

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
15. Dezember 2016 (15.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/198530 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F03D 7/02 (2006.01) F03D 80/70 (2016.01)
F03D 13/20 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/063179

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Juni 2016 (09.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 109 230.1 10. Juni 2015 (10.06.2015) DE
10 2015 109 906.3 19. Juni 2015 (19.06.2015) DE

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder : VOIT, Lorenz [DE/DE]; Regattastr. 238,
12527 Berlin (DE).

(74) Anwalt: KNUT SELIGER; Schulz Junghans
Patentanwälte PartGmbH, Großbeerenstraße 71, 10963
Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: WIND TURBINE FOR OBTAINING ELECTRIC ENERGY FROM WIND, AND CORRESPONDING TOWER

(54) Bezeichnung : WINDENERGIEANLAGE ZUR GEWINNUNG VON ELEKTRISCHER ENERGIE AUS WIND UND
ENTSPRECHENDER TURM

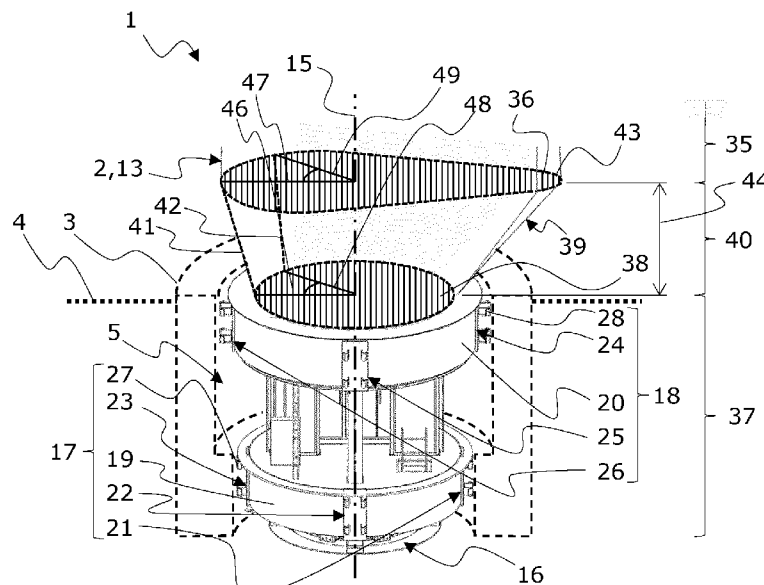


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a wind turbine (1) for obtaining electric energy from wind, having a generator system (2) and a foundation (3) for introducing the loads of the wind turbine (1) into the ground (4). The generator system (2) is mounted by means of an azimuth bearing (5) in a rotatable manner relative to the foundation (3), and the generator system (2) comprises at least the following components: - a rotor (6) with rotor blades (7, 8, 9) for converting an inflow into a rotation; - a generator (10) for converting a rotation of the rotor (6) into electric energy; - a shaft (11) for connecting the rotor (6) to the generator in a rotational manner so as to transmit a torque; - a machine housing (12) for receiving the generator (10) and for supporting the rotor (6); and - a tower (13), which has a height (14) and a vertical axis (15), for holding the machine housing (12) at said height (14), wherein the tower (13) can be rotated about the vertical axis (15). The azimuth bearing (5) is arranged in the foundation (3) so as to allow the tower (13) to rotate about the vertical axis (15). The aforementioned wind turbine allows great heights to be achieved in an inexpensive

manner without large pipe elements and without the disadvantages of a conventional mast structure.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



-
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)
- Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage (1) zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, aufweisend eine Generatoranlage (2) und ein Fundament (3) zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage (1) in den Baugrund (4), wobei die Generatoranlage (2) mittels eines Azimutlagers (5) gegenüber dem Fundament (3) drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage (2) zumindest die folgenden Komponenten umfasst: - einen Rotor (6) mit Rotorblättern (7,8,9) zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation; - einen Generator (10) zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors (6) in elektrische Energie; - eine Welle (11) zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors (6) mit dem Generator; - ein Maschinenhaus (12) zur Aufnahme des Generators (10) und zur Lagerung des Rotors (6); - einen Turm (13), aufweisend eine Höhe (14) und eine Hochachse (15), zum Halten des Maschinenhauses (12) in der Höhe (14), wobei der Turm (13) um die Hochachse (15) drehbar ist. Das Azimutlager (5) ist für die Drehbarkeit des Turms (13) um die Hochachse (15) im Fundament (3) angeordnet. Mit der hier dargestellten Windenergieanlage lassen sich große Höhen ohne große Rohrelemente und ohne die Nachteile eines konventionellen Mastaufbaus kostengünstig erreichen.

WINDENERGIEANLAGE ZUR GEWINNUNG VON ELEKTRISCHER ENERGIE AUS WIND UND ENTSPRECHENDER TURM

Gegenstand der Erfindung

- 5 Die vorliegende Erfindung befasst sich mit einer Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind und einem Turm für eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind.

Stand der Technik

- Aus dem Stand der Technik sind Windenergieanlagen zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind bekannt. Hierbei wird ein Rotor mit, meist drei, Rotorblättern mittels eines Turms in einer
10 möglichst großen Höhe gehalten. Um die Anzahl der mechanischen Übertragungselemente gering zu halten, ist direkt beim Rotor ein Generator angeordnet, welcher mittels einer Welle mit dem Rotor verbunden ist. Die Rotoraufnahme und der Generator sind hierbei gemeinsam in einem sogenannten Maschinenhaus, auch Gondel genannt, angeordnet. Damit die Rotorblätter möglichst optimal
15 angeströmt werden, muss das Maschinenhaus je nach Windrichtung nachgeführt werden. Hierzu wird derzeit ein Azimutlager zwischen dem oberen Ende des Turms und dem Maschinenhaus angeordnet. Dieser Aufbau ist sehr aufwendig. Aus dem Stand der Technik sind daher Konzepte bekannt, bei denen das Azimutlager in den Turm verlegt wird. Somit wird also ein Teil des Turms beim Nachführen des Maschinenhauses mitgedreht. Hierbei sei beispielsweise auf die DE 102 12 467 A1 verwiesen.
20 Darin ist eine rückwärtig, also turmseitig, angeströmte Kleinanlage gezeigt, wobei der mitgedrehte obere Abschnitt des Turms in etwa der Länge eines Rotorblatts entspricht und in Anströmrichtung einen verringerten Querschnitt aufweist. Hierdurch soll eine besonders geringe Störung der rückwärtigen Anströmung der Rotorblätter erreicht werden. Weiterhin ist beispielsweise aus der DE 20 2013 105 408 U1 ein Konzept einer Windenergieanlage bekannt, bei welcher der Turm als
25 Fachwerkmast aufgebaut ist und bespannt mit einem Umhüllungsmantel ein strömungsoptimiertes Anströmprofil, zum Beispiel eine Tropfenform oder eine Ellipse, aufweist. Hierbei ist ein Drehlager angrenzend unterhalb des anströmprofilierten Fachwerkmasts angeordnet, sodass der gesamte anströmprofilierte Fachwerkmast um seine Hochachse verdrehbar ist. Hierbei ist bevorzugt das strömungsoptimierte Anströmprofil des Fachwerkmasts derart eingerichtet, dass sich der
30 Fachwerkmast selbsttätig in den Wind dreht oder eine solche Drehung von der Anströmung unterstützt wird. Hierdurch werden die mechanischen Lasten auf den Turm reduziert. Der Aufbau als Fachwerkmast erlaubt zudem den Aufbau vor Ort mit gut transportierbaren Einzelteilen (hauptsächlich Stangenmaterial).

- Die in den vorbekannten Konzepten bisher ungelösten Probleme werden mit der im Folgenden
35 beschriebenen Erfindung zumindest teilweise gelöst. Die erfindungsgemäßen Merkmale ergeben sich aus den unabhängigen Ansprüchen, zu denen vorteilhafte Ausgestaltungen in den abhängigen Ansprüchen aufgezeigt werden. Die Merkmale der Ansprüche können in jeglicher technisch sinnvollen Art und Weise kombiniert werden, wobei hierzu auch die Erläuterungen aus der nachfolgenden

Beschreibung sowie Merkmale aus den Figuren hinzugezogen werden können, die ergänzende Ausgestaltungen der Erfindung umfassen.

Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen Drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;
- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- einen Turm, aufweisend eine Höhe und eine Hochachse, zum Halten des Maschinenhauses in der Höhe, wobei der Turm um die Hochachse drehbar ist. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich vor allem dadurch, dass das Azimutlager für die Drehbarkeit des Turms um die Hochachse im Fundament angeordnet ist und/oder das Maschinenhaus relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist, wobei das Maschinenhaus eine Bodenebene, bevorzugt mit Stahlträgern, aufweist, welche unmittelbar mit dem Turm verbunden ist, und/oder in dem Turm ein Aufzug angeordnet ist, welcher relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist, und/oder der Turm in einem ersten Bereich einen ersten Querschnitt mit einem strömungsoptimierten Anströmprofil aufweist und in einem zweiten Bereich einen zweiten kreisförmigen Querschnitt mit der Hochachse als Drehzentrum aufweist, wobei der Radius des zweiten Querschnitts kleiner als ein maximaler Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse ist, bevorzugt kleiner als der anströmungsparallele Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse, besonders bevorzugt größer als der Nasenradius des ersten Querschnitts bezogen auf das Nasenzentrum.

Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen Drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;
- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- einen Turm, aufweisend eine Höhe und eine Hochachse, zum Halten des Maschinenhauses in der Höhe, wobei der Turm um die Hochachse drehbar ist. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich vor allem dadurch, dass das Azimutlager für die Drehbarkeit des Turms um die Hochachse im Fundament angeordnet ist.

Die Windenergieanlage weist einen Rotor, einen Generator und eine diese beiden Komponenten drehmomentverbindende Welle auf, wobei hierbei bevorzugt konventionelle Komponenten eingesetzt werden. Diese vorgenannten Komponenten sind von einem Maschinenhaus aufgenommen beziehungsweise gelagert. Zusammen mit dem Turm bildet das Maschinenhaus mit samt den

5 vorgenannten Komponenten eine Generatoranlage. Die gesamte Generatoranlage und damit der Turm über seine gesamte Höhe sind in den Wind drehbar, also mittels eines Azimutlagers angepasst an die Windrichtung nachführbar. Die Hochachse des Turms bildet dabei die Drehachse, sodass das strömungsoptimierte Anströmprofil des Turms bei jeder Windrichtung relativ zu der Anströmung vom Wind stets gleich ausgerichtet ist beziehungsweise werden kann.

10 Hierzu wird hier erstmals vorgeschlagen, das Azimutlager für die Drehbarkeit des Turms im Fundament anzuordnen. In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Fundament einen Axialabschnitt mit einer axialen Erstreckung parallel zur Hochachse des Turms und/oder einen, bevorzugt abschließend an der Unterseite des Axialabschnitts angeordneten und/oder scheibenförmigen, Radialabschnitt auf. Der radiale Abschnitt dient dabei der Reduzierung der

15 Flächenlast auf den Baugrund und zur Momentenabstützung für ein Kippmoment um eine Querachse senkrecht zur Hochachse des Turms der Windenergieanlage. Bevorzugt ist das Fundament vollständig oder bis auf wenige Zentimeter seines Axialabschnitts in axialer Erstreckung im Baugrund (also unter der Erde) angeordnet. Besonders bevorzugt erstreckt sich das Azimutlager von einem obersten Ende des Fundaments bis oberhalb des Beginns des Radialabschnitts oder sogar bis in den

20 radialen Abschnitt hinein. Hierdurch wird eine gute Kippmomentabstützung erreicht. Alternativ ist das Fundament ein Offshore-Fundament, wobei das Fundament, bei einem im Seegrund abgestützten Offshore-Fundament (zum Beispiel einem Tripod) zumindest bei Hochwasser, vollständig oder bis auf wenige Zentimeter seiner axialen Erstreckung parallel zur Hochachse des Turms der Windenergieanlage unter Wasser angeordnet ist. Hier ist nun das Azimutlager im Fundament

25 angeordnet, sodass der gesamte Turm oder zumindest der Teil, welcher oberhalb des Fundaments sichtbar ist, drehbar ist. Dies ermöglicht einen strömungsoptimalen Aufbau des Turms über seine gesamte Höhe von der Oberfläche des Baugrunds beziehungsweise des Fundaments bis zum Maschinenhaus.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Windenergieanlage das Azimutlager folgende

30 Teillager:

- ein Axiallager zur Aufnahme des Gewichts der Generatoranlage;
 - ein erstes Radiallager zur Aufnahme eines Kippmoments der Generatoranlage;
 - ein zweites Radiallager zur Aufnahme eines Kippmoments der Generatoranlage, wobei das erste Radiallager und das zweite Radiallager einen Abstand entlang der Hochachse von 1 Meter bis 10
- 35 Meter, bevorzugt 2 Meter bis 4 Meter, besonders bevorzugt weniger als 3,5 Meter aufweisen.

Bei dieser Ausgestaltung wird ein Axiallager eingesetzt, welches das gesamte Gewicht der Generatoranlage aufnimmt. Um das Axiallager vor einer ungleichmäßigen Belastung zu schützen, sind weiterhin ein erstes Radiallager und ein zweites Radiallager vorgesehen, welche ein Kippmoment des belasteten Turms aufnehmen und das axiale Lager somit vor diesen Einflüssen schützen. Ein

40 Radiallager weist hierzu einen Lagerrotor und einen Lagerstator auf, wobei der Lagerrotor mit dem

Turm mitdreht und das Lagerstator im Fundament fixiert ist. Bevorzugt weist das Azimutlager ausschließlich diese vorgenannten Teillager auf. Hierbei sind das erste Radiallager und das zweite Radiallager trotz der hohen Kräfte bevorzugt in einem sehr geringen Abstand zueinander angeordnet. Hierdurch wird eine geringe Fundamenttiefe ermöglicht. Die Fundamenttiefe entspricht hierbei
5 bevorzugt einer konventionellen Fundamenttiefe bei einem starren Turm mit einem drehbar gelagerten Maschinenhaus oder ist sogar flacher. Bezogen auf die Drehachse ist die maximale radiale Erstreckung der Radiallager dabei bevorzugt geringer als eine maximale radiale Erstreckung des Querschnitts des Turms.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage bildet das erste Radiallager
10 und/oder das zweite Radiallager des Azimutlagers jeweils einen mitbewegten Lagerinnenring und es sind jeweils eine Mehrzahl voneinander beabstandeter fixierter Lagerstellen zum kraftübertragenden Kontakt mit dem jeweiligen Lagerinnenring gebildet, mittels welcher der jeweilige Lagerinnenring radial geführt ist.

Bei dieser Ausführungsform ist kein umlaufend anliegendes Lager gebildet, sondern lediglich eine
15 Mehrzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeter Lagerstellen, bevorzugt acht, sechs oder nur vier oder sogar nur drei Lagerstellen. Diese Lagerstellen bilden somit den Lagerstator. Der Lagerinnenring bildet dann den Lagerrotor. Hierzu ist bevorzugt jeweils ein mitbewegter Lagerinnenring vorgesehen, von dem der jeweilige Abschnitt, welcher mit einer der fixierten Lagerstellen in Kontakt steht, zur Kraftübertragung eingerichtet ist. In einer bevorzugten
20 Ausführungsform sind vier Lagerstellen vorgesehen.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform bildet das erste Radiallager und/oder das zweite Radiallager des Azimutlagers jeweils einen fixierten Lageraußenring und es sind jeweils eine Mehrzahl voneinander beabstandeter mitbewegter Lagerstellen zum kraftübertragenden Kontakt mit dem jeweiligen Lageraußenring gebildet, mittels welcher die jeweiligen mitbewegten Lagerstellen
25 radial geführt sind.

Bei dieser Ausführungsform ist kein umlaufend anliegendes Lager gebildet, sondern lediglich eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeter Lagerstellen, bevorzugt acht, sechs oder nur vier oder sogar nur drei Lagerstellen. Diese Lagerstellen bilden hierbei den Lagerrotor. Der Lageraußenring bildet dann den Lagerstator. Hierzu ist bevorzugt jeweils ein rotatorisch fixierter
30 Lageraußenring vorgesehen, welcher über den gesamten Umfang dazu eingerichtet ist, die von einer der mitbewegten Lagerstellen eingebrachte Kraft aufzunehmen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind vier Lagerstellen vorgesehen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage weisen die (fixierten oder mitbewegten) Lagerstellen jeweils ein Federelement zur elastischen Aufnahme von Kräften quer zur
35 Hochachse auf.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform werden kurzzeitige Lastspitzen durch eine Elastizität in den Lagerstellen ausgeglichen, und so die Lagerstellen vor einer Beschädigung infolge von (kurzzeitigen) Überlasteten geschützt. Insbesondere ist die Steifigkeit der Federelemente dabei derart eingerichtet, dass diese erst ab einer vorbestimmten Überlastgrenze nachgeben. Besonders

bevorzugt erfolgt eine Schwingungsdämpfung über die Lagerstellen selbst. Die Federelemente sind dabei bevorzugt längs belastete Blattfedern, welche sich radial aus der Lagerstelle erstreckend in das Fundament hineingreifen beziehungsweise dagegen abstützen. Bei fixierten Lagerstellen greifen die Federelemente bevorzugt in das Fundament ein. Bei mitbewegten Lagerstellen stützen sich die
5 Federelemente über die, bei hydrostatischen Lagern Lagerfläche der, Lagerstelle gegen das Fundament beziehungsweise den jeweiligen Lageraußenring ab.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage ist wenigstens eines der Teillager des Azimutlagers ein hydrostatisches Lager.

Ein hydrostatisches Lager weist den Vorteil auf, dass es sehr hohe Lagerkräfte dauerhaft aufnehmen
10 kann, ohne dass infolge hoher Flächenpressungen Setzungserscheinungen an den Lagerstellen auftreten. Weiterhin weisen hydrostatische Lager gute Dämpfungseigenschaften und Federeigenschaften auf. Durch die Größe der Lagerfläche beziehungsweise der hydrostatischen Taschen sind die Eigenschaften eines hydrostatischen Lagers über weite Bereiche einstellbar und können auch während des Betriebs durch den veränderbaren Druck der Lagerflüssigkeit im Lagerspalt
15 geregelt werden.

Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage
20 zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;

- 25 - ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- einen Turm, aufweisend eine Höhe und eine Hochachse, zum Halten des Maschinenhauses in der Höhe, wobei der Turm um die Hochachse drehbar ist. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich vor allem dadurch, dass das Maschinenhaus relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist, wobei das Maschinenhaus eine Bodenebene, bevorzugt mit Stahlträgern, aufweist, und wobei die Bodenebene
30 unmittelbar mit dem Turm verbunden ist.

Zur Generatoranlage wird auf die obige Beschreibung Bezug genommen. Der Turm weist hierbei zumindest einen oberen Abschnitt auf, welcher um die Hochachse drehbar ist. Das Maschinenhaus ist relativ zum Turm, also zumindest zum oberen Abschnitt, rotatorisch fixiert, sodass das Maschinenhaus mit einer Drehung des, zumindest oberen drehbaren Abschnitts des, Turms
35 mitgedreht wird. Somit sind der Turm oder zumindest der obere Abschnitt des Turms und der Rotor in jeweils gleicher Weise in den Wind gedreht. Hierbei ist kein Azimutlager zwischen Turm und Maschinenhaus vorgesehen. Vielmehr ist die Bodenebene des Maschinenhauses unmittelbar mit dem Turm verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsform bildet dabei die Bodenebene ein integrales Element des Turms. Besonders bevorzugt bildet die Bodenebene zugleich die Aufnahmeebene für
40 den Generator und ein Lager für den Rotor und/oder die Welle. Besonders bevorzugt ist die

Bodenebene durch Stahlträger gebildet. Besonders bevorzugt ist die Bodenebene mit dem Turm unmittelbar verschraubt, geklebt und/oder verschweißt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage weist der Turm einen Fachwerkmast auf oder ist durch einen Fachwerkmast gebildet und der Turm weist eine

5 Anschlussebene bei der Bodenebene des Maschinenhauses auf, wobei die Anschlussebene direkt mit der Bodenebene verbunden ist.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist der Teil des Turms, welcher den Hauptanteil der Kräfte aufnimmt, als Fachwerkmast ausgeführt. Besonders bevorzugt weist der Fachwerkmast eine Hülle, also einen Mantel, auf, sodass der Fachwerkmast nicht (ungünstig) durchströmt wird, sondern der

10 Mantel eine günstige Umströmung und damit eine Verringerung der Windlast auf den Turm bewirkt. Besonders bevorzugt sind die Anschlussebene und die Bodenebene integral aufgebaut, sodass die Bodenebene zugleich eine stabilisierende Funktion für den Turm aufweist. Alternativ bildet der Fachwerkmast mit der Anschlussebene ein separates Bauteil und das Maschinenhaus ist als vollständiges separates Bauteil auf die Anschlussebene aufsetzbar. Bevorzugt sind hierbei die

15 konkreten Anschlussstellen zwischen Anschlussebene und Bodenebene über einen weiten Bereich wählbar oder für verschiedene Maschinenhäuser standardisiert. Bevorzugt sind die Bodenebene und die Anschlussebenen miteinander verschweißt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage weist das Fundament ein Azimutlager nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung auf.

20 Bei dieser Ausführungsform ist der gesamte Turm beziehungsweise der gesamte Fachwerkmast über die komplette Höhe um seine Hochachse wie oben detaillierter beschrieben drehbar. Eine relative Verdrehung zwischen dem Maschinenhaus und dem Turm ist nicht möglich. Bevorzugt ist die Form des Turms derart strömungsoptimiert, dass der Rotor durch den anströmenden Wind selbsttätig in den Wind gedreht wird oder der anströmende Wind ein (gesteuertes) Nachführen unterstützt. Bevorzugt

25 wird der Rotor zur Energiegewinnung vorwärts, also mit Windrichtung hin zum Turm, angeströmt betrieben.

Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines

30 Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem

35 Generator;

- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
 - einen Turm, aufweisend eine Höhe und eine Hochachse, zum Halten des Maschinenhauses in der Höhe, wobei der Turm um die Hochachse drehbar ist. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich vor allem dadurch, dass in dem Turm ein Aufzug angeordnet ist, welcher relativ zum Turm rotatorisch
- 40 fixiert ist.

Zur Generatoranlage mit einem um seine Hochachse drehbaren Turm wird auf die obige Beschreibung Bezug genommen. Hierbei ist der Turm mit einem Aufzug ausgestattet, wobei der Aufzug relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist. Hierdurch ist ein besonders einfacher Aufbau des Aufzugs möglich, in dem nicht wie konventionell eine starre (nicht drehbares) innere Aufzugführung oder ein Innenturm vorgesehen werden muss. Somit kann der Turm und alle innenliegenden jeweils
5 relativ zueinander rotatorisch fixierten Bauteile um die Hochachse drehbar ausgebildet werden. Hierdurch wird die Komplexität des Turms trotz seiner Drehbarkeit gering gehalten. Der Turm ist also insgesamt nicht konventionell aufgebaut, welcher bloß einen den Windwiderstandsbeiwert ($c_{w\text{-Wert}}$) reduzierenden in den Wind drehbaren Spoiler aufweist. Vielmehr ist der Turm bevorzugt für eine im
10 mitgedrehten Koordinatensystem des Turms konstante Windlastrichtung lastoptimal ausgelegt, wodurch das Gesamtgewicht des Turms deutlich reduzierbar ist.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage ist das Maschinenhaus relativ zum Turm rotatorisch fixiert, bevorzugt nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung, und der Aufzug ist durchgehend von einer Bodenhöhe bis in das Maschinenhaus verfahrbar.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich der drehbare Teil des Turms bis zu einer Bodenhöhe und der Aufzug ist durchgehend zwischen dem Maschinenhaus und der Bodenhöhe verfahrbar. Hierbei muss kein aufwändiges Aufstiegssystem in das Maschinenhaus, welches konventionell relativ zum Turm verdrehbar ist, vorgesehen werden. Die Bodenhöhe ist hierbei maximal
15 3 m [Meter] bis 5 m [Meter] über der Oberfläche des Baugrunds beziehungsweise über dem (Hoch-) Wasserspiegel, und bevorzugt auf der Höhe der Oberfläche des Baugrunds beziehungsweise des
20 (Hoch-) Wasserspiegels angeordnet. Dadurch ist ein bequemer Zugang zum Maschinenhaus geschaffen. Insbesondere kann schweres Gerät ohne Verwendung von einer Leiter von der Bodenhöhe bis in das Maschinenhaus in dem Aufzug transportiert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage ist die Bodenhöhe im Fundament
25 gebildet.

Bei dieser besonders bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich der Aufzug bis in das Fundament, wobei das Fundament wie oben beschrieben bevorzugt mit seinem Hauptanteil unter der Oberfläche des Baugrunds beziehungsweise unter einem (Hoch-) Wasserspiegel angeordnet ist. Der Aufzug reicht dabei bevorzugt bis zu einem im Fundament gebildeten (Fuß-) Boden, bevorzugt bis zum
30 unteren Radiallager. Somit kann auch hierhin ohne zusätzliche Aufzugvorrichtung und ohne zusätzliche Aufzugkabine schweres Gerät bis in das Fundament mittels des Aufzugs transportiert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage weist das Fundament ein Azimutlager nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung auf und ein Eingang zum
35 Aufzug ist zwischen dem ersten Radiallager und dem zweiten Radiallager gebildet.

Diese Ausführungsform ist besonders bauraumsparend, indem der Abstand zwischen den radialen Lagern für den Einstiegs und Ausstiegsraum vor dem Aufzug genutzt wird. Die verbleibende wartungsrelevante Bauhöhe von dem unteren Radiallager sowie dem Axiallager ist dabei durch eine kurze Leiter oder Treppe erreichbar. Die verbleibende Höhe ist dabei bevorzugt auf weniger als

Armlänge reduziert, sodass eventuell benötigtes schweres Gerät ohne größeren Aufwand auch in den untersten Bereich des Fundaments transportierbar beziehungsweise dort nutzbar ist.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Windenergieanlage ist der Aufzug als Kletteraufzug ausgebildet.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist die notwendige Schachtlänge für den Aufzug auf (etwa) die tatsächliche Verfahrhöhe für die Aufzugskabine reduziert. Das Schienensystem ist hierbei zudem einseitig anbringbar, sodass der Bauraum im Vergleich zu einem Seilaufzug deutlich geringer ist. Zudem kann das Schienensystem für den Kletteraufzug bei einem Ausfall des Aufzugs als Leiter genutzt werden. Hierdurch ergibt sich ein Aufbau mit besonders geringem Bauraumbedarf und zugleich einem bequemen Transport von Bodenhöhe bis in das Maschinenhaus.

Gemäß einem vierten Aspekt betrifft die Erfindung einen Turm für eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, wobei der Turm eine Höhe und eine Hochachse aufweist, und wobei der Turm quer zur Hochachse in einem ersten Bereich einen ersten Querschnitt aufweist und der erste Querschnitt ein für eine Anströmung quer zur Hochachse strömungsoptimiertes Anströmprofil aufweist, und wobei der Turm beim Fundament um die Hochachse drehbar gelagert ist. Der Turm kennzeichnet sich dabei vor allem dadurch, dass der Turm in einem zweiten Bereich einen zweiten Querschnitt aufweist, wobei der zweite Bereich sich unterhalb des ersten Bereichs des Turms erstreckt, und wobei der zweite Querschnitt kreisförmig mit der Hochachse als Drehzentrum ausgebildet ist, wobei der Radius des zweiten Querschnitts kleiner als ein maximaler Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse ist, bevorzugt kleiner als der anströmungsparallele Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse, besonders bevorzugt größer als der Nasenradius des ersten Querschnitts bezogen auf das Nasenzentrum.

Der hier vorgeschlagene Turm weist einen ersten Bereich auf, welcher sich von dem Maschinenhaus bis in Bodennähe erstreckt. Der erste Bereich weist einen ersten Querschnitt auf, welcher ein strömungsoptimiertes Anströmprofil aufweist, mit zum Beispiel nahezu einer Kreisform oder Ellipsenform an der Anströmseite (Nase) und zum Beispiel einer, bevorzugt (teilweise) konkav gewölbten, Keilform an der Strömungsrückseite, oder ein elliptisches Anströmprofil. Bevorzugt verjüngt sich der erste Bereich vom Anfang in Bodennähe hin zum Maschinenhaus, bevorzugt entsprechend der Abnahme der Querlast, und bleibt dabei bevorzugt über die gesamte Erstreckung entlang der Hochachse anströmprofiliert, also unter Berücksichtigung der notwendigen Konstruktion mit einem möglichst geringen Windwiderstandsbeiwert (c_w -Wert) und/oder möglichst geringem negativem Einfluss auf die vom Rotor genutzte Anströmung. Alternativ geht der erste Querschnitt bis zum Maschinenhaus in einen dritten Querschnitt über, welcher zum Beispiel kreisförmig oder elliptisch ist, wobei der erste Bereich über bevorzugt zumindest 80 % seiner Länge anströmprofiliert ist. Der erste Querschnitt bezeichnet dann allein den Querschnitt des ersten Bereichs, welcher sich direkt beim unteren Anfang des ersten Bereichs befindet, also angrenzend zum Übergangsabschnitt angeordnet ist. Der Turm ist hierbei insgesamt um seine Hochachse drehbar gelagert, um so durch Nachfahren der Ausrichtung des Turms entsprechend der Anströmung durch den Wind die direkte (auf den Turm) und indirekte (auf den Rotor) Windlast und die daraus resultierende Querlast auf den Turm zu reduzieren und darüber hinaus bevorzugt allein in der auslegungsgemäß steifsten

Belastungsrichtung für die resultierende Querlast ausgerichtet zu sein. Alternativ oder ergänzend wird ein negativer Einfluss auf die vom Rotor genutzte Anströmung durch das Nachfahren des Turms reduziert. Nachfahren bedeutet hierbei eine Drehung des Turms (und des Maschinenhauses) um die Hochachse. Weil der Turm also stets mit seiner auslegungsgemäß steifsten und zugleich

5 strömungsoptimalen Richtung in der Anströmung durch den Wind nachfahrbar ist, ist es möglich, den ersten Querschnitt im Übrigen deutlich geringer zu dimensionieren. Das heißt, dass die Erstreckung des ersten Querschnitts in Anströmungsrichtung größer ist, als die Erstreckung quer zur Anströmung, bevorzugt um mindestens 50 % größer. Alternativ oder zusätzlich ist die Versteifung durch die Konstruktion, bevorzugt durch ein Fachwerk, in Anströmungsrichtung entsprechend den obigen

10 Auslegungsregeln steifer als quer zur Anströmungsrichtung. Beim Drehlager für den Turm unterhalb des ersten Bereichs weist der Turm beziehungsweise das angeschlossene Drehlager einen zweiten Bereich mit einem zweiten Querschnitt auf, welcher kreisförmig gebildet ist. Der zweite Querschnitt weist einen Radius auf, welcher kleiner als der Innenlagerradius oder gleich dem Innenlagerradius des Azimutlagers ist. Der Radius des kreisförmigen zweiten Querschnitts ist kleiner als der maximale

15 Polarradius des ersten Querschnitts. Der Polarradius ist ein Abstand zwischen der Hochachse als Drehzentrum des Turms und einem beliebigen Punkt auf der vom ersten Querschnitt gebildeten Kontur. Bevorzugt ist der Radius des kreisförmigen zweiten Querschnitts kleiner als der anströmungsparallele Polarradius des ersten Querschnitts. Der anströmungsparallele Polarradius ist der Abstand zwischen der Hochachse als Drehzentrum des Turms und dem bei optimaler Anströmung

20 vordersten Punkt auf der vom ersten Querschnitt gebildeten Kontur, also im Bereich der Nase. Besonders bevorzugt ist der Radius des kreisförmigen zweiten Querschnitts größer als der Nasenradius des ersten Querschnitts bezogen auf das Nasenzentrum. Der erste Querschnitt ist bevorzugt tropfenförmig oder elliptisch und weist eine Mehrzahl (theoretischer) Zentren zu Abschnitten der von dem ersten Querschnitt gebildeten Kontur, wobei diese Abschnitte bezogen auf das jeweilige

25 Zentrum einen Kreisbogen bilden. Der bei einer optimalen Anströmung vorderste Abschnitt des ersten Querschnitts wird als Nase bezeichnet. Zumindest ein Teil davon weist ein eigenes (theoretisches) Zentrum auf, das hier als Nasenzentrum bezeichnet ist. Der entsprechende Radius ist der Nasenradius, also ein Abstand zwischen dem Nasenzentrum und einem Punkt auf dem auf dieses Nasenzentrum bezogenen Kreisbogen der vom ersten Querschnitt gebildeten Kontur.

30 Besonders bevorzugt weist der Turm zumindest im ersten Bereich eine ebene Fläche auf, zum Beispiel eine Seitenfläche. Diese ebene Fläche ist zum Beispiel als Werbefläche nutzbar. Aufgrund der Größe des Turms und der resultierenden großen Seitenfläche ist diese Werbung von weitem sichtbar. Bevorzugt ist der Turm mit einem lackierten oder lackierbaren Stoff bespannt. Ganz besonders bevorzugt ist die ebene Fläche aus zumindest einer, bevorzugt aus einer einzigen,

35 separaten Stoffplane gebildet, welche separat austauschbar ist. Somit ist die Werbung auf der ebenen Fläche temporär anbringbar und austauschbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Turms weist der Mantel des Turms einen Übergangsabschnitt zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich auf, wobei der Übergangsabschnitt entlang Verbindungstrajektorien geformt ist und an einer Grenzlinie zwischen

40 dem ersten Bereich und dem Übergangsabschnitt eine jegliche Verbindungstrajektorie keine Steigungsänderung oder einen Knick zum ersten Bereich ausformt.

Der Übergang zwischen dem Übergangsabschnitt und einem jeweiligen Bereich ist hierbei durch einen Knick gebildet, sofern der Radius des zweiten Querschnitts einen anderen Betrag aufweist als jede korrespondierende radiale Erstreckung des ersten Querschnitts. Nur bei einem betragsmäßig gleichen Radius des zweiten Querschnitts wie die korrespondierende radiale Erstreckung des ersten Querschnitts, also beim gleichen Winkel, oder unter Umständen bei einer konvex gewölbten Verbindungstrajektorie ist der Übergang ohne Steigungsänderung gebildet. Der Rand des ersten Querschnitts ist hierbei also durch Polarkoordinaten bezogen auf die Hochachse zu definieren. Ein Knick ist hierbei ideal betrachtet eine nicht stetig differenzierbare Steigungsänderung einer Linie auf dem Mantel in Richtung der Hochachse. In der technischen Umsetzung weist der Knick (zumindest) einen Rundungsradius auf, welcher sich zwischen dem Ende des ersten Bereichs (mit dem ersten Querschnitt) beziehungsweise zwischen dem Ende des zweiten Bereichs (mit dem zweiten Querschnitt) und dem jeweils benachbarten Ende des Übergangsabschnitts erstreckt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Übergangsabschnitt in Richtung der Hochachse zumindest teilweise gewölbt ausgebildet, oder bildet eine gerade Schräge aus. Diese Schräge ist im mathematischen Sinne gerade, also die kürzeste Verbindung zwischen dem Ende des ersten Bereichs und dem benachbarten Ende des zweiten Bereichs, wobei hier technisch bedingte (kostenbedingt, fertigungsbedingt) Abweichungen, zum Beispiel Materialwölbungen oder Befestigungselemente, vorgesehen sein können. Eine entsprechende gewölbte oder gerade Verbindungstrajektorie ist also eine beliebige, in Richtung der Hochachse gerade, Linie zwischen einem Punkt auf dem Rand am Ende des ersten Bereichs und einem Punkt beim gleichen (Flächen-) Winkel eines gemeinsamen Polarkoordinatensystems bezogen auf die Hochachse auf dem Rand am benachbarten Ende des zweiten Bereichs. Besonders bevorzugt ist die Form des Übergangsbereichs durch eine Bespannung auf einer Unterkonstruktion oder direkt auf dem Tragwerk, zum Beispiel mit Stoff, erzeugt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Turms sind die Verbindungstrajektorien des Übergangsabschnitts stetig differenzierbar, wobei bevorzugt eine Mehrzahl der Verbindungstrajektorien des Übergangsabschnitts gewölbt ist.

In dieser alternativen Ausführungsform weist der Übergangsabschnitt zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich eine konkave Wölbung auf. Hierdurch wird der Strömungseinfluss der Anströmung im Übergangsbereich auf den zweiten Bereich reduziert.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Turms weist der erste Bereich zwischen dem Maschinenhaus und dem Übergangsabschnitt eine Bereichshöhe von zumindest der maximalen Überlappungslänge mit einem Rotorblatt auf, wobei bevorzugt die Übergangshöhe 0,5 Meter bis 40 Meter, bevorzugt 2 Meter bis 4 Meter, besonders bevorzugt korrespondierend zu einer Eingangshöhe eines Aufzugs einer Windenergieanlage nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung beträgt.

Diese Bereichshöhe ist derart eingerichtet, dass ein negativer Einfluss auf die von dem Rotor genutzte Anströmung infolge des Anströmprofils des ersten Bereichs deutlich reduzierbar ist. Zugleich bleibt die Länge des ersten Bereichs mit dem ersten Querschnitt ausreichend lang, um eine von der Anströmung unterstützte beziehungsweise induzierte Drehung des Turms zu erreichen. Für eine

Windenergieanlage mit einer Höhe (der Rotorachse) von 100 Meter und einer Rotorblattlänge (gemessen von der Rotorachse) von 60 Meter beträgt die Übergangshöhe maximal 40 Meter. Bevorzugt ist die Übergangshöhe möglichst kurz, sodass der Turm über eine möglichst große Länge anströmprofiliert ist.

5 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind vorgeschlagen, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- 10 - einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;
- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- 15 - einen Turm nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich dabei vor allem dadurch, dass das Fundament des Turms ein Azimutlager nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung aufweist; und/oder in dem Turm ein Aufzug gemäß der obigen Beschreibung angeordnet ist.

20 Hierbei ist bevorzugt das Azimutlager unterhalb des Übergangsabschnitts, welcher zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich liegt, angeordnet. Bevorzugt bildet der zweite Bereich vollständig den Lageranteil, mit zum Beispiel den Lagerinnenringen, im Fundament.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind vorgeschlagen, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur
 25 Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- 30 - eine Welle zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;
- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- einen Turm nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung. Die

Windenergieanlage kennzeichnet sich dabei vor allem dadurch, dass das Maschinenhaus nach einer
 35 Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist.

Gemäß einem fünften Aspekt betrifft die Erfindung einen Turm für eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, wobei der Turm eine Höhe und eine Hochachse aufweist, und wobei der Turm quer zur Hochachse in einem ersten Bereich einen ersten Querschnitt aufweist und der erste Querschnitt ein für eine Anströmung quer zur Hochachse strömungsoptimiertes
 40 Anströmprofil aufweist, wobei das Anströmprofil in der Anströmung eine Nase, seitlich zur Anströmung

zwei Seitenflächen und rückwärtig ein Heck aufweist, und wobei der Turm beim Fundament um die Hochachse drehbar gelagert ist. Der Turm ist vor allem dadurch gekennzeichnet, dass der Turm bei der Nase windundurchlässig ausgeführt ist und zumindest über einen Teil des ersten Bereichs zumindest bei den Seitenflächen winddurchlässig ausgeführt ist.

- 5 Der Turm weist zumindest im ersten Bereich ein Anströmprofil auf, welches eine, zum Beispiel kreisbogenförmige oder ellipsenbogenförmige, Nase aufweist, welche stets in die Anströmrichtung des Winds gedreht ist. Weiterhin weist das Anströmprofil ein Heck auf, welches bevorzugt derart ausgestellt ist, dass es eine Ruderfunktion aufweist, mittels welchem der Turm nachführbar ist beziehungsweise eine (gesteuerte) Nachführung unterstützbar ist. Die Seitenflächen hingegen sind
- 10 zumindest teilweise, bevorzugt über die gesamte Bereichshöhe, winddurchlässig. Für den Fall schneller Windrichtungsänderungen, Tornados oder einer Freak-Böe quer zur anliegenden Windrichtung, welche statistisch alle 50 Jahre auftreten kann, wird somit die Angriffsfläche des Turms verringert und somit die Windlast für diese Ausnahmefälle derart reduziert, dass der Turm auslegungsgemäß keine besondere Stabilität in dieser Querrichtung aufweisen muss. Alternativ ist in
- 15 den Seitenflächen zumindest eine normal geschlossene Öffnung vorgesehen, welche von einer Überlast geöffnet wird, zum Beispiel durch Lamellen, eine Bespannung mit Sollrisstellen und/oder eine schwenkbare Fläche. Damit wird im Normalfall ein besonders günstiger Widerstandsbeiwert (c_W -Wert) erreicht.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist der Turm bespannt, wobei die Nase des

20 Anströmprofils und ein Heckabschnitt bespannt sind.

Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist bevorzugt die jeweilige Seitenfläche separat und/oder nur teilweise bespannt. Bevorzugt ist die jeweilige, bevorzugt gesamte, Seitenfläche offen also unbespannt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist der Turm durch einen Fachwerkmast gebildet.

- 25 Diese Ausführung erlaubt eine besonders kostengünstige Herstellung eines Anströmprofils. Hierbei wird bevorzugt das Fachwerk des Fachwerkmasts direkt, das heißt die tragende Struktur ohne Zwischenkonstruktion beziehungsweise Unterkonstruktion, bespannt. Die Seitenflächen sind im offenen Abschnitt oder über die gesamte Seitenfläche lediglich teilweise durch Streben des Fachwerkmasts verdeckt.

- 30 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weist der Turm Querschnitte und deren Anordnung gemäß einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung auf.

- Insbesondere bei einer direkten Bespannung ist ein ideales Anströmprofil bevorzugt nur angenähert, bevorzugt in Umfangsrichtung durch gerade (nicht gewölbte) Teilstücke, ausgeführt, wobei eine Erhöhung des Widerstandsbeiwerts (c_W -Wert) infolge einer Vereinfachung der Unterkonstruktion
- 35 beziehungsweise der tragenden Struktur des Fachwerkmasts gegenüber einer Verstärkung der tragenden Struktur infolge der höheren Windlast und/oder der Kosten der Fertigung optimiert wird.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind vorgeschlagen, welche eine Generatoranlage und ein Fundament zur

Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund aufweist, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage zumindest die folgenden Komponenten umfasst:

- einen Rotor mit Rotorblättern zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
- 5 - einen Generator zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors in elektrische Energie;
- eine Welle zum rotatorischen Drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator;
- ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors;
- einen Turm mit zumindest teilweise offenen Seitenflächen nach einer Ausführungsform

10 gemäß der obigen Beschreibung. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich dabei vor allem dadurch, dass das Fundament des Turms ein Azimutlager nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung aufweist und/oder das Maschinenhaus nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist und/oder in dem Turm ein Aufzug nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung angeordnet ist.

15 Gemäß einem sechsten Aspekt betrifft die Erfindungen einen Turm nach einer Ausführungsform gemäß der obigen Beschreibung, wobei der Turm Geschossebenen aufweist, welche für zumindest einen der folgenden Aufgaben eingerichtet sind:

- Wohnraum;
- Lagerfläche;
- 20 - Büroraum;
- Hotelraum; und
- Trockenraum, wobei bevorzugt ein Schornsteineffekt genutzt wird.

Mittels der Geschossebenen kann das bisher ungenutzte Volumen des Turms einer Windenergieanlage zusätzlich genutzt werden. Hierdurch wird der Aufbau der Windenergieanlage 25 rentabler, indem zum Beispiel Mieteinnahmen zur Tilgung der Investitionskosten hinzukommen.

Die Erfindung betrifft somit eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist. Die Windenergieanlage kennzeichnet sich vor allem dadurch, dass das Azimutlager für 30 die Drehbarkeit des Turms um die Hochachse im Fundament angeordnet ist und/oder das Maschinenhaus relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist, wobei das Maschinenhaus eine Bodenebene aufweist, welche unmittelbar mit dem Turm verbunden ist, und/oder in dem Turm ein Aufzug angeordnet ist, welcher relativ zum Turm rotatorisch fixiert ist, und/oder der Turm in einem ersten Bereich einen ersten Querschnitt mit einem strömungsoptimierten Anströmprofil aufweist, wobei der 35 Radius des zweiten Querschnitts kleiner als ein maximaler Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse ist.

Figurenbeschreibung

Die oben beschriebene Erfindung wird nachfolgend vor dem betreffenden technischen Hintergrund unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen, die bevorzugte Ausgestaltungen zeigen, detailliert erläutert. Die Erfindung wird durch die rein schematischen Zeichnungen in keiner Weise beschränkt, wobei anzumerken ist, dass die Zeichnungen nicht maßhaltig sind und zur Definition von Größenverhältnissen nicht geeignet sind. Es wird dargestellt in

Fig. 1: ein Azimutlager in einem Fundament einer Windenergieanlage;

Fig. 2: ein Maschinenhaus mit Rotor einer Windenergieanlage;

Fig. 3: ein Aufzug in einer Windenergieanlage;

Fig. 4: eine Bodenebene und eine Anschlussebene eines Maschinenhauses einer Windenergieanlage;

Fig. 5: ein Fundament mit Eingang für einen durchgehenden Aufzug einer Windenergieanlage mit einer ersten Ausführungsform eines Azimutlagers;

Fig. 6: ein Fundament mit Eingang für einen durchgehenden Aufzug einer Windenergieanlage mit einer zweiten Ausführungsform eines Azimutlagers;

Fig. 7: ein erster Querschnitt in einer ersten Ausführungsform und ein zweiter Querschnitt; und

Fig. 8: ein erster Querschnitt in einer zweiten Ausführungsform und ein zweiter Querschnitt.

In Fig. 1 ist ein unterer Teil einer Windenergieanlage 1 gezeigt, welcher eine Generatoranlage 2 und ein diese aufnehmendes Fundament 3 in einem Baugrund 4 (hier nur angedeutet) umfasst. Von der Generatoranlage 2 ist hier lediglich der Turm 13 ausschnittsweise gezeigt, welcher einen nur bruchanteilig gezeigten ersten Bereich 35 mit einem anströmprofilierten, hier tropfenförmigen, ersten Querschnitt 36, einen zweiten Bereich 37 mit einem kreisförmigen zweiten Querschnitt 38 und einen dazwischen angeordneten Übergangsabschnitt 40 umfasst. Der zweite Bereich 37 umfasst beziehungsweise bildet das Azimutlager 5, welches die auf den Turm 13 einwirkenden Kräfte lagert, sodass der Turm um seine Hochachse 15 drehbar ist. Somit kann der Turm 13 mit seinem anströmprofilierten ersten Querschnitt 36 in den Wind gedreht werden. Das Azimutlager 5 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein erstes Radiallager 17, ein zweites Radiallager 18 und ein Axiallager 16. Das Axiallager 16 nimmt (im Wesentlichen ausschließlich) die gesamte Gewichtskraft der Generatoranlage 2 auf. Die Radiallager 17 und 18 nehmen eine Querlast und als jeweils gegensinnige Querkräfte Kippmomente auf und schützen derart auch das Axiallager 16 vor einer (allzu großen) ungleichförmigen Belastung über den Lagerumfang. Die Gewichtskraft ist entlang der Hochachse 15 mit Ausrichtung vom ersten Bereich 35 zum zweiten Bereich 37 gerichtet. Querkräfte sind zur Hochachse 15 senkrecht ausgerichtet. Ein Kippmoment ist in Bezug auf das Azimutlager 5 um eine zur Hochachse 15 senkrechte Querachse zwischen den beiden Radiallagern 17 und 18 ausgerichtet. Das erste (untere) Radiallager 17 umfasst einen mitbewegten Lagerinnenring 19, welcher über vier (untere) Lagerstellen (hier hydrostatisch) gelagert ist. Von den vier (unteren) Lagerstellen des ersten Radiallagers 17 sind hier die untere erste Lagerstelle 21, die untere zweite Lagerstelle 22 und die untere dritte Lagerstelle 23 zu sehen. Das zweite (obere) Radiallager 18 umfasst hier ebenfalls einen mitbewegten Lagerinnenring 20, welcher hier ebenfalls über vier (obere) Lagerstellen (hier

hydrostatisch) gelagert ist. Von den vier (oberen) Lagerstellen des zweiten Radiallagers 18 sind hier die obere erste Lagerstelle 24, die obere zweite Lagerstelle 25 und die obere dritte Lagerstelle 26 zu sehen. Sowohl das erste Radiallager 17 als auch das zweite Radiallager 18 umfassen in dieser Ausführungsform zusätzlich ein Federelement 27 beziehungsweise 28 an jeder Lagerstelle, von denen hier beispielhaft das (untere) Federelement 27 der unteren dritten Lagerstelle 23 und das (obere) Federelement 28 der oberen ersten Lagerstelle 24 bezeichnet sind. Der zweite Bereich 37, welcher das Azimutlager 5 umfasst, weist einen kreisförmigen zweiten Querschnitt 38 auf. Der erste Bereich 35, welcher den Hauptteil der Erstreckung des Turms 13 entlang der Hochachse 15 umfasst, weist einen anströmprofilierten ersten Querschnitt 36 auf, wobei die Fläche des ersten Querschnitts 36 hin zum Maschinenhaus 12 (vgl. Fig. 2) abnehmen kann, sodass sich der Turm 13 nach oben hin verjüngt. Auch ist unter Umständen das konkrete Anströmprofil des ersten Querschnitts 36 über die Erstreckung des ersten Bereichs 35 nicht konstant. Hier ist nun zwischen dem untersten Anströmprofil des ersten Querschnitts 36 und der Kreisform des zweiten Querschnitts 38, also an den jeweils benachbarten Enden des ersten Bereichs 35 und des zweiten Bereichs 37, ein Übergangsabschnitt 40 gebildet. In der hier gezeigten Variante ist der Mantel 39 entlang gerader, also nicht gekrümmter, Verbindungstrajektorien 41 und 42 ausgerichtet und geht an der Grenzlinie 43 des ersten Bereichs 35 mit einem Knick in die Erstreckungsrichtung des ersten Bereichs 35 entlang der Hochachse 15 über. Eine Verbindungstrajektorie verbindet einen beliebigen Punkt des Rands des ersten Querschnitts 36 mit einem Punkt des zweiten Querschnitts 38, welcher in Polarkoordinaten bezogen auf die Hochachse 15 beim gleichen Winkel angeordnet ist. Beispielhaft sind eine erste gerade Verbindungstrajektorie 41 zwischen einem Randpunkt bei einem ersten Radius 46 und einer korrespondierenden ersten radialen Erstreckung 47 sowie eine um den jeweils gleichen Winkel versetzte zweite gerade Verbindungstrajektorie 42 zwischen einem Randpunkt bei einem zweiten Radius 48 und einer korrespondierenden zweiten radialen Erstreckung 49 dargestellt. Dieser Mantel 39 erstreckt sich dabei über die gesamte Übergangshöhe 44 des Übergangsabschnitts 40.

In Fig. 2 ist ein oberer Teil einer Generatoranlage 2 einer Windenergieanlage 1 dargestellt, welche bevorzugt einen unteren Teil wie in Fig. 1 dargestellt aufweist. Hier ist ein Rotor 6 mit einem ersten Rotorblatt 7, einem zweiten Rotorblatt 8 und einem dritten Rotorblatt 9 gezeigt, welcher mittels einer Welle 11 mit einem Generator 10 verbunden ist. Diese Komponenten der Generatoranlage 2 sind in einem Maschinenhaus 12 gehalten. Mittels des Turms 13, welcher hier als Fachwerkmast 30 mit einem Fachwerk 52 (hier ist beispielhaft eine Stange bezeichnet) ausgeführt ist, ist das Maschinenhaus 12 und damit der Rotor 6 in einer erwünschten Höhe 14 angeordnet. Das untere Ende der Höhe 14 ist in der Fig. 5 beispielhaft gezeigt und endet bei der Oberfläche des Baugrunds beziehungsweise einem (Hoch-) Wasserspiegel. Hierbei ist das Maschinenhaus 12 relativ zum Turm 13 rotatorisch fixiert. Hierdurch kann ein Aufzug 32 von unten bis in das Maschinenhaus 12 verfahren werden. Hier weist der Aufzug 32 eine an einer Kletterschiene 51 verfahrbare Aufzugkabine 50 auf.

In Fig. 3 ist ein Maschinenhaus 12 einer Generatoranlage 2 einer Windenergieanlage 1 in einer Ansicht von schräg unten gezeigt, beispielsweise wie in Fig. 2 dargestellt. Auch der hier verwendete Rotor 6 weist drei Rotorblätter 7 bis 9 auf. Der Fachwerkmast 30, welcher den Turm 13 bildet, ist hierbei unmittelbar mit einer Bodenebene 29 des Maschinenhauses 12 verbunden. Im Detail ist dies in der nachfolgenden Fig. 4 dargestellt und erläutert. Weiterhin ist hier der Aufzug 32 mit der

Aufzugskabine 50 und den Kletterschienen 51 gezeigt, welcher sich mit einer Drehung des Turms 13 mitdreht.

In Fig. 4 ist die Bodenebene 29, welche hier von Stahlträgern gebildet ist, gemäß der Fig. 3 im Details dargestellt. Auf der Bodenebene 29 ist der Generator 10 gelagert. Auf der Unterseite ist die Bodenebene 29 unmittelbar mit einer von dem Fachwerk 52 gebildeten Anschlussebene 31 verbunden. In der vorliegend dargestellten Ausführungsform sind lediglich ein erstes Anschlusselement 53 und ein zweites Anschlusselement 54 (und eventuell ein oder mehrere weitere hier in der Ansicht verdeckte Anschlusselemente) vorgesehen, welche als plattenförmige Zwischenstücke die Angleichung des Maschinenhauses 12 beziehungsweise dessen Bodenebene 29 an die Anschlussebene 31 erleichtern. Bevorzugt sind diese in ihrer Dicke an einen möglicherweise entstehenden Spalt anpassbar oder werden entsprechend weggelassen. Die Bodenebene 29 und die Anschlussebene 31 sind miteinander verschraubbar und/oder verschweißbar.

In Fig. 5 ist ein Fundament 3 einer Windenergieanlage zur Aufnahme einer Generatoranlage 2, wie sie hier und bevorzugt in den vorangehend beschriebenen Figuren ausschnittsweise gezeigt ist, eingerichtet. Das Fundament 3 nimmt das Azimutlager 5 mit einem ersten Radiallager 17, einem zweiten Radiallager 18 und einem Axiallager 16 vollständig auf und weist hierfür eine ausreichende Erstreckung entlang der Hochachse 15 des Turms 13 der Generatoranlage 2 auf. Weiterhin weist hier das Fundament 3 eine radiale Auskragung, hier in Form einer Scheibe, auf, welche die Flächenlast auf den Baugrund 4 (hier ist lediglich die Oberfläche mit einer gestrichelten Linie angedeutet) reduziert und ein großes Gegenlager für Kippmomente gebildet. Im Turm 13, welcher hier ebenfalls als Fachwerkmast 30 gebildet ist, ist ein sich mitdrehender Aufzug 32 angeordnet, welcher sich von einer Bodenhöhe 33 im Fundament 3 nach oben erstreckt, bevorzugt bis in ein relativ zum Turm 13 rotatorisch fixiertes Maschinenhaus 12 (vgl. Fig. 2). Hierzu reichen in diesem Beispiel die Kletterschienen 51 bis hinunter ins Fundament 3 und damit unterhalb der Oberfläche des Baugrunds 4. Die Aufzugskabine 50 ist bis dahin verfahrbar und über einen Eingang 34, welcher zwischen dem ersten Radiallager 17 und dem zweiten Radiallager 18 angeordnet ist, betretbar. Weiterhin ist der Turm 13 von außen durch einen Turmeingang 55 betretbar. Der Übergangsabschnitt 40 weist hierbei eine (leicht) größere Übergangshöhe 44 als die Eingangshöhe 45 des Turmeingangs 55 auf. Der Übergangsabschnitt 40 ist hierbei genauso wie in Fig. 1 erläutert ausgeformt.

In Fig. 6 ist ein Fundament 3 einer Windenergieanlage 1 zur Aufnahme einer Generatoranlage 2, wie sie hier und bevorzugt in den vorangehend beschriebenen Figuren ausschnittsweise gezeigt ist, eingerichtet. Das Fundament 3 nimmt das Azimutlager 5 mit einem ersten Radiallager 17, einem zweiten Radiallager 18 und einem Axiallager 16 vollständig auf und weist hierfür eine ausreichende Erstreckung entlang der Hochachse 15 des Turms 13 der Generatoranlage 2 auf. Anders als das Azimutlager 5 der Darstellung in Fig. 1 weisen das obere (hydrostatische) Radiallager 18 und das untere (hydrostatische) Radiallager 17 des hier gezeigten Azimutlagers 5 einen fixierten oberen Lageraußenring 57 beziehungsweise unteren Lageraußenring 56 auf. An dem jeweiligen Lageraußenring 56 und 57 sind sternförmig einzelne mitbewegte Lagerstellen, hier jeweils vier, vorgesehen. Hier sind eine untere erste Lagerstelle 21, eine untere zweite Lagerstelle 22 und eine untere dritte Lagerstelle 23 der insgesamt vier mitbewegten unteren Lagerstellen zu sehen. Weiterhin

sind hier eine obere erste Lagerstelle 24 und eine obere zweite Lagerstelle 25 der insgesamt vier mitbewegten oberen Lagerstellen zu sehen. Die übrigen Lagerstellen sind in dieser Ansicht verdeckt. Zur Erläuterung weiterer Details der Darstellung der Windenergieanlage 1 wird auf die vorangehenden Figuren verwiesen, welche ähnliche und gleiche Details aufweisen.

5 In Fig. 7 ist ein erster Querschnitt 36 (gestrichelt) in einer ersten Ausführungsform und ein zweiter Querschnitt 38 (Kreis) in der korrekten geometrischen Zuordnung zueinander bezogen auf die Hochachse 15 gezeigt. In dieser Ausführungsform ist der erste Querschnitt 36 elliptisch und weist zwei Zentren auf, von denen hier nur das Nasenzentrum 59 dargestellt ist. Bei einer optimalen Anströmung 61 von links in der Darstellung bildet der Nasenabschnitt des ersten Querschnitts 36 den
10 vordersten Abschnitt des ersten Querschnitts 36 oder sogar des gesamten Turms 13. Hier ist ein maximaler Polarradius 58 des ersten Querschnitts 36, welcher anströmungsparallel ausgerichtet ist, rechts der Hochachse 15 eingezeichnet. Dieser maximale Polarradius 58 ist größer als der Radius 46 des zweiten Querschnitts 38. Der Nasenradius 60 des zum Nasenzentrum 59 kreisförmigen anströmseitigen Abschnitts ersten Querschnitts 36 ist aber kleiner als der Radius 46 des zweiten
15 Querschnitts 38.

In Fig. 8 ist ein erster Querschnitt 36 in einer zweiten Ausführungsform und ein zweiter Querschnitt 38 in der korrekten geometrischen Zuordnung zueinander bezogen auf die Hochachse 15 gezeigt. In dieser Ausführungsform ist der erste Querschnitt 36 tropfenförmig mit einem heckseitig gerundeten Ende gebildet und weist eine Mehrzahl von Zentren auf, von denen hier nur das Nasenzentrum 59
20 dargestellt ist. Bei einer optimalen Anströmung 61 von links in der Darstellung bildet der Nasenabschnitt des ersten Querschnitts 36 den vordersten Abschnitt des ersten Querschnitts 36 oder sogar des gesamten Turms 13. Hier ist ein maximaler Polarradius 58 des ersten Querschnitts 36, welcher anströmungsparallel ausgerichtet ist, rechts der Hochachse 15 eingezeichnet. Dieser maximale Polarradius 58 ist größer als der Radius 46 des zweiten Querschnitts 38. Der Nasenradius
25 60 des zum Nasenzentrum 59 kreisförmigen anströmseitigen Abschnitts ersten Querschnitts 36 ist aber kleiner als der Radius 46 des zweiten Querschnitts 38.

Mit der hier dargestellten Windenergieanlage lassen sich große Höhen ohne große Rohrelemente und ohne die Nachteile eines konventionellen Mastaufbaus kostengünstig erreichen.

Bezugszeichenliste

1	Windenergieanlage	37	zweiter Bereich
2	Generatoranlage	38	zweiter Querschnitt
3	Fundament	39	Mantel
4	Baugrund	40	Übergangsabschnitt
5	Azimutlager	41	erste gerade Verbindungstrajektorie
6	Rotor	42	zweite gerade Verbindungstrajektorie
7	erstes Rotorblatt	43	Grenzlinie
8	zweites Rotorblatt	44	Übergangshöhe
9	drittes Rotorblatt	45	Eingangshöhe
10	Generator	46	erster Radius
11	Welle	47	erste radiale Erstreckung
12	Maschinenhaus	48	zweiter Radius
13	Turm	49	zweite radiale Erstreckung
14	Höhe	50	Aufzugkabine
15	Hochachse	51	Kletterschienen
16	Axiallager	52	Fachwerk
17	erstes Radiallager	53	erstes Anschlusselement
18	zweites Radiallager	54	zweites Anschlusselement
19	unterer Lagerinnenring	55	Turmeingang
20	oberer Lagerinnenring	56	unterer Lageraußenring
21	untere erste Lagerstelle	57	oberer Lageraußenring
22	untere zweite Lagerstelle	58	anströmungsparalleler Polarradius
23	untere dritte Lagerstelle	59	Nasenzentrum
24	obere erste Lagerstelle	60	Nasenradius
25	obere zweite Lagerstelle	61	optimale Anströmung
26	obere dritte Lagerstelle		
27	unteres Federelement		
28	oberes Federelement		
29	Bodenebene		
30	Fachwerkmast		
31	Anschlussebene		
32	Aufzug		
33	Bodenhöhe		
34	Eingang		
35	erster Bereich		
36	erster Querschnitt		

Ansprüche

1. Windenergieanlage (1) zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, aufweisend eine Generatoranlage (2) und ein Fundament (3) zur Einleitung der Lasten der
- 5 Windenergieanlage (1) in den Baugrund (4), wobei die Generatoranlage (2) mittels eines Azimutlagers (5) gegenüber dem Fundament (3) drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage (2) zumindest die folgenden Komponenten umfasst:
- einen Rotor (6) mit Rotorblättern (7,8,9) zur Umwandlung einer Anströmung in eine Rotation;
 - einen Generator (10) zur Umwandlung von einer Rotation des Rotors (6) in elektrische
 - 10 Energie;
 - eine Welle (11) zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors (6) mit dem Generator;
 - ein Maschinenhaus (12) zur Aufnahme des Generators (10) und zur Lagerung des Rotors (6);
 - 15 - einen Turm (13), aufweisend eine Höhe (14) und eine Hochachse (15), zum Halten des Maschinenhauses (12) in der Höhe (14), wobei der Turm (13) um die Hochachse (15) drehbar ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** das Azimutlager (5) für die Drehbarkeit des Turms (13) um die Hochachse (15) im Fundament (3) angeordnet ist.

2. Windenergieanlage (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Azimutlager (5) folgende Teillager umfasst:
- ein Axiallager (16) zur Aufnahme des Gewichts der Generatoranlage (2);
 - ein erstes Radiallager (17) zur Aufnahme eines Kippmoments der Generatoranlage (2);
 - 25 - ein zweites Radiallager (18) zur Aufnahme eines Kippmoments der Generatoranlage (2), wobei das erste Radiallager (17) und das zweite Radiallager (18) einen Abstand entlang der Hochachse (15) von 1 Meter bis 10 Meter, bevorzugt 2 Meter bis 4 Meter, bevorzugt von weniger als 3,5 Meter aufweisen.

3. Windenergieanlage (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Radiallager (17) und/oder das zweite Radiallager (18) des Azimutlagers (5) jeweils einen mitbewegten Lagerinnenring (19,20) bildet und jeweils einen Mehrzahl voneinander beabstandeter fixierter Lagerstellen (21,22,23,24,25,26) zum kraftübertragenden Kontakt mit dem jeweiligen Lagerinnenring (19,20) gebildet sind, mittels welcher der jeweilige
- 35 Lagerinnenring (19,20) radial geführt ist.

4. Windenergieanlage (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Radiallager (17) und/oder das zweite Radiallager (18) des Azimutlagers (5) jeweils einen

fixierten Lageraußenring (56,57) bildet und jeweils eine Mehrzahl voneinander beabstandeter mitbewegter Lagerstellen (21,22,23,24,25,26) zum kraftübertragenden Kontakt mit dem jeweiligen Lageraußenring (56,57) gebildet sind, mittels welcher die jeweiligen mitbewegten Lagerstellen (21,22,23,24,25,26) radial geführt sind.

5

5. Windenergieanlage (1) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerstellen (21,22,23,24,25,26) jeweils ein Federelement (27,28) zur elastischen Aufnahme von Kräften quer zur Hochachse (15) aufweisen.

- 10 6. Windenergieanlage (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Teillager des Azimutlagers (5) ein hydrostatisches Lager ist.

7. Windenergieanlage (1) nach einem der vorhergehenden Anspreche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turm (13) einen Fachwerkmast (30) aufweist oder durch einen Fachwerkmast (30) gebildet ist und der Turm (13) eine Anschlussebene (31) bei der Bodenebene (29) des Maschinenhauses (12) aufweist, welches direkt mit der Bodenebene (29) verbunden ist.

15

8. Windenergieanlage (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Maschinenhaus (12) relativ zum Turm (13) rotatorisch fixiert ist, und in dem Turm (13) ein Aufzug (32) angeordnet ist, welcher relativ zum Turm (13) rotatorisch fixiert ist, und der Aufzug (32) durchgehend von einer Bodenhöhe (33) bis in das Maschinenhaus (12) verfahrbar ist.

20

9. Windenergieanlage (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fundament (3) ein Azimutlager (5) aufweist und ein Eingang (34) zum Aufzug (32) zwischen dem ersten Radiallager (17) und dem zweiten Radiallager (18) gebildet ist.

25

10. Windenergieanlage (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aufzug (32) als Kletteraufzug ausgebildet ist.

30

11. Turm (13) für eine Windenergieanlage (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, wobei der Turm (13) eine Höhe (14) und eine Hochachse (15) aufweist, und wobei der Turm (13) quer zur Hochachse (15) in einem ersten Bereich (35) einen ersten Querschnitt (36) aufweist und der erste Querschnitt (36) ein für eine Anströmung quer zur Hochachse (15) strömungsoptimiertes Anströmprofil aufweist, und wobei der Turm (13) beim Fundament (3) um die Hochachse (15) drehbar gelagert ist,

35

dadurch gekennzeichnet, dass der Turm (13) in einem zweiten Bereich (37) einen zweiten Querschnitt (38) aufweist, wobei der zweite Bereich (37) sich unterhalb des ersten Bereichs (35) des Turms (13) erstreckt, und wobei der zweite Querschnitt (38) kreisförmig mit der Hochachse (15) als Drehzentrum ausgebildet ist, wobei der Radius des zweiten Querschnitts (38) kleiner als ein maximaler Polarradius (58) des ersten Querschnitts (36) bezogen auf die Hochachse (15) ist, bevorzugt kleiner als der anströmungsparallele Polarradius (58) des ersten Querschnitts (36) bezogen auf die Hochachse (15), besonders bevorzugt größer als der Nasenradius (60) des ersten Querschnitts (36) bezogen auf das Nasenzentrum (59).

12. Turm (13) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mantel (39) des Turms (13) einen Übergangsabschnitt (40) zwischen dem ersten Bereich (35) und dem zweiten Bereich (37) aufweist, wobei der Übergangsabschnitt (40) entlang Verbindungstrajektorien (41,42) geformt ist und an einer Grenzlinie (43) zwischen dem ersten Bereich (35) und dem Übergangsabschnitt (40) eine jegliche Verbindungstrajektorie (41,42) keine Steigungsänderung oder einen Knick zum ersten Bereich (35) ausformt.

13. Turm (13) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungstrajektorien (41,42) des Übergangsabschnitts (40) stetig differenzierbar sind, wobei bevorzugt eine Mehrzahl der Verbindungstrajektorien (41,42) des Übergangsabschnitts (40) gewölbt sind.

14. Turm (13) für eine Windenergieanlage (1) zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei der Turm (13) eine Höhe (14) und eine Hochachse (15) aufweist, und wobei der Turm (13) quer zur Hochachse (15) in einem ersten Bereich (35) einen ersten Querschnitt (36) aufweist und der erste Querschnitt (36) ein für eine Anströmung quer zur Hochachse (15) strömungsoptimiertes Anströmprofil aufweist, wobei das Anströmprofil in der Anströmung eine Nase, seitlich zur Anströmung zwei Seitenflächen und rückwärtig ein Heck aufweist, und wobei der Turm (13) beim Fundament (3) um die Hochachse (15) drehbar gelagert ist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Turm (13) bei der Nase windundurchlässig ausgeführt ist und zumindest über einen Teil des ersten Bereichs (35) zumindest bei den Seitenflächen winddurchlässig ausgeführt ist.

15. Turm (13) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Turm bespannt ist, wobei die Nase des Anströmprofils und ein Heckabschnitt bespannt sind.

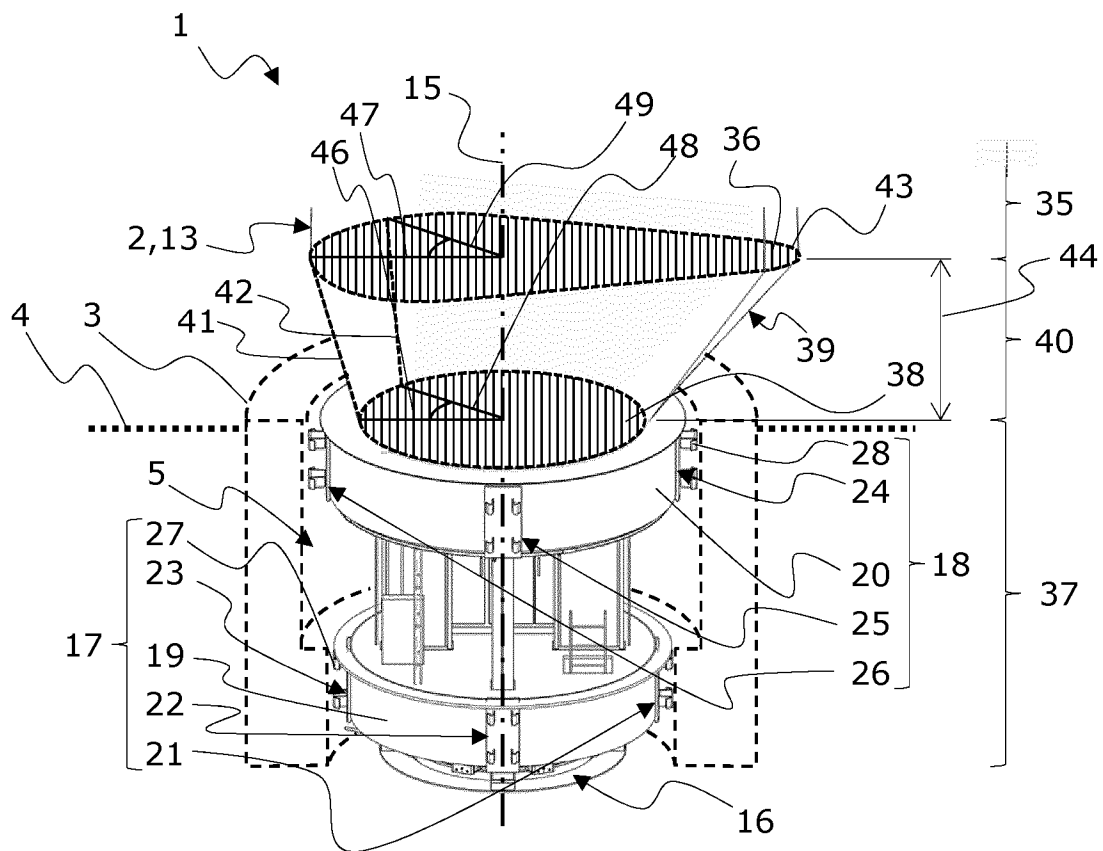


Fig. 1

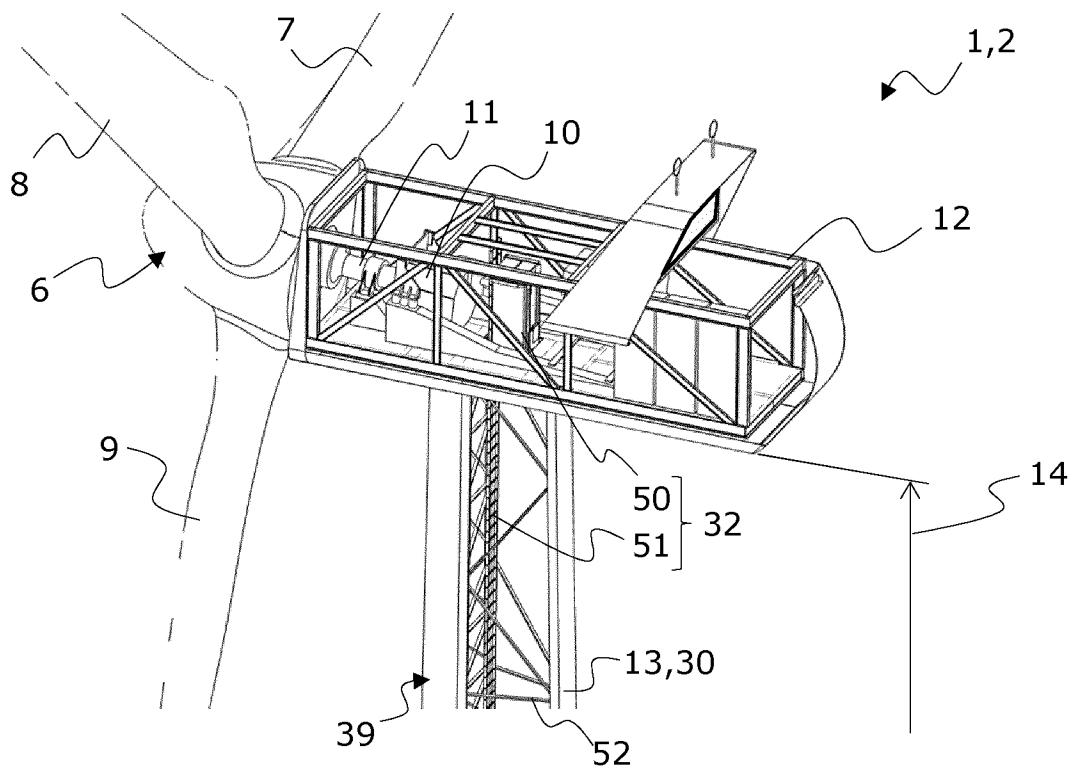


Fig. 2

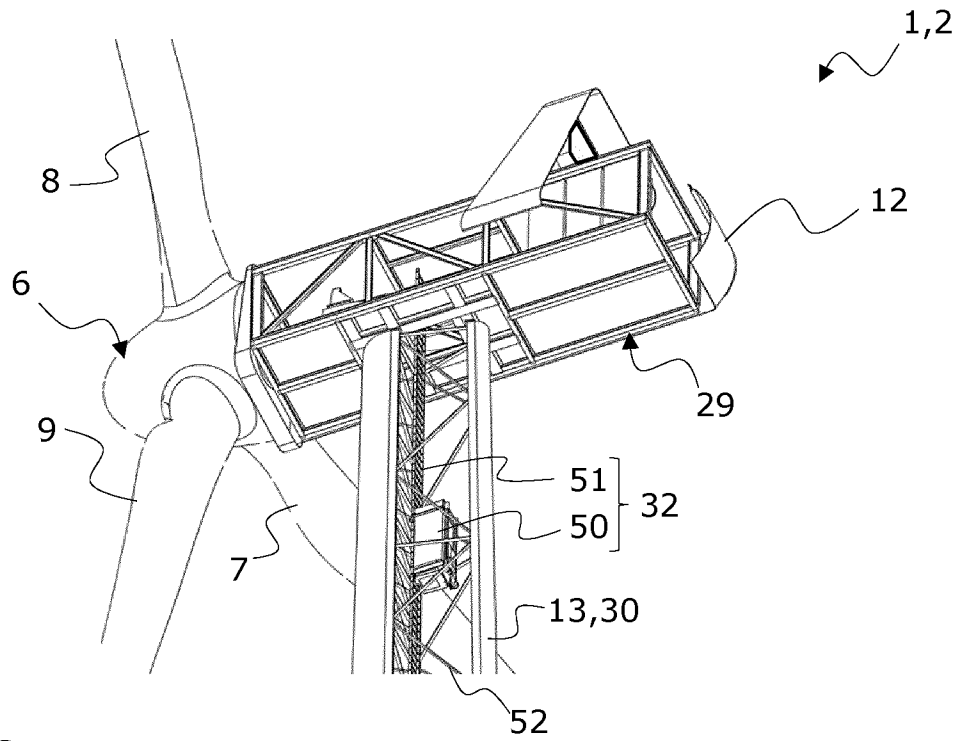


Fig. 3

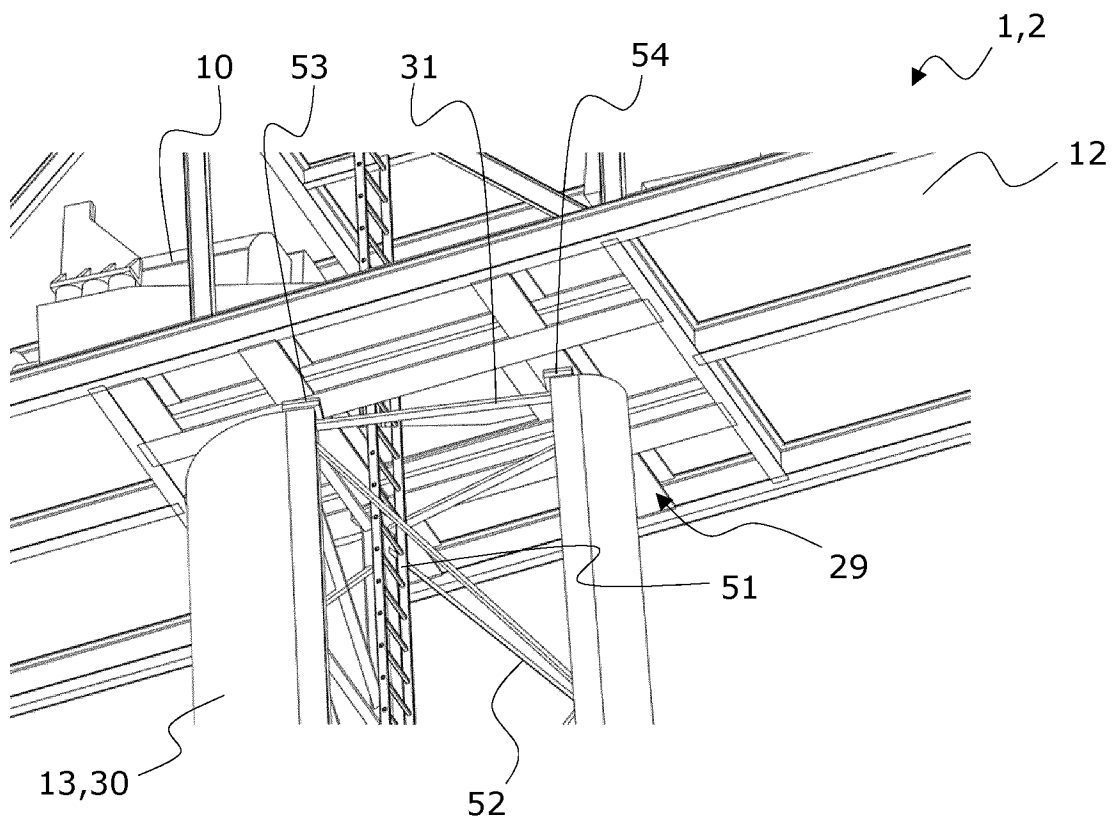


Fig. 4

3/4

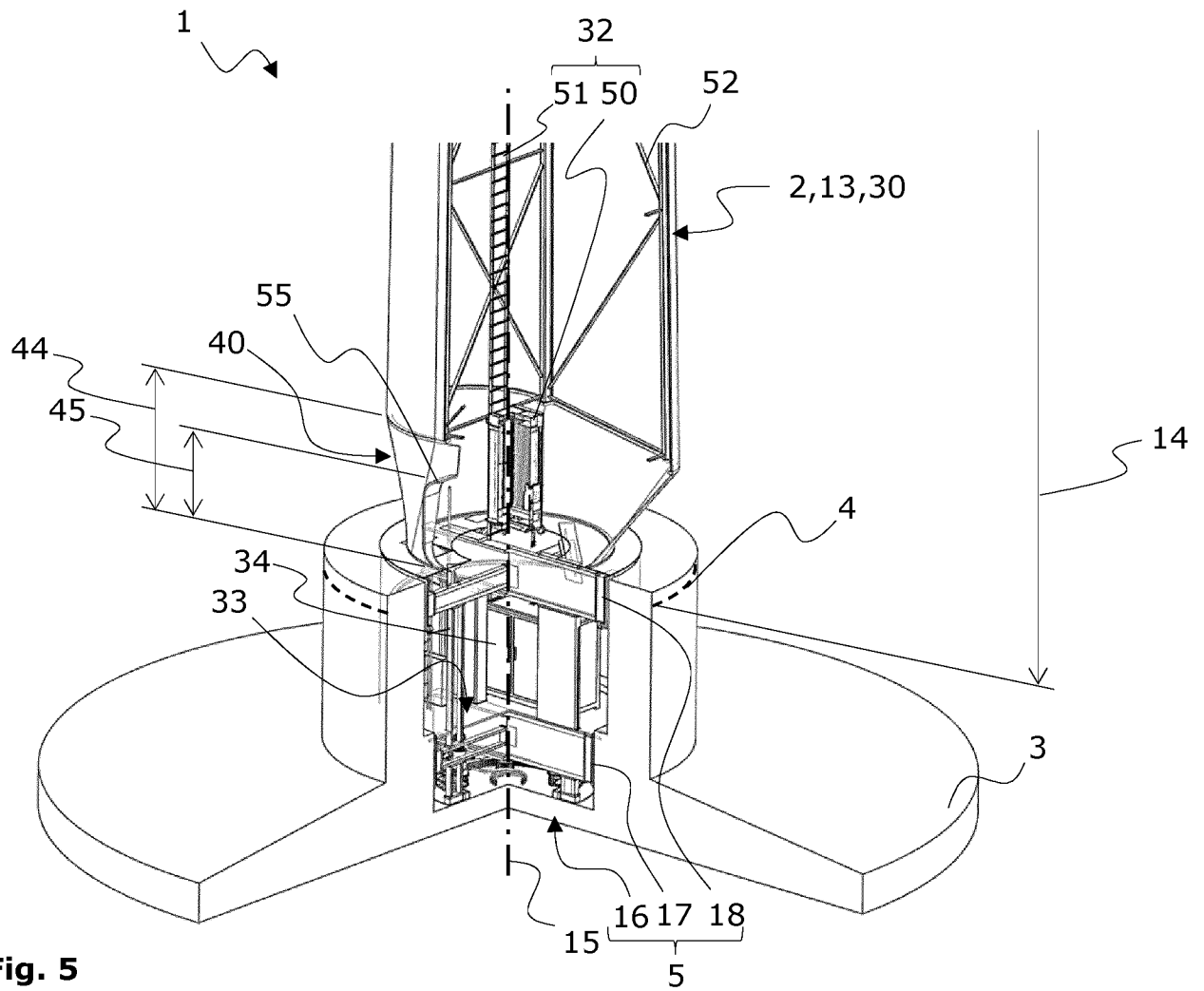


Fig. 5

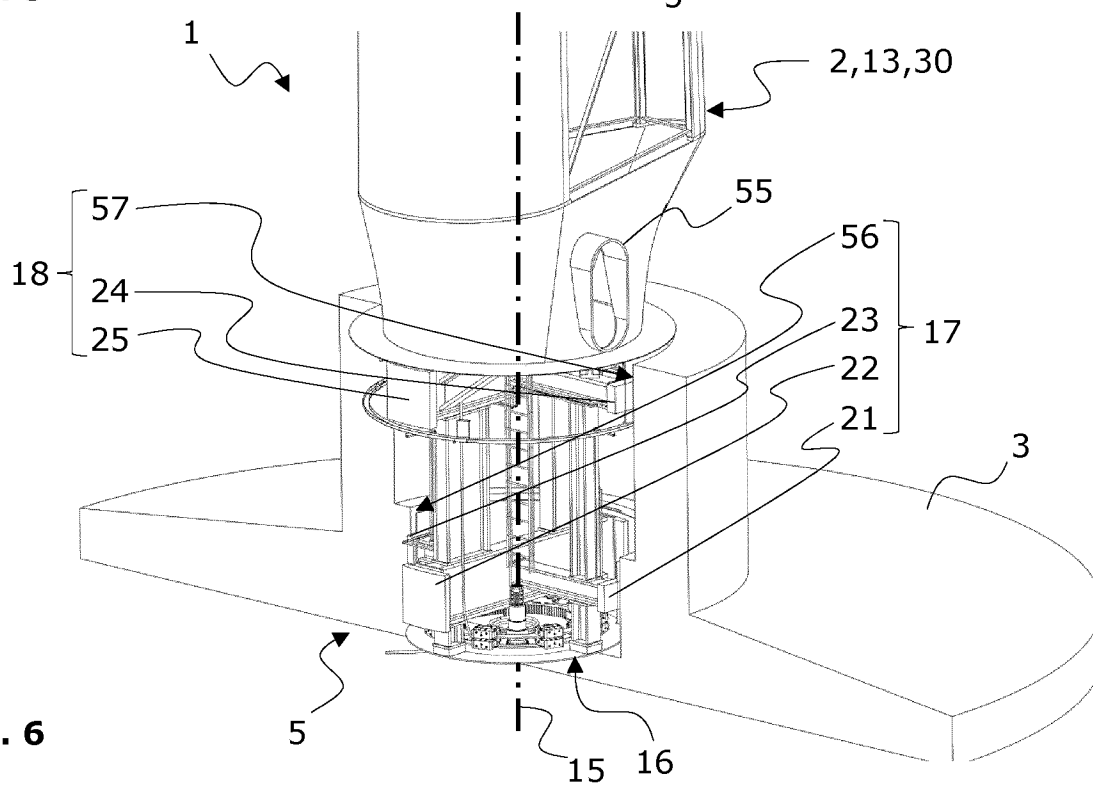


Fig. 6

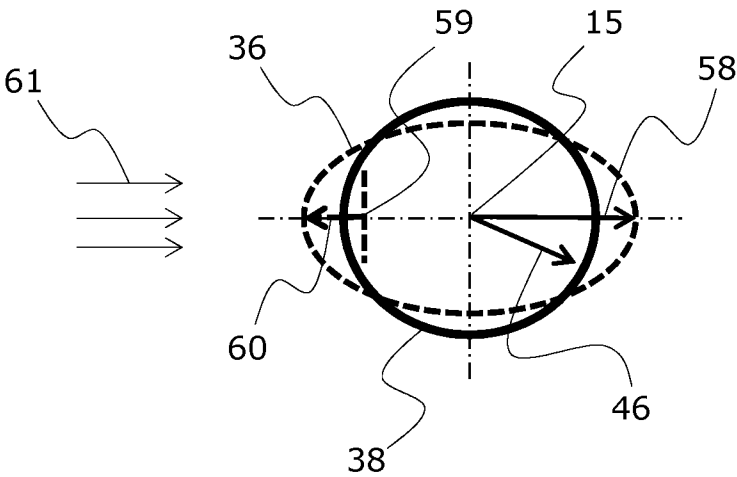


Fig. 7

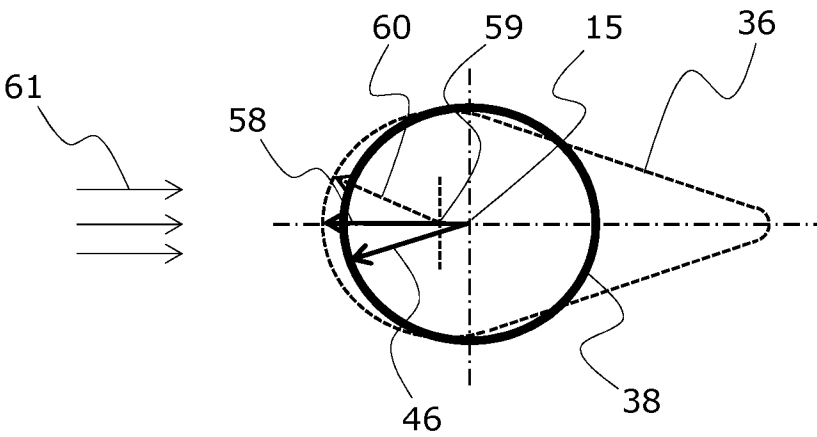


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/063179

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F03D7/02 F03D13/20 F03D80/70
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03D E04H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/006536 A1 (LIU KUO-SHEN [TW]) 13 January 2011 (2011-01-13) paragraph [0004] - paragraph [0013]; figures 2-5 paragraph [0020] - paragraph [0035] -----	1-10
X	DE 10 2010 037706 A1 (VOIT LORENZ [DE]) 22 March 2012 (2012-03-22) paragraph [0011] - paragraph [0032]; figures 1-5 paragraph [0039] - paragraph [0058] -----	1-15
X	EP 2 065 593 A1 (WIND EN WATER TECHNOLOGIE HOLD [NL]) 3 June 2009 (2009-06-03) paragraph [0019] - paragraph [0030]; figures 1,2 ----- -/-	1-10,12, 13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 September 2016

Date of mailing of the international search report

15/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Herdemann, Claire

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/063179

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/205348 A1 (LOTH ERIC [US]; SELIG MICHAEL S [US]) 24 December 2014 (2014-12-24) page 7, line 1 - page 9, line 30; figures 1-4 -----	11-15
X	GB 2 484 962 A (CALSAND LTD [GB]) 2 May 2012 (2012-05-02) the whole document -----	11-15
X	US 2013/171002 A1 (HIMMELMANN RICHARD A [US] ET AL) 4 July 2013 (2013-07-04) paragraph [0015] - paragraph [0025]; figures 1-3 -----	11
X	US 7 891 939 B1 (ZUTECK MICHAEL D [US]) 22 February 2011 (2011-02-22) column 3, line 59 - column 9, line 51; figures 1,2,4-7 -----	11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/063179

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-15

All searchable inventions.

1.1. Claims 1-10

Wind turbine comprising a generator system and a foundation for introducing the loads of the wind turbine into the ground, wherein the generator system is mounted by means of an azimuth bearing in a rotatable manner relative to the foundation, the generator system comprising: a rotor with rotor blades; a generator; a shaft for connecting the rotor to the generator in a rotational manner so as to transmit a torque; a machine housing for receiving the generator and for supporting the rotor; a tower, which has a height and a vertical axis, for holding the machine housing at said height, wherein the tower can be rotated about the vertical axis. The azimuth bearing is arranged in the foundation so as to allow the tower to rotate about the vertical axis.

1.2. Claims 11-15

Tower for a wind turbine for obtaining electric energy from wind, wherein the tower has a height and a vertical axis, and wherein the tower has a first cross section in a first region transversely to the vertical axis and the first cross section has an incident flow profile which is flow-optimized for a flow transversely to the vertical axis, and wherein the tower is rotatably mounted about the vertical axis in the foundation, the tower having a second cross section in a second region, the second region extending below the first region of the tower, and wherein the second cross section is designed in a circular manner with the vertical axis as a rotation center, the radius of the second cross section being smaller than the maximum polar radius of the first cross section relative to the vertical axis.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/063179

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011006536 A1	13-01-2011	NONE	
DE 102010037706 A1	22-03-2012	NONE	
EP 2065593 A1	03-06-2009	CN 101925740 A	22-12-2010
		EP 2065593 A1	03-06-2009
		EP 2227632 A2	15-09-2010
		US 2010301613 A1	02-12-2010
		WO 2009068521 A2	04-06-2009
WO 2014205348 A1	24-12-2014	EP 3011174 A1	27-04-2016
		US 2016138567 A1	19-05-2016
		WO 2014205348 A1	24-12-2014
GB 2484962 A	02-05-2012	NONE	
US 2013171002 A1	04-07-2013	NONE	
US 7891939 B1	22-02-2011	CN 102549225 A	04-07-2012
		DK 2473688 T3	27-07-2015
		EP 2473688 A1	11-07-2012
		ES 2543450 T3	19-08-2015
		US 7891939 B1	22-02-2011
		WO 2011028641 A1	10-03-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F03D7/02 F03D13/20 F03D80/70 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F03D E04H		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/006536 A1 (LIU KUO-SHEN [TW]) 13. Januar 2011 (2011-01-13) Absatz [0004] - Absatz [0013]; Abbildungen 2-5 Absatz [0020] - Absatz [0035]	1-10
X	DE 10 2010 037706 A1 (VOIT LORENZ [DE]) 22. März 2012 (2012-03-22) Absatz [0011] - Absatz [0032]; Abbildungen 1-5 Absatz [0039] - Absatz [0058]	1-15
X	EP 2 065 593 A1 (WIND EN WATER TECHNOLOGIE HOLD [NL]) 3. Juni 2009 (2009-06-03) Absatz [0019] - Absatz [0030]; Abbildungen 1,2	1-10,12, 13
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. September 2016		15/09/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Herdemann, Claire

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2014/205348 A1 (LOTH ERIC [US]; SELIG MICHAEL S [US]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24) Seite 7, Zeile 1 - Seite 9, Zeile 30; Abbildungen 1-4 -----	11-15
X	GB 2 484 962 A (CALSAND LTD [GB]) 2. Mai 2012 (2012-05-02) das ganze Dokument -----	11-15
X	US 2013/171002 A1 (HIMMELMANN RICHARD A [US] ET AL) 4. Juli 2013 (2013-07-04) Absatz [0015] - Absatz [0025]; Abbildungen 1-3 -----	11
X	US 7 891 939 B1 (ZUTECK MICHAEL D [US]) 22. Februar 2011 (2011-02-22) Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 9, Zeile 51; Abbildungen 1,2,4-7 -----	11

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☒ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN**PCT/ISA/ 210**

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-15

Alle durchsuchbare Erfindungen

1.1. Ansprüche: 1-10

Windenergieanlage aufweisend eine Generatoranlage und ein Fundament zur Einleitung der Lasten der Windenergieanlage in den Baugrund, wobei die Generatoranlage mittels eines Azimutlagers gegenüber dem Fundament drehbar gelagert ist und wobei die Generatoranlage umfasst: einen Rotor mit Rotorblättern; einen Generator; eine Welle zum rotatorischen drehmomentübertragenden Verbinden des Rotors mit dem Generator; ein Maschinenhaus zur Aufnahme des Generators und zur Lagerung des Rotors; einen Turm, aufweisend eine Höhe und eine Hochachse, zum Halten des Maschinenhauses in der Höhe, wobei der Turm um die Hochachse drehbar ist. Das Azimutlager ist für die Drehbarkeit des Turms um die Hochachse im Fundament angeordnet.

1.2. Ansprüche: 11-15

Turm für eine Windenergieanlage zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind, wobei der Turm eine Höhe und eine Hochachse aufweist, und wobei der Turm quer zur Hochachse in einem ersten Bereich einen ersten Querschnitt aufweist und der erste Querschnitt ein für eine Anströmung quer zur Hochachse strömungsoptimiertes Anströmprofil aufweist, und wobei der Turm beim Fundament um die Hochachse drehbar gelagert ist, wobei der Turm in einem zweiten Bereich einen zweiten Querschnitt aufweist, wobei der zweite Bereich sich unterhalb des ersten Bereichs des Turms erstreckt, und wobei der zweite Querschnitt kreisförmig mit der Hochachse als Drehzentrum ausgebildet ist, wobei der Radius des zweiten Querschnitts kleiner als ein maximaler Polarradius des ersten Querschnitts bezogen auf die Hochachse ist.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/063179

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011006536 A1	13-01-2011	KEINE	
DE 102010037706 A1	22-03-2012	KEINE	
EP 2065593 A1	03-06-2009	CN 101925740 A	22-12-2010
		EP 2065593 A1	03-06-2009
		EP 2227632 A2	15-09-2010
		US 2010301613 A1	02-12-2010
		WO 2009068521 A2	04-06-2009
WO 2014205348 A1	24-12-2014	EP 3011174 A1	27-04-2016
		US 2016138567 A1	19-05-2016
		WO 2014205348 A1	24-12-2014
GB 2484962 A	02-05-2012	KEINE	
US 2013171002 A1	04-07-2013	KEINE	
US 7891939 B1	22-02-2011	CN 102549225 A	04-07-2012
		DK 2473688 T3	27-07-2015
		EP 2473688 A1	11-07-2012
		ES 2543450 T3	19-08-2015
		US 7891939 B1	22-02-2011
		WO 2011028641 A1	10-03-2011