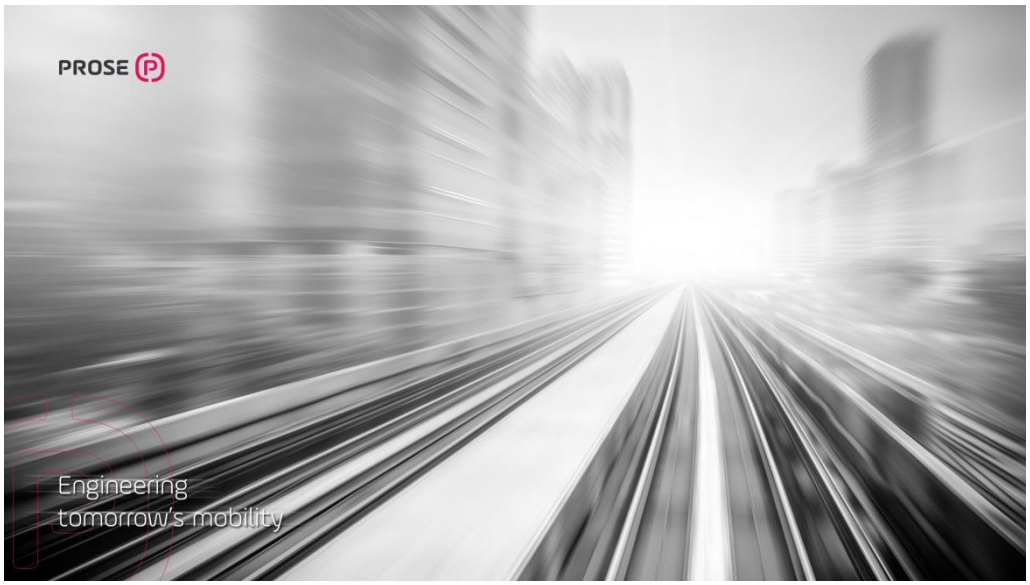
PROSE

Engineering
tomorrow's
mobility

Patentrecherche CFK Radsätze

Bericht



17.133.00 – EMPA Eidg.Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf
BAFU FRP wheelset

Erstellt	Geprüft	Freigegeben
F. Denisow	Dr. R. Paradies	C. Deiss

Dokumentnummer	Ausgabedatum	Revision	Revisionsdatum	Status
04-03-01687	15.01.2018	0.00	15.01.2018	Released

PROSE AG
Zürcherstrasse 41
8400 Winterthur
Schweiz

www.prose.one

Tel +41 52 262 74 00
Fax +41 52 262 74 01
info.winterthur@prose.one

Verteiler

Firma/Abteilung/Name	Bemerkungen
BAFU Empa Carbo-Link AG Prose Archiv	

Revisionsindex

	Ersteller	Prüfer	Freigebender	Datum
04-03-01687	F. Denisow	R. Paradies	C. Deiss	15.01.2018
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				

Modifikationen

Revision	Beschreibung

Dieses Dokument gibt Kenntnis von Gegenständen, an denen die PROSE AG, 8400 Winterthur (Schweiz), oder eines ihrer Tochterunternehmen Eigentumsrechte hat. Weder Erhalt noch Besitz dieses Dokuments verleihen oder übertragen das Recht, seinen Inhalt als Ganzes, einen Teil davon, eine darin enthaltene Information, oder irgendwelche Gegenstände oder Vorrichtungen zu kopieren oder bekannt zu machen oder irgendwelche Methoden oder Prozesse anzuwenden, ausser nach schriftlicher Genehmigung durch die PROSE AG, 8400 Winterthur (Schweiz) oder schriftlicher Vereinbarung mit dieser Firma.

Dieses Schreiben wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 4
2 Erfindung 4
3 Vorgehen 7
4 Ergebnisse 8
4.1 Verbundwerkstoff als Wellenmaterial 8
4.1.1 Detailanalyse Patentfamilie 1 9
4.1.2 Detailanalyse Patentfamilie 2 12
4.1.3 Detailanalyse Patentfamilie 3 14
4.2 Verbundwerkstoff als Radscheibenmaterial 15
4.2.1 Detailanalyse Patentfamilie 6 16
4.3 Schlagschutzvorrichtungen für Radsatzwellen 17
4.4 Rechtsstandanalyse 19
5 Zusammenfassung 20
6 Summary 21
7 Literatur 22
A Anhang 23
A.1 Deckblatt Patentfamilie 1 DE102014000641A1 23
A.2 Deckblatt Patentfamilie 2 CZ000000303295B6 24
A.3 Deckblatt Patentfamilie 3 EP000001308642B1 25
A.4 Deckblatt Patentfamilie 6 DE102011117444B4 26

1 Einleitung

Grundsätzlich ist Leichtbau für alle Körper interessant, die häufigen Antriebs- und Bremsvorgängen unterworfen sind. So können bei einer erfolgreichen Gewichtsreduzierung identische Fahreigenschaften entweder bei geringerem Energieverbrauch oder aber mit höherer Nutzlast realisiert werden. Speziell bei Schienenfahrzeugen ist man zusätzlich bestrebt, die sogenannte *ungefederte Masse* möglichst klein zu halten, da für diese sehr hohe Beschleunigungsamplituden auftreten [5], welche zudem entsprechend hohe strukturelle Belastungen zur Folge haben. Ein Radsatz stellt im Allgemeinen eine derartige Masse dar.

Die vorliegende Idee hat den Zweck, durch Einsatz von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) sowohl die Lärmentwicklung als auch die Masse des Radsatzes zu verringern (näheres hierzu in Kapitel 4). CFK ist bei Schienenfahrzeugen nur vereinzelt als Werkstoff anzutreffen, so bspw. bei Radsatzlenkern [6], Wagenkastenstrukturen oder Kupplungen [7]. Eine kommerzielle CFK-Realisierung für Radsätze ist nicht bekannt, nichtsdestotrotz sind vorhandene Patente vorstellbar. Als Grundlage einer späteren Vermarktung und/oder Patentierung wurde daher eine Patentrecherche durchgeführt, welche in diesem Bericht dokumentiert ist.

Im Folgenden wird das Konzept zum FRP wheelset (engl. *Radsatz aus faserverstärktem Kunststoff*) als «Erfindung» bezeichnet.

2 Erfindung

Radsätze bzw. die dort enthaltenen Bauteile werden im Allgemeinen aus Stahl gefertigt, beispielhafte Ausnahme sind aus Grauguss gefertigte Bremsscheiben [8]. Gegenüber Stahl kann der Werkstoff CFK in Abhängig der Faserstruktur und Belastungsart, deutlich höhere gewichtsspezifische Festigkeit aufweisen [9].

Grundlegende Idee der Erfindung ist, diese Eigenschaft durch die Fertigung einzelner Bauteile mittels des Werkstoffes CFK für eine Gewichtsminderung des Radsatzes zu nutzen. Anwendungsgebiet sind Güterwagen, eine abgewandelte Version für nicht angetriebene Personenwagen ist ebenso vorstellbar.

Umgesetzt wird dies, indem die Radsatzwelle (RSW) als CFK-Rohr ausgeführt wird. Sie wird in relevantem Masse nur mit Querkräften und den daraus resultierenden Biegemomenten belastet, welche als Normalspannungen in der RSW wirken. Die aus den Bremsmomenten entstehende Torsionsbeanspruchung wird unabhängig von der Radsatzwelle über zwei aus Stahl bestehende Torsionsrohre (analog zu Bremshohlwellen) geführt. Herkömmliche Radsatzwellen mit auf der Welle befestigten Bremsscheiben (Wellenbremsscheiben = WBS) sind auf alle genannten Arten beansprucht. Die Abbildung 2-1 verdeutlicht den Aufbau:

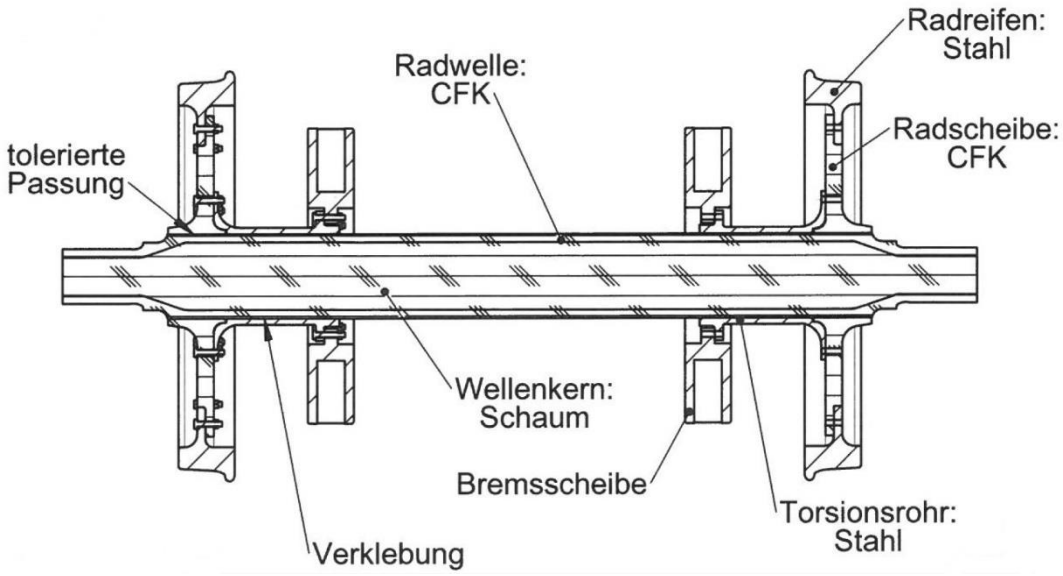


Abbildung 2-1: Längsschnitt FRP wheelset

Diese Ausführung hat den Vorteil, dass die Faserstruktur ohne Torsionsbeanspruchung belastungsgerechter ausgeführt werden kann und sich zusätzlich eine homogene Geometrie des CFK-Rohres ergibt. Beides sorgt in der Summe für einen vereinfachten Auslegungs- und Fertigungsprozess. Die Torsionsrohre stellen zusätzlich einen partiellen Schutz gegen Schotterflug oder Reinigungsmittel dar. Die Radscheiben werden ebenfalls aus CFK gefertigt und mit einem Stahlreifen bandagiert. In der Summe ist nun aufgrund der eingangs genannten Eigenschaft von CFK eine deutliche Gewichtsreduzierung zu erwarten.

Abschliessend werden die verschiedenen technischen Aspekte, die der Erfindung zugrunde liegen, noch einmal in Form einer Liste zusammengefasst. Sie können als Grundlage für spätere, deutlich ausformuliertere Patentansprüche genutzt werden.

1. Radsatz (eines Güterwagens) mit der Besonderheit, dass die Radsatzwelle als Verbindung beider Räder nicht hauptsächlich an der Übertragung von Torsionsmomenten beteiligt ist.

2. Der Punkt 1 wird dadurch erreicht, dass die zwei vorgesehenen Wellenbremsscheiben (WBS) auf zwei die Radsatzwelle teilweise umhüllenden Torsionsrohren angebracht sind. Diese sind direkt mit dem jeweilig benachbarten Rad verbunden, so dass in die Radsatzwelle am Sitz der WBS keine mechanischen Belastungen infolge Bremsen eingeleitet werden. Letztere sind bei nicht angetriebenen Radsätzen hauptsächlich für die Erzeugung von Torsionsbeanspruchungen verantwortlich.

3. Die Radsatzwelle entspricht einer Hohlwelle und wird aus CFK gefertigt, wobei das innere mit Schaum gefüllt ist. Aus Punkt 2 ergibt sich eine vergleichsweise homogene Geometrie dieser Welle, die sich daher effizient auslegen und fertigen lässt.

4. Die Torsionsrohre stellen ebenfalls Hohlwellen dar und werden konventionell aus Stahl gefertigt. Da sie hauptsächlich nur unter Torsionsbelastung stehen, können sie mit geringen Wandstärken und damit geringerem Gewicht ausgeführt werden.

5. Die Torsionsrohre sind an der Radscheibe befestigt, welche als Besonderheit ebenfalls aus CFK gefertigt ist.

6. Die Torsionsrohre schützen die CFK-Welle zumindest partiell gegen Schotterflug und aggressive Reinigungsmittel.

7. Die Nutzung von CFK als Werkstoff kann im Vergleich zu Stahl die Schallabstrahlung vermindern [4]. Beim konkreten Radsatz eine bedeutend geringere Lärmentwicklung erwartet.
8. Es ist davon auszugehen, dass das Gesamtsystem leichter als ein konventioneller Radsatz ist.

3 Vorgehen

Grundsätzlich steht bei der vorliegenden Patentanalyse der Aspekt der Vermarktung der Erfindung im Vordergrund. Da jedoch eine Patentierung der Erfindung nicht ausgeschlossen ist, wurde mit sekundärer Priorität versucht auch hierfür Relevantes zu finden.

Als Beispiel dieser Priorisierung sind Patente, die 20 Jahre oder älter sind, zu nennen. Diese bieten keinen Patentschutz mehr und sind daher für eine Vermarktung irrelevant. Für eine Patentierung hingegen würden sie an Relevanz gewinnen, da man klar eine Neuheit gegenüber dem älteren Patent nachweisen müsste. Aufgrund dessen werden diese in den Ergebnistabellen ebenfalls gelistet (ausser Kapitel 4.3). Auf einen detaillierten Abgleich der älteren Patentansprüche mit der Erfindung wurde jedoch im Hinblick auf die Priorität der Vermarktung verzichtet.

Aus den eingesehenen Vorgängen zur Patentprüfung wurde jedoch klar, dass, im Falle einer Anmeldung zur Patentierung, das Patentamt offensichtlich selber Entgegenhaltungen recherchiert. Dies bedeute folglich, dass der Arbeitsaufwand seitens des Anmelders u.U. sehr gering ist. Näheres zu den, teils Jahre andauernden, Anmeldungs- und damit einhergehenden Prüfvorgängen ist jedoch mit einem Patentanwalt zu klären.

Zu Beginn der Recherche wurde eine Begriffsfindung in deutscher und englischer Sprache durchgeführt, die im Speziellen für kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) zahlreiche Schreibweisen und Synonyme offenbart hat.

Als Hauptrechercheplattform wurde die Online-Datenbank DEPATISnet des deutschen Patent- und Markenamtes genutzt. Sie bietet die Möglichkeit, Suchkriterien mittels logischer Operatoren zu verknüpfen und Suchbegriffe durch Trunkierungen (Verkürzung eines Wortes bzw. Abkürzen eines Suchbegriffes) zu verallgemeinern. Die erarbeiteten Begriffe wurden mit diesen Mitteln in eine initiale, komplexe Suchanfrage überführt, mit derer ca. 2400 Fundstellen gefunden werden konnten.

Im nächsten Schritt wurden diese in ihrer technischen Relevanz gegenüber der Erfindung eingeordnet. Bei dieser Sichtung kam es zu zahlreichen, kleineren Nachtragsrecherchen, die im Folgenden gelistet sind:

- Suche der von DEPATISnet nicht verlinkten Patentdokumente auf den jeweiligen Nationalplattformen bzw. Google Patents (v.a. Osteuropa)
- Suchanfragen für Radsatzhersteller
- Suchanfrage für den Patentanmelder Prof. Dr. Werner Hufenbach (siehe Kapitel 4.4)
- Aufnahme der Patente, die in den bereits eingeordneten Patenten als Entgegenhaltungen bzw. Zitat aufgeführt sind und ebenfalls als relevant einzustufen sind
- Kontextbasierte Suche auf Google Patents

Alle auf DEPATISnet durchgeführten Suchanfragen und alle untersuchten Fundstellen sind diesem Dokument anhängig.

Im Anschluss wurden die bereits genannten und im Kapitel 4 (S. 8ff) dargestellten Abgleiche der Patentansprüche durchgeführt.

Abschliessend wurde für u.U. vermarktungsrelevante Patente auf den ausschlaggebenden Plattformen eine Analyse des Rechtsstandes vollzogen.

4 Ergebnisse

4.1 Verbundwerkstoff als Wellenmaterial

Die folgende Tabelle listet alle gefundenen Patente, deren Ansprüche eine Verwendung von Faserverbundwerkstoffen als Wellenmaterial behandeln. Alle Patente beschränken sich nicht nur auf CFK, sondern schliessen explizit auch andere Fasermaterialien ein.

Patente für Verwendung von Verbundwerkstoffen als Wellenmaterial

Patent-Familie	Veröffentlichungs-nummer	Anmelde-datum	IPC-Hauptklasse	Anmelder/Inhaber	Titel	Dok.	Kommentar
1	DE102014000641A1	16.01.2014	B61F 3/00	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung	Link	Eisenbahnbezug und zumindest teilweise konstruktive Überschneidungen
	CN000105939869A	09.01.2015	B60B 5/02	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	
	EP000003094499A1	09.01.2015	B60B 5/02	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	
	JP002017509546A	09.01.2015	B60B 37/06				
	KR102016110443A	09.01.2015	B60B 5/02	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	
	WO002015106958A1	09.01.2015	B60B 5/02	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung	Link	
2	CZ000020070516A3	03.08.2007	B61F 13/00	ŠKODA TRANSP S R O, CZ	Vehicle wheel set drive, particularly rail vehicle wheel set drive	Link	Eisenbahnbezug, CFK-Welle ist hier aussen und überträgt Antriebstorsion
	CZ000000303295B6	03.08.2007	B61F 13/00	ŠKODA TRANSP A S, CZ	Vehicle wheel set drive, particularly rail vehicle wheel set drive	Link	
3	AT000A17272001A	31.10.2001	F16C 1/02	SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH, AT	Hohlwelle		Kein ausdrücklicher Eisenbahnbezug und nur für reine Torsionsübertragung unter Änderung von Abständen und Winkeln
	AT000000411787B	31.10.2001	F16C 1/02	SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH, AT	Hohlwelle	Link	
	AT000000370344E	08.10.2002	F16D 3/72	SIEMENS TRANSPORTATION SYSTEMS, AT	Hohlwelle		
	EP000001308642B1	08.10.2002	F16D 3/72	SIEMENS TRANSPORTATION SYSTEMS, AT	Hohlwelle	Link	
	EP000001308642A3	08.10.2002	F16D 3/72	SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH, AT	Hohlwelle	Link	
	EP000001308642A2	08.10.2002	F16D 3/72	SIEMENS SGP VERKEHRSTECH GMBH, AT	Hohlwelle	Link	
4	JP000S57209402A	19.06.1981	B60B 35/04	HITACHI LTD	AXLE FOR ROLLING STOCK	Link	Eisenbahnbezug, jedoch auch Torsionsübertragung, abgelaufen
5	US000004173128A	23.05.1978	F16C 1/00	GRUMMAN AEROSPACE CORP, US	Composite drive shaft	Link	Kein direkter Eisenbahnbezug, abgelaufen, Relevanz eher zweifelhaft

Die Patentfamilien 1, 2 und 3 sind nicht abgelaufen, und damit u.U. vermarktungsrelevant. Im Folgenden werden daher für 1 und 3 die kritischen Patentansprüche in Bezug auf die Erfindung diskutiert. Für die Patentfamilie 2 steht keine Übersetzung des Patenttextes aus dem tschechischen zur Verfügung, daher kann hier nur ein Abgleich mit Abstract und der Illustration erfolgen.

Inwiefern ein technischer Bezug der untersuchten Patentfamilie (bzw. ihrer Ansprüche) zu der Erfindung einer Vermarktung oder Patentierung im Wege steht ist eine komplexe rechtliche Frage, die hier nicht abschliessend geklärt werden kann. Es werden jedoch Argumente für die Eigenständigkeit der Erfindung gegeben.

4.1.1 Detailanalyse Patentfamilie 1

Für diese Analyse wurde das deutsche Patent DE102014000641A1 zurate gezogen, da es durch das europäische Patentamt als Prioritätsdokument eingeordnet wird. Inwieweit sich die Patentansprüche in dem chinesischen, koreanischen und japanischen Patent möglicherweise unterscheiden, konnte aufgrund fehlender Übersetzungen nicht geprüft werden. Es ist aber eher nicht mit Abweichungen zu rechnen.

Zuerst ist bereits anhand des Namens «Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung» ein eindeutiger Bezug zu Schienenfahrzeugen gegeben. Auch zeigt die Eingangsgrafik (siehe Abbildung 4-1) für den Wellenkörper bereits eine Verbundwerkstoff-struktur, welche in den Patentansprüchen noch weiter spezifiziert wird.

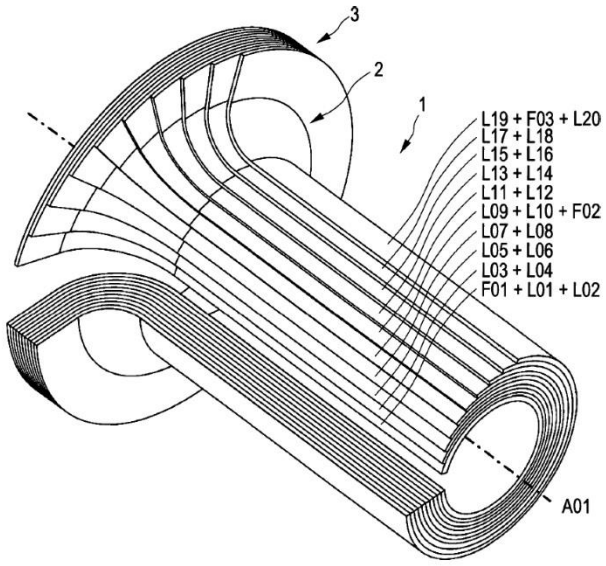


Abbildung 4-1: INNOTEC-Patent – Wellenkörper mit Körperwandung

Im Folgenden werden nun alle 24 Patentansprüche auf Bezug zur Erfindung untersucht. Hierbei werden diese der Übersichtlichkeit halber nicht vollständig niedergeschrieben:

1. Der erste Teil dieses Anspruches beschreibt einen Wellenkörper, der Belastungen über einen «Lastkopplungsabschnitt» (3, siehe Abbildung 4-1), aus- bzw. einleitet. Einen derartigen Flansch bzw. Absatz besitzt die CFK-Welle der Erfindung nicht, jedoch könnte die aufgesetzte CFK-Radscheibe als dieser interpretiert werden. Im Punkt 9 findet sich jedoch eine Argumentation gegen diese Interpretation.

   Der zweite Teil beansprucht nun, dass dieser Wellenkörper aus jeglichem Faserverbund-werkstoff bestehen kann, was den in der Erfindung genutzten CFK einschliesst. Da Materialien, die im Wesentlichen metallisch sind, explizit ausgeschlossen sind, hat das Torsionsrohr der Erfindung keinen Bezug zu diesem Patent.

Zusammengefasst scheint hier zumindest teilweise ein Bezug zur CFK-Welle der Erfindung zu bestehen bzw. ist konstruierbar.

2. Es wird beschrieben, dass der Wellenkörper rotationssymmetrisch ist und einen mit Luft gefüllt Hohlraum umschliesst. Während der erste Teil für jede Radsatzwelle (näherungsweise) gilt, stellt der zweite Teil einen deutlichen Unterschied zur Erfindung dar, da die Hohlwelle dort mit Schaum gefüllt ist.

3. Dieser Anspruch beschreibt, dass der Wellenkörper zwei «Lastkopplungsabschnitte» an den Enden besitzt (vgl. 5a in Abbildung 4-2). Der Bezug hängt hier wieder davon ab, ob die Radscheiben als solche «Lastkopplungsabschnitte» zu interpretieren sind.

4. Dieser handelt von der Verbindung dieser «Lastkopplungsabschnitte» zu den Rädern und hängt wiederum von der Interpretation der Radscheibe der Erfindung ab, siehe Punkt 9.

5. Hier wird beschrieben, dass der Wellenkörper weitere «Lastkopplungsabschnitte» in der Mitte besitzen kann (siehe 5b in Abbildung 4-3), was im klaren Gegensatz zur Erfindung steht.

6. Dieser Anspruch führt aus, dass die genannten «Lastkopplungsabschnitte» zur Verbindung mit Funktionsbauteilen dienen, welche da wären: Teile der Bremseinrichtung (Bauteile 6x in Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3), Räder, Radsatzwellenlager, Teile einer Antriebseinrichtung. Die CFK-Welle der Erfindung ist nicht für die (direkte) Verbindung mit einer Brems- oder Antriebseinrichtung vorgesehen. Die Radsatzwellenlager werden in der Erfindung nicht über Flansche verbunden, sondern laufen direkt auf den CFK-Wellenenden. Daher ist Bezug zur Erfindung exakt wie für den Anspruch 4 geartet.

7. Es wird die Zusammensetzung der Welle in axialer Richtung aus mehreren Wellenkörpern beschrieben (Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3), was in der Erfindung klar nicht der Fall ist.

8. Auch dieser Anspruch handelt von mehreren, axial verbundenen Wellenkörpern und ist daher nicht relevant.

9. Hier wird der Begriff «Lastkopplungsabschnitt» noch einmal genauer als Durchmesser-vergrösserung eines sonst weitestgehend konstanten Durchmessers definiert. Betrachtet man die CFK-Welle der Erfindung, so ist dieser wesentliche Durchmesser gleichzeitig auch der grösste. Anhand dieses Anspruches kann also argumentiert werden, dass die Erfindung einen derartigen «Lastkopplungsabschnitt» nicht aufweist.

10. Dieser Anspruch beschreibt einen axial stetigen Übergangsbereich (2, siehe Abbildung 4-1) zur Änderung des Wellendurchmessers, der nicht auf Vergrösserung beschränkt ist. Auf der CFK-Welle der Erfindung ist ein solcher Bereich bei den Durchmesserabnahmen hin zu den Wellenenden zu finden, daher kann hier ein Bezug gegeben sein.

11. Es wird der genannte Übergangsbereich erneut aufgegriffen und die «Einstückigkeit» betont, was auf der CFK-Welle der Erfindung ebenfalls der Fall ist.

12. Der genannte «Lastkopplungsabschnitt» kann als Flansch und/oder mit Bohrung ausgeführt sein. Betrachtet man die Radscheibe der Erfindung als «Lastkopplungs-abschnitt», so finden sich hier auch Bohrungen und ein Bezug wäre demnach gegeben. Es ist jedoch auch die Argumentation aus Punkt 9 zu beachten.

13. Dieser Anspruch befasst sich mit Sensorik und ist daher in Bezug auf die Erfindung irrelevant.

14. Siehe Punkt 13

15. Siehe Punkt 13

16. Dieser Anspruch beschäftigt sich mit der Faserstruktur, welche für die Erfindung bisher nicht spezifiziert ist.
17. Siehe Punkt 16
18. Siehe Punkt 16
19. Siehe Punkt 16
20. Siehe Punkt 16
21. Der Anspruch beschreibt noch einmal eindeutig, dass es sich um eine Radsatzwelle für Schienenfahrzeuge handelt.
22. Es wird das Verfahren zur Herstellung des Wellenkörpers erläutert, welches analog zu Punkt 16 bisher nicht spezifiziert ist.
23. Siehe Punkt 13
24. Der Anspruch spezifiziert die mit dem Radsatz mögliche Fahrgeschwindigkeit auf über 100 km/h. Da Güterzüge mit bis zu 120 km/h verkehren, ist ein Bezug zur Erfindung u.U. gegeben.

Zusammengefasst lassen sich zu den meisten Patentansprüchen Argumente gegen einen Bezug zur Erfindung finden. Unabhängig der durchgeführten Anspruchsabgleiche besitzt die CFK-Welle der Erfindung darüber hinaus zwei Merkmale, die sie deutlich von dem untersuchten Patent unterscheiden:

- Keine bzw. nicht hauptsächliche Übertragung von Torsionsmomenten
- Homogene Geometrie

Im Folgenden die dem Patent entnommenen, wesentlichen Abbildungen:

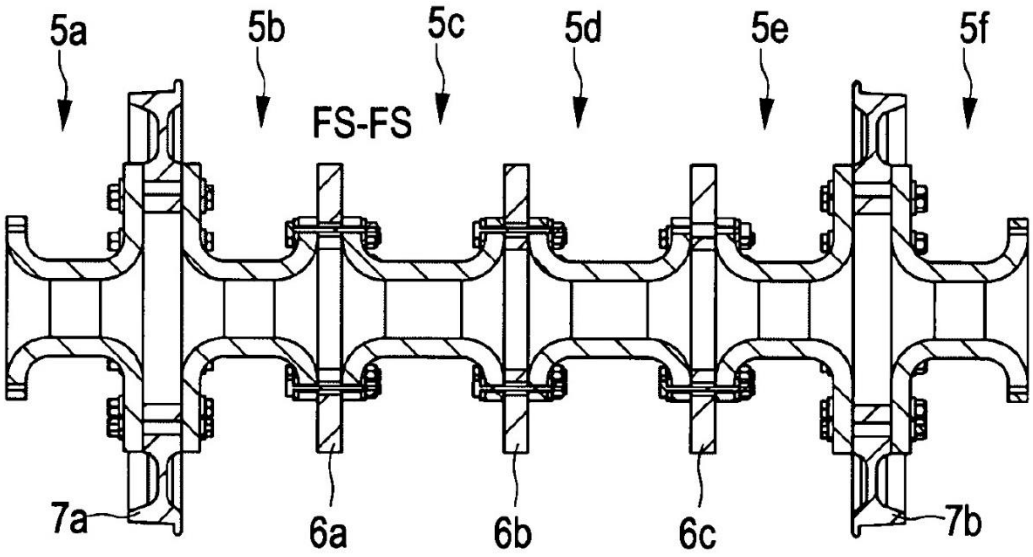


Abbildung 4-2: INNOTEC-Patent – Radsatz 1

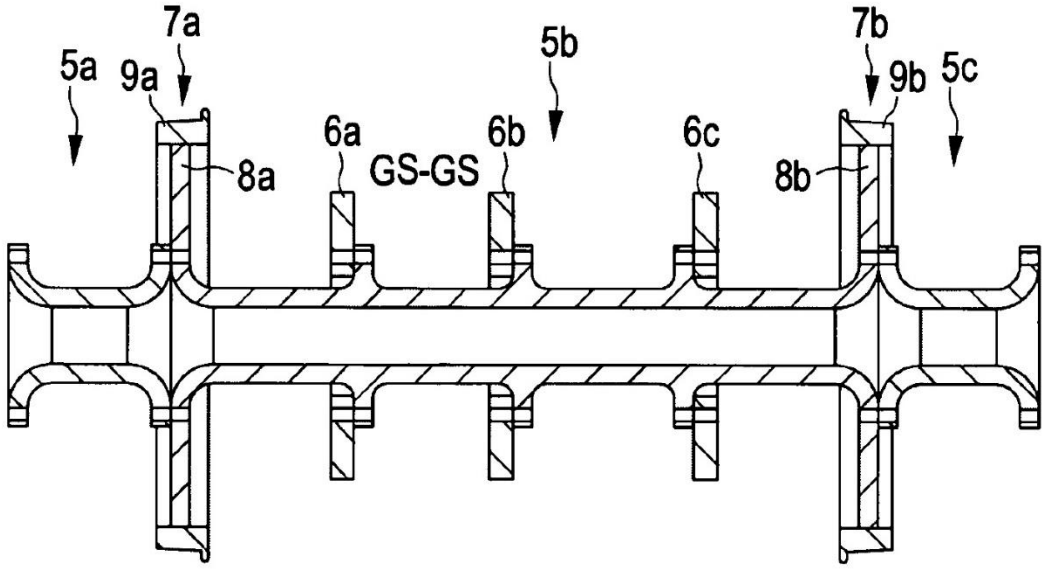


Abbildung 4-3: INNOTEC-Patent – Radsatz 2

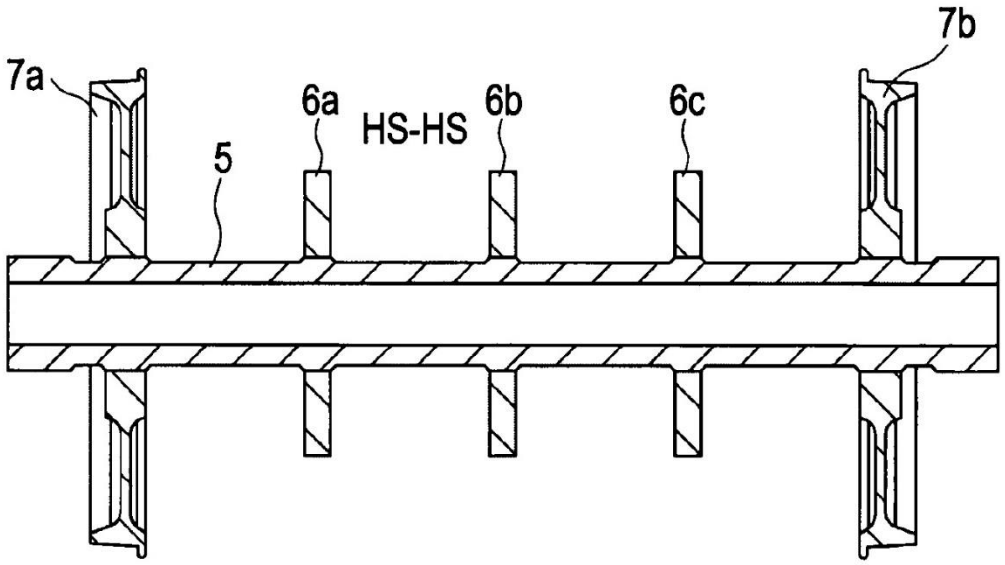


Abbildung 4-4: INNOTEC-Patent – Radsatz 3

4.1.2 Detailanalyse Patentfamilie 2

Für diese Analyse wurde das Patent CZ000000303295B6 zurate gezogen, da es durch das tschechische Patentamt als das ausschlaggebende eingeordnet wird. Auch ist nur zu diesem Patent ein englischer Abstract zu finden.

Für dieses Patent ist ebenfalls am Namen und der Abbildung 4-5 sowie Abbildung 4-6 ein eindeutiger Bezug zu Schienenfahrzeugen zu erkennen. Der Abstract lautet:

“The vehicle wheel set drive, particularly rail vehicle wheel set drive according to the present invention comprises a hollow shaft (1) provided with balancing elements (2). A wheel set axle (3) passes with a clearance through the hollow shaft (4). At least a portion of the hollow shaft (1) and/or the balancing elements (2) is made of composite material. So for example, middle section of the hollow shaft (1) is made of composite material and is fixedly coupled with the balancing elements (2), or the balancing elements (2) are formed by a bellows of composite material.”

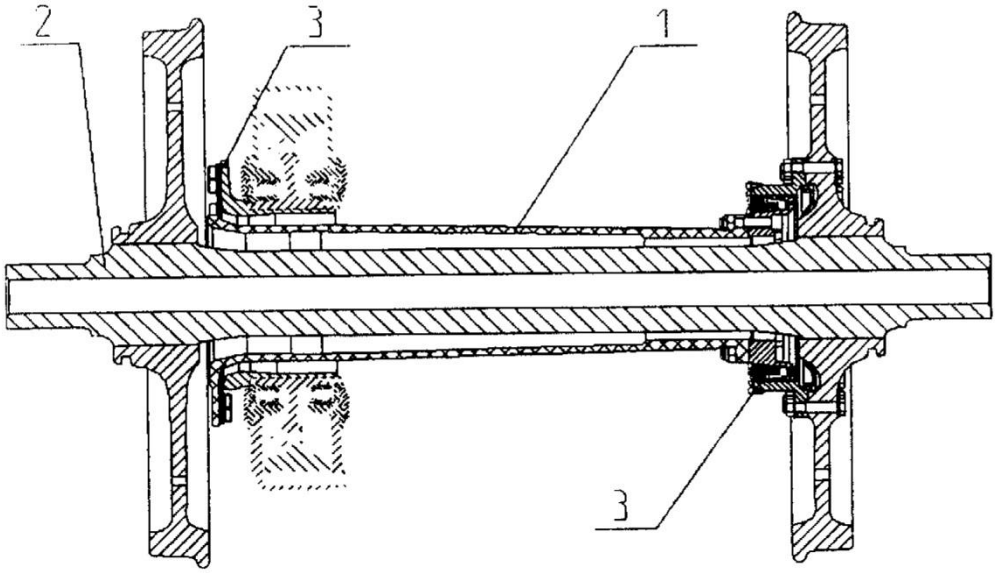


Abbildung 4-5: Skoda-Patent – Radsatz 1

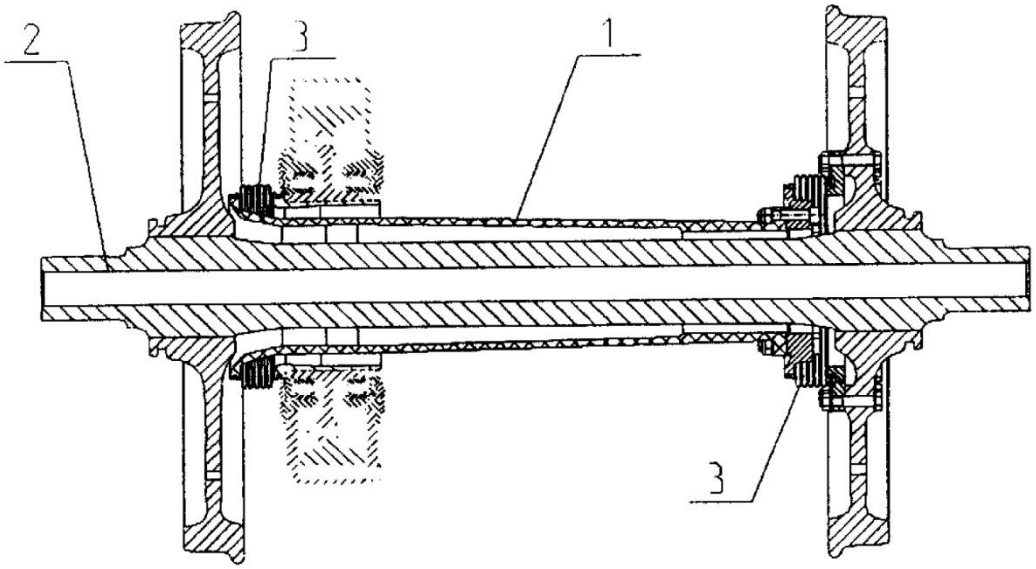


Abbildung 4-6: Skoda-Patent – Radsatz 2

Vergleicht man den englischen Abstract mit den Abbildungen, so werden Fehler in der Nummerierung von ersterem klar. Die korrigierte Zuordnung lautet:

- *hollow shaft* → (1)
- *wheel set axle* → (2)
- *balancing elements* → (3)

Der Abstract beinhaltet das Wort *„composite material“*, welches hier als CFK einschliessend gewertet wird. Mithilfe dessen und der Korrektur kann nun folgendes aus dem Abstract geschlossen werden:

- Die CFK-Welle umgibt die innere Stahlwelle und liegt damit vollständig aussen.
- Die CFK-Welle überträgt Torsionsmomente (aus Antrieb).
- Die innere Welle überträgt, eingeleitet am rechten Radsatz, ebenfalls Torsionsmomente und besteht aus Stahl.

- Es sind, wenn überhaupt, nur Radbremsscheiben vorgesehen. (Dies ist aus den Bohrungen im Radsteg zu erkennen.)

Alle vier Punkte stehen nun im Gegensatz zu den Ausführungen der Erfindung. Daher wird es als sehr unwahrscheinlich eingestuft, dass durch diese Patentfamilie eine Vermarktung oder Patentierung verhindert werden würde. Zudem sind derartige Hohlwellenkonzepte für Antrieb und/oder Bremse bereits seit Jahrzehnten im Einsatz (z.B. ICE 1 [10]) und können daher als Stand des Wissens angesehen werden.

4.1.3 Detailanalyse Patentfamilie 3

Für diese Analyse wurde das europäische Patent EP000001308642B1 zurate gezogen, da es das abschliessend gewährte Patent darstellt (zu erkennen an der Endung «B1»). Damit stellt es auch das in der Patentfamilie einzig ausschlaggebende Patent dar.

Ein ausschliesslicher Bezug auf Schienenfahrzeuge ist nicht gegeben, jedoch erwähnt die (für den Patentschutz irrelevante) Patentbeschreibung U- und S-Bahnen als Beispiel von Fahrzeugen, die von derartigen Antriebswellen profitieren könnten. Abbildung 4-7 zeigt das Konzept:

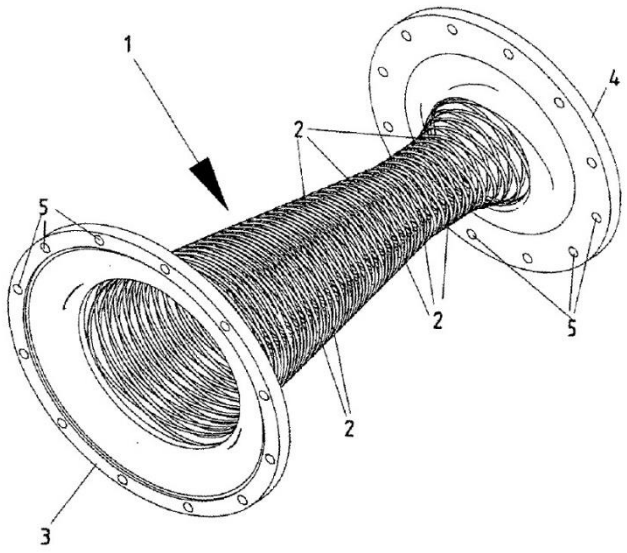


Abbildung 4-7: Siemens-Patent - Hohlwelle

Bereits aus dem Abgleich mit dem ersten Anspruch wird erkenntlich, dass auch dieses Patent keine spezielle Relevanz für eine Vermarktung oder Patentierung der Erfindung hat:

- Das Wort „Antriebswelle“ beschreibt in der Regel ein Bauteil, welches Antriebsmomente überträgt und häufig durch ein Getriebe getrennt vom Radsatz ist. Die Erfindung beschreibt jedoch explizit eine CFK-Radsatzwelle ohne Einleitung von antreibenden Momenten.
- Die Übertragung des Momentes geschieht zwischen zwei Orten, die sich in ihrer Relativstellung ändern. Dies ist in der Erfindung weder zwischen den Radscheiben (CFK-Welle) noch zwischen Brems- und Radscheibe (Torsionsrohr) in relevantem Masse der Fall.

Hinzukommt, dass sich mittels der patentierten Lösung konstruktiv keine Längs-, Querkräfte oder Biegemomente in relevantem Masse übertragen lassen, was funktional im starken Gegensatz zur CFK-Welle der Erfindung steht.

4.2 Verbundwerkstoff als Radscheibenmaterial

Die folgende Tabelle listet alle gefundenen Patente, deren Ansprüche eine Verwendung von Faserverbundwerkstoffen als Radscheibenmaterial behandeln. Bis auf die Patentfamilie 6 ist der Patentschutz aller Familien abgelaufen.

Patente für Verwendung von Verbundwerkstoffen als Radscheibenmaterial

Patent-Familie	Veröffentlichungs-nummer	Anmelde-datum	IPC-Hauptklasse	Anmelder/Inhaber	Titel	Dok.	Kommentar
6	DE102011117444B4	31.10.2011	B60B 17/00	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V, NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH	Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug	Link	Mittel, da Hauptanspruch die Verzahnung und nicht das Material ist. Material ist Claim 12
	DE102011117444A1	31.10.2011	B60B 17/00	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V, NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH	Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug	Link	
7	EP000000800932B1	12.04.1996	B60B 17/00	RADSATZFABRIK ILSENBURG GMBH, DE	Scheibenrad, insbesondere für Schienenfahrzeuge	Link	Mittel, da auch hier Schaumstoff als Zwischenmaterial und abgelaufen
	EP000000800932A1	12.04.1996	B60B 17/00	RADSATZFABRIK ILSENBURG GMBH, DE	Scheibenrad, insbesondere für Schienenfahrzeuge	Link	
8	DE000003814345C2	28.04.1988	B60B 5/02	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Schienenrad	Link	Mittel, da Schaumstoff als Zwischenmaterial und abgelaufen
	DE000003814345A1	28.04.1988	B60B 5/02	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Schienenrad	Link	
9	DE000003119500C2	15.05.1981	B60B 17/00	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Drehbarer Körper, insbesondere Schienenrad	Link	Mittel, da Schaumstoff als Zwischenmaterial und abgelaufen
	DE000003119500A1	15.05.1981	B60B 3/00	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Drehbarer Körper, insbesondere Schienenrad	Link	
	DE000003143845C2	05.11.1981	F16C 15/00	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Drehbarer Körper, insbesondere Schienenrad	Link	
	DE000003143845A1	05.11.1981	F16C 15/00	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Drehbarer Körper, insbesondere Schienenrad	Link	
	EP000000065086A1	12.03.1982	B60B 5/02	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	Drehbarer Körper, insbesondere Schienenrad	Link	
	AU000008368582A	13.05.1982	B60B 5/02	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	WHEEL	Link	
	JP000S57194101A	15.05.1982	B60B 5/02	Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH	REVOLVING BODY	Link	

4.2.1 Detailanalyse Patentfamilie 6

Für diese Analyse wurde das deutsche Patent DE102011117444B4 zurate gezogen, da es das abschliessend gewährte Patent darstellt (zu erkennen an der Endung «B4»). Damit stellt es auch das in der Patentfamilie einzig ausschlaggebende Patent dar.

Der Bezug zu Schienenfahrzeugen ist klar durch den Titel und die Abbildung 4-8 gegeben.

Zwar besteht der Radteller (8) gemäss Anspruch 12 zumindest teilweise aus einem Faserverbundwerkstoff (CFK eingeschlossen) und steht damit in Analogie zur Radscheibe der Erfindung. Aufgrund folgender Aspekte des ersten Patentanspruches hat dieses Patent trotzdem mit hoher Wahrscheinlichkeit keine spezielle Relevanz für eine Vermarktung oder Patentierung der Erfindung:

- Der Anspruch besagt, dass Radteller (8) und Radkranz (4) formschlüssig miteinander verbunden sind. In der Erfindung sind jedoch Radscheibe und Rad kraftschlüssig durch die Vorspannkraft von Schrauben verbunden.
- Selbst wenn die Schraubverbindung der Erfindung als formschlüssig eingeordnet wird, steht dieser Formschluss in deutlichem Unterschied zu der im untersuchten Patent vorgesehenen Verzahnung (in Abbildung 4-8 zu erkennen durch die unterschiedlichen Radien des Radtellers (8)).

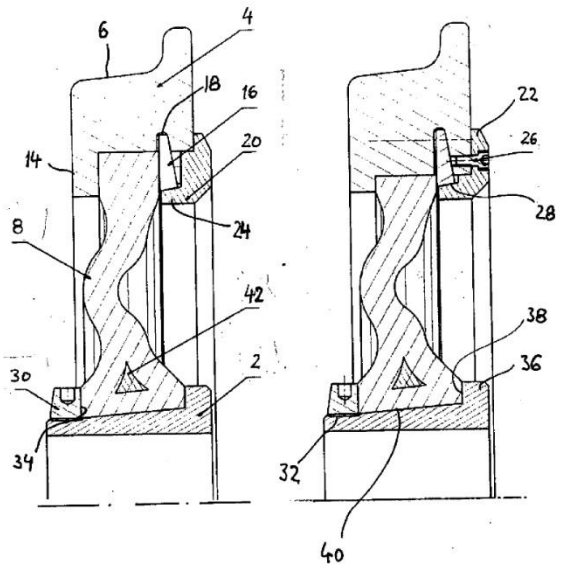


Abbildung 4-8: Fraunhofer-Patent – Radscheibe mit Rad

4.3 Schlagschutzvorrichtungen für Radsatzwellen

Im Zuge der Recherche konnten auch Patente im Zusammenhang mit Schlagschutzvorrichtungen auf Radsatzwellen gefunden werden. Diese sind in den folgenden zwei Tabellen dargestellt.

Dies ist u.a. von Interesse, da im Betrieb Radsatzwellen von aufgewirbelten Schottersteinen getroffen werden. Selbst bei einem sich nur vertikal bewegenden Stein kann die Relativgeschwindigkeit zur Welle bis zu 120 km/h bei Güterzügen erreichen [1]. Der in der Erfindung vorgesehene Werkstoff CFK ist nun besonders schlagempfindlich [2], erschwerend kommt für dieses Material eine schwierige Schadensdetektion hinzu [3]. Die Notwendigkeit der Konstruktion einer Schutzvorrichtung scheint daher zumindest vorstellbar. Ausserdem stellen die vorgesehenen Torsionsrohre auf Teillängen bereits eine solche Schutzvorrichtung dar.

Aufgrund der Einschätzung, dass eine erschöpfende Suche aufwendig und diese Aspekte zum aktuellen Stand der Erfindung sekundär sind, sind die dargestellten Ergebnisse jedoch rein informativ. Es wurde keine weitergehende Recherche mittels eigener Suchtexte oder Entgegenhaltungen, kein Abgleich der jeweiligen Patentansprüche mit der Erfindung sowie keine Rechtsstandanalyse vollzogen.

Die Anbindung von Wellenbremsscheiben mit einer Bremshohlwelle ist bereits seit Jahrzehnten Stand der Dinge (z.B. ICE 1 [10]) und wird daher als nicht mehr patentwürdig angesehen.

Patente für Schlagschutzvorrichtungen auf einer Radsatzwelle, Teil 1

Patent-Familie	Veröffentlichungs-nummer	Anmelde-datum	IPC-Hauptklasse	Anmelder/Inhaber	Titel	Dok.
10	DE202014002014U1	07.03.2014	B61F 19/00	GMT Gummi-Metall-Technik GmbH	Radsatzwellenschutz	Link
	DE202014008476U1	23.10.2014	B61F 19/00	GMT Gummi-Metall-Technik GmbH	Radsatzwellenschutz	Link
	EP000003114003A1	05.03.2015	B61F 19/00	GMT Gummi-Metall-Technik GmbH	Radsatzwellenschutz	Link
	WO002015131873A1	05.03.2015	B61F 19/00	GMT Gummi-Metall-Technik GmbH	Radsatzwellenschutz	Link
11	DE102012205220A1	30.03.2012	B61F 19/04	Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE	Steinschlagschutzanordnung und Schienenfahrzeug mit einer Steinschlagschutzanordnung	Link
	CA000002868638A1	28.03.2013	B61F 19/00	SIEMENS AG, DE	STONE IMPACT PROTECTION ARRANGEMENT AND RAIL VEHICLE WITH A STONE IMPACT PROTECTION ARRANGEMENT	Link
	CN000204801811U	28.03.2013	B61F 19/00	SIEMENS AG	Rubble striking protector and rail vehicle who has rubble striking protector	Link
	EP000002802501A1	28.03.2013	B61F 19/00	SIEMENS AG, DE	STEINSCHLAGSCHUTZANORDNUNG UND SCHIENENFAHRZEUG MIT EINER STEINSCHLAGSCHUTZANORDNUNG	Link
	US020150059612A1	28.03.2013	B61D 15/06	SIEMENS AG, DE	STONE IMPACT PROTECTION ARRANGEMENT AND RAIL VEHICLE WITH A STONE IMPACT PROTECTION ARRANGEMENT	Link
	WO002013144271A1	28.03.2013	B61F 19/00	SIEMENS AG, DE	STEINSCHLAGSCHUTZANORDNUNG UND SCHIENENFAHRZEUG MIT EINER STEINSCHLAGSCHUTZANORDNUNG	Link
12	ITBS0020100147A	31.08.2010		LUCCHINI RS S P A	RIVESTIMENTO PROTETTIVO PER SALE MONTATE FERROVIARIE E METODO DI APPLICAZIONE	
	CN000103068937B	31.08.2011	C09D 5/08			Link
	CN000103068937A	31.08.2011	C09D 5/08	LUCCHINI RS S P A	Protective covering for railway wheel sets and method of application	Link
	EP000002611871A1	31.08.2011	C09D 5/08	LUCCHINI RS S P A, IT	SCHUTZABDECKUNG FÜR EISENBAHNREIFENSÄTZE UND ANWENDUNGSVERFAHREN	Link
	JP002013544196A	31.08.2011	B32B 27/38			
	JP000005945878B2	31.08.2011	B32B 27/38			Link
	WO002012029085A1	31.08.2011	C09D 5/08	CERVELLO STEVEN, IT; LUCCHINI RS S P A, IT; SALA DIMITRI	PROTECTIVE COVERING FOR RAILWAY WHEEL SETS AND METHOD OF APPLICATION	Link

	ZA000201300709B	28.01.2013		LUCCHINI RS SPA, IT	PROTECTIVE COVERING FOR RAILWAY WHEEL SETS AND METHOD OF APPLICATION	
	MA000000034478B1	18.02.2013	C09D 5/08	LUCCHINI RS S P A, IT	REVÊTEMENT PROTECTEUR POUR ESSIEUX MONTÉS DE VÉHICULE FERROVIAIRE ET PROCÉDÉ D'APPLICATION	
13	DE102010022594A1	31.05.2010	B61F 19/00	Siemens Aktiengesellschaft	Radsatzwelle für ein schienengebundenes Fahrzeug mit Steinschlagschutz und Verfahren zu deren Herstellung	Link
	CN000103003127B	19.05.2011	B61F 5/50			Link
	CN000103003127A	19.05.2011	B61F 5/50	SIEMENS AG	Bogie shaft for a railway vehicle having a stone guard and method for producing same	Link
	EP000002576313A1	19.05.2011	B61F 5/50	SIEMENS AG	RADSATZWELLE FÜR EIN SCHIENENGEBUNDENES FAHRZEUG MIT STEINSCHLAGSCHUTZ UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG	Link
	RU002012157309A	19.05.2011	B61F 5/50		ОСЬ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ДЛЯ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, СНАБЖЕННАЯ ЗАЩИТОЙ ОТ УДАРОВ КАМНЕЙ, И СПОСОБ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ	Link
	RU000002570525C2	19.05.2011	B61F 5/50	SIEMENS AG	RAIL VEHICLE WHEELPAIR AXLE PROVIDED WITH PROTECTION AGAINST SHOTS WITH STONES AND METHOD FOR ITS MANUFACTURING	Link
	US020130207409A1	19.05.2011	B60B 35/00	LUEBBEN EDZARD, DE; SIEMENS AG, DE; STIER OLIVER, DE	BOGIE SHAFT FOR A RAILWAY VEHICLE HAVING A STONE GUARD AND METHOD FOR PRODUCING SAME	Link
	US000009315072B2	19.05.2011	B60B 35/00	LÜBBEN EDZARD, DE; SIEMENS AG, DE; STIER OLIVER, DE	Bogie shaft for a railway vehicle having a stone guard and method for producing same	Link
	WO002011151195A1	19.05.2011	B61F 5/50	LUEBBEN EDZARD, DE; SIEMENS AG, DE; STIER OLIVER, DE	RADSATZWELLE FÜR EIN SCHIENENGEBUNDENES FAHRZEUG MIT STEINSCHLAGSCHUTZ UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG	Link
14	DE102010009437A1	22.02.2010	B61F 15/26	Siemens Aktiengesellschaft	Radsatzwellenschutz	Link
	CN000102770323B	17.02.2011	B61F 19/00			Link
	CN000102770323A	17.02.2011	B61F 19/00	SIEMENS AG	Wheel set shaft protection	Link
	EP000002539199A1	17.02.2011	B61F 19/00	SIEMENS AG, DE	RADSATZWELLENSCHUTZ	Link
	RU002012140471A	17.02.2011	B61F 19/00		ЗАЩИТА ОСИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ	Link
	RU000002565457C2	17.02.2011	B61F 19/00	SIEMENS AG, DE	MOUNTED AXLE PROTECTION	Link
	US020120319420A1	17.02.2011	B61F 19/00	MAERKL HANS JUERGEN, DE; MEYER HEIKO, DE; RUEF GUNTRAM, AT; SCHMIDT RALPH, DE; SIEMENS AG, DE; THIESS ROBERT, DE; VOLLERT JENS, DE	WHEELSET AXLE PROTECTION	Link
	US000009238472B2	17.02.2011	B61F 19/00	MAERKL HANS JUERGEN, DE; MEYER HEIKO, DE; RUEF GUNTRAM, AT; SCHMIDT RALPH, DE; SIEMENS AG, DE; THIESS ROBERT, DE; VOLLERT JENS, DE	Wheelset axle protection	Link
	WO002011101401A1	17.02.2011	B61F 19/00	MAERKL HANS JUERGEN, DE; MEYER HEIKO, DE; RUEF GUNTRAM, AT; SCHMIDT RALPH, DE; SIEMENS AG, DE; THIESS ROBERT, DE; VOLLERT JENS, DE	RADSATZWELLENSCHUTZ	Link

4.4 Rechtsstandanalyse

Rechtsstand u.U. vermarktungsrelevanter Patente							
Patent-Familie	Veröffentlichungs-nummer	Anmelde-datum	Anmelder/Inhaber	Titel	Dok.	Status	Kommentar
1	DE102014000641A1	16.01.2014	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung	Link	-	EP-Patent ausschlaggebend
	CN000105939869A	09.01.2015	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	Prüfung für: CN	Prüfungsbeginn am 19.10.2016
	EP000003094499A1	09.01.2015	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	Prüfung für: AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR	Prüfungsbeginn am 17.12.2017, Gebühren entrichtet
	JP002017509546A	09.01.2015				-	Nicht auffindbar
	KR102016110443A	09.01.2015	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Wheel set shaft and wheel set, and method for producing same	Link	"Unexamined", ungeprüft	"Notice of Acceptance" drei Tage nach Anmeldung
	WO002015106958A1	09.01.2015	INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH	Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung	Link	-	Nicht ausschlaggebend
2	CZ000020070516A3	03.08.2007	ŠKODA TRANSP S R O, CZ	Vehicle wheel set drive, particularly rail vehicle wheel set drive	Link	-	B6-Patent ausschlaggebend
	CZ000000303295B6	03.08.2007	ŠKODA TRANSP A S, CZ	Vehicle wheel set drive, particularly rail vehicle wheel set drive	Link	Gültig in CZ	
6	DE102011117444B4	31.10.2011	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V, NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH	Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug	Link	Gültig in DE	
	DE102011117444A1	31.10.2011	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V, NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH	Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug	Link	-	B4-Patent ausschlaggebend

Die im Patentumfeld genutzten Ländercodes werden hier zusammengefasst: http://www.wipo.int/export/sites/www/standards/en/pdf/03-03-01.pdf.

Von einem positiven Ergebnis des Prüfprozesses der Patentfamilie 1 ist auszugehen, da es sich bei dem Anmelder Prof. Dr. Werner Hufenbach um einen Inhaber zahlreicher Patente zum Thema Leichtbau handelt.

Zusammenfassend lässt sich daher sagen, dass alle drei untersuchten Patentfamilien in den jeweiligen Ländern rechtlich relevant sind.

5 Zusammenfassung

Mithilfe einer online-basierten Suchmethodik konnten weltweit ca. 2600 Patentfamilien gefunden und in ihrer technischen Relevanz bzgl. der Erfindung eingeordnet werden. Es ergaben sich 14 Patentfamilien mit höherer Relevanz, die sich in folgende drei Gruppen einordnen lassen:

1. Verwendung von Verbundwerkstoffen als Wellenmaterial
2. Verwendung von Verbundwerkstoffen als Radscheibenmaterial
3. Schlagschutzvorrichtungen auf Radsatzwellen

Für die ersten beiden Gruppen ist die Suche unter der gewählten Methodik als erschöpfend anzusehen. Für die letzte Gruppe wurde zur Einhaltung des kalkulierten Aufwandes sowie im Sinne einer Priorisierung entschieden, die Suche bei dem hier dokumentierten Stand abzubrechen. Durch die vergleichsweise reiche Patentlandschaft wäre der Suchprozess spezifisch für dieses Thema neu durchzuführen. Auch ist aus konstruktiver Sicht bisher nicht geklärt, ob ein derartiger Schutz über die bestehende, partielle Lösung hinaus vonnöten ist und wie er zu realisieren wäre. Zudem ist zu betonen, dass die Anbindung von Wellenbremsscheiben mit einer zusätzlichen Bremshohlwelle bereits seit Jahrzehnten Stand der Dinge ist (z.B. ICE 1 [10]) und daher nicht als patentwürdig betrachtet wird.

In den Gruppen 1 und 2 wurden vier Patentfamilien vor weniger als 20 Jahren angemeldet. Angesichts der generellen 20jährigen Gültigkeitsdauer von Patenten geniessen daher nur diese vorbehaltlich des Rechtsstandes Patentschutz. Für diese Familien wurde ein detaillierter Abgleich der Patentansprüche mit der Erfindung vollzogen. Ausserdem konnte für die drei am ehesten patentrechtlich relevanten Familien eine Analyse des Rechtsstandes durchgeführt werden, wobei mit der Gültigkeit aller zu rechnen ist. Ältere Patentfamilien wurden lediglich gelistet, da sie einer Vermarktung der Erfindung nicht im Wege stehen.

Als Ergebnis lässt sich angeben, dass für drei der vier genannten Patentfamilien deutliche Unterschiede zwischen Patentansprüchen und konstruktiven Merkmalen der Erfindung festzustellen sind. Für die Patentfamilie der Firma INNOTEC, die das Patent DE102014000641A1 beinhaltet, konnten teilweise technische Überschneidungen ermittelt werden. Jedoch konnten ebenso Argumente für eine Neuheit bzw. Eigenständigkeit der Erfindung gegenüber besagter Patentfamilie gefunden werden. Sie können Grundlage für ein patentrechtliches Gutachten zum Zwecke der Rechtssicherheit sein.

In der Summe ist die Erfindung nicht Patentwürdig. Vor einer möglichen kommerziellen Nutzung wird ein patentrechtliches Gutachten in Bezug auf die erwähnte Patentfamilie mit dem Patent DE102014000641A1 empfohlen.

6 Summary

With the help of an online-based search method, approximately 2,600 patent families were found worldwide and classified in terms of their technical relevance with respect to the invention. There were 14 patent families with higher relevance, which can be classified in the following three groups:

1. Use of composites as a shaft material
2. Use of composite materials as wheel disc material
3. Impact protection devices on axles

For the first two groups the search under the chosen methodology is exhaustive. For the last group, it was decided to abort the search at the status documented here in order to maintain the calculated effort and in the sense of prioritizing. Due to the comparatively rich patent landscape, the search process would have to be carried out specifically for this topic. Also, from a constructive point of view, it has not yet been clarified whether such protection is needed beyond the existing, partial solution and how it would be realized. In addition, it should be emphasized that the connection of shaft brake discs with an additional brake hollow shaft is already state of the art for decades (for example ICE 1 [10]) and is therefore not considered patentable.

In groups 1 and 2, four patent families were registered less than 20 years ago. In view of the general 20-year validity of patents, only these are subject to patent rights, subject to the legal status. For these families, a detailed comparison of the claims was made with the invention. In addition, an analysis of the legal status was carried out for the three families most likely to be patented, with the validity of all to be expected. Older patent families have been listed only because they do not stand in the way of marketing the invention.

As a result, it can be stated that for three of the four mentioned patent families distinct differences between patent claims and design features of the invention can be observed. For the patent family of the company INNOTEC, which includes the patent DE102014000641A1, some technical overlaps could be determined. However, arguments could also be found for novelty of the invention over said patent family. They can be the basis for a patent law opinion for the purpose of legal certainty.

In conclusion, the invention is not patent worthy. Prior to a possible commercial use, a patent expert opinion with respect to the mentioned patent family including the patent DE102014000641A1 is recommended.

7 Literatur

[1] Patent *DE102010022594A1*
Siemens AG, 31.05.2010

[2] Schöpe, Oliver: *Untersuchungen von einschnittigen Klebeverbindungen unter Impactbelastungen*
Diplom.de, 18.09.2000

[3] Schürmann, Helmut*: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden*
Springer, 2007

[4] Patent *DE102014000641A1*
INNOTEC Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH, 16.01.2004

[5] Stichel, Sebastian: *Schienenfahrzeugdynamik*
Springer, 2003

[6] Patent *DE000010060408A1*
Bombardier Transportation GmbH, 05.12.2000

[7] Präsentation *Leichtbau im Schienenfahrzeugbau*
Voith, Braunschweig, 09.12.2014

[8] Kleemann, Ulrich: Vorlesungsfolien *Fahrdynamik und Bremstechnik des Schienenverkehrs*
TU Berlin, Sommersemester 2017

[9] Flemming Manfred, Ziegmann Gerhard, Roth Siegfried: *Faserverbundbauweisen Halbzeuge und Bauweisen*
Springer, 1996

[10] Riechers, Daniel: *ICE Neue Züge für Deutschlands Schnellverkehr*
transpress, 2001

A Anhang

A.1 Deckblatt Patentfamilie 1 DE102014000641A1

(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
23. Juli 2015 (23.07.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/106958 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60B 5/02 (2006.01) *F16C 3/02* (2006.01)
B60B 37/06 (2006.01) *B61F 9/00* (2006.01)
B60B 35/02 (2006.01) *B60B 17/00* (2006.01)
B60B 35/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000026

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Januar 2015 (09.01.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 000 641.7
16. Januar 2014 (16.01.2014) DE

(71) Anmelder: **INNOTEC LIGHTWEIGHT ENGINEERING & POLYMER TECHNOLOGY GmbH** [DE/DE]; Marienburger Strasse 20, 38642 Goslar (DE).

(72) Erfinder: **HUFENBACH, Werner**; Weißenberger Straße 1b, 01324 Dresden (DE).

(74) Anwalt: **WALLINGER, Michael**; Wallinger Ricker Schlotter Tostmann, Zweibrückenstrasse 5 - 7, 80331 München (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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: WHEEL SET SHAFT AND WHEEL SET, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) **Bezeichnung** : RADSATZWELLE UND RADSATZ SOWIE VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG

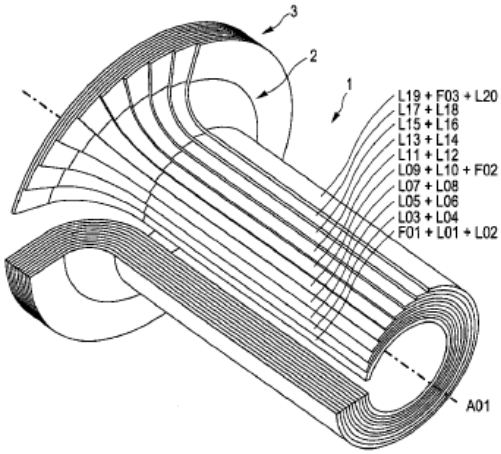


FIG. 10

(57) **Abstract**: A shaft according to the invention for a wheel set, in particular for a rail vehicle, has at least one shaft body which extends along a longitudinal axis. The shaft body has at least one first load coupling portion which is used to introduce and/or discharge a force and/or a torque into or from a functional component, in particular a brake disc of a disc brake, a rail wheel, a wheel set shaft bearing, or a drive gear device. According to the invention, the shaft body consists at least partly of at least one first material in which fibers made of a second substantially non-metal material are at least partly embedded. The shaft body is preferably made of multiple fiber layers, in particular support layers for stabilizing the mechanical structure of the shaft body and functional layers, in particular functional layers with measuring elements for monitoring a state of the shaft body and functional layers for transmitting energy or data. The shaft body according to the invention is more lightweight than conventional shaft bodies, offers an improved vibration damping behavior by means of the support layers, and allows a simplified detection of damage by means of the functional layers.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/106958 A1

A.2 Deckblatt Patentfamilie 2 CZ000000303295B6

PATENTOVÝ SPIS

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2007-516
(22) Přihlášeno: 03.08.2007
(40) Zveřejněno: 11.02.2009
(Věstník č. 6/2009)
(47) Uděleno: 06.06.2012
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: 18.07.2012
(Věstník č. 29/2012)

(11) Číslo dokumentu:
303 295
(13) Druh dokumentu: B6
(51) Int. Cl.:
B61F 13/00 (2006.01)
B60B 35/00 (2006.01)

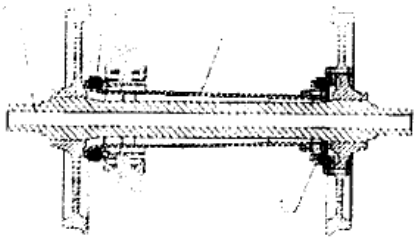
(56) Relevantní dokumenty:
US 4173128 A; DE 2853839 A; GB 547938 A; GB 487368 A.

(73) Majitel patentu:
ŠKODA TRANSPORTATION a.s., Plzeň, Jižní Předměstí, CZ

(72) Původce:
Špalek Petr Ing., Plzeň, CZ
Hampl Václav Ing., Plzeň, CZ

(54) Název vynálezu:
Pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového

(57) Anotace:
Pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového, obsahuje dutý hřídel (1) opatřený vyrovnávacími elementy (2). Dutým hřídelem (1) prochází s vůlí náprava dvojkolí (3). Alespoň část dutého hřídele (1) a/nebo vyrovnávacích elementů (2) je vytvořena z kompozitního materiálu. Například je střední část dutého hřídele (1) vytvořena z kompozitního materiálu a je pevně spojena s vyrovnávacími elementy (2), nebo jsou vyrovnávací elementy (2) tvořeny vlnovcem z kompozitního materiálu.



CZ 303295 B6

A.3 Deckblatt Patentfamilie 3 EP000001308642B1

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 308 642 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(51) Int Cl.:
F16D 3/72 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **02450227.0**

(22) Anmeldetag: **08.10.2002**

(54) **Hohlwelle**

Hollow shaft

Arbre tubulaire

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB

(30) Priorität: **31.10.2001 AT 17272001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2003 Patentblatt 2003/19

(73) Patentinhaber: **Siemens Transportation Systems GmbH & Co KG**
1110 Wien (AT)

(72) Erfinder: **Teichmann, Martin**
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter: **Matschnig, Franz**
Siebensterngasse 54
1070 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 145 810
EP-A- 0 943 827
DE-A- 3 139 247
DE-A- 10 022 663
US-A- 5 836 825

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 308 642 B1

A.4 Deckblatt Patentfamilie 6 DE102011117444B4

(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2011 117 444 B4** 2016.05.19

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 117 444.7**
(22) Anmeldetag: **31.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **02.05.2013**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **19.05.2016**

(51) Int Cl.: ***B60B 17/00*** (2006.01)
B60B 5/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE; NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH, 09117 Chemnitz, DE

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

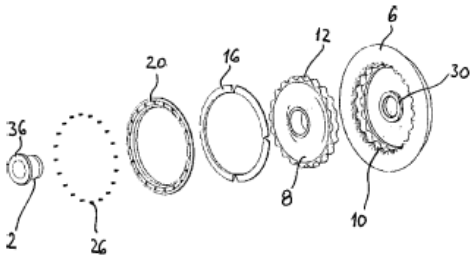
(72) Erfinder:
Naumann, Hans J., Prof.Dr., 09117 Chemnitz, DE; Neugebauer, Reimund, Prof. Dr., 01156 Dresden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	4 093 299	A
EP	0 864 445	B1
EP	0 065 086	A1
WO	97/ 44 204	A1

(54) Bezeichnung: **Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Fahrzeugrad für Schienenfahrzeuge, mit einer Radnabe (2), mit einem, eine Lauffläche (6) aufweisenden Radkranz (4) und mit einem die Radnabe (2) und den Radkranz (4) verbindenden Radteller (8), wobei der Radkranz (4) und der Radteller (8) mittels einer Innenumfangs-Eingriffsstruktur (10) des Radkranzes (4) und einer Außenumfangs-Eingriffsstruktur des Radtellers (8) formschlüssig miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass entlang des Innenumfangs des Radkranzes (4) wenigstens abschnittsweise eine Innenverzahnung (10) ausgebildet ist; und dass entlang des Außenumfangs des Radtellers (8) wenigstens abschnittsweise eine zur Innenverzahnung (10) des Radkranzes (4) korrespondierende Außenverzahnung (12) ausgebildet ist, die formschlüssig mit der Innenverzahnung (10) des Radkranzes (4) in Eingriff ist.



(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
23. Juli 2015 (23.07.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/106958 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60B 5/02 (2006.01) *F16C 3/02* (2006.01)
B60B 37/06 (2006.01) *B61F 9/00* (2006.01)
B60B 35/02 (2006.01) *B60B 17/00* (2006.01)
B60B 35/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000026

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. Januar 2015 (09.01.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 000 641.7
16. Januar 2014 (16.01.2014) DE

(71) Anmelder: **INNOTEC LIGHTWEIGHT ENGINEERING & POLYMER TECHNOLOGY GmbH** [DE/DE]; Marienburger Strasse 20, 38642 Goslar (DE).

(72) Erfinder: **HUFENBACH, Werner**; Weißenberger Straße 1b, 01324 Dresden (DE).

(74) Anwalt: **WALLINGER, Michael**; Wallinger Ricker Schlotter Tostmann, Zweibrückenstrasse 5 - 7, 80331 München (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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: WHEEL SET SHAFT AND WHEEL SET, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) **Bezeichnung** : RADSATZWELLE UND RADSATZ SOWIE VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG

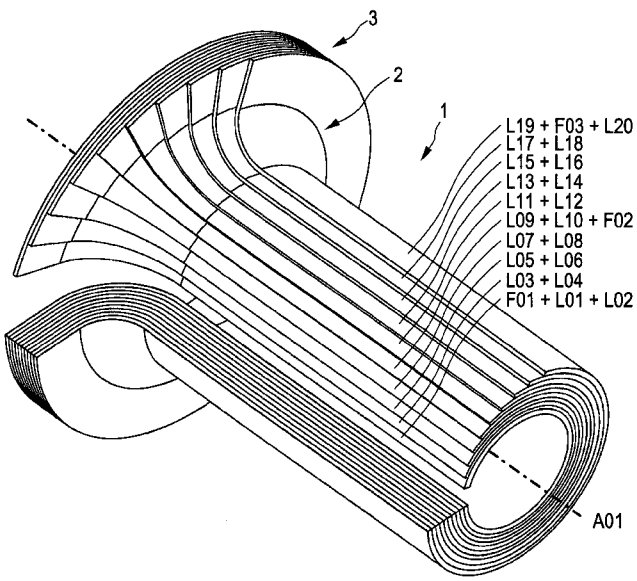


FIG. 10

(57) **Abstract**: A shaft according to the invention for a wheel set, in particular for a rail vehicle, has at least one shaft body which extends along a longitudinal axis. The shaft body has at least one first load coupling portion which is used to introduce and/or discharge a force and/or a torque into or from a functional component, in particular a brake disc of a disc brake, a rail wheel, a wheel set shaft bearing, or a drive gear device. According to the invention, the shaft body consists at least partly of at least one first material in which fibers made of a second substantially non-metal material are at least partly embedded. The shaft body is preferably made of multiple fiber layers, in particular support layers for stabilizing the mechanical structure of the shaft body and functional layers, in particular functional layers with measuring elements for monitoring a state of the shaft body and functional layers for transmitting energy or data. The shaft body according to the invention is more lightweight than conventional shaft bodies, offers an improved vibration damping behavior by means of the support layers, and allows a simplified detection of damage by means of the functional layers.

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/106958 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Eine erfindungsgemäße Welle für einen Radsatz, insbesondere für ein Schienenfahrzeug, weist zumindest einen Wellenkörper auf, welcher sich entlang einer Längsachse erstreckt. Der Wellenkörper weist wenigstens einen ersten Lastkopplungsabschnitt auf, welcher zum Einleiten und/oder Ausleiten einer Kraft und/oder eines Drehmoments in ein bzw. aus einem Funktionsbauteil dient, insbesondere eine Bremsscheibe einer Scheibenbremse, ein Schienenrad, ein Radsatzwellenlager oder eine Antriebszahnradeinrichtung. Erfindungsgemäß besteht der Wellenkörper zumindest teilweise aus wenigstens einem ersten Werkstoff, in welchem wenigstens teilweise Fasern aus einem im Wesentlichen nicht-metallischen zweiten Werkstoff zumindest teilweise eingebettet sind. Vorzugsweise ist der Wellenkörper aus mehreren Faserschichten aufgebaut, insbesondere aus Tragschichten zur strukturmechanischen Stabilisierung des Wellenkörpers sowie aus Funktionsschichten, insbesondere solche mit Messfühlern zur Zustandsüberwachung des Wellenkörpers und solche zur Energie- oder Datenübertragung. Der erfindungsgemäße Wellenkörper ist leichter als herkömmliche Wellenkörper, bietet ein besseres Schwingungsdämpfungsverhalten durch die Tragschichten sowie Möglichkeiten zur vereinfachten Schadensdetektion durch die Funktionsschichten.

Radsatzwelle und Radsatz sowie Verfahren zu ihrer Herstellung

Beschreibung

Hiermit wird der gesamte Inhalt der Prioritätsanmeldung DE 10 2014 000 641.7 durch Bezugnahme Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Die Räder von Schienenfahrzeugen bestehen üblicherweise aus Stahl, wobei ihr Aufbau – je nach Verwendung – unterschiedlich sein kann. Sie werden von einer quer zur Fahrtrichtung angeordneten Radsatzwelle (im Folgenden teilweise auch nur kurz als „Welle" bezeichnet), welche am Fahrwerk des Schienenfahrzeugs gelagert ist, gehalten. Je nach Anwendung sind auf dieser Welle Bremseinrichtungen, insbesondere Bremsscheiben, und Antriebsräder, insbesondere Zahnräder, vorgesehen. Die gesamte Einheit, bestehend aus Rädern, Welle und ggf. Bremsen und dergleichen, wird als Radsatz bezeichnet.

Da der Radsatz die Verbindung zwischen dem Fahrwerk des Schienenfahrzeugs und der Schiene herstellt, ist er sehr hohen Belastungen ausgesetzt, die insbesondere aus den vertikalen Stützkräften, den Seitenführungskräften, aber auch aus den Antriebs- und Bremsmomenten resultieren. Das Versagen eines Radsatzes kann – insbesondere bei Schienenfahrzeugen, die mit hohen Geschwindigkeiten verkehren – zu schweren und schwersten Unfällen führen. Der konstruktiven Gestaltung der Radsätze ist deshalb seit jeher große Aufmerksamkeit gewidmet worden.

Herkömmliche Radsatzwellen bestehen üblicherweise aus einer massiven oder hohlgebohrten Stahlwelle, auf der Aufnahmebereiche angeordnet sind, auf de-

nen mittels einer formschlüssigen und/oder kraftschlüssigen Verbindung die Räder, Bremsscheiben, Lager und Antriebsräder angeordnet sind.

Die Radsätze und die Verbindungssysteme, die zur formschlüssigen und/oder kraftschlüssigen Verbindung mit den Rädern, den Bremsscheiben usw. dienen, werden derzeit in Europa insbesondere nach den Normen EN 13103 und EN 13104 ausgelegt.

Wie die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, werden die in diesen Normen beschriebenen Beanspruchungszustände den tatsächlichen im Fahrbetrieb auftretenden Belastungen, insbesondere bei Hochgeschwindigkeitszügen, aber nicht immer gerecht.

Dies ist darin begründet, dass bei den Radsatzwellen dieser Hochgeschwindigkeitszüge erhebliche Umlaufbiegebelastungen auftreten, die hochfrequente Torsionsschwingungen induzieren. Als Folge dieser Belastungen erfüllen viele Radsätze, und insbesondere dort die Radsatzwellen, nicht das Kriterium der Dauerfestigkeit. Unter dem Begriff "Dauerfestigkeit" wird hier – wie üblich – die Belastung verstanden, die der Werkstoff des Radsatzes bzw. insbesondere der Radsatzwelle über einen langen Zeitraum ohne Ermüdungserscheinungen ertragen kann.

Eine nicht dauerfeste Auslegung der Radsatzwellen führt dazu, dass sich in den hochbelasteten Bereichen zunächst kleine Risse bilden, die sich vergrößern und schließlich zum Totalausfall der Welle bzw. des Radsatzes führen können. Da das Totalversagen eines Radsatzes, wie eingangs erwähnt, zu erheblichen Unfällen führen kann, müssen die Radsätze bzw. die Radsatzwellen in kurzen Abständen auf Rissbildung untersucht werden. Die dazu erforderlichen Messverfahren, üblicherweise Ultraschall- oder Röntgenverfahren, sind sehr zeitaufwändig und führen zu langen Standzeiten der Schienenfahrzeuge, was deren Wirtschaftlichkeit erheblich herabsetzt.

Derzeit eingesetzte Radsatzwellen bzw. Radsätze müssen also aufgrund ihrer hohen Sicherheitsrelevanz häufig inspiziert und gewartet werden. Diese „diskontinuierliche" Zustandsüberwachung ist aufwändig und bedarf zahlreicher zeit- und kostenintensiver Prüfverfahren.

Der erste Gedanke bei einer derartigen Situation besteht darin, die Dauerfestigkeit durch eine entsprechend größere Dimensionierung der Radsätze zu erhöhen. Dem steht aber entgegen, dass dadurch nicht nur der Materialverbrauch steigt, sondern dass insbesondere die ungefederten Massen erhöht werden, was seinerseits zu einem erhöhten Verschleiß an Schiene und Radsatz führt und die Betriebssicherheit dadurch wiederum herabsetzt.

Ein möglicher Lösungsansatz besteht in der permanenten Zustandsüberwachung des Radsatzes durch Sensorik und Aktorik. Ansätze, wie sie in DE 10 2004 033 432, DE 10 2006 001 540 83 und DE 10 2009 053 801 beschrieben werden, gehen jedoch bereits von einer makroskopischen Schädigung des Radsatzes aus, indem eine mechanische Schwingung, induziert durch das ungleichmäßige Abrollverhalten des Radkranzes, ausgewertet wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Radsatzwelle, insbesondere für Schienenfahrzeuge, zu schaffen; einen Radsatz, der mit dieser Radsatzwelle ausgerüstet ist; ein Verfahren zum Herstellen eines Wellenkörpers; sowie ein Verfahren zum Überwachen der Radsatzwelle.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Radsatzwelle gemäß Anspruch 1 gelöst. Ein Radsatz mit einer solchen Radsatzwelle ist Gegenstand des Anspruchs 21. Ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Wellenkörpers ist Gegenstand des Anspruchs 22. Ein Verfahren zum Überwachen des Radsatzes ist Gegenstand des Anspruchs 23.

Zu bevorzugende Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung beschreitet einen neuen Weg zur Gestaltung von Radsätzen für Schienenfahrzeuge. Statt der bislang üblichen Radsatzwelle aus Stahl wird nunmehr eine Radsatzwelle aus einem faserverstärkten Material, insbesondere einem faserverstärkten Kunststoffmaterial, vorgeschlagen, die derart gestaltet ist, dass sie auch höchste Beanspruchungen dauerfest erträgt und zudem – bei entsprechender Ausgestaltung der Erfindung, wie sie in den Unteransprüchen und der Beschreibung beschrieben ist – auch die Möglichkeit bietet, auftretende Belastungen, aber auch mögliche Schäden an der Radsatzwelle bzw. dem Radsatz zuverlässig zu erkennen.

Dadurch können die Inspektionsintervalle gegenüber den heute bei Radsatzwellen aus Stahl üblichen erheblich verlängert werden, ohne dass hierdurch die durch die Erfindung erhöhte Betriebssicherheit des Schienenfahrzeugs wieder vermindert wird.

Die Erfindung eröffnet durch den Einsatz des faserverstärkten Materials in Verbindung mit darin eingebetteten Funktionsschichten zur Zustandsüberwachung Möglichkeiten zu einer permanenten Zustandsüberwachung und/oder zu einer vereinfachten diskontinuierlichen Zustandsüberwachung durch den Wechsel auf alternative zeit- und kosteneffiziente Prüfverfahren.

Die erfindungsgemäße Radsatzwelle bzw. der erfindungsgemäße Radsatz bietet ferner bei entsprechender Ausgestaltung die Möglichkeit, das Gewicht des Radsatzes gegenüber herkömmlichen Radsätzen zu reduzieren, wodurch die Fahrdynamik verbessert, der Verschleiß von Schienenrad und Schiene vermindert sowie der Energieverbrauch verringert wird.

Es sei ferner hervorgehoben, dass der erfindungsgemäße Radsatz bei entsprechender Ausgestaltung auch zu einer deutlich geringeren Schallabstrahlung und damit Geräuschbelastung führen kann, als dies bei herkömmlichen Radsätzen mit einer Radsatzwelle aus Stahl der Fall ist.

Weiterhin tragen die Fasern des zweiten Werkstoffs bei entsprechend gewählter Orientierung auch zur Schwingungsdämpfung bei.

Ein Radsatz im Sinne der Erfindung ist eine Baugruppe , welche, jedoch nicht unbedingt ausschließlich, eine Welle und wenigstens zwei Räder aufweist, wobei die Baugruppe einerseits zum Kontakt mit einer Fahrfläche, insbesondere einem Schienenstrang, dient und andererseits an einem Fahrzeug, insbesondere an einem Schienenfahrzeug, befestigt werden kann. Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Radsatzes mit genau zwei Rädern beschrieben, wobei dies jedoch nicht als Einschränkung zu verstehen ist.

Die Welle ist gegenüber dem Fahrzeug um ihre Längsachse drehbar gelagert. Die Welle dient der drehfesten, insbesondere kraftschlüssigen, formschlüssigen und/oder stoffschlüssigen, und ggf. auch elektrisch leitenden Verbindung mit den Rädern. Die Räder dienen zum Abrollen auf einer Fahrfläche, insbesondere auf einer Schiene. Vorzugsweise dienen die Räder auch zur Stromleitung zwischen der Welle und der Fahrfläche, insbesondere der Schiene.

Bei elektrisch betriebenen Schienenfahrzeugen kann es vorgesehen sein, dass zumindest zeitweise ein elektrischer Strom aus dem Fahrzeug über eine Bremsscheibe in die Welle, durch die Welle in Richtung zumindest eines dieser Räder und durch dieses Rad in eine der Schienen fließt, insbesondere, um einen geschlossenen Stromkreis für den Fahrstrom herzustellen, welchen das Schienenfahrzeug im Allgemeinen über eine Oberleitung bezieht. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise zumindest eines dieser Räder, besonders bevorzugt beide Räder, elektrisch leitend mit der Welle, insbesondere mit einem dieser Wellenkörper verbunden.

Unter einem Wellenkörper im Sinne der Erfindung ist eine Baugruppe der Welle oder aber auch die gesamte Welle zu verstehen. Der Wellenkörper erstreckt sich entlang einer Längsachse, insbesondere entlang der Längsachse der Wel-

le, welche im Allgemeinen mit der Rotationsachse der Welle zusammenfällt. Der Wellenkörper ist dazu vorgesehen, in dem Radsatz mit wenigstens einem dieser Funktionsbauteile, insbesondere mit einem der Räder, insbesondere kraftschlüssig, formschlüssig und/oder stoffschlüssig und ggf. auch elektrisch leitend verbunden zu sein.

Erfindungsgemäß besteht der Wellenkörper zumindest teilweise aus wenigstens einem, insbesondere aushärtbaren, ersten Werkstoff, in welchem wenigstens teilweise Fasern aus einem im Wesentlichen nicht-metallischen zweiten Werkstoff zumindest teilweise eingebettet sind.

Der erste Werkstoff dient insbesondere dem Zusammenhalt des zweiten Werkstoffs. Vorzugsweise ist der erste Werkstoff einer Gruppe von Werkstoffen entnommen, welche aufweist: Polymere, Polyetheretherketon, Polyphenylensulfid, Polysulfon, Polyetherimid, Polytetrafluorethen, Epoxidharz, ungesättigtes Polyesterharz, Vinylesterharz, Phenol-Formaldehydharz, Diallylphthalatharz, Methacrylatharz, Polyurethan, Aminoharz, Melaminharz, Harnstoffharz, Nicht-Eisen-Metalle und oxidkeramische Werkstoffe.

Vorzugsweise ist der erste Werkstoff bei erhöhter Temperatur aushärtbar, besonders bevorzugt bei einer Temperatur oberhalb der für den Betrieb der Welle vorgesehenen Maximaltemperatur. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet die Vorteile verbesserter Temperaturbeständigkeit und erhöhter Stabilität des ersten Werkstoffs.

Erfindungsgemäß weist der erste Werkstoff zumindest teilweise Fasern aus einem im Wesentlichen nicht-metallischen zweiten Werkstoff auf. Diese Fasern dienen insbesondere der Übertragung von Kräften. Vorzugsweise sind diese Fasern ausgebildet als Kohlenstofffasern, Glasfasern, Aramidfasern, Keramikfasern und/oder Basaltfasern.

Nachfolgend werden zu bevorzugende Ausgestaltungen bzw. Ausführungsformen der Erfindung beschrieben.

Vorzugsweise sind die Fasern als, insbesondere schlauchförmiges, Geflecht, Gewebe oder als Gelege ausgebildet. Vorzugsweise weist die Körperwandung des Wellenkörpers bereichsweise mehrere Lagen oder unterschiedlich viele Lagen mit Fasern auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil erhöhter Stabilität, Festigkeit bzw. Biegesteifigkeit der Körperwandung.

Unter einer Körperwandung im Sinne der Erfindung ist die Wand bzw. der Wandbereich des Wellenkörpers zu verstehen, welche bzw. welcher insbesondere der Aufnahme von Kräften und/oder Drehmomenten aus den Rädern und/oder aus der Masse des Fahrzeugs dient. Vorzugsweise ist die Körperwandung entlang der Längsachse der Welle bzw. des Wellenkörpers, welche im Allgemeinen mit deren bzw. dessen Rotationsachse zusammenfällt, an die örtlich und/oder zeitlich auftretenden Kräfte oder Drehmomente mittels lokal verschiedener Wandstärken angepasst.

In einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung ist dieser Wellenkörper rotationssymmetrisch zu seiner Längsachse gestaltet und weist eine Körperwandung auf, welche einen vorzugsweise mit Luft gefüllten Hohlraum umschließt.

Unter einem Längsabschnitt im Sinne der Erfindung ist ein im Wesentlichen zylindrischer und vorzugsweise hohlzylindrischer Abschnitt des Wellenkörpers zu verstehen. Der Längsabschnitt dient insbesondere zur Übertragung eines Kraft- bzw. eines Drehmoments zwischen zwei dieser Lastkopplungsabschnitte. Vorzugsweise ist die Wandstärke des Längsabschnitts entlang der Längsachse des Wellenkörpers im Wesentlichen gleichförmig. Der Außendurchmesser des Längsabschnitts wird vorliegend auch erster Außendurchmesser genannt. Vorzugsweise weist der Wellenkörper mehrere dieser Längsabschnitte auf.

Unter einem Lastkopplungsabschnitt im Sinne der Erfindung ist insbesondere ein Abschnitt des Wellenkörpers zu verstehen, welcher zum Einleiten und/oder Ausleiten einer Kraft und/oder eines Drehmoments in ein bzw. aus einem Funktionsbauteil dient. Der Lastkopplungsabschnitt ist zu diesem Zweck mit dem nicht dem Wellenkörper zugehörigen Funktionsbauteil verbunden. Der Außendurchmesser des Lastkopplungsabschnitts wird vorliegend auch zweiter Außendurchmesser genannt. Vorzugsweise ist der zweite Außendurchmesser an einen Lochkreis oder einen Innendurchmesser eines dieser Funktionsbauteile angepasst. Vorzugsweise weist der Wellenkörper mehrere Lastkopplungsabschnitte auf.

Vorzugsweise weist dieser Wellenkörper wenigstens einen Längsabschnitt auf, wobei der erste Außendurchmesser des Längsabschnitts im Wesentlichen konstant ist und wobei dieser erste Lastkopplungsabschnitt einen anderen, vorzugsweise einen größeren, zweiten Außendurchmesser aufweist als dieser Längsabschnitt.

Unter einem Funktionsbauteil im Sinne der Erfindung ist eine Einrichtung zu verstehen, welche insbesondere zur Übertragung von Drehmomenten bzw. Kräften auf die Welle bzw. deren Wellenkörper dient, insbesondere beim Verzögern und/oder Beschleunigen des Wellenkörper bzw. des Fahrzeugs. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein Funktionsbauteil ausgebildet als ein Bauteil einer Bremseinrichtung, insbesondere als eine Scheibe einer Scheibenbremse, welche insbesondere der Verringerung der Drehzahl des Wellenkörpers dient. Weiter dient die Bremsscheibe der elektrischen Kontaktierung der Welle. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist ein Funktionsbauteil ausgebildet als Lasteinleitungselement, welches insbesondere der Erhöhung der Drehzahl des Wellenkörpers dient, d. h. eine Antriebseinrichtung, insbesondere eine Antriebszahnradeinrichtung. Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung eines Funktionsbauteils ist ein Radsatzwellenlager. Auch ein Schienenrad ist ein Funktionsbauteil im vorliegenden Sinne.

Vorzugsweise weist der Wellenkörper weiterhin einen zweiten Lastkopplungsabschnitt auf. Weiter weist der Wellenkörper ein erstes Ende und ein diesem ersten Ende gegenüberliegendes zweites Ende auf. Auch dieser zweite Lastkopplungsabschnitt dient der Verbindung mit einem Funktionsbauteil, insbesondere mit einem Rad. Vorzugsweise sind der erste Lastkopplungsabschnitt im Bereich des ersten Endes und der zweite Lastkopplungsabschnitt im Bereich des zweiten Endes des Wellenkörpers angeordnet.

Vorzugsweise weist der Wellenkörper mehrere, vorzugsweise drei, vier oder fünf dieser Lastkopplungsabschnitte auf, welche an verschiedenen Positionen entlang der Längsachse des Wellenkörpers angeordnet sind.

Vorzugsweise dient der erste Lastkopplungsabschnitt zur Verbindung mit einem ersten Rad und der zweite Lastkopplungsabschnitte zur Verbindung mit einem zweiten Rad. Vorzugsweise entspricht dabei der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Lastkopplungsabschnitt im Wesentlichen der Spurweite einer Gleisstrecke.

Vorzugsweise ist zwischen dem ersten und dem zweiten Lastkopplungsabschnitt wenigstens ein dritter Lastkopplungsabschnitt angeordnet. Vorzugsweise dient der dritte Lastkopplungsabschnitt zur Verbindung mit einem Funktionsbauteil. Vorzugsweise ist dieses Funktionsbauteil als Lasteinleitungselement, als Bremsscheibe oder als Radsatzwellenlager ausgebildet.

Vorzugsweise dient jeder Lastkopplungsabschnitt zur Verbindung mit einem jeweiligen Funktionsbauteil.

Vorzugsweise weist die Radsatzwelle wenigstens zwei Wellenkörper auf, die in axialer Richtung der Radsatzwelle nebeneinander angeordnet sind.

Besonders vorzugsweise ist in dieser Ausführung für jedes Paar aus einem ersten und einem zweiten Wellenkörper, welche axial zueinander benachbart angeordnet sind und welche jeweils ein erstes Ende und ein zweites, dem ersten Ende gegenüberliegendes Ende aufweisen, zwischen dem ersten und dem zweiten Wellenkörper ein Lastkopplungsabschnitt derart angeordnet, dass dieser Lastkopplungsabschnitt im Bereich des zweiten Endes des ersten Wellenkörpers und im Bereich des ersten Endes des zweiten Wellenkörpers angeordnet ist.

Vorzugsweise weist der Wellenkörper, insbesondere die Körperwandung des Wellenkörpers, zumindest eine Funktionseinrichtung auf. Zumindest eine dieser Funktionseinrichtungen ist dazu geeignet, einen oder mehrere Betriebsparameter dieser Radsatzwelle, zumindest eines dieser Wellenkörper, zumindest eines dieser Räder oder dieses Radsatzes zu erfassen.

Unter einem Betriebsparameter im Sinne der Erfindung ist ein Parameter zu verstehen, welcher einen Rückschluss auf einen, insbesondere eines normalen, eines ungeplanten und/oder eines unerwünschten, Betriebszustand der Welle, zumindest eines dieser Wellenkörper, zumindest eines dieser Räder oder dieses Radsatzes gestattet.

Ein Betriebsparameter ist vorzugsweise durch einen oder mehrere Messfühler, Sensoren oder Detektoren feststellbar, wobei der Messfühler zumindest zeitweise ein Signal zur Verfügung stellt, vorzugsweise eine elektrische Spannung oder einen elektrischen Strom.

Weiterhin kann ein Betriebsparameter vorzugsweise von einer Steuereinrichtung verarbeitet und insbesondere mit einem Zielwert, insbesondere mit einem anderen erfassten Betriebsparameter, verknüpft werden.

Betriebsparameter sind beispielsweise die Drehzahl, Winkelbeschleunigung, Vibration, Temperatur, Feuchtigkeit, Dehnung, Stauchung, Biegung, Torsion,

Elastizität oder Rissfreiheit der Welle, eines Wellenkörpers, eines Rades oder des Radsatzes.

Ein bestimmter Wert oder ein Wertebereich eines Betriebsparameters kann eine Überführung der Welle, eines Wellenkörper, eines Rades oder des Radsatzes in einen anderen Betriebszustand erforderlich machen oder sinnvoll erscheinen lassen.

Vorzugsweise weist die Körperwandung zumindest eine oder mehrere Trageinrichtungen auf. Eine Trageinrichtung ist dazu vorgesehen, zumindest eine dieser Funktionseinrichtungen abzustützen. Weiter dient eine Trageinrichtung zur Aufnahme von Kräften aus zumindest einem dieser Räder und/oder aus der Masse des Fahrzeugs. Eine Trageinrichtung weist diesen ersten Werkstoff sowie zumindest teilweise Fasern aus diesem zweiten Werkstoff auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der Zusammenhalt bzw. die Dauerhaltbarkeit der Funktionseinrichtung, insbesondere gegenüber Vibrationen aus dem Betrieb des Wellenkörpers bzw. Radsatzes, verbessert ist.

Unter "Abstützen“ im Sinne der Erfindung ist zu verstehen, dass die Trageinrichtung einer unerwünschten Relativbewegung der Funktionseinrichtung gegenüber den übrigen Teilen des Wellenkörpers bzw. der Welle entgegenwirkt, vorzugsweise mittels einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen der Trageinrichtung und der Funktionseinrichtung.

Vorzugsweise weist die Körperwandung zumindest zwei dieser Trageinrichtungen auf, wobei die zumindest eine Funktionseinrichtung zwischen diesen Trageinrichtungen angeordnet ist. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der Zusammenhalt der Funktionseinrichtung bzw. deren Dauerhaltbarkeit insbesondere bei Vibrationen aus dem Betrieb des Wellenkörpers verbessert ist.

Vorzugsweise weist die Körperwandung einen Bereich mit einer insbesondere metallischen Funktionsschicht auf, die z. B. als Einlegebauteil ausgebildet ist. Diese Funktionsschicht bzw. dieses Einlegebauteil dient insbesondere:

- der Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit der Körperwandung, insbesondere der zulässigen Flächenpressung der Körperwandung, und/oder
- der elektrischen Kontaktierung eines dieser Räder oder eines dieser Funktionsbauteile und/oder
- der elektrischen Kontaktierung einer Funktionseinrichtung aus der Umgebung der Welle und/oder
- der elektrischen Verbindung einer Funktionseinrichtung mit einem dieser Funktionsbauteile oder einem dieser Räder und/oder
- dem Schutz der Trageinrichtung gegenüber mechanischer Beanspruchung aus der Umgebung der Welle.

Vorzugsweise ist diese Funktionsschicht oder dieses Einlegebauteil Teil einer dieser Trageinrichtungen. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass die Festigkeit bzw. die Steifigkeit dieser Trageinrichtung erhöht ist.

Vorzugsweise ist das Einlegebauteil ausgebildet als Verschleißschutz, Auflagefläche, elektrische Kontaktfläche, Vertiefung, Vorsprung, Stecker oder Buchse. Vorzugsweise wird das Einlegebauteil der Trageinrichtung vor dem Aushärten des ersten Werkstoffs zugeführt, besonders bevorzugt in die Trageinrichtung eingelegt. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass von der Trageinrichtung weitere Funktionen für den einwandfreien Betrieb des Fahrzeugs erfüllt werden können.

Vorzugsweise weisen eines dieser oder beide Räder je eine so genannte Radscheibe auf. Die Radscheiben sind mit der Welle bzw. einem dieser Wellenkörper insbesondere stoffschlüssig, kraftschlüssig, formschlüssig und/oder elektrisch leitend verbunden.

Unter einer Radscheibe im Sinne der Erfindung ist eine rotationssymmetrische und mit einem dieser Wellenkörper, insbesondere mit einem von dessen Lastkopplungsabschnitten, insbesondere stoffschlüssig, kraftschlüssig und/oder formschlüssig, verbundenes Element zu verstehen, welches insbesondere

- der Aufnahme von Kräften aus der Masse bzw. der Bewegung des Fahrzeugs dient,
- zum Abstützen eines dieser Radreifen und zum Beabstanden dieses Radreifens von diesem Wellenkörper dient,
- ggf. der elektrischen Verbindung mit der Welle bzw. deren Wellenkörper dient.

Vorzugsweise weisen eines dieser oder beide Räder je einen, insbesondere metallischen, Radreifen auf. Die Radreifen dienen zum Abrollen auf einer Fahrfläche, insbesondere auf einer Schiene. Die Radreifen dienen ggf. weiterhin der Stromleitung zwischen der Welle und einer Schiene.

Vorzugsweise weist diese Radscheibe eine Kontaktfläche für einen dieser Radreifen auf. Diese Kontaktfläche dient der insbesondere kraftschlüssigen und ggf. elektrischen Verbindung dieser Radscheibe mit diesem Radreifen. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass Kräfte, Drehmomente und ggf. ein elektrischer Strom von der Radscheibe in den Radreifen oder in umgekehrter Richtung übertragen werden können.

Vorzugsweise weist diese Radscheibe diesen ersten Werkstoff sowie Fasern aus diesem zweiten Werkstoff auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass das Gewicht eines Rades mit dieser Radscheibe insbesondere gegenüber einem Rad aus Stahl oder einer Eisenlegierung verringert ist.

Vorzugsweise weist die Radscheibe zumindest einen, insbesondere metallischen, Scheibeneinleger auf. Dieser Scheibeneinleger dient insbesondere der Versteifung der Radscheibe bzw. der Erhöhung ihrer Tragfähigkeit sowie der elektrischen Leitung zwischen einem dieser Radreifen und einem dieser Wellenkörper. Vorzugsweise erstreckt sich dieser Scheibeneinleger in radialer Richtung, insbesondere zwischen diesem Wellenkörper und dieser Kontaktfläche. Vorzugsweise weist die Radscheibe mehrere dieser Scheibeneinleger auf, welche sich in verschiedene Radialrichtungen erstrecken. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet die Vorteile, dass die Radscheibe neben ihrer Tragfunktion auch elektrischen Strom leiten kann und dass die Wandstärke dieser Radscheibe geringer gewählt werden kann, als wenn die Radscheibe ohne Scheibeneinleger ausgebildet wäre.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die Radscheibe einen Verbindungsbereich auf, welcher zur Verbindung mit einem dieser Lastkopplungsabschnitte vorgesehen ist. Vorzugsweise weisen dieser Verbindungsbereich und dieser Lastkopplungsabschnitt aneinander angepasste Flansche und/oder Lochkreise auf. Vorzugsweise ist die Radscheibe zwischen zwei dieser Wellenkörper angeordnet und mit diesem Wellenkörper insbesondere kraftschlüssig und/oder formschlüssig verbunden, besonders bevorzugt verschraubt. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass die Radscheibe von der Welle bzw. von einem dieser Wellenkörper lösbar ist.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung sind einer dieser Wellenkörper und eine dieser Radscheiben miteinander einstückig ausgebildet. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil eines verringerten Gesamtgewichts von Wellenkörper bzw. Welle und Radscheibe.

Vorzugsweise weist der Wellenkörper zumindest einen Übergangsbereich auf. Dieser Übergangsbereich ist zwischen einem dieser Längsabschnitte und einem dieser Lastkopplungsabschnitte angeordnet. Der Außendurchmesser des Übergangsbereichs nimmt vorzugsweise entlang der Längsachse dieses Wellenkörpers von diesem Längsabschnitt in Richtung dieses Lastkopplungsabschnitts, insbesondere stetig, d. h. ohne Durchmessersprung, zu. Bei dieser Ausbildung des Wellenkörpers ist die Kerbwirkung, welche durch die unterschiedlich bemessenen ersten und zweiten Außendurchmesser bewirkt werden kann, verringert.

Vorzugsweise sind dieser Übergangsbereich, dieser Längsabschnitt und dieser Lastkopplungsabschnitt miteinander einstückig ausgebildet. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass die Dauerhaltbarkeit des Wellenkörpers verbessert ist.

Vorzugsweise ist zumindest einer dieser Lastkopplungsabschnitte als Flansch oder als Bund ausgebildet und/oder weist zumindest eine Bohrung auf.

Vorzugsweise ist dieser Lastkopplungsabschnitt als Flansch ausgebildet. Dieser Flansch dient der insbesondere kraftschlüssigen Verbindung des Wellenkörpers mit einem Funktionsbauteil, insbesondere mit einem Schienenrad, einer Bremsscheibe oder einem Lasteinleitungselement. Vorzugsweise weist dieser Flansch zumindest eine insbesondere ringförmige Anlagefläche für dieses Funktionsbauteil auf.

Besonders bevorzugt weist dieser Lastkopplungsabschnitt, insbesondere in dieser Anlagefläche, eine oder mehrere Bohrungen, insbesondere auf einem Lochkreis, für Verbindungsmittel auf, insbesondere für Schrauben oder Nieten. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil einer einfacheren Verbindung von diesem Wellenkörper mit diesem Funktionsbauteil.

Vorzugsweise ist dieser Lastkopplungsabschnitt als Bund ausgebildet. Dieser Bund dient insbesondere der Berührung mit einem Lager. Besonders bevorzugt weist dieser Bund eine insbesondere ringförmige Anlagefläche oder an seinem Außenumfang eine Gleitfläche für dieses Lager auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass die Montage des Lagers vereinfacht ist.

Vorzugsweise weist die Körperwandung dieses Wellenkörpers eine, insbesondere elastische, Beschichtung auf. Diese dient vorzugsweise dem Schutz des ersten und/oder des zweiten Materials vor Umwelteinflüssen wie Hitze, Feuchtigkeit oder einer mechanischen Einwirkung durch Fremdkörper, insbesondere als Steinschlagschutz, und/oder als Geräuschdämmung durch Verhinderung der Ausbreitung von Schallwellen, die von dem Wellenkörper erzeugt werden.

Vorzugsweise weist die Funktionseinrichtung ein oder mehrere Funktionselemente auf. Das zumindest eine Funktionselement dient insbesondere dem einwandfreien Betrieb des Fahrzeugs bzw. der Welle. Vorzugsweise weist die Funktionseinrichtung mehrere verschiedenartige Funktionselemente auf, welche für einen einwandfreien Betrieb des Fahrzeugs zusammenwirken. Besonders bevorzugt sind ein oder mehrere dieser Funktionselemente als elektronische Baugruppen ausgebildet.

Vorzugsweise sind zumindest eines dieser Funktionselemente als Messfühler ausgebildet. Dieser zumindest eine Messfühler dient der Erfassung zumindest eines dieser Betriebsparameter. Weiter dient der Messfühler dazu, der Steuereinrichtung einen zugehörigen Messwert zur Verfügung zu stellen, gemeinsam mit einem Wert, welcher stellvertretend für den Zeitpunkt der Erfassung des Messwertes ist.

Besonders bevorzugt ist der Messfühler ausgebildet als eine Kraftmesseinrichtung, eine Druckmesseinrichtung, eine Dehnungsmesseinrichtung, eine Verdrehungswinkelmesseinrichtung, eine Verschiebestreckenmesseinrichtung, eine

Drehfrequenzmesseinrichtung, eine Geschwindigkeitsmesseinrichtung, eine optische Messeinrichtung oder eine Temperaturmesseinrichtung.

Vorzugsweise ist zumindest eines dieser Funktionselemente als Steuereinrichtung ausgebildet, welche der Steuerung bzw. Überwachung zumindest eines weiteren dieser Funktionselemente, dieser Welle, eines dieser Wellenkörper, eines dieser Funktionsbauteile, insbesondere eines Schienenrades, und/oder einer dieser Radscheiben dient. Weiter dient die Steuereinrichtung zum Austausch von Informationen bzw. Signalen mit zumindest einem dieser Messfühler und/oder mit dieser Kommunikationseinrichtung. Weiter dient die Steuereinrichtung der Auswertung erfasster Messwerte. Weiter dient die Steuereinrichtung zur Bereitstellung von Betriebsdaten.

Unter Betriebsdaten im Sinne der Erfindung sind zu verstehen: erfasste Messwerte, ausgewertete Messwerte, zeitliche Verläufe von Messwerten, Vergleiche von erfassten Messwerten mit Zielwerten von Betriebsparametern, Vergleiche zeitlicher Verläufe von erfassten Messwerten mit geplanten Verläufen von Betriebsparametern, wobei geplante Verläufe von Betriebsparametern vorliegend Zielverläufe genannt werden, Ergebnisse von Verknüpfungen von zumindest zwei erfassten Messwerten.

Vorzugweise ist zumindest eines dieser Funktionselemente als Energieversorgungseinrichtung ausgebildet, welche der insbesondere elektrischen Versorgung zumindest eines weiteren dieser Funktionselemente dient.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung ist die Energieversorgungseinrichtung mit einem Spannungswandler ausgebildet. Der Spannungswandler dient dazu, eine Betriebsspannung für zumindest ein weiteres dieser Funktionselemente zur Verfügung zu stellen, insbesondere wenn der Energieversorgungseinrichtung ein Wechselstrom zugeführt wird. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet die Vorteile, dass auf einen zentralen Spannungswandler des Fahr-

zeugs verzichtet werden kann bzw. dass diese Funktionseinrichtung keine zusätzliche Last für den zentralen Spannungswandler des Fahrzeugs bedeutet.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung ist die Energieversorgungseinrichtung mit einer Spule ausgebildet, insbesondere für drahtlosen bzw. induktiven Empfang von Energie, insbesondere von einer Spule des Fahrzeugs. Vorzugsweise ist die Spule in einer dieser Körperwandungen angeordnet, besonders bevorzugt in einem dieser Lastkopplungsabschnitte. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass auf Schleifkontakte zur Übertragung von Energie an die Energieversorgungseinrichtung verzichtet werden kann. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Gemäß einer dritten bevorzugten Weiterbildung ist die Energieversorgungseinrichtung mit einer, ggf. wiederaufladbaren, Batterie ausgebildet. Die Batterie dient als Zwischenspeicher für Energie, insbesondere für den Fall, dass der Empfang von Energie insbesondere vom Fahrzeug zeitweise unterbrochen ist. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil erhöhter Verfügbarkeit der Funktionseinrichtung. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten und/oder der zweiten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Vorzugweise ist zumindest eines dieser Funktionselemente als Datenspeichereinrichtung ausgebildet, welche zum Abspeichern insbesondere dieser Zielwerte, Zielverläufe und/oder Betriebsdaten dient. Weiter dient die Datenspeichereinrichtung zum Abspeichern von Software. Weiter dient die Datenspeichereinrichtung dazu, der Steuereinrichtung und/oder dieser Kommunikationseinrichtung gespeicherte Daten zur Verfügung zu stellen.

Vorzugweise ist zumindest eines dieser Funktionselemente als, insbesondere leitungsgebundene oder drahtlose, Kommunikationseinrichtung ausgebildet, welche insbesondere dem Austausch von Daten bzw. Informationen mit dieser

Steuereinrichtung und/oder mit einer nicht der Welle zugehörigen externen Kommunikationseinrichtung dient. Die externe Kommunikationseinrichtung ist insbesondere dem Fahrzeug oder einer Wartungs- oder Prüfeinrichtung außerhalb des Fahrzeugs zugehörig. Die Kommunikationseinrichtung dient insbesondere:

- der Mitteilung eines erwünschten oder unerwünschten Betriebszustands des Radsatzes, der Welle, einer dieser Radscheiben, eines dieser Wellenkörper und/oder eines dieser Funktionsbauteile und/oder

- der Mitteilung von Betriebsdaten.

Vorzugsweise ist die Kommunikationseinrichtung ausgebildet als Spule, Antenne, Piepser, lichtemittierende Diode, Infrarotschnittstelle, GSM-Baugruppe, Nahfunkeinrichtung oder Transponder. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass eine elektrische Kontaktierung zur Mitteilung von Betriebszuständen oder Betriebsdaten entfallen kann.

Vorzugweise ist zumindest eines dieser Funktionselemente als Stromleiteinrichtung ausgebildet, welche der elektrischen Verbindung mit einem anderen dieser Funktionselemente, mit einem dieser Funktionsbauteile, mit einem dieser Räder und/oder mit einer dieser Radscheiben dient. Die Stromleiteinrichtung dient insbesondere der elektrischen Verbindung des Fahrzeugs mit der Fahrfläche.

Besonders bevorzugt verbindet eine dieser Stromleiteinrichtungen einen dieser Messfühler mit dieser Steuereinrichtung. Besonders bevorzugt verbindet eine dieser Stromleiteinrichtungen diese Energieversorgungseinrichtung mit dieser Steuereinrichtung und/oder mit zumindest einem dieser Messfühler. Besonders bevorzugt verbindet die Stromleiteinrichtung eine Bremsscheibe elektrisch mit einer Radscheibe.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Funktionseinrichtung weist zumindest einen dieser Messfühler, diese Steuereinrichtung und diese Energieversorgungseinrichtung auf. Diese bevorzugte Ausführungsform dient dazu, insbesondere mechanische Beanspruchungen des Wellenkörper bzw. der Welle zu erfassen. Diese bevorzugte Ausführungsform ist dazu ausgebildet, zumindest zeitweise, insbesondere periodisch, insbesondere auf Veranlassung durch die Steuereinrichtung, einen Messwert zu einem Betriebsparameter des Radsatzes, der Welle, des zugehörigen Wellenkörpers, einer dieser Radscheiben, eines dieser Räder und/oder einem dieser Funktionsbauteile zu erfassen. Der zumindest eine Messfühler, die Steuereinrichtung und diese Energieversorgungseinrichtung sind untereinander elektrisch verbunden, vorzugsweise mittels zumindest einer dieser Stromleiteinrichtungen. Diese bevorzugte Ausführungsform bietet den Vorteil, dass die Funktionsfähigkeit bzw. die Integrität des Wellenkörpers bzw. der Welle während des Betriebs überwacht werden kann.

Eine erste bevorzugte Weiterbildung dieser Funktionseinrichtung weist diese Datenspeichereinrichtung auf. Die Datenspeichereinrichtung ist mit der Steuereinrichtung zum Empfang, insbesondere zum Austausch von Daten verbunden, insbesondere über zumindest eine dieser Stromleiteinrichtungen. Empfangene Daten, insbesondere erfasste Messwerte zu Betriebsparametern oder andere Betriebsdaten können in der Datenspeichereinrichtung abgespeichert werden, vorzugsweise gemeinsam mit einem Wert, welcher stellvertretend für den Zeitpunkt der Erfassung des Messwertes ist. So kann in der Datenspeichereinrichtung ein Protokoll mit Betriebsparametern bzw. Betriebsdaten erzeugt bzw. abgespeichert werden. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass dieses Protokoll insbesondere für Wartungstätigkeiten und/oder für technische Weiterentwicklungen herangezogen werden kann.

Eine zweite bevorzugte Weiterbildung dieser Funktionseinrichtung weist diese Kommunikationseinrichtung auf. Diese Kommunikationseinrichtung ist mit der Steuereinrichtung und/oder der Datenspeichereinrichtung derart verbunden, insbesondere über zumindest eine dieser Stromleiteinrichtungen, dass erfasste

Messwerte und/oder insbesondere abgespeicherte Betriebsdaten an eine externe Kommunikationseinrichtung übermittelt werden können. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass ein Bediener des Fahrzeugs, Wartungspersonal und/oder ein Entwickler auf Daten der Datenspeichereinrichtung zugreifen kann.

Vorzugsweise ist die Funktionseinrichtung ausgestaltet, aus einem ersten Zustand in einen zweiten Zustand überführt werden zu können. In dem ersten Zustand weist die Funktionseinrichtung einen insbesondere vorbestimmten ersten elektrischen Widerstand R_{F1} auf. In dem zweiten Zustand weist die Funktionseinrichtung einen insbesondere vorbestimmten zweiten elektrischen Widerstand R_{F2} auf. Vorzugsweise ist die Funktionseinrichtung ausgestaltet, ihren zweiten Zustand anzunehmen, wenn eine insbesondere mechanische Belastung des zugehörigen Wellenkörpers eine vorbestimmte Mindestbelastung überschreitet. Besonders bevorzugt ist die Funktionseinrichtung ausgestaltet, mit steigender Belastung oberhalb dieser Mindestbelastung auch höhere zweite Widerstände R_{F2} anzunehmen. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass aus dem zweiten Widerstand R_{F2} auf die insbesondere mechanische Belastung geschlossen werden kann.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung ist die Funktionseinrichtung als Metalldraht ausgebildet. Mit zunehmender plastischer Dehnung des Metalldrahts steigt dessen elektrischer Widerstand.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung ist diese Funktionseinrichtung als elektrisch leitfähige Folie, insbesondere als Metallfolie, ausgebildet. Mit zunehmender plastischer Dehnung der leitfähigen Folie steigt deren elektrischer Widerstand. Mit zunehmender Dehnung reißt die leitfähige Folie bereichsweise, wodurch der für elektrische Leitung wirksame Querschnitt verringert wird.

Gemäß einer dritten bevorzugten Weiterbildung weist die Funktionseinrichtung zumindest einen dieser Messfühler insbesondere für den elektrischen Widerstand dieser Funktionseinrichtung auf. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten oder zweiten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Vorzugsweise weist die Funktionseinrichtung eine geringere Bruchdehnung auf als zumindest eine benachbarte dieser Trageinrichtungen desselben Wellenkörpers. Wenn der Wellenkörper zunehmend gedehnt wird, infolge einer insbesondere mechanischen Belastung, und dabei die Bruchdehnung der Funktionseinrichtung überschritten wird, dann reißt bzw. bricht die Funktionseinrichtung zumindest bereichsweise. Bei einer Untersuchung dieser Funktionseinrichtung kann aus deren lokalen Defekten auf das Dehnungsverhalten geschlossen werden. Vorzugsweise erfolgt diese Untersuchung mittels Thermografie.

Vorzugsweise weist die Welle zumindest eine erste Anordnung aus zumindest zwei dieser Wellenkörper und einem dieser, nicht der Welle bzw. diesen Wellenkörpern zugehörigen, insbesondere metallischen Funktionsbauteile auf. Das Funktionsbauteil ist zwischen diesen beiden Wellenkörpern angeordnet. Vorzugsweise ist das Funktionsbauteil als metallische Bremsscheibe oder als metallisches Lasteinleitungselement ausgebildet. Vorzugsweise sind zumindest einer dieser Wellenkörper und das Funktionsbauteil insbesondere kraftschlüssig und/oder lösbar miteinander verbunden. Besonders bevorzugt ist zumindest einer dieser Wellenkörper mit diesem Funktionsbauteil elektrisch verbunden. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet die Vorteile, dass die metallischen Funktionsbauteile zur höheren Festigkeit bzw. Steifigkeit dieser ersten Anordnung beitragen und dass bei einem Defekt eines dieser Wellenkörper weniger Abfall entsteht, da lediglich der defekte Wellenkörper, nicht aber die gesamte Welle ausgetauscht werden muss.

Vorzugsweise weist die Körperwandung zumindest eines dieser Wellenkörper mehrere Schichten auf, welche vorzugsweise konzentrisch zur Längsachse des Wellenkörpers angeordnet sind. Jede Schicht besteht aus wenigstens einer Fa-

serlage, vorzugsweise jedoch aus mehreren Faserlagen. Bei den Schichten handelt es sich insbesondere um Tragschichten und um Funktionsschichten.

Unter Tragschichten werden dabei solche Schichten verstanden, welche der strukturmechanischen Stabilisierung der Radsatzwelle dienen und somit die im Betrieb der Radsatzwelle auftretenden Kräfte und Drehmomente tragen sollen, d. h. Schichten, die einer Tragfunktion dienen. Die Tragschichten sind vorzugsweise aus dem ersten und aus dem zweiten Werkstoff gefertigt.

Unter Funktionsschichten werden solche Schichten verstanden, die im Wesentlichen keine Tragfunktion haben, jedoch wenigstens ein Funktionselement aufweisen. Die Funktionsschichten sind im Allgemeinen nicht aus dem ersten oder aus dem zweiten Werkstoff, sondern je nach Art des Funktionselementes aus anderen, metallischen oder nicht-metallischen, Werkstoffen gefertigt.

Der Aufbau der Körperwandung eines Wellenkörpers aus mehreren Schichten, insbesondere mehreren Tragschichten, hat den Vorteil, dass der Wellenkörper und damit die Welle und der Radsatz aufgrund der anisotropen Eigenschaftscharakteristik des ersten und zweiten Werkstoffs, d. h. des Faserverbundwerkstoffs, insbesondere aufgrund der richtungsabhängigen Elastizität des zweiten Werkstoffs, auf den jeweils vorherrschenden Belastungsfall optimiert ausgestaltet werden können. Somit wird eine große Flexibilität bezüglich der Anzahl, der Dicke und der Struktur der einzelnen Schichten und damit eine gute Anpassbarkeit an den jeweiligen Anwendungsfall erreicht.

Vorzugsweise weist jede Tragschicht einen bestimmten Faserwinkel auf. Unter dem Faserwinkel wird hierbei der Winkel zwischen der Faser – bzw., da die Fasern im Allgemeinen aufgrund der rotationssymmetrischen Form des Wellenkörpers gekrümmt sind, deren Tangente – und der Längsachse des Wellenkörpers in mathematisch positiver Winkelrichtung verstanden. Der Faserwinkel innerhalb einer Tragschicht ist vorzugsweise konstant oder nahezu konstant, insbesondere

wenn die Tragschicht durch Wickeln der Faser mit einem konstanten Winkel um einen Wickelkern oder um die zuletzt gewickelte, d. h. nach radial innen benachbarte, Schicht hergestellt wird.

Bevorzugte Faserwinkel sind hierbei 0°, 22,5°, 30°, 45°, 60° und 90°. Ein Faserwinkel von 0° entspricht einer axialen Faserorientierung, welcher vorzugsweise nicht durch Wickeln der Faser, sondern durch Herumwickeln einer Matte oder Ähnlichem mit axial orientierten Fasern um den Wickelkern bzw. um die zuletzt gewickelte Schicht erzeugt wird. Ein Faserwinkel von 90° entspricht einer Faserorientierung in Umfangsrichtung, welcher in der Praxis im Allgemeinen nur näherungsweise durch Wickeln der Faser mit einem sehr großen, annähernd 90° betragenden Faserwinkel erzeugt wird.

Tragschichten mit bestimmten Faserwinkeln sind hierbei besonders gut dazu geeignet, einen bestimmten mechanischen Belastungszustand, die sogenannten "Vorzugsbelastung", insbesondere Druck, Biegung oder Torsion, aufzunehmen. Es hat sich etwa gezeigt, dass die Vorzugsbelastung einer Tragschicht mit einem Faserwinkel von etwa 0° eine Biegebelastung, die Vorzugsbelastung einer Tragschicht mit einem Faserwinkel von etwa 45° eine Torsionsbelastung und die Vorzugsbelastung einer Tragschicht mit einem Faserwinkel von etwa 90° eine Druckbelastung ist.

Zwischen den genannten Winkeln liegende Faserwinkel weisen Vorzugsbelastungen auf, die sich aus mehreren Belastungszuständen zusammensetzen: Beispielsweise ist die Vorzugsbelastung einer Tragschicht mit einem Faserwinkel von 22,5° eine Torsions- und Biegebelastung im Verhältnis 1:1, und die Vorzugsbelastung einer Tragschicht mit einem Faserwinkel von 30° ist eine Torsions- und Biegebelastung im Verhältnis 2:1.

Besonders bevorzugt ist es, dass die Fasern dieses Wellenkörpers wenigstens bereichsweise einen Winkel kleiner als 10 Grad, vorzugsweise kleiner als 5

Grad, weiter vorzugsweise von 0 Grad, oder wenigstens bereichsweise einen Winkel zwischen 20 und 40 Grad, vorzugsweise zwischen 25 und 35 Grad, weiter vorzugsweise von 30 Grad, oder wenigstens bereichsweise einen Winkel größer als 80 Grad, vorzugsweise größer als 85 Grad, weiter vorzugsweise von 90 Grad, mit der Längsachse dieses Wellenkörpers einschließen.

Besonders bevorzugt ist auch, dass dieser Wellenkörper wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei, in unterschiedlichem radialem Abstand zu seiner Längsachse angeordnete Faserschichten aufweist und dass wenigstens zwei Faserschichten wenigstens bereichsweise unterschiedliche mechanische Eigenschaften und insbesondere ein unterschiedliches Dehnungsverhalten aufweisen.

Weiterhin ist besonders bevorzugt, dass wenigstens eine Faserschicht derart gestaltet ist, dass sich darin wenigstens eine Faser bei Überschreiten eines bestimmten Schwellwertes der Belastung bleibend verformen und dass wenigstens eine Funktionseinrichtung dafür vorgesehen ist, diese bleibende Verformung zu detektieren.

Unter einer bleibenden Verformung ist insbesondere ein irreversibles Dehnen, Überdehnen oder auch ein Reißen der Fasern zu verstehen. Insbesondere wenn es sich um elektrisch leitfähige Fasern handelt, kann deren Reißen leicht detektiert werden, indem die Stromleitfähigkeit der Fasern getestet wird.

Auf diese Weise können unerwünschte Betriebszustände des Wellenkörpers, der Welle oder des Radsatzes frühzeitig und zuverlässig entdeckt werden. Diese Ausführungsform bietet sich besonders dann an, wenn der so detektierte Betriebszustand ohnehin einen Austausch des Wellenkörpers erforderlich macht, da es dann unerheblich ist, dass die Detektion durch die bleibende Verformung der Fasern nur ein einziges Mal vorgenommen werden kann.

Besonders bevorzugt ist auch, dass in jeder Faserschicht die Fasern einen bestimmten, innerhalb der Schicht konstanten Faserwinkel aufweisen und dass der Wellenkörper nur Faserschichten mit genau zwei verschiedenen Faserwinkeln aufweist. Dies vereinfacht das Herstellungsverfahren für den Wellenkörper erheblich.

Vorzugsweise weisen in diesem Fall je zwei Faserschichten, zwischen denen sich keine weiteren Faserschichten befinden, verschiedene Faserwinkel auf, d. h. die Faserschichten weisen abwechselnd die beiden (einzig vorhandenen) Faserwinkel auf. Ggf. zwischen den Faserschichten liegende Funktionsschichten, welche keine Faserschichten sind, bleiben hierbei unberücksichtigt, da sie im Allgemeinen vergleichsweise dünn sind und die strukturmechanischen Eigenschaften des Wellenkörpers kaum beeinflussen.

Vorzugsweise weisen die Faserschichten dabei abwechselnd einen ersten Faserwinkel zwischen 20 und 40 Grad, vorzugsweise zwischen 25 und 35 Grad, weiter vorzugsweise von 30 Grad, und einen zweiten Faserwinkel größer als 80 Grad, vorzugsweise größer als 85 Grad, weiter vorzugsweise von 90 Grad, auf.

Weitere Vorteile von bestimmten Tragschichtanordnungen sind eine geringe Rissanfälligkeit sowie ein hoher Faservolumengehalt. Bei der Festlegung des Schichtaufbaus der Körperwandung des Wellenkörpers ist im Einzelfall ein einfacher Aufbau mit einer geringen Anzahl von Schichten gegenüber diesen und weiteren, bereits genannten Vorteilen abzuwägen.

Vorzugsweise haben benachbarte Schichten verschiedene Faserwinkel und ggf. verschiedene Dicken, wodurch sich die strukturmechanischen Stabilitätseigenschaften des Wellenkörpers sehr gut einstellen und anhand von theoretischen und experimentellen Erkenntnissen weiter verbessern lassen.

Vorzugsweise werden die aufgrund einer Biegebeanspruchung zug- und druckbelasteten Faserstränge mit den entsprechenden Faserwinkeln möglichst weit radial außen angeordnet, um eine besonders große Werkstoffauslastung sicherzustellen.

Ein erfindungsgemäßer Radsatz für Fahrzeuge, insbesondere für Schienenfahrzeuge, weist zumindest auf:

- diese Welle mit einem, vorzugsweise zwei oder mehreren dieser Wellenkörper, wobei dieser Wellenkörper zumindest zwei, vorzugsweise mindestens drei dieser Lastkopplungsabschnitte aufweist,

- eines oder mehrere dieser Funktionsbauteile, vorzugsweise ausgebildet als Bremsscheibe oder Lasteinleitungselement, wobei dieses Funktionsbauteil zur Verbindung mit einem dieser Lastkopplungsabschnitte eines dieser Wellenkörper vorgesehen und ausgestaltet ist.

Vorzugsweise weist dieser Radsatz eine Funktionseinrichtung gemäß deren erster bevorzugter Ausführungsform mit einem Messfühler, einer Steuereinrichtung und einer Energieversorgungseinrichtung auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der Radsatz während seines Betriebs überwacht werden kann.

Ein erfindungsgemäßer Radsatz mit einer Funktionseinrichtung gemäß deren erster bevorzugter Weiterbildung mit einer Datenspeichereinrichtung bietet den Vorteil, dass der Datenspeichereinrichtung fortlaufende Betriebsdaten entnommen werden können. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der Radsatz insbesondere unerwünschte Betriebszustände mitteilen kann.

Vorzugsweise weist der Radsatz mehrere dieser Bremsscheiben auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der elektrische Strom zwischen

dem Fahrzeug, insbesondere dem Schienenfahrzeug, und der Fahrfläche, insbesondere einer Schiene, auf mehrere Bremsscheiben aufgeteilt werden kann. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass mehrere redundante Strompfade gebildet sind.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung weist dieser Radsatz zwei dieser Räder auf. Diese Räder sind mit verschiedenen dieser Lastkopplungsabschnitte, insbesondere kraftschlüssig und/oder elektrisch leitend, verbunden. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass das Gewicht dieses Radsatzes gegenüber einem üblichen Radsatz mit metallischer Welle verringert ist.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung weist dieser Radsatz zwei dieser Radscheiben auf. Diese Radscheiben sind je mit zumindest einem dieser Wellenkörper insbesondere kraftschlüssig verbunden, vorzugsweise elektrisch leitend verbunden und besonders bevorzugt mit dem Wellenkörper einstückig ausgebildet. Dieser Radsatz weist weiter zwei dieser insbesondere metallischen Radreifen auf. Diese Radreifen sind kraftschlüssig und/oder elektrisch mit je einer dieser Kontaktflächen verbunden. Zumindest zwei dieser Lastkopplungsabschnitte sind zum Abstützen von Lagern, insbesondere ausgebildet als Wälzlager oder Gleitlager, vorgesehen. Diese Lager dienen der Aufnahme von Kräften aus der Fahrzeugmasse. Diese Lager dienen auch dazu, den Radsatz rotationsbeweglich bezüglich des Fahrzeugs zu halten. Vorzugsweise ist zumindest eine dieser Radscheiben mit einem dieser Wellenkörper elektrisch leitend verbunden. Besonders bevorzugt ist ein Strompfad aus einer dieser Bremsscheiben, einem dieser Wellenkörper, einer dieser Radscheiben sowie einem dieser Radreifen gebildet. Dazu weisen dieser Wellenkörper und diese Radscheibe je zumindest eine Stromleiteinrichtung und/oder zumindest einen metallischen Einleger auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass elektrischer Strom zwischen dem Fahrzeug, insbesondere dem Schienenfahrzeug und der Fahrfläche, insbesondere einer Schiene, fließen kann.

Ein Verfahren zum Herstellen der Welle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere zum Herstellen eines dieser Wellenkörper der Welle, ist gekennzeichnet durch zumindest einen, vorzugsweise alle, der Schritte:

(S1) Vorbereiten eines Fasermaterials bzw. dieses zweiten Werkstoffs als insbesondere schlauchförmiges Geflecht, als Gewebe oder als Gelege, wobei insbesondere, beispielsweise für größere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, das Fasermaterial als schlauchförmiges Geflecht, vorliegend auch Flechtschlauch genannt, vorbereitet wird oder, beispielsweise für geringere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, mehrere bandförmige Lagen des Fasermaterials mit unterschiedlicher Ausrichtung der Fasern zu einem sogenannten Faserlagenband übereinandergelegt werden,

(S2) Anordnen des Fasermaterials um ein, insbesondere rotationssymmetrisches, Formteil, wodurch ein Wellenkörperrohling gebildet wird, wobei insbesondere, beispielsweise für größere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, ein Flechtschlauch über ein im Wesentlichen rotationssymmetrisches Formteil gestülpt wird, oder, beispielsweise für kleinere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, ein Faserlagenband um dieses im Wesentlichen rotationssymmetrische Formteil gewickelt wird,

(S3) Anordnen von insbesondere bandförmigem Fasermaterial, insbesondere um den Wellenkörperrohling im Bereich eines dieser Lastkopplungsabschnitte des späteren Wellenkörpers,
wobei das Fasermaterial der bereichsweisen Erhöhung der Wandstärke der Körperwandung, insbesondere zur Ausbildung eines dieser Lastkopplungsabschnitte oder eines dieser Übergangsbereiche, dient,

(S4) Anordnen wenigstens einer Funktionseinrichtung, wenigstens eines metallischen oder nicht-metallischen Formteiles und/oder wenigstens eines insbesondere metallischen Einlegebauteils in oder an dem Wellenkörperrohling,

(S5) Zugeben eines, insbesondere aushärtbaren, ersten Werkstoffs zu dem Wellenkörperrohling bzw. zu dem Fasermaterial,
wobei insbesondere, beispielsweise für kleinere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, das Faserlagenband durch ein Bad des ersten Werkstoffs geführt wird, bevor das Faserlagenband um das Formteil gewickelt wird (d. h. Schritt S5 wird in diesem Fall vor Schritt S2ausgeführt), oder, beispielsweise für größere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern, der um das Formteil in einer trennbaren Form angeordnete Flechtschlauch mit dem ersten Werkstoff getränkt und der erste Werkstoff mit Überdruck in diese trennbare Form eingespritzt wird,

(S6) Aushärten des ersten Werkstoffs, insbesondere mittels Erhöhen der Temperatur des ersten Werkstoffs,

(S7) Anbringen einer Beschichtung auf einen Bereich des Wellenkörpers.

Das Formteil erstreckt sich ausgehend von einer insbesondere spiegelsymmetrischen, punktsymmetrischen oder rotationssymmetrischen Grundfläche entlang seiner Längsachse. In der Ausführungsform, in der die Körperwandung dieses Wellenkörpers einen vorzugsweise mit Luft gefüllten Hohlraum umschließt, entspricht das Formteil vorzugsweise im Wesentlichen diesem Hohlraum. Weiter ist das Formteil bzw. der Hohlraum an die Außenkontur des Wellenkörpers angenähert.

Vorzugsweise ist das Formteil mehrteilig, insbesondere zweiteilig, ausgebildet, wobei die einzelnen Teile voneinander gelöst werden können, insbesondere

nach Fertigstellung des Wellenkörperrohlings. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass der Wellenkörper nach seiner Fertigstellung einfacher vom Formteil getrennt werden kann.

Vorzugsweise weist das Formteil Anlageflächen entsprechend den Lastkopplungsabschnitten bzw. Längsabschnitten des Wellenkörpers auf. Diese bevorzugte Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass mit Anordnen des Fasermaterials um das Formteil die Geometrie für den Wellenkörper zumindest bereichsweise vorgegeben wird.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens wird der Wellenkörper mit den Schritten S1, S2, vorzugsweise S3, vorzugsweise S4, S5, S6 und vorzugsweise S7 hergestellt.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens wird der Wellenkörper nach dem sogenannten Wickelverfahren gefertigt, insbesondere, aber nicht nur, für kleinere Stückzahlen von herzustellenden Wellenkörpern. Dabei werden zunächst mehrere bandförmige Lagen des Fasermaterials mit unterschiedlichen Ausrichtungen der Fasern gemäß Schritt S1 zu einem sogenannten Faserlagenband übereinandergelegt. Das Faserlagenband wird gemäß Schritt S5 durch ein Bad des ersten Werkstoffs geführt, unmittelbar bevor das Faserlagenband gemäß Schritt S2 um das Formteil gewickelt wird. Vorzugsweise wird insbesondere in einem Bereich des Faserlagenbands, welcher einem dieser Lastkopplungsabschnitte entspricht, gemäß Schritt S3 zumindest eine Lage eines insbesondere bandförmigen Fasermaterials angeordnet,. Vorzugsweise wird zumindest eine dieser Funktionseinrichtungen und/oder zumindest eines dieser Einlegebauteile gemäß Schritt S4 zwischen zwei Faserschichten des Wellenkörperrohlings eingewickelt. Anschließend wird der erste Werkstoff gemäß Schritt S6 ausgehärtet.

Eine dritte bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens stellt eine Kombination aus einem Flechtverfahren und einem sogenannten „Resin Transfer Moulding"-Verfahren (RTM) dar. Hierbei wird das Fasermaterial zunächst gemäß Schritt S1 als Flechtschlauch vorbereitet und gemäß Schritt S2 um dieses Formteil in einer trennbaren Form bereitgestellt. Vorzugsweise wird Schritt S2 für eine größere Wandstärke der Körperwandung mehrfach ausgeführt, sodass mehrere Flechtschläuche übereinander angeordnet sind. Während des Schrittes S2 wird der Flechtschlauch zumindest bereichsweise entsprechend der Gestalt des Wellenkörpers gedehnt. Vorzugsweise wird insbesondere in einem Bereich des Formteils, welcher einem dieser Lastkopplungsabschnitte entspricht, gemäß Schritt S3 zumindest eine Lage eines insbesondere bandförmigen Fasermaterials angeordnet. Vorzugsweise wird gemäß Schritt S4 eine dieser Funktionseinrichtungen und/oder ein Einlegebauteil zwischen zwei dieser Flechtschläuche angeordnet. Anschließend wird gemäß Schritt S5 der erste Werkstoff unter Druck in diese Form gegeben. Dann wird der zweite Werkstoff gemäß Schritt S7 ausgehärtet. Anschließend wird die Form geöffnet und der Wellenkörper entnommen.

Bei der Vorbereitung des Fasermaterials zum Flechtschlauch gemäß Schritt S1 werden vorzugsweise Fasern bzw. Faserstränge mit vorbestimmten ursprünglichen Winkeln gegenüber der Längsachse des Flechtschlauches verflochten. In Schritt S2 wird der Flechtschlauch über das Formteil gestülpt. Dabei wird der Flechtschlauch wenigstens bereichsweise gedehnt und an die Gestalt des Formteils angepasst. Dabei werden die Ausrichtungen und damit die Winkel der einzelnen Fasern bzw. Faserstränge insbesondere im Bereich der späteren Lastkopplungsabschnitte verändert, insbesondere infolge der Dehnung des Flechtschlauches in diesen späteren Lastkopplungsabschnitten durch die Geometrie des Formteils. Im Anschluss an Schritt S2 sind die veränderten, bestimmungsgemäßen Faserwinkel der Fasern bzw. Faserstränge bezüglich der Längsachse des Formteils bzw. des späteren Wellenkörpers größer als deren ursprüngliche Winkel gegenüber der Längsachse des Flechtschlauches.

Vorzugsweise werden die Fasern bzw. Faserstränge in zumindest einem späteren Lastkopplungsabschnitt im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Formteils ausgerichtet.

Eine Verfahren zum Herstellen eines Radsatzes ist gekennzeichnet durch zumindest einen, vorzugsweise alle, der Schritte:

(S11) Bereitstellen zumindest eines dieser Wellenkörper, wobei der Wellenkörper zumindest einen dieser Lastkopplungsabschnitte aufweist,

(S12) Hinzufügen zumindest eines dieser Funktionsbauteile zu einem dieser Wellenkörper,

(S13) insbesondere kraftschlüssiges und/oder elektrisches Verbinden eines dieser Funktionsbauteile mit einem dieser Wellenkörper, insbesondere mit einem dieser Lastkopplungsabschnitte,

(S14) Hinzufügen eines dieser Räder,

(S14') Hinzufügen einer dieser Radscheiben, aufweisend eine Kontaktfläche,

(S15) insbesondere kraftschlüssiges und/oder elektrisches Verbinden eines dieser Räder mit einem dieser Wellenkörper, insbesondere mit einem dieser Lastkopplungsabschnitte dieses Wellenkörpers,

(S15') insbesondere kraftschlüssiges und/oder elektrisches Verbinden einer dieser Radscheiben mit einem diesem Wellenkörper, insbesondere mit einem dieser Lastkopplungsabschnitte dieses Wellenkörpers,

(S16) Hinzufügen eines dieser insbesondere metallischen Radreifen auf eine dieser Kontaktflächen einer dieser Radscheiben,

(S17) insbesondere kraftschlüssiges und/oder elektrisches Verbinden zumindest eines dieser Radreifen mit einer dieser Kontaktflächen.

Gemäß einer ersten bevorzugten Weiterbildung dieser bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Radsatz durch die Schritte S11, S12, S13, S14, S15 hergestellt, wobei die Schritte S14 und S15 je zweimal – für je ein Schienenrad – durchgeführt werden.

Gemäß einer zweiten bevorzugten Weiterbildung dieser bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der Radsatz durch die Schritte S11, S12, S13, S14', S15', S16, S17 hergestellt, wobei die Schritte S14', S15', S16, S17 je zweimal – für je ein Schienenrad – durchgeführt werden. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass der hergestellte Radsatz weniger Gewicht aufweist als der nach der ersten bevorzugten Weiterbildung hergestellte Radsatz, insbesondere wenn die Radscheiben aus dem gleichen Material gefertigt sind wie der zumindest eine Wellenkörper.

Gemäß einer dritten bevorzugten Weiterbildung werden die Schritte S12 und S13 jeweils mehrfach durchgeführt. Dabei werden mehrere dieser Funktionsbauteile mit dem Wellenkörper verbunden. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten oder der zweiten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass der hergestellte Radsatz zeitgleich mehrere dieser Funktionsbauteile aufweist.

Gemäß einer vierten bevorzugten Weiterbildung wird Schritt S11 mehrfach durchgeführt. Dabei wird eine Welle mit mehreren dieser Wellenkörper hergestellt. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten, zweiten oder dritten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass die Reparatur des hergestellten Radsatzes bei einem Defekt eines dieser Wellenkörper mit weniger Abfall einhergeht, da lediglich dieser eine Wellenkörper ausgetauscht werden muss und nicht die gesamte Welle.

Ein Verfahren zum Überwachen einer dieser Wellen, wobei wenigstens eine Steuereinrichtung sowie eine Datenspeichereinrichtung, eine Energieversorgungseinrichtung, wenigstens ein Messfühler zur Erfassung wenigstens eines Betriebsparameters und eine Kommunikationseinrichtung, welche jeweils mit der Steuereinrichtung signalverbunden sind, vorgesehen sind, ist gekennzeichnet durch zumindest einen, vorzugsweise alle, der Schritte:

(S21) Zuführen von Energie zu dieser Steuereinrichtung durch eine Energieversorgungseinrichtung, insbesondere drahtlos, insbesondere durch Induktion,

(S22) Erfassen zumindest eines Messwertes für einen Betriebsparameter der Welle durch einen dieser Messfühler, insbesondere auf Veranlassung durch die Steuereinrichtung,

(S23) Bereitstellen dieses zumindest einen Messwertes durch den Messfühler an diese Steuereinrichtung,

(S24) Auswerten dieses zumindest einen Messwertes durch diese Steuereinrichtung, wodurch wenigstens ein Wert für diesen Betriebsparameter gewonnen wird, dabei insbesondere Verknüpfen dieses Messwertes mit zumindest einem Zielwert oder mit zumindest einem anderen dieser Messwerte zu einem Verknüpfungsergebnis,

(S25) Abspeichern dieses zumindest einen Messwertes und ggf. dieses einen Verknüpfungsergebnisses in dieser Datenspeichereinrichtung, insbesondere gemeinsam mit einem Wert, welcher repräsentativ für den Zeitpunkt der Erfassung des Messwertes ist,

(S26) Übermitteln dieses zumindest einen Messwertes und ggf. dieses einen Verknüpfungsergebnisses durch diese Kommunikationseinrichtung an ei-

nen Empfänger außerhalb des Radsatzes, insbesondere auf Veranlassung dieses Empfängers,

(S27) Übermitteln eines vorbestimmten ersten Signals, welches insbesondere auf einen unerwünschten Wert für diesen Betriebsparameter hinweist, durch diese Kommunikationseinrichtung, insbesondere auf Veranlassung der Steuereinrichtung, insbesondere an einen Empfänger außerhalb des Radsatzes,

(S28) Übermitteln von Betriebsdaten und/oder Werten für Betriebsparameter durch diese Kommunikationseinrichtung, insbesondere auf Veranlassung durch die Steuereinrichtung oder auf Veranlassung eines Empfängers außerhalb des Radsatzes, an diesen Empfänger.

Eine erste bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch die Schritte: S21, S22, S23, S24, S25, wobei vorzugsweise die Schritte S22, S23, S24, S25 mehrfach, besonders bevorzugt ereignisgesteuert oder periodisch, durchgeführt werden. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass in der Datenspeichereinrichtung ein Betriebsdatenprotokoll erzeugt wird.

Eine zweite bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch Schritt S26, wobei dieser Schritt vorzugsweise mehrfach, besonders bevorzugt ereignisgesteuert oder periodisch durchgeführt wird. Vorzugsweise wird Schritt S26 dabei von einer stationären, inbesondere nahe am oder im Gleis angeordneten Empfangsvorrichtung, insbesondere von einer sogenannten Balise, veranlasst, während der Zug die Empfangsvorrichtung passiert. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass Wartungspersonal oder ein Techniker einen dieser Messwerte erfahren und für ihre Tätigkeit verwenden können und dass ein Zug mit diesem Radsatz zur Überprüfung des Radsatzes ggf. nicht anzuhalten braucht, wenn der Zug die stationäre Empfangsvorrichtung passiert.

Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Eine dritte bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch Schritt S27, wobei vorzugsweise dieser Schritt ereignisgesteuert durchgeführt wird. Vorzugsweise handelt es sich bei der Empfangsvorrichtung wieder um eine stationäre Empfangsvorrichtung. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass Wartungspersonal, ein Bediener oder ein Techniker auf einen unerwünschten Betriebszustand hingewiesen werden. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass ein Zug mit diesem Radsatz zur Überprüfung des Radsatzes ggf. nicht anzuhalten braucht, wenn der Zug die stationäre Empfangsvorrichtung passiert. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten und/oder der zweiten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Eine vierte bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens ist gekennzeichnet durch Schritt S28, wobei vorzugsweise dieser Schritt ereignisgesteuert durchgeführt wird. Vorzugsweise handelt es sich bei der Empfangsvorrichtung wieder um eine stationäre Empfangsvorrichtung. Diese bevorzugte Weiterbildung bietet den Vorteil, dass Wartungspersonal oder ein Techniker Betriebsdaten oder Betriebsparameter auslesen und für ihre Tätigkeit verwenden können und dass ein Zug mit diesem Radsatz zur Überprüfung des Radsatzes ggf. nicht anzuhalten braucht, wenn der Zug die stationäre Empfangsvorrichtung passiert. Diese bevorzugte Weiterbildung ist mit der ersten, zweiten und/oder der dritten bevorzugten Weiterbildung kombinierbar.

Erfindungsgemäß wird einer dieser Radsätze oder ein nach einem dieser Verfahren hergestellten Radsätze für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Schienenfahrzeug, verwendet. Dabei ist der Radsatz vorzugsweise drehbeweglich bezüglich des Fahrzeugs gelagert. Vorzugsweise ist das Schienenfahrzeug mit Geschwindigkeiten von über 100 km/h, besonders bevorzugt von über 200 km/h, im Zugverkehr einsetzbar. Die Erfindung ist also besonders bevorzugt in einem Hochgeschwindigkeitszug einsetzbar.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen erfindungsgemäßen Wellenkörper mit einem Lastkopplungsabschnitt, einem Längsabschnitt und einem Übergangsbereich, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 2 schematisch einen Wellenkörper mit zwei Lastkopplungsabschnitten mit demselben zweiten Außendurchmesser, einem Längsabschnitt und zwei Übergangsbereichen, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 3 schematisch einen Wellenkörper mit zwei Lastkopplungsabschnitten, wobei die beiden Lastkopplungsabschnitte unterschiedliche Außendurchmesser aufweisen, mit einem Längsabschnitt und zwei Übergangsbereichen, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 4 schematisch einen Wellenkörper mit vier Lastkopplungsabschnitten mit demselben zweiten Außendurchmesser, mit mehreren Längsabschnitten und mit mehreren Übergangsbereichen, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 5 schematisch einen Wellenkörper mit sieben Lastkopplungsabschnitten, welche als Bund ausgebildet sind, mit Längsabschnitten, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 6 schematisch einen Radsatz mit mehreren Wellenkörpern gemäß Fig. 2 bzw. Fig. 3, mit mehreren Funktionsbauteilen und mit zwei kraftschlüssig verbundenen Rädern, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 7 schematisch eine weitere Ausführungsform eines Radsatzes mit mehreren Wellenkörpern, mehreren Funktionsbauteilen und zwei stoffschlüssig verbundenen Rädern, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 8 schematisch eine weitere Ausführungsform eines Radsatzes mit nur einem Wellenkörper gemäß Fig. 5, mit mehreren Lastkopplungsabschnitten, mehreren Funktionsbauteilen und zwei Rädern, auch im Schnitt und perspektivisch dargestellt,

Fig. 9 schematisch zwei Körperwandungen mit verschiedenem Schichtaufbau im Schnitt

Fig. 10 eine perspektivische Darstellung eines Wellenkörpers mit einer Körperwandung mit einer größeren Anzahl von Schichten,

Fig. 11 eine Detail-Schnittdarstellung der Körperwandung des Wellenkörpers gemäß Fig. 10 mit Darstellung der Faserwinkel in den einzelnen Tragschichten.

Fig.1 zeigt schematisch einen erfindungsgemäßen Wellenkörper 5 mit einem Lastkopplungsabschnitt 3, einem Längsabschnitt 1 und einem Übergangsbereich 2, und zwar in Fig. 1a) von der Seite (parallel zur Längsachse), in Fig. 1b) von der rechten Stirnseite aus, in Fig. 1c) im Längsschnitt (AS-AS) und in Fig. 1d) in einer perspektivischen Schrägdarstellung; entsprechende Ansichten für andere erfindungsgemäße Wellenkörper sind in den Fig. 2 und 3 dargestellt.

Die Körperwandung des Wellenkörpers 5 ist aus einem faserverstärkten, aushärtbaren Werkstoff ausgebildet. Die Wandstärke der Körperwandung ist gleichförmig. Der Lastkopplungsabschnitt 3 ist als Flansch ausgebildet. Der Übergangsbereich 2 ist zwischen dem Lastkopplungsabschnitt 3 und dem Längsabschnitt 1 angeordnet.

Fig. 2 zeigt schematisch einen weiteren Wellenkörper 5, welcher im Gegensatz zu dem Wellenkörper gemäß Fig. 1 mit zwei Lastkopplungsabschnitten 3a, 3b und zwei Übergangsbereichen 2a, 2b ausgebildet ist. Die Wandstärke der Körperwandung ist gleichförmig. Die Lastkopplungsabschnitte 3a, 3b weisen denselben zweiten Außendurchmesser auf und sind als Flansche zur Verbindung mit Funktionsbauteilen ausgebildet. Die Flansche weisen je eine Anordnung von Bohrungen 4 parallel zur Längsachse des Wellenkörpers auf, wobei die Bohrungen 4 zwei Lochkreise mit je zwölf Bohrungen 4 mit konstanten Winkelabständen zwischen je zwei benachbarten Bohrungen 4 bilden.

Fig. 3 zeigt schematisch einen weiteren Wellenkörper 5, dessen Lastkopplungsabschnitte 3a, 3b im Gegensatz zu dem Wellenkörper gemäß Fig. 2 unterschiedliche Außendurchmesser aufweisen. Die Wandstärke der Körperwandung ist gleichförmig. Auch diese Lastkopplungsabschnitte 3a, 3b sind als Flansche zur Verbindung mit Funktionsbauteilen oder Rädern ausgebildet. Der erste Lastkopplungsabschnitt 3a ist zur Verbindung mit einer Bremsscheibe vorgesehen. Der zweite Lastkopplungsabschnitt 3b ist zur Verbindung mit einem Rad vorgesehen. Die Flansche weisen je eine Anordnung von Bohrungen 4 parallel zur Längsachse des Wellenkörpers 5 auf, wobei die Bohrungen 4 zwei Lochkreise mit je zwölf Bohrungen 4 mit konstanten Winkelabständen zwischen je zwei benachbarten Bohrungen 4 bilden.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Wellenkörper 5 mit vier Lastkopplungsabschnitten 3a, 3b, 3c, 3d mit demselben zweiten Außendurchmesser, mit drei Längsabschnitten 1a, 1b, 1c und mit mehreren Übergangsbereichen 2a, 2b, 2c, 2d, und zwar in Fig. 4a) von der Seite (parallel zur Längsachse), in Fig. 4b) in einer perspektivischen Schrägdarstellung und in Fig. 4c) im Längsschnitt (DS-DS); entsprechende Ansichten für andere erfindungsgemäße Wellenkörper bzw. Radsätze sind in den Fig. 5 bis 8 dargestellt.

Die Wandstärke der Körperwandung des Wellenkörpers 5 ist im Bereich zweier Lastkopplungsabschnitte 3b, 3c größer als in den Längsabschnitten 1a, 1b, 1c.

Diese beiden Lastkopplungsabschnitte 3b, 3c sind zur Verbindung mit je einer Bremsscheibe vorgesehen, während die anderen beiden Lastkopplungsabschnitte 3a, 3d zur Verbindung mit je einem Rad vorgesehen sind. Die Flansche weisen, analog zu den Fig. 1 bis 3, je eine Anordnung von Bohrungen 4 auf.

Fig. 5 zeigt schematisch einen Wellenkörper 5 mit mehreren Lastkopplungsabschnitten 3a - 3g, welche als Bünde ausgebildet sind, und mit Längsabschnitten 1a - 1f. Die Wandstärke der Körperwandung ist in den Lastkopplungsabschnitten 3a - 3g größer als in den Längsabschnitten 1a – 1f.

Fig. 6 zeigt schematisch einen Radsatz mit mehreren Wellenkörpern 5a – 5f gemäß Fig. 2 bzw. Fig. 3, mit mehreren Funktionsbauteilen, inbesondere Bremsscheiben, 6a, 6b, 6c und mit zwei kraftschlüssig verbundenen bzw. verschraubten Rädern 7a, 7b. Hierbei sind die Wellenkörper 5c und 5d Wellenkörper gemäß Fig. 2 und die Wellenkörper 5a, 5b, 5e und 5f Wellenkörper gemäß Fig. 3. Diese Funktionsbauteile 6a, 6b, 6c sind kraftschlüssig mit je zwei dieser Wellenkörper 5b/5c, 5c/5d, 5d/5e verbunden bzw. verschraubt. Zur kraftschlüssigen Verbindung mit den Rädern 7a, 7b weisen die entsprechenden Lastkopplungsabschnitte 5a/5b, 5e/5f größere Außendurchmesser auf. Jeder Wellenkörper 5a – 5f weist (entsprechend den Fig. 2 und 3 und daher in Fig. 6 nicht im Einzelnen bezeichnet) einen Längsabschnitt, zwei Lastkopplungsabschnitte und zwei Übergangsbereiche auf.

Fig. 7 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform eines Radsatzes mit mehreren Wellenkörpern 5a, 5b, 5c, mehreren Funktionsbauteilen, nämlich Bremsscheiben, 6a, 6b, 6c, und zwei stoffschlüssig verbundenen Rädern 7a, 7b. Die Räder 7a, 7b sind mit Radscheiben 8a, 8b und metallischen Radreifen 9a, 9b ausgebildet. Der Wellenkörper 5b weist insgesamt fünf Lastkopplungsabschnitte auf, während die Wellenkörper 5a und 5c jeweils zwei Lastkopplungsabschnitte (nicht im Einzelnen bezeichnet) aufweisen. Die Radscheiben 8a, 8b sind stoffschlüssig mit den äußeren Lastkopplungsabschnitten des Wellenkör-

pers 5b verbunden und weisen denselben faserverstärkten, aushärtbaren ersten Werkstoff auf wie die Körperwandung des Wellenkörpers 5b.

Fig. 8 zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform eines Radsatzes mit nur einem Wellenkörper 5 gemäß Fig. 5 mit sieben Lastkopplungsabschnitten (in Fig. 8 nicht im Einzelnen bezeichnet), mit drei Funktionsbauteilen, inbesondere Bremsscheiben, 6a, 6b, 6c, und mit zwei Rädern 7a, 7b.

Fig. 9 zeigt einen exemplarischen Aufbau der Körperwandung eines erfindungsgemäßen Wellenkörpers mit sechs etwa gleich dicken Schichten (Fig. 9a)) bzw. drei teilweise unterschiedlich dicken Schichten (Fig. 9b)), insbesondere zur Darstellung der Gliederung des Aufbaus in Funktionsschichten und Tragschichten.

In dem in Fig. 9a) gezeigten Schichtaufbau sind die äußersten Schichten 10, 11 Funktionsschichten, welche beispielsweise Messfühler aufweisen oder aus einem metallischen Werkstoff bestehen und zum Energietransport dienen, und die innen liegenden Schichten 12, 13, 14, 15 sind Tragschichten aus einem ersten Werkstoff, beispielsweise Epoxidharz, in dem Fasern aus einem zweiten Werkstoff, beispielsweise Kohlenstoff, eingebettet sind.

Der in Fig. 9b) gezeigte Schichtaufbau weist wiederum die Funktionsschichten 10, 11, jedoch nur eine, entsprechend dickere, Tragschicht 16 auf, so dass die Gesamtdicke der Körperwandungen in Fig. 9a) und b) etwa gleich ist.

Fig. 10 zeigt schematisch eine perspektivische Darstellung eines Wellenkörpers, welche entlang dessen Längsachse aufgeschnitten wurde und wobei die Schichten stufenförmig angeschnitten dargestellt sind. Der Aufbau des Wellenkörpers entspricht dem in Fig. 1 dargestellten Wellenkörper mit einem Längsabschnitt 1, einem Übergangsbereich 2 und einem Lastkopplungsabschnitt 3.

Der Wellenkörper weist eine Körperwandung mit 23 Schichten auf, nämlich drei Funktionsschichten F01, F02, F03 sowie 20 Tragschichten L01 - L20. Hierbei sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 10 jeweils zwei Tragschichten oder zwei Tragschichten und eine Funktionsschicht grafisch gemeinsam als eine Schicht dargestellt. Der Wellenkörper ist rotationssymmetrisch bezüglich seiner Längsachse A01.

Die einzelnen Schichten bilden im Bereich des Längsabschnitts1 konzentrische Zylindermantelflächen um die Längsachse A01, weiten sich im Übergangsbereich 2 nach radial außen auf und verlaufen im Lastkopplungsabschnitt 3 als kreisringförmige Scheiben senkrecht zur Längsachse A01.

Fig. 11 zeigt schematisch einen nicht maßstabsgerechten Querschnitt durch die Körperwandung des Wellenkörpers gemäß Fig. 10 im Bereich des Längsabschnitts 1, wobei sich die radial innere Seite (Schicht F01) in der Darstellung links und die radial äußere Seite (Schicht L20) in der Darstellung rechts befindet.

Die Funktionsschichten sind (von innen nach außen gesehen) als erste Schicht F01, zwölfte Schicht F02 und 22. Schicht F03 angeordnet. Zwischen den Funktionsschichten F01 und F02 sind zehn Tragschichten L01 - L10 und zwischen den Funktionsschichten F02 und F03 sind neun Tragschichten L11 - L19 angeordnet. Die Funktionsschicht F03 wird von der äußersten Tragschicht L20 bedeckt, welche gleichzeitig eine, insbesondere elastische, Schutzschicht bildet.

Werden die Funktionsschichten F01 – F03 außer Acht gelassen, so besteht die Abfolge von Tragschichten L01 – L20 abwechselnd aus jeweils einer 3,5 mm dicken Schicht L01, L03, ..., L19 mit einem Faserwinkel von 30° sowie jeweils einer 0,5 mm dicken Schicht L02, L04, ..., L20 mit einem Faserwinkel von nahezu 90°.

Die angegebenen Faserwinkel gelten hierbei nur im Bereich des Längsabschnitts 1. Im Übergangsbereich 2 und im Lastkopplungsabschnitt 3 verändert sich die Faserorientierung gemäß dem Satz von Clairaut (gilt für die geodätische Linie, d. h. ohne Berücksichtigung der Reibung) in folgender Weise:

$$\sin \alpha \cdot r = C_c(r, \alpha) = \text{const.},$$

wobei α den Faserwinkel, r den Radius des Wickelkerns und $C_c(r, \alpha)$ die Clairaut-Konstante bezeichnet.

Somit stellt sich beispielsweise bei einem Faserwinkel von 30°, einem Durchmesser D_1 des Längsabschnitts 1 von 200 mm und einem Durchmesser D_2 des Lastkopplungsabschnitts 3 von 1.000 mm ein Faserwinkel von ca. 5,8° ein. Die Faserorientierung kann durch die „Ausnutzung" der Reibung zwischen Faser und Untergrund in einem Bereich von etwa +/- 15% variiert werden.

Für eine optimierte Gestaltung des Lastkopplungsabschnitts 3 ist jedoch ein Faserwinkel nahe 90° wünschenswert. Hierzu wird der Lastkopplungsabschnitt 3 vorzugsweise unter Einsatz weiterer Faserhalbzeuge etwa in einem Preformingprozess ausgebildet. Dabei können beispielsweise geflochtene Halbzeuge in eine Form drapiert und anschließend mittels einer Metallschmelze infiltriert werden.

Der in Fig. 11 dargestellte Schichtaufbau mit einer Gesamtdicke der Tragschichten von 40 mm zeichnet sich durch einen einfachen Aufbau, eine geringe Rissanfälligkeit und einen hohen Faservolumengehalt aus.

Die Tragschichten L01 – L20 dienen, wie bereits erläutert, der strukturmechanischen Stabilisierung des Wellenkörpers.

Die Funktionsschichten F01 - F03 weisen Funktionselemente auf, die im Wesentlichen keine Tragfunktion haben.

Dies können zum einen Bauelemente zur Zustandsüberwachung („Online Condition Monitoring") der Tragschichten und der Radsatzwelle bzw. des Radsatzes sein, insbesondere Kupfer-Gewebe („Mesh"), optische Glasfasern (Bragg-Gitter), piezokeramische Elemente oder röhrenförmige Leitungselemente. Diese Funktionselemente werden elektrisch, optoelektronisch bzw. hydraulisch miteinander verschaltet, um ihre jeweilige Funktion zu erfüllen. Hierbei kann die Energie- bzw. Datenübertragung sowohl leitungsgebunden als auch nicht-leitungsgebunden („wireless") erfolgen.

Bei Funktionsschichten zur Zustandsüberwachung ist es insbesondere auch möglich, dass diese nur partiell auf den Wellenkörper aufgebracht werden, wobei auch die Anordnung innerhalb des Schichtaufbaus problemspezifisch auszuführen ist. So sind piezokeramische Funktionselemente vorzugsweise nur lokal vorhanden und in ihrer Schichtanordnung variabel, erfassen aber dennoch Schwingungen, die durch alle Tragschichten des Bauteils geleitet werden. Hingegen sind Bragg-Gitter vorzugsweise großflächig und als äußere Randlage auf dem Wellenkörper aufgebracht, um eine genügend hohe Dehnung sicherzustellen.

Bei den Funktionsschichten kann es sich zum anderen auch um Schichten handeln, die zum Informations- oder Energietransport dienen. Diese Funktionsschichten werden vorzugsweise als innerste oder als äußerste Schicht angeordnet. Als innerste Schicht dienen sie zusätzlich der effizienten Fertigung, etwa als verlorener Kern. Als äußerste Schicht erfüllen sie zusätzliche Schutzfunktionen, z. B. als Steinschlagschutz. Die genannten Funktionen können auch miteinander kombiniert werden.

Funktionsschichten zum Energietransport dienen insbesondere zur Ableitung des Fahrstroms, welchen das Schienenfahrzeug über eine Oberleitung bezieht, oder der Erdung des Schienenfahrzeugs. Hierfür können die Funktionsschichten als massive Kupferleitungen bzw. Kupferschichten ausgebildet sein, die selbst als röhrenförmige Leitungselemente ausgebildet oder solchen benachbart sind. Durch die röhrenförmige Leitungselemente fließt dann im Betrieb des Schienenfahrzeugs ein Kühlmittel, um die stromleitenden Funktionsschichten zu kühlen.

In der folgenden Tab. 1 sind verschiedene Varianten von Schichtaufbauten eines erfindungsgemäßen Wellenkörpers dargestellt.

Variante	Architektur[1]	Faserwinkel[2]	Vorzugsbelastung	Anmerkungen
1	Schicht 1: 40 mm	45°	Torsion	Einfacher Aufbau, Rissanfällig, geringer Faservolumengehalt
2	Schicht 1: 30 mm Schicht 2: 10 mm	45° 90°	Torsion und Druck im Verhältnis der Schichtdicken	Einfacher Aufbau, Rissanfällig, hoher Faservolumengehalt
3	Schicht 1: 30 mm Schicht 2: 5 mm Schicht 3: 5 mm	45° 0° 90°	Torsion Biegung Druck im Verhältnis der Schichtdicken	Rissanfällig, geringer Faservolumengehalt
4	Schicht 1: 40 mm	30°	Torsion und Biegung im Verhältnis 2:1	Einfacher Aufbau, Rissanfällig, geringer Faservolumengehalt
5	Schicht 1: 40 mm	22,5°	Torsion und Biegung im Verhältnis 1:1	Einfacher Aufbau, Rissanfällig, geringer Faservolumengehalt
6	Schicht 1: 3,5 mm Schicht 2: 0,5 mm 9 mal wiederholt bis 40 mm Laminatstärke erreicht sind	30° 90°	Torsion und Biegung Druck	hoher Faservolumengehalt

Tabelle 1

In der folgenden Tab. 2 sind weitere Varianten von Schichtaufbauten eines erfindungsgemäßen Wellenkörpers dargestellt, wobei der Schichtaufbau gemäß Fig. 10 und 11 der Variante 3 in Tab. 2 entspricht.

Variante	Architektur[3]	Faserwinkel[4]	Vorzugsbelastung	Anmerkungen
1	Schicht 1: 22 mm Schicht 2: 2 mm Schicht 3: 14 mm Schicht 4: 2 mm	45° 90° 0° 90°	Torsion Druck Biegung Druck	einfacher Aufbau, Rissanfällig
2	Schicht 1: 3,5 mm Schicht 2: 0,5 mm Schicht 3: 3,5 mm Schicht 4: 0,5 mm Schicht 5: 3,5 mm Schicht 6: 0,5 mm Schicht 7: 3,5 mm Schicht 8: 0,5 mm Schicht 9: 3,5 mm Schicht 10: 0,5 mm Schicht 11: 3,5 mm Schicht 12: 0,5 mm Schicht 13: 3,5 mm Schicht 14: 0,5 mm Schicht 15: 3,5 mm Schicht 16: 0,5 mm Schicht 17: 3,5 mm	45° 90° 45° 90° 45° 90° 45° 90° 45° 90° 45° 90° 0° 90° 0° 90° 0°	Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Biegung Druck Biegung Druck Biegung	kaum Rissanfällig, hoher Faservolumengehalt
	Schicht 18: 0,5 mm Schicht 19: 3,5 mm Schicht 20: 0,5 mm	90° 0° 90°	Druck Biegung Druck	
3	Schicht 1: 3,5 mm Schicht 2: 0,5 mm Schicht 3: 3,5 mm Schicht 4: 0,5 mm Schicht 5: 3,5 mm Schicht 6: 0,5 mm Schicht 7: 3,5 mm Schicht 8: 0,5 mm Schicht 9: 3,5 mm Schicht 10: 0,5 mm Schicht 11: 3,5 mm Schicht 12: 0,5 mm Schicht 13: 3,5 mm Schicht 14: 0,5 mm Schicht 15: 3,5 mm Schicht 16: 0,5 mm Schicht 17: 3,5 mm Schicht 18: 0,5 mm Schicht 19: 3,5 mm Schicht 20: 0,5 mm	30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90° 30° 90°	Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Torsion Druck Biegung Druck Biegung Druck Biegung Druck Biegung Druck	einfacher Aufbau, kaum Rissanfällig, hoher Faservolumengehalt

Tabelle 2

Bezugszeichenliste

1	Längsabschnitt
2	Übergangsbereich
3	Lastkopplungsabschnitt
4	Bohrung
5	Wellenkörper
6	Funktionsbauteil
7	Rad
8	Radscheibe
9	Radreifen
10, 11	Funktionsschicht
12 - 16	Tragschicht
F01 - F03	Funktionsschicht
L01 - L20	Tragschicht
A01	Längsachse des Wellenkörpers

Patentansprüche

1. Radsatzwelle, insbesondere für den Radsatz eines Schienenfahrzeuges, welche wenigstens einen Wellenkörper (5) aufweist, der sich im Wesentlichen entlang einer Längsachse (A01) erstreckt, wobei dieser Wellenkörper (5) wenigstens einen ersten Lastkopplungsabschnitt (3) aufweist, welcher zum Einleiten und/oder Ausleiten einer Kraft und/oder eines Drehmoments in ein bzw. aus einem Funktionsbauteil (6) dient,

   dadurch gekennzeichnet,

   dass dieser Wellenkörper (5) zumindest teilweise aus wenigstens einem ersten Werkstoff besteht, in welchem wenigstens teilweise Fasern aus einem im Wesentlichen nicht-metallischen zweiten Werkstoff zumindest teilweise eingebettet sind.

2. Radsatzwelle gemäß Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass dieser Wellenkörper (5) im wesentlichen rotationssymmetrisch zu seiner Längsachse (A01) gestaltet ist und eine Körperwandung aufweist, welche einen vorzugsweise mit Luft gefüllten Hohlraum umschließt.

3. Radsatzwelle gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass dieser Wellenkörper (5) weiterhin einen zweiten Lastkopplungsabschnitt (3) sowie ein erstes Ende und ein zweites, dem ersten Ende gegenüberliegendes Ende aufweist, und dass dieser erste Lastkopplungsabschnitt (3) im Bereich des ersten Endes und dieser zweite Lastkopplungsabschnitt (3) im Bereich des zweiten Endes dieses Wellenkörpers (5) angeordnet ist.

4. Radsatzwelle gemäß Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass dieser erste Lastkopplungsabschnitt (3) zur Verbindung mit einem ersten Schienenrad (7) und dieser zweite Lastkopplungsabschnitt (3) zur Verbindung mit einem zweiten Schienenrad (7) dient.

5. Radsatzwelle gemäß Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen diesem ersten und diesem zweiten Lastkopplungsabschnitt (3) wenigstens ein dritter Lastkopplungsabschnitt (3) angeordnet ist.

6. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder dieser Lastkopplungsabschnitte (3) zur Verbindung mit einem jeweiligen Funktionsbauteil (6) dient, wobei jedes dieser Funktionsbauteile (6) einer Gruppe entnommen ist, die ein Bauteil einer Bremseinrichtung, insbesondere eine Scheibe einer Scheibenbremse, ein Schienenrad (7), ein Radsatzwellenlager oder eine Antriebseinrichtung, insbesondere eine Antriebszahnradeinrichtung, enthält.

7. Radsatzwelle gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass diese Radsatzwelle wenigstens zwei Wellenkörper (5) aufweist, die in axialer Richtung der Radsatzwelle nebeneinander angeordnet sind.

8. Radsatzwelle gemäß Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass für jedes Paar aus einem ersten und einem zweiten Wellenkörper (5), welche axial zueinander benachbart angeordnet sind und welche jeweils ein erstes Ende und ein zweites, dem ersten Ende gegenüberliegendes Ende aufweisen, zwischen dem ersten und dem zweiten Wellenkörper ein Lastkopplungsabschnitt (3) derart angeordnet ist, dass dieser Lastkopp-

lungsabschnitt (3) im Bereich des zweiten Endes des ersten Wellenkörpers (5) und im Bereich des ersten Endes des zweiten Wellenkörpers (5) angeordnet ist.

9. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Wellenkörper (5) wenigstens einen im Wesentlichen zylindrischen und vorzugsweise hohlzylindrischen Längsabschnitt (1) mit einem im Wesentlichen konstanten ersten Außendurchmesser (D_1) aufweist und dass dieser erste Lastkopplungsabschnitt (1) einen anderen, vorzugsweise einen größeren, Außendurchmesser (D_2) aufweist als dieser Längsabschnitt (1).

10. Radsatzwelle gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Wellenkörper (5) einen Übergangsbereich (2) aufweist, welcher zwischen diesem Längsabschnitt (1) und diesem ersten Lastkopplungsabschnitt (3) angeordnet ist, wobei sich der Außendurchmesser dieses Übergangsbereichs (2) entlang der Längsachse (A01) dieses Wellenkörpers (5) von diesem Längsabschnitt (1) in Richtung dieses ersten Lastkopplungsabschnitts (3), insbesondere stetig, ändert, vorzugsweise zunimmt.

11. Radsatzwelle gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Übergangsbereich (2), dieser Längsabschnitt (1) und dieser erste Lastkopplungsabschnitt (3) einstückig miteinander ausgebildet sind.

12. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer dieser Lastkopplungsabschnitte (3) als Flansch oder

als Bund ausgebildet ist und/oder zumindest eine Bohrung (4) aufweist .

13. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenkörper wenigstens eine Funktionseinrichtung aufweist, welche insbesondere dazu geeignet ist, einen oder mehrere Betriebsparameter dieser Radsatzwelle, zumindest eines dieser Wellenkörper, zumindest eines dieser Räder oder dieses Radsatzes zu erfassen.

14. Radsatzwelle gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass diese Funktionseinrichtung ein oder mehrere Funktionselemente aufweist, welche einer Gruppe entnommen sind, welche eine Stromleiteinrichtung, einen Messfühler, eine Steuereinrichtung, eine Datenspeichereinrichtung, eine Energieversorgungseinrichtung und/oder eine, insbesondere leitungsgebundene oder drahtlose, Kommunikationseinrichtung enthält.

15. Radsatzwelle gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass dieses Funktionselement ein Messfühler ist und dass dieser Messfühler einer Gruppe entnommen ist, welche eine Kraftmesseinrichtung, eine Druckmesseinrichtung, eine Dehnungsmesseinrichtung, eine Verdrehungswinkelmesseinrichtung, eine Verschiebestreckenmesseinrichtung, eine Drehfrequenzmesseinrichtung, eine Geschwindigkeitsmesseinrichtung, eine optische Messeinrichtung und eine Temperaturmesseinrichtung enthält.

16. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fasern dieses Wellenkörpers (5) wenigstens bereichsweise einen Winkel kleiner als 10 Grad, vorzugsweise kleiner als 5 Grad, weiter vorzugsweise von 0 Grad, oder wenigstens bereichsweise einen Winkel zwi-

schen 20 und 40 Grad, vorzugsweise zwischen 25 und 35 Grad, weiter vorzugsweise von 30 Grad, oder wenigstens bereichsweise einen Winkel größer als 80 Grad, vorzugsweise größer als 85 Grad, weiter vorzugsweise von 90 Grad, mit dieser Längsachse (A01) dieses Wellenkörpers (5) einschließen.

17. Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieser Wellenkörper (5) wenigstens zwei, vorzugsweise wenigstens drei, in unterschiedlichem radialem Abstand zur Längsachse (A01) angeordnete Faserschichten (L01 – L20) aufweist und dass wenigstens zwei Faserschichten (L01 – L20) wenigstens bereichsweise unterschiedliche mechanische Eigenschaften und insbesondere ein unterschiedliches Dehnungsverhalten aufweisen.

18. Radsatzwelle gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Faserschicht (L01 – L20) derart gestaltet ist, dass sich darin wenigstens eine Faser bei Überschreiten eines bestimmten Schwellwertes der Belastung bleibend verformen und dass wenigstens eine Funktionseinrichtung dafür vorgesehen ist, diese bleibende Verformung zu detektieren.

19. Radsatzwelle gemäß einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass in jeder Faserschicht (L01 – L20) die Fasern einen bestimmten, innerhalb der Schicht konstanten Faserwinkel aufweisen und dass der Wellenkörper (5) nur Faserschichten (L01 – L20) mit genau zwei verschiedenen Faserwinkeln aufweist.

20. Radsatzwelle gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,

dass je zwei Faserschichten (L01 – L20), zwischen denen sich keine weiteren Faserschichten befinden, verschiedene Faserwinkel aufweisen.

21. Radsatz für Fahrzeuge, insbesondere für Schienenfahrzeuge, mit einer Radsatzwelle gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

22. Verfahren zum Herstellen eines Wellenkörpers (5) für eine Radsatzwelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21 mit zumindest einem, vorzugsweise allen, der folgenden Schritte:

(S1) Vorbereiten eines Fasermaterials als, insbesondere schlauchförmiges, Geflecht, als Gewebe oder Gelege,

(S2) Anordnen des Fasermaterials um ein, insbesondere rotationssymmetrisches, Formteil, wodurch ein Wellenkörperrohling gebildet wird,

(S3) Anordnen von Fasermaterial im Bereich eines dieser Lastkopplungsabschnitte (3) des späteren Wellenkörpers (5) zur bereichsweisen Erhöhung der Wandstärke der Körperwandung,

(S4) Anordnen wenigstens einer Funktionseinrichtung, wenigstens eines metallischen oder nicht-metallischen Formteiles und/oder wenigstens eines insbesondere metallischen Einlegebauteils in oder an dem Wellenkörperrohling,

(S5) Zugeben eines, insbesondere aushärtbaren, ersten Werkstoffs zu dem Fasermaterial,

(S6) Aushärten des ersten Werkstoffs, insbesondere mittels Erhöhen der Temperatur des ersten Werkstoffs,

(S7) Anbringen einer Beschichtung auf einen Bereich des Wellenkörpers (5),

23. Verfahren zum Überwachen eines Radsatzes gemäß Anspruch 21 oder einer Radsatzwelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20,

dadurch gekennzeichnet,

dass wenigstens eine Steuereinrichtung sowie eine Datenspeichereinrichtung, eine Energieversorgungseinrichtung, wenigstens ein Messfühler zur Erfassung wenigstens eines Betriebsparameters und eine Kommunikationseinrichtung, welche jeweils mit der Steuereinrichtung signalverbunden sind, vorgesehen sind,

weiterhin gekennzeichnet durch zumindest einen, vorzugsweise alle, der folgenden Schritte:

(S21) Zuführen von Energie zu dieser Steuereinrichtung durch diese Energieversorgungseinrichtung, insbesondere drahtlos, insbesondere durch Induktion,

(S22) Erfassen zumindest eines Messwertes für einen Betriebsparameter dieser Radsatzwelle durch einen Messfühler, insbesondere auf Veranlassung durch die Steuereinrichtung,

(S23) Bereitstellen des zumindest einen Messwertes durch den Messfühler an diese Steuereinrichtung,

(S24) Auswerten dieses zumindest einen Messwertes durch diese Steuereinrichtung, wodurch wenigstens ein Wert für diesen Betriebsparameter gewonnen wird,

(S25) Abspeichern dieses zumindest einen Messwertes in dieser Datenspeichereinrichtung, insbesondere gemeinsam mit einem Wert, welcher repräsentativ für den Zeitpunkt der Erfassung des Messwertes ist,

(S26) Übermitteln dieses zumindest einen Wertes durch diese Kommunikationseinrichtung an einen Empfänger außerhalb des Radsatzes, insbesondere auf Veranlassung dieses Empfängers,

(S27) Übermitteln eines vorbestimmten ersten Signals, welches insbesondere auf einen unerwünschten Wert für diesen Betriebsparameter hinweist, durch diese Kommunikationseinrichtung, insbesondere auf Veranlassung der Steuereinrichtung, insbesondere an einen Empfänger außerhalb des Radsatzes,

(S28) Übermitteln von Betriebsdaten und/oder Werten für Betriebsparameter durch diese Kommunikationseinrichtung, insbesondere auf Veranlassung durch die Steuereinrichtung oder auf Veranlassung eines Empfängers außerhalb des Radsatzes, an diesen Empfänger.

24. Verwendung einer Radsatzwelle gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20 oder eines Radsatzes gemäß Anspruch 21 oder eines Radsatzes, hergestellt gemäß Anspruch 21, für ein Schienenfahrzeug, insbesondere für ein Schienenfahrzeug, welches mit Geschwindigkeiten von über 100 km/h, besonders bevorzugt von über 200 km/h, im Zugverkehr einsetzbar ist.

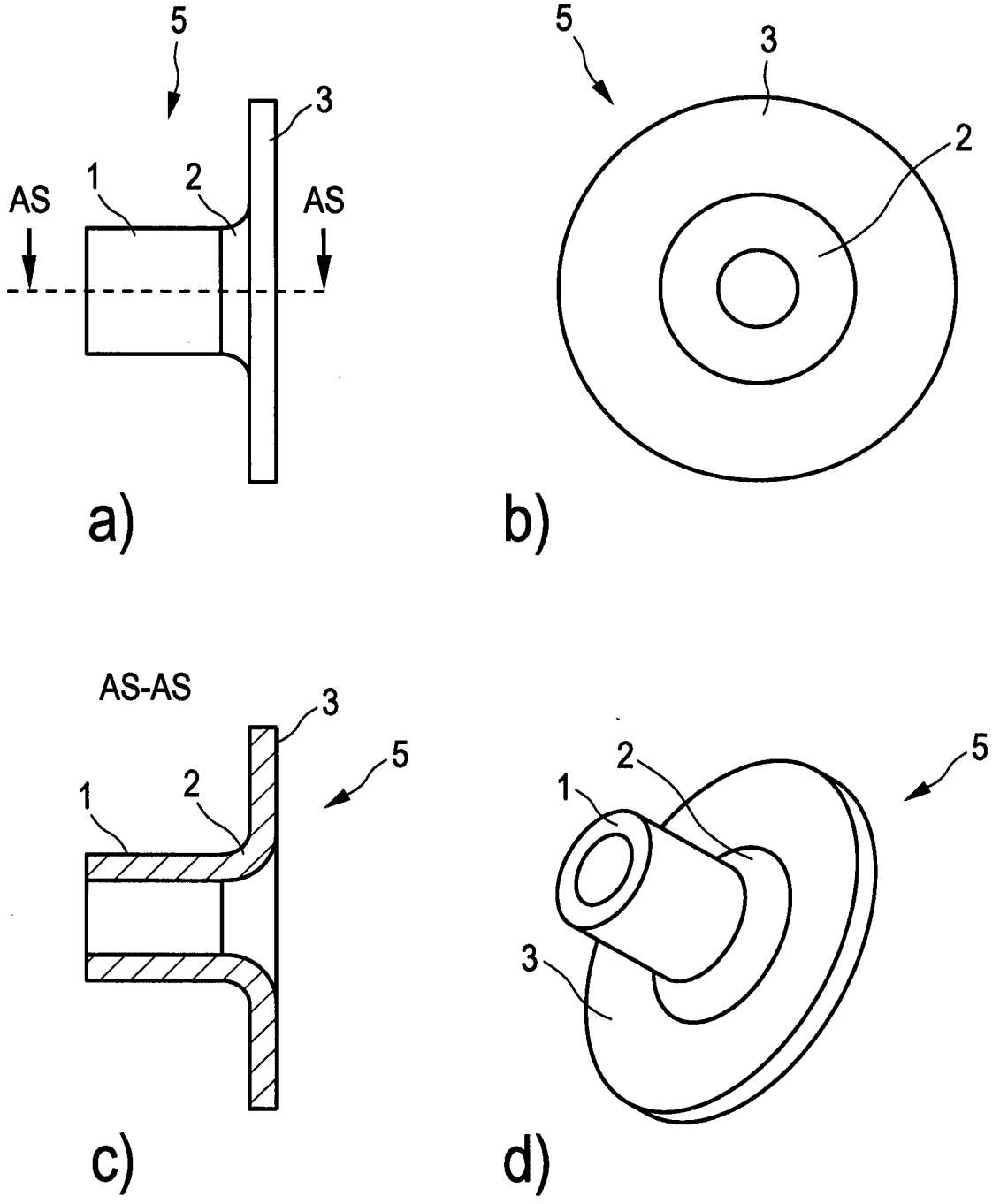


FIG. 1

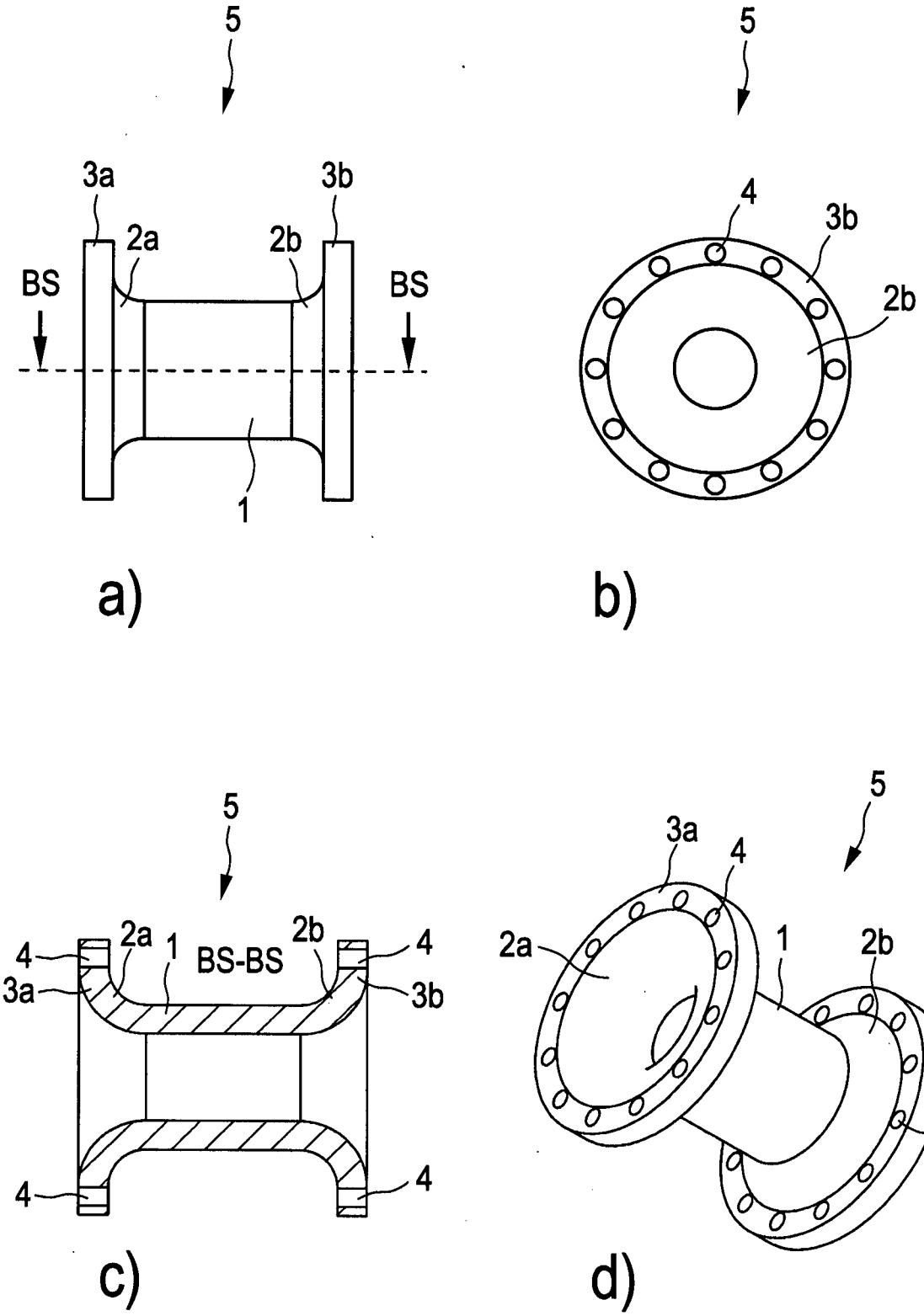

5
3a
3b
2a
2b
BS
BS
1
a)
5
4
3b
2b
b)
5
2a
1
BS-BS
2b
4
4
3a
3b
4
4
c)
5
3a
4
2a
1
2b
3b
4
d)

FIG. 2

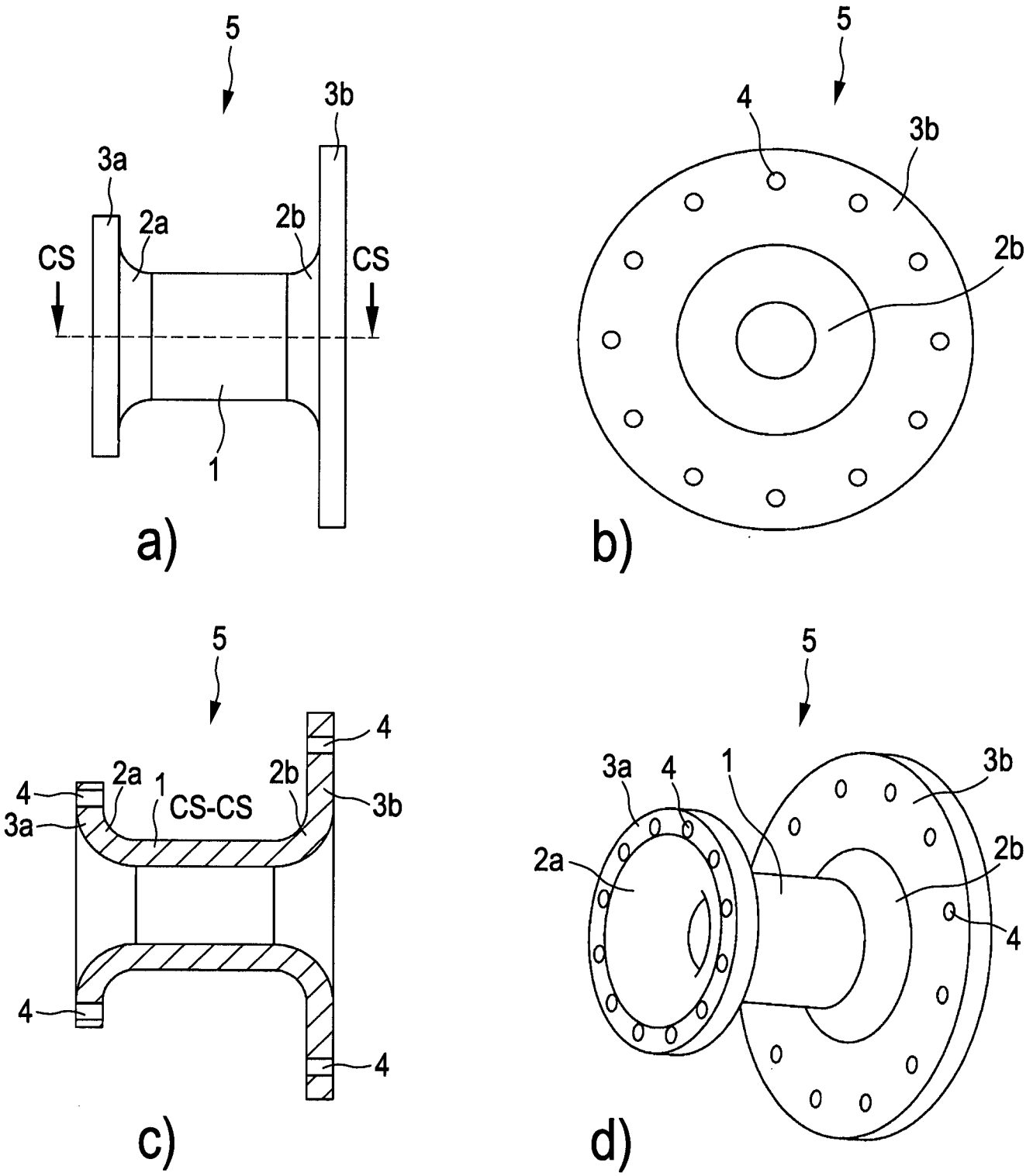

5
3b
3a
2a
2b
CS
CS
1
a)
5
4
3b
2b
b)
5
4
2a
1
2b
3b
3a
CS-CS
4
4
c)
5
3a
4
1
3b
2a
2b
4
d)

FIG. 3

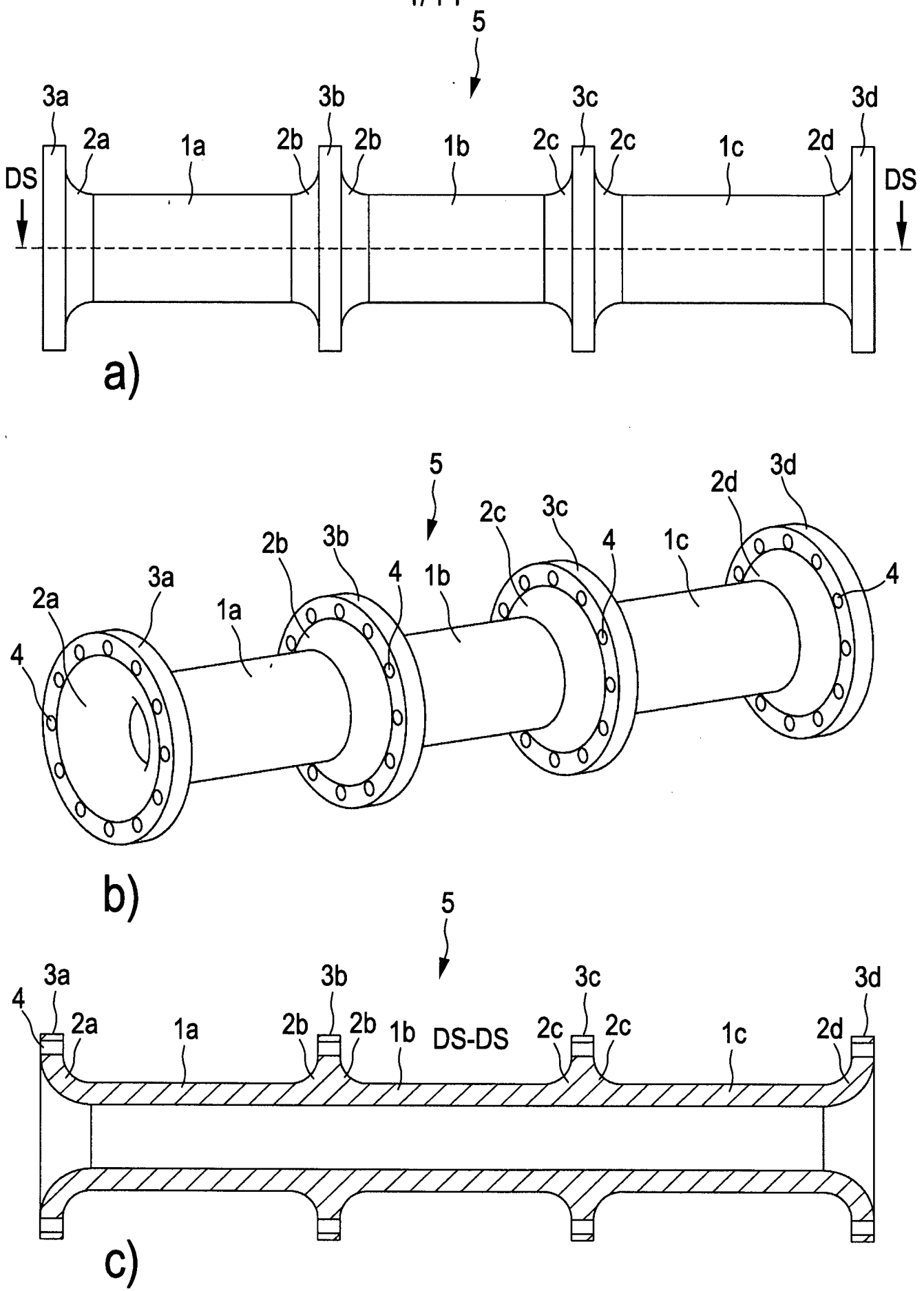

5
3a
2a
1a
2b
3b
2b
1b
2c
3c
2c
1c
2d
3d
DS
DS
a)
5
2d
3d
2c
3c
2b
3b
4
1b
1c
4
3a
2a
1a
4
4
b)
5
3a
3b
3c
3d
4
2a
1a
2b
2b
1b
DS-DS
2c
2c
1c
2d
c)

FIG. 4

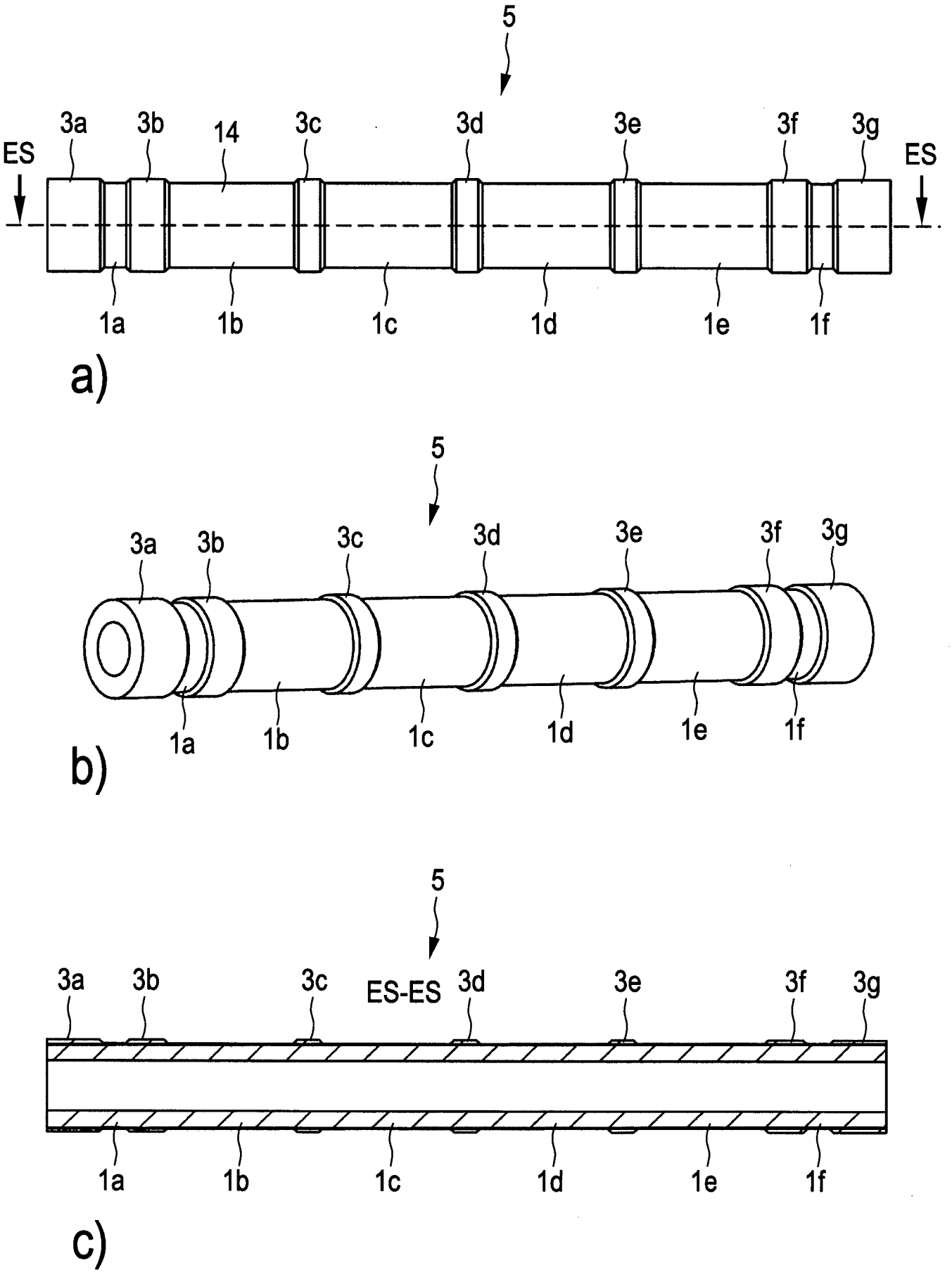

5
3a
3b
14
3c
3d
3e
3f
3g
ES
ES
1a
1b
1c
1d
1e
1f
a)
5
3a
3b
3c
3d
3e
3f
3g
1a
1b
1c
1d
1e
1f
b)
5
3a
3b
3c
ES-ES
3d
3e
3f
3g
1a
1b
1c
1d
1e
1f
c)

FIG. 5

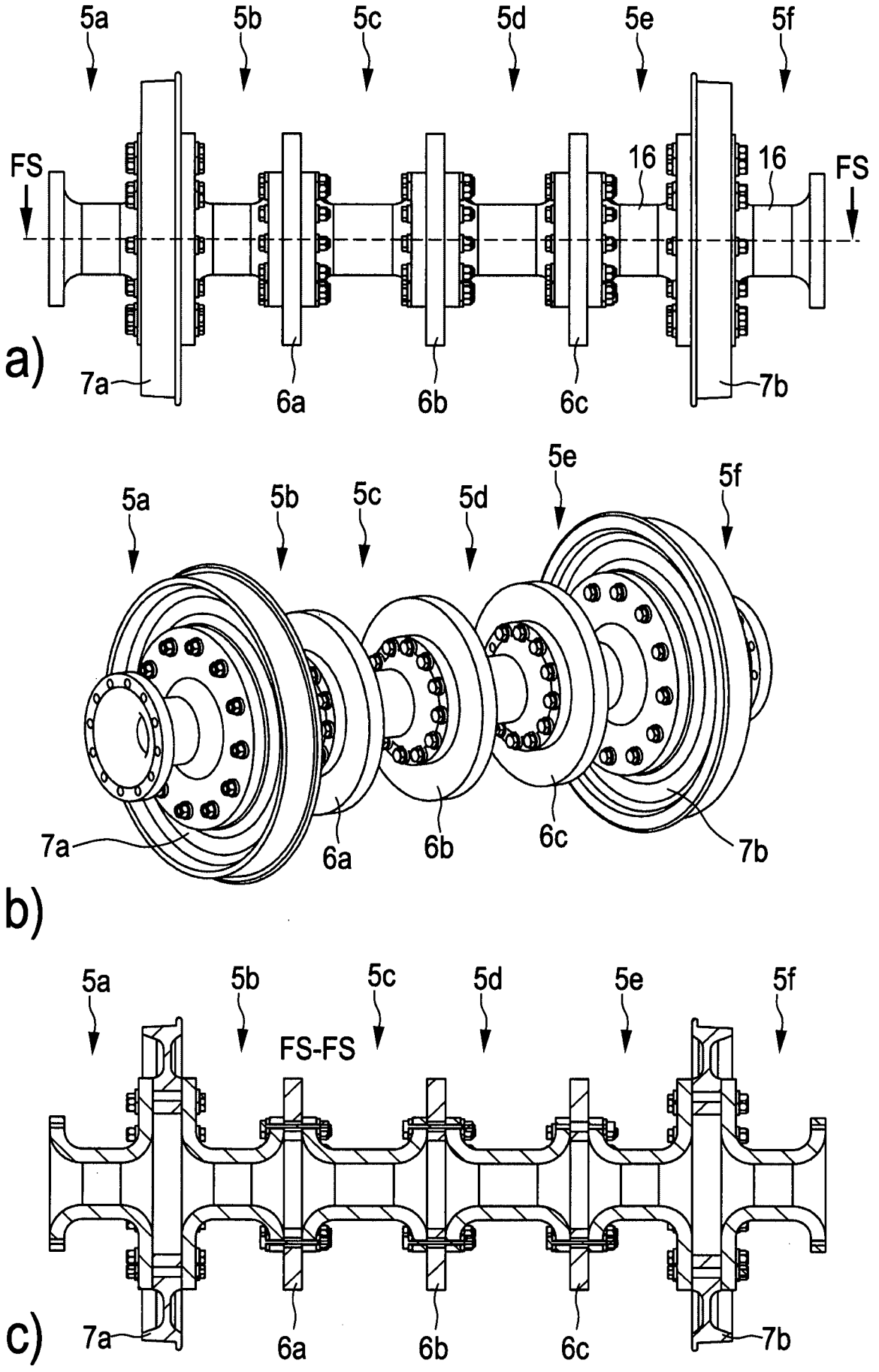

5a
5b
5c
5d
5e
5f
FS
FS
16
16
a)
7a
6a
6b
6c
7b
5a
5b
5c
5d
5e
5f
7a
6a
6b
6c
7b
b)
5a
5b
5c
5d
5e
5f
FS-FS
c)
7a
6a
6b
6c
7b

FIG. 6

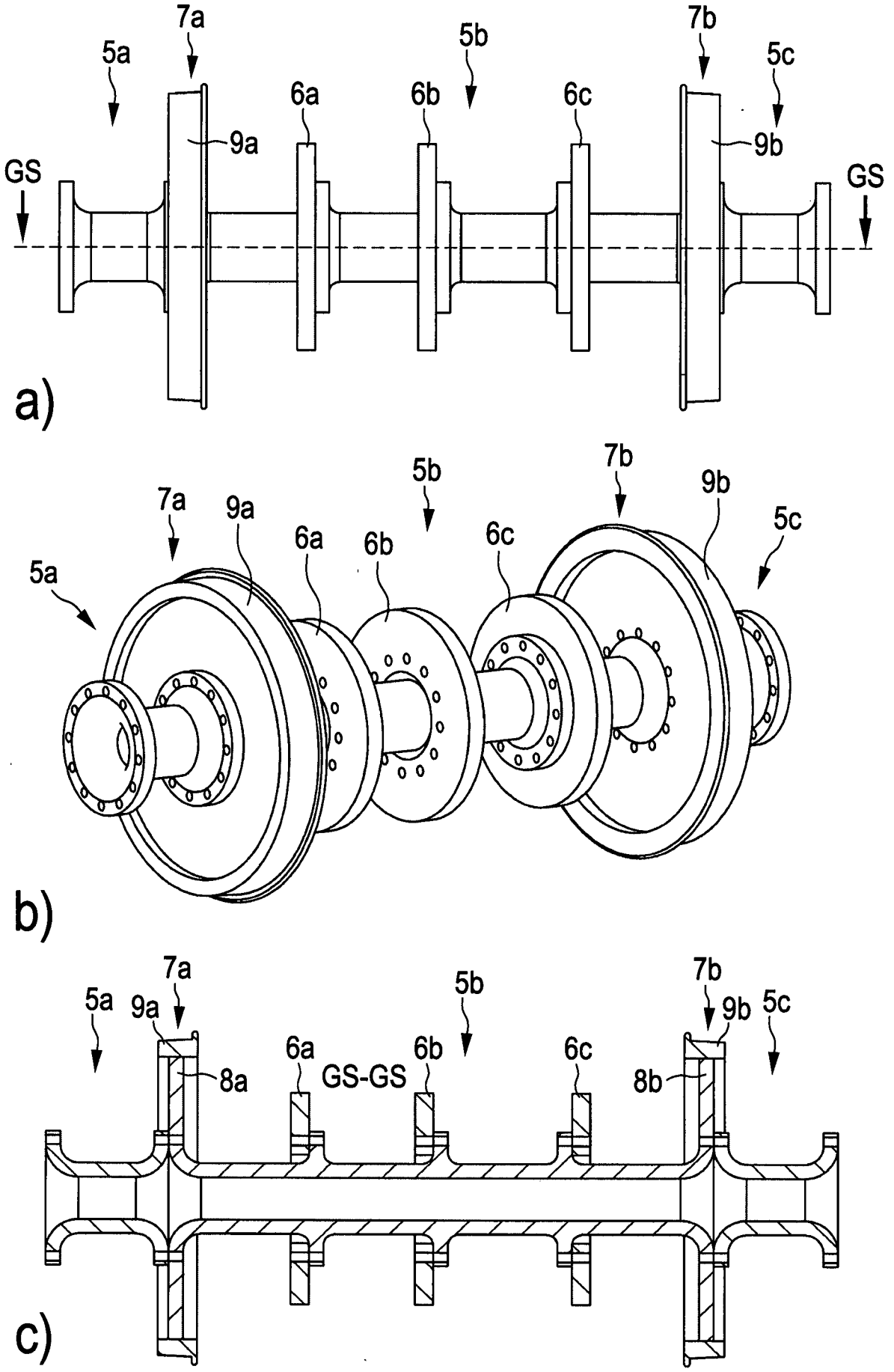
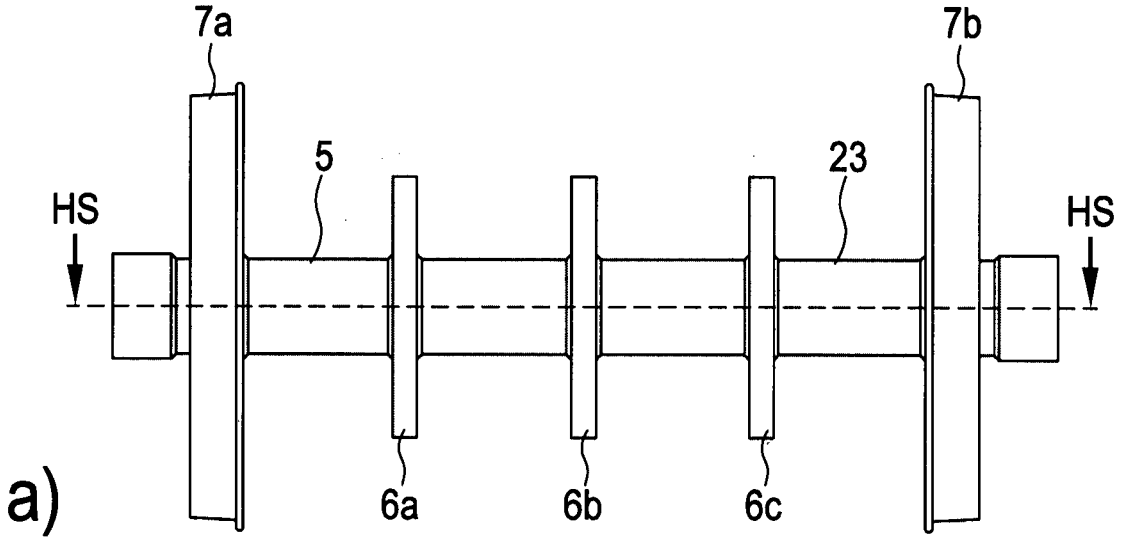
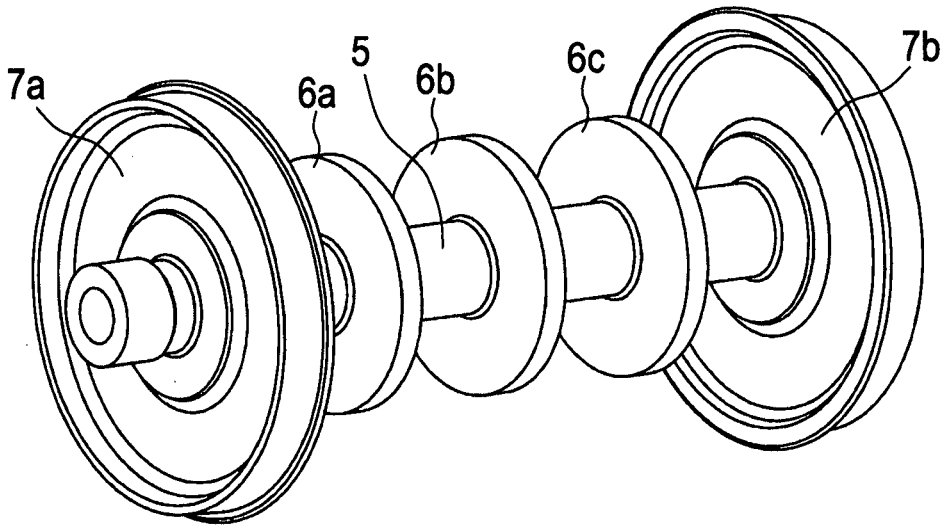

7a
5a
5b
7b
5c
6a
6b
6c
9a
9b
GS
GS
a)
7a
9a
5b
7b
9b
5c
6a
6b
6c
5a
b)
7a
5a
9a
5b
7b
9b
5c
6a
6b
6c
8a
GS-GS
8b
c)

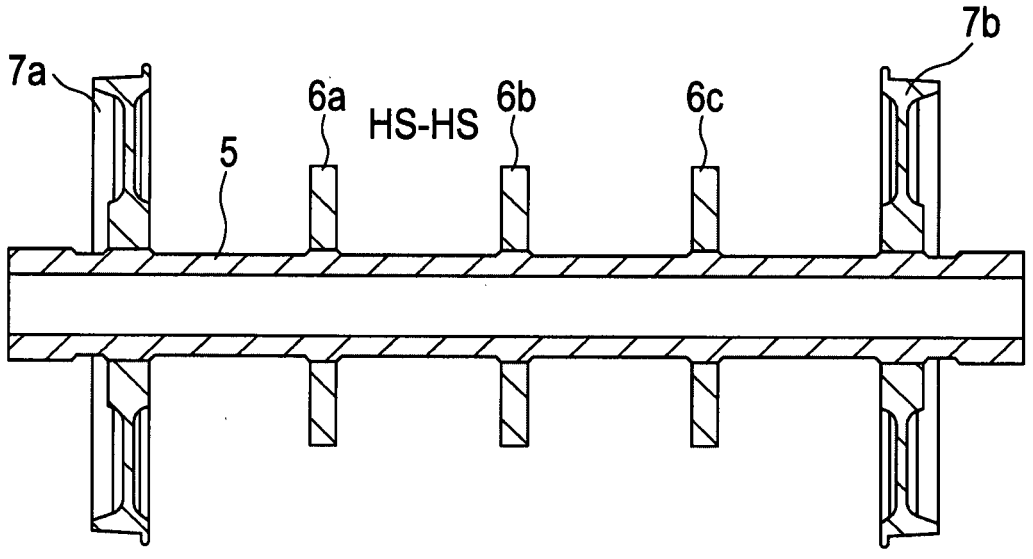
FIG. 7



a)



b)



c)

FIG. 8

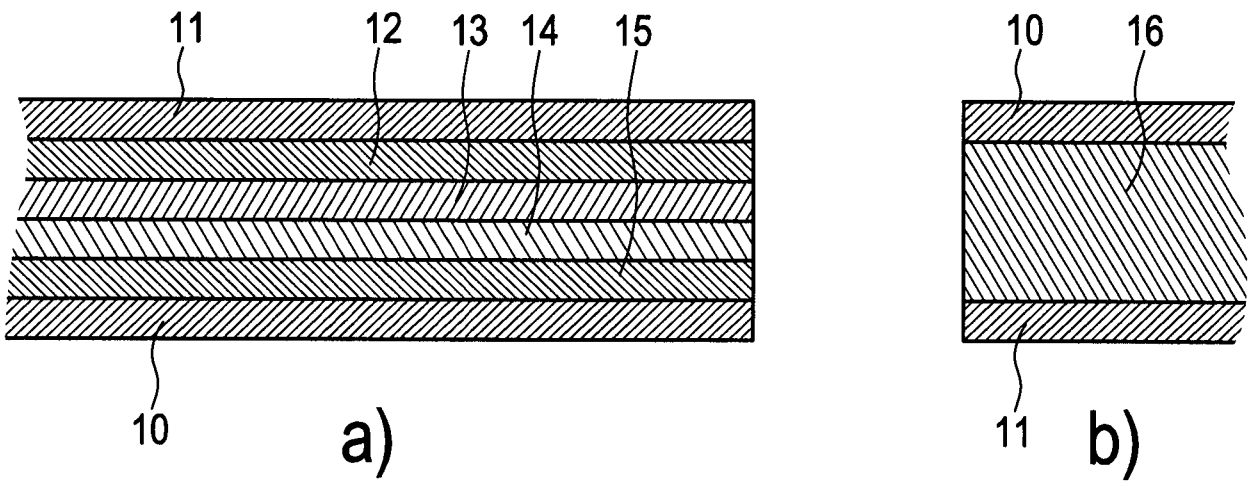


FIG. 9

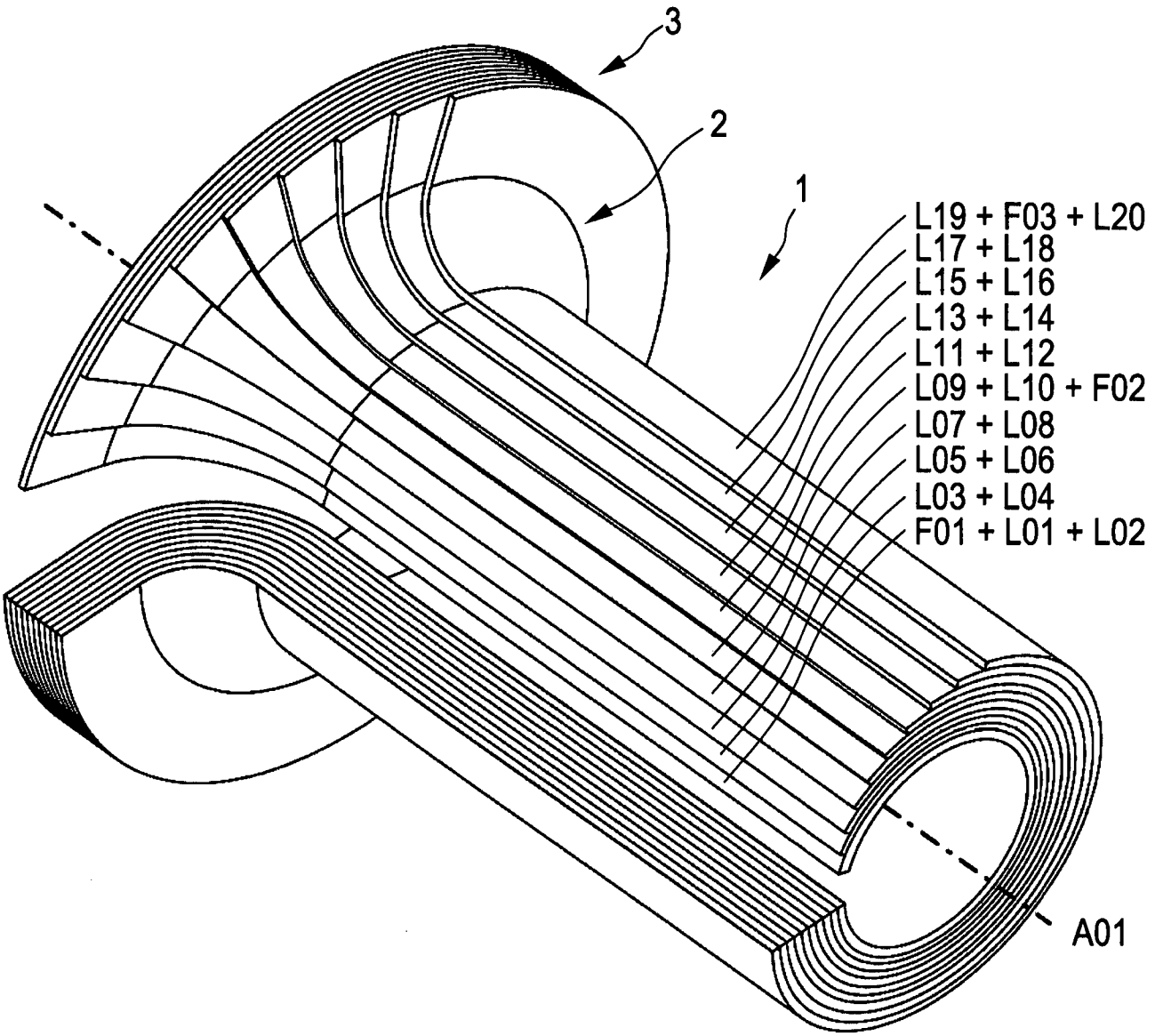

3
2
1
L19 + F03 + L20
L17 + L18
L15 + L16
L13 + L14
L11 + L12
L09 + L10 + F02
L07 + L08
L05 + L06
L03 + L04
F01 + L01 + L02
A01

FIG. 10

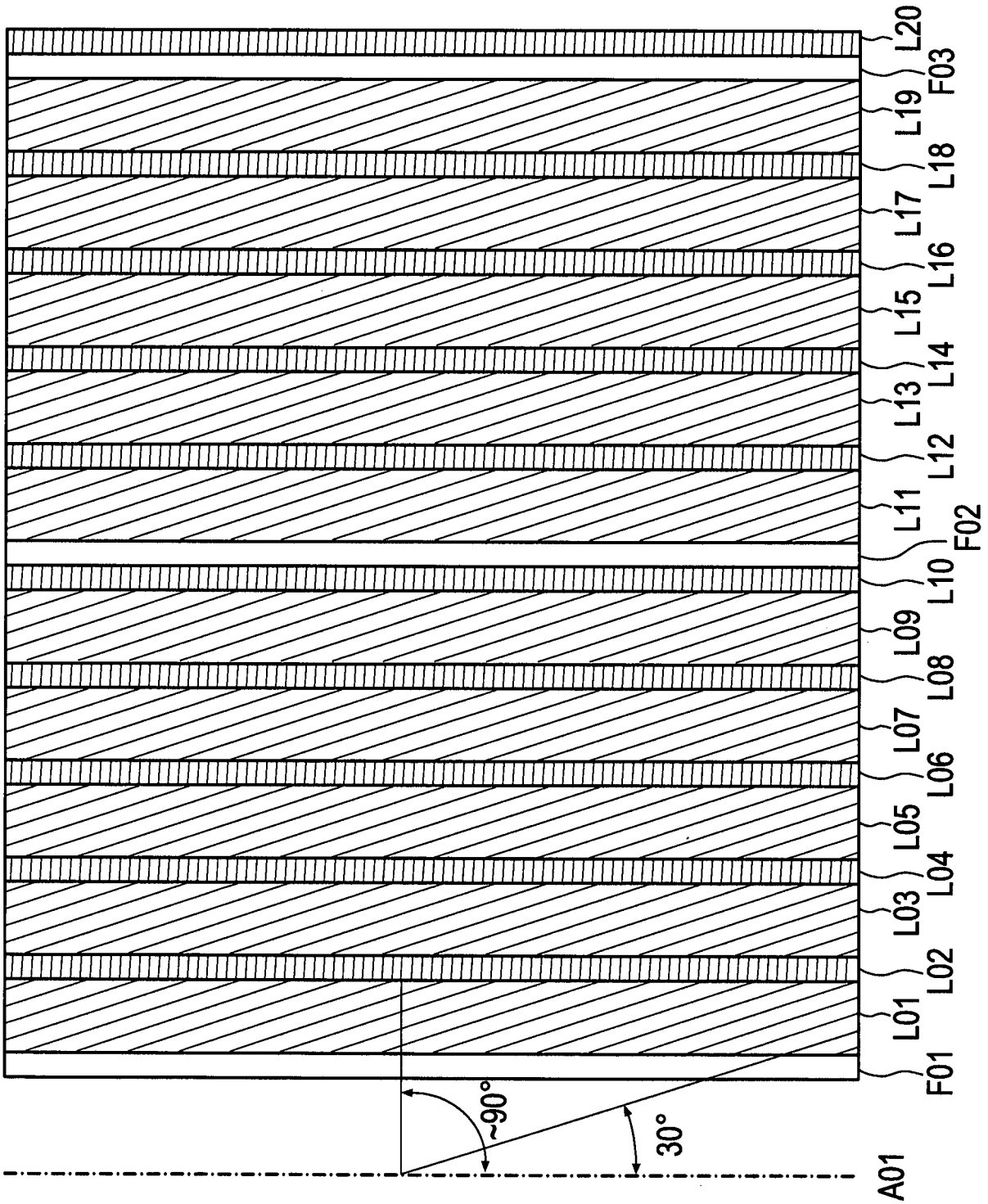

L20
F03
L19
L18
L17
L16
L15
L14
L13
L12
L11
F02
L10
L09
L08
L07
L06
L05
L04
L03
L02
L01
F01
~90°
30°
A01

FIG. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60B5/02 B60B37/06 B60B35/02 B60B35/04 F16C3/02
B61F9/00
ADD. B60B17/00
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)
B60B F16C B61F

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	JP S57 209402 A (HITACHI LTD) 22 December 1982 (1982-12-22)	1-4,6, 9-11,16, 21,22,24
Y	abstract	5,12-15, 23
A		7,8, 17-20

Y	DE 195 06 678 A1 (GUTEHOFFNUNGSHUETTE RADSATZ [DE]) 29 August 1996 (1996-08-29) column 2, line 46 - line 48; claim 4; figure 1	5

Y	FR 729 786 A (KAUFFMANN) 30 July 1932 (1932-07-30) the whole document	12

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
16 March 2015	25/03/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Cipriano, Pedro

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000026

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2011/231039 A1 (LEITEL HOLGER [DE] ET AL) 22 September 2011 (2011-09-22) the whole document	13-15,23

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/000026

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP S57209402 A	22-12-1982	NONE	
DE 19506678 A1	29-08-1996	NONE	
FR 729786 A	30-07-1932		
US 2011231039 A1	22-09-2011	AU 2009317576 A1	07-07-2011
		CA 2744287 A1	27-05-2010
		CN 102333687 A	25-01-2012
		DE 102009020428 A1	20-05-2010
		EP 2432669 A2	28-03-2012
		RU 2011124883 A	27-12-2012
		US 2011231039 A1	22-09-2011
		WO 2010057623 A2	27-05-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/000026

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60B5/02 B60B37/06 B60B35/02 B60B35/04 F16C3/02
B61F9/00
ADD. B60B17/00
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60B F16C B61F

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 Y A	JP S57 209402 A (HITACHI LTD) 22. Dezember 1982 (1982-12-22) Zusammenfassung	1-4,6, 9-11,16, 21,22,24 5,12-15, 23 7,8, 17-20

Y	DE 195 06 678 A1 (GUTEHOFFNUNGSHUETTE RADSATZ [DE]) 29. August 1996 (1996-08-29) Spalte 2, Zeile 46 - Zeile 48; Anspruch 4; Abbildung 1	5

Y	FR 729 786 A (KAUFFMANN) 30. Juli 1932 (1932-07-30) das ganze Dokument	12

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
16. März 2015	25/03/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Cipriano, Pedro

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/000026

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2011/231039 A1 (LEITEL HOLGER [DE] ET AL) 22. September 2011 (2011-09-22) das ganze Dokument -----	13-15,23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/000026

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S57209402 A	22-12-1982	KEINE	
DE 19506678 A1	29-08-1996	KEINE	
FR 729786 A	30-07-1932	---	
US 2011231039 A1	22-09-2011	AU 2009317576 A1	07-07-2011
		CA 2744287 A1	27-05-2010
		CN 102333687 A	25-01-2012
		DE 102009020428 A1	20-05-2010
		EP 2432669 A2	28-03-2012
		RU 2011124883 A	27-12-2012
		US 2011231039 A1	22-09-2011
		WO 2010057623 A2	27-05-2010

PATENTOVÝ SPIS

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2007-516**
(22) Přihlášeno: **03.08.2007**
(40) Zveřejněno: **11.02.2009**
(Věstník č. 6/2009)
(47) Uděleno: **06.06.2012**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **18.07.2012**
(Věstník č. 29/2012)

(11) Číslo dokumentu:
303 295
(13) Druh dokumentu: **B6**
(51) Int. Cl.:
B61F 13/00 (2006.01)
B60B 35/00 (2006.01)

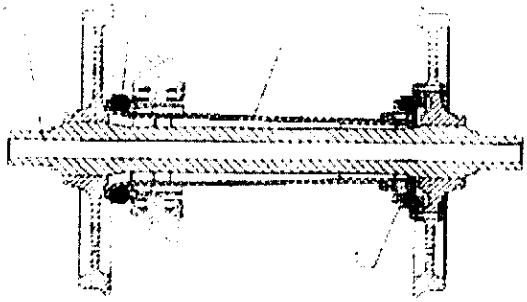
(56) Relevantní dokumenty:
US 4173128 A; DE 2853839 A; GB 547938 A; GB 487368 A.

(73) Majitel patentu:
ŠKODA TRANSPORTATION a.s., Plzeň, Jižní Předměstí, CZ

(72) Původce:
Špalek Petr Ing., Plzeň, CZ
Hampl Václav Ing., Plzeň, CZ

(54) Název vynálezu:
Pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového

(57) Anotace:
Pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového, obsahuje dutý hřídel (1) opatřený vyrovnávacími elementy (2). Dutým hřídelem (1) prochází s vůlí náprava dvojkolí (3). Alespoň část dutého hřídele (1) a/nebo vyrovnávacích elementů (2) je vytvořena z kompozitního materiálu. Například je střední část dutého hřídele (1) vytvořena z kompozitního materiálu a je pevně spojena s vyrovnávacími elementy (2), nebo jsou vyrovnávací elementy (2) tvořeny vlnovcem z kompozitního materiálu.



CZ 303295 B6

Pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového

Oblast techniky

Vynález se týká pohonu dvojkolí vozidla, zejména kolejového, kde pohon je opatřený pro přenos krouticího momentu dutým hřídelem, na jehož koncích jsou upevněny vyrovnávací elementy. Dutým hřídelem prochází náprava dvojkolí, což umožňuje snížit neodpružené hmotnosti pohonu dvojkolí vozidla, zejména u lokomotiv.

Dosavadní stav techniky

U známých pohonů dvojkolí kolejových vozidel opatřených dutým hřídelem prochází s definovanou vůlí dutým hřídelem náprava dvojkolí, na kterou dutý hřídel přenáší krouticí moment přes koncové vyrovnávací elementy. Vyrovnávací elementy upevněné na obou koncích dutého hřídele vyrovnávají úhlové pohyby, které vznikají tím, že motor s převodovkou, popřípadě pouze motor nebo více převodovek, jsou vůči dvojkolí odpruženy, a tím vznikají relativní úhlové pohyby mezi dvojkolím a výstupním hřídelem poslední převodovky nebo přímo motorovým hřídelem v případě provedení bezpřevodového pohonu. Dutý hřídel je dosud vždy zhotoven z oceli. Z důvodu dimenzování a vestavných rozměrů v pojezdové části vozidel bývá ocelový dutý hřídel poměrně rozměrný o značné hmotnosti. Přibližně polovina hmotnosti dutého hřídele tvoří nevypruženou část pohonu vozidla, což má nepříznivý vliv na úroveň nevypružených hmot pohonu vozidla, které nepříznivě ovlivňují dynamické účinky vozidla při jízdě.

Dutý hřídel je zařazen v torzní soustavě pohonu dvojkolí vozidla, a proto má významný vliv na torzní kmity elektromechanické soustavy tvořené trakčním motorem, prostředky krouticího momentu a dvojkolím. Dutý hřídel bývá relativně torzně tuhé těleso, a proto veškeré vybuzené kmity se téměř bez útlumu přenášejí do napájení trakčního motoru a vyvozují vznik vyšších harmonických frekvencí.

Dutý hřídel vyrobený z oceli je elektrický vodič, a proto celá soustava přenosu krouticího momentu je elektricky vodivá, jestliže ve vyrovnávacích elementech dutého hřídele nejsou použity pryžokovové elementy. U vozidel s asynchronními pohony může toto elektricky vodivé spojení způsobovat vznik poškozování stykových ploch, například u valivých ložisek a ozubených kol.

Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je snížit hmotnost nevypružených částí pohonu vozidla, a tím při jízdě snížit dynamické účinky vozidla na trať. Dalším úkolem vynálezu je utlumit vybuzené torzní kmity a omezit vznik vyšších harmonických frekvencí v celé soustavě přenosu krouticího momentu na dvojkolí vozidla. Neposledním úkolem vynálezu je elektricky izolovat celou soustavu přenosu krouticího momentu, zvláště u asynchronních pohonů tak, aby nedocházelo k poškozování stykových ploch elektrickým proudem v soustavě přenosu krouticího momentu. Uvedené nevýhody a stanovené úkoly vyřešil pohon dvojkolí vozidla, zejména kolejového, podle vynálezu, který sestává z dutého hřídele opatřeného na obou koncích vyrovnávacími elementy. Dutým hřídelem prochází s vůlí náprava dvojkolí. Podstatou vynálezu je, že alespoň část dutého hřídele a/nebo vyrovnávacích elementů je vytvořena z kompozitního materiálu. Je výhodné, jestliže střední část dutého hřídele je vytvořena z kompozitního materiálu a konce dutého hřídele jsou pevně spojeny s vyrovnávacími elementy, které mohou být tvořeny různým druhy kloubů a spojek. S výhodou může být vyrovnávací element tvořen vlnovcem z kompozitního materiálu.

Přehled obrázků na výkresech

Příkladné provedení tohoto vynálezu je znázorněno na přiložených výkresech, kde obr. 1 zobrazuje v podélném řezu dutý hřídel pohonu dvojkolí, kde střední část dutého hřídele je vytvořena z kompozitního materiálu. Obr. 2 zobrazuje uspořádání vynálezu, kde koncové vyrovnávací elementy jsou vytvořeny vlnovcem z kompozitního materiálu.

Příklady provedení vynálezu

Pohon dvojkolí vozidla sestává z dutého hřídele 1, jehož střední část je vytvořena z kompozitního materiálu. Konce dutého hřídele 1 z kompozitního materiálu jsou pevně spojeny s vyrovnávacími elementy 2, které vyrovnávají relativní pohyby mezi odpruženými částmi pohonu vozidla a dvojkolím 3. Vyrovnávacím elementem 2 může být například zubová spojka a lamelová spojka. S výhodou může být vyrovnávací element 2 tvořen vlnovcem z kompozitního materiálu. Dutý hřídel 1 a/nebo vyrovnávací element 2 tvořený vlnovcem může být vyroben z navíjených skleněných vláken nebo vláken na bázi uhlíku. Kompozit se skleněnými vlákny izoluje elektrický proud v celé soustavě přenosu krouticího momentu pohonu vozidla, a proto nedochází k poškozování stykových ploch této soustavy elektrickým proudem. Dutý hřídel 1 a/nebo vyrovnávací element 2 vytvořený z kompozitního materiálu účinně tlumí vybuzené torzní kmity následkem periodicky proměnného přenášeného momentu a vznik vyšších harmonických frekvencí.

Hmotnost dutého hřídele 1 a/nebo vyrovnávacích elementů 2 vytvořených z kompozitního materiálu je podstatně menší, než je hmotnost těchto dílů vyrobených z oceli, jako výkovek, odlitek, svařenec a podobně, proto dutý hřídel 1 a/nebo vyrovnávací element 2 vyrobený z kompozitního materiálu podstatně snižuje neodpruženou hmotnost pohonu vozidla, a tím zlepšuje celkové užitné vlastnosti vozidla, zejména lokomotiv.

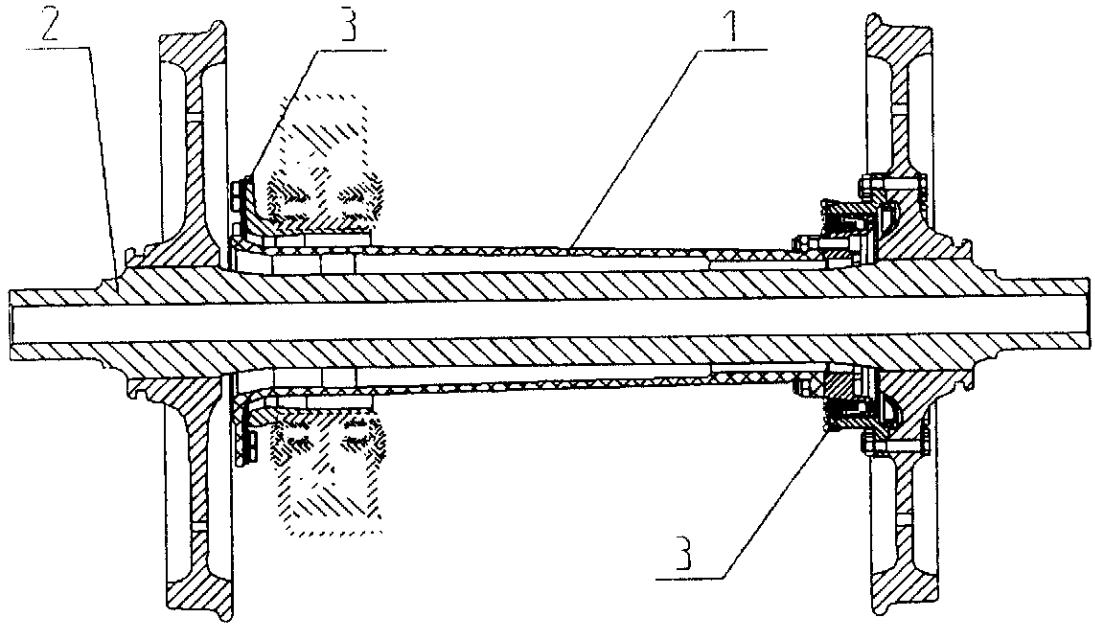
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Pohon dvojkolí (3) vozidla, zejména kolejového, s dutým hřídelem (1) opatřeným vyrovnávacími elementy (2), přičemž dutým hřídelem (1) prochází s vůlí náprava dvojkolí (3), **vyznačující se tím**, že alespoň část dutého hřídele (1) a/nebo vyrovnávacích elementů (2) je vytvořena z kompozitního materiálu.

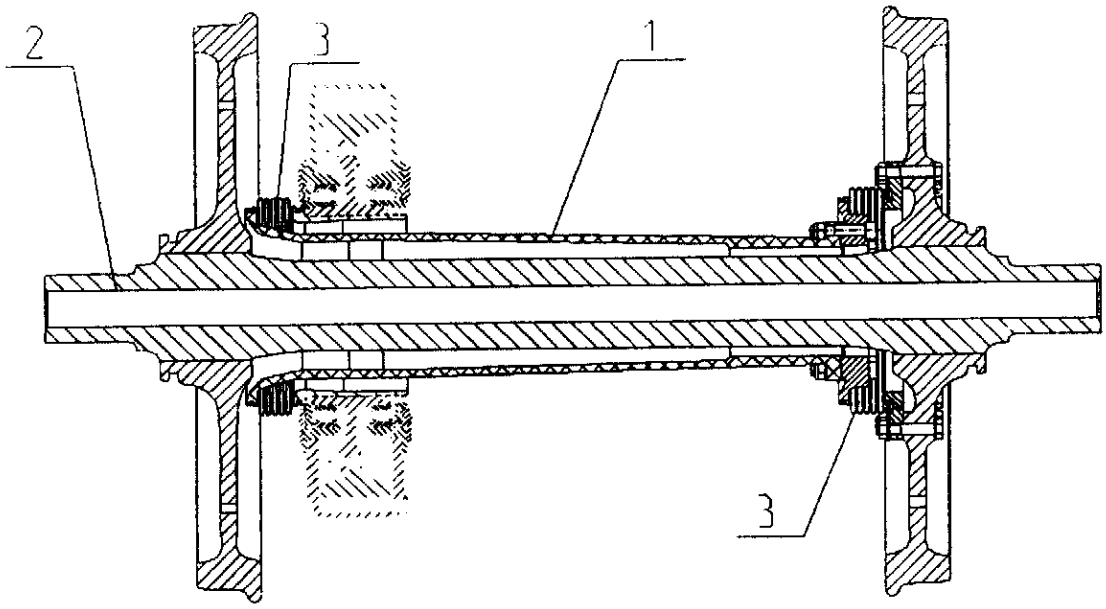
2. Pohon dvojkolí (3) vozidla, zejména kolejového, podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že střední část dutého hřídele (1) je vytvořena z kompozitního materiálu, přičemž konce dutého hřídele (1) jsou pevně spojeny s vyrovnávacími elementy (2).

3. Pohon dvojkolí (3) vozidla, zejména kolejového, podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že vyrovnávací element (2) je tvořen vlnovcem z kompozitního materiálu.

1 výkres



Obr.1



Obr.2

Konec dokumentu

(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 308 642 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(51) Int Cl.:
F16D 3/72 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **02450227.0**

(22) Anmeldetag: **08.10.2002**

(54) **Hohlwelle**

Hollow shaft

Arbre tubulaire

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB

(30) Priorität: **31.10.2001 AT 17272001**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2003 Patentblatt 2003/19

(73) Patentinhaber: **Siemens Transportation Systems GmbH & Co KG**
1110 Wien (AT)

(72) Erfinder: **Teichmann, Martin**
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter: **Matschnig, Franz**
Siebensterngasse 54
1070 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 145 810
EP-A- 0 943 827
DE-A- 3 139 247
DE-A- 10 022 663
US-A- 5 836 825

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 308 642 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antriebswelle entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Zur Übertragung von Drehmomenten auf die Räder eines Fahrzeuges werden Antriebswellen verwendet, welche einen beispielsweise in einem Drehgestellt oder Fahrzeugkasten montierten Antrieb entsprechend mit den Rädern verbinden. Allerdings muss diese Kupplung Bewegungen zwischen dem Rad und dem Antrieb zulassen.

[0003] Momentan werden dazu verschiedene Lösungen eingesetzt. Bei Hochleistungslokomotiven und teilweise auch U-Bahnen verwendet man Kardanhohlwellen mit Lenkersternen als Kardangelenken. Bei Triebzügen und S-Bahnen werden die Bewegungen zwischen Antrieb und Rädern mittels Bogenzahn- und ähnlichen Kupplungen aufgenommen.

[0004] Nachteilig an diesen Lösungen ist allerdings neben dem relativ hohen Gewicht dieser Antriebswellen, dass eine Reihe ermüdungsanfälliger, bewegter Teile und auch ermüdungsanfällige Gummiteile verwendet werden müssen.

[0005] Flexible Wellen sind hinlänglich bekannt, etwa bei angetriebenen Handwerkzeugen, Drehzahlgebern, etc. Beispielsweise ist in der DE 31 43 194 A1 eine flexible Hohlwelle wie eingangs erwähnt geoffenbart, deren Rohrwand aus einem biegsamen Material gebildet ist, welches zusätzlich mit Fasern wie etwa Carbonfasern verstärkt ist. Nachteilig an dieser Hohlwelle ist allerdings, dass diese eine weitestgehend homogene Struktur aufweist. Diese Struktur bedingt allerdings, dass eine hohe Flexibilität der Welle nur bei einem relativ geringen Innendurchmesser der Welle gegeben ist. In einem solchen Fall können allerdings nur geringe Drehmomente übertragen werden, die Übertragung höherer Drehmomente führt zu einer Beschädigung oder Zerstörung der Welle. Wird hingegen der Innendurchmesser entsprechend der Übertragung hoher Drehmomente ausgebildet, geht die Flexibilität der Struktur und damit ein wesentlicher Vorteil einer solchen Welle verloren.

[0006] Die in der DE 31 43 194 A1 gezeigte Hohlwelle eignet sich vor allem zum Antrieb von schnell laufenden Maschinen, wie etwa Kraftfahrzeugen, Bohrmaschinen, etc., wo nur geringe Drehmomente zu übertragen sind. Für die Übertragung hoher Drehmomente, wie sie etwa bei der Verwendung in Antriebsfahrzeugen im Schienenverkehr notwendig ist, ist allerdings eine nach dem in der DE 31 43 194 A1 gezeigten Prinzip aufgebaute Welle nicht geeignet, da wie oben erwähnt aufgrund der homogenen Struktur bei einer ausreichend hohen Flexibilität der Innendurchmesser der Welle nur relativ gering sein kann.

[0007] Um eine möglichst leichte und kostengünstig herzustellende flexible Hohlwelle zu schaffen, welche die Übertragung hoher Drehmomente erlaubt und andererseits eine relativ große Bewegungen zwischen Rädern und Antrieb oder zwischen Antrieb und Getriebe möglich macht, ist weiters die rohrförmige Wandung aus Faserbündeln gebildet, welche in Bahnen verlaufen, die in einem Abstand um die Längsachse der Welle herum verlaufen, wobei die Bahnen unter einem Winkel gegen die Längsachse geneigt sind, benachbarte Bahnen mit gleichem Umlaufsinn in einer im wesentlichen zu der Längsachse parallelen Richtung einen Abstand zueinander aufweisen, und sich Bahnen mit verschiedenem Umlaufsinn in Kreuzungspunkten überschneiden.

[0008] Eine solche Welle ist z.B. aus der DE 100 22 663 A bekannt.

[0009] Durch die Bildung der Wandung der Welle lediglich quer verlaufenden Faserbündel wird eine leichte Welle geschaffen, die eine hohe Torsionssteifigkeit aufweist, sodass sich hohe Drehmomente übertragen lassen. Andererseits wird durch die Anordnung der Faserbündel eine offene Struktur geschaffen, eine geringe Biegesteifigkeit und auch eine geringe Steifigkeit in Längsrichtung erzielt, sodass ohne zusätzliche bewegliche Bauteile die beiden Enden der Welle, welche entsprechend mit dem Antrieb, Getriebe, Rädern etc. verbunden sind, große Relativbewegungen zueinander ausführen können. Durch die offene Struktur ist eine ausreichende Flexibilität auch bei einem relativ großen Innendurchmesser der Welle noch gegeben.

[0010] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine solche Welle dahingehend zu verbessern, dass eine hohe Stabilität der Welle zur Übertragung hoher Drehmomente erreicht wird, ohne dass dadurch die Flexibilität der Welle leidet.

[0011] Diese Aufgabe wird mit einer eingangs erwähnten Welle dadurch gelöst, dass sie erfindungsgemäß die Merkmale des Kennzeichens des Anspruchs 1 aufweist.

[0012] Grundsätzlich ist bei einer einfachen Ausführungsform der Welle vorgesehen, dass die Winkel der Bahnen für die Faserbündel zumindest Großteils unter im wesentlichen unveränderten Winkeln verlaufen. Hinsichtlich der besseren Anpassbarkeit der Welle an auftretende Belastungen kann es aber zweckmäßig sei, wenn der Winkel zu der Längsachse bei einem Fortschreiten entlang der Bahnen unterschiedliche Werte aufweist.

[0013] Besonders hohe Flexibilität und Torsionssteifigkeit lässt sich erreichen, wenn die Bahnen der Faserbündel unter einem Winkel von 40 ° - 80 ° gegen die Längsachse der Welle verlaufen.

[0014] In obigem Sinne ist es auch, wenn für unterschiedliche Positionen entlang der Längsachse die Abstände zwischen benachbarten Bahnen unterschiedliche Werte annehmen.

[0015] Bei einer konkreten Ausführungsform verlaufen die Faserbündel im wesentlichen spiralförmig.

[0016] Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Faserbündel in sich geschlossen sind, und etwa einen elliptischen Querschnitt umschließen.

[0017] Bei einer spiralförmigen Anordnung kann es für eine einfache Herstellung günstig sein, wenn entsprechend lange Faserbündel verwendet werden, sodass die

Faserbündel durchgehend von einem zum anderen Ende der Welle verlaufen.

[0018] Vorzugsweise sind die Faserbündel miteinander verklebt. Dies stellt eine einfache und gewichtsoptimierte Vorgangsweise zur Verbindung der Faserbündel dar. Bei einer konkreten Ausführungsform sind die Faserbündel mit einem Harz miteinander verklebt. Zug- und Druckkräfte werden in diesen Verklebungspunkten aufgenommen, sodass die entsprechende Belastung der Faserbündel gering gehalten werden kann.

[0019] Hinsichtlich hoher Torsionssteifigkeit bei hoher Flexibilität hat es sich als günstig herausgestellt, wenn sich in den Kreuzungspunkten kreuzende Faserbündel unter einem Winkel von 10°-90° überschneiden.

[0020] Für bestimmte Einsatzzwecke, etwa bei einem Auffädeln der Welle auf einer Radsatzwelle ist es günstig, wenn sie zumindest zu einem Ende hin verlaufend einen sich vergrößernden Durchmesser aufweist, wie weiter unten noch kurz erläutert.

[0021] Zusätzlich zu den quer verlaufenden Faserbündeln kann es auch noch zweckmäßig sein, wenn ringförmige Faserbündel vorgesehen sind, d. h. Bündel, die in sich geschlossen sind und einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Auf diese Weise kann man die Längssteifigkeit der Welle punktuell erhöhen.

[0022] Mit der erfindungsgemäßen Welle können Drehmomente ohne Kupplungen zwischen Motor und Getriebe übernommen werden. Eine solche Kupplung ist aus dem Grund nicht notwendig, da die vorgestellte Welle sowohl in Richtung quer zu ihrer Längsachse als auch in Richtung der Längsachse flexibel, d. h. federnd ausgebildet ist, und somit Relativbewegung etwa zwischen Motor und Getriebe oder Motor und Rad ausgeglichen werden können.

[0023] Zum Anschluss der Welle an die entsprechenden Teile, wie Motor, Rad, Getriebe, etc. sind die Faserbündel in den beiden Endbereichen der Welle mit je einem Anschlussstück zur Verbindung mit einer Restmechanik verbunden.

[0024] Besonders hohe Stabilität ist gegeben, wenn die Anschlusstücke als Metallringe ausgebildet sind.

[0025] Beispielsweise sind die Anschlussstücke mit den Fasernbündeln verklebt, wodurch auch eine einfache Herstellung der erfindungsgemäßen Welle erlaubt ist.

[0026] Es kann aber in einer gewichtsoptimierten Ausführungsform auch vorgesehen sein, dass die Faserbündel am jeweiligen Ende so geformt sind, dass diese das Anschlussstück bilden.

[0027] Die gewünschten Anforderungen an die Antriebswelle können im Rahmen der Erfindung erreicht werden, wenn die Faserbündel aus Carbonfasern und/oder Glasfasern und/oder Kevlarfasern gebildet sind.

[0028] Die Fasernbündel sind dabei aus 10^2-10^5 Fasern gebildet, um den auftretenden Zug-, Druck- und Torsionsbelastungen Stand zu halten. Allerdings ist zu betonen, dass die Dimensionierung stark auslegungs- und werkstoffabhängig ist, sodass auch andere Faserzahlen auftreten können.

[0029] Auftretende Zug- und Druckkräfte müssen damit in einem Kreuzungspunkt auch nicht in nur einem Verklebungspunkt aufgenommen werden, sondern es liegt dann eine ganze Reihe von miteinander verklebten Faserbündeln in diesem einen Bereich vor, sodass die dort auftretenden Belastungen gleichmäßig verteilt werden.

[0030] Üblicherweise handelt es dabei um 10^1 - 10^3 Schichten, wobei diese Zahl wiederum belastungsabhängig gewählt wird.

[0031] Zum Schutz der Welle vor mechanischen Beschädigungen, etwa durch Steinschlag etc., ist sie zumindest bereichsweise von einer flexiblen Verkleidung umgeben, wobei die Verkleidung im wesentlichen die Gestalt der Welle besitzt.

[0032] Beispielsweise ist die Verkleidung ein Gummiüberzug. Mit einem solchen Überzug werden auch Geräuschbelästigungen, die sich durch die offene Struktur der Welle ergeben, wenn diese mit hoher Drehgeschwindigkeit rotiert, minimiert oder vollständig unterdrückt.

[0033] Im folgenden ist die Erfindung an Hand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Welle,

Fig. 2 eine Vorderansicht einer Welle,

Fig. 3 eine Seitenansicht der Welle, und

Fig. 4 eine beispielhafte Darstellung der Anordnung von Faserbündeln bei einer Welle nach der Erfindung.

[0034] In Fig.1 - 3 ist eine erfindungsgemäße Antriebswelle 1 gezeigt, die eine offene, flexible Struktur aufweist, indem ihre rohrförmige Wandung aus einer Anzahl von Faserbündeln 2 gebildet ist. Die Welle 1 weist an ihren beiden Enden Anschlussstücke 3, 4 auf, die beispielsweise aus Metallteilen wie Ringen gebildet sind, die mit den Enden der Faserbündel 2 verbunden sind. Die Anschlusstücke 3, 4 können aber auch aus den Faserbündeln 2 selbst gebildet sein, die dann etwa mit entsprechenden, ringförmigen Metalleinsätzen 5, bspw. Metallringen, versehen sind, über welche dann die Befestigung der Antriebswelle 1 an einer nicht dargestellten Restmechanik, etwa einem Motor, Getriebe, Rad, etc. erfolgt.

[0035] Die Faserbündel 2 verlaufen dabei in einem Abstand um die Längsachse X herum in Bahnen, wobei diese Bahnen unter einem Winkel zu der Längsachse X der Welle 1 angeordnet sind. Die Bahnen können jeweils in sich geschlossen sein, sodass diese eine elliptische, gedachte Fläche begrenzen, oder es können Faserbahnen spiralförmig angeordnet sein und beispielsweise durchgehend von einem Ende bis zum anderen Ende der Welle verlaufen.

[0036] Grundsätzlich ist es aber auch möglich, dass

ein Teil der Faserbündel 2 in sich geschlossen verläuft, während ein anderer Teil der Faserbündel spiralförmig verläuft.

[0037] Zusätzlich zu den quer verlaufenden Faserbündeln kann es auch noch zweckmäßig sein, wenn in der Zeichnung nicht dargestellte ring- bzw. kreisförmige Faserbündel vorgesehen sind, d. h. Bündel, die in sich geschlossen sind und einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Auf diese Weise kann man die Längssteifigkeit der Welle punktuell erhöhen.

[0038] In Fig. 1 - 3 ist lediglich eine Schicht von Faserbündeln gezeigt. Wie der detaillierteren Fig. 4 zu entnehmen ist, verlaufen die Bahnen aber in der Regel in mehreren übereinanderliegenden Schichten, um auf diese Weise der Welle die notwendige Festigkeit und Stabilität zu geben.

[0039] Die Anzahl der Schichten ist dabei von den Belastungen, denen die Welle standhalten muss, abhängig. Typische Werte für die Anzahl solcher Schichten liegen bei typischerweise etwa 10-10^3, wobei diese Werte aber belastungsabhängig sind und auch andere Werte möglich sind.

[0040] Wie der Zeichnung zu entnehmen ist und oben bereits angesprochen wurde, verlaufen die Faserbündel 2 unter einem Winkel zu der Längsachse X der Welle 1. Verschiedene, auch gleichgerichtete Faserbündel können dabei unter im wesentlichen gleichen Winkeln zu der Längsachse der Welle verlaufen. Es ist aber auch denkbar, dass sich diese Winkel - unabhängig davon, ob es sich um geschlossene oder spiralförmige Faserbündel handelt - über die Länge der Welle 1 bei einem Fortschreiten entlang eines Bündels 2 variieren.

[0041] Es kann weiters auch vorgesehen sein, dass bei Faserbündel, die über die gesamte Länge der Welle verlaufen, der Winkel zu der Längsachse X sich bei einem Fortschreiten entlang des Bündels 2 verändert.

[0042] Typische Werte für die Winkel, unter denen die Faserbündel gegen die Längsachse der Welle verlaufen, liegen in einem Bereich von 40°-80°.

[0043] Weiters weisen die Faserbündel 2 unterschiedliche Umlaufrichtungen um die Längsachse bzw. auf der Wandung auf, sodass sich gegenläufige Faserbündel in einem Bereich, dem sogenannten "Kreuzungspunkt" 10, überschneiden. In diesen Kreuzungspunkten 10 sind die Faserbündel - vorausgesetzt, sie weisen den gleichen Radialabstand zu der Längsachse X auf, fest miteinander verbunden, wie weiter unten noch im Detail erläutert wird.

[0044] Benachbarte Bahnen mit gleichem Umlaufsinn sind weiters in einer Richtung parallel zu der Längsachse X in einem Abstand zueinander angeordnet. Benachbarte Bahnen sind dabei in einem Abstand zueinander angeordnet, wie der Zeichnung zu entnehmen ist. Je größer dabei der Abstand ist, umso mehr Federweg kann die Welle in Längsrichtung aufnehmen. Typische Werte für den Abstand zweier benachbarter Bahnen liegen etwa zwischen 2mm - 20mm. Über den Winkel der Faserbündel, die Anzahl der Fasern und/oder Faserbündel sowie den Abstand zwischen benachbarten Bahnen können Steifigkeiten, Federweg, etc. der Welle bestimmt werden.

[0045] Durch den Abstand der benachbarten Bahnen ergibt sich eine offene, inhomogene Struktur der Welle 1, die es im Gegensatz zu flexiblen, homogenen Wellen, wie sie hinlänglich bekannt sind, erlaubt, den Innendurchmesser der Welle relativ beliebig zu gestalten, ohne dass dadurch die Flexibilität der Welle beeinträchtigt wird. Bei der erfindungsgemäßen Welle kann somit der Innendurchmesser relativ groß gewählt werden, sodass hohe Drehmomente übertragen werden können. Auch kann der Durchmesser der Welle so groß gewählt werden, dass beispielsweise durch die flexible Hohlwelle eine Radsatzwelle eines Schienenfahrzeuges durchgeführt werden kann. Trotzdem wird durch diesen großen Innendurchmesser die Flexibilität der Welle aufgrund ihrer offenen Struktur nicht eingeschränkt.

[0046] Bei einer spiralförmigen Anordnung der Faserbündel können diese von einem Ende der Welle bis zum anderen Ende durchlaufend ausgebildet sein. Die einzelnen Fasern in den Bündel können sich dabei ebenfalls über diese gesamte Länge erstrecken, es können aber auch kürzere Fasern, beispielsweise in einer Größenordnung von rund einem halben Meter, verwendet werden, wobei dann einzelne Fasern so miteinander verbunden - beispielsweise verklebt - werden, dass sie sich durchgehend über die gesamte Länge des Faserbündels erstrecken.

[0047] Die einzelnen Faserbündel haben in der Regel einen relativ hohen Faseranteil in der Größenordnung von etwa 90%, und die Fasern sind im wesentlichen in Richtung der Ausrichtung des Faserbündels verlegt. Bei den restlichen 10% handelt es sich um Harz, mit dem die Fasern zu Bündeln verklebt sind und die Bündel in den Kreuzungspunkten miteinander verklebt sind. Grundsätzlich sind aber auch Mischungsverhältnisse für Faser/Harz in einem Bereich von 70 %/30 % - 98 %/2 % möglich.

[0048] Damit die Welle 1 eine "feste" Struktur erhält, müssen die Faserbündel 2 miteinander verbunden sein. Dazu werden in den Kreuzungspunkten 10 die Faserbündel 2 fest miteinander verbunden, beispielsweise indem sie miteinander verklebt sind. Die Verklebung erfolgt dabei beispielsweise mit einem Harz miteinander. Auf die Welle wirkende Zug- und Druckkräfte werden in diesen Verbindungspunkten von der Verklebung, beispielsweise dem Harz, aufgenommen, sodass die Belastung auf die Faserbündel 2 selbst gering bleibt.

[0049] Die Faserbündel 2 kreuzen sich in den Verbindungspunkten 10 unter bestimmten Winkeln. Als günstig in Hinblick auf die Steifigkeit und elastische Eigenschaften der Welle hat sich dabei herausgestellt, wenn diese Winkel in einem Bereich von 10 ° - 90 ° liegen. Wie man insbesondere aus der Fig. 4 gut erkennen kann, sind in den Kreuzungspunkten eine ganze Reihe von Faserbündeln miteinander verbunden. Dabei handelt es sich - entgegen der Darstellung, in der nur einige wenige Bündel gezeigt sind -, üblicherweise um 10^1- 10^3 solcher Faserbündel, die in Schichten angeordnet und in den Kreu-

zungspunkten miteinander verbunden sind, wodurch sich die auftretenden Belastungen in den Kreuzungspunkten entsprechend verteilen und so für eine hohe Stabilität und Festigkeit der Welle gesorgt ist.

[0050] Bei der angegebenen Zahl von 10^1-10^3 Schichten handelt es sich dabei um einen typischen Richtwert, es können aber in speziellen Fällen und in Abhängigkeit von den verwendetet Werkstoffen, der geforderten Festigkeit, etc. auch mehr oder weniger Schichten vorgesehen sein.

[0051] Die Faserbündel 2 bestehen aus einer Vielzahl an Fasern 7. Diese Fasern 7 können zu einem Bündel 2 miteinander verklebt sein. Besonders hohe Belastungen können von der Welle 1 aufgenommen werden, wenn die Fasern 7 zu einem Faserbündel 2 verflochten sind. Die Fasern können aber auch lediglich eine parallele Anordnung aufweisen.

[0052] Die Faserbündel werden aus den Fasern gebildet, welche dann beispielsweise auf eine entsprechende Form der Welle aufgewickelt werden. Die Fasern und Bündel werden dann in Harz getränkt und anschließend lässt man diese Verbindung aushärten. Dadurch entstehen einerseits die Bündel aus den einzelnen Fasern, andererseits werden die Bündel auch in den Kreuzungspunkten miteinander verklebt.

[0053] Die Welle kann einen über ihre gesamte Länge im wesentlichen konstanten Innendurchmesser aufweisen. Von Vorteil ist es allerdings, wenn die Welle wie in der Figur dargestellt, einen ausgehend von einem Ende zum anderen Ende hin sich trichterförmig oder auch gleichförmig vergrößernden Durchmesser aufweist. Dies ist vor allem dann günstig, wenn die Welle auf einer Radsatzwelle aufgefädelt ist, da dann Bewegungen der Radsatzwelle an ihrem einen Ende durch die Welle nicht behindert werden.

[0054] Bei den Fasern selbst handelt es sich beispielsweise um Carbonfaser, Glasfasern, Kevlarfasern oder Metallfasern; auch Mischungen aus diesen Faserarten sind denkbar. Die einzelnen Faserbündel bestehen aus einer großen Anzahl von einzelnen Fasern, wobei die Anzahl der Fasern typischerweise in einem Bereich von 10^2-10^5 liegt. Wie schon erwähnt, liegen hängen diese Werte von den gewünschten Eigenschaften der Welle sowie den verwendeten Fasern ab, sodass auch andere Zahlenwerte durchaus möglich sind.

[0055] Zum Schutz der Fasern vor Beschädigung, etwa durch Steinschlag etc., ist in der Regel noch eine flexible Verkleidung für die Welle vorgesehen. Diese besteht beispielsweise aus einem Gummiüberzug, der die Flexibilität der Welle nicht beeinflusst, die Faserbündeln aber schützt. Zusätzlich werden dadurch Geräuschentwicklungen stark unterdrückt, welche sonst durch die offene Faserstruktur der Welle insbesondere bei hohen Rotationsgeschwindigkeiten der Welle 1 auftreten können.

Patentansprüche

1. Antriebswelle zur Übertragung von Drehmomenten zwischen zwei Orten, deren Relativstellung sich in gewissen Grenzen ändern kann, wobei die Welle als flexible Hohlwelle mit einer rohrförmigen Wandung ausgebildet ist, wobei die rohrförmige Wandung aus Faserbündeln (2) gebildet ist, welche in Bahnen verlaufen, die in einem Abstand um die Längsachse (X) der Welle (1) herum verlaufen, wobei die Bahnen unter einem Winkel gegen die Längsachse (X) geneigt sind, benachbarte Bahnen mit gleichem Umlaufsinn in einer im wesentlichen zu der Längsachse (X) parallelen Richtung einen Abstand zueinander aufweisen, und sich Bahnen mit verschiedenem Umlaufsinn in Kreuzungspunkten (10) überschneiden, und mit offenen Zwischenräumen zwischen den Bahnen der Faserbündeln (2), wobei die Faserbündeln in den Kreuzungspunkten fest miteinander verbunden sind,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   eine Bahn von Faserbündeln aus in mehreren übereinander angeordneten Schichten verlaufenden Faserbündeln (2) besteht, und sich die Faserbündel (2) verschiedener Schichten von verschiedenen Bahnen in den Kreuzungspunkten durchdringen.

2. Antriebswelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel zu der Längsachse (X) bei einem Fortschreiten entlang der Bahnen unterschiedliche Werte aufweist.

3. Antriebswelle nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bahnen der Faserbündel (2) unter einem Winkel von 40°-80° gegen die Längsachse (X) der Welle (1) verlaufen.

4. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für unterschiedliche Positionen entlang der Längsachse (X) die Abstände zwischen benachbarten Bahnen unterschiedliche Werte annehmen.

5. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel (2) im wesentlichen spiralförmig verlaufen.

6. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel (2) in sich geschlossen sind.

7. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündeln (2) durchgehend von einem zum anderen Ende der Welle (1) verlaufen.

8. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel

(2) in den Kreuzungspunkten (10) miteinander verklebt sind.

9. Antriebswelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel (2) mit einem Harz miteinander verklebt sind.

10. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich in den Kreuzungspunkten (10) kreuzende Faserbündel (2) unter einem Winkel von 10° - 90° überschneiden.

11. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zumindest zu einem Ende hin verlaufend einen sich vergrößernden Durchmesser aufweist.

12. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ringförmige Faserbündel vorgesehen sind.

13. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel (2) in den beiden Endbereichen der Welle (1) mit je einem Anschlussstück (3, 4) zur Verbindung mit einer Restmechanik verbunden sind.

14. Antriebswelle nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlusstücke (3, 4) als Metallringe ausgebildet sind.

15. Antriebswelle nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anschlussstücke (3, 4) mit den Fasernbündeln (2) verklebt sind.

16. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Faserbündel (2) aus Carbonfasern und/oder Glasfasern und/oder Kevlarfasern gebildet sind.

17. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fasernbündel (2) aus 10^2-10^5 Fasern (7) gebildet sind.

18. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **gekennzeichnet durch** 10^1-10^3 Schichten.

19. Antriebswelle nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zumindest bereichsweise von einer flexiblen Verkleidung umgeben ist, wobei die Verkleidung im wesentlichen die Gestalt der Welle besitzt.

20. Antriebswelle nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verkleidung ein Gummiüberzug ist.

Claims

1. A driving shaft for the transfer of torques from one point to another, the relative position of which points can vary within certain limits, which shaft is configured as a flexible hollow shaft having a tubular wall, said tubular wall being formed by fiber bundles (2) which extend along webs 1 surrounding the longitudinal axis (X) of the shaft (1) at a distance therefrom, said webs being inclined at an angle to the longitudinal axis (X) with adjacent webs wound in the same direction being equally spaced in a direction substantially parallel to the longitudinal axis (X), while webs wound in different directions intersect at points of intersection (10), there being open spaces between the webs formed by the fiber bundles (2), and the fiber bundles are firmly bonded to each other at the points of intersection,
characterized in that
a web of fiber bundles consists of a plurality of superimposed fiber bundles (2), and the fiber bundles (2) of different layers in different webs interpenetrate at the points of intersection.

2. The driving shaft as defined in claim 1, **characterized in that** the angle to the longitudinal axis (X) exhibits different values with progression along said webs.

3. The driving shaft as defined in claim 2, **characterized in that** the webs of said fiber bundles (2) extend at an angle of from 40 ° to 80 ° to the longitudinal axis (X) of said shaft (1).

4. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the spacing between adjacent webs assumes different values at different positions along the longitudinal axis (X).

5. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 4, **characterized in that** said fiber bundles (2) extend substantially spirally.

6. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 4, **characterized in that** said fiber bundles (2) form a closed structure.

7. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 5, **characterized in that** said fiber bundles (2) extend continuously from one end of said shaft (1) to the other.

8. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 7, **characterized in that** said fiber bundles (2) are bonded to each other at said points of intersection (10).

9. The driving shaft as defined in claim 8, **character-**

ized in that said fiber bundles (2) are bonded to each other by means of a resin.

10. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 9, **characterized in that** fiber bundles (2) crossing each other at said points of intersection (10) intersect at an angle of from 10 ° to 90 °.

11. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 10, **characterized in that** the diameter of said shaft increases toward at least one of its ends.

12. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 11, **characterized in that** annular fiber bundles are provided.

13. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 12, **characterized in that** said fiber bundles (2) are attached at both end regions of said shaft (1) to a connecting piece (3, 4) adapted to link with some other mechanism.

14. The driving shaft as defined in claim 13, **characterized in that** said connecting pieces (3, 4) are in the form of metal rings.

15. The driving shaft as defined in claim 13 or claim 14, **characterized in that** said connecting pieces (3, 4) are bonded to said fiber bundles (2).

16. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 15, **characterized in that** said fiber bundles (2) are formed from carbon fibers and/ or glass fibers and/ or Kevlar fibers.

17. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 16, **characterized in that** said fiber bundles (2) are formed from 10^2 to 10^5 fibers (7).

18. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 17, **characterized by** 10^1 to 10^3 layers.

19. The driving shaft as defined in any one of claims 1 to 18, **characterized in that** it is surrounded by a flexible sleeve at least in certain regions, which sleeve has substantially the same shape as the shaft.

20. The driving shaft as defined in claim 19, **characterized in that** said sleeve is a rubber covering.

Revendications

1. Arbre de transmission pour la transmission de couples entre deux emplacements dont la position relative peut varier dans certaines limites, l'arbre étant réalisé en tant qu'arbre creux flexible avec une paroi tubulaire, la paroi tubulaire étant formée de faisceaux de fibres (2) s'étendant en rubans autour de l'axe longitudinal (X) de l'arbre (1) et à intervalle de celui-ci, les rubans étant inclinés suivant un angle par rapport à l'axe longitudinal (X), des rubans contigus avec le même sens de rotation étant espacés entre eux dans une direction sensiblement parallèle à l'axe longitudinal (X), et des rubans de sens de rotation différents se croisant à des points d'intersection (10), et avec des interstices ouverts entre les rubans de faisceaux de fibres (2), les faisceaux de fibres étant fixement reliés entre eux aux points d'intersection,
caractérisé
en ce qu'un ruban de faisceaux de fibres est composé de plusieurs faisceaux de fibres (2) s'étendant en plusieurs couches superposées, et en ce que les faisceaux de fibres (2) de différentes couches de différents rubans se traversent aux points d'intersection.

2. Arbre de transmission selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'angle par rapport à l'axe longitudinal (X) présente des valeurs différenciées suivant la progression des rubans.

3. Arbre de transmission selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les rubans de faisceaux de fibres (2) sont inclinés suivant un angle compris entre 40 ° et 80 ° par rapport à l'axe longitudinal (X) de l'arbre (1).

4. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les espacements entre rubans contigus présentent des valeurs différenciées pour différentes positions le long de l'axe longitudinal (X).

5. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) s'étendent sensiblement en spirale.

6. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) se referment sur eux-mêmes.

7. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) s'étendent continument d'une extrémité à l'autre de l'arbre (1).

8. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) sont collés l'un à l'autre aux points d'intersection (10).

9. Arbre de transmission selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) sont

collés l'un à l'autre par une résine.

10. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) se croisant aux points d'intersection (10) se recoupent suivant un angle compris entre 10 ° et 90 °.

11. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'**il présente un diamètre croissant vers au moins une de ses extrémités.

12. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** des faisceaux de fibres de forme annulaire sont prévus.

13. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que**, dans les deux zones d'extrémité de l'arbre (1), les faisceaux de fibres (2) sont reliés à une pièce de raccord (3, 4) respective pour le raccordement à un mécanisme restant.

14. Arbre de transmission selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les pièces de raccord (3, 4) sont réalisées comme bagues métalliques.

15. Arbre de transmission selon la revendication 13 ou la revendication 14, **caractérisé en ce que** les pièces de raccord (3, 4) sont collées aux faisceaux de fibres (2).

16. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) sont formés de fibres de carbone et/ou de fibres de verre et/ou de fibres de kevlar.

17. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** les faisceaux de fibres (2) sont formés de fibres (7) en nombre compris entre 10^2 et 10^5.

18. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé par** 10^1 à 10^3 couches.

19. Arbre de transmission selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce qu'**il gainé au moins partiellement d'un revêtement flexible, le revêtement ayant sensiblement la forme de l'arbre.

20. Arbre de transmission selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** le revêtement est un revêtement en caoutchouc.

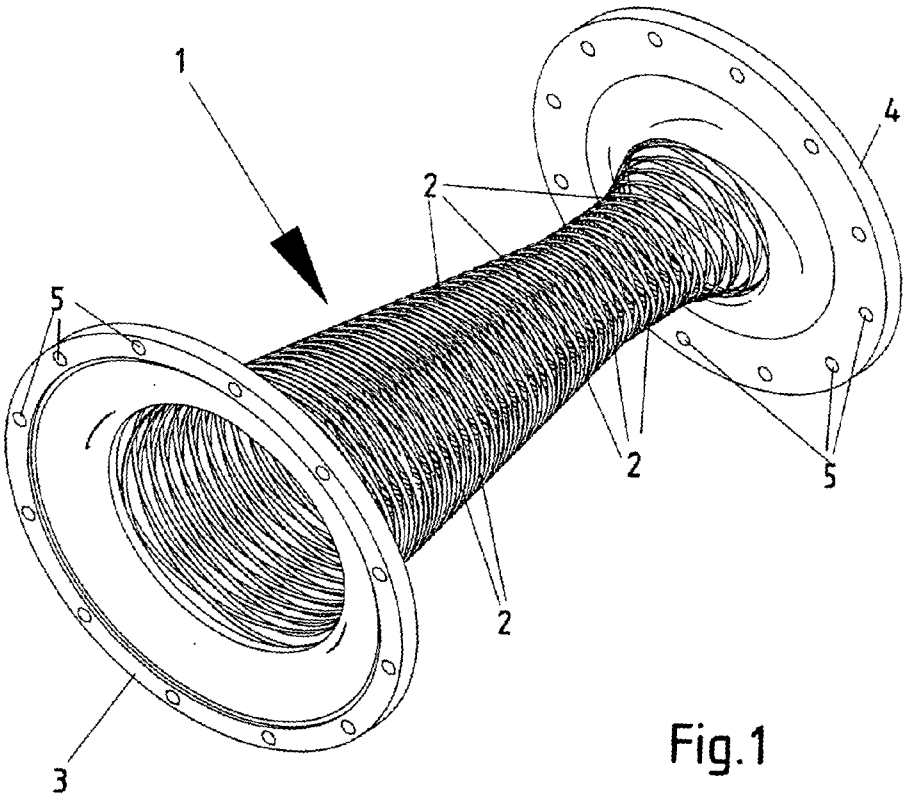


Fig.1

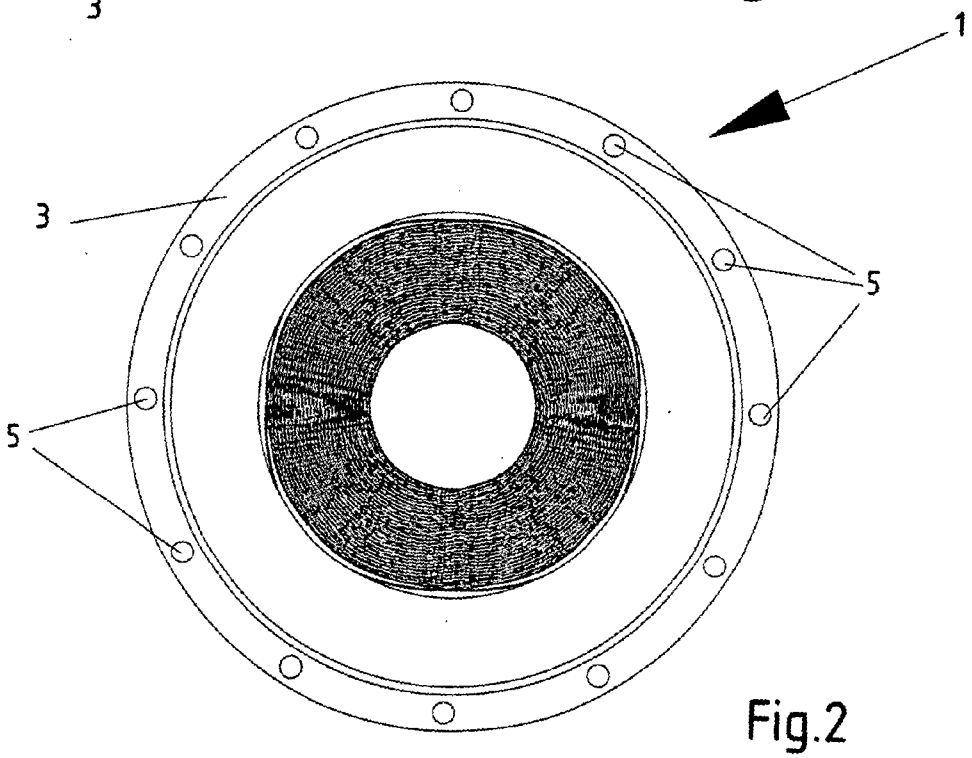


Fig.2

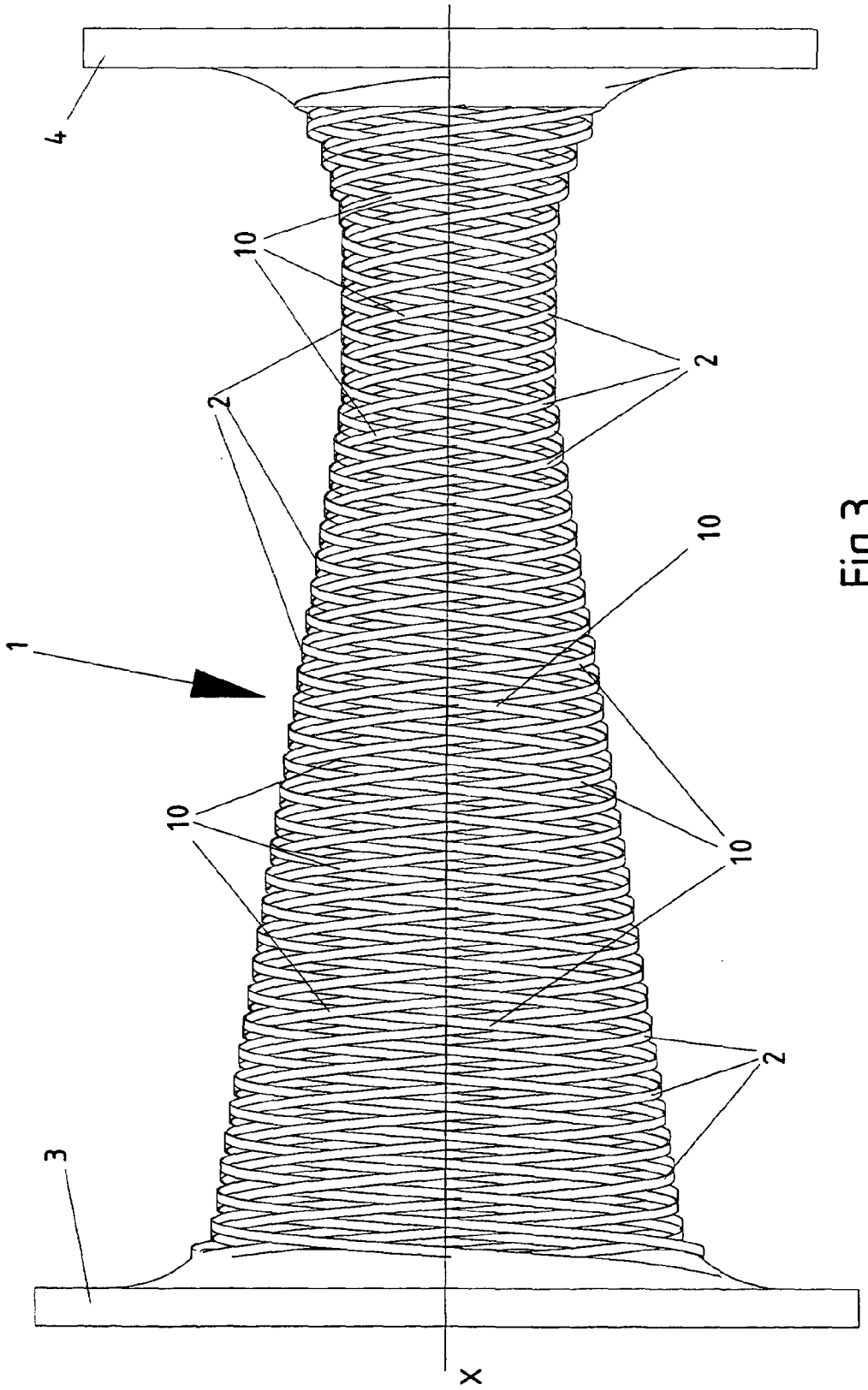
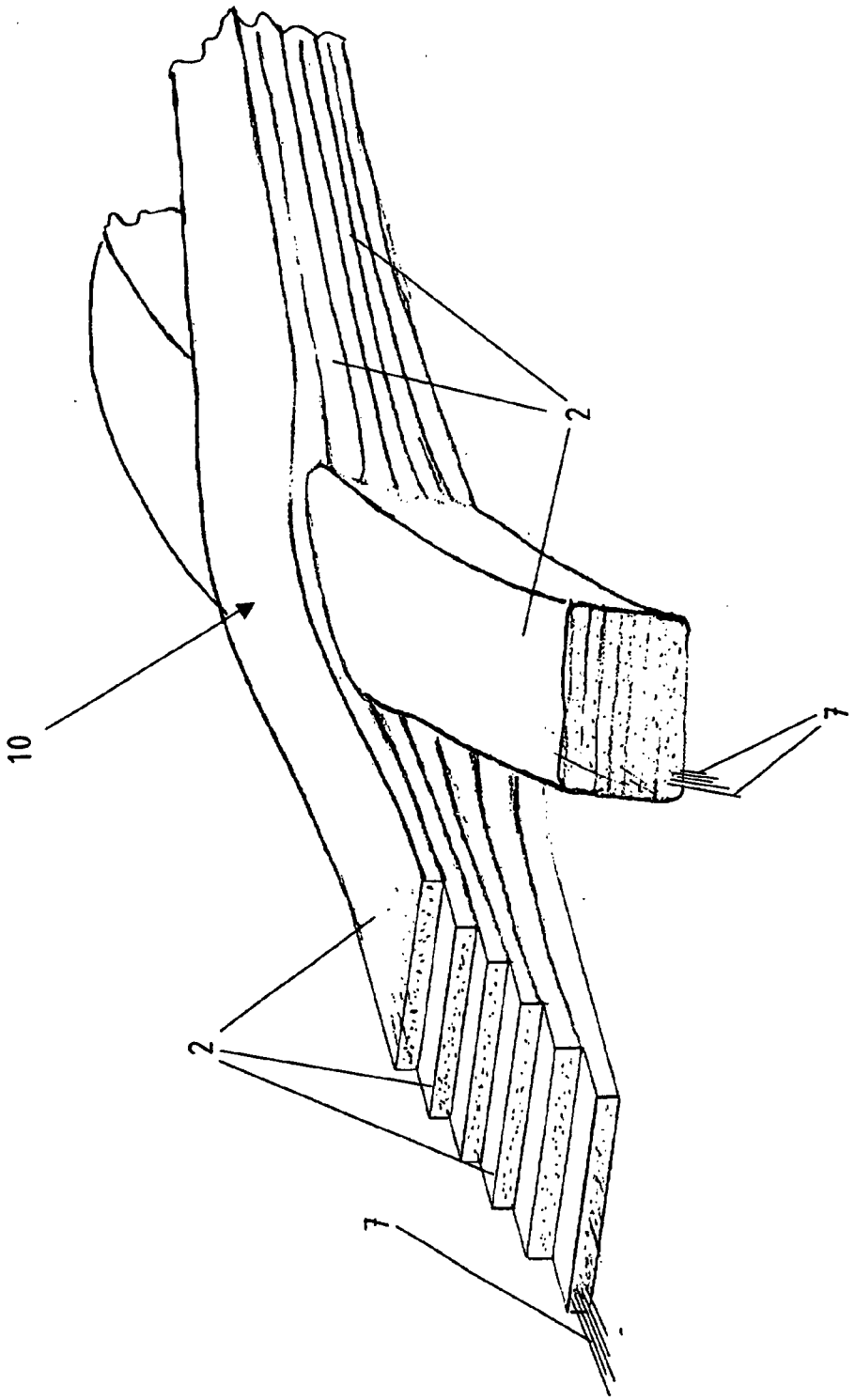


Fig.3


10
2
2
2
7
7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3143194 A1 **[0005] [0006] [0006]**
- DE 10022663 A **[0008]**

(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2011 117 444 B4** 2016.05.19

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 117 444.7**
(22) Anmeldetag: **31.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **02.05.2013**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **19.05.2016**

(51) Int Cl.: ***B60B 17/00*** (2006.01)
B60B 5/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE; NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH, 09117 Chemnitz, DE

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

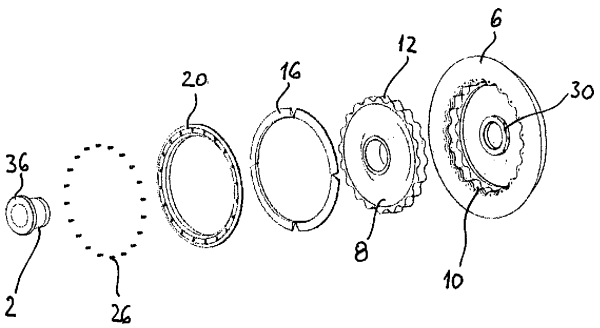
(72) Erfinder:
Naumann, Hans J., Prof.Dr., 09117 Chemnitz, DE; Neugebauer, Reimund, Prof. Dr., 01156 Dresden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**4 093 299**	**A**
EP	**0 864 445**	**B1**
EP	**0 065 086**	**A1**
WO	**97/ 44 204**	**A1**

(54) Bezeichnung: **Fahrzeugrad, Radsatz mit diesem und Schienenfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Fahrzeugrad für Schienenfahrzeuge, mit einer Radnabe (2), mit einem, eine Lauffläche (6) aufweisenden Radkranz (4) und mit einem die Radnabe (2) und den Radkranz (4) verbindenden Radteller (8), wobei der Radkranz (4) und der Radteller (8) mittels einer Innenumfangs-Eingriffsstruktur (10) des Radkranzes (4) und einer Außenumfangs-Eingriffsstruktur des Radtellers (8) formschlüssig miteinander verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass entlang des Innenumfangs des Radkranzes (4) wenigstens abschnittsweise eine Innenverzahnung (10) ausgebildet ist; und dass entlang des Außenumfangs des Radtellers (8) wenigstens abschnittsweise eine zur Innenverzahnung (10) des Radkranzes (4) korrespondierende Außenverzahnung (12) ausgebildet ist, die formschlüssig mit der Innenverzahnung (10) des Radkranzes (4) in Eingriff ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugrad, insbesondere ein Scheibenrad für Schienenfahrzeuge. Ebenso betrifft die Erfindung einen mit einem solchen Fahrzeugrad ausgestatteten Radsatz und ein mit einem derartigen Radsatz versehenes Schienenfahrzeug.

[0002] Konventionelle Schienenfahrzeuge fahren auf Fahrzeugrädern, welche paarweise durch eine Achse zu Radsätzen verbunden sind. Dabei existieren verschiedene Bauformen für die Räder von Schienenfahrzeugen. So wird zwischen Vollrädern, die auch als „Monobloc-Räder" bekannt sind, und Rädern mit Radreifen unterschieden.

[0003] Vollräder werden beispielsweise aus Stahl gegossen oder geschmiedet und werden heute im Personenverkehr, insbesondere im Hochgeschwindigkeitsschienenverkehr, eingesetzt. Räder mit Radreifen bestehen aus einem Radteller und einem auf dem Radteller befestigten Radreifen.

[0004] Die Räder von Schienenfahrzeugen bestehen dabei üblicherweise aus unlegiertem oder geringlegierten Stahl mit einem hohen Reinheitsgrad. Die Materialeigenschaften werden hauptsächlich durch die chemische Zusammensetzung des Grundmaterials, des Ur- bzw. Umformprozesses und insbesondere durch den Wärmebehandlungsprozess bestimmt.

[0005] Im Schienenverkehr kommt dem Fahrzeuggewicht und damit auch dem Gewicht der Fahrzeugräder eine zunehmend große Bedeutung zu. So erfordert ein hohes Fahrzeugradgewicht einerseits größere Antriebs- und Bremskräfte, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Schienenfahrzeugbetriebs eingeschränkt wird. Gleichzeitig wirkt sich ein hohes Fahrzeugradgewicht negativ auf die Umweltverträglichkeit sowie das Crashverhalten auf.

[0006] Beim Antreiben, Beschleunigen und Abbremsen von Schienenfahrzeugen erfolgt die Kraftübertragung im Rad-Schiene-Kontakt ausschließlich durch Reibung. Die Fahrzeugräder übertragen im Betrieb eines Schienenfahrzeugs daher große Kräfte und gehören somit zu den am stärksten beanspruchten Komponenten. Insbesondere führen häufige Beschleunigungs- und Bremsvorgänge sowie die Belastung in Kurven zu starkem Verschleiß der Fahrzeugräder. Dabei führt ein hohes Fahrzeugradgewicht wiederum zu einem höheren Verschleiß, da beim Beschleunigen und Abbremsen größere Kräfte übertragen werden müssen.

[0007] Um einen idealen Rundlauf der Fahrzeugräder sowie ihren schadensfreien Betrieb zu gewährleisten ist daher in regelmäßigen Abständen eine vollständige Überarbeitung insbesondere der Radlaufflächen erforderlich, was mit einem entsprechend hohen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand verbunden ist.

[0008] Zusätzlich führen immer höhere Zuggeschwindigkeiten im Betrieb von Schienenfahrzeugen zu einer weiter erhöhten Beanspruchung der Fahrzeugräder. Zum einen ergeben sich hieraus gestiegene Anforderungen an die Leistungsfähigkeit sowie die Sicherheit der Schienenräder. Darüber hinaus folgt aus den immer höheren Zuggeschwindigkeiten ein weiter steigender Wartungs- und Instandhaltungsaufwand.

[0009] Gleichzeitig besteht die Zielsetzung den Reisekomfort im Personenverkehr stetig zu erhöhen. Insbesondere sollen die im Betrieb von Schienenfahrzeugen durch das Abrollen der Fahrzeugräder entstehenden Schwingungen und dadurch ausgelösten Schallemissionen auf ein Minimum reduziert werden.

[0010] Die genannten Anforderungen werden von bestehenden Fahrzeugrädern und mit solchen Rädern ausgestatteten Radsätzen nur unzureichend erfüllt.

[0011] US 4,093,299 A beschreibt ein Fahrzeugrad gemäß des Oberbegriffs von Patentanspruch 1.

[0012] Aus der WO 97/44204 A1 ist ein als Vollrad ausgebildetes Schienenrad bekannt, welches durch die Formgebung der Radscheibe sowie der Anordnung von Schwingungsabsorbern am Radkranz schallarm betrieben werden kann. Ebenso weisen Vollräder gegenüber konventionellen Rädern mit Radreifen eine höhere Betriebssicherheit, eine höhere Beständigkeit bei wechselnder thermischer Beanspruchung sowie eine größere Laufzeit aufgrund einer dickeren Verschleißzone auf. Jedoch muss im Verschleißfall das gesamte Rad ausgewechselt werden, wodurch die Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit von Vollrädern beschränkt ist. Ferner ist das Leichtbaupotential von Vollrädern letztlich durch den zwingend aus Stahl bestehenden Radkörper begrenzt.

[0013] Demgegenüber weisen Schienenräder mit Radreifen grundsätzlich den Vorteil auf, dass für den Radreifen und den Radteller unterschiedliche Werkstoffe einsetzbar sind und dadurch das Gewicht des Fahrzeugrades reduziert werden kann. So ist aus der EP 0 065 086 A1 ein Schienenrad mit Radreifen bekannt, bei dem der den Radreifen und die Radnabe verbindende Radteller aus einem Faserverbundwerkstoff besteht. Dabei ist der Radkranz auf den Radteller aufgeschrumpft und durch einen Spleiß-Kleber oder durch ein Polyurethan-Elastomer verbunden. Demgemäß besteht in tangentialer Richtung zwischen dem Radkranz und dem Radteller ei-

ne kraft- und stoffschlüssige Verbindung. Allerdings entsteht hierdurch die Gefahr einer nur unzureichenden Verbindung zwischen Radkranz und Radteller, so dass es beim Beschleunigen oder Abbremsen des Schienenfahrzeugs zu einem Durchrutschen des Radtellers gegenüber dem Radkranz kommen kann, wodurch die Betriebssicherheit des Radtellers herabgesetzt wird.

[0014] Ferner besteht im Verschleißfall eines Schienenrades mit Radreifen grundsätzlich die Möglichkeit nur den Radreifen anstatt das gesamte Rad auszutauschen. Jedoch ist das Aufschrumpfen und Verkleben des Radkranzes mit hohem Aufwand verbunden, was die Montage und Demontage eines solchen Schienenrades und damit die Wartung und Instandhaltung erschwert.

[0015] Weiterhin ist aus der EP 0 864 445 B1 ein gummigefedertes Schienenrad mit Radreifen bekannt, bei dem mit dem Radkranz verschraubte Mitnehmer ein Durchrutschen des Radkranzes gegenüber dem inneren Radkörper verhindern. Zum einen ist die Montage und Demontage des aus EP 0 864 445 B1 bekannten Schienenrades mit einem hohen Aufwand verbunden. Darüber hinaus erfordert die Verschraubung der Mitnehmer auf dem Radkranz eine für den sicheren Betrieb entsprechende Dimensionierung, wodurch das Gewicht des Schienenrades erhöht wird.

[0016] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Fahrzeugrad, insbesondere ein Scheibenrad für ein Schienenfahrzeug, anzugeben, welches leicht, geräuscharm sowie montage- und wartungsfreundlich gestaltet ist und hervorragende Leichtlauf- und Dauerbelastungseigenschaften für eine zuverlässige Kraftübertragung zwischen Fahrzeugrad und Fahrgrund, insbesondere Schiene, aufweist.

[0017] Ferner soll ein Radsatz mit einem derartigen Fahrzeugrad, insbesondere Scheibenrad für Schienenfahrzeuge, und ein Schienenfahrzeug mit einem solchen Radsatz geschaffen werden.

[0018] Die vorgenannte Aufgabe wird hinsichtlich des Fahrzeugrades erfindungsgemäß durch Anspruch 1, hinsichtlich eines Radsatzes und eines Schienenfahrzeuges erfindungsgemäß durch die Ansprüche 24 und 27 gelöst.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen des Fahrzeugrades und des Radsatzes sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0020] Durch die vorzugsweise formschlüssige und mittels einer Innenumfangskontur (Eingriffsstruktur) des Radkranzes und einer Außenumfangskontur (Eingriffsstruktur) des Radtellers, die miteinander vorzugsweise vollumfänglich in Eingriff sind, ausgeführten form-/kraftschlüssige Verbindung zwischen Radkranz und Radteller ist eine besonders homogene und daher Belastungsspitzen vermeidende Kraftübertragung innerhalb des Fahrzeugrades im Kraftfluss zwischen der Lauffläche über Radkranz und Radteller zur Radnabe und damit bei einer Radachse eines Fahrzeugaufbaus gegeben, die für eine hohe Laufruhe und ein hervorragendes Betriebsverhalten des Fahrzeugrades, insbesondere Scheibenrades, sorgt. Gleichzeitig bietet der Aufbau des Fahrzeugsrads die Möglichkeit einer Leichtbaukonstruktion ohne Beeinträchtigung von Zuverlässigkeit und Dauerfestigkeit des Fahrzeugrades. Durch vorzugsweise in Umfangsrichtung, d. h. in tangentialer Richtung, vorgesehene direkte formschlüssiger Passungseingriff zwischen Radteller und Radkranz ist eine Verbindung zwischen Radteller und Radkranz geschaffen, die weder durch Temperaturschwankungen im Betrieb noch durch mechanische Betriebsbelastungen, noch durch eine Kombination dieser Wirkungen zu einem erhöhten oder unzulässigen Spiel zwischen Radteller und Radkranz führt.

[0021] Unter „tangentialer Richtung" soll hier die Richtung entlang des Außenumfangs des Radtellers und die Richtung entlang des Innenumfangs des Radkranzes, also die Umfangsrichtung verstanden werden, die mit der Rotationsrichtung des Fahrzeugrades übereinstimmt.

[0022] Vorzugsweise ist ein direkter und unmittelbarer Formschluss zwischen der Innenumfangs-Eingriffsstruktur des Radkranzes und der Außenumfangs-Eingriffsstruktur des Radtellers, jeweils mit gegenüber einer Zylinderfläche vergrößerte Umfangsfläche vorgesehen, d. h. vorzugsweise findet ein Formschluss in einer Passung zwischen Radkranz und Radteller ohne zu Hilfenahme zusätzlicher Komponenten, wie Schrauben, Spannfeder oder dergleichen statt und greifen beide Teile direkt ineinander. Hierzu weisen die Innenumfangs-Eingriffsstruktur des Radkranzes und die Außenumfangs-Eingriffsstruktur des Radtellers miteinander korrespondierende miteinander in der Art eines Kämmeingriffs in Eingriff bringbare Formelemente auf, durch die eine Übertragung der Antriebs- und Bremskräfte in Betrieb des Fahrzeugrades gewährleistet ist.

[0023] Durch die direkt formschlüssige Verbindung in tangentialer Richtung wird insbesondere der Kraftfluss zwischen Radkranz und Radteller verbessert, sodass das Fahrzeugrad insgesamt leichter dimensioniert werden kann.

[0024] Radkranz und Radteller sind vorzugsweise entlang eines gesamten Außenumfangs des Radtellers miteinander in kraftübertragender Verbindung.

[0025] Gleichzeitig können hierdurch aufwendige Montage- und Demontagevorgänge, wie das Einbringen von Klebstoff in die Passfläche zwischen Radkranz und Radteller, vermieden werden, wodurch neben den Herstellungskosten auch der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand eines solchen Fahrzeugrades reduziert wird.

[0026] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des Fahrzeugrades ist entlang des Innenumfangs des Radkranzes wenigstens abschnittsweise eine Innenverzahnung und entlang des Aussenumfangs des Radtellers wenigstens abschnittsweise eine der Innenverzahnung des Radkranzes und mit dieser formschlüssig in Eingriff bringbare entsprechende Aussenverzahnung ausgebildet. Dabei greifen die Innenverzahnung und die Aussenverzahnung in tangentialer Richtung direkt formschlüssig ineinander. Derartige Verzahnungen, insbesondere Rund- oder Wellenverzahnungen sind kostengünstig herstellbar und erlauben eine einfache und sichere Montage sowie Demontage des Fahrzeugrades. Gleichzeitig gewährleisten Sie eine sichere Kraftübertragung, wodurch die Betriebssicherheit des Fahrzeugrades erhöht wird.

[0027] Vorzugsweise ist die Innenverzahnung entlang des gesamten Innenumfangs des Radkranzes und die Aussenverzahnung entlang des gesamten Aussenumfangs des Radtellers ausgebildet. Hierdurch wird eine über den Umfang des Radtellers besonders gleichmäßig verteilte Kraftübertragung gewährleistet, wodurch die Betriebssicherheit des Fahrzeugrades zusätzlich verbessert wird. Vorzugsweise sind die Passungen der Aussen- und Innenverzahnungen so ausgebildet, dass weder durch Temperaturschwankungen im Betrieb noch durch mechanischen Betriebslasten oder Kombination von beiden ein für den sicheren Betrieb des Fahrzeugrades unzulässiges Spiel entsteht.

[0028] Gegebenenfalls kann zur formschlüssigen Kraftübertragung zwischen Radteller und Radkranz in Umfangsrichtung eine kraftschlüssige hinzutreten, z. B. in Verbindung mit einer vorgegebenen Temperaturführung von/zwischen Radteller und Radkranz während der Montage.

[0029] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung sind die Innenverzahnung des Radkranzes und die Außenverzahnung des Radtellers als Wellenverzahnungen ausgebildet. Hierdurch können Spannungsspitzen in den Verzahnungen des Radtellers und des Radkranzes verringert werden, so dass im Betrieb des Fahrzeugrades eine zusätzlich verringerte Materialbelastung des Radkranzes sowie des Radtellers gewährleistet wird.

[0030] Der Montageaufwand eines Fahrzeugrades für Schienenfahrzeuge kann dadurch weiter verringert werden, dass der Radteller einstückig ausgebildet ist. Die integrale Bauweise des Radtellers erhöht dabei zusätzlich die Belastungsfähigkeit des Fahrzeugrades, sodass dessen Betriebssicherheit weiter erhöht wird.

[0031] Die Anzahl der Komponenten des Fahrzeugrades kann dadurch weiter verringert werden, dass der Radteller in axialer Richtung an einem Stützabschnitt des Radkranzes anliegt. Somit ist in einer axialen Richtung des Fahrzeugrades eine formschlüssige Sicherung des Radtellers gegenüber dem Radkranz gewährleistet, ohne dass hierfür weitere Komponenten oder Baugruppen erforderlich sind. Vorzugsweise ist der Stützabschnitt als ein Stützkragen ausgebildet, der entlang des Innenumfangs des Radkranzes verläuft und somit eine ununterbrochene axiale Abstützung des Radtellers in dessen Aussenumfangsbereich erlaubt.

[0032] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Radteller in axialer Richtung durch einen Sprengring mit dem Radkranz verbunden. Die axiale Sicherung des Radtellers durch einen Sprengring ist mit nur geringem Montageaufwand verbunden und gewährleistet zudem eine große Betriebssicherheit.

[0033] Ebenso ist es möglich anstelle eines Stützkragens zur Anlage des Radtellers an den Radkranz einen weiteren Sprengring vorzusehen, um auf diese Weise den Radteller beidseitig in axialer Richtung relativ zum Radkranz zu sichern.

[0034] Vorzugsweise greift der Sprengring in eine an dem Innenumfang des Radkranzes umlaufende Nut. Die axiale Sicherung des Radtellers relativ zum Radkranz kann hierdurch mit nur geringem Handhabungsaufwand erfolgen und gewährleistet gleichzeitig eine hohe Betriebssicherheit.

[0035] In vorteilhafter Weise kann die am Innenumfang des Radkranzes umlaufende Nut einen keilförmigen Querschnitt aufweisen. Demgemäß kann auch der Sicherungsring einen keilförmigen Querschnitt aufweisen, der dem Querschnitt der Nut entspricht. In der Betriebslage des Sprengrings kann hierdurch dessen axiales Spiel minimiert werden, wodurch einerseits die Betriebssicherheit erhöht und gleichzeitig die Schallemissionen im Betrieb des Fahrzeugrades minimiert werden. Gleichzeitig wird durch die keilförmige Gestaltung der Nut und des Sprengrings die Gefahr verringert, dass der Sprengring bei der Montage verkantet und die Handhabungssicherheit beeinträchtigt wird.

[0036] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung besteht der Sprengring aus wenigstens zwei bogenabschnittförmigen Segmenten. Vorzugsweise besteht der Sprengring aus insgesamt vier glei-

chen bogenabschnittförmigen Segmenten. Durch eine Segmentierung des Sprengrings in zwei oder mehrere bogenabschnittförmige Teile besteht die Möglichkeit den Sprengring ohne oder mit nur geringer Spannung in die Nut einzubringen, wodurch die Gefahr von Verletzungen des Montage- und Wartungspersonals verringert wird.

[0037] In weiterer Ausgestaltung des Fahrzeugrads ist ein Sicherungsring mit einem Befestigungsabschnitt und mit einem Stützabschnitt vorgesehen, wobei der Sicherungsring über den Befestigungsabschnitt mit dem Radkranz verbunden ist und wobei der Stützabschnitt in den Sprengring greift und den Sprengring zumindest in radialer Richtung abstützt. Insbesondere beim Einsatz eines segmentierten Sprengrings kann dieser somit sicher und einfach in der Nut des Radkranzes gehalten und folglich eine axiale Sicherung des Radtellers relativ zum Radkranz gewährleistet werden. Jedoch kann ein Sicherungsring auch bei einem einteiligen Sicherungsring die Betriebssicherheit des Fahrzeugrades erhöhen, da der Sicherungsring ein unerwünschtes Herausspringen des Sprengrings aus der Nut verhindert.

[0038] Um den Sprengring in seiner Betriebsstellung mit einer zusätzlichen Kraft in radialer Richtung zu beaufschlagen, können der Innenumfang des Sprengrings und der Aussenumfang des Stützabschnitts des Sicherungsrings eine konische Passung bilden. Beim Verschrauben des Sicherungsrings übt der Stützabschnitt demgemäß eine radiale Kraft auf den Sprengring aus und presst diesen zusätzlich in die am Innenumfang des Radkranzes ausgebildete Nut.

[0039] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Fahrzeugrades sieht vor, dass die Radnabe und der Radteller in axialer Richtung formschlüssig in Verbindung stehen, wodurch die Betriebssicherheit des Fahrzeugrades insbesondere in Kurven erhöht wird.

[0040] In besonders vorteilhafter Weise kann vorgesehen sein, dass die Radnabe und der Radteller über eine Mutter, die auf einem Gewinde der Radnabe aufgeschraubt und an einer ersten Seitenfläche des Radtellers abgestützt ist, axial zueinander vorgespannt sind. Dabei kann das Anzugsmoment der Mutter vorzugsweise so eingestellt werden, dass weder durch Temperaturschwankungen im Betrieb noch durch mechanische Belastungen ein unzulässiges Spiel zwischen Radteller und Radnabe entsteht und gleichzeitig die Grenzflächenpressung des Radtellerwerkstoffs nicht überschritten wird.

[0041] Dabei kann die axiale Verbindung zwischen Radteller und Radnabe sowie deren axiale Verspannung besonders leicht und mit einer nur geringen Anzahl an Komponenten dadurch bewerkstelligt werden, dass die Radnabe eine Stützschulter aufweist, die an einer zweiten Seitenfläche des Radtellers abgestützt ist, wobei die zweite Seitenfläche auf einer zu der ersten Seitenfläche axial gegenüberliegenden Seite des Radtellers ausgebildet ist.

[0042] Schließlich können gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Fahrzeugrades der Aussenumfang der Radnabe und der Innenumfang des Radtellers eine konische Passung bilden. Vor der Montage des Fahrzeugrades auf die jeweilige Radachse besteht so die Möglichkeit, die Radnabe mit dem Radteller auch in radialer Richtung vorzuspannen. Insbesondere kann bei Vorliegen einer solchen konischen Passung mittels einer Mutter, die wie voranstehend beschrieben, auf einem Gewinde der Radnabe aufgeschraubt und an einer ersten Seitenfläche des Radtellers abgestützt ist, eine radiale Verspannung des Radtellers mit der Radnabe erzeugt werden.

[0043] Der zur Erzeugung des zur Übertragung von Antriebs- und Bremsmomenten notwendigen Kraftschlusses in der konischen Passung, stellt sich vorzugsweise erst beim Fügen des kompletten Fahrzeugrads mit der Achswelle dadurch ein, dass die am Innenumfang mit Untermaß hergestellte Nabe auf die Achswelle gepresst wird. Hingegen erlaubt eine Vorspannung der Radnabe und des Radtellers in radialer Richtung vorzugsweise eine Voreinstellung der Passung zwischen Radteller und Radnabe, so dass im Betrieb des Fahrzeugrades weder durch Temperaturschwankungen noch durch mechanische Belastungen ein sowohl in radialer als auch in axialer Richtung unzulässiges Spiel zwischen Radteller und Radnabe entsteht und gleichzeitig die Grenzflächenpressung der Fahrzeugradkomponenten nicht überschritten werden.

[0044] Vorzugsweise weist das Fahrzeugrad, insbesondere Scheibenrad der vorbeschriebenen Art, eine Radnabe, über die das Fahrzeugrad mit der Radachse eines Radsatzes verbunden werden kann, einen eine Lauffläche aufweisenden Radkranz sowie einen die Radnabe und den Radkranz verbindenden Radteller auf. Erfindungsgemäß besteht der Radteller zumindest teilweise aus einem Faserverbundwerkstoff. Insbesondere sind Verstärkungsfasern, die aus Faserbündeln bestehen können, des Faserverbundwerkstoffs wenigstens abschnittsweise entlang von Hauptspannungsrichtungen des Radtellers orientiert.

[0045] Demgemäß werden die im Betrieb eines solchen Fahrzeugrades auf den Radteller einwirkenden Lastpfade zumindest abschnittsweise durch Verstärkungsfasern des Faserverbundwerkstoffs nachgebildet, was auch unter der Bezeichung „Tailored Fiber Placement" (TFP) bekannt ist. Durch dieses Prinzip wird es ermöglicht, das Gewicht des Radtellers und damit des gesamten Fahrzeugrades zu reduzieren

und gleichzeitig dessen Belastungsfähigkeit und Betriebssicherheit zu steigern.

[0046] Dabei bestehen Radkranz und Radnabe des Fahrzeugrades in bekannter Weise aus einem metallischen Werkstoff, insbesondere einem hochfesten Stahl.

[0047] Vorzugsweise sind die im Betrieb des Fahrzeugrades auf den Radteller einwirkenden Lastpfade jeweils entlang ihrer gesamten Länge durch zumindest eine Verstärkungsfaser nachgebildet.

[0048] Die Lehren der voranstehenden beschriebenen Vorrichtungen sind in besonders vorteilhafter Weise miteinander kombinierbar. Insbesondere kann bei einem Fahrzeugrad der Radteller aus einem Faserverbundwerkstoff bestehen, bei dem Verstärkungsfasern nach dem Prinzip des „Tailored Fiber Placement" orientiert sind, wobei gleichzeitig vorgesehen ist, dass der Radkranz und der Radteller, wie voranstehend beschrieben, in tangentialer, d. h. Umfangsrichtung direkt formschlüssig, vorzugsweise durch Wellenverzahnungen am Innenumfang des Radkranzes und am Aussenumfang des Radtellers, miteinander verbunden sind. Hierdurch wird bei einem hohen Leichtbaupotential des Fahrzeugrades dessen Betriebssicherheit weiter verbessert.

[0049] Die Verbindungssicherheit zwischen Radteller und Radkranz lässt sich gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Fahrzeugrades insbesondere dadurch erhöhen, dass Verstärkungsfasern in einem an den Aussenumfang grenzenden Aussenbereich des Radtellers der Aussenumfangsgeometrie folgend in Umfangsrichtung orientiert sind. Bei einer wellenzahnförmigen Aussenumfangsgeometrie des Radtellers können demgemäß Verstärkungsfasern entlang der Wellenverzahnung verlaufen und dadurch diese verstärken. Über die Verzahnung des Radtellers können somit größere Antriebs- und Bremskräfte übertragen werden, ohne dass es einer massiveren und damit schwereren Ausführung der Komponenten des Fahrzeugrades bedarf.

[0050] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des Fahrzeugrades sind Verstärkungsfasern in einem an eine Innenöffnung grenzenden Innenbereich des Radtellers, der inneren Öffnungsgeometrie folgend, in Umfangsrichtung der Innenöffnung orientiert. Hierdurch wird sichergestellt, dass der innere Öffnungsbereich des Radtellers eine ausreichend große Steifigkeit besitzt. Insbesondere dienen die umlaufenden Verstärkungsfasern im Innenbereich des Radtellers dazu, eine in tangentialer Richtung (Umfangsrichtung) wirksame kraftschlüssige Verbindung zwischen Radteller und Radnabe sicherzustellen, die beim Aufpressen der mit Untermaß hergestellten Nabe auf eine Achswelle erzeugt wird.

[0051] Weiterhin kann vorgesehen sein, dass Verstärkungsfasern in im Wesentlichen radialer Richtung des Radtellers durch diesen verlaufen. In diesem Zusammenhang sollen unter radialer Richtung auch Richtungen einbezogen sein, die einen Winkel von weniger als 30°, insbesondere von weniger 15°, insbesondere von weniger als 5° gegenüber der genauen Radialrichtung aufweisen. Durch die Faserverstärkung des Radtellers in radialer Richtung werden einerseits radiale Druckkräfte aus dem auf der Radachse lastenden Gewicht optimal aufgenommen. Andererseits stützen die radial orientierten Verstärkungsfasern den Radteller gegenüber Querkräften, die beispielsweise während Kurvenfahrten auftreten.

[0052] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausführung des Fahrzeugrades können Verstärkungsfasern parabelförmig von dem an den Aussenumfang grenzenden Aussenbereich des Radtellers zu dem an die Innenbohrung grenzenden Innenbereich des Radtellers verlaufen. Derartig verlaufende Verstärkungsfasern gewährleisten, dass Antriebs- und Bremsmomente optimal zwischen Radkranz und Radnabe übertragen werden, ohne dass es zu unzulässigen Belastungen des Radtellers kommt. Ebenso sichern die parabelförmig angeordneten Verstärkungsfasern den Radteller gegen Querkräfte.

[0053] Eine besonders effiziente Kraftübertragung zwischen Radnabe und Radteller kann dadurch bewerkstelligt werden, dass die parabelförmig orientierten Verstärkungsfasern tangential durch den Innenbereich des Radtellers an der Innenbohrung vorbei verlaufen und im Aussenbereich des Radtellers Scheitelpunkte bilden. Insbesondere wird somit die Anzahl von Faserenden innerhalb des Radtellerkörpers verringert, wodurch die Entstehung von Schwachstellen im Radteller vermieden wird.

[0054] Weist der Radteller für die formschlüssige Verbindung mit dem Radkranz eine Aussenverzahnung auf, kann in vorteilhafter Weise innerhalb eines Zahns der Aussenverzahnung jeweils ein Scheitelpunkt der parabelförmig orientierten Verstärkungsfasern angeordnet sein. Die Übertragung von Antriebs- und Bremsmomenten über die Aussenverzahnung des Radtellers kann hierdurch mit noch größerer Sicherheit erfolgen.

[0055] Die Verstärkungsfasern des Faserverbundwerkstoffs bestehen vorzugsweise aus Kohlenstoff, wodurch das Gewicht des Radtellers und damit des gesamten Fahrzeugrades auf ein Minimum reduziert wird. Ebenso können die Verstärkungsfasern auch aus anderen hochfesten Materialen, wie bestehen. Beispielsweise können die Verstärkungsfasern auch aus einem metallischen Werkstoff bestehen, wodurch der Radtellers insbesondere kostengünstig herstellbar ist.

[0056] Die Matrix des Faserverbundwerkstoffs besteht in vorteilhafter Weise aus einem thermoplastischen oder duroplastischen Kunstharz. Dies gewährleistet einerseits ein geringes Gewicht des Radtellers und damit des gesamten Fahrzeugrads sowie andererseits eine geeignete Einbettung der Verstärkungsfasern.

[0057] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform bestehen die Verstärkungsfasern aus wenigstens einem zweidimensionerstreckenden Fasergeflecht, sogenannten „2D Preforms", wodurch eine einfache und kostengünstige Herstellbarkeit des Radtellers und gleichzeitig eine sichere Orientierung der Verstärkungsfasern in den Hauptspannungsrichtungen des Radtellers gewährleistet ist.

[0058] Vorzugsweise weist der Radteller mehrere Lagen zweidimensionalen Fasergeflechts auf, die in axialer Richtung des Radtellers verbunden, vorzugsweise zu einem dreidimensionalen Fasergeflecht verstrickt oder verwirkt sind. Dies gewährleistet eine optimale Faserverstärkung des Radtellers über dessen gesamte Dicke, ohne dass die Gefahr einer Delamination einzelner Lagen gegeben ist. Darüber hinaus eignet sich ein dreidimensionales Fasergeflecht für gängige Harzinjektionsverfahren.

[0059] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Fahrzeugrades weist der Radteller einen Kern aus einem Füllmaterial auf. Dabei ist der Kern vorzugsweise in einem nur gering belasteten Bereich des Radtellers um dessen Innenbohrung umlaufend ausgebildet und das Füllmaterial weist eine gegenüber den Verstärkungsfasern sowie dem Matrixwerkstoff geringe Dichte auf. Dies erlaubt eine weitere Gewichtsreduzierung des Radtellers, die mit einer nur minimalen und tragbaren Verringerung der Radtellersteifigkeit einhergeht.

[0060] In besonders vorteilhafter Weise ist das Füllmaterial geschlossenzellig, wodurch einerseits eine optimale Gewichtsreduktion des Radtellers und andererseits eine kostengünstige Herstellbarkeit des Radtellers im Harzinjektionsverfahren ermöglicht wird.

[0061] Um eine besonders große Gewichtsreduzierung des Radtellers zu erreichen, kann das Füllmaterial als Kunststoffschaum ausgebildet sein. Ebenso ist denkbar, dass das Füllmaterial aus einem Metallschaum besteht, der aufgrund guter mechanischer und akustischer Dämpfungseigenschaften eine weitergehende Reduzierung der Schallemissionen im Betrieb des Fahrzeugrades ermöglicht.

[0062] Weiterhin kann in bevorzugter Ausgestaltung des Fahrzeugrades der Radteller in radialer Richtung gewellt vorzugsweise konzentrisch gewellt, ausgebildet sein. Demgemäß weist der Radteller eine sich in axialer Richtung erhebende Wölbung auf, die vorzugsweise zwischen dem Aussen- und Innenbereich des Radtellers konzentrisch umlaufend ausgebildet ist. Eine solche Formgebung erlaubt eine weitergehende Verbesserung der akustischen Eigenschaften des Fahrzeugrades.

[0063] Ein erfindungsgemäßer Radsatz für Fahrzeuge, insbesondere für Schienenfahrzeuge, mit einem Scheibenrad der vorbeschriebenen Art weist eine Radachse sowie zwei Fahrzeugräder der vorbeschriebenen Art auf, wobei die Fahrzeugräder über die Radnabe mit der Achswelle verbunden sind. Ein solcher Radsatz weist ein nur geringes Gewicht auf, gewährleistet eine hohe Betriebssicherheit und kann schallarm betrieben werden.

[0064] Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Radsatzes stehen die Radnabe und die Achswelle vollumfänglich kraftschlüssig in Verbindung. Dies kann, wie voranstehend beschrieben, vorteilhaft dadurch bewerkstelligt werden, dass die Innenbohrung der Nabe mit Untermaß hergestellt wird und die Nabe auf die Achswelle aufgepresst wird. Eine solche Verbindung ist kostengünstig bereitzustellen und gewährleistet bei hoher Einsatzsicherheit eine gute Kraftübertragung im Betrieb des Radsatzes.

[0065] Weiterhin kann bei einem Radsatz in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Radnabe und der Radteller in vollumfänglich kraftschlüssig in Verbindung stehen. Wie voranstehend beschrieben, kann eine solche kraftschlüssige Verbindung dadurch erzeugt werden, dass die am Innenumfang mit Untermaß hergestellte Nabe auf die Achswelle gepresst wird. Dies führt zu einer Weitung der Radnabe in radialer Richtung so dass es zwischen dem Aussenumfang der Radnabe und dem Innenumfang des Radtellers zu einer kraftschlüssigen Verbindung kommt, die eine sichere Übertragung von Antriebs- und Bremsmomenten erlaubt.

[0066] Das voranstehend beschriebene Fahrzeugrad sowie ein mit einem solchen Fahrzeugrad ausgestatteter Radsatz eignen sich für jegliche Art von Schienenfahrzeugen des Personen- und Güterverkehrs. Aufgrund des hohen Leichtbaupotentials, der erhöhten Leistungsfähigkeit sowie der akustischen Verbesserung liegt insbesondere eine Eignung für den Hochgeschwindigkeitsschienenverkehr vor.

[0067] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispieles und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert. In diesen zeigen:

[0068] **Fig.** 1 ein Ausführungsbeispiel eines Fahrzeugrades (schematisch) in perspektivischer Explosionsdarstellung;

[0069] **Fig.** 2a das Fahrzeugrad (schematisch) nach **Fig.** 1 im Halbschnitt;

[0070] **Fig.** 2b das Fahrzeugrad (schematisch) nach **Fig.** 1 im Halbschnitt in einer weiteren radialen Schnittebene;

[0071] **Fig.** 3 eine schematische Vorderansicht eines Radtellers unter prinzipieller Darstellung von Verstärkungsfasern

[0072] **Fig.** 1 zeigt eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Ausführungsbeispieles eines Fahrzeugrades **1**, mit einer Radnabe **2**, einem Radkranz **4** und einem Radteller **8**, die zusammen die Hauptkomponenten eines Fahrzeugrades **1** bilden, wobei die einzelnen Elemente nachstehend unter Berücksichtigung ihrer form- und Verbindungselemente erläutert und auch die zusätzlichen, in **Fig.** 1 dargestellten Verbindungsvorrichtungen (Sprengring **16**, Sicherungsring **20**, Schrauben **26**) dargestellt sind.

[0073] Der topfförmige Radkranz **4** weist an seinem Außenumfang eine Lauffläche **6** auf, mit der das Fahrzeugrad **1** auf einer hier nicht dargestellten Schiene abrollt. Ein Radteller **8** weist an seinem Außenumfang eine wellenförmige Außenverzahnung **12** auf, der zu einer wellenförmigen Innenverzahnung **10** entlang des topfförmigen Innenumfanges des Radkranzes **4** in einer formschlüssigen Eingriffspassung korrespondiert, so dass der Radteller **8** formschlüssig in einer Art Kämmeingriff in die Innenverzahnung **10** des Radkranzes **4** eingreift. Auf diese Weise wird eine vollflächige und spielfreie Kraftübertragung zwischen Radkranz **4** und Radteller **8** gewährleistet. Der topfförmige Radkranz **4** weist in seinem Inneren einen Nabenabschnitt **7** in Rotationsrichtung des Fahrzeuggrads **1** zum kräfteübertragenden Eingriff mit einer Radnabe **2** auf, über die das Fahrzeugrad **1** mit einer hier nicht gezeigten Achswelle verbunden werden kann.

[0074] Der Sprengring **16**, der Sicherungsring **20** und die Schrauben **26** dienen der Befestigung des Radtellers **8** in dem Radkranz **4**. Abgesehen von dem Radteller **4**, welcher vorzugsweise aus einem Faser-Kunststoff-Verbund (z. B. CFK) aufgebaut ist, sind alle anderen Elemente des Fahrzeugrades **1** vorzugsweise aus metallischen Werkstoffen. Ein Aspekt des Ausführungsbeispieles besteht darin, dass die drehmomentübertragende Verbindung zwischen Radteller **8** und Radkranz **4** im Wesentlichen formschlüssig durch das auf dem Außenumfang des Radtellers **8** gebildete Umfangsprofil, hier eine Außenverzahnung **12** in Wellenform, und das Umfangsprofil auf einer zugehörigen Innenfläche des Radkranzes (wellenförmige Innenverzahnung **10**) desselben im mit enger Spielpassung ausgeführt ist, während eine kraftschlüssige axiale Aufnahme des Radtellers **8** in Verbindung zum Radkranz **4** vorgesehen ist. Es wird also sowohl auf eine Verschraubung oder eine stoffschlüssige Verbindung im Umfangsbereich des Radtellers **8** wir auch der korrespondierenden Innengeometrie des Radkranzes **4** verzichtet.

[0075] Der Formschluss durch die in tangentialer (Rotations-)Richtung wirksame, wellenförmige Außenverzahnung **12** des Radtellers **8** mit der wellenförmigen Innenverzahnung **10** des Radkranzes **4** ist dabei hinsichtlich der zur Anwendung kommenden Passungen so gewählt, dass durch Temperaturschwankungen im Betrieb und/oder durch mechanische Betriebslasten kein unzulässiges Spiel zwischen beiden Bauteilen entsteht. In axialer Richtung wird der Radteller **8** über den hier 4-teilig segmentierten Sprengring **16** so gesichert, dass die Betriebslasten in axialer Richtung aufgenommen werden. Diese Segmentierung ist montagegünstig, jedoch nicht zwingend. Bei einem einteiligen Sprengring **16** könnte der hier zur Sicherung der Einzelsegmente gegen unbeabsichtigtes Herausfallen vorgesehene Sicherungsring **20** auch entfallen. Der Sprengring **16** könnte überdies auch zweiteilig oder z. B. aus 120°-Segmenten gebildet sein.

[0076] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist, wie nachfolgend anhand von **Fig.** 2 noch erläutert ist, der Sicherungsring **20** einen konischen Stützabschnitt **24**, der über seine konische Innenpassung die Segmente des Sprengringes **16** in eine keilförmige Nut **18** am Innenumfang des Radkranzes **4** drückt, so dass der Radteller **8** durch die Segmente des Sprengringes **16** axial gegen eine Innenschulter des Radkranzes **6** gedrückt und vorgespannt wird. Der Sicherungsring **20** wird über die Schrauben **26** so mit dem Radkranz **4** verschraubt, dass der Radteller **8** nicht durchbohrt und ein Kraftfluss von dem Radkranz **4** durch den Radteller **8** hindurch nicht gestört wird.

[0077] Wie insbesondere auch den Schnittdarstellungen in **Fig.** 2a und **Fig.** 2b zu entnehmen ist, liegt der Radteller **8** in axialer Richtung an einem Stützabschnitt **14** des Radkranzes **4** an. Dabei ist der Radteller **8** in axialer Richtung durch einen Sprengring **16**, der in eine an dem Innenumfang des Radkranzes **4** umlaufende Nut **18** greift, formschlüssig mit dem Radkranz **4** verbunden. Sowohl der Sprengring **16** als auch die Nut **18** weisen eine keilförmige Querschnittsform auf, wobei die Querschnittsform des Sprengrings **16** komplementär zu der der Nut **18** ausgebildet ist.

[0078] Wie in **Fig.** 1 zu erkennen besteht der Sprengring **16** aus 4 bogenabschnittförmigen Segmenten. Zur Sicherung der Position des Sprengrings **16** in der Nut **18** ist ein Sicherungsring **20** vorgesehen, der, wie insbesondere aus **Fig.** 2a und **Fig.** 2b entnommen werden kann, einen Befestigungsabschnitt **22** sowie einen Stützabschnitt **24** aufweist. Dabei ist der Befestigungsabschnitt **24** des Si-

cherungsring **20** mittels Schrauben **26** mit dem Radkranz verschraubt. Gleichzeitig greift der Stützabschnitt **24** in den Sprengring **16** und den stützt den Sprengring **16** in radialer Richtung ab und sichert diesen in der Nut **18**.

[0079] Ferner bilden der Innenumfang des Sprengrings **16** und der Aussenumfang des Stützabschnitts **24** eine konische Passung, sodass beim Verschrauben des Sicherungsrings **16** der Stützabschnitt **24** eine radiale Kraft auf den Sprengring **16** ausübt und diesen zusätzlich in die Nut **18** presst.

[0080] Die Radnabe **2** ist in axialer Richtung formschlüssig mit dem Radteller **8** verbunden. Insbesondere sind die Radnabe **2** und der Radteller **8** über eine Mutter **30**, die auf einem Gewinde **32** der Radnabe **2** aufgeschraubt ist und an einer ersten Seitenfläche **34** des Radtellers **8** abgestützt ist, axial zueinander vorgespannt. Weiterhin weist die Radnabe **2** eine Stützschulter **36** auf, die an einer zweiten Seitenfläche **38** des Radtellers abgestützt ist. Dabei ist die zweite Seitenfläche **38** auf einer zu der ersten Seitenfläche **34** axial gegenüberliegenden Seite des Radtellers **8** ausgebildet.

[0081] Schließlich bilden der Aussenumfang der Radnabe **2** und der Innenumfang des Radtellers **8** eine konische Passung **40**, sodass bei der axialen Vorspannung der Radnabe **2** und des Radtellers **8** auch eine radiale Vorspannung erzeugt wird.

[0082] Wie weiterhin in den **Fig.** 2a und **Fig.** 2b gezeigt ist, weist der Radteller **8** einen Kern aus einem Füllmaterial **42** auf, wobei das Füllmaterial **42** vorzugsweise ein geschlossenzelliger Metall- oder Kunststoffschaum ist. Der Kern ist dabei in einem nur gering belasteten Bereich des Radtellers **8** um dessen Innenbohrung umlaufend ausgebildet. Eine gezielte Verringerung der Schallemissionen wird ferner durch die in radialer Richtung konzentrische Wellenform des Radtellers **8** erreicht.

[0083] Zusammenfassend ist die in den **Abb.** 2a und **Abb.** 2b dargestellte Nabe innen zylindrisch gebohrt, während die äußere Passfläche als Konus ausgeführt ist, auf dem der Radteller **8** mit seiner konischen Innenbohrung sitzt, gehalten durch die Mutter **30**, so dass der Radteller **8** über eine konische Passung **40** zwischen der Radnabe **2** und der Mutter **30** auf der Radnabe **2** axial gespannt ist. Über die Mutter **30** wird also der Radteller **8** gegen die Nabe **2**, die teilweise einen entsprechenden Außengewindeabschnitt für die Mutter **30** besitzt, gegen einen inneren Nabenbereich des Radkranzes **4** verspannt bzw. der Radteller **8** in Verbindung mit der Stützschulter **36** der Radnabe **2** gegen einen inneren Nabenbereich mit der Mutter **30** des Radkranzes **4** axial vorgespannt. Die konische Passung **40** zwischen Radnabe **2** und Radteller **8** ist wiederum so gestaltet, dass weder durch Temperaturschwankungen im Betrieb des Fahrzeugrades **1** noch durch mechanische Betriebslasten oder eine Kombination von beiden Beanspruchungen, ein unzulässiges Spiel entsteht. Ein Anzugsmoment der Mutter **30** ist bei Verbindung von Radteller **5** und Radnabe **2** so eingestellt, dass die Stützschulter **36** der Radnabe **2** an einer Flanke des Radtellers **8** anliegt und insoweit dieser vorzugsweise aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial oder Kunstharzmaterial besteht, eine Grenzflächenspannung eines Faser-Kunststoff-Verbundes bzw. einer faserverstärkten Kunstharzmatrix des Radtellers **8** nicht überschritten wird.

[0084] Die Mutter **30** dient hier nicht zur Erzeugung des zur Übertragung von Fahrzeugrad-Rotationsmomenten notwendigen Kraftschlusses innerhalb der konischen Passung **40** zwischen Radteller **8** und Radnabe **2**. Dieser Kraftschluss stellt sich vielmehr erst beim Fügen des kompletten Fahrzeugrades **1**, insbesondere Scheibenrades, mit einer hier nicht gezeigten Achswelle dadurch ein, dass die auf Untermaß gebohrte Radnabe **1** auf diese Achswelle aufgepresst wird.

[0085] **Fig.** 3 zeigt eine Ansicht eines Radtellers **8** einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Fahrzeugrades **1**. Der Radteller **8** besteht aus einem Faserverbundwerkstoff, der eine Matrix **44** aus einem thermoplastischen oder duroplastischen Kunststoff sowie Verstärkungsfasern (oder Faserbündel) **46**, **48**, **50**, **52** aus Kohlenstoff (Karbonfasern) oder auch Glasfasern aufweist.

[0086] In **Fig.** 3 ist die Orientierung der Verstärkungsfasern **46**, **48**, **50**, **52** strichpunktiert angedeutet. Die Verstärkungsfasern **46**, **48**, **50**, **52** des Faserverbundwerkstoffs sind dabei entlang der Hauptspannungsrichtungen des Radtellers **8** orientiert.

[0087] So sind Verstärkungsfasern **46** in einem an den Aussenumfang grenzenden Aussenbereich **54** des Radtellers **8** entsprechend der Aussenumfangsgeometrie in Umfangsrichtung orientiert. Dementsprechend verlaufen die Verstärkungsfasern **46** der Wellenverzahnung **12** des Radtellers **8** folgend und verstärken diese.

[0088] Weiterhin sind Verstärkungsfasern **48** in einem an die Innenbohrung grenzenden Innenbereich **56** des Radtellers **8** entsprechend der Innenbohrungsgeometrie in Umfangsrichtung der Innenbohrung orientiert, wodurch die Belastungsfähigkeit der Innenbohrung des Radtellers **8** erhöht wird. Ferner verlaufen Verstärkungsfasern **50** in radialer Richtung des Radtellers **8**, wodurch der Radteller **8** erhöhte Achs- und Querlasten aufnehmen kann.

[0089] Schließlich verlaufen Verstärkungsfasern **52** parabelförmig von dem an den Aussenumfang gren-

zenden Aussenbereich **54** des Radtellers zu dem an die Innenbohrung grenzenden Innenbereich **56** des Radtellers **8**. Dabei verlaufen die Verstärkungsfasern **52** tangential durch den Innenbereich **56** des Radtellers **8** an der Innenbohrung vorbei und bilden im Aussenbereich **54** des Radtellers **8** Scheitelpunkte **58**. Dies gewährleistet eine optimale Übertragung von Antriebs- und Bremskräften zwischen Radnabe **2** und Radkranz **4** durch den Radteller **8**. Die Scheitelpunkte **58** sind dabei jeweils innerhalb eines Zahns **60** der Aussenverzahnung **12** angeordnet.

[0090] Die Verstärkungsfasern **46**, **48**, **50**, **52** bestehen aus mehrere Lagen zweidimensionalen Fasergeflechts, die in axialer Richtung des Radtellers **8** zu einem dreidimensionalen Fasergeflecht verstrickt oder z. B. durch ein Wirkverfahren verwirkt sind. Die Faserstruktur wird durch ein Fasergelege maschinell erzeugt und anschließend mit Kunstharz imprägniert.

[0091] Zusammenfassend wird also der Radteller **8** im vorliegenden Ausführungsbeispiel vorzugsweise durch einen faserverstärkten Kunststoff- bzw. Kunstharzkörper gebildet, wobei für die Fasern bzw. Faserbündel vorzugsweise Kohlefasern vorgesehen sind, aber auch andere hochfeste Fasermaterialien, wie Glas- oder Basaltfasern in Betracht kommen. Durch den Kunstharzfaserverbund des Radtellers **8** und die vorerläuterten Verstärkungsfasern bzw. Faserbündel insbesondere z. B. durch die konzentrischen Umfangswicklungen **48** der Faserbündel im Bereich der Radnabe **2** wird für die notwendige Steifigkeit des Radtellers **5** in radialer Richtung im Bereich der konischen Passung **40** gesorgt.

[0092] Durch den Faser-Kunstharz-Verbundkörper des Radtellers **8** wird dieser im Vergleich zu herkömmlichen Radtellern aus Metall wesentlich leichter, wobei überdies die Leistungsverluste entfallen, die bei isotropen Materialien bei der Herstellung eines Radtellers **8** mit Wellenverzahnung **12** durch Fräsen aus einem Grundkörper anfallen würden. Mit anderen Worten kann die Wellenkontur der Außenverzahnung **12** des Radtellers **8** besonders vorteilhaft durch gezieltes Ablegen des Fasern bzw. Faserbündel entlang der Außenverzahnung **12** (vgl. Verstärkungsfasern **46** in **Fig.** 3) verstärkt werden.

[0093] Die Verläufe der weiteren Fasern oder Faserbündel **46** bis **52** sind so gestaltet, dass jede einwirkende Kraft eines im Betrieb des Fahrzeugrades **1** entstehenden Lastpfades auf kürzestem Wege mit Fasern oder Faserbündeln des Faser-Verbund-Körpers, d. h. im Wesentlichen in axialer Richtung der Verstärkungsfasern **46** bis **52** nachgebildet wird. Durch diese Ausrichtung der Fasern/Faserbündel entlang von Hauptspannungen nach dem Prinzip des Tailored Fibre Placements (TFP) wird die Kraftaufnahmestruktur eines Faser-Kunstharz-Verbundkörpers wie des Tragtellers **8** bestmöglich ausgeschöpft. Dabei werden Momente um die Radachse, die durch Antrieb bzw. Abbremsen erzeugt werden, über die auf dem gesamten Radteller **5** parabelförmig verteilt angeordneten Fasern bzw. Faserbündel **52** speichenförmig nach innen zum Nabenbereich bzw. zur Radnabe **2** hingeleitet. Radial wirkende Druckkräfte aus dem auf der Achse lastenden Gewicht werden durch die radiale Faserorientierung der Verstärkungsfasern **50** wie auch durch die parabelförmigen Faserorientierungen der Faserbündel **52** gestützt. Sowohl die Verstärkungsfasern **50** als auch **52** stabilisieren den Radteller **8** gegen Querkräfte, wie sie bei Kurvenfahrten auftreten.

[0094] Die Faserorientierung durch die Verstärkungsfasern **48** im Nabenbereich in Umfangsrichtung bewirken eine vorteilhafte kraftschlüssige Verbindung zur Mutter **30** bzw. Radnabe **2**. Übrigens kann die Mutter **30** sowohl integral mit dem Radkranz **4** als auch separat von diesem vorgesehen sein.

[0095] Vorzugsweise erfolgt eine Ablage der Verstärkungsfasern **46** bis **52** in einem Fasergelege in oben beschriebener Weise als zweidimensionale Preform lagenweise und eine dreidimensionale Verstärkung in axialer Richtung des Radtellers **8** über Verstrickung oder Verwirkung der zunächst separaten zweidimensionalen Preforms (zweidimensionale Fasergelege), so dass eine Delamination der einzelnen Prefom-Lagen vermieden wird und der komplette, trockene dreidimensionale Faserkörper aus Verstärkungsfasern schließend in einem Kunstharz-Injektionsverfahren einer Kunststoff- bzw. Kunststoffmatrix versehen wird. Als Kunstharz kommen sowohl thermoplastische als auch duroplastische Materialien (Kunststoffe) in Frage.

[0096] Alternativ zu einem monolitischen Aufbau des Radtellers **8** kann mittels der Verstärkungsfasern **46** bis **52** bzw. aus diesen gebildeter Faserbündel mit hoher Steifigkeit bei ebenso hoher Festigkeit in weniger stark belasteten Bereichen außerdem ein Kernmaterial aus geschlossenzelligem Schaumstoffmaterial wie Kunststoffschaum oder Metallschaum in den Radteller vorgesehen sein, wodurch eine noch leichtere und akustisch verbesserte Gestaltung des Radtellers **8** erreichbar ist. Auch durch die in axialer Richtung gewellte Form des Radtellers **8** wird eine Verbesserung der akustischen Eigenschaften erreicht, die durch einen wahlweise zusätzlich vorgesehenen Schaumkern, z. B. aus Metallschaum sowohl hinsichtlich mechanischer als auch akustischer Dämpfungseigenschaften weiter verbessert wird. Diese Ausführungsform ist hier nicht gezeigt.

[0097] Durch den Einsatz einer Faserverbundstruktur zwischen Radkranz **4** mit der Lauffläche **6** und einer Buchse (Radnabe **2**) aus Stahl, wird ein Schienenrad als Scheibenrad geschaffen, dass leicht und hervorragend gedämpft und durch eine akustisch op-

timierte Oberflächengestaltung (gewellte Form des Radtellers **8**) geräuscharm ist und gleichzeitig den komplexen Anforderungen an ein solches Fahrzeugrad **1** im Hinblick auf Kraftübertragung, elektrische sowie Bremsfunktion und Verschleißbeständigkeit erfüllt. Der zielgerichtete Einsatz von Faser-Kunststoff-Verbundmaterial führt zu einem ultraleichten Fahrzeugrad **1**, das aufgrund optimierter Oberflächengestaltung des Radtellers **8** (gewellte Form) akustisch besonders vorteilhaft ist und durch einen mehrteiligen Aufbau instandhaltungsfreundlich gestaltet ist.

[0098] Durch die Verwendung eines Radkranzes **4** mit Lauffläche **6** aus Stahl ebenso wie einer Radnabe aus Stahl wird eine gegenüber konventionellen Eisenbahn-Fahrzeugrädern vergleichbare Verschleißbeständigkeit und Überarbeitbarkeit erreicht. Eine Lasttragfläche zwischen Lauffläche **6** (Radkranz **4** und Radnabe **2**) aus z. B. kohlefaserverstärktem Kunststoff führt zu bedeutenden Gewichtseinsparungen und aufgrund verbesserter, konzentrisch gewellter Form des Radtellers **8** zu besonders vorteilhaften akustischen Eigenschaften. Die wellenförmig gestaltete Innen- bzw. Außenverzahnung (**10**, **12** von Radkranz **4** und Radteller **8**) führt in Kombination mit zusätzlichen Sicherungselementen zu einer langzeitbeständigen kraft- und formschlüssigen Verbindung der einzelnen Bauteile des Fahrzeugrades. Das Fahrzeugrad ist besonders für Schienenfahrzeuge im Hochgeschwindigkeitsbereich vorgesehen und geeignet.

[0099] Ein Faser-Kunststoff-Verbundkörper, insbesondere zur radialen Kraftübertragung nach den vorbeschriebenen Gestaltungsgrundsätzen ist nicht auf ein Fahrzeugrad, insbesondere für Schienenfahrzeuge, beschränkt, sondern vielfältig auch in anderen Zusammenhängen anwendbar, wo es auf vergleichbare Kraftübertragungen in scheibenförmigen Systemen ankommt, auch wenn ein Scheibenrad ein bevorzugtes Anwendungsgebiet eines solchen Verbundkörpers bildet.

[0100] Das Fahrzeugrad **1** ist dazu vorgesehen, über die Radnabe **2** mit einer hier nicht gezeigte Achswelle eines ebenfalls nicht gezeigten Radsatzes verbunden zu werden. Dabei kann die Radnabe **2** und die hier nicht gezeigte Achswelle in Umfangsrichtung dadurch kraftschlüssig verbunden werden, dass die Radnabe **2** an ihrem Innenumfang auf Untermaß hergestellt und auf die Achswelle aufgepresst wird. Durch das Aufpressen der Radnabe **2** auf die Achswelle wird zudem auch eine in tangentialer Richtung kraftschlüssige Verbindung zwischen der Radnabe **2** und des Radtellers **8** erzeugt.

[0101] Durch die Erfindung wird ein Fahrzeugrad in Gestalt eines mehrteiligen Scheibenrades geschaffen, welches vorzugsweise für Schienenfahrzeuge vorgesehen ist und zu einer äußerst leichten, hochfesten und zuverlässigen Konstruktion führt, mit geringem Instandhaltungsaufwand zu betreiben ist, dabei äußerst geräuscharm im Betriebsverhalten ist und alle Anforderungen an moderne Radsysteme für Hochgeschwindigkeits-Schienenfahrzeuge in einer ultraleichten, leisen und wartungsfreundlichen Konfiguration erfüllt. Der Einsatz von Faser-Kunststoffverbunden in Gestalt des Radtellers und dessen in axialer Richtung gewellte Form führt zu einer starken Verbesserung der akustischen Eigenschaften, die durch geschlossenzellige Schaummaterialien im Inneren (im Nabenbereich des Fahrzeugrades noch weiterverbessert wird). Alle anderen Komponenten des Fahrzeugrades bestehen aus Stahl.

[0102] Durch die Faserverbundstruktur zwischen Radkranz und Nabe wird eine leichte Bauweise mit akustischer hervorragender Dämpfung, optimierter Oberflächengestaltung und hervorragender Kraftübertragung durch einen vollflächigen Kämmeingriff zwischen dem Faserverbundkörper und dem Stahl-Radkranz erreicht.

[0103] Die Erfindung betrifft ein Fahrzeugrad, insbesondere für ein Schienenfahrzeug, das eine Radnabe, über die das Fahrzeugrad mit der Radachse eines Radsatzes verbunden werden kann, einen eine Lauffläche aufweisenden Radkranz sowie einen die Radnabe und den Radkranz verbindenden Radteller aufweist. Dabei ist vorgesehen, dass der Radkranz und der Radteller in tangentialer Richtung unmittelbar formschlüssig ineinander greifen. Gemäß einer weiteren Lehre der Erfindung besteht der Radteller aus einem Faserverbundwerkstoff, wobei Verstärkungsfasern des Faserverbundwerkstoffs wenigstens abschnittsweise entlang der Hauptspannungsrichtungen des Radtellers orientiert sind. Hierdurch wird die Aufgabe gelöst, ein Fahrzeugrad anzugeben, welches Wartungsfreundlich ist, bei hoher Belastungsfähigkeit ein verringertes Gewicht aufweist und schallarm betrieben werden kann. Ebenso betrifft die Erfindung einen mit einem solchen Fahrzeugrad ausgestatteten Radsatz.

Bezugszeichenliste

1	Fahrzeugrad
2	Radnabe
4	Radkranz
6	Lauffläche des Radkranz **4**
8	Radteller
10	Innenverzahnung des Radkranz **4**
12	Aussenverzahnung des Radtellers **8**
14	Stützabschnitt des Radkranz **4**
16	Sprengring
18	Nut an Innenumfang des Radkranz **4**
20	Sicherungsring
22	Befestigungsabschnitt des Sicherungsrings **20**
24	Stützabschnitt des Sicherungsrings **20**

26 Schrauben
28 konische Passung
30 Mutter
32 Gewinde
34 erste Seitenfläche des Radtellers **8**
36 Stützschulter
38 zweite Seitenfläche des Radtellers **8**
40 konische Passung
42 Füllmaterial
44 Matrix
46 Verstärkungsfasern
48 Verstärkungsfasern
50 Verstärkungsfasern
52 Verstärkungsfasern
54 Aussenbereich des Radtellers **8**
56 Innenbereich des Radtellers **8**
58 Scheitelpunkt der Verstärkungsfasern **52**
60 Zahn der Aussenverzahnung **12**

Patentansprüche

1. Fahrzeugrad für Schienenfahrzeuge, mit einer Radnabe (**2**), mit einem, eine Lauffläche (**6**) aufweisenden Radkranz (**4**) und mit einem die Radnabe (**2**) und den Radkranz (**4**) verbindenden Radteller (**8**), wobei der Radkranz (**4**) und der Radteller (**8**) mittels einer Innenumfangs-Eingriffsstruktur (**10**) des Radkranzes (**4**) und einer Außenumfangs-Eingriffsstruktur des Radtellers (**8**) formschlüssig miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet,** dass entlang des Innenumfangs des Radkranzes (**4**) wenigstens abschnittsweise eine Innenverzahnung (**10**) ausgebildet ist; und dass entlang des Außenumfangs des Radtellers (**8**) wenigstens abschnittsweise eine zur Innenverzahnung (**10**) des Radkranzes (**4**) korrespondierende Außenverzahnung (**12**) ausgebildet ist, die formschlüssig mit der Innenverzahnung (**10**) des Radkranzes (**4**) in Eingriff ist.

2. Fahrzeugrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Innenverzahnung (**10**) des Radkranzes (**4**) und die Außenverzahnung (**12**) des Radtellers (**8**) als Wellenverzahnungen ausgebildet sind.

3. Fahrzeugrad nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) einstückig ausgebildet ist.

4. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) in axialer Richtung an einem Stützabschnitt (**14**) des Radkranzes (**4**) abgestützt ist.

5. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) in axialer Richtung durch einen Sprengring (**16**) formschlüssig an dem Radkranz (**4**) festgelegt ist.

6. Fahrzeugrad nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sprengring (**16**) in eine Nut (**18**) am Innenumfang des Radkranzes (**4**) eingesetzt ist.

7. Fahrzeugrad nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Sprengring (**16**) mehrteilig ist, und/oder vier bogenabschnittförmige Segmente aufweist.

8. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Sicherungsring (**20**) mit einem Befestigungsabschnitt (**22**) und mit einem Stützabschnitt (**24**) vorgesehen ist, wobei der Sicherungsring (**20**) über den Befestigungsabschnitt (**22**) mit dem Radkranz (**4**) verbunden ist und wobei der Stützabschnitt (**24**) den Sprengring (**16**) zumindest in radialer Richtung abstützt, und/oder ein Innenumfang des Sprengrings (**16**) und ein Aussenumfang des Stützabschnitts (**24**) sind in einem konischen Paßsitz (**28**) verbunden.

9. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Radnabe (**2**) und der Radteller (**8**) in axialer Richtung form- und/oder kraftschlüssig verbunden sind.

10. Fahrzeugrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Radnabe (**2**) und der Radteller (**8**) über eine Mutter (**30**), die auf einem Gewinde (**32**) der Radnabe (**2**) aufgeschraubt und an einer ersten Seitenfläche (**34**) des Radtellers (**8**) abgestützt ist, axial vorgespannt sind, und/oder die Radnabe (**2**) eine Stützschulter (**26**) aufweist, die an einer zweiten Seitenfläche (**38**) des Radtellers (**8**) abgestützt ist.

11. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Aussenumfang der Radnabe (**2**) und der Innenumfang des Radtellers (**8**) konische Eingriffsflächen in einem Paßsitz (**40**) aufweisen.

12. Fahrzeugrad für Schienenfahrzeuge, nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mit einer Radnabe (**2**), mit einem eine Lauffläche (**6**) aufweisenden Radkranz (**4**) und mit einem die Radnabe (**2**) und den Radkranz (**4**) verbindenden Radteller (**8**), wobei der Radteller (**8**) zumindest teilweise aus einem Faserverbundwerkstoff besteht.

13. Fahrzeugrad nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass Verstärkungsfasern (**46**, **48**, **50**, **52**) des Faserverbundwerkstoffs wenigstens abschnittsweise entlang von Hauptspannungsrichtungen des Radtellers (**8**) orientiert sind.

14. Fahrzeugrad nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet,** dass Verstärkungsfasern (**46**) in einem an den Aussenumfang grenzenden Aussenbe-

reich (**54**) des Radtellers (**8**) der Aussenumfangsgeometrie folgend in Umfangsrichtung orientiert sind und/oder Verstärkungsfasern (**48**) in einem an eine Innenöffnung grenzenden Innenbereich (**56**) des Radtellers (**8**), einer radial innenliegenden Geometrie folgend, in Umfangsrichtung einer Innenöffnung des Radtellers (**8**) folgend, orientiert sind und/oder Verstärkungsfasern (**50**) in radialer Richtung des Radtellers (**8**) angeordnet sind.

15. Fahrzeugrad nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass Verstärkungsfasern (**52**) parabelförmig von dem an den Aussenumfang grenzenden Aussenbereich (**54**) des Radtellers (**8**) zu dem an die Innenöffnung grenzenden Innenbereich (**56**) des Radtellers (**8**) verlaufen.

16. Fahrzeugrad nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet,** dass die parabelförmig orientierten Verstärkungsfasern (**52**) tangential durch einen Innenbereich (**56**) des Radtellers (**8**) an der Innenöffnung vorbei verlaufen und im Aussenbereich (**54**) des Radtellers (**8**) Scheitelpunkte (**58**) bilden.

17. Fahrzeugrad nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass innerhalb eines Zahns (**60**) der Außenverzahnung (**12**) jeweils ein Scheitelpunkt (**58**) einer parabelförmig verlaufenden Verstärkungsfaser (**52**) angeordnet ist.

18. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verstärkungsfasern (**46**, **48**, **50**, **52**) des Faserverbundwerkstoffs aus Kohlenstoff bestehen, Faserbündel sind, und/oder eine Matrix (**44**) des Faserverbundwerkstoffs aus einem thermoplastischen oder duroplastischen Kunstharz besteht.

19. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verstärkungsfasern (**46**, **48**, **50**, **52**) oder Faserbündel ein zweidimensionales Fasergeflecht bilden.

20. Fahrzeugrad nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) mehrere Lagen zweidimensionalen Fasergeflechts aufweist, die in axialer Richtung des Radtellers (**8**) zu einem dreidimensionalen Fasergeflecht verbunden, sind.

21. Fahrzeugrad nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mehreren Lagen zweidimensionalen Fasergeflechts verstrickt oder verwirkt sind.

22. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 21, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) einen Kern aus einem Füllmaterial (**42**) aufweist.

23. Fahrzeugrad nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Füllmaterial (**42**) ein Schaumaterial, ein geschlossenzelliges Material, und/oder ein Kunststoff- oder Metallschaum ist.

24. Fahrzeugrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 23, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Radteller (**8**) in radialer Richtung konzentrisch gewellt ausgebildet ist.

25. Radsatz für Schienenfahrzeuge, mit einer Radachse und mit wenigstens einem Fahrzeugrad (**1**) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 24, wobei das Fahrzeugrad (**1**) über die Radnabe (**2**) mit der Radachse fest verbunden ist.

26. Radsatz nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Radnabe (**2**) und die Radachse kraftschlüssig in Verbindung stehen und/oder die Radnabe (**2**) und der Radteller (**8**) kraftschlüssig verbunden sind.

27. Schienenfahrzeug mit zumindest einem Fahrzeugrad (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 24 und/oder zumindest einem Radsatz nach einem der Ansprüche 25 oder 26.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

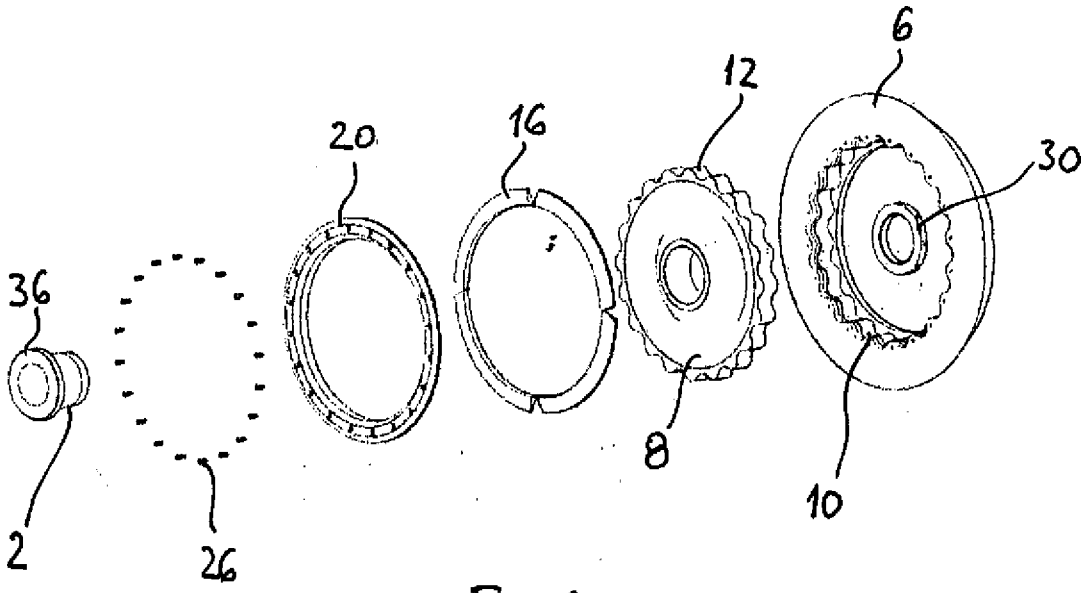


Fig. 1

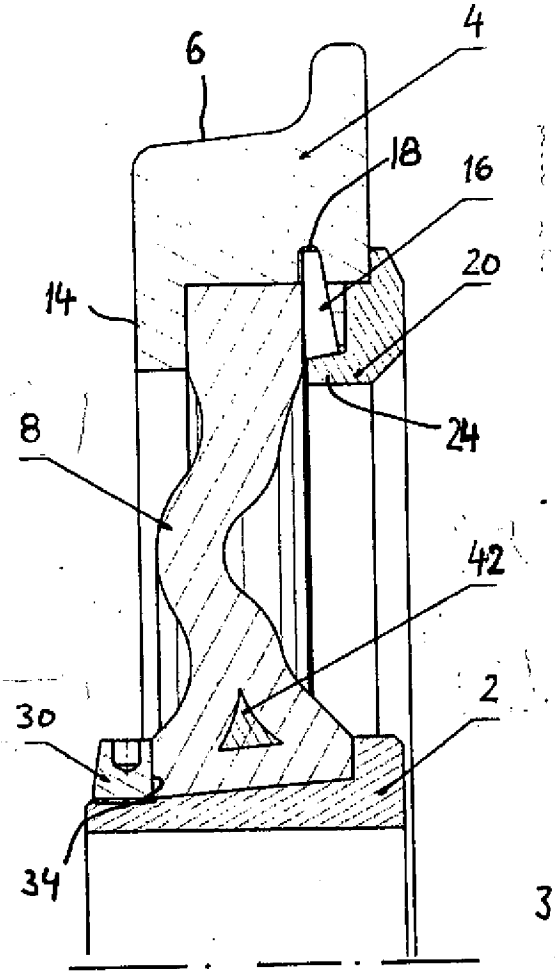


Fig. 2a

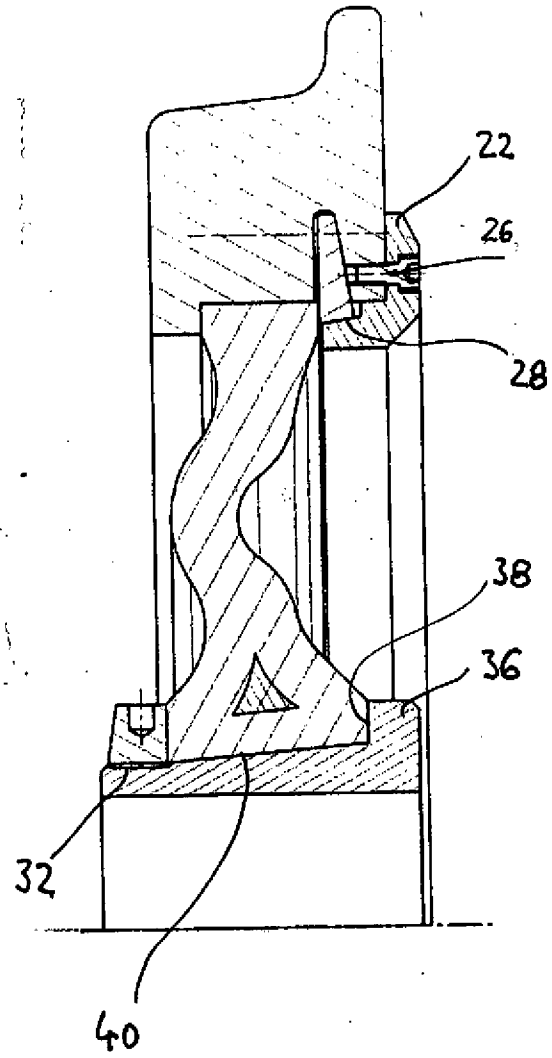


Fig. 2b

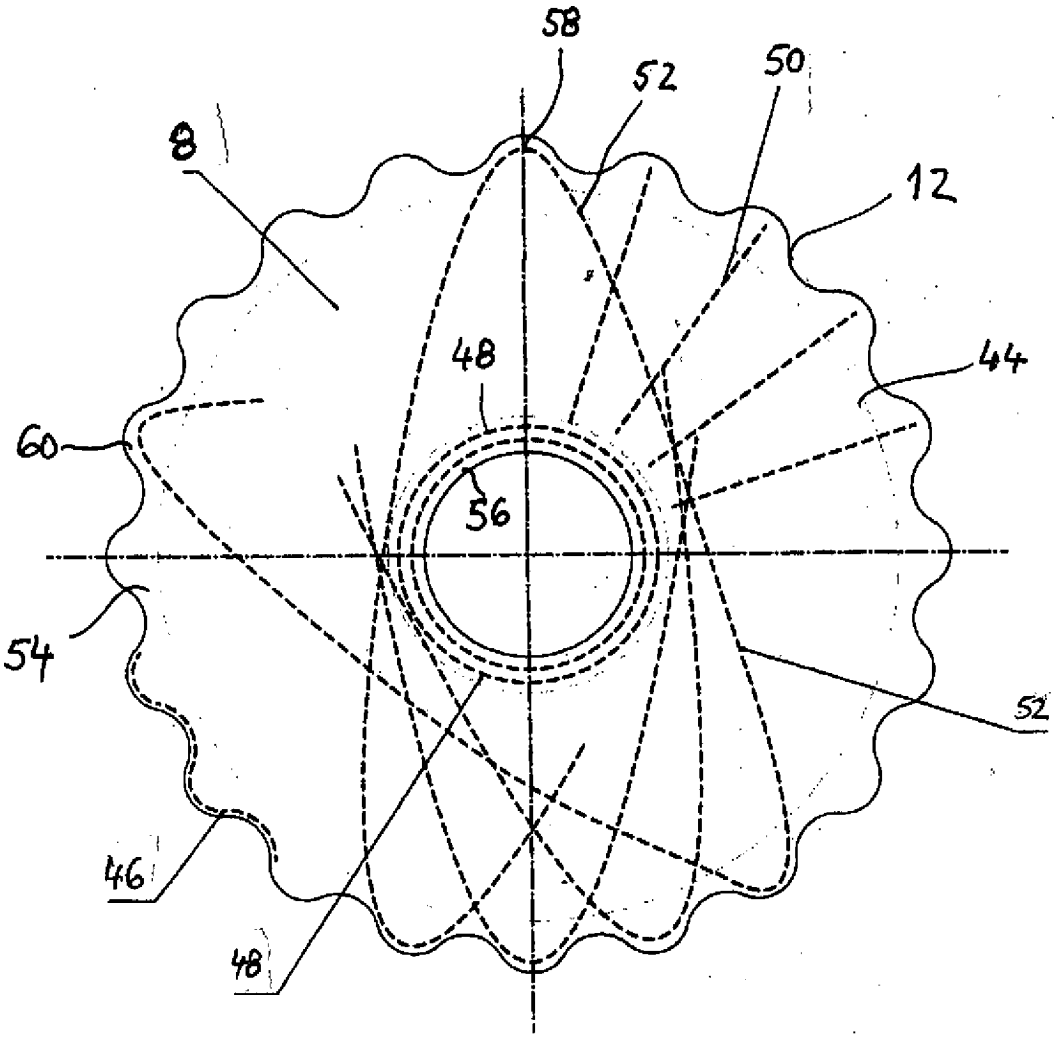


Fig. 3