(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 21 647 A1** 2004.12.02

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 21 647.2**
(22) Anmeldetag: **13.05.2003**
(43) Offenlegungstag: **02.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **E02D 27/00**

(71) Anmelder:
Wobben, Aloys, Dipl.-Ing., 26607 Aurich, DE

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

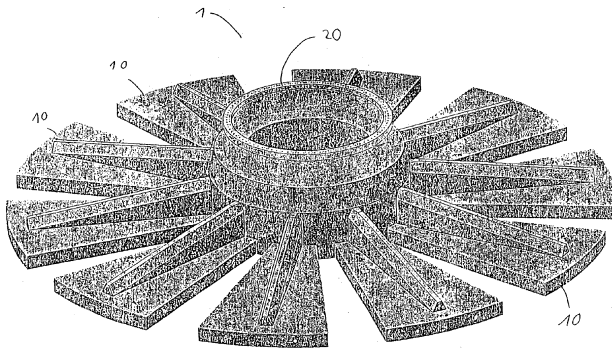
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DE 40 37 438 C2
DE 33 36 655 A1
DE 76 37 601 U
FR 10 15 719
US 47 14 225 A
EP 10 74 663 A1
WO 94/26 986 A1
WO 00/46 452 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Fundament für eine Windenergieanlage**

(57) Zusammenfassung: Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, die für die Statik des Fundaments der Windenergieanlage wichtigen Elemente, nämlich die tragenden und seitlich stabilisierenden Elemente des Fundaments, vorab zu fertigen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fundament für eine Windenergieanlage sowie eine Windenergieanlage mit einem derartigen Fundament.

[0002] Bei Windenergieanlagen ist das Fundament sowie dessen Dimensionierung von sehr großer Bedeutung, da derartige Windenergieanlagen sehr schwer sind und sehr großen Belastungen ausgesetzt sind.

[0003] Bislang werden die Fundamente für Windenergieanlagen im Wesentlichen durch Ausheben einer Baugrube, Einbringen einer Sauberkeitsschicht, Aufstellen eines Fundamenteinbauteiles, Durchführen der benötigten Bewehrungsarbeiten und einem anschließenden Auffüllen der Baugrube mit Zement hergestellt, wobei der Zement mit Hilfe von Zementlastern zum benötigten Ort transportiert und in die Baugrube gegossen wird. Das Fundamenteinbauteil ist üblicherweise hohlzylindrisch ausgestaltet und wird in der Regel vorgefertigt und als Ganzes zu dem jeweiligen Montageort transportiert.

[0004] Das Auffüllen der Baugrube mit dem benötigten Beton erweist sich insbesondere bei widrigen Witterungsbedingungen als nicht unproblematisch, während das Ausheben der Baugrube für das Fundament hingegen bei fast allen Witterungsbedingungen erfolgen kann. Die Qualität des fertigen ausgehärteten Betons hängt in hohem Maße von den Witterungsbedingungen ab.

[0005] Es ist somit Aufgabe der Erfindung, ein Fundament für eine Windenergieanlage vorzusehen, dessen Qualität im Wesentlichen unabhängig von den vorherrschenden Witterungsbedingungen bei der Montage gewährleistet wird.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Fundament für eine Windenergieanlage gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0007] Der Erfindung liegt dabei der Gedanke zugrunde, die für die Statik des Fundaments der Windenergieanlage wichtigen Elemente vorab zu fertigen.

[0008] Dies ist insbesondere dahingehend vorteilhaft, da derartige Elemente in einer Fabrik bei genau definierten Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten hergestellt werden können, was die Qualität des Endproduktes wesentlich steigert. Ferner kann die benötigte Qualitätskontrolle bereits in der Fabrik durchgeführt werden, so dass sie nicht mehr vor Ort bei den jeweiligen Montageörtlichkeiten durchgeführt werden muss. Des weiteren lassen sich die Elemente des Fundamentes in einer Fabrik effizienter und billiger herstellen, wenn sie in einer Großserie gefertigt werden.

[0009] Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist das Fundament ein Fundament-Basiselement **20** und zumindest zwei Fundament-Fußmodule **10** auf, wobei die Fußmodule an dem Basiselement **20** befestigt werden können und wobei das Basiselement **20** und die zumindest zwei Fußmodule **10** vorgefertigte Elemente darstellen. Dadurch, dass das Fundament nicht einstückig, sondern aus mehreren Elementen besteht, können diese Elemente getrennt transportiert und vor Ort montiert werden, wobei die durch die Fertigung in einer Fabrik erreichte Qualität nicht beeinträchtigt wird. Da die Elemente des Fundamentes nicht unerhebliche Dimensionen aufweisen, ist ein Transport lediglich der einzelnen Elemente wesentlich einfacher.

[0010] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Fundament-Basiselement hohlzylindrisch ausgestaltet und die Fundament-Fußmodule **10** sind radial zur Symmetrieachse des Fundament-Basiselements ausgerichtet. Die radiale Ausrichtung der Fußmodule gewährleistet die benötigte Statik des Fundaments, da die Fußmodule dem Bedarf entsprechend um das Basiselement herum angebracht werden können. Ferner können die Fußmodule durch geeignete Befestigungsmittel im Hohlraum des Basiselementes befestigt werden.

[0011] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Fußmodul jeweils eine Fußplatte und ein Fuß-Stützelement auf, welche jeweils radial zur Symmetrieachse des Basiselements angeordnet sind. Das Fuß-Stützelement steht dabei senkrecht zur Fußplatte während die Fußplatte im befestigten Zustand im Wesentlichen senkrecht zur Symmetrieachse des Basiselementes angeordnet ist. Durch die Fußplatte und das Stützelement werden die auf die Windenergieanlage wirkenden statischen Kräfte besser auf den Untergrund abgeleitet.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung verkleinert sich die Höhe des Stützelementes radial nach außen hin. Diese Verjüngung des Stützelementes nach außen hin dient ebenfalls einer verbesserten Statik.

[0013] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Breite der Fußplatte radial nach außen hin größer, was ebenfalls einer verbesserten Statik dient.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weisen sowohl die Stützelemente als auch die Fußplatten radial ausgerichtete Durchgangslöcher auf. Das Basiselement weist entsprechende Durchgangslöcher auf, so dass mittels dieser Durchgangslöcher die Fußmodule an dem Basiselement beispielsweise mit Hilfe von geeigneten Befestigungsmitteln befestigt werden können.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weisen die Fußplatten und/oder die Stützelemente weitere Durchgangslöcher auf, welche einen Durchmesser aufweisen, der es erlaubt, Zurrgurte während des Transportes durch sie hindurchzuführen, um die Fußmodule sicher zu befestigen.

[0016] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung bestehen das Basiselement und die Fußmodule aus Stahlbeton.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

[0018] **Fig.** 1 eine perspektivische Ansicht eines Fundamentes gemäß einem Ausführungsbeispiel;

[0019] **Fig.** 2a bis c verschiedene Ansichten des Fundamentes aus **Fig.** 1;

[0020] **Fig.** 4a bis e verschiedene Ansichten eines Fundamentfußes; und

[0021] **Fig.** 5a und b eine Drauf- und eine Seitenansicht von Fundamentfüßen gemäß **Fig.** 4a, welche zum Transport gestapelt sind.

[0022] In **Fig.** 1 ist eine perspektivische Ansicht des Fundamentes gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Das Fundament **1** besteht dabei im Wesentlichen aus einem hohlzylindrischen Basiselement **20** sowie einer Vielzahl von Fußmodulen **10**, welche radial zur Längsachse bzw. Symmetrieachse des Basiselementes **20** gleichmäßig auf seinen Umfang verteilt ausgerichtet sind.

[0023] **Fig.** 2a zeigt eine Draufsicht auf das Fundament **1** aus **Fig.** 1. Um den Umfang des hohlzylindrischen Basiselementes 20 herum sind eine Vielzahl von Löchern **21** angeordnet. Diese Löcher sollen dazu dienen, Befestigungselemente aufzunehmen, mittels derer ein Turm einer Windenergieanlage auf dem Fundament **1** befestigt werden kann. Die Fußmodule **10** bestehen aus einer Fußplatte **11** und einem Stützelement **12**. Die verschiedenen Fußmodule **10** sind jeweils um 36° voneinander beabstandet, so dass 10 Fußelemente um das Basiselement **20** herum befestigt werden können. Selbstredend können sowohl mehr als auch weniger Fußmodule um das Basiselement **20** herum angeordnet werden, um die erforderlichen statischen Erfordernisse zu gewährleisten.

[0024] **Fig.** 2b zeigt eine Seitenansicht des Fundamentes aus **Fig.** 1. Die Fußplatten **11** der Fußmodule **10** sind dabei in einer Ebene und senkrecht zur Symmetrieachse des hohlzylindrischen Basiselementes **20** angeordnet. Die Stützelemente **12** sind ferner senkrecht zur Fußplatte **11** sowie radial zur Symmetrieachse des Basiselementes **20** ausgerichtet, wobei das Stützelement **12** zentriert auf der Fußplatte **11** angeordnet ist. Das Basiselement **20** weist einen unteren Abschnitt **22** mit einer größeren Dicke als der obere Abschnitt auf, auf welchem die Löcher **21** vorgesehen sind.

[0025] **Fig.** 2c zeigt eine Schnittansicht entlang des Schnittes A-A in **Fig.** 2b. Die Dicke der Fußplatte **11** ist dabei im Wesentlichen konstant, während die Höhe des Stützelementes **12** nach außen hin abnimmt. In dem Stützelement **12** ist jeweils ein radial ausgerichtetes Durchgangsloch **14** vorhanden. In der Fußplatte **11** sind zwei Durchgangslöcher **15** vorgesehen, welche ebenfalls radial zur Symmetrieachse ausgerichtet sind. Diese Durchgangslöcher **14** und **15** dienen dabei dazu, dass die Fußmodule **10** an dem Basiselement **20** beispielsweise mit Hilfe von Befestigungsmitteln angebracht werden können.

[0026] **Fig.** 4a bis e zeigen Ansichten des Fußmodules **10** aus **Fig.** 2a. **Fig.** 4a zeigt dabei eine perspektivische Ansicht des Fußmodules **10** mit der Fußplatte **11** und des senkrecht dazu angeordneten Stützelementes **12**. Die Fußplatte weist dabei eine Innenseite **11a** und eine Außenseite **11b** auf. Das Fußmodul **10** wird mit der Innenseite **11a** der Fußplatte **11** an dem Basiselement **20** angebracht.

[0027] **Fig.** 4b zeigt eine Draufsicht auf das Fußmodul **10** aus **Fig.** 4a. Die Breite **11c** der Fußplatte **11** nimmt nach außen hin zu. Ferner sind sowohl die Innenseite **11a** als auch die Außenseite **11b** der Fußplatte gekrümmt ausgestaltet. Dabei ist die Krümmung der Innenseite **11a** der Fußplatte **11** an die Außenkrümmung des Basiselementes **20** angepasst, damit das Fußmodul **10** schlüssig an dem Basiselement **20** befestigt werden kann.

[0028] **Fig.** 4c zeigt eine Seitenansicht des Fußmodules **10** von **Fig.** 4a, wobei diese Ansicht die Außenseite des Fußmodules **10** darstellt. Insbesondere sind dabei die Außenseite **11b** der Fußplatte **11** sowie die Außenseite **12b** des Stützelementes **12** und die beiden Durchgangslöcher **15** in der Fußplatte **11** gezeigt.

[0029] **Fig.** 4d zeigt eine Seitenansicht des Fußmodules **10** aus **Fig.** 4a. Die Höhe **12c** des Stützelementes **12** nimmt dabei von der Innenseite **12a** des Stützelementes **12** zu der Außenseite **12b** hin ab. Ferner sind die Durchgangslöcher **14** in dem Stützelement **12** und die Durchgangslöcher **15** in der Fußplatte **11** gezeigt.

[0030] **Fig.** 4e zeigt die dem Basiselement **20** zugewandte Seite des Fußmodules **10**. Auch hier sind die Durchgangslöcher **14** in dem Stützelement **12** sowie die Durchgangslöcher **15** in der Fußplatte **11** gezeigt.

[0031] Aufgrund der Größe der Fußmodule **10**, welche über 5m betragen können, stellt der Transport derartiger Fußmodule ein weiteres zu lösendes Problem dar. In **Fig.** 5a und 5b wird eine Transportanordnung einer Vielzahl von Fußmodulen **10** gezeigt. Dabei werden die verschiedenen Fußmodule aufeinander gestapelt und zwar derart dass die Stützelemente **12** von zwei Fußmodulen **10** sich gegenüberstehen. Beispielsweise werden so 4 Fußmodule **10** auf einer Palette **100** befestigt. Aufgrund der zentrierten Anordnung der Stützelemente **12** werden die Fußmodule **10** jeweils versetzt zueinander aufgestapelt.

[0032] Um den Transport derartiger Fußmodule sicher zu gestalten, können die Fußmodule **10** optional mit weiteren Durchgangslöchern vorgesehen werden. Diese Durchgangslöcher sollten dabei derart ausgestaltet sein, dass handelsübliche Zurrgurte durch sie hindurchgeführt werden können, damit die Fußmodule **10** sicher befestigt werden können. Das Vorsehen derartiger Durchgangslöcher stellt bei der Herstellung der Fußmodule **10** kein größeres Problem dar, da die Löcher problemlos in der Fabrik gebohrt oder entsprechende Gussformen vorgesehen werden können. Die Statik der Fußmodule **10** wird durch derartige Durchgangslöcher nicht beeinträchtigt.

[0033] Optional können Ausrichtelemente unterhalb einiger der Fußplatten **11** oder zwischen den Fußmodulen **10** und dem Basiselement **20** vorgesehen werden, um eine genaue horizontale Ausrichtung des Fundaments zu gewährleisten.

[0034] Der Transport der Basiselemente **20** des Fundamentes **1** einer Windenergieanlage ist bereits hinlänglich bekannt und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung.

[0035] Durch die modulare Bauweise des Fundamentes einer Windenergieanlage gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es möglich, sowohl das Basiselement **20** als auch die Fußmodule **10** vorab in einer Fabrik zu fertigen und dann an den Montageort zu transportieren. Diese Vorabfertigung in einer Fabrik gewährleistet eine gleichbleibende Qualität der Fundamente für die Windenergieanlagen. Ferner kann das Fundament einer Windenergieanlage bei fast allen Witterungsbedingungen gelegt werden. Dazu wird, wie aus dem Stand der Technik, bekannt zunächst eine Baugrube gegraben und gegebenenfalls eine Sauberkeitsschicht aufgebracht. Anschließend wird das Basiselement **20** aufgestellt und die Fußmodule **10** mittels geeigneter Befestigungsmittel an dem Basiselement **20** befestigt. Nachfolgend kann eine Bewehrung des Fundaments erfolgen, wobei anschließend die Baugrube mit Beton aufgefüllt werden kann. Hierbei ist die Qualität dieses Betons sekundär, da die statisch wichtigen Elemente des Fundamentes, nämlich das Basiselement und die Fußmodule, vorab gefertigt worden sind.

[0036] Da üblicherweise ein Lastkran zur Montage der Windenergieanlage bereits vor Ort ist, kann dieser dazu verwendet werden, um die Elemente des Fertigfundamentes in die Baugrube zu heben.

[0037] Obwohl das erfindungsgemäße Fertigfundament hier für den Einsatz an Land beschrieben worden ist, kann es natürlich ebenfalls bei Fundamenten für Offshore-Windenergieanlagen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Fundament (**1**) für eine Windenergieanlage, wobei die wesentlichen, tragenden und seitlich stabilisierenden Elemente (**10**, **20**) des Fundamentes (**1**) vorgefertigt sind.

2. Fundament nach Anspruch 1, mit
– einem Fundament-Basiselement (**20**) und
– zumindest zwei Fundament-Fußmodulen (**10**),
wobei die Fundament-Fußmodule (**10**) an dem Fundament-Basiselement (**20**) befestbar ausgestaltet sind, und
wobei das Fundament-Basiselement (**20**) und die zumindest zwei Fundament-Fußmodule (**10**) vorgefertigte Elemente darstellen.

3. Fundament nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Fundament-Basiselement (**20**) hohl-zylinderförmig ausgestaltet ist und die Fundament-Fußmodule (**10**) radial zur Symmetrieachse des Fundament-Basiselementes (**20**) ausgerichtet sind.

4. Fundament nach Anspruch 3, wobei
die Fundament-Fußmodule (**10**) jeweils eine Fußplatte (**11**) und ein Fuß-Stützelement (**12**) aufweisen, welche jeweils radial zur Symmetrieachse des Fundament-Basiselementes (**20**) angeordnet sind,
wobei das Fuß-Stützelement (**12**) senkrecht zur Fußplatte (**11**) und die Fußplatten (**11**) im befestigten Zustand im Wesentlichen senkrecht zur Symmetrieachse des Fundament-Basiselementes (**10**) angeordnet sind.

5. Fundament nach Anspruch 4, wobei sich die Höhe (**12a**) der Fuß-Stützelemente (**12**) radial nach außen hin verkleinert.

6. Fundament nach Anspruch 4 oder 5, wobei sich die Breite (**11c**) der Fußplatte (**11**) radial nach außen hin vergrößert.

7. Fundament nach Anspruch 4, 5, oder 6, wobei
die Fußmodule (**10**) radial ausgerichtete Durchgangslöcher (**14**, **15**) zur Aufnahme von Befestigungsmitteln aufweisen, und
wobei das Fuß-Basiselement (**10**) auf die Durchgangslöcher (**14**, **15**) der Fußmodule (**10**) abge-

stimmte Durchgangslöcher aufweist.

8. Fundament nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Fußplatten (**11**) und/oder die Fuß-Stützelemente (**12**) weitere Durchgangslöcher aufweisen, welche dazu geeignet sind, während eines Transportes Zurrgurte aufzunehmen.

9. Fundament nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Fundament-Basiselement (**20**) und die zumindest zwei Fundament-Fußmodule (**10**) aus Stahlbeton vorab gefertigt werden.

10. Windenergieanlage mit einem Fundament nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

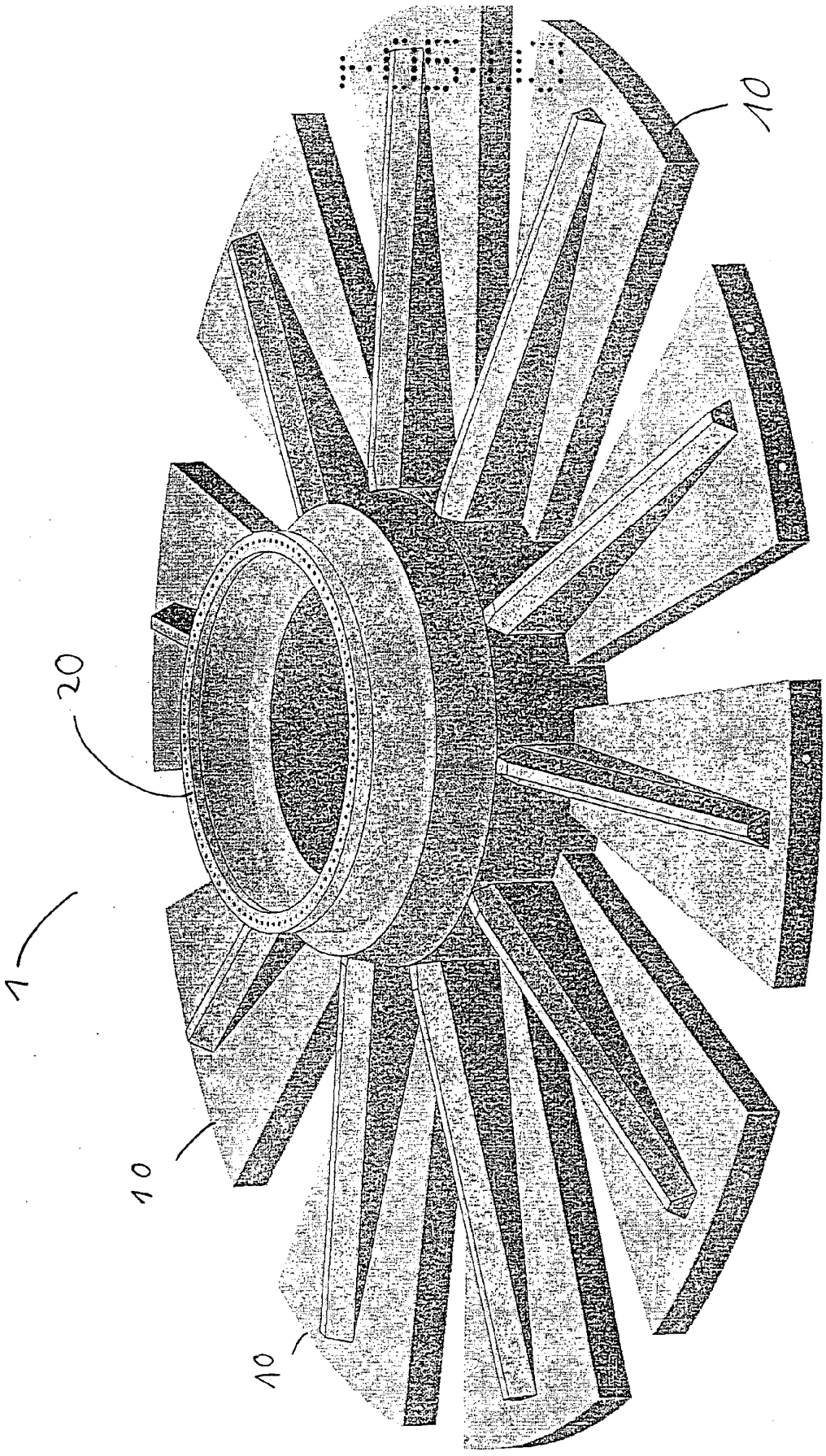


Fig. 1

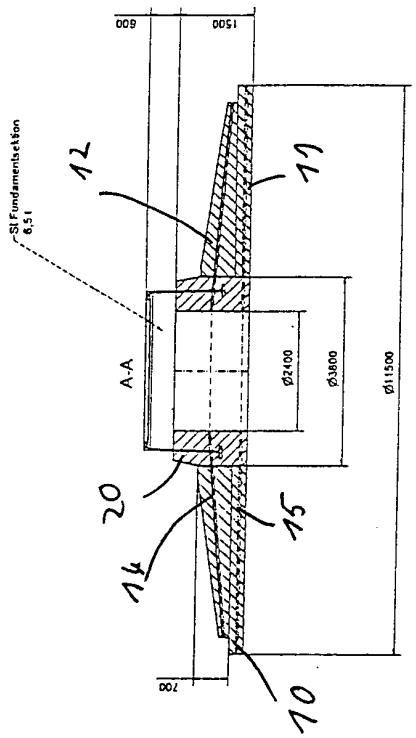


Fig. 2c

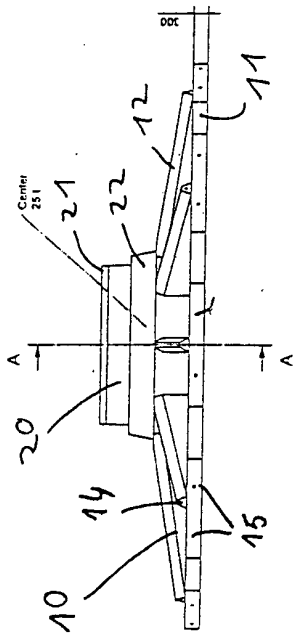


Fig. 2b

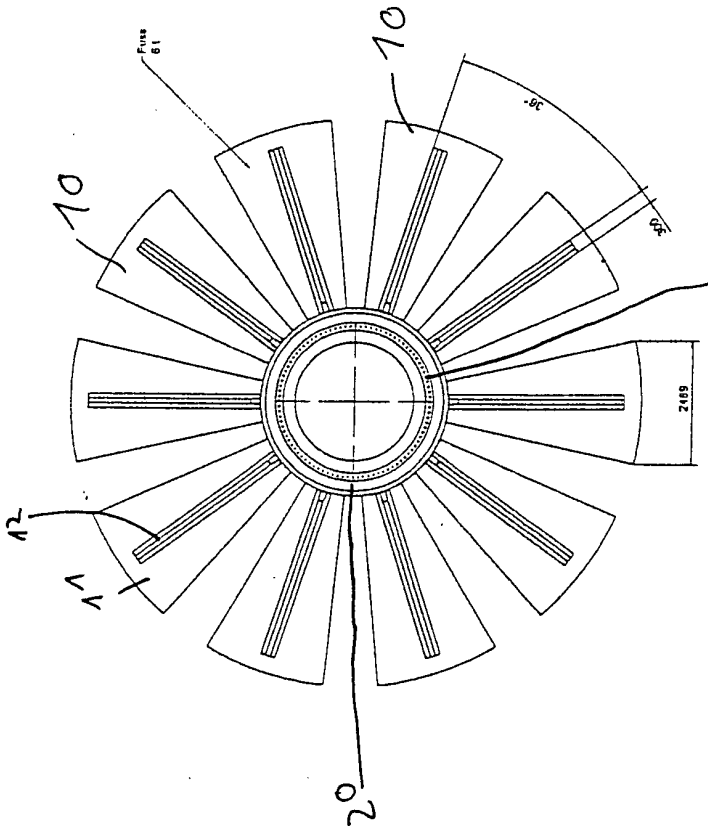
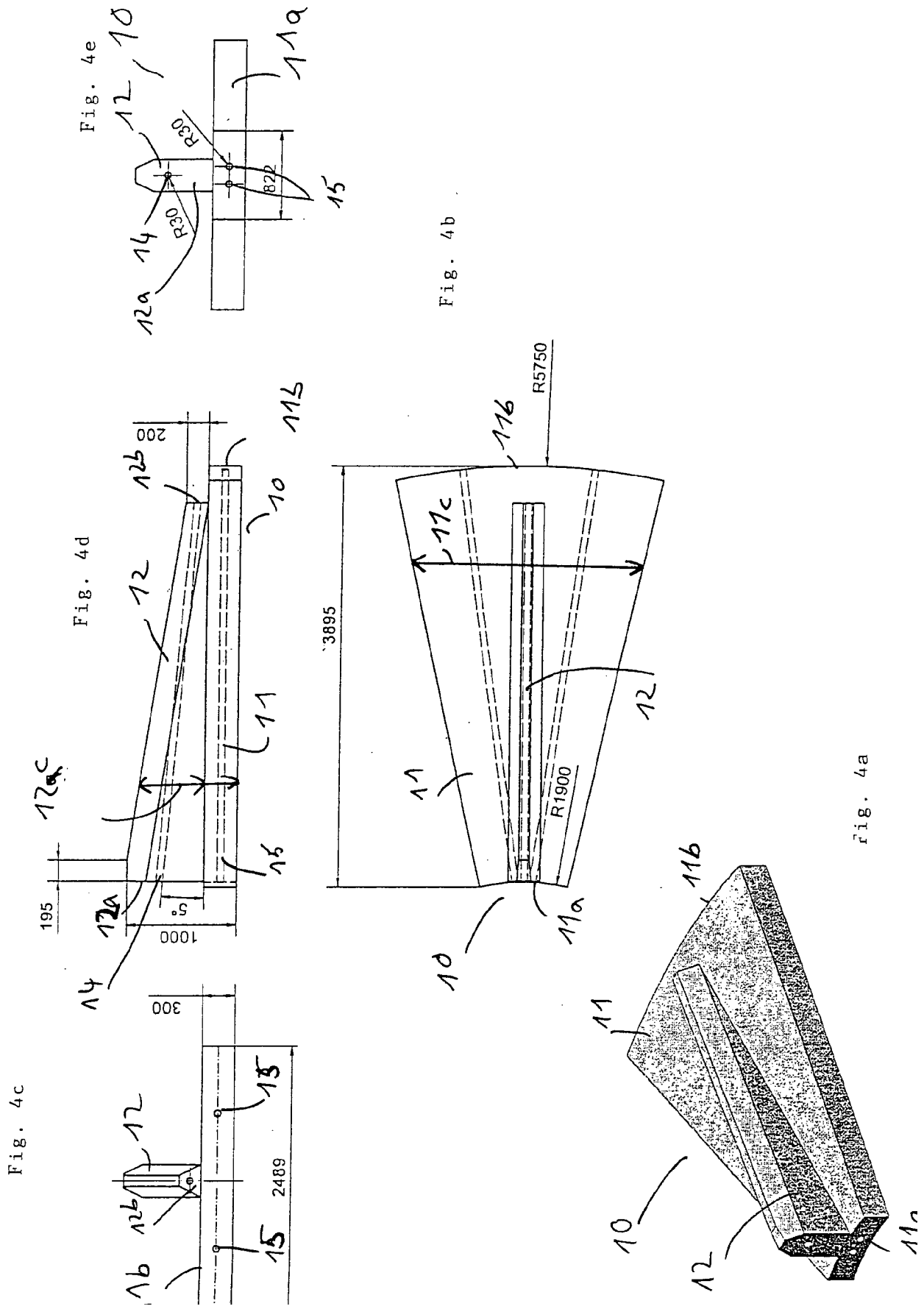


Fig. 2a


Fig. 4e
Fig. 4d
Fig. 4c
Fig. 4b
Fig. 4a
R30
R30
822
195
5°
1000
200
300
2489
3895
R5750
R1900

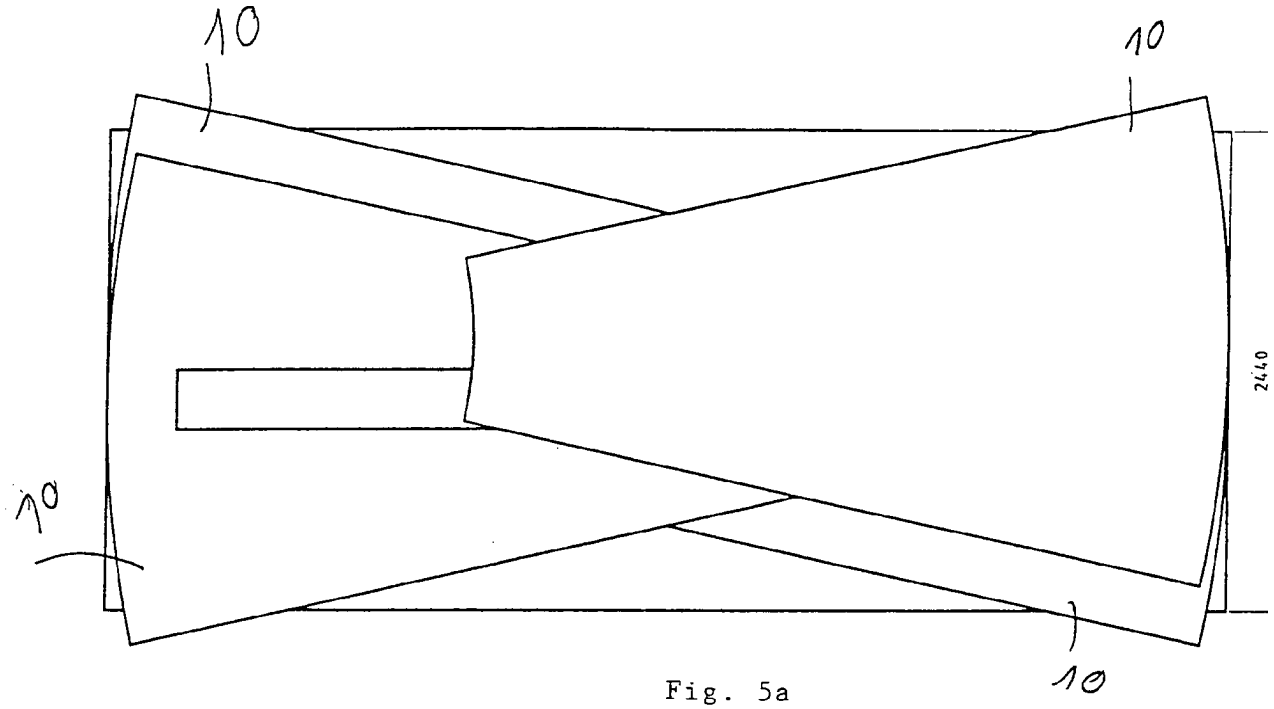


Fig. 5a

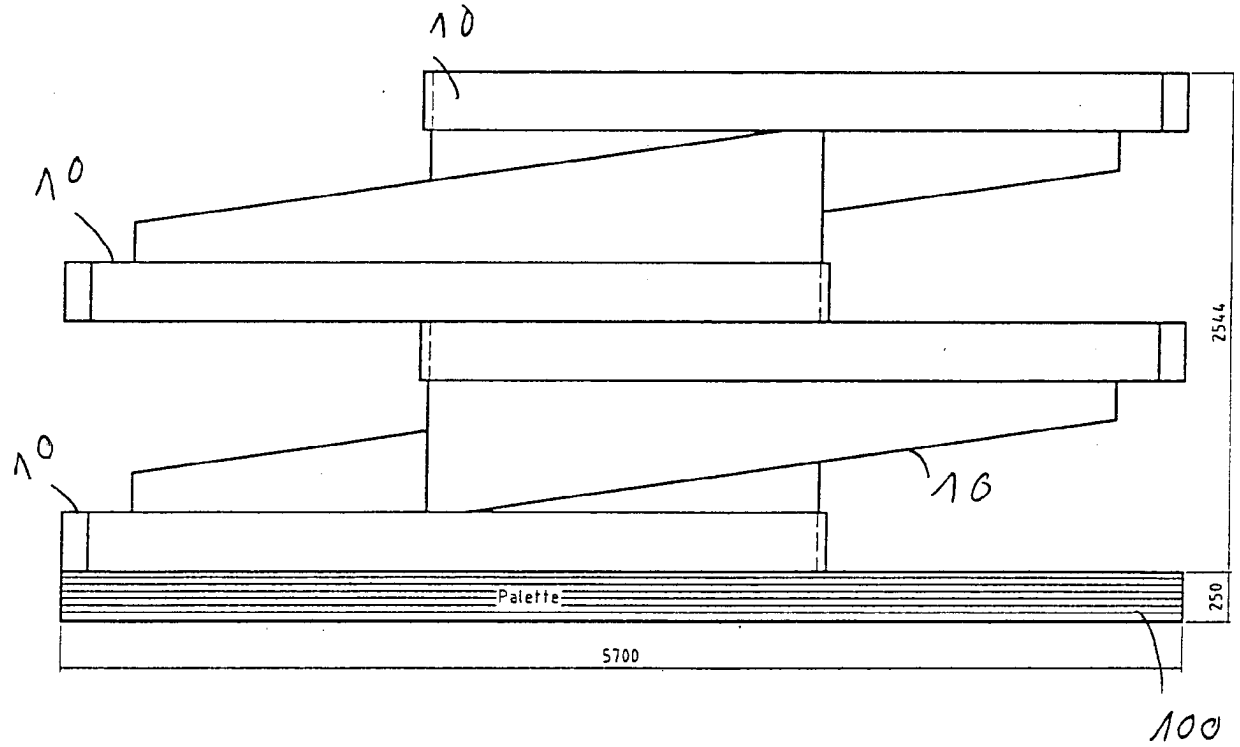


Fig. 5b