



(10) **DE 10 2011 107 063 A1** 2013.01.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 107 063.3**

(22) Anmeldetag: **11.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **17.01.2013**

(51) Int Cl.: **B60B 1/00 (2011.01)**

B62K 17/00 (2011.01)

B62M 23/00 (2011.01)

(71) Anmelder:

**Grimm, Friedrich, Prof. Dipl.-Ing., 70376, Stuttgart,
DE**

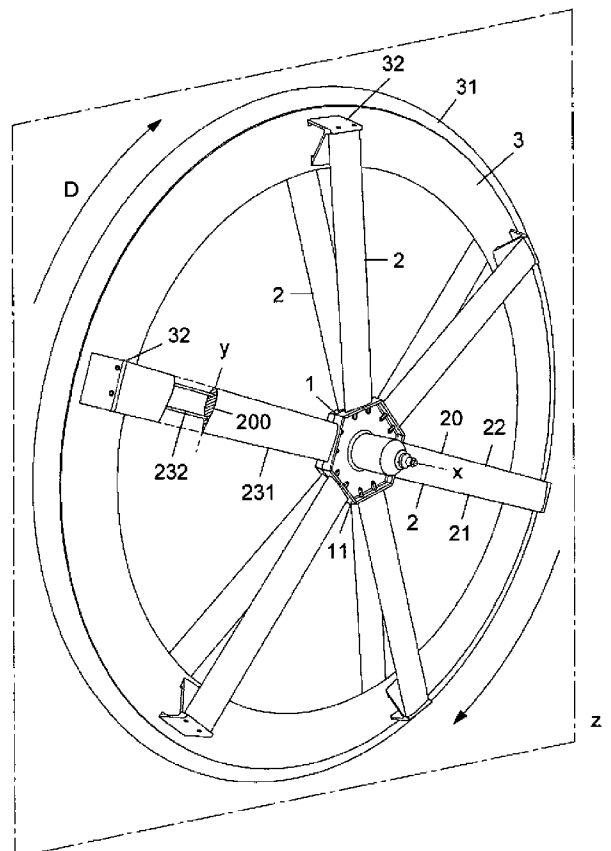
(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **FLÜGELRAD**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Rad für ein Fahrzeug mit einer konzentrisch zu seiner Radachse (x) angeordneten Nabe (1) und einer senkrecht zur Radachse (x) verlaufenden Radlafebene (z) sowie einer Felge (3), die ein Hohlkammerprofil (30) zur Aufnahme eines Reifens (31) bildet, bei dem mindestens zwei vorzugsweise radial angeordnete Flügelspeichen (2) an ihrem nabenseitigen Ende mit der Nabe (1) und an ihrem felgenseitigen Ende mit der Felge (3) verbunden sind und im Querschnitt ein Flügelprofil (20) mit einer Dickenrücklage und einer sich zwischen einer Flügel Nase (21) und einer Flügelhinterkante (22) erstreckenden Profilhöhe (y) zeigen. Erfindungsgemäß weist eine Flügelspeiche (2) an ihrem felgenseitigen Ende einen Querabstand zur Radlafebene (z) auf und ist mit einem Abstand zu der Felge (3) und dem Reifen (31) eines Rades angeordnet, sodass die Gesamtanströmung (G) als resultierende Anströmung aus der Umfangsströmung (U), dem Fahrtwind (F) und einer gegebenenfalls vorhandenen äußeren Windströmung (W) an einem rollenden Rad in jeder Umlaufstellung einer Flügelspeiche (2) ein aerodynamisch erzeugtes Drehmoment verursacht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Rad, bei dem vorzugsweise radial angeordnete Flügelspeichen als tragende oder nichttragende Verbindungselemente zwischen einer Nabe und einer Felge so angeordnet sind, dass sie an ihrem felgenseitigen Ende außerhalb einer von Reifen und Felge eingenommenen Ebene liegen, sodass die auf ein rollendes Rad einwirkende Gesamtanströmung in jeder Umlaufstellung einer Flügelspeiche ein aerodynamisch erzeugtes, um die Radachse wirksames Drehmoment verursacht. Ein erfindungsgemäßes Flügelrad ist für unterschiedliche Fahrzeuge und insbesondere für Fahrräder geeignet, wobei ein mit der Felge verbundener Reifen das Drehmoment in einem direkten Kontakt auf eine Fahrbahn oder Schiene überträgt.

Stand der Technik

[0002] Moderne Windkraftanlagen mit horizontaler oder vertikaler Rotationsachse nutzen Flügelprofile, um die in einer Anströmung enthaltene kinetische Energie in elektrische bzw. mechanische Energie umzuwandeln. Die Überlagerung von Wind- und Umlaufanströmung führt an dem Flügelprofil einer Windturbine zu einer erhöhten Gesamtanströmung, die bei einem Auftriebsläufer – im Unterschied zu einem Widerstandsläufer, der nur die tatsächliche Windgeschwindigkeit nutzen kann – ein größeres Drehmoment bewirkt. Bei diesen sog. Schnellläufern beträgt die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorblätter ein Vielfaches der Windgeschwindigkeit, sodass mit derartigen Anlagen bis zu 59% der in einer Luftströmung enthaltenen kinetischen Energie genutzt werden kann. Mit Einschränkungen gilt dies auch für sog. Darrieus-Rotoren mit vertikaler Rotationsachse, die einen Wirkungsgrad von etwa 42% erreichen. Der besondere Vorteil des Darrieus-Rotors liegt darin, dass er nicht zur Windströmung ausgerichtet werden muss und die um eine vertikale Achse rotierenden Flügelprofile innerhalb eines Sektors von etwa 270 Grad Vortrieb erzeugen.

[0003] Von einer Wells-Turbine ist bekannt, dass sie aus einer oszillierenden Luftsäule mit Hilfe von Rotorblättern mit einem symmetrischen Flügelprofil Energie entnehmen kann, wobei die Anströmrichtung periodisch wechselt, nicht aber die Drehrichtung der Rotorblätter. Dies bedeutet, dass ein symmetrisches Flügelprofil Wind aus zwei einander entgegengesetzten Richtungen in ein Drehmoment wandeln kann. Auch bei der Wells-Turbine ist die Überlagerung der Wind- und Umlaufanströmung von Bedeutung.

[0004] Aus dem Segelflug ist bekannt, dass ein Flügelprofil im Sinkflug nicht nur Auftrieb, sondern auch Vortrieb bewirkt.

[0005] Bei Fahrrädern sind Speichenräder bekannt, die an einem rollenden Rad möglichst wenig Luftwiderstand verursachen. Sogenannte Messerspeichen oder ovalisierte Speichen dienen diesem Zweck.

[0006] Die DE 296 08 495 U1 zeigt ein Speichenrad mit aerodynamisch geformten Speichen mit einem ovalen Querschnitt.

[0007] In der DE 202 14 326 U1 wird eine V-förmige Speiche vorgestellt, bei der Flügelklappen zur Unterstützung einer Vorwärts-Drehbewegung vorgesehen sind.

[0008] Aus der US 4930843 ist ein Speichenrad für Fahrräder bekannt, bei dem die Speichen ein Flügelprofil mit einer Flügel Nase und einer Flügelhinterkante aufweisen und in der Radlafebene liegen. Die Flügelprofilierung der Speichen dient hier der Aufgabe, den Luftwiderstand eines rollenden Speichenrads zu minimieren. Die aerodynamische Wirkung der Flügelprofile im Sinne eines Auftriebsläufers wird hier dadurch behindert, dass die Flügelprofile an ihrem felgenseitigen Ende im Bereich verwirbelter Luft im Windschatten von Reifen und Felge eines Rades liegen.

[0009] Die Firma Reynolds Cycling hat ein Speichenrad vorgestellt, bei dem eine Vielzahl von Karbonspeichen jeweils ein symmetrisches Flügelprofil aufweisen und in der Radlafebene mit einer Felge verbunden sind. An ihrem felgenseitigen Ende liegen diese Speichen auch hier im Windschatten von Reifen und Felge und können deshalb nicht einen aerodynamischen Hilfsantrieb bewirken.

Aufgabenstellung

[0010] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Rad für ein Fahrzeug anzugeben, dessen vorzugsweise radial angeordnete Flügelspeichen dazu ausgebildet sind, aus der Gesamtanströmung als der Summe aus externer Windströmung einerseits und autoreferenziellem Fahrt- und Umlaufwind andererseits in jeder Umlaufstellung einer Flügelspeiche an einem rollenden Rad ein aerodynamisch erzeugtes Drehmoment als Hilfsantrieb zu

nutzen. Dabei werden im Rahmen der Erfindung an einem Rad zwei unterschiedlich wirksame Umlaufsektoren unterschieden, wobei eine Flügelspeiche einen oberen und einen unteren Umlaufsektor durchläuft und dabei regelmäßig von einer Auftriebsstellung in eine Widerstandsstellung wechselt. In der Auftriebsstellung addieren sich der Fahrtwind, die Umlauf- und die Windströmung zu einer resultierenden Gesamtanströmung, die an einer Flügelspeiche eine Sogkraft bewirkt, die ihrerseits aus einer Auftriebs- und einer Vortriebskomponente besteht. Die Vortriebskomponente bewirkt ein Drehmoment um die Radachse.

[0011] Im zweiten Umlaufsektor des Rades wirkt eine Flügelspeiche als Widerstandsläufer, wobei der Fahrtwind und die Umlaufströmung in entgegengesetzte Richtung wirken und voneinander subtrahiert werden, wobei auch in diesem Umlaufsektor ein das Rad antreibendes Drehmoment resultiert, da die Strömung aus dem Fahrtwind stets größer ist als die Umlaufströmung.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung besteht also darin, mittels von Flügelspeichen aus der Überlagerung von Fahrtwind und Umlaufströmung und ggf. aus einer äußeren Windströmung an den rollenden Rädern eines Fahrzeugs, insbesondere am vorderen und hinteren Rad eines Fahrrads, ein in Fahrtrichtung wirksames Drehmoment zu generieren. Damit eine Flügelspeiche für einen aerodynamisch bewirkten Hilfsantrieb genutzt werden kann, muss sie insbesondere an ihrem felgenseitigen Ende frei angeströmt werden.

[0013] Motorräder, PKWs, aber auch spezielle Fahrzeuge für Sport und Freizeit können mit erfindungsgemäßen Flügelrädern ausgestattet werden, um über die rotierenden Räder aus der anströmenden Luft ein in Fahrtrichtung wirkendes, aerodynamisch erzeugtes Drehmoment als Hilfsantrieb zu nutzen. Bei muskelkraftbetriebenen Fahrrädern ist dieser Effekt besonders willkommen, erleichtert die Fahrt und erhöht den Fahrspaß. Schienenfahrzeuge nehmen über einen Radreifen mit Spurkranz quer zur Fahrtrichtung wirkende Kräfte besonders gut auf. Ein erfindungsgemäßes Speichenrad für ein Schienenfahrzeug kann deshalb sehr groß ausgebildet werden und profitiert von einem mit wachsendem Raddurchmesser gesteigerten Wirkungsgrad. Bei motorkraftbetriebenen Fahrzeugen leisten Speichenräder einen Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs.

[0014] Diese Aufgaben werden mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen erfüllt. Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Aerodynamik

[0015] Eine Flügelspeiche weist im Querschnitt ein Flügelprofil mit einer Dickenrücklage, einer Flügelnase und einer Flügelhinterkante auf, wobei die Flügelnase stets in Drehrichtung des Speichenrades zeigt. An einem mit Muskel- oder Motorkraft angetriebenen Fahrzeug werden mit zunehmender Fahrtgeschwindigkeit die Einflüsse des Seitenwinds in einen für die Auftriebsstellung günstigen Anströmwinkel überführt. Das Flügelprofil einer Speiche kann als symmetrisches oder asymmetrisches Flügelprofil ausgebildet werden, wobei bei Fahrzeugen, bei denen die Geschwindigkeit des Fahrtwinds in der Regel ein Mehrfaches des Seitenwinds beträgt, ein asymmetrisches Flügelprofil von Vorteil ist. Erfindungsgemäß kann eine Speiche im Querschnitt ein symmetrisches, ein plan-konvexes, ein bikonvexes oder ein konkavkonvexes Flügelprofil aufweisen. Die resultierende Luftkraft in einem Umlaufsektor des Rades, die auf die Flügelhinterkante einer Speiche einwirkt, kann von einer gewölbten, auf der Flügelunterseite offenen Profilschale am besten aufgenommen werden. Bemerkenswerterweise heben sich in demjenigen Umlaufsektor, in dem eine Flügelspeiche als Widerstandsläufer wirkt, Fahrt- und Umlaufwind weitgehend gegenseitig auf, sodass keine die Drehbewegung hemmenden Kräfte vorhanden sind. Es ist im Gegenteil sogar so, dass nur am Außendurchmesser des Rades die Umlaufgeschwindigkeit der Fahrtgeschwindigkeit entspricht. Zur Radachse hin dominiert der Fahrtwind, sodass eine Flügelspeiche als Widerstandsläufer vom Fahrtwind angeschoben wird. Um diesen Effekt gut auszunutzen, kann ein in sich tordiertes Flügelprofil mit wechselnden Anstellwinkeln gegenüber der Radlafebene sinnvoll sein, wobei die Profilschne im Bereich des Außendurchmessers eines Rades parallel zur Radlafebene angeordnet ist und in Nabennähe einen negativen Anstellwinkel aufweist.

[0016] Ein schnell laufendes Rad wird dabei in einem Umlauf abwechselnd in einem spitzen Winkel von vorne und in einem spitzen Winkel von hinten angeströmt. Die Verbindung zwischen Nabe und Felge kann im Rahmen der Erfindung auch von einer geschlossenen Scheibe oder Platte gebildet werden. Wichtig ist, dass das Flügelprofil selbst mit einem Querabstand zur Radlafebene angeordnet ist und insbesondere an seinem felgenseitigen Ende außerhalb des Windschattens von Reifen und Felge liegt, sodass es in Fahrtrichtung sowohl von vorne als auch von hinten möglichst ungehindert angeströmt werden kann. Bei einem Fahrrad sind Speichenräder, die quer zur Fahrtrichtung durchströmt werden können, von besonderem Vorteil, da die Flügelspeichen auf beiden Radseiten als Auftriebs- bzw. Widerstandsläufer wirksam sind.

[0017] Um ihre aerodynamische Wirkung zu entfalten, nimmt eine Flügelspeiche bevorzugt eine radiale Stellung im Rad ein. Es ist aber auch möglich, eine Speiche bogenförmig, sichelförmig und in unterschiedlichen geschwungenen Formen zu gestalten. Bereits eine einzige Speiche, die an ihrem felgenseitigen Ende mit einem Abstand zur Radlaufebeine angeordnet ist, erzeugt an einem rollenden Rad in jeder Umlaufstellung ein Drehmoment. Versuche haben gezeigt, dass 3–6 Speichen auf jeder Seite eines Rades eine optimale aerodynamische Wirkung entfalten. Die Erfindung ist auch dann erfüllt, wenn bei zwei einander gegenüber liegenden Speichen die eine als Flügelspeiche ausgebildet ist und die andere aus einem vorspannbaren Zugglied besteht. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass zu viele Flügelspeichen die Anströmung vollständig verwirbeln.

Konstruktion

[0018] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Speichenrads weisen jeweils zwei einander gegenüber liegende Flügelspeichen an ihrem felgenseitigen Anschluss an die Kragkonsolen einen maximalen Abstand zur Radlaufebeine auf, während sie in der Radlaufebeine über einen polygonalen oder runden Nabenflansch an einem zentralen Nabenwulst zusammengeführt werden und dabei jeweils ein unverschiebliches Dreieck bilden. Diese Anordnung ist nicht nur für die Aufnahmen und Ableitung der auf das Rad einwirkenden unterschiedlichen Kräfte besonders vorteilhaft, sondern exponiert die Flügelspeichen in ihrem aerodynamisch wirksamsten Längsabschnitt zur Anströmung. Darüberhinaus bietet ein zentraler Nabenflansch in der Radlaufebeine bei einem angetriebenen Rad neue Möglichkeiten zur Übertragung der Drehmomente aus einem Ritzel oder einem Radnabenmotor auf das Achsrohr. Entsprechendes gilt auch für ein Laufrad, bei dem ein scheibenförmiger Nabenwulst z. B. auch die Bremskräfte aus einer Scheibenbremse aufnehmen kann oder den Rotorteil eines Radnabendynamos bildet.

[0019] Eine Flügelspeiche kann im Strangpressverfahren aus Aluminium hergestellt werden, wobei im Profilinneren eingepresste Kanäle zur Aufnahme von vorspannbaren Drahtspeichen vorgesehen sein können. Verbundbauweisen, wie eine Schale aus Kohlefaser mit einem Schaumkern z. B. aus Rohacell oder ein Laminat, das aus mehreren Funktionsschichten aufgebaut ist, eignen sich ebenfalls zur Ausbildung einer leichten, belastbaren und aerodynamisch wirksamen Speiche. Flügelspeichen, deren Umlaufebene mittels von Kragkonsolen außerhalb der Felgen- und Reifenebene liegen, können besonders gut vom Fahrtwind angeströmt werden. Durch ausgestanzte Öffnungen in einer stranggepressten Hohlkammerfelge aus Aluminium werden die Kragkonsolen z. B. als Flachmaterial eingesteckt und mit der Felge verklebt, verschweißt oder verlötet.

[0020] In den Fig. 1–Fig. 8 sind beispielhaft Laufräder für Fahrräder dargestellt, die sinngemäß auch für Antriebsräder von Fahrrädern mit handelsüblichen Raddurchmessern von 26 bzw. 28 Zoll gelten.

[0021] Die Fig. 9–Fig. 12 erläutern das aerodynamische Wirkprinzip der Speichen mit Flügelquerschnitt in Form von Vektordarstellungen.

[0022] Die Fig. 13 und Fig. 14 zeigen ein ausschließlich mit Windkraft betriebenes, einspuriges Zweirad mit Knicklenkung.

[0023] Es zeigen:

[0024] Fig. 1 ein Speichenrad mit insgesamt 12 Flügelspeichen, jeweils mit symmetrisch ausgebildetem Flügelprofil in der perspektivischen Übersicht

[0025] Fig. 2 das Speichenrad nach Fig. 1 im schematischen Querschnitt

[0026] Fig. 3 ein Speichenrad mit insgesamt 12 Flügelspeichen, jeweils mit asymmetrisch ausgebildetem Flügelprofil in der perspektivischen Übersicht

[0027] Fig. 4 das Speichenrad nach Fig. 3 im schematischen Detailquerschnitt

[0028] Fig. 5 ein Karbon-Scheibenrad mit insgesamt sechs Flügelspeichen, jeweils mit symmetrisch ausgebildetem Flügelprofil in der perspektivischen Übersicht

[0029] Fig. 6 das Karbon-Scheibenrad nach Fig. 5 im schematischen Detailquerschnitt

[0030] Fig. 7 ein herkömmliches Drahtspeichenrad mit insgesamt sechs aufgesetzten Flügelspeichen, jeweils mit asymmetrisch ausgebildetem Flügelprofil in der perspektivischen Übersicht

[0031] Fig. 8 das Drahtspeichenrad nach Fig. 7 im schematischen Detailquerschnitt

[0032] Fig. 9 ein symmetrisches Flügelprofil als Auftriebsläufer mit Seitenwind von links und dem daraus resultierenden Vortrieb im schematischen Querschnitt mit Vektordarstellung der Luftkräfte

[0033] Fig. 10 das symmetrische Flügelprofil nach Fig. 9 mit Seitenwind von rechts und dem daraus resultierenden Vortrieb im schematischen Querschnitt mit Vektordarstellung der Luftkräfte

[0034] Fig. 11 ein asymmetrisches Flügelprofil als Auftriebsläufer mit dem aus der Gesamtanströmung resultierenden Vortrieb im schematischen Querschnitt mit Vektordarstellung der Luftkräfte

[0035] Fig. 12 das asymmetrische Flügelprofil nach Fig. 11 als Widerstandsläufer mit dem aus der Gesamtanströmung resultierenden Vortrieb im schematischen Querschnitt mit Vektordarstellung der Luftkräfte

[0036] Fig. 13 ein einspuriges Zweirad mit Knicklenkung als windkraftbetriebenes Versuchsfahrzeug in der Seitenansicht

[0037] Fig. 14 das in Fig. 13 dargestellte Versuchsfahrzeug in der Aufsicht

[0038] Fig. 1 zeigt ein Laufrad für ein Fahrrad mit insgesamt 12 Flügelspeichen **2**, die felgenseitig jeweils über Kragkonsolen **32** mit der Felge **3** verbunden sind und an der Nabe **1** an einem in der Radlafebene z angeordneten Nabenwulst mit polygonalem Nabenflansch **11** zusammenlaufen. Die Kragkonsolen **32** nehmen vorspannbare Flügelspeichen **2** auf und ermöglichen eine räumliche Verspannung des Speichenrads, wobei jeweils zwei in Fahrtrichtung einander gegenüber liegende Flügelspeichen **2** in der Radlafebene z einen Schnittpunkt mit der Radachse x aufweisen und zwischen Felge **3** und Nabe **1** ein unverschiebliches Dreieck bilden. Jeweils zwei vorspannbare Zugglieder **232** sind im Inneren einer Flügelspeiche **2** angeordnet und ermöglichen einen biegesteifen Anschluss der Flügelspeichen **2** an die felgenseitigen Kragkonsolen **32** und den Nabenflansch **11**. In jeder Umlaufstellung des Rades bewirken die symmetrischen Flügelprofile **200**, wie in den Fig. 9, Fig. 10 und Fig. 12 dargestellt, bei Seitenwind ein an der Radachse x wirksames Drehmoment.

[0039] Fig. 2 zeigt das Speichenrad nach Fig. 1 im Querschnitt. Die biege-, schub- und torsionssteif mit dem Hohlkammerprofil **30** der Felge **3** verbundenen Kragkonsolen **32** ermöglichen eine freie Anströmung der Flügelspeichen **2** insbesondere an ihrem felgenseitigen Ende. An einem zentralen Nabenflansch **11** werden die Flügelspeichen **2** in der Radlafebene z zusammengeführt. Wie in Fig. 1 dargestellt, ermöglichen interne Zugglieder **232** eine Vorspannung der Flügelspeichen **2**. Diese Art der Ausbildung eines Speichenrads erlaubt weitere vorteilhafte Ausgestaltungen im Bereich der Nabe **1**, wobei das Antriebsmoment über ein Ritzel oder einen Radnabenmotor unmittelbar auf den Nabenwulst übertragen werden kann. Entsprechendes gilt für eine ebenfalls nicht näher dargestellte Scheibenbremse, die einen zentralen Nabenwulst zur Einleitung der Bremskräfte nutzt.

[0040] Fig. 3 zeigt ein Laufrad mit insgesamt 12 Flügelspeichen, die im Querschnitt jeweils ein asymmetrisches Flügelprofil **201** aufweisen. Mit einem Querversatz zur Radlafebene z greifen jeweils zwei einander gegenüberliegende Speichen **2** über eine Kragkonsole **32** an die Felge **3** an. Ein sechseckig ausgebildeter Nabenflansch **11** ermöglicht die individuelle Vorspannung der Speichen **2**. Durch die Kragkonsolen **32** treten die Flügelprofile **20** aus dem Windschatten von Felge **3** und Reifen **31** hervor, sodass ein Flügelprofil **20** in seinem wirksamsten, dem von der Radachse x entferntesten Längsabschnitt seine aerodynamische Wirkung aus der Überlagerung von Fahrt-, Umlauf- und Seitenwind entfalten kann. Die asymmetrisch ausgebildeten Flügelprofile **201** weisen einen Schalenkörper **231** auf, der zwischen den Kragkonsolen **32** und den Nabenflanschen jeweils ein vorspannbares Speichenpaar **232** aufnimmt. Neigt man die Flügel Nase eines asymmetrischen Flügelprofils **201** zur Radlafebene z, sodass die Profilsehne y einen negativen Anstellwinkel einnimmt, wird ein aerodynamisch bewirktes, an der Drehachse x des Speichenrads wirksames Drehmoment auch dann erzeugt, wenn an einer Flügelspeiche die vornehmlich autoreferenziellen Luftkräfte Fahrt- und Umlaufwind wirken.

[0041] Fig. 4 zeigt das in Fig. 3 in der Übersicht dargestellte Speichenrad im Detailschnitt. Die Felge **3** nimmt einen luftbefüllten Reifen **31** auf und besteht aus einem biege- und torsionssteifen Hohlkammerprofil **30** aus Aluminium. Im Strangpressverfahren wird eine beidseitige Erweiterung an das Hohlkammerprofil **30** angeformt. Nach dem Rundbiegen und dem Verschweißen der Felge **3** zu einem geschlossenen Ring werden die beidseitigen Erweiterungen teilweise wieder von der Felge **3** abgetrennt, sodass nur die Kragkonsolen **32** für den Anschluss der Speichen **2** stehen bleiben. Jeweils zwei vorspannbare Drahtspeichen **232** mit einem angeformten Kopf werden an einer Kragkonsole **32** eingesteckt und durch ein asymmetrisches Flügelprofil **201** geführt

und mittels einer Spannschraube **233** mit dem Nabenflansch verspannt. Das asymmetrische Flügelprofil **20** besteht aus einem Schalenkörper **231** aus Kunststoff oder Aluminium und weist ein Breiten-Dicken-verhältnis von etwa 4 zu 1 auf, wobei die Profilhöhle y parallel zur Radlaufebebene z angeordnet ist. Über eine nicht näher dargestellte Trimmvorrichtung an den Kragkonsolen **32** und dem Nabenflansch **11**, die aus einem kreisringsegmentförmigen Langloch zur Aufnahme der vorspannbaren Speichen **232** besteht, kann das asymmetrische Flügelprofil **201** gegenüber der Radlaufebebene angestellt werden, sodass allein aus dem Zusammenwirken von Umlauf- und Fahrtwind, wie in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigt, in jeder Umlaufstellung einer Flügelspeiche ein aerodynamisch erzeugtes Drehmoment entsteht.

[0042] [Fig. 5](#) zeigt ein Scheibenrad, bei dem ein Reifen **31** von einer Felge **3** aufgenommen wird. An der Nabe **1** sind auf jeder Radseite insgesamt drei Flügelspeichen **2** mit einem Querabstand vor der Radlaufebebene z angeschlossen. Dieser Abstand zur Radscheibe stellt sicher, dass die Flügelspeichen **2** an einem fahrenden Fahrzeug von der Gesamtanströmung erfasst werden und ihre in den [Fig. 9–Fig. 12](#) erläuterte aerodynamische Wirkung entfalten können. Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind symmetrische Flügelprofile **200** vorgesehen, deren Flügel Nase **21** in Drehrichtung D des Rades zeigt und deren Profilhöhle y parallel zur Radlaufebebene z ausgerichtet ist. Der konstruktive Aufbau des geschlossenen Scheibenrads wird in [Fig. 6](#) näher erläutert.

[0043] [Fig. 6](#) zeigt das in [Fig. 5](#) dargestellte Scheibenrad im Detailquerschnitt. Der tragende Körper des Rades ist in Sandwichbauweise aufgebaut, wobei äußere Deckschalen aus Karbon auf einen Schaumstoffkern montiert sind. Die Felge **3** des Scheibenrads nimmt einen Reifen **31** auf. Auf jeder Seite des Scheibenrads sind, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, drei Flügelspeichen **2** mit einem Querabstand und parallel zur Radlaufebebene z angeordnet. Die Flügelspeichen **2** zeigen im Querschnitt ein symmetrisches Flügelprofil **200** mit einer Dickenrücklage, einer Flügel Nase **21** und einer Flügelhinterkante **22**. Als nichttragende Aufsatzelemente sind die Flügelprofile **20** felgenseitig über einen Flügeladapter **33** aus Karbon einstückig mit der Radscheibe verbunden, während sie nabenseitig über einen Adapterring **12** mit der Nabe **1** verbunden sind. Die Gesamtanströmung aus Umlaufströmung, Windströmung und Fahrtwind trifft, wie in den [Fig. 9–Fig. 12](#) gezeigt, in der Auftriebsstellung des Flügelprofils **20** stets in einem spitzen Winkel auf die Flügel Nase **21**. Deshalb ist es nicht notwendig, dass ein erfindungsgemäßes Flügelrad quer zur Fahrtrichtung durchströmt wird. Die geschlossene Radscheibe wirkt bei diesem Ausführungsbeispiel als Strömungsleitfläche und unterstützt die aerodynamische Wirkung der Flügelspeichen **2**.

[0044] [Fig. 7](#) zeigt ein Speichenrad, bei dem Felge **3** und Nabe **1** über 24 herkömmliche Drahtspeichen untereinander räumlich verspannt sind. Unabhängig von dieser Tragstruktur des Rades werden die Flügelprofile **20** als Verbindungselemente **24** an beiden Radseiten jeweils mit der Nabe **1** und der Felge **3** verbunden. Dabei können die Flügelprofile **20** als nachträglich eingebaute Verbindungselemente **24** an ein handelsübliches Speichenrad angebaut werden. Diese Zubehörteile können z. B. bei einer PKW-Felge als Einheit aus mehreren Flügelspeichen hergestellt werden und in der Art einer Radkappe auf das Rad aufgesetzt werden.

[0045] [Fig. 8](#) zeigt das in [Fig. 7](#) dargestellte Speichenrad mit Flügelprofilen **20** zwischen Nabe **1** und Felge **3** im Detailschnitt. Die Profilhöhle y der asymmetrischen Flügelprofile **201** verbindet eine in Fahrtrichtung zeigende Flügel Nase **21** mit einer Flügelhinterkante **22**. Der Detailschnitt zeigt ein herkömmliches Speichenrad, an das die Flügelprofile **20** als nichttragende Verbindungselemente **24** angeschlossen werden. An der Nabe **1** sind dafür jeweils ein Adapterring **12** und an der Felge **3** ein Flügeladapter **33** vorgesehen.

[0046] [Fig. 9](#) zeigt die aerodynamische Wirkung eines symmetrischen Flügelprofils **200** in der Auftriebsstellung bei Seitenwind W von links, wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) an einem Speichenrad im eingebauten Zustand dargestellt. Bei einem angetriebenen Fahrzeug addieren sich in dieser Stellung der Seitenwind W , der Fahrtwind F und der Umlaufwind U zu einer Gesamtanströmung G , die das Flügelprofil **20** in einem spitzen Winkel an der Flügel Nase **21** anströmt. Senkrecht zu der Gesamtanströmung G resultiert im Druckpunkt des Flügelprofils **20** die Sogkraft S , welche sich aus einer Auftriebskomponente A und einer Vortriebskomponente V zusammensetzt. Über einen Hebelarm, dessen Länge durch den Abstand zur Radachse x definiert ist, übt der Vektor V ein in Drehrichtung D wirksames Drehmoment auf ein erfindungsgemäßes Speichenrad aus. In der Auftriebsstellung ist die Addition der Umlaufströmung und des Fahrtwinds von besonderem Vorteil. Je näher der betrachtete Flügelquerschnitt am Reifen des Rades liegt, umso mehr nähert sich die Umlaufgeschwindigkeit des Flügelprofils **20** dem Betrag des Fahrtwinds an. Betrachtet man den Umlauf einer Flügelspeiche, so wechselt sie regelmäßig von einer Auftriebsstellung in eine Widerstandsstellung, wobei der Fahrtwind das Flügelprofil **20** in der Widerstandsstellung von der Flügelhinterkante her anströmt. Diese Flügelstellung wird in [Fig. 12](#) näher erläutert und gilt sinngemäß auch für ein symmetrisches Flügelprofil.

[0047] Fig. 10 zeigt die aerodynamische Wirkung des symmetrischen Flügelprofils **200** nach Fig. 9 in der Auftriebsstellung mit Seitenwind W' von rechts. Auch in diesem Fall bildet sich die Gesamtanströmung G' aus dem Umlaufwind U' , dem Fahrtwind F' und dem Seitenwind W' . Als resultierende Luftkraft wirkt die Sogkraft S' , zusammengesetzt aus dem Auftrieb A' und dem Vortrieb V' , senkrecht zu der Gesamtanströmung G' . Aus den Fig. 9 und Fig. 10 wird deutlich, dass Windkräfte, die von der Seite oder auch von vorne ein Speichenrad anströmen, zur Erzeugung einer Vortriebskraft V , V' genutzt werden können.

[0048] Fig. 11 zeigt den Querschnitt durch ein asymmetrisches Flügelprofil **201** in der Auftriebsstellung. Die Profilschne y des Flügelprofils **20** weist gegenüber der Radlaufebene z einen negativen Anstellwinkel auf. Die Gesamtanströmung G setzt sich aus dem Umlaufwind U und dem Fahrtwind F eines angetriebenen Fahrzeugs zusammen. Als resultierende Luftkraft entsteht an der Flügeloberseite eine Sogkraft S mit einer Auftriebskomponente A und einer Vortriebskomponente V . Der Vektor V erzeugt ein um die Radachse x wirksames Drehmoment. Die Anordnung zeigt, wie in der Auftriebsstellung einer Flügelspeiche aus Fahrtwind F und Umlaufwind U ein Vortrieb V generiert wird.

[0049] Fig. 12 zeigt die in Fig. 11 dargestellte Speiche **2** in der Widerstandsstellung. Das asymmetrische Flügelprofil **201** wechselt durch den Umlauf des Rades regelmäßig von einer Auftriebsstellung in eine Widerstandsstellung. In der Widerstandsstellung entsteht ein Drehmoment aus der Gesamtanströmung G als resultierender Luftkraft durch die Subtraktion von Fahrtwind F und Umlaufwind U .

[0050] Fig. 13 zeigt ein Versuchsfahrzeug **4** in Form eines einspurigen Knicklenkers in der Seitenansicht. Das Zweirad weist eine hintere Rahmenhälfte **41**, die mit einem Trittbrett **410** verbunden ist und eine vordere Rahmenhälfte **41**, die mit einer Lenkstange **400** verbunden ist, auf. Beide Rahmenhälften **40**, **41** stehen über ein Drehgelenk mit einer Drehachse **42** genau in der Mitte zwischen Vorder- und Hinterrad untereinander in Verbindung. Die beiden Speichenräder haben jeweils einen Durchmesser von 1,80 m und werden ausschließlich durch Windkräfte, die jeweils an sechs Speichen **2** mit Flügelprofil **20** wirksam sind, angetrieben. Dabei zeigt die Flügelnase **21** eines Flügelprofils **20** jeweils in Drehrichtung D eines Speichenrads. Auf jeder Seite eines Speichenrads sind drei Flügelprofile **20** vorgesehen, die über Kragkonsolen **32**, wie in den Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt, mit der Felge **3** verbunden sind. Zwischen den Flügelprofilen **20** ergänzen auf jeder Seite eines Flügelrads drei nicht näher bezeichnete, vorgespannte Drahtspeichen die auf jeder Seite sechsfache räumliche Verspannung der Felge **3**. In Gegenden, wo der Wind regelmäßig weht, können mit einem derartigen Fahrzeug Fahrtgeschwindigkeiten erreicht werden, die weit über der Windgeschwindigkeit selbst liegen. Durch ein Ausschwingen des Zentralgelenks um die Drehachse **42** kann der Fahrer des Zweirads in einer schwingenden Bewegung an den Wind anluven und vom Wind abfallen und dabei unter Beibehaltung der Balance die Windkräfte für den Antrieb des Versuchsfahrzeugs **4** optimal nutzen.

[0051] Fig. 14 zeigt das in Fig. 8 dargestellte Versuchsfahrzeug **4** in der schematischen Aufsicht. Die für dieses spezielle Zweirad vorgeschlagene Knicklenkung mit der zentralen Drehachse **42** ermöglicht nicht nur eine minimale Rahmenkonstruktion, sondern zeichnet sich auch durch einen geringstmöglichen Rollwiderstand aus. Bei leichtem Wind wird das Rad ähnlich einem Tretroller angestoßen, um dann allein vom Wind fortbewegt zu werden.

Bezugszeichenübersicht

Nabe	1	Flügelspeiche	2	Felge	3
Achsenrohr	10	Flügelprofil	20	Hohlkammerprofil	30
Nabenflansch	11	Symmetrisches Flügelprofil	200	Reifen	31
Adapterring	12	Asymmetrisches Flügelprofil	201	Kragkonsole	32
Drehrichtung	D	Flügelnase	21	Flügeladapter	33
Radachse	x	Flügelhinterkante	22	Versuchsfahrzeug	4
Profilschne	y	Tragendes Flügelprofil	23	Vordere Rahmenhälfte	40
Radlaufebene	z	Karbonspeiche	230	Lenkstange	400

Gesamtanströmung	G G'	Schalenkörper	231	Hintere Rahmenhälfte	41
Umlaufströmung	U U'	Vorspannbare Zuglieder	232	Trittbrett	410
Windströmung	W W'	Spannschraube	233	Drehachse	42
Fahrtwind	F F'	Verbindungselement	24		
Sogkraft	S S'				
Auftrieb	A A'				
Vortrieb	V V'				

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 29608495 U1 [0006]
- DE 20214326 U1 [0007]
- US 4930843 [0008]

Patentansprüche

1. Rad für ein Fahrzeug mit einer konzentrisch zu seiner Radachse (x) angeordneten Nabe (1) und einer senkrecht zur Radachse (x) verlaufenden Radlafebene (z) mit einer Felge (3), die ein Hohlkammerprofil (30) zur Aufnahme eines Reifens (31) bildet, sowie mit mindestens zwei vorzugsweise radial angeordneten Flügelspeichen (2), die an ihrem nabenseitigen Ende mit der Nabe (1) und an ihrem felgenseitigen Ende mit der Felge (3) verbunden sind und im Querschnitt ein Flügelprofil (20) mit einer Dickenrücklage und einer sich zwischen einer Flügel Nase (21) und einer Flügelhinterkante (22) erstreckenden Profilschne (y) zeigen, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Flügelspeiche (2) an ihrem felgenseitigen Ende einen Querabstand zur Radlafebene (z) aufweist und mit einem Abstand zu der Felge (3) und dem Reifen (31) eines Rades angeordnet ist, sodass die Gesamtanströmung (G) als resultierende Anströmung aus der Umfangsströmung (U), dem Fahrtwind (F) und einer gegebenenfalls vorhandenen äußeren Windströmung (W) an einem rollenden Rad in jeder Umlaufstellung einer Flügelspeiche (2) ein aerodynamisch erzeugtes Drehmoment verursacht.
2. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Flügelspeiche (2) ein symmetrisches oder ein asymmetrisches Flügelprofil (200, 201) aufweist, wobei die Flügel Nase (21) eines Flügelprofils (200, 201) jeweils in Drehrichtung (D) des Rades zeigt und die Profilschne (y) eines Flügelprofils (200, 201) parallel zur Radlafebene (z) oder mit einem negativen Anstellwinkel zur Radlafebene (z) angeordnet ist.
3. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Rad als Speichenrad ausgebildet ist und eine Flügelspeiche (2) eine kraftschlüssige Verbindung zwischen einer Nabe (1) und einer Felge (3) herstellt, wobei die Flügelspeiche (2) an ihrem felgenseitigen Ende einen maximalen Abstand zur Radlafebene (z) aufweist und mittels einer biege-, schub- und torsionssteif an der Felge (3) verbundenen Kragkonsole (32) kraftschlüssig an die Felge (3) angeschlossen ist, während sie an ihrem nabenseitigen Ende an einen in der Radlafebene (z) angeordneten Nabenwulst mit polygonalem oder rundem Nabenflansch (11) in Verbindung steht.
4. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Flügelprofil (2) biegesteif mit einer Nabe (1) und einer Felge (3) verbunden ist, wobei die Profilschne (y) parallel zur Radlafebene (z) angeordnet ist oder dass eine verstellbare Verbindung zwischen Nabe (1), Flügelprofil (2) und Felge (3) vorgesehen ist, die die Einstellung und Festlegbarkeit eines negativen Anstellwinkels der Profilschne (y) eines Flügelprofils (2) gegenüber der Radlafebene (z) ermöglicht.
5. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kragkonsolen (32) für den Anschluss der Flügelspeichen (2) an einer Felge (3) an beiden Seiten des Rades einander gegenüber liegen oder in einem alternierenden Wechsel angeordnet sind.
6. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Flügelspeiche (2) als Schalenkörper (231) ausgebildet ist und mindestens ein vorspannbares Zugglied (232) umgibt.
7. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Flügelspeiche (2) als Karbonspeiche (230) ausgebildet ist und starr an einen runden oder polygonalen Nabenflansch, sowie an eine felgenseitige Kragkonsole (32) angeschlossen ist.
8. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich eine Flügelspeiche (2) von der Nabe (1) zur Felge (3) verjüngt und im Querschnitt ein sich änderndes Flügelprofil (20) aufweist.
9. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rad als Scheibenrad ausgebildet ist und die Flügelspeichen (2) an beiden Seiten des Scheibenrads jeweils mit einem Querabstand in einer zur Radlafebene (z) parallelen Ebene angeordnet sind.
10. Rad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rad als Speichenrad mit herkömmlichen Drahtspeichen ausgebildet ist und die Flügelspeichen (2) als nichttragende Verbindungselemente (24) über einen nabenseitigen Adapterring (12) mit der Nabe (1) und einen felgenseitigen Flügeladapter (33) mit der Felge (3) in der Art einer Radkappe an mindestens einer Seite des Rades aufgesetzt werden.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

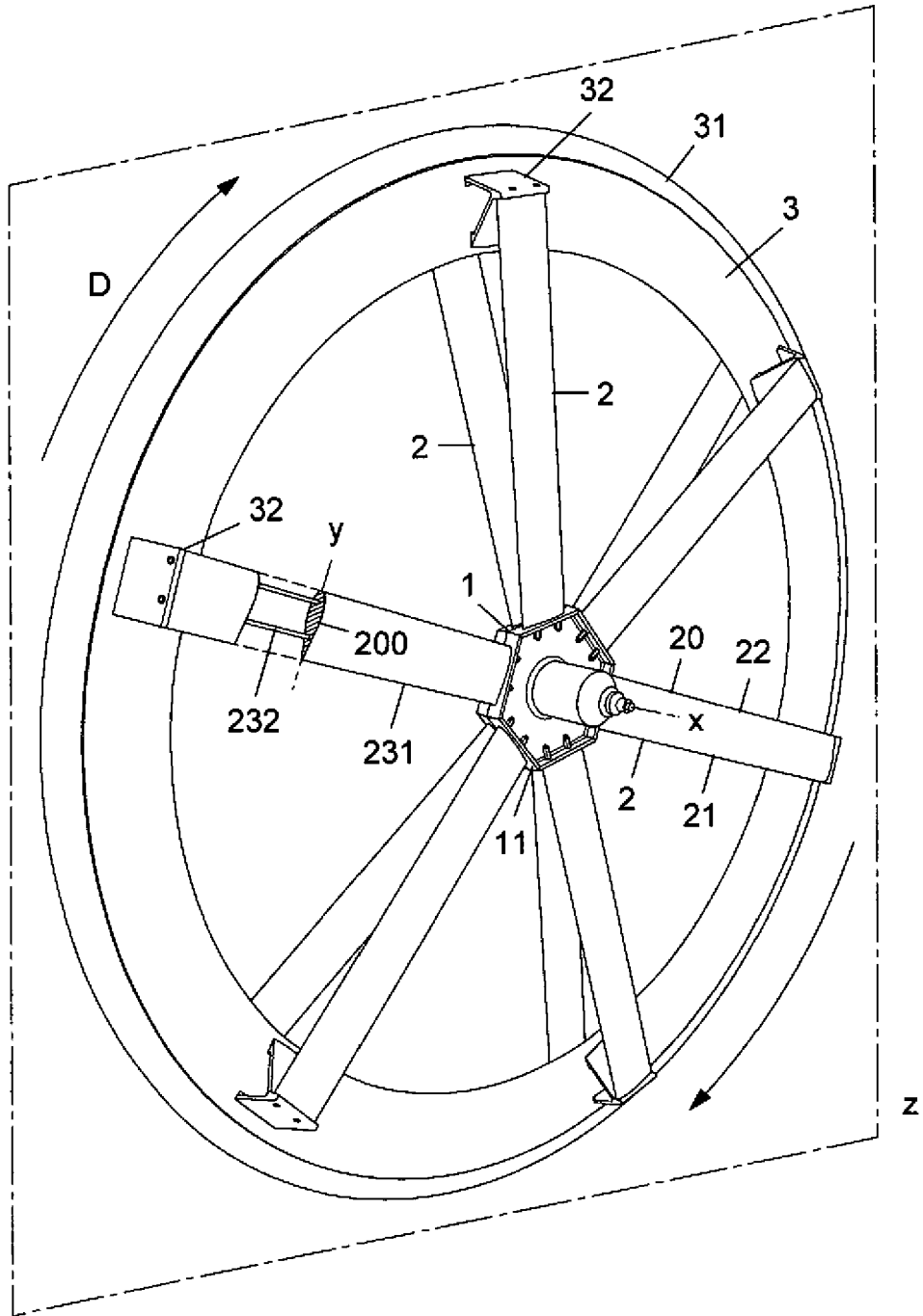


FIG.1

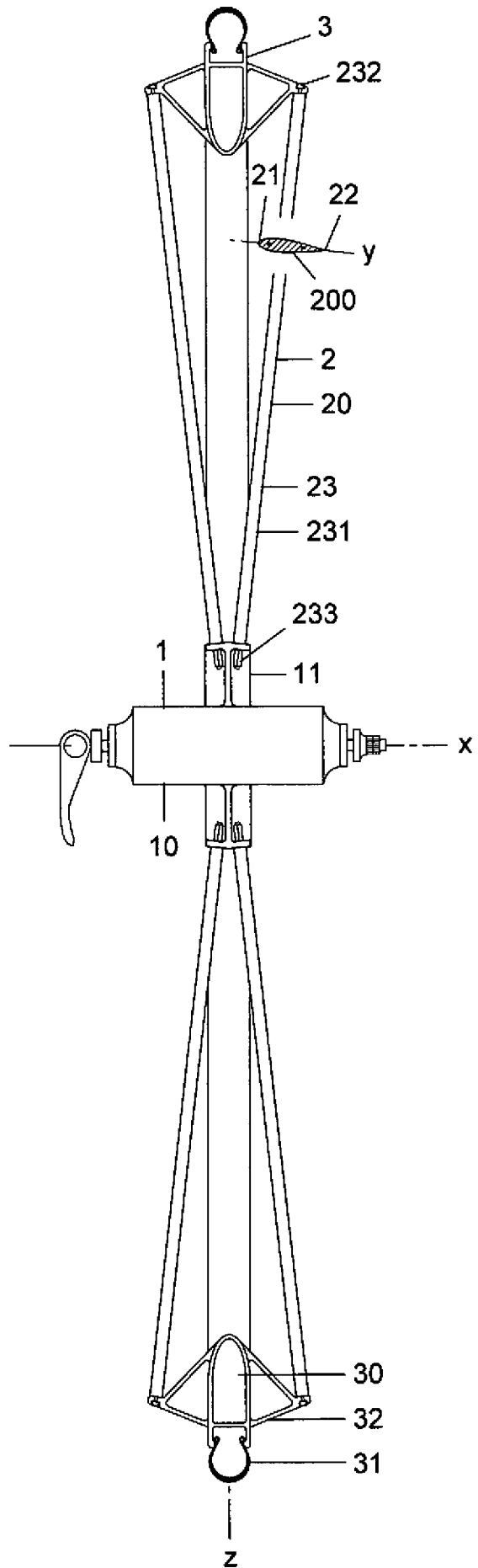


FIG.2

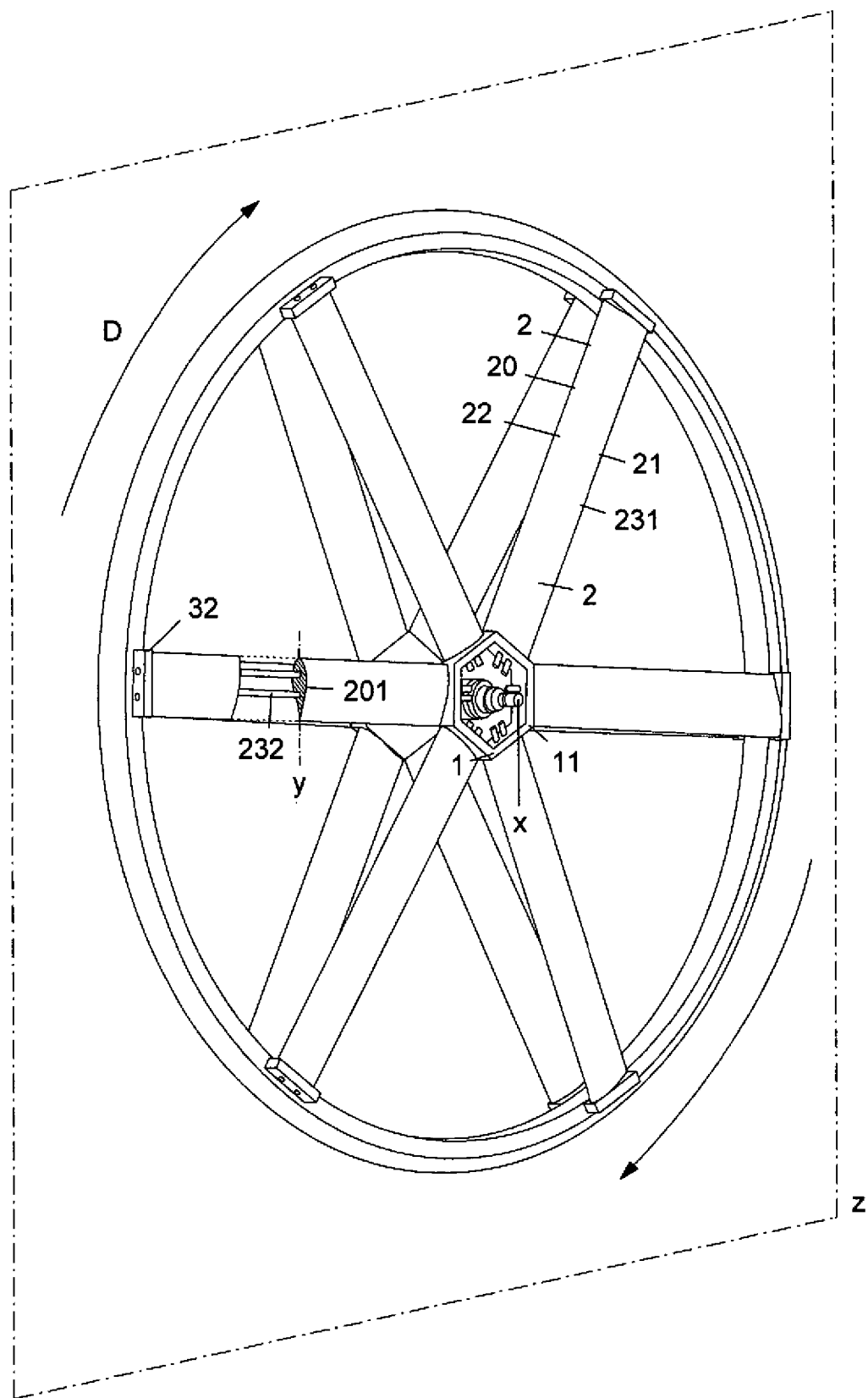


FIG. 3

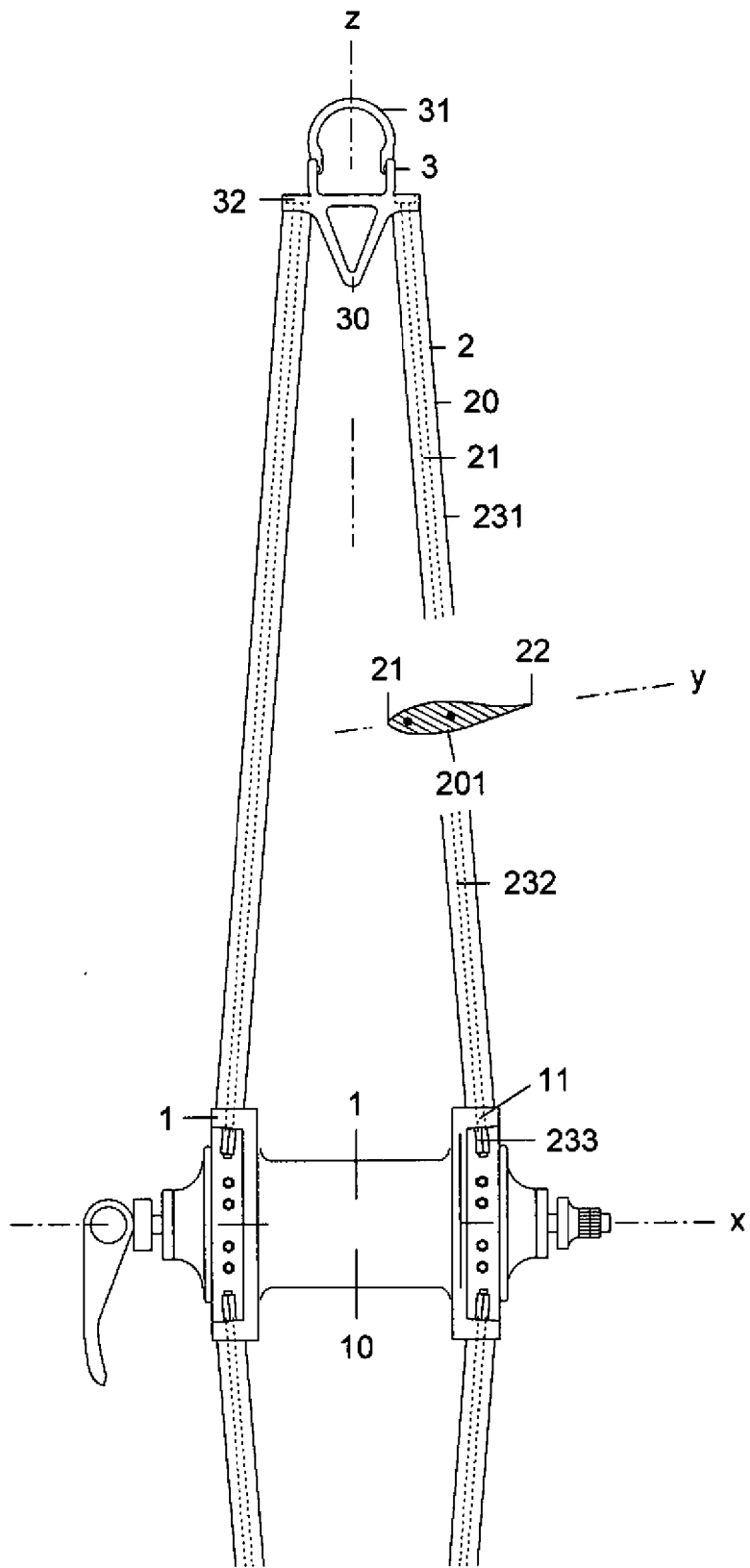


FIG.4

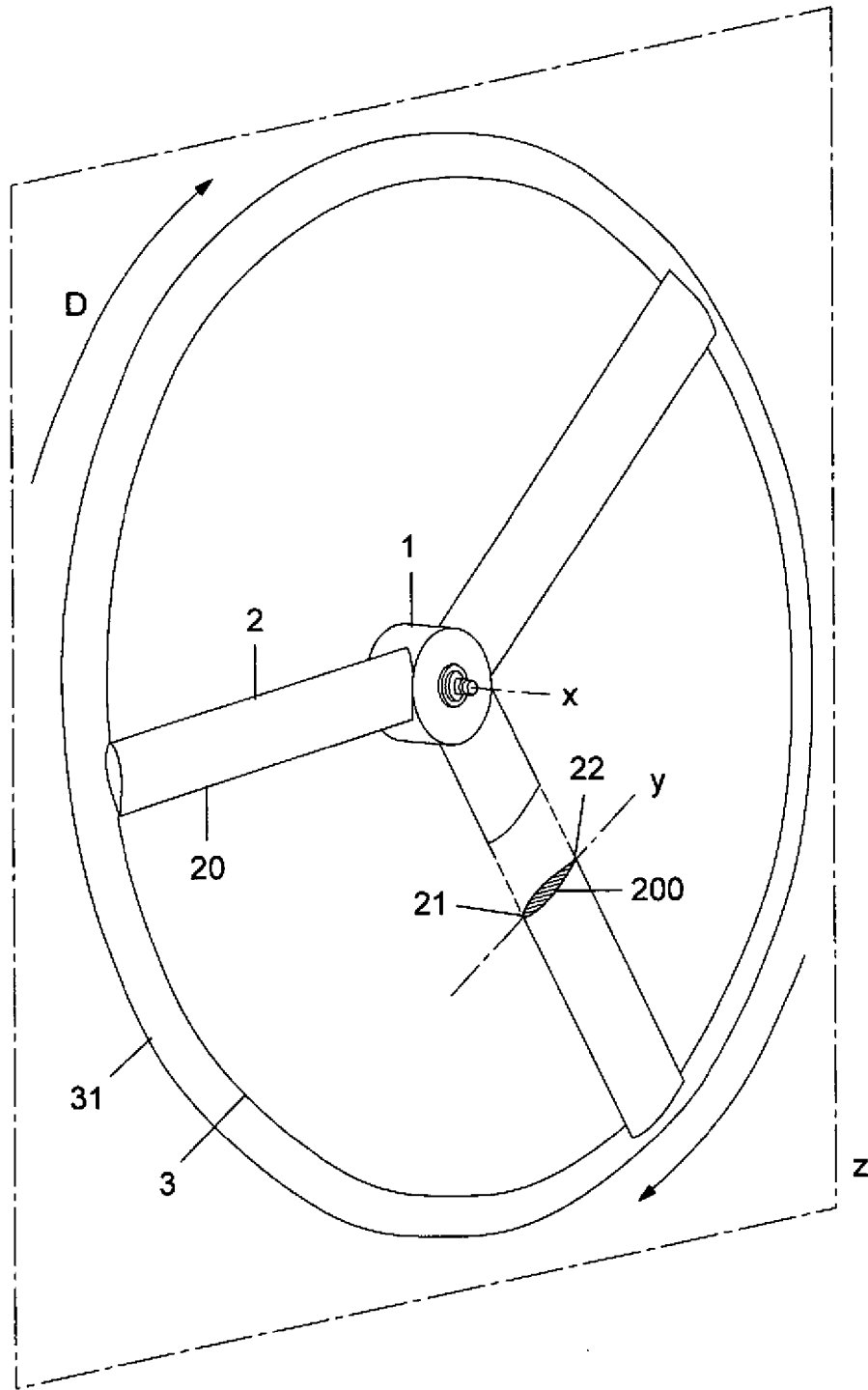


FIG.5

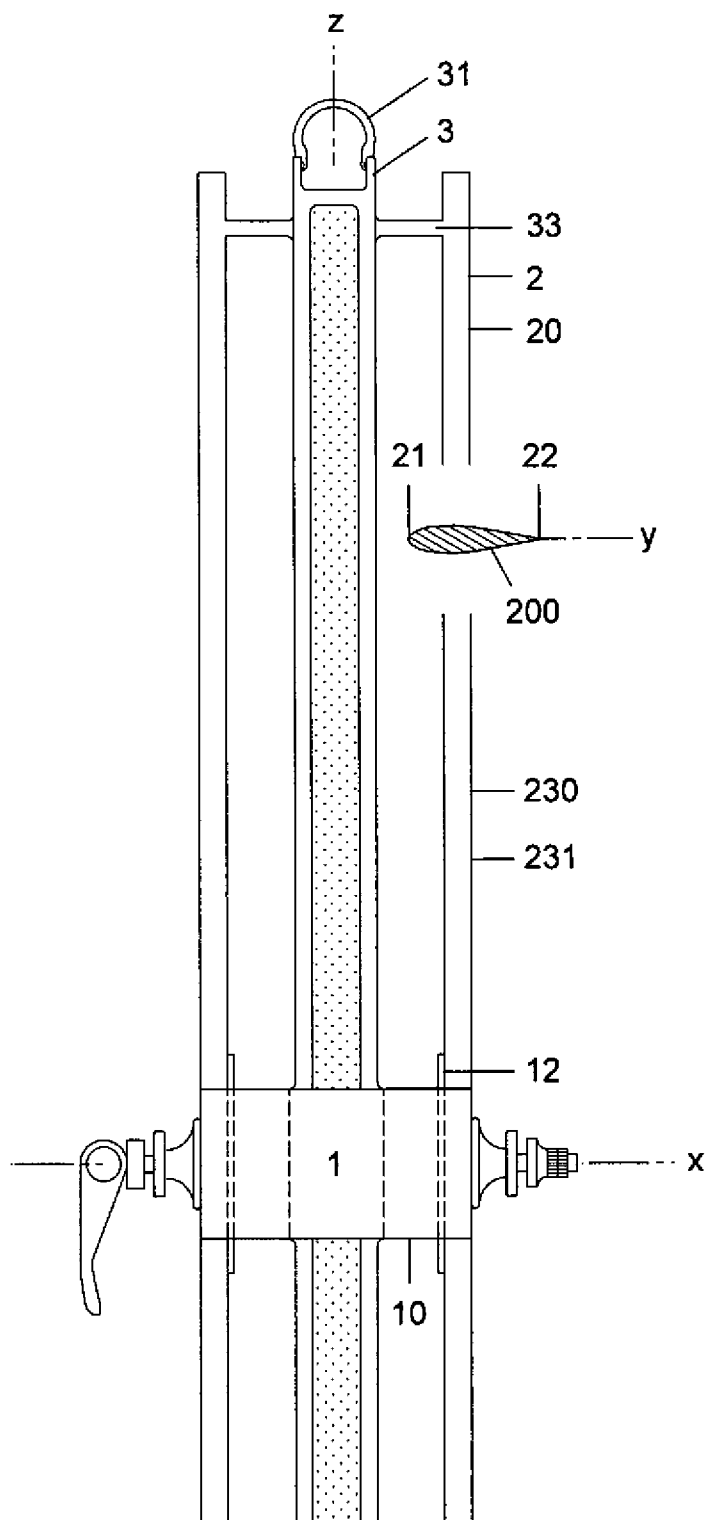


FIG.6

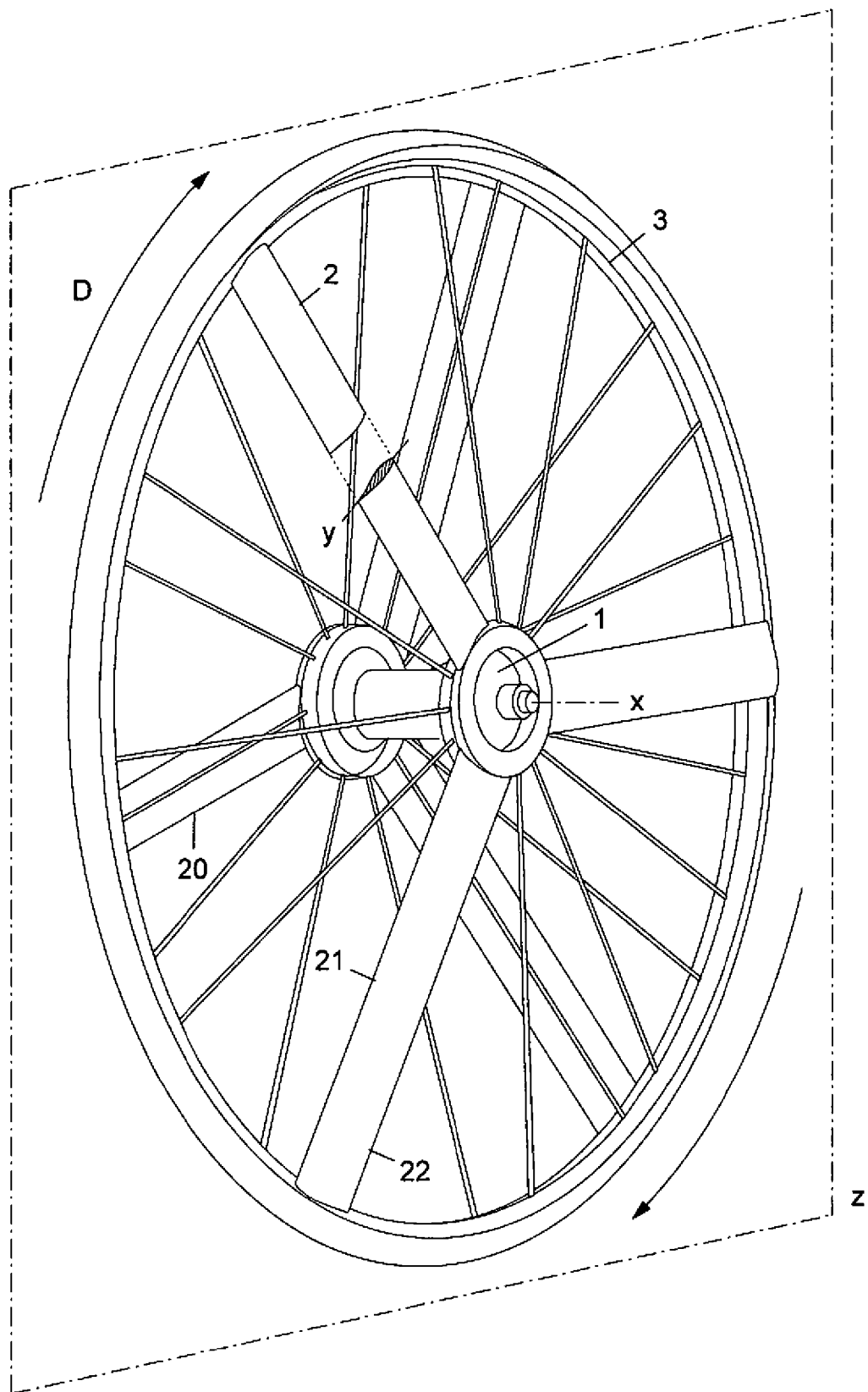


FIG.7

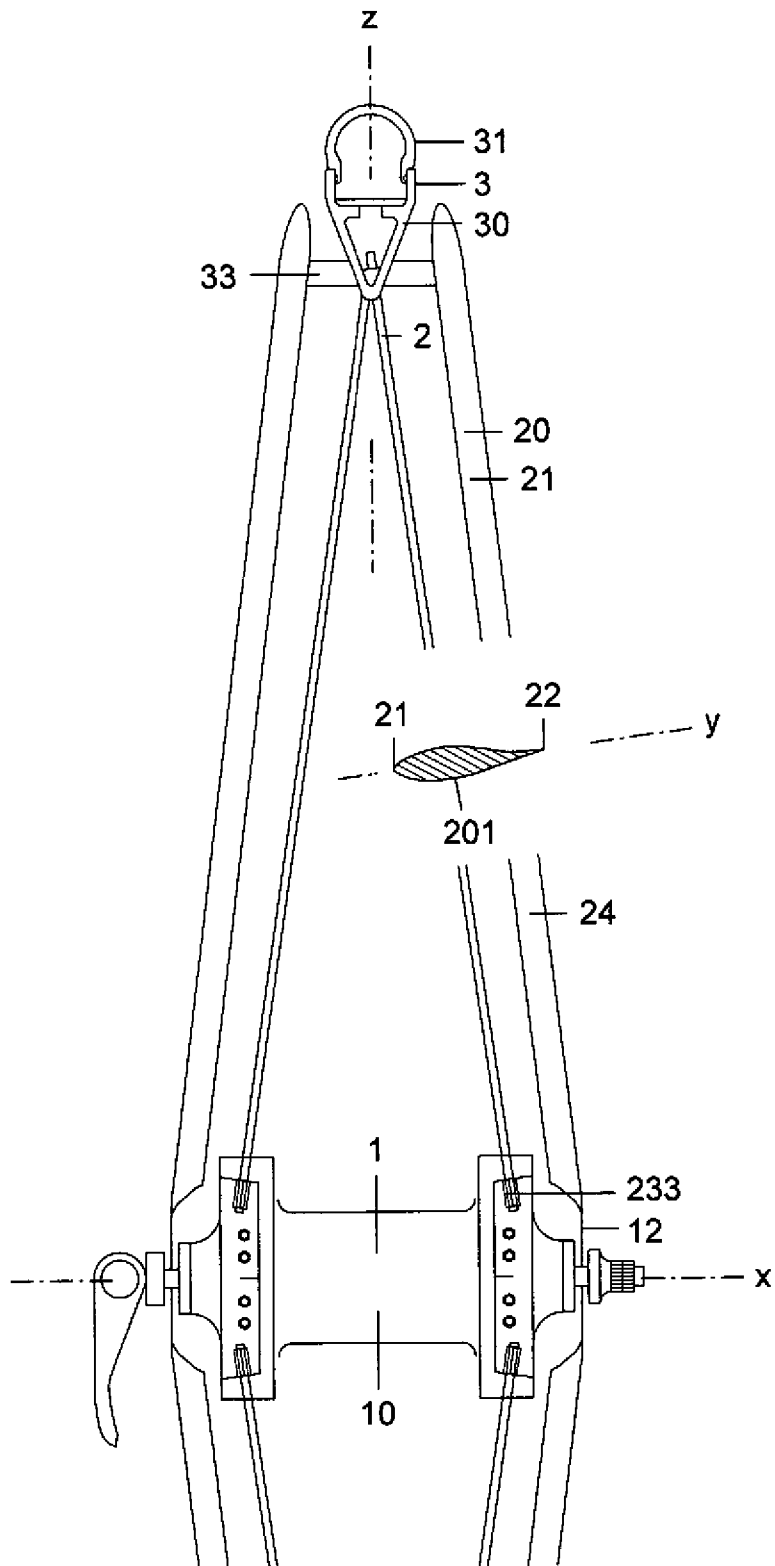
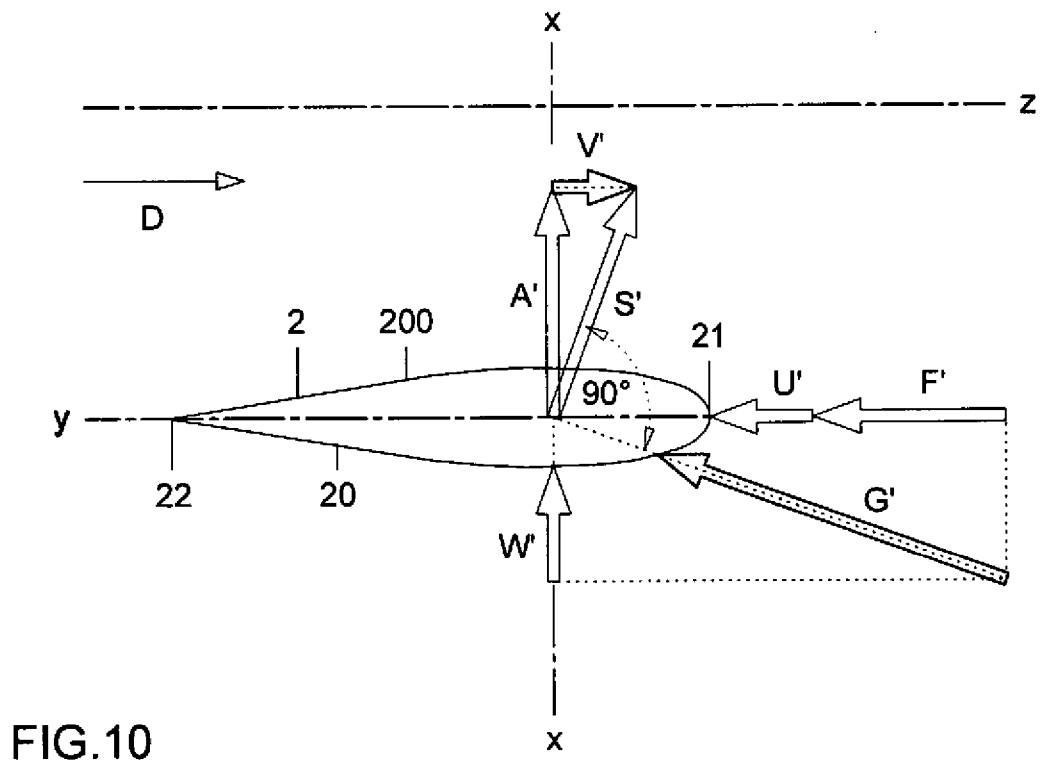
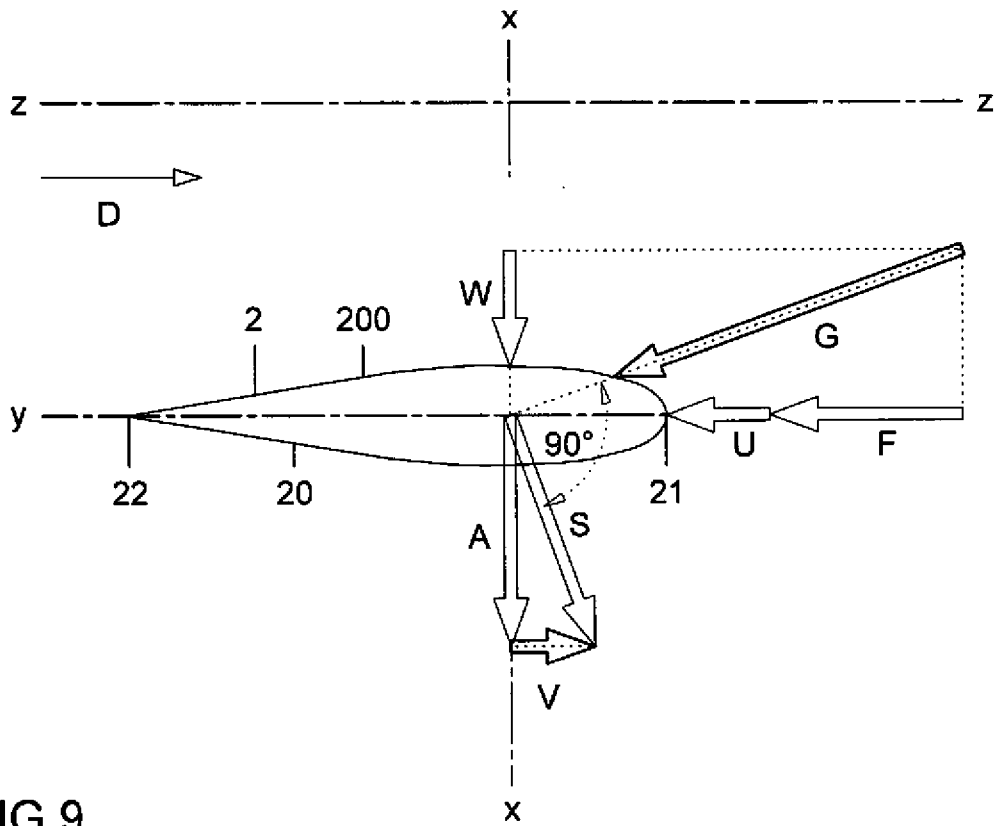


FIG.8



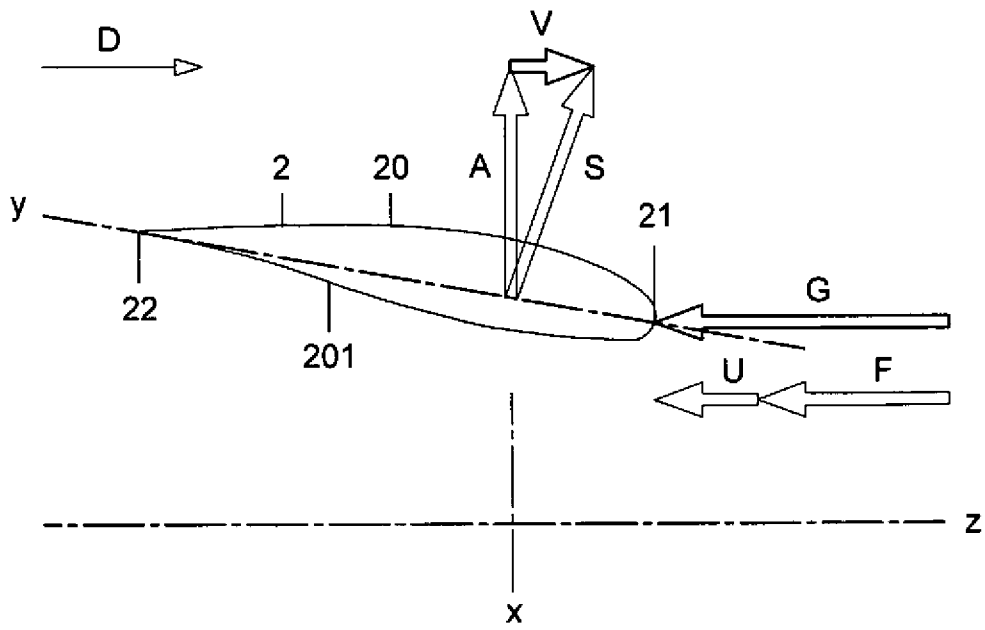


FIG. 11

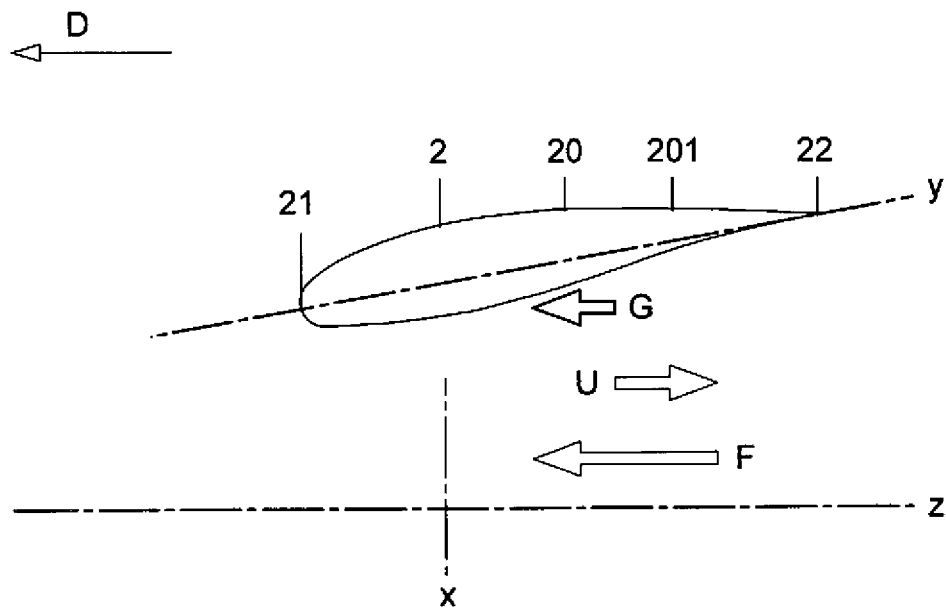


FIG. 12

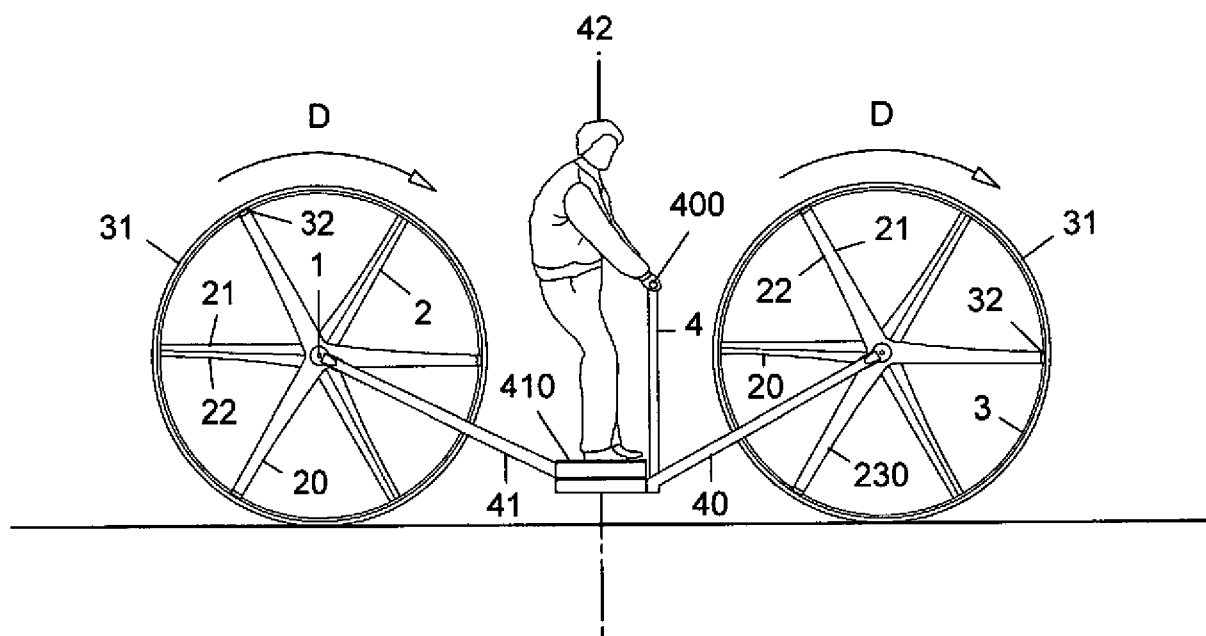


FIG. 13

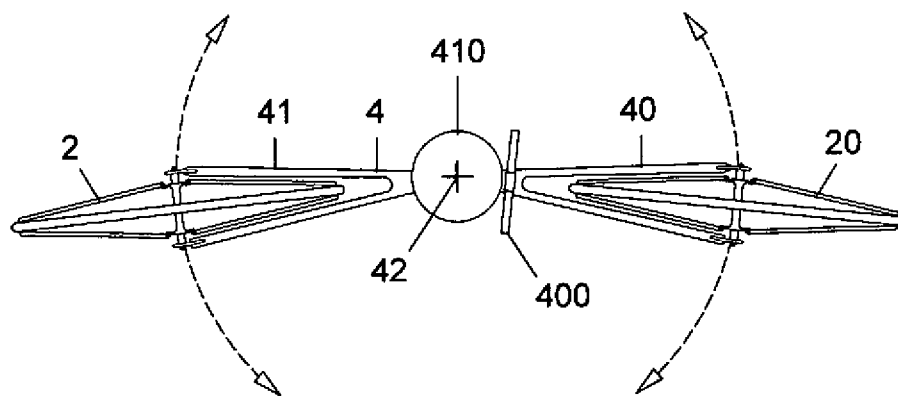


FIG.14