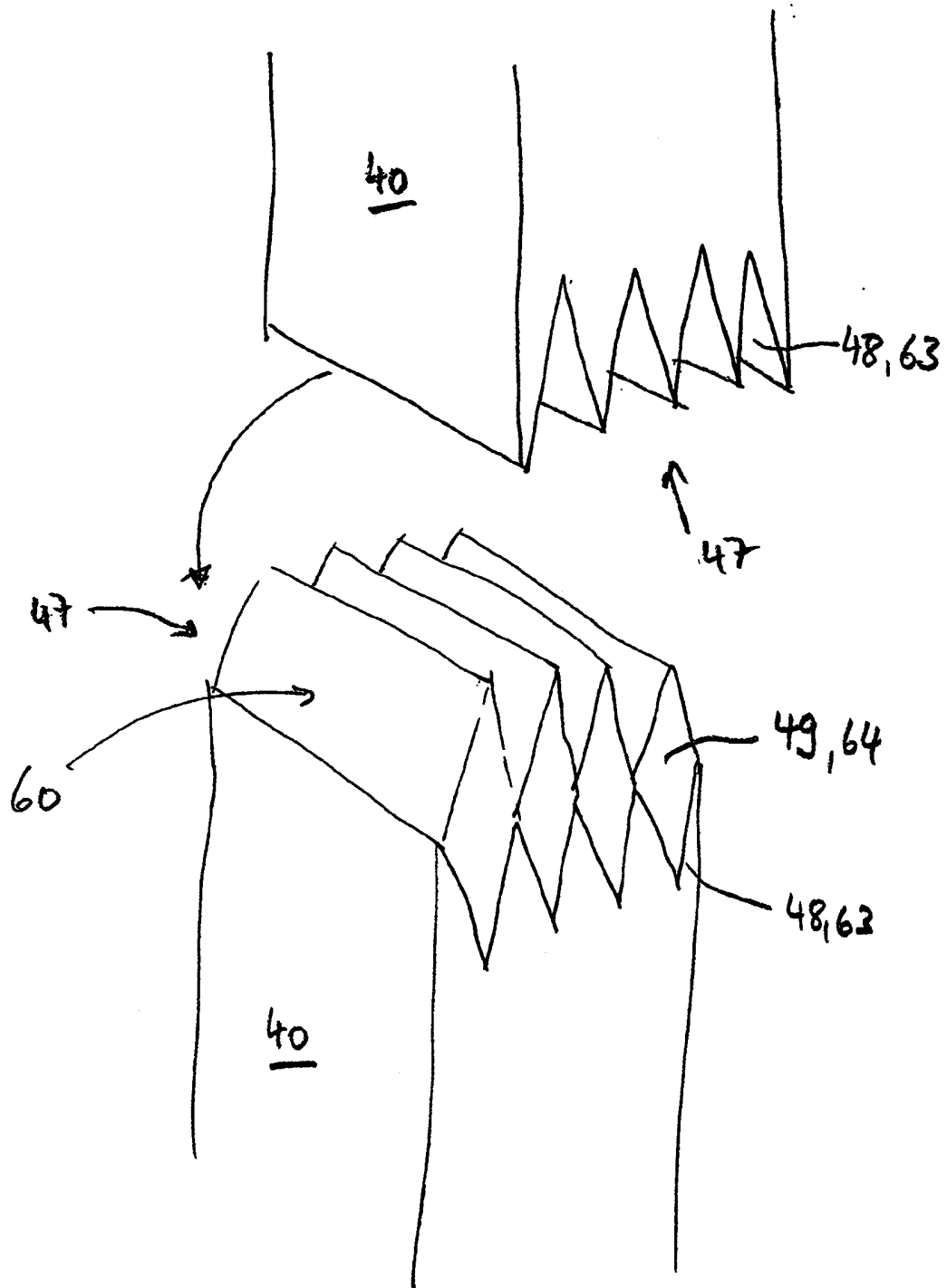
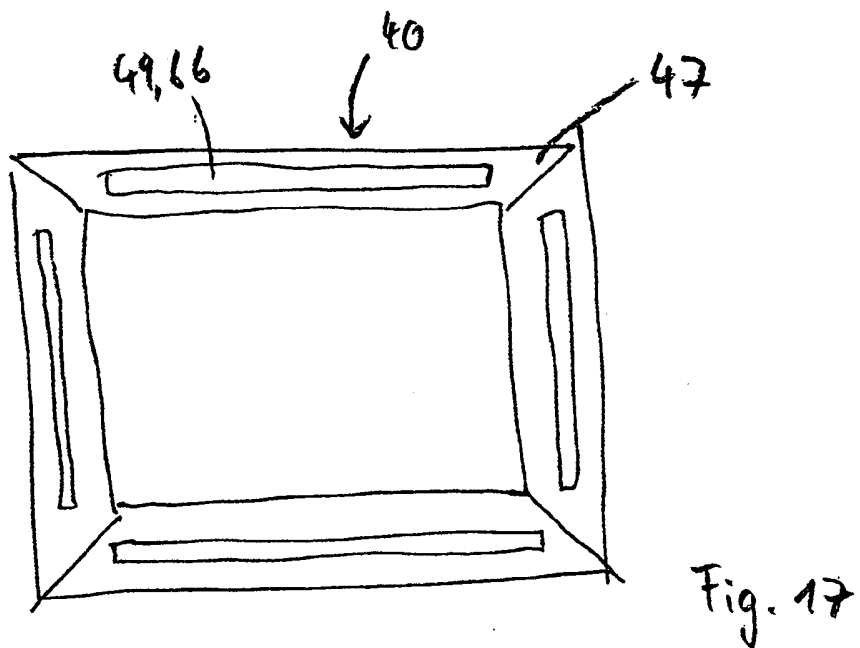
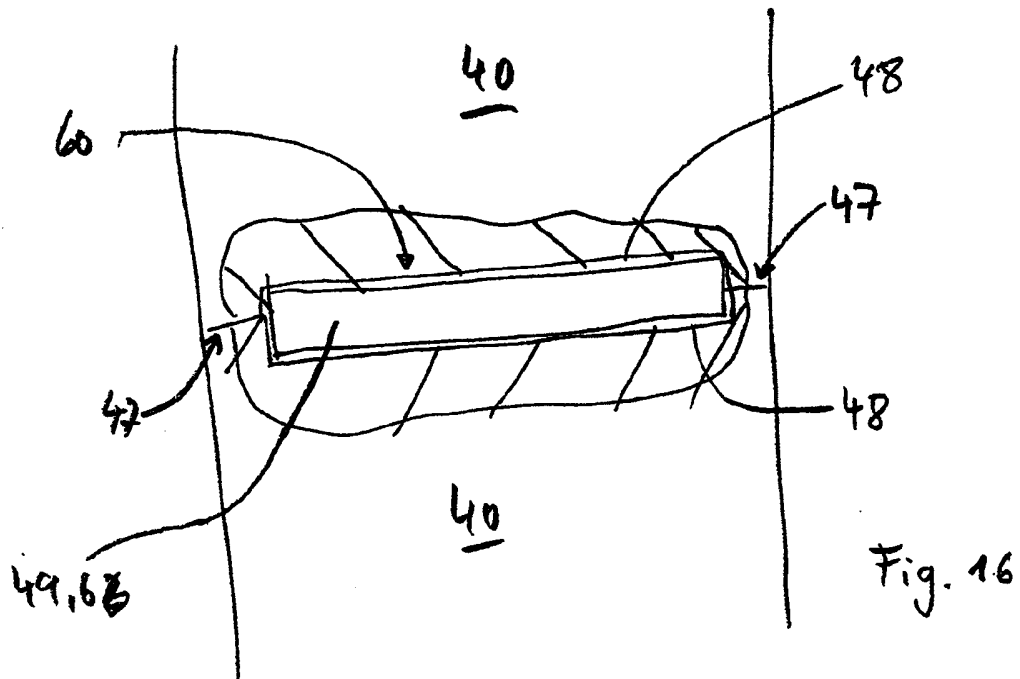
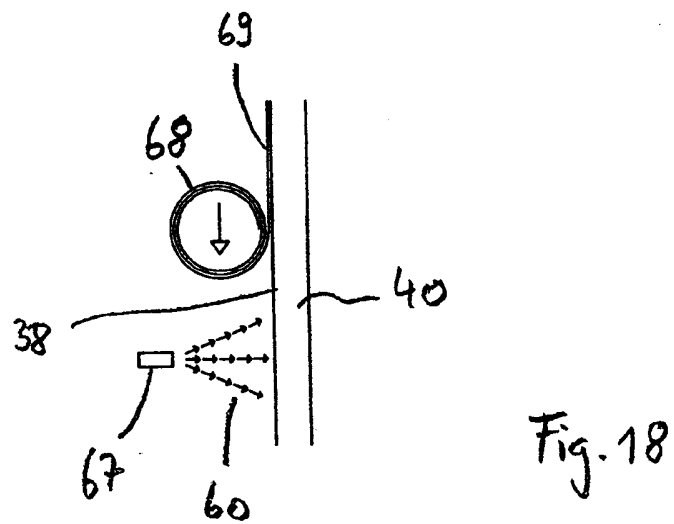
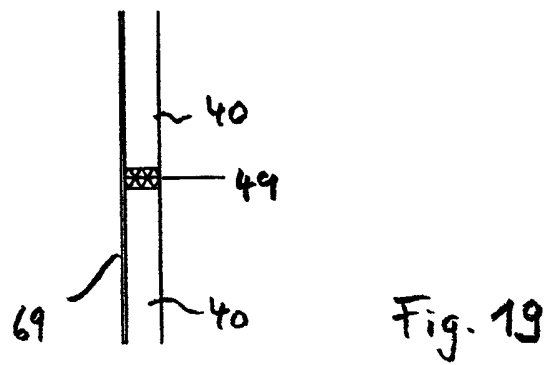
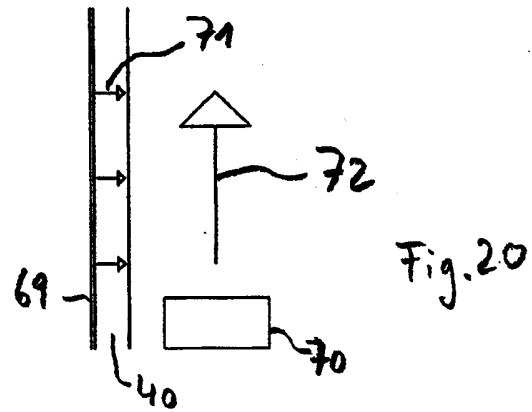


Fig. 15

12/16



13/16



14/16

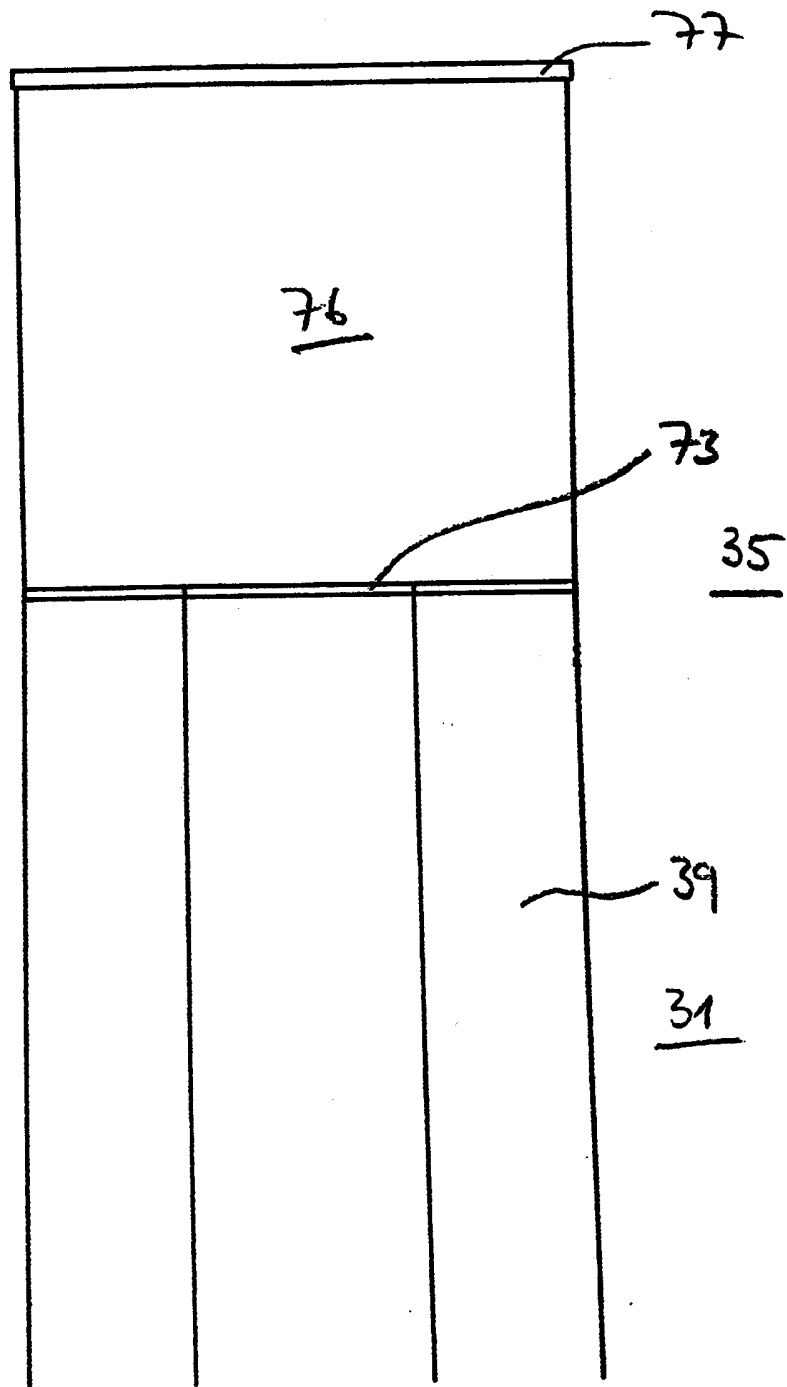
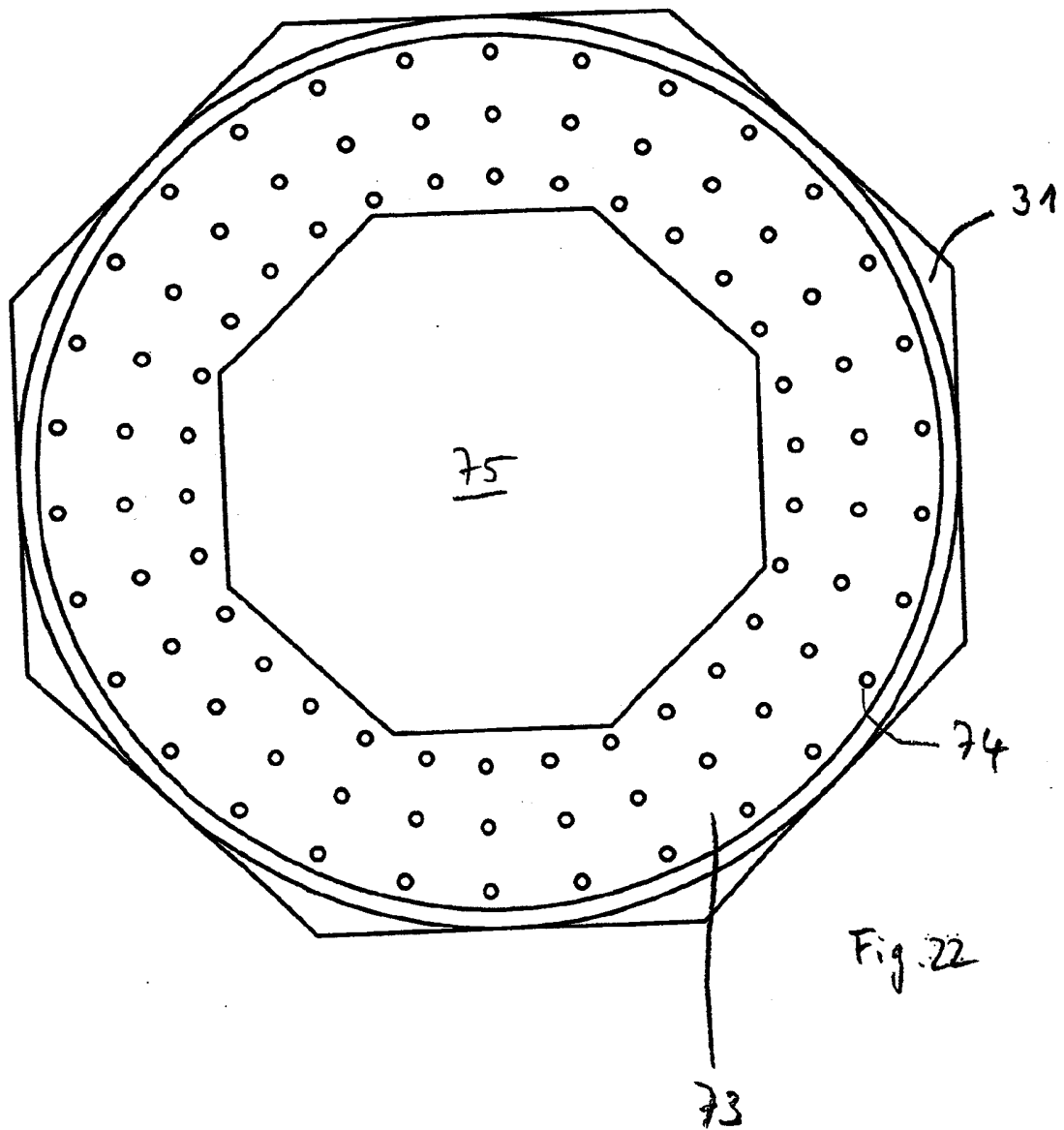


Fig. 21

15/16



16/16

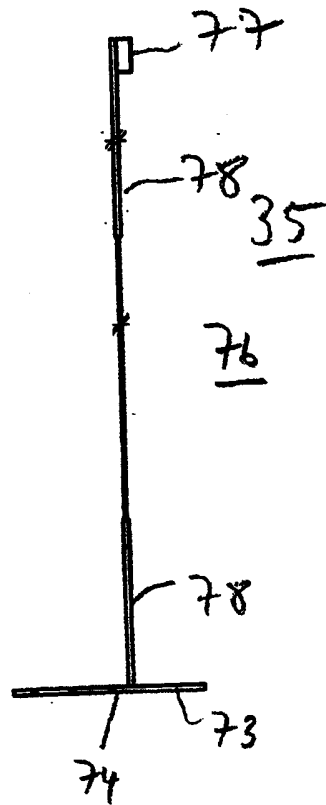


Fig. 23

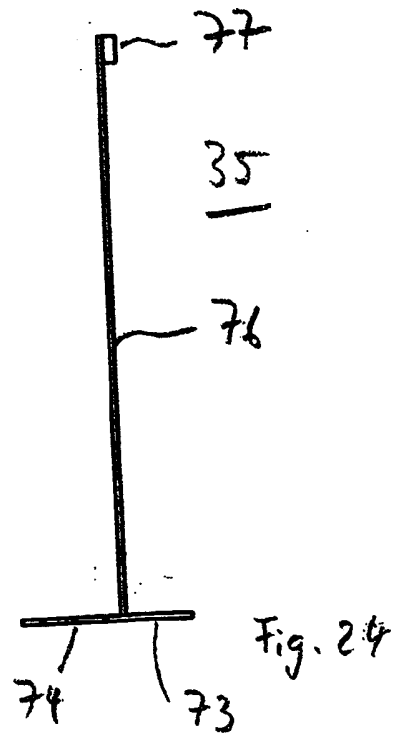


Fig. 24