



(10) **DE 10 2018 118 965 A1** 2020.02.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 118 965.6**

(22) Anmeldetag: **03.08.2018**

(43) Offenlegungstag: **06.02.2020**

(51) Int Cl.: **F03D 80/00 (2016.01)**

(71) Anmelder:  
**Nordex Energy GmbH, 22419 Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Hauck Patentanwaltpartnerschaft mbB, 20355  
Hamburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Jensen, Christin, 24991 Großsolt, DE; Fingerhut,  
Stephan, 22851 Norderstedt, DE; Hartung,  
Bastian, 22305 Hamburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

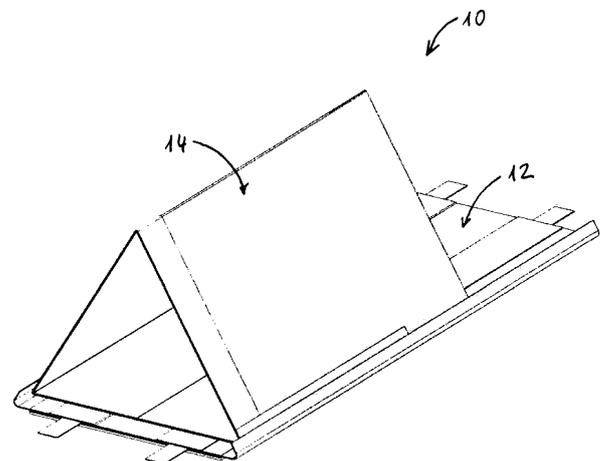
DE	28 04 711	A1
DE	10 2010 009 435	A1
DE	14 09 401	A
GB	907 851	A
US	2016 / 0 312 761	A1
EP	1 881 195	A1
EP	2 851 490	A1
EP	3 029 313	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Strang für eine Scruton-Spirale, Verfahren zum Montieren einer Scruton-Spirale sowie Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage**

(57) Zusammenfassung: Strang für eine Scruton-Spirale zur Verwendung an einem Turm für eine Windenergieanlage, aufweisend eine Unterkonstruktion, die über eine Oberfläche einer Turmsection des Turms spannbare ist und eine Auftragsseite mit einer Auflagefläche und eine der Auflageseite gegenüberliegende Außenseite aufweist, und wenigstens einen Störkörper zum Beeinflussen einer Windströmung an dem Turm oder der Turmsection, wobei der Störkörper mit der Außenseite der Unterkonstruktion in Kontakt bringbar und mit der Unterkonstruktion verbindbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Strang für eine Scruton-Spirale zur Verwendung an einem Turm für eine Windenergieanlage. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Montieren einer Scruton-Spirale an einer Turmsektion und ein Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage.

**[0002]** Aus der Strömungsmechanik ist ein als Kär-mänsche Wirbelstraße bezeichnetes Phänomen bekannt, bei dem sich hinter einem umströmten Körper gegenläufige Wirbel ausbilden. Wenn die Ablösefrequenz der Wirbel der Eigenfrequenz des umströmten Körpers entspricht, so wird er zu Schwingungen quer zur Strömungsrichtung angeregt. Solche wirbelerregten Querschwingungen treten auch an Türmen von Windenergieanlagen auf und sind dort unerwünscht, weil sie zu hohen dynamischen Belastungen und einer Verkürzung der Lebensdauer führen. Die Ablösefrequenz der Wirbel hängt unter anderem von der Anströmgeschwindigkeit und vom Durchmesser des Turms ab.

**[0003]** Die Türme moderner Windenergieanlagen sind oft als im wesentlichen zylindrische Stahlrohtürme, teilweise mit konisch verlaufenden Abschnitten, oder als Hybridtürme mit einem Betonsockel und darauf aufgesetztem, wieder im wesentlichen zylindrischem Stahlrohrabschnitt ausgebildet. Ein Stahlrohturm oder der Stahlrohrabschnitt eines Hybridturms wird meist in Längsrichtung in Abschnitte unterteilt, die fachsprachlich als Turmsektion oder manchmal als Turmsegment bezeichnet werden. Dies vereinfacht die Logistik, indem die Turmsektionen in einem Werk hergestellt und zum vorgesehenen Standort der Windenergieanlage transportiert werden. An dem vorgesehenen Standort werden diese Turmsektionen mit Hilfe von Kränen aufeinandergesetzt und über ringförmige Flansche an den Enden miteinander verbunden, bis die gewünschte Höhe erreicht ist. Auf den so errichteten Turm wird nachfolgend die Gondel aufgesetzt und mit diesem verbunden und anschließend an der Gondel der Rotor angebracht.

**[0004]** Im Betrieb der Windenergieanlage wird durch den sich drehenden Rotor das Entstehen einer Kär-mänschen Wirbelstraße verhindert. Während der Errichtung jedoch ist dies nicht der Fall, vielmehr ist der (teil-) errichtete Turm diesem Phänomen sozusagen wehrlos ausgesetzt. Ein wirksames Mittel, um das Entstehen einer Kär-mänschen Wirbelstraße zu vermeiden, ist eine spiralförmig um den zylindrischen Körper, also den Turm, verlaufende stegartige, eine Kante bildende Konstruktion, die nach ihrem Erfinder als Scruton-Spirale oder Scruton-Wendel bekannt ist. An der Kante der Scruton-Spirale bricht die Strömung und wird in verschiedene Richtungen abgelenkt, so dass entstehende Wirbel unregelmäßiger und kleiner sind und sich keine Wirbelstraße mehr aufbau-

en kann. Die spiralförmig verlaufenden Elemente der Scruton-Spirale werden oft mit dem englischen Wort „Strake“ bezeichnet, nachfolgend wird auch das Wort „Strang“ verwendet.

**[0005]** Aus der GB 907,851 bzw. der DE-OS 1409401 ist das Grundprinzip der Scruton-Spirale bekannt.

**[0006]** Aus der DE 28 04 711 A1 ist eine Windkraftmaschine mit einer starren Turmkonstruktion bekannt, die an dem Turm in einer schraubenförmigen Bahn angebrachte, streifenförmige Platten aufweist, deren freie Enden sich von dem Turm erstrecken.

**[0007]** Aus der DE 10 2010 009 435 A1 ist eine Windkraftanlage bekannt, die eine den Turm umlaufende Spirale in Form einer Erhöhung oder Ausnehmung oder einer Kombination aus Erhöhung und Ausnehmung aufweist.

**[0008]** Aus der EP 1 881 195 A1 ist eine Vorrichtung zum Verhindern von Wirbeln bekannt, die sich spiralförmig um den Turm erstreckt und aus drei gewellten Schläuchen besteht, die mit Hilfe von Seilen gehalten und geführt werden.

**[0009]** Aus der EP 2 851 490 A1 ist ein Verfahren zum Transportieren eines Turms einer Windturbine in aufrechter Position bekannt, wobei der Turm mit einer Anzahl abnehmbarer Strakes ausgerüstet ist. Weiterhin sind aus dieser Veröffentlichung ein Strakessatz, ein mit dem Strakessatz ausgerüsteter Turm und eine Transportbaugruppe mit dem Strakessatz bekannt.

**[0010]** Aus der EP 3 029 313 A1 ist ein Strake für einen Windturbinenturm bekannt, der zum Reduzieren von wirbelerregten Schwingungen an einem Windenergieagenturm angebracht werden kann und der eine aufblasbare Außenkonstruktion mit einer dreieckigen Form aufweist.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine während der Errichtung der Windenergieanlage verwendbare Scruton-Spirale bereitzustellen, mittels derer wirbelerregte Querschwingungen des Turms der Windenergieanlage reduziert werden können. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Montieren einer Scruton-Spirale an einer Turmsektion eines Turms für eine Windenergieanlage anzugeben. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage anzugeben.

**[0012]** Die Aufgabe wird gelöst durch einen Strang für eine Scruton-Spirale mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Scruton-Spirale ist zur Verwendung an einem Turm für eine Windenergieanlage vorgesehen und kann als mehrteiliger Bausatz bereitgestellt werden. Der Strang für die Scruton-Spirale weist eine

Unterkonstruktion auf, die über eine Oberfläche einer Turmsection des Turms spannbare ist und eine Auflagefläche mit einer Auflagefläche und eine der Auflagefläche gegenüberliegende Außenseite hat. Mit der Auflagefläche liegt die montierte Unterkonstruktion auf der Oberfläche der Turmsection auf. Die Auflagefläche der Unterkonstruktion kann rutschhemmend ausgebildet sein. Weiterhin weist der Strang wenigstens einen Störkörper zum Beeinflussen einer Windströmung an dem Turm oder der Turmsection auf. Der Störkörper ist mit der Außenseite der Unterkonstruktion in Kontakt bringbar und mit der Unterkonstruktion verbindbar, insbesondere mittels einer Klettverbindung. Durch die Aufteilung in eine Unterkonstruktion und die aerodynamisch wirksamen Störkörper wird der Strang der Scruton-Spirale wesentlich besser handhabbar, besonders dann, wenn die Montage im Freien bei Wind erfolgt, und die Einzelteile sind leicht transportierbar.

**[0013]** Bevorzugt umfasst die Unterkonstruktion ein Spannmittel, mit dem die Unterkonstruktion entlang ihrer Längsrichtung auf Zug beanspruchbar ist, um die Auflagefläche gegen die Oberfläche der Turmsection zu pressen. Als Spannmittel werden vorzugsweise ein oder mehrere parallel verlaufende Gurte und/oder Seile verwendet. Durch das Spannen wird ein fester und sicherer Sitz der Unterkonstruktion und damit des montierten Stranges der Scruton-Spirale auf der Oberfläche der Turmsection gewährleistet.

**[0014]** Bevorzugt weist der Störkörper zumindest zwei Wände auf, die sich entlang einer Längsrichtung des Störkörpers erstrecken. Die die beiden Wände verbindende Kante definiert eine Längsrichtung des Störkörpers. Mit dem Störkörper und an dieser Kante wird die Luftströmung des Windes derart beeinflusst, dass sich keine Wirbelstraße mehr ausbilden kann. Der Störkörper ist so mit der Unterkonstruktion verbindbar, dass seine Längsrichtung im wesentlichen parallel zu einer Längsrichtung der Unterkonstruktion ist. Vorzugsweise ist kann der Störkörper so groß sein, dass sich eine Höhe der Scruton-Spirale von wenigstens dem 0,05-fachen, insbesondere wenigstens dem 0,1-fachen des Durchmessers der Turmsection ergibt. Der Störkörper kann aus einer geeigneten Textilbahn, beispielsweise LKW-Plane, hergestellt sein, die mit Versteifungen ausgestattet sein kann, um die Stabilität des Störkörpers zu sichern. So kann der Störkörper flach liegend bereitgestellt und vor der Montage auf der Unterkonstruktion einfach in die gewünschte Form gefaltet werden.

**[0015]** Bevorzugt weist der Strang für eine Scruton-Spirale eine Mehrzahl von Störkörpern auf, die zum Anordnen in Reihe entlang der Längsrichtung des Strangs ausgebildet und miteinander verbindbar sind, insbesondere mittels Klettverbindungen. Um die notwendige Länge zu erreichen, können beispielsweise zwischen 20 und 50 Störkörper hintereinander

angebracht werden. Durch das Verbinden der Störkörper miteinander entsteht eine geschlossene, aerodynamisch wirksame Kante der Scruton-Spirale. Eine Vielzahl kurzer Störkörper ist wesentlich leichter handhabbar als ein einzelner Störkörper, der so lang wie der Strang der Scruton-Spirale wäre.

**[0016]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren zum Montieren einer Scruton-Spirale an einer Turmsection für einen Turm für eine Windenergieanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 5. Das Verfahren kann insbesondere mit einem Strang nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgeführt werden. Alle vorstehend im Zusammenhang mit dem Strang beschriebenen Merkmale können daher bei dem Verfahren genutzt werden. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf, die in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden können:

- Bereitstellen einer Turmsection,
- spiralförmiges Umwickeln der Turmsection mit wenigstens einer Unterkonstruktion für einen Strang einer Scruton-Spirale,
- Befestigen der Unterkonstruktion an der Turmsection durch Einbringen einer Zugspannung in die Unterkonstruktion,
- Befestigen von wenigstens einem Störkörper für die Scruton-Spirale an der Unterkonstruktion.

**[0017]** Nach dem Ausführen des Verfahrens ist der Strang sicher an der Turmsection befestigt. Dies gelingt bei der Erfindung besonders einfach, weil die Unterkonstruktion an der Turmsection angeordnet und durch Einbringen einer Zugspannung an der Turmsection befestigt wird, bevor dies durch auf die Störkörper einwirkende Gewicht- und Windkräfte erschwert wird. Die Unterkonstruktion kann ein flexibles, streifenförmiges Band sein, das insbesondere ein textiles Material aufweist. Durch die Zugspannung zieht sich die Unterkonstruktion um die Turmsection zusammen, so dass sie mit einer Auflagefläche an der Oberfläche der Turmsection anliegt. Die Unterkonstruktion ist in ihrer Längsrichtung, die nach dem Umwickeln der Turmsection der gewünschten Spiralfolge folgt, auf Zug hinreichend belastbar, um eine sichere Befestigung an der Turmsection durch das Einbringen der Zugspannung zu erzielen.

**[0018]** Die Turmsection kann zur Montage der Scruton-Spirale horizontal gelagert werden, beispielsweise auf Lagerböcken oder Lagerschalen, so dass sie entlang ihrer gesamten Länge verhältnismäßig leicht von außen zugänglich ist, beispielsweise mit Hilfe eines Hubsteigers.

**[0019]** Die Unterkonstruktion kann auf einer Seite eine rutschhemmende Beschichtung haben, die auf der Außenseite der Turmwand aufliegt. Auf der anderen Seite der Unterkonstruktion können Klettband-

der angebracht sein; damit kann das Befestigen des Störkörpers mittels einer Klettverbindung erfolgen. Die Unterkonstruktion kann einen, zwei oder mehr in Längsrichtung durch die Unterkonstruktion verlaufende Gurte oder andere Zugmittel aufweisen, wobei an den Enden der Gurte jeweils ein Ring oder Ovalglied zum Verbinden mit einem Seil vorhanden sein kann. Die Unterkonstruktion kann beim Umwickeln der Turmsektion provisorisch ausgerichtet werden, so dass der Strang etwa gleichmäßig spiralförmig um die Turmsektion verläuft.

**[0020]** Bevorzugt wird beim Spannen der Unterkonstruktion ein vorbestimmter Abstand zwischen je zwei Gängen der Scruton-Spirale eingehalten. Dazu kann beim Spannen sichergestellt werden, dass in Längsrichtung der Turmsektion gemessen ein vorbestimmter Abstand von Kante zu Kante der Unterkonstruktion vorhanden ist. Der Abstand von Kante zu Kante in Längsrichtung der Turmsektion ist einfach zu messen und so ist auf einfache Weise gesichert, dass die Scruton-Spirale eine vorbestimmte Steigung aufweist.

**[0021]** In einer Ausgestaltung weist die Turmsektion eine Turmwand mit einer Durchgangsbohrung auf und zum Einbringen der Zugspannung wird ein Spannelement durch die Durchgangsbohrung hindurchgeführt und gespannt. Das Spannelement kann insbesondere ein Seil sein, das wie erläutert mit der Unterkonstruktion verbunden wird. Es kann jedoch auch ein fester Bestandteil der Unterkonstruktion als Spannelement dienen, beispielsweise ein an einem Ende hervorstehender Gurt- oder Seilabschnitt. Die Verwendung einer Durchgangsbohrung in der Turmwand ist von besonderem Vorteil, weil die Anordnung der Durchgangsbohrung eine gewünschte Position für das betreffende Ende des Strangs weitgehend vorgibt. Anders als beispielsweise bei Verwendung einer an der Außenseite des Turms befestigten Manschette ist ein Verrutschen ausgeschlossen. Zudem kann ein Spannwerkzeug zum Einbringen der Zugspannung im Inneren des Turms angeordnet werden.

**[0022]** Bevorzugt wird weist die Turmsektion eine Turmwand mit einer Mehrzahl von Durchgangsbohrungen zum Hindurchführen von Seilen auf. Ein mit einem ersten Ende der Unterkonstruktion verbundenes erstes Seil wird durch eine Durchgangsbohrung geführt, die sich in der Nähe eines ersten Endes der Turmsektion befindet, ein mit einem zweiten Ende der Unterkonstruktion verbundenes zweites Seil wird durch eine Durchgangsbohrung geführt, die sich in der Nähe eines zweiten Endes der Turmsektion befindet und die Unterkonstruktion wird mittels der Seile gespannt. Die Seile können über die genannten Ringe oder Ovalglieder mit den Gurten bzw. Zugmitteln der Unterkonstruktion verbunden sein. Die Seile können mit Hilfe von Kettenzügen oder sonstigen Spannwerkzeugen gespannt werden. Die Unterkon-

struktion kann über die beiden Seile an beiden Enden gleichzeitig und gleichmäßig gespannt werden. In den Durchgangsbohrungen in der Turmwand können sich Buchsen befinden, durch die hindurch die Seile geführt werden, so dass die Seile nicht geknickt, sondern mit einem gewissen Radius geführt werden.

**[0023]** Pro Strang der Scruton-Spirale kann eine Durchgangsbohrung an einem ersten Ende der Turmsektion und eine Durchgangsbohrung an einem zweiten Ende der Turmsektion vorgesehen sein; das erste Ende soll dabei jenes sein, das beim späteren Errichten des Turms zum oberen Ende der Turmsektion wird, entsprechend wird das zweite Ende zum unteren Ende der errichteten Turmsektion. Es kann vorgesehen sein, dass beim spiralförmigen Umwickeln der Turmsektion mit der Unterkonstruktion die Enden der Unterkonstruktion bereits in der Nähe der Durchgangsbohrungen zu liegen kommen.

**[0024]** Beim Montieren kann, auch unabhängig von der Verwendung erster und zweiter Seile, ein drittes Seil mit dem ersten Ende des Stranges für die Scruton-Spirale verbunden werden, wobei sich das erste Ende in der Nähe eines nach dem Errichten des Turmes oberen Endes der Turmsektion befindet, und das dritte Seil durch eine weitere Durchgangsbohrung in der Turmwand geführt werden kann. Dieses dritte Seil ist dazu vorgesehen, später, nach der Errichtung der Windenergieanlage, bei der Demontage der Scruton-Spirale den Strang außen am Turm kontrolliert herunterzulassen.

**[0025]** Bevorzugt wird eine Mehrzahl von Störkörpern an der Unterkonstruktion befestigt und miteinander verbunden. Durch die Verwendung vieler kurzer Störkörper, die mittels Klettbandern miteinander verbunden werden können, wird die Montage wesentlich vereinfacht. Es können beispielsweise zwischen 20 und 50 Störkörpern verwendet werden. Durch das Verbinden der Störkörper miteinander entsteht eine geschlossene, aerodynamisch wirksame Kante der Scruton-Spirale. Die Störkörper können flach liegend bereitgestellt werden und vor dem Befestigen an der Unterkonstruktion in die gewünschte Form gefaltet werden. Das vereinfacht die Logistik im Zusammenhang mit der Bereitstellung und möglichen Wiederverwendung der Scruton-Spirale ganz erheblich.

**[0026]** Bevorzugt weist die Scruton-Spirale mehrere, insbesondere drei Stränge aus Unterkonstruktion und Störkörpern auf. Entsprechend können am ersten, später oberen Ende der Turmsektion in der Turmwand drei Durchgangsbohrungen für die Seile zum Spannen der Unterkonstruktion und weitere drei Durchgangsbohrungen für die Seile zum späteren Herablassen der Stränge vorgesehen sein, die gegeneinander jeweils um 120° versetzt sein können; ebenso können am zweiten, später unteren Ende der Turmsektion in der Turmwand drei Durchgangs-

bohrungen für die Seile zum Spannen der Unterkonstruktion, jeweils um 120° versetzt, vorgesehen sein.

**[0027]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von Turmsektionen,
- Montieren einer Scruton-Spirale an wenigstens einer Turmsektion mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
- Errichten des Turmes aus den mehreren Turmsektionen,
- Montieren einer Gondel auf dem Turm und eines Rotors der Windenergieanlage.

**[0028]** Nach dem Errichten des Turms kann sich die Turmsektion mit der montierten Scruton-Spirale in einem Bereich befinden, in dem die größte Auslenkung bei einer Schwingung auftritt. Wenn wirbelerregte Querschwingungen mit der ersten Eigenfrequenz des Turms verhindert werden sollen, kann die Turmsektion mit der Scruton-Spirale also als oberste Turmsektion montiert werden; wenn es um die zweite Eigenfrequenz des Turms geht, etwa auf der halben Höhe des Turms. Es können auch mehrere Turmsektionen mit daran angebrachten Scruton-Spiralen auf unterschiedlichen Höhen montiert werden.

**[0029]** Als weiterer Schritt kann vorgesehen sein:

- Lösen und Herablassen der Scruton-Spirale von dem Turm.

**[0030]** Bereits durch das Aufsetzen der Gondel und das Montieren des Rotors können sich die Eigenfrequenzen so weit verschieben, dass keine Gefahr von wirbelerregten Querschwingungen mehr besteht, so dass bereits dann die Scruton-Spirale demontiert werden kann. Die Windenergieanlage kann aber auch zunächst in Betrieb genommen werden, so dass unerwünschte, wirbelerregte Schwingungen durch die aktive Dämpfung durch den Rotor ausgeschlossen werden, und erst dann kann die Scruton-Spirale demontiert werden.

**[0031]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren im Detail beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** einen Abschnitt eines Strangs für eine Scruton-Spirale gemäß der Erfindung,

**Fig. 2** einen Abschnitt einer Unterkonstruktion für den Strang der Scruton-Spirale,

**Fig. 3** einen Störkörper für den Strang der Scruton-Spirale,

**Fig. 4** einen Störkörper für den Strang der Scruton-Spirale aus einer anderen Perspektive,

**Fig. 5** die Montage der Unterkonstruktion des Stranges der Scruton-Spirale in einer schematischen Darstellung,

**Fig. 6** die Demontage eines Stranges der Scruton-Spirale in einer schematischen Darstellung und

**Fig. 7** einen Turm für eine Windenergieanlage mit einer daran montierten Scruton-Spirale.

**[0032]** **Fig. 1** zeigt einen kurzen Abschnitt eines Strangs **10** für eine Scruton-Spirale nach der Erfindung. Der Strang **10** ist insgesamt wesentlich länger, entsprechend der notwendigen Länge für die Scruton-Spirale, beispielsweise etwa 20 bis 50 Meter. Der Strang **10** besteht aus einer Unterkonstruktion **12** und einer Mehrzahl von Störkörpern **14**, von denen zur besseren Übersicht nur einer dargestellt ist. Jeder Störkörper **14** ist beispielsweise nur weniger als einen Meter lang; die Störkörper **14** werden in einer langen Reihe hintereinander auf die Unterkonstruktion **12** aufgesetzt und mit dieser verbunden. Das Verbinden geschieht im Ausführungsbeispiel mittels einer Klettverbindung.

**[0033]** **Fig. 2** zeigt einen kurzen Abschnitt der Unterkonstruktion **12** für den Strang **10**. Die Unterkonstruktion **12** ist wesentlich länger, entsprechend der für den Strang der Scruton-Spirale notwendigen Länge, beispielsweise also 20 bis 50 Meter. Die Unterkonstruktion kann auch abschnittsweise mit entsprechend kürzeren Abschnitten aufgebaut sein, so dass beispielsweise zwei oder drei Längsabschnitte von je 10 bis 25 Metern Länge erst die notwendige Länge aufweisen. Die Unterkonstruktion besteht aus mehreren miteinander verbundenen, vorzugsweise vernähten, verschweißten und/oder verklebten Lagen. Eine Lage als Träger wird durch eine Textilbahn gebildet, beispielsweise eine LKW-Plane. Auf der Unterseite befindet sich die Auflagefläche, mit der die Unterkonstruktion auf der Oberfläche der Turmsektion aufliegt. Die Auflagefläche wird von einer Lage mit einem hohen Reibungskoeffizienten gebildet, beispielsweise einem Kautschuk.

**[0034]** Auf der Oberseite befinden sich Befestigungsmittel **54** zum Verbinden mit den Störkörpern **14**, beispielsweise Klettband zum Herstellen einer Klettverbindung. An den Seiten der Unterkonstruktion **12** ist je ein Überstand **52** gezeigt, der hier in hochgeklappter Stellung dargestellt ist. An der dem Störkörper **14** zugewandten Seite ist der Überstand **52** ebenfalls mit Klettband **54** ausgestattet. Der Störkörper **14** wird also mit seiner Bodenfläche vollflächig über eine Klettverbindung mit der Unterkonstruktion **12** verbunden; durch die Klettbänder **54** an den Überständen **52** wird zudem eine weitere Klettverbindung mit den Wänden des Störkörpers **14** hergestellt. Dadurch wird die Festigkeit der Verbindung zwischen Unterkonstruktion **12** und Störkörper **14** noch einmal

beträchtlich erhöht, so dass der Störkörper **14** durch Windeinwirkung nicht oder nur sehr schwer von der Unterkonstruktion **12** gelöst werden kann.

**[0035]** Zwei Gurte **44** sind in dafür vorgesehenen Kanälen in der Unterkonstruktion **12** geführt; die Gurte dienen zum Spannen der Unterkonstruktion **12** während der Montage an einer Turmsektion. Die Kanäle zum Führen der Gurte **44** weisen eine innere Oberfläche auf, die das Gleiten der Gurte **44** erleichtert, beispielsweise eine Beschichtung aus PTFE.

**[0036]** Fig. 3 zeigt einen Störkörper **14**. Der Störkörper **14** besteht aus Textilbahnen, beispielsweise LKW-Plane, die miteinander verbunden, also vorzugsweise vernäht, verschweißt und/oder verklebt sind. Die Wände **48** des Störkörpers **14** sind versteift, zum Beispiel durch Platten aus Holz, Metall oder Kunststoff; eine zusätzliche Versteifung kann zwischen den beiden Wänden **48** angebracht sein, um einen bestimmten Winkel bzw. Abstand einzuhalten.

**[0037]** Die Wände **48** sind an einer Kante **50** miteinander verbunden; die Kante **50** definiert eine Längsrichtung des Störkörpers **14** und verläuft beim fertig montierten Strang **10** der Scruton-Spirale in Längsrichtung des Strangs **10**. Die Kante **50** zeigt bei der fertig montierten Scruton-Spirale weg von der Turmsektion, an der Kante **50** bricht sich der Wind. Der Störkörper **14** weist eine zeltähnliche Form auf; in Längsrichtung gesehen hat er einen dreieckigen Querschnitt.

**[0038]** Der Störkörper **14** wird flach liegend bereitgestellt und muss vor der Montage einfach entlang vorbereiteter Kanten gefaltet werden. Der Störkörper ist im wesentlichen symmetrisch zu der Kante **50** aufgebaut und weist ein Bodenteil **56**, eine versteifte Wand **48**, eine zweite versteifte Wand **48** und ein zweites Bodenteil **56** auf. In der Fig. 3 ist der Störkörper **14** fertig zum Montieren auf der Unterkonstruktion **12** dargestellt; zwischen den beiden Bodenteilen **56** ist die Stoßkante **58** erkennbar, an der die Enden der Planen mit ihren Enden zusammenstoßen. Der Abstand zwischen der Kante **50** und der Stoßkante **58**, entsprechend der Höhe des Dreiecks, ist so groß, dass die Scruton-Spirale eine Höhe von mindestens einem Zwanzigstel, vorzugsweise einem Zehntel des Durchmessers der Turmsektion hat. Das entspricht beispielsweise etwa 40 cm bei einem Turmdurchmesser von 4 Metern.

**[0039]** Auf den Unterseiten der beiden Bodenteile **56** befinden sich vollflächig Befestigungsmittel **54** zum Herstellen einer Klettverbindung mit der Unterkonstruktion **12**. Auf den Außenseiten der Wände **48** befinden sich Befestigungsmittel **54** zum Herstellen einer Klettverbindung mit den Überständen **52** der Unterkonstruktion **12** und weitere Befestigungsmittel **54**

zum Herstellen einer Klettverbindung mit einem weiteren, in Längsrichtung benachbarten Störkörper **14**.

**[0040]** Fig. 4 zeigt den Störkörper **14** aus einer anderen Perspektive. Zu erkennen sind wieder die versteiften Wände **48**, die über die Kante **50** miteinander verbunden sind. In dieser Darstellung ist zu sehen, dass die Wände **48** über die Bodenteile **56** hinaus in Längsrichtung verlängert sind und Befestigungsmittel **54** zum Herstellen einer Klettverbindung mit einem weiteren, in Längsrichtung benachbarten Störkörper **14** aufweisen. In diesem verlängerten Abschnitt der Wände **48** kann zur bequemeren Handhabung auf die Versteifung verzichtet werden. Weiterhin sind die Bodenteile **56** mit vollflächigen Befestigungsmitteln **54** zum Verbinden mit der Unterkonstruktion **12** zu sehen.

**[0041]** Fig. 5 zeigt schematisch das zweite Ende der Unterkonstruktion **12** des Stranges **10** der Scruton-Spirale und seine Montage; das zweite Ende ist das untere Ende, nachdem die Turmsektion **16** errichtet wurde. Aus dem Ende der Unterkonstruktion **12** ragen zwei Gurte **44**, die zum Spannen der Unterkonstruktion dienen. Die Enden der Gurte **44** sind mit einem Ring oder Ovalglied **26** verbunden, insbesondere vernäht. Mittels eines Schäkels **28** wird das Seil **22** mit dem Ring **26** verbunden. In der Durchgangsbohrung **46** in der Turmwand **18** ist eine Buchse **30** angebracht und mit einer Mutter **32** gesichert. Die Buchse **30** weist eine Durchgangsbohrung auf, die auf der äußeren Seite mit einem Radius versehen ist. Durch die Durchgangsbohrung in der Buchse **30** wird das Seil **22** geführt, dabei sichert der Radius in der Durchgangsbohrung der Buchse **30**, dass das Seil **22** mit diesem Radius geführt und nicht geknickt wird. Die Buchse **30** ist über eine Leine **42** und einen Schäkel **28** mit dem Ring **26** verbunden; dadurch wird bei der späteren Demontage die Buchse **30** gegen ein unkontrolliertes Herunterfallen gesichert. Im Inneren der Turmsektion **16** ist das Seil **22** mit einem Zugmittel **34**, insbesondere einem Kettenzug, verbunden, um es bei der Montage zu spannen.

**[0042]** Die Anordnung am ersten Ende des Stranges **10** der Scruton-Spirale entspricht im wesentlichen der dargestellten Anordnung; das erste Ende ist das obere Ende, nachdem die Turmsektion **16** errichtet wurde. Jedoch ist dort zusätzlich ein Halteseil **24** mit dem Strang **10** verbunden, das nach Abschluss der Errichtung des Turms bzw. der Windenergieanlage die Demontage der Scruton-Spirale erleichtert.

**[0043]** Fig. 6 zeigt schematisch die Demontage eines Stranges **10** der Scruton-Spirale. Zu erkennen ist das erste Ende des Stranges **10** der Scruton-Spirale. Der Strang **10** hängt an dem Halteseil **24**, mit diesem verbunden über den Ring **26** und einen Schäkel **28**. Das Seil **20**, das durch die Buchse **30** durch die Durchgangsbohrung **46** in der Turmwand **18** ge-

führt war, hängt frei herab; die Buchse **30** wurde von innen aus der Durchgangsbohrung **46** in der Turmwand **18** herausgeschoben und hängt nun, gesichert über die Leine **42**, am Ring **26**. Das Halteseil **24** ist durch ein Abseilgerät **38** geführt. Das Abseilgerät **38** begrenzt die Geschwindigkeit, mit der das Halteseil **24** ablaufen kann, so dass der Strang **10** der Scruton-Spirale kontrolliert außen am Turm auf den Boden herabgelassen werden kann. Das Abseilgerät **38** ist im Innern des Turms an einem Anschlagpunkt **36** gesichert. Wenn das Herablassen beendet ist, kann das Halteseil **24** gelöst werden und die Buchse **40** wird nach innen aus der Durchgangsbohrung **46** genommen. Die Durchgangsbohrungen **46** werden nach Abschluss der Arbeiten mit Stopfen verschlossen.

**[0044]** Fig. 7 zeigt einen aus mehreren, hier drei Turmsektionen **16** bestehenden Turm für eine Windenergieanlage. Die Turmsektionen **16** sind hier als Stahlrohrsektionen ausgebildet. Im Interesse der Übersicht sind das Fundament, die Gondel und der Rotor der Windenergieanlage nicht dargestellt. An der oberen Turmsektion **163** ist eine Scruton-Spirale zu erkennen, die aus drei Strängen **10** besteht, welche spiralförmig um die Turmsektion **163** gewunden sind. Die Scruton-Spirale soll gegen wirbelerregte Querschwingungen mit der ersten Eigenfrequenz des Turms wirksam sein und ist deshalb an der oberen Turmsektion **163** montiert. Dies ist bei einer Schwingung mit der ersten Eigenfrequenz der Bereich mit der größten Auslenkung. Um gegen Schwingungen mit der zweiten Eigenfrequenz des Turms wirksam zu sein, würde sie an der mittleren Turmsektion **162** montiert; bei einer Schwingung mit der zweiten Eigenfrequenz befindet sich der Bereich mit der größten Auslenkung etwa auf der halben Höhe des Turms.

<b>38</b>	Abseilgerät
<b>40</b>	Buchse
<b>42</b>	Leine
<b>44</b>	Gurt
<b>46</b>	Durchgangsbohrung
<b>48</b>	Wand
<b>50</b>	Kante
<b>52</b>	Überstand
<b>54</b>	Befestigungsmittel, Klettband
<b>56</b>	Bodenteil
<b>58</b>	Stoßkante
<b>161</b>	untere Turmsektion
<b>162</b>	mittlere Turmsektion
<b>163</b>	obere Turmsektion

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Strang der Scruton-Spirale
<b>12</b>	Unterkonstruktion
<b>14</b>	Störkörper
<b>16</b>	Turmsektion
<b>18</b>	Turmwand
<b>20</b>	erstes Seil
<b>22</b>	zweites Seil
<b>24</b>	drittes Seil, Halteseil
<b>26</b>	Ring, Ovalglied
<b>28</b>	Schäkel
<b>30</b>	Buchse
<b>32</b>	Mutter
<b>34</b>	Zugmittel, Kettenzug
<b>36</b>	Anschlagpunkt

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 1409401 [0005]
- DE 2804711 A1 [0006]
- DE 102010009435 A1 [0007]
- EP 1881195 A1 [0008]
- EP 2851490 A1 [0009]
- EP 3029313 A1 [0010]

### Patentansprüche

1. Strang (10) für eine Scruton-Spirale zur Verwendung an einem Turm für eine Windenergieanlage, aufweisend:

- eine Unterkonstruktion (12), die über eine Oberfläche einer Turmsektion (16) des Turms spannbar ist und eine Auflageseite mit einer Auflagefläche und eine der Auflageseite gegenüberliegende Außenseite aufweist, und
- wenigstens einen Störkörper (14) zum Beeinflussen einer Windströmung an dem Turm oder der Turmsektion (16),
- wobei Störkörper (14) mit der Außenseite der Unterkonstruktion (12) in Kontakt bringbar und mit der Unterkonstruktion (12) verbindbar ist.

2. Strang (10) für eine Scruton-Spirale nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Unterkonstruktion (12) ein Spannmittel (44) umfasst, mit dem die Unterkonstruktion (12) entlang ihrer Längsrichtung auf Zug beanspruchbar ist, um die Auflagefläche gegen die Oberfläche der Turmsektion (16) zu pressen.

3. Strang (10) für eine Scruton-Spirale nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Störkörper (14) zumindest zwei Wände (48) aufweist, die sich entlang einer Längsrichtung des Störkörpers (14) erstrecken, wobei der Störkörper (14) so mit der Unterkonstruktion (12) verbindbar ist, dass seine Längsrichtung im wesentlichen parallel zur Längsrichtung der Unterkonstruktion (12) ist.

4. Strang (10) für eine Scruton-Spirale nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strang (10) eine Mehrzahl von Störkörpern (14) aufweist, die zum Anordnen in Reihe entlang der Längsrichtung des Strangs (10) ausgebildet und miteinander verbindbar sind.

5. Verfahren zum Montieren einer Scruton-Spirale an einer Turmsektion (16) für einen Turm für eine Windenergieanlage mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Turmsektion (16),
- spiralförmiges Umwickeln der Turmsektion (16) mit wenigstens einer Unterkonstruktion (12) für einen Strang (10) einer Scruton-Spirale,
- Befestigen der Unterkonstruktion (12) an der Turmsektion (16) durch Einbringen einer Zugspannung in die Unterkonstruktion (12),
- Befestigen von wenigstens einem Störkörper (14) für die Scruton-Spirale an der Unterkonstruktion (12).

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Befestigen der Unterkonstruktion (12) ein vorbestimmter Abstand zwischen je zwei Gängen der Scruton-Spirale eingehalten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Turmsektion (16) eine Turmwand (18) mit einer Durchgangsbohrung (46) aufweist und dass zum Einbringen der Zugspannung ein Spannelement durch die Durchgangsbohrung (46) hindurchgeführt und gespannt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Störkörpern (14) an der Unterkonstruktion (12) befestigt wird, wobei benachbart angeordnete Störkörper (14) miteinander verbunden werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Scruton-Spirale mehrere, insbesondere drei Stränge (10) aufweist.

10. Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von Turmsektionen (16),
- Montieren einer Scruton-Spirale an wenigstens einer Turmsektion (16) mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
- Errichten des Turmes aus den mehreren Turmsektionen (16),
- Montieren einer Gondel auf dem Turm und eines Rotors der Windenergieanlage.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

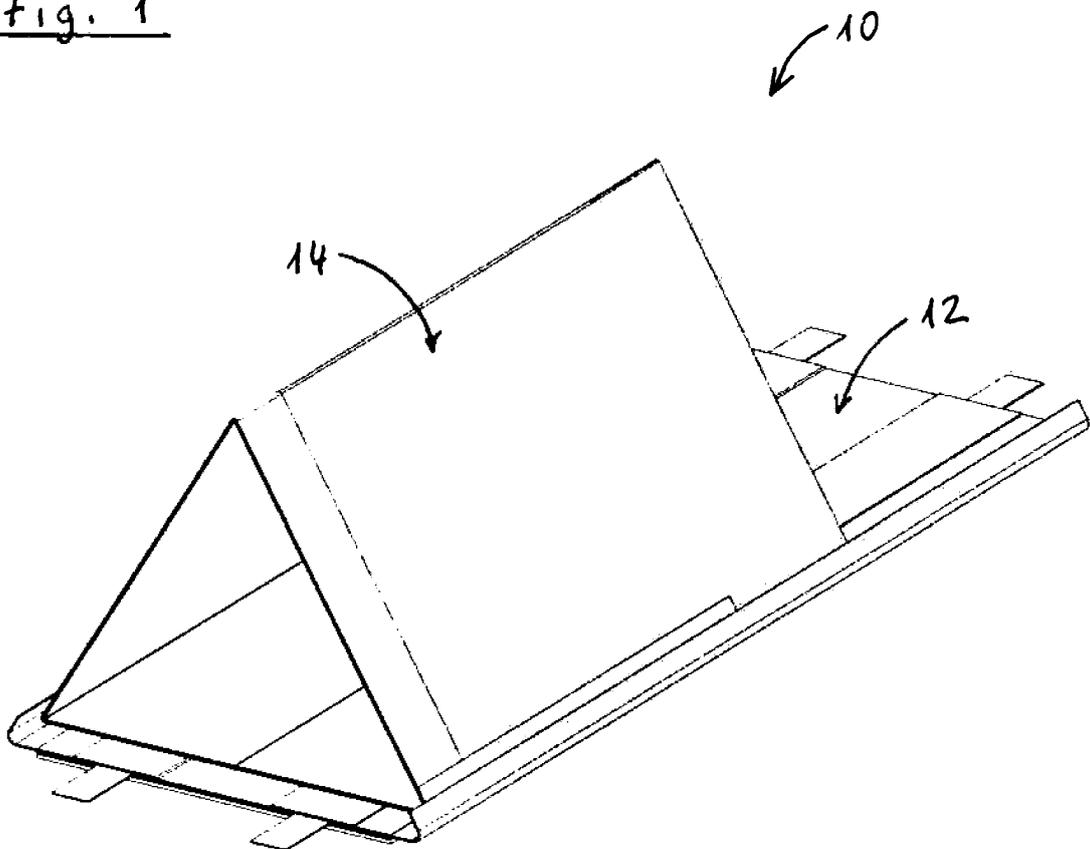


Fig. 2

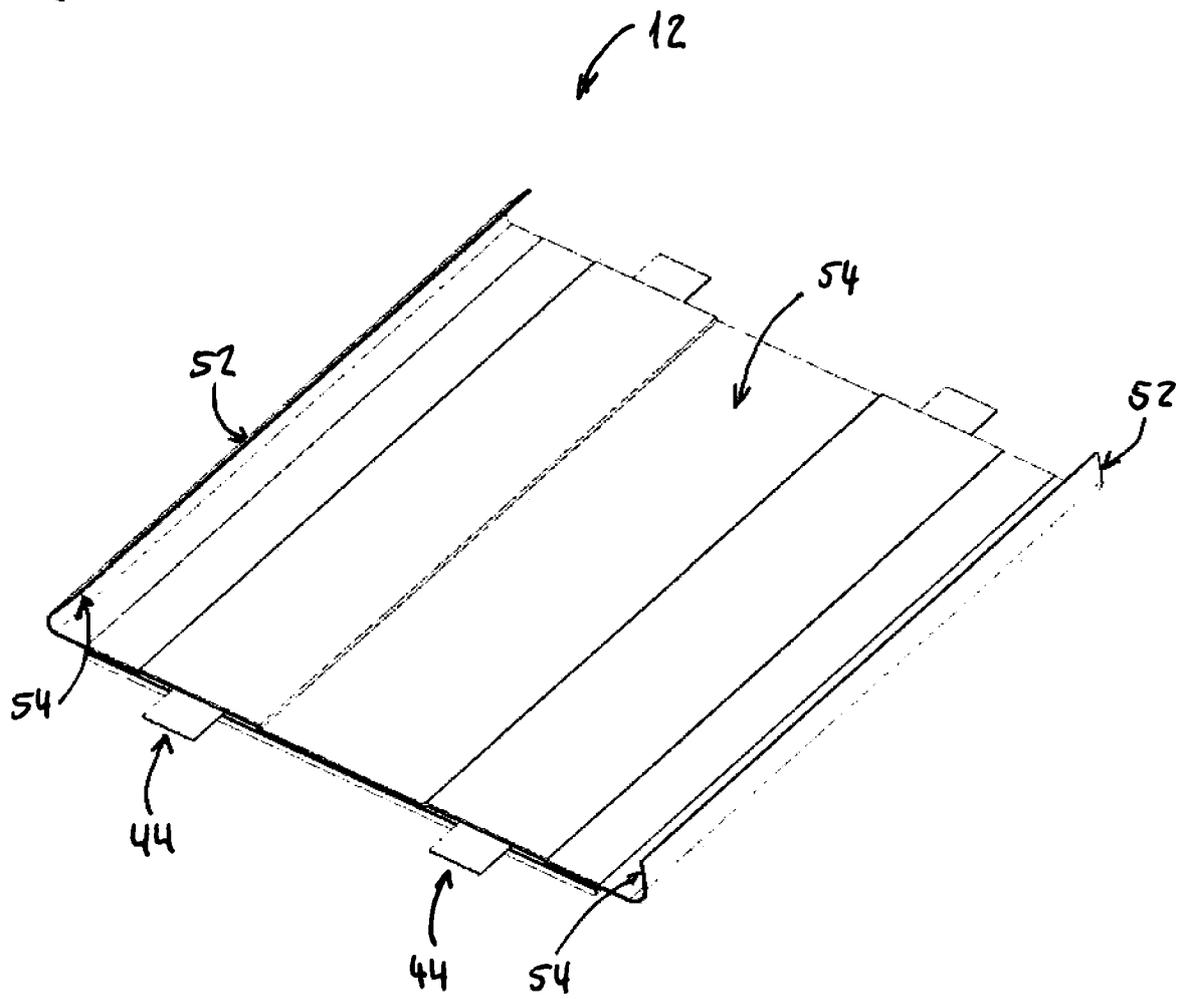


Fig. 3

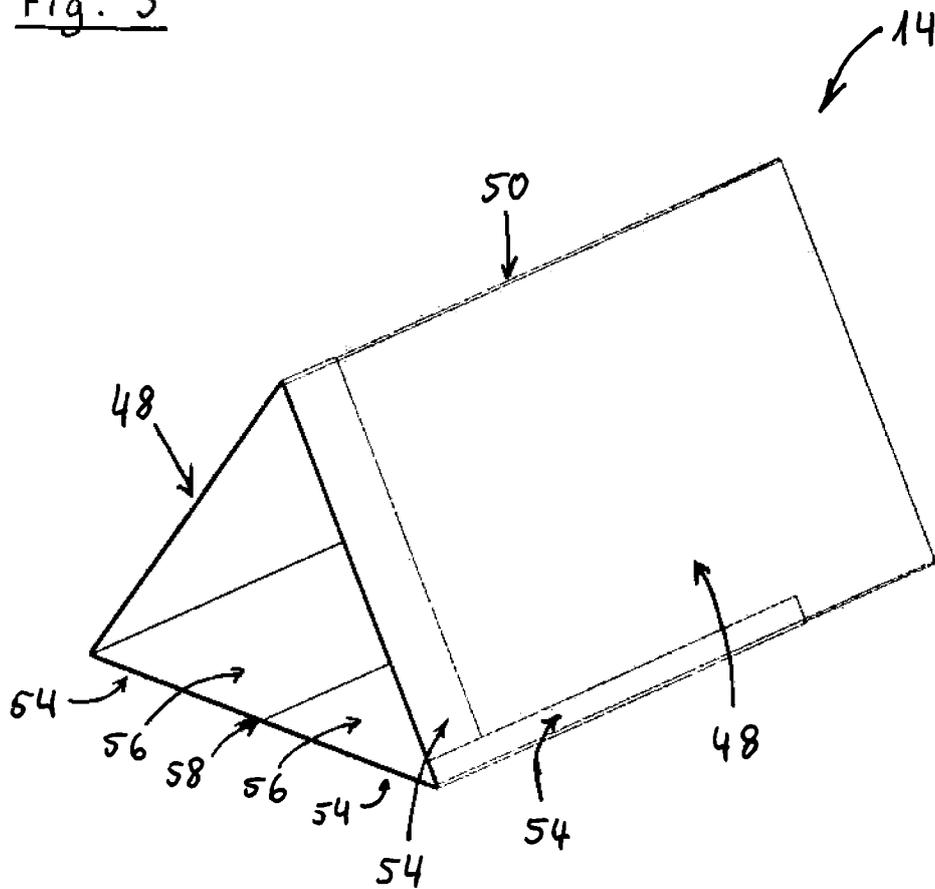


Fig. 4

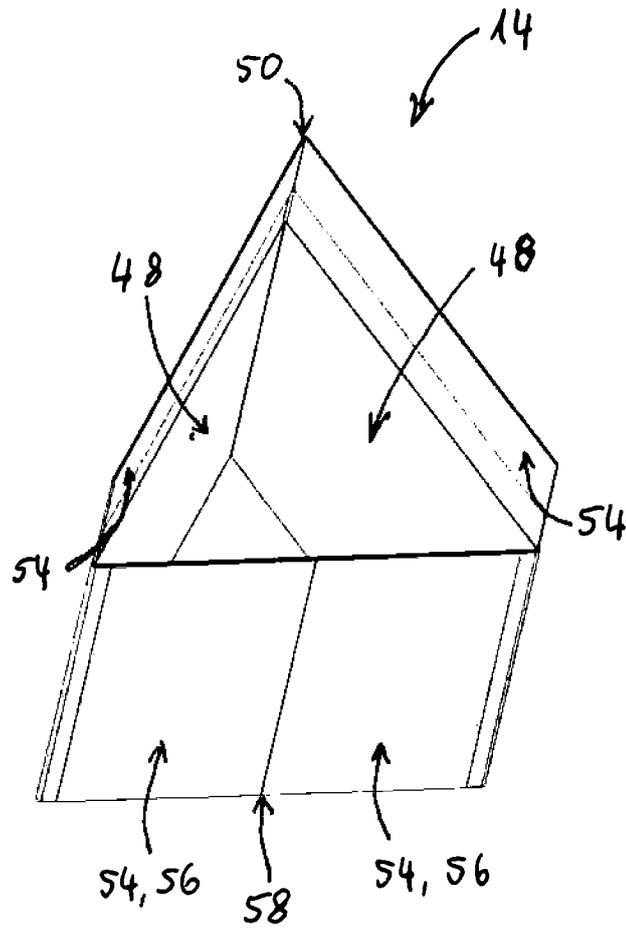


Fig. 5

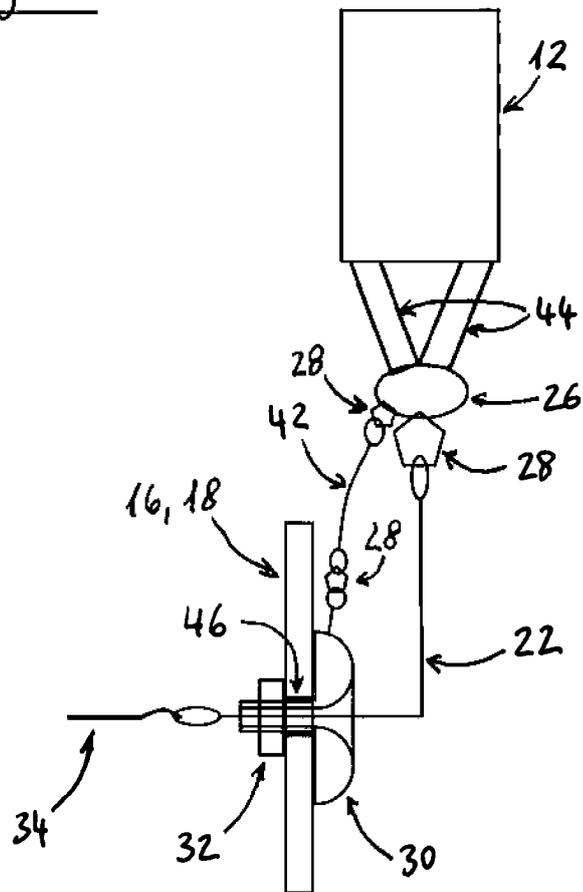


Fig. 6

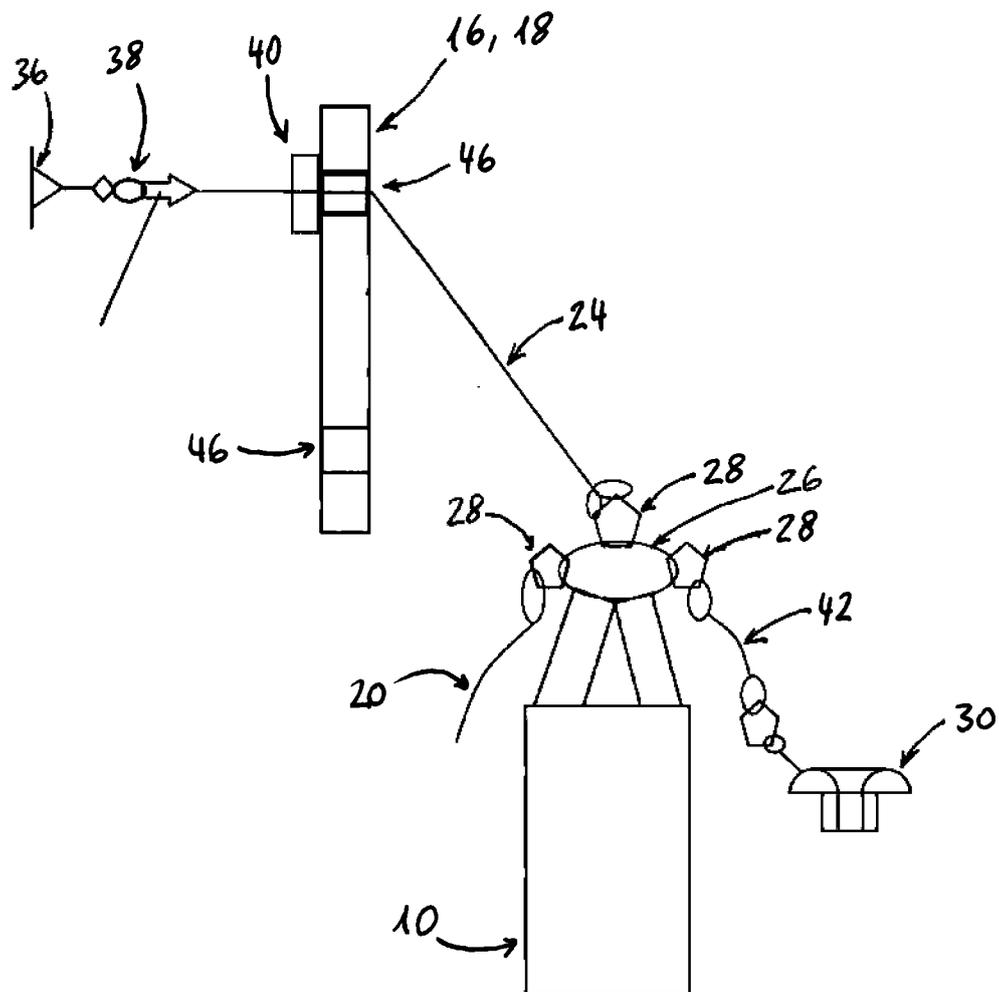


Fig. 7

