

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 331/2011
(22) Anmeldetag: 10.03.2011
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2012

(51) Int. Cl. : **F03D 11/02** (2006.01)
H02K 7/116 (2006.01)
H02P 9/48 (2006.01)

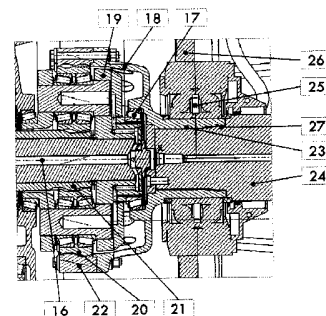
(56) Entgegenhaltungen:
WO 2010135754 A2
DE 2726775 A1 EP 1283359 A1

(73) Patentanmelder:
HEHENBERGER GERALD DIPL.ING.
A-9161 MARIA RAIN (AT)

(54) **ENERGIEGEWINNUNGSANLAGE**

(57) Eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, weist eine Antriebswelle, einen Generator (8) und ein Differenzialgetriebe (11 bis 13) mit drei An- bzw. Abtrieben auf. Ein erster Antrieb ist mit der Antriebswelle, ein Abtrieb mit einem Generator (8) und ein zweiter Antrieb mit einem Differenzial-Antrieb (6) verbunden (23). Ein Hohlradträger (18) ist mit einer Generatorwelle (24) verbunden. Die Generatorwelle (24) ist über den Hohlradträger (18) an einem Gehäuse (26) des Generators (8) gelagert (25). Der Planetenträger (12,19) ist über ein Lager (17) am Hohlradträger (18) gelagert.

Fig.2



002522

Zusammenfassung:

Eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage,
weist eine Antriebswelle, einen Generator (8) und ein
5 Differenzialgetriebe (11 bis 13) mit drei An- bzw. Abtrieben
auf. Ein erster Antrieb ist mit der Antriebswelle, ein Abtrieb
mit einem Generator (8) und ein zweiter Antrieb mit einem
Differenzial-Antrieb (6) verbunden (23). Ein Hohlradträger (18)
ist mit einer Generatorwelle (24) verbunden. Die Generatorwelle
10 (24) ist über den Hohlradträger (18) an einem Gehäuse (26) des
Generators (8) gelagert (25).

(Fig. 2)

Die Erfindung betrifft eine Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle, einem Generator und mit einem Differenzialgetriebe mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle, ein
5 Abtrieb mit einem Generator und ein zweiter Antrieb mit einem Differenzial-Antrieb verbunden ist, wobei ein Hohlradträger mit einer Generatorwelle verbunden ist.

Windkraftanlagen gewinnen zunehmend an Bedeutung als Elektrizitätserzeugungsanlagen. Dies und eine aufgrund der
10 zunehmenden Anlagengröße notwendige Mittelspannungs-Leistungselektrik legen den Einsatz von direkt mit dem Netz verbundenen, fremderregten Mittelspannungs-Synchrongeneratoren nahe. Um den Nachteil der fixen Drehzahl von direkt netzgekoppelten Synchrongeneratoren zu kompensieren besteht die
15 Möglichkeit Differenzial-Antriebe einzusetzen.

Die Nachteile bekannter Ausführungen sind jedoch eine meist komplexe Mechanik und damit erhöhte Komponenten- bzw. Wartungskosten. Ein weiterer wichtiger Punkt ist ein kompaktes Gesamtdesign des Systems, um das Maschinenhaus möglichst klein
20 zu gestalten.

Die WO 2010/135754 A zeigt, wie ein Differenzialgetriebe möglichst platzsparend an einen Generator angebunden werden kann. Die darin beschriebene technische Lösung erlaubt zwar einen kompakten Anschluss des Hohlrades der Differenzialstufe an
25 die Generatorwelle, die Nachteile sind jedoch, dass die massen- und magnetisierungsbedingten Verformungen der Generatorwelle in das Differenzialgetriebe übertragen werden und dort unerwünschte Verformungen in den beteiligten Bauteilen der Differenzialstufe bewirken. Dadurch entsteht eine Achsneigung
30 der Differenzialstufe, welche sich negativ auf das Tragbild auswirkt. Ein zuverlässiger und vibrations- bzw. lärmoptimierter Dauerbetrieb ist damit nicht mehr gewährleistet, beziehungsweise entsteht die Gefahr von massivem Verschleiß in den Laufverzahnungen.

Aufgabe der Erfindung ist oben genannte Nachteile soweit wie möglich zu vermeiden und einen Differenzial-Antrieb zur Verfügung zu stellen, welcher neben geringen Abmessungen auch eine zuverlässige und formstabile Anbindung des

5 Differenzialgetriebes an die Welle des Generators gewährleistet.

Gelöst wird diese Aufgabe bei einer Energiegewinnungsanlage der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch, dass die Generatorwelle über den Hohlradträger an einem Gehäuse des Generators gelagert ist.

10 Dadurch ist eine sehr kompakte und effiziente Bauweise der Anlage möglich, mit der darüber hinaus auch keine wesentlichen negativen Einflüsse auf das Tragbild der Differenzialstufe der Energieerzeugungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, verursacht werden.

15 Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der übrigen Unteransprüche.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die angeschlossenen Zeichnungen detailliert beschrieben.

20 Fig. 1 zeigt das Prinzip eines Differenzialgetriebes mit einem elektrischen Differenzial-Antrieb gemäß Stand der Technik,

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Differenzialstufe im Zusammenhang mit vorliegender Erfindung,

Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Lagerung
 25 des Hohlrades der Differenzialstufe.

Die Leistung des Rotors einer Windkraftanlage errechnet sich aus der Formel

$$\text{Rotor-Leistung} = \text{Rotorfläche} * \text{Leistungsbeiwert} * \text{Windgeschwindigkeit}^3 * \text{Luftsdichte} / 2$$

30 wobei der Leistungsbeiwert abhängig von der Schnelllaufzahl (= Verhältnis Blattspitzen-Geschwindigkeit zu Windgeschwindigkeit)

des Rotors der Windkraftanlage ist. Der Rotor einer Windkraftanlage ist für einen optimalen Leistungsbeiwert basierend auf einer im Zuge der Entwicklung festzulegenden Schnelllaufzahl (meist ein Wert zwischen 7 und 9) ausgelegt. Aus diesem Grund ist beim Betrieb der Windkraftanlage im Teillastbereich eine entsprechend kleine Drehzahl des Rotors einzustellen, um einen optimalen aerodynamischen Wirkungsgrad zu gewährleisten.

Fig. 1 zeigt ein mögliches Prinzip eines elektromechanischen Differenzialsystems mit einer Differenzial-Getriebestufe 11 bis 13, einer Anpassungs-Getriebestufe 3 und einem Differenzial-Antrieb 6. Der Differenzial-Antrieb 6 kann wahlweise ein elektrischer oder hydrodynamischer oder hydrostatischer Antrieb sein. Der Rotor 1 der Windkraftanlage, treibt das Hauptgetriebe 2 an. Das Hauptgetriebe 2 ist meist ein 3-stufiges Getriebe mit zwei Planetenstufen und einer Stirnradstufe. Zwischen dem Hauptgetriebe 2 und einem Generator 8 befindet sich eine Differenzialstufe 11 bis 13, welche vom Hauptgetriebe 2 über den Planetenträger 12 der Differenzialstufe angetrieben wird. Zwischen Hauptgetriebe 2 und der Differenzialstufe 11 bis 13 befinden sich meist eine Kupplung 14 und eine Hauptbremse 15. Der Generator 8 - vorzugsweise ein Synchrongenerator - ist mit dem Hohlrad 13 der Differenzialstufe 11 bis 13 verbunden und wird von diesem angetrieben. Das Ritzel 11 der Differenzialstufe 11 bis 13 ist über eine oder mehrere Anpassungs-Getriebestufe(n) 3 mit dem Differenzial-Antrieb 6 verbunden. Die Drehzahl des Differenzial-Antriebes 6 wird geregelt, um einerseits bei variabler Drehzahl des Rotors 1 eine konstante Drehzahl des Generators 8 zu gewährleisten und andererseits das Drehmoment im kompletten Triebstrang der Windkraftanlage zu regeln. Der Differenzial-Antrieb 6 ist vorzugsweise eine Niederspannungs-Drehstrommaschine, welche über einen Frequenzumrichter 7 und einen Transformator 5 an ein Netz angeschlossen wird.

Um den Differenzial-Antrieb 6 mit optimaler Drehzahl bzw. Drehmoment betreiben zu können, ist es möglich die Anpassungs-

Getriebestufe(n) 3 zwischen der Differenzialstufe 11 bis 13 und dem Differenzial-Antrieb 6, wie die WO 2008/061263 A zeigt, als Verstellgetriebe mit einer oder alternativ auch mit mehreren Schaltstufen auszuführen und damit verschiedene

5 Übersetzungsverhältnisse zu realisieren. Dabei ist bei Einsatz eines elektromechanischen Differenzialsystems die Verbindung des in der WO 2008/061263 A genannten „stufenlos regelbaren Getriebes“ mit dem generatorseitigen Abtrieb des Differenzialgetriebes nicht notwendig, da der elektrische
10 Differenzial-Antrieb 6 seine Energie vom Netz bezieht bzw. in dieses abgibt. Beim Schalten von einer Übersetzung in eine andere ist es sinnvoll, den Schaltvorgang lastfrei durchzuführen, indem man zum Beispiel das Drehmoment im Differenzial-Antrieb und damit im gesamten Triebstrang auf
15 ungefähr Null regelt.

Als Alternative zu den Schaltstufen des Verstellgetriebes wäre es auch möglich einen polschaltbaren Differenzial-Antrieb 6 einzusetzen.

Die WO 2010/135754 A zeigt eine Konstruktion wie ein
20 Differenzialgetriebe platzsparend an einen Generator angebunden werden kann. Dabei werden (a) die Lagerung des Planetenträgers, (b) die Verbindung der Tragkonstruktion des Hohlrades(Hohlradträger) mit der Generatorwelle und (c) die Lagerung des Generators hintereinander am antriebsseitigen Ende
25 der Generatorwelle angeordnet. Die zweite Planetenträger-Lagerung ist via Generatorlager und Generator-/Getriebegehäuse mit der Generatorwelle und demzufolge auch mit dem Hohlrad und der ersten Planetenträger-Lagerung verbunden.

Die Generatorwelle ist aufgrund des großen Gewichtes und der
30 Magnetkräfte des Rotors des Generators 8 entsprechend großen Querkraften ausgesetzt, welche zwar von den Generatorlagern aufgenommen werden, jedoch eine Durchbiegung der Rotorwelle bewirken. Als Folgeerscheinung hat das Wellenende der Generatorwelle gegenüber der Drehachse eine Winkelneigung. Für
35 die Ausführung gemäß WO 2010/135754 A bedeutet dies, dass die Lagerung des Planetenträgers, der Hohlradträger und die Lagerung

des Generators verschiedene Winkelstellungen einnehmen und dadurch, als Folgeerscheinung für die Verzahnungsgeometrie der Differenzialstufe, die erwünschten Positionsgenauigkeiten bezüglich Achsneigung nicht erreicht werden. Gemeinsam mit den
 5 Fertigungstoleranzen führt dies zu erhöhtem Verschleiß und unerwünschten Schwingungen bzw. Schallemissionen.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsform der Anbindung des Differenzialgetriebes 11 bis 13 an die Generatorwelle 24.

Die mit dem Rotor 1 verbundene Antriebswelle 16 treibt den
 10 Planetenträger 19 an, der mittels einer Planetenträger-Lagerung 17 im Hohlradträger 18 gelagert ist. Im Planetenträger 19 sind die Planeten 20 gelagert und diese treiben wiederum das Ritzel 21 und das Hohlrad 22 an. Der Hohlradträger 18 ist einerseits mittels einer Welle-Nabenverbindung 23, welche vorzugsweise
 15 eine formschlüssigen Welle-Nabenverbindung beziehungsweise eine Zahnwellenverbindung nach DIN 5480 ist, mit der Generatorwelle 24 verbunden und trägt andererseits das antriebsseitige Generatorlager 25, welches vom Lagerdeckel 26 des Gehäuses des Generators 8 aufgenommen wird. Anstelle einer zwei- oder
 20 mehrteiligen Ausführung des Hohlradträgers 18 mit dem Hohlrad 22 können diese auch einteilig ausgeführt sein.

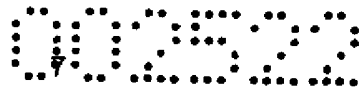
Ein wesentlicher Vorteil dieser Konstruktion ist, dass bei dem auftretenden Winkelversatz dieser nicht in die vorgeschaltete Differenzialstufe übertragen werden kann, da die ausgeführte
 25 Welle-Nabenverbindung 23 nur Drehmomente und keine Biegemomente übertragen kann. Die Welle-Nabenverbindung 23 wird vorzugsweise mit nur einer Zentrierung 27 als Gelenkverbindung ausgeführt. Das Hohlrad 22 und der Planetenträger 18 werden dadurch über die Laufverzahnung der Differenzialstufe und dem Generatorlager 25
 30 annähernd unabhängig von der Generator-Wellenbiegung geführt. Dies führt zu einem optimalen Tragbild in der Differenzialstufe.

Wie schon oben beschrieben wird auch der Planetenträger 19 mittels der Planetenträger-Lagerung 17 im Hohlradträger 18 gelagert, wodurch auch auf diesen ein Winkelversatz der
 35 Generatorwelle keinen direkten Einfluss hat und dadurch eine

optimale Positionsgenauigkeit der Verzahnungsteile gewährleistet ist.

Neben den positiven Auswirkungen auf die Verzahnung hat diese Konstruktion den zusätzlichen Vorteil, dass die Anbindung der Differenzialstufe an die Generatorwelle 24 sehr kurz ist, da das Generatorlager 25 und die Welle-Nabenverbindung 23 vorzugsweise übereinander, d.h. in einer Radialebene, oder zumindest sehr eng beieinander liegen. Das Generatorlager 25 und die Welle-Nabenverbindung 23 liegen im Sinne der vorliegenden Erfindung dann in einer Radialebene, wenn Abschnitte, Elemente oder Bauteile des Generatorlagers 25 einerseits und der Welle-Nabenverbindung 23 andererseits in einer gemeinsamen Radialebene liegen.

Fig. 3 zeigt eine weitere Möglichkeit einer Verbindung zwischen dem Hohlradträger 18 und dem Hohlrad 22. Im Gegensatz zur form- bzw. kraftschlüssigen Schraubverbindung gemäß Fig.2 wurde hier eine Verbindung mit einer Welle-Nabenverbindung 28, vorzugsweise auch hier einer formschlüssigen Zahnwellenverbindung nach DIN 5480, gewählt. Diese Art der Verbindung hat den Vorteil, dass sich das Hohlrad 22 aufgrund der Zahnkräfte besser verformen und dadurch eine bessere Lastverteilung auf die Planeten 20 beziehungsweise auf die Laufverzahnung erreicht werden kann.



Patentansprüche:

1. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle, einem Generator (8) und mit einem Differenzialgetriebe (11 bis 13) mit drei An- bzw.
5 Abtrieben, wobei ein erster Antrieb mit der Antriebswelle, ein Abtrieb mit einem Generator (8) und ein zweiter Antrieb mit einem Differenzial-Antrieb (6) verbunden (23) ist, wobei ein Hohlradträger (18) mit einer Generatorwelle (24) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die
10 Generatorwelle (24) über den Hohlradträger (18) an einem Gehäuse (26) des Generators (8) gelagert (25) ist.
2. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Generatorwelle (24) eine formschlüssige Welle-
15 Nabenverbindung (23), vorzugsweise eine Zahnwellenverbindung nach DIN 5480, ist.
3. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Generatorwelle (24) eine kraftschlüssige Welle-
20 Nabenverbindung ist.
4. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Planetenträger (12, 19) mittels eines Lagers (17) am Hohlradträger (18) gelagert ist.
- 25 5. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die formschlüssige Welle-Nabenverbindung (23), insbesondere die Zahnwellenverbindung, eine nur einseitige Zentrierung (27) hat.
- 30 6. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierung (27) auf der vom Differenzialgetriebe (11 bis 13) abgewandten Seite der formschlüssigen Welle-Nabenverbindung (23) angeordnet ist.

00522

7. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (23) zwischen dem Hohlradträger (18) und der Generatorwelle (24) einerseits und dem Lager (25) zwischen dem Hohlradträger (18) und dem Gehäuse (26) des Generators (8) andererseits in einer Radialebene liegen.
5
8. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Hohlrad (22) eine formschlüssige Welle-Nabenverbindung (28), vorzugsweise eine Zahnwellenverbindung nach DIN 5480, ist.
10
9. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzial-Antrieb (6) eine elektrische Maschine ist.
- 15 10. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist.

Fig.1

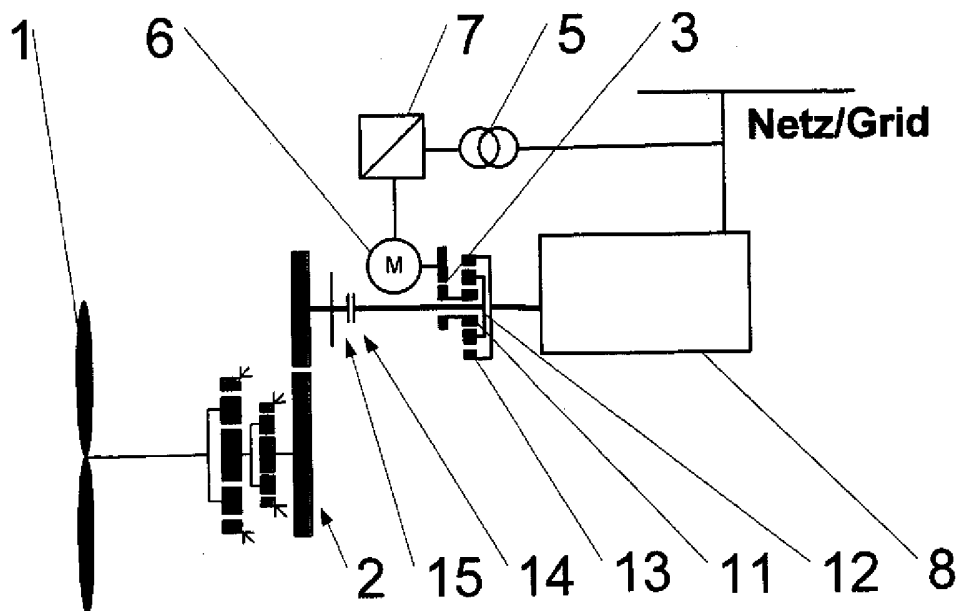


Fig.2

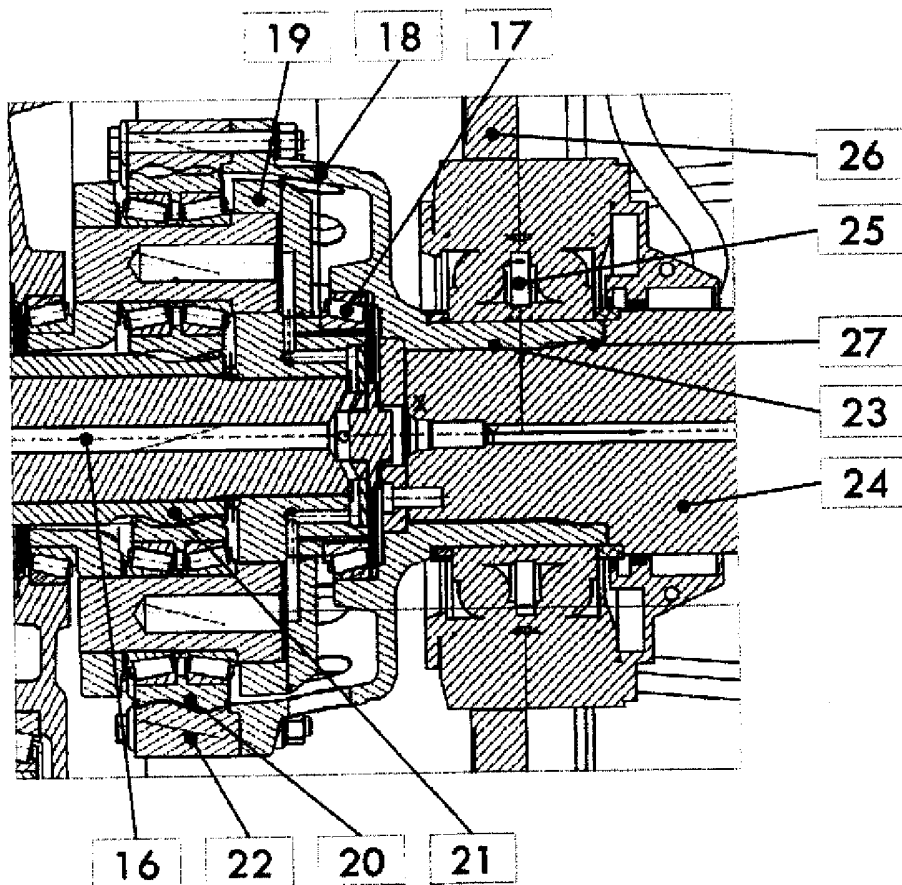
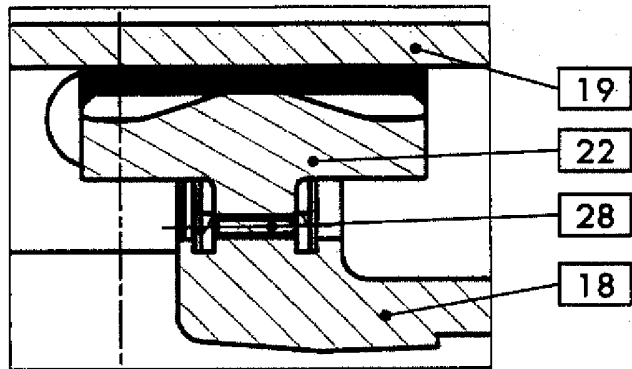
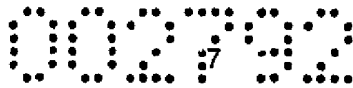


Fig. 3





Patentansprüche:

1. Energiegewinnungsanlage, insbesondere Windkraftanlage, mit einer Antriebswelle, einem Generator (8) und mit einem Differenzialgetriebe (11 bis 13) mit drei An- bzw. Abtrieben, wobei ein erster Antrieb (12) mit der Antriebswelle (16), ein Abtrieb (13) mit einem Generator (8) und ein zweiter Antrieb (11) mit einem Differenzial-Antrieb (6) verbunden ist, wobei ein Hohlradträger (18) mit einer Generatorwelle (24) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Generatorwelle (24) über den Hohlradträger (18) an einem Gehäuse (26) des Generators (8) gelagert (25) ist und dass ein Planetenträger (12, 19) mittels eines Lagers (17) am Hohlradträger (18) gelagert ist.
2. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Generatorwelle (24) eine formschlüssige Welle-Nabenverbindung (23), vorzugsweise eine Zahnwellenverbindung, ist.
3. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Generatorwelle (24) eine kraftschlüssige Welle-Nabenverbindung ist.
4. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die formschlüssige Welle-Nabenverbindung (23), insbesondere die Zahnwellenverbindung, eine sich in axialer Richtung nur über einen Teil der Welle-Nabenverbindung (23) erstreckende Zentrierung (27) hat.
5. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrierung (27) als Gelenkverbindung ausgeführt ist und auf der vom Differenzialgetriebe (11 bis 13) abgewandten Seite der formschlüssigen Welle-Nabenverbindung (23) angeordnet ist.

NACHGEREICHT

6. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung (23) zwischen dem Hohlradträger (18) und der Generatorwelle (24) einerseits und dem Lager (25) zwischen dem Hohlradträger (18) und dem Gehäuse (26) des Generators (8) andererseits in einer Radialebene liegen.
7. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen Hohlradträger (18) und Hohlrad (22) eine formschlüssige Welle-Nabenverbindung (28), vorzugsweise eine Zahnwellenverbindung, ist.
8. Energiegewinnungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzial-Antrieb (6) eine elektrische Maschine ist.
9. Energiegewinnungsanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist.