

(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
19. Dezember 2013 (19.12.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/186158 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60L 7/28 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/061889

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juni 2013 (10.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 210 130.6 15. Juni 2012 (15.06.2012) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **BACHMAIER, Georg**; Kohlstraße 2, 80469 München (DE). **BACHMANN, Christian**; Heimeranstr. 52, 80339 München (DE). **BERGMANN, Dominik**; Holzkirchner Straße 21, 83679 Sachsenkam (DE). **GERLICH, Matthias**; Maximilian-Wetzger-Straße 9,

80636 München (DE). **GÖDECKE, Andreas**; Beblostr. 1, 81677 München (DE). **PAIS, Guillaume**; Georgenstr. 42, 80799 München (DE).

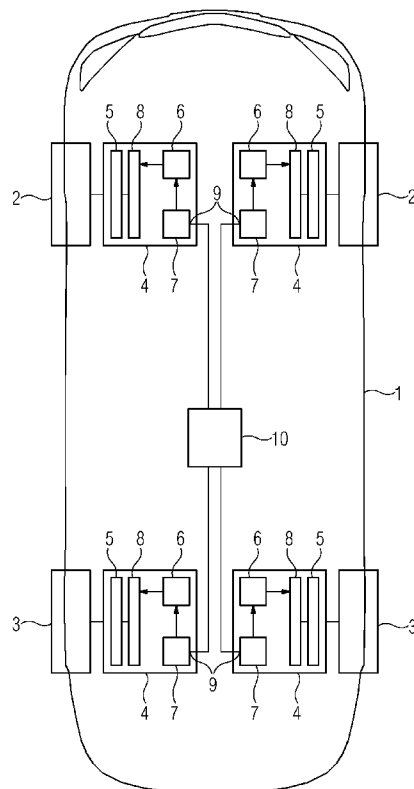
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: WHEEL DRIVE UNIT FOR A WHEEL OF AN ELECTRICALLY DRIVEN VEHICLE, VEHICLE AND METHOD FOR OPERATING A WHEEL DRIVE UNIT OF A VEHICLE

(54) Bezeichnung : RADANTRIEBSEINHEIT FÜR EIN RAD EINES ELEKTRISCH ANGETRIEBENEN FAHRZEUGS, FAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER RADANTRIEBSEINHEIT EINES FAHRZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a wheel drive unit (4) for a wheel (2, 3) of an electrically driven vehicle (1), having an electrical machine (5) for driving the wheel (2, 3), which has a stator and a rotor, rotatably mounted on the stator, which can be connected to the wheel (2, 3) of the vehicle (1), and having an electronic control device (7) for actuating the electrical machine (5), wherein the wheel drive unit (4) has an eddy current brake (8) by means of which the rotor can be decelerated.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Radantriebseinheit (4) für ein Rad (2, 3) eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs (1), mit einer elektrischen Maschine (5) zum Antreiben des Rades (2, 3), welche einen Stator und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der mit dem Rad (2, 3) des Fahrzeugs (1) verbindbar ist, und mit einer elektronischen Steuereinrichtung (7) zum Ansteuern der elektrischen Maschine (5), wobei die Radantriebseinheit (4) eine Wirbelstrombremse (8) aufweist, mittels welcher der Rotor bremsbar ist.



RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Beschreibung

Radantriebseinheit für ein Rad eines elektrisch angetriebenen
Fahrzeugs, Fahrzeug und Verfahren zum Betreiben einer Radan-
5 triebseinheit eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft eine Radantriebseinheit für ein Rad
eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs, mit einer elektri-
10 schen Maschine zum Antreiben des Rades, welche einen Stator
und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der
mit dem Rad des Fahrzeugs verbunden wird, und mit einer
elektronischen Steuereinrichtung zum Ansteuern der elektri-
15 schen Maschine. Die Erfindung betrifft außerdem ein elekt-
risch angetriebenes Fahrzeug, nämlich insbesondere ein Kraft-
fahrzeug, wie auch ein Verfahren zum Betreiben einer genann-
ten Radantriebseinheit.

Das Interesse gilt vorliegend einem elektrisch angetriebenen
20 Fahrzeug, nämlich vorzugsweise einem elektrisch angetriebenen
Kraftfahrzeug, d. h. einem Elektrofahrzeug. Es ist bereits
Stand der Technik, bei einem solchen Elektrofahrzeug Radan-
triebseinheiten separat für die Räder des Kraftfahrzeugs be-
reitzustellen, welche als radnahe Antriebseinheiten oder aber
25 als Radnabenmotoren ausgeführt sein können. Beide Varianten
der Radantriebseinheit dienen zum Antreiben eines einzelnen
Rades. So kann für jedes Rad des Kraftfahrzeugs jeweils eine
solche Radantriebseinheit vorgesehen sein; alternativ können
jedoch nur zwei Räder des Kraftfahrzeugs mit jeweils einer
30 Radantriebseinheit ausgestattet werden, nämlich entweder die
hinteren Räder oder aber die vorderen Räder.

Werden für die Räder des Kraftfahrzeugs separate Radantriebs-
einheiten eingesetzt, so ergeben sich insbesondere Vorteile
35 bezüglich der Fahrsicherheit, der Fahrleistung, wie auch der
Effizienz. Außerdem ist es möglich, einen Großteil der Ener-
gie beim Abbremsen des Fahrzeugs zurück zu gewinnen, was
durch elektromotorisches Bremsen der elektrischen Maschinen

- möglich ist. Das Zurückgewinnen der Energie wird auch als „Rekuperation“ bezeichnet. Hierbei wird die kinetische Energie des jeweiligen Rades bzw. die Bremsenergie in elektrische Energie umgewandelt, welche wiederum in einen elektrischen Energiespeicher gespeist und zum Aufladen des Speichers genutzt werden kann. Im Stand der Technik ist das elektromotorische Bremsen der Räder jedoch nicht ausreichend, um die gesetzlich geforderten Verzögerungswerte erreichen zu können. Hierzu müssten die elektrischen Maschinen und somit die gesamten Radantriebseinheiten um ein Vielfaches (ca. um Faktor 5) überdimensioniert werden, was jedoch hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Bauraums, des Gewichts und auch der Kosten nicht oder aber nur mit einem sehr großen Aufwand möglich wäre. Um die gesetzlich geforderten Verzögerungswerte erreichen zu können, wird deshalb im Stand der Technik zusätzlich noch eine herkömmliche, mechanische Bremse eingesetzt, nämlich in der Regel bei den Rädern der vorderen Achse. Eine solche Bremse ist üblicherweise als Scheibenbremse mit einem hydraulischen Bremskreis ausgebildet. Eine besondere Herausforderung besteht somit darin, die geforderten Verzögerungswerte ausschließlich mithilfe der eingesetzten Radantriebseinheiten erreichen zu können, ohne dass eine zusätzliche mechanische Bremse eingesetzt werden muss.
- Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Lösung aufzuzeigen, wie bei einer Radantriebseinheit der eingangs genannten Gattung die Verzögerungskraft im Vergleich zum Stand der Technik verbessert werden kann.
- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Radantriebseinheit, durch ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug, wie auch durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung und der Figur.

Eine lösungsgemäße Radantriebseinheit für ein Rad eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs umfasst eine elektrische

Maschine zum Antreiben des Rades, welche einen Stator und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der mit dem Rad des Fahrzeugs verbindbar ist. Die Radantriebseinheit umfasst auch eine elektronische Steuereinrichtung zum Ansteuern der elektrischen Maschine. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Radantriebseinheit zusätzlich noch eine Wirbelstrombremse aufweist, mittels welcher der Rotor und somit auch das Rad gebremst werden können.

Der erfindungsgemäße Effekt wird somit dadurch erzielt, dass in die Radantriebseinheit eine Wirbelstrombremse integriert wird, mittels welcher der Rotor der elektrischen Maschine und hierdurch auch das Rad des Fahrzeugs magnetisch gebremst werden können. Mit einer solchen Wirbelstrombremse gelingt es, besonders hohe Verzögerungsmomente zu erzeugen, und zwar ohne dass eine zusätzliche, mechanische Scheibenbremse oder dergleichen eingesetzt werden muss. Eine Wirbelstrombremse ist außerdem eine verschleißfreie Bremse, bei welcher zur Bremsung des Rotors die Wirbelstromverluste genutzt werden. Dazu muss lediglich ein - insbesondere inhomogenes - Magnetfeld erzeugt werden, aufgrund dessen Wirbelströme in dem Rotor oder aber einer zusätzlichen, mit dem Rotor verbundenen Scheibe induziert werden. Bei dem Rad des Fahrzeugs - und insbesondere bei allen Rädern des Fahrzeugs - braucht somit keine zusätzliche, mechanische Bremse eingesetzt zu werden, sodass insgesamt sich der Einsatz einer solchen Bremse mit dem zugehörigen hydraulischen Bremssystem und den damit verbundenen Nachteilen erübrigt. So sind folglich auch keine zusätzlichen elektrischen Nebenverbraucher (wie beispielsweise eine Pumpe) erforderlich, weil die Wirbelstrombremse über die bereits vorhandene Leistungselektronik der elektrischen Maschine mit Energie versorgt werden kann. Im Vergleich zu mechanischen Bremssystemen ist die Wirbelstrombremse außerdem komplett verschleißfrei. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Radantriebseinheit besteht darin, dass die Steuerung des gesamten Bremsvorgangs des Fahrzeugs auch über die elektronische Steuereinrichtung der elektrischen Maschine erfolgen kann, sodass die externe bzw. von einem fahrzeugseitigen

Steuergerät übermittelte Bremsmomentenvorgabe intern in der Radantriebseinheit entweder über das elektromotorische Bremsen oder aber über die Wirbelstrombremse umgesetzt werden kann. So kann beispielsweise die Wirbelstrombremse erst dann angesteuert werden, wenn die Bremsmomente beim elektromotorischen Bremsen nicht mehr ausreichend sind, um die externe Bremsmomentenvorgabe umsetzen zu können. Es kann sogar vorgesehen sein, dass das elektromotorische Bremsen zeitparallel und somit gleichzeitig mit dem Bremsen mittels der Wirbelstrombremse erfolgen kann. Zu diesem Zwecke braucht die bereits bestehende Leistungselektronik nur geringfügig modifiziert zu werden.

In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die Wirbelstrombremse eine aus einem metallischen Material gebildete Scheibe aufweist, welche mit dem Rotor drehfest verbunden ist und in welcher Wirbelströme zum Bremsen des Rotors erzeugt werden. Mit einer solchen Scheibe ist es möglich, die Wirbelströme an einer relativ großen Fläche zu erzeugen und somit auch relativ große Bremsmomente bereitzustellen. Eine solche Scheibe kann sich in radialer Richtung senkrecht zu einer Drehachse des Rotors erstrecken. Sie kann an einer Welle des Rotors angeordnet und fixiert sein und insbesondere kreisförmig ausgebildet sein. Die Anordnung der Scheibe senkrecht zur Drehachse des Rotors sorgt dafür, dass diese Scheibe axial sowohl von der einen Seite als auch von der anderen axialen Seite für Magnetfelder zugänglich ist, was wiederum sehr günstig für die Anordnung von Elektromagneten ist.

Die Wirbelstrombremse weist vorzugsweise zumindest einen Elektromagneten auf, der zum Erzeugen einer magnetischen Bremskraft ausgebildet ist. Hinsichtlich des Elektromagneten können nun zwei verschiedene Ausführungsformen vorgesehen sein:

Zum einen kann vorgesehen sein, dass der zumindest ein Elektromagnet ein Magnet des Stators der elektrischen Maschine ist, welcher auch zum Antreiben des Rotors ausgebildet ist.

Bei dieser Ausführungsform wird also ein bei der elektrischen Maschine ohnehin vorhandener Magnet auch für die Funktion der Wirbelstrombremse verwendet, sodass sich der Einsatz eines zusätzlichen Elektromagneten erübrigt.

5

Alternativ kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der zumindest eine Elektromagnet der Wirbelstrombremse ein vom Elektromagneten des Stators separater Magnet ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass der Elektromagnet vorteilhaft in einem geringen Abstand zu der genannten Scheibe platziert werden kann und die Anordnung des Elektromagneten somit nicht auf die antriebspezifische Anordnung des Stators beschränkt ist. Somit können noch größere Bremsmomente bzw. Bremskräfte mit der Wirbelstrombremse erzeugt werden. Der Elektromagnet kann bei dieser Ausführungsform so angeordnet sein, dass der mittels dieses Elektromagneten erzeugte magnetische Fluss senkrecht zu der genannten Scheibe verläuft. Der Elektromagnet kann folglich zwei Kernschenkel aufweisen, welche auf den gegenüberliegenden Seiten der Scheibe angeordnet sein und beide in axialer Richtung zur Scheibe weisen können, so dass der Elektromagnet die Scheibe quasi beidseitig umgreift.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung der elektrischen Maschine auch dazu ausgebildet, die Wirbelstrombremse anzusteuern. Dies bedeutet, dass mithilfe ein und derselben elektronischen Steuereinrichtung - etwa eines Mikrocontrollers - sowohl die elektrische Maschine als auch die Wirbelstrombremse angesteuert werden können. Die interne Steuereinrichtung der Radantriebseinheit übernimmt somit zwei verschiedene Funktionen, nämlich einerseits die Funktion der Ansteuerung der elektrischen Maschine und andererseits auch die Funktion der Ansteuerung der Wirbelstrombremse. Mit ein und demselben Mikrocontroller, welcher als Steuereinrichtung eingesetzt werden kann, können somit mehrere Komponenten angesteuert werden.

35

Es erweist sich als besonders vorteilhaft, wenn die Wirbelstrombremse über ein und dieselbe Leistungselektronik versorgt bzw. angesteuert wird, über welche auch die elektrische

Maschine mit elektrischer Energie versorgt wird. Bei der Leistungselektronik kann ein elektrischer Zwischenkreis bereitgestellt sein, in welchem eine elektrische Zwischenkreisspannung an einem Zwischenkreiskondensator bereitgestellt wird. Diese Spannung kann dann sowohl zur Versorgung der Wirbelstrombremse als auch zur Versorgung der elektrischen Maschine dienen. Beispielsweise beinhaltet die gemeinsame Leistungselektronik einen Wechselrichter, welcher aus der Zwischenkreisspannung eine Wechselspannung für die elektrische Maschine bereitstellen kann. Dieser Wechselrichter kann auch dazu genutzt werden, eine elektrische Wechselspannung auch für die Wirbelstrombremse zu erzeugen. Die Anzahl der verwendeten Komponenten ist somit auf ein Minimum reduziert.

Die Steuereinrichtung kann eine Schnittstelle zur Kommunikation mit einem fahrzeugeigenen Fahrzeugsteuergerät aufweisen. Die Steuereinrichtung kann dann dazu ausgelegt sein, über diese Schnittstelle sowohl Antriebssteuerbefehle bezüglich des Antreibens des Rades als auch Bremssteuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der Wirbelstrombremse zu empfangen. Es kann folglich eine ohnehin bereits vorhandene Schnittstelle genutzt werden, um Steuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der Wirbelstrombremse an die Steuereinrichtung übertragen zu können. Die Steuereinrichtung braucht somit nicht in aufwendiger Weise umgestaltet zu werden, sondern es können bereits vorhandene Steuereinrichtungen eingesetzt werden.

Bevorzugt ist die elektrische Maschine eine permanentmagnet-erregte Synchronmaschine. Bei einer solchen Maschine kann der Rotor Permanentmagnete tragen, während der Stator eine Statorwicklung mit insbesondere drei Phasensträngen aufweisen kann.

Die Radantriebseinheit ist bevorzugt eine Nabenantriebseinheit bzw. ein Nabenmotor. Alternativ kann sie auch als radnahe Antriebseinheit eingesetzt werden.

Die Erfindung betrifft auch ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit einem Rad und mit einer erfindungsgemäßen Radantriebseinheit, welche zum Antreiben des Rades ausgebildet ist.

5

Bei dem Fahrzeug kann vorgesehen sein, dass unter Verzicht auf eine von der Radantriebseinheit separate mechanische Bremse das Rad ausschließlich mittels der Radantriebseinheit bremsbar ist, und insbesondere ausschließlich mittels der
10 Wirbelstrombremse und/oder elektromotorisch. Es erübrigt sich daher der Einsatz einer mechanischen Bremse mit den damit verbundenen Nachteilen hinsichtlich des Verschleißes, des Bauraums und der Kosten.

15 Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Betreiben einer Radantriebseinheit eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs, wobei mittels einer elektrischen Maschine der Radantriebseinheit ein Rad des Fahrzeugs angetrieben wird und die elektrische Maschine einen Stator und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der mit dem Rad verbunden ist, und wo-
20 bei mittels einer elektronischen Steuereinrichtung der Radantriebseinheit die elektrische Maschine angesteuert wird. Mittels einer Wirbelstrombremse der Radantriebseinheit wird der Rotor und somit das Rad des Fahrzeugs gebremst.

25

Die mit Bezug auf die erfindungsgemäße Radantriebseinheit vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für das erfindungsgemäße Fahrzeug sowie für das erfindungsgemäße Verfahren.

30

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der Figur und der Figurenbeschreibung. Alle vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder
35 aber in Alleinstellung verwendbar.

Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, wie auch unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung näher erläutert. Dabei veranschaulicht die einzige
5 Figur in schematischer Darstellung ein Fahrzeug gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Ein in der Figur in schematischer und höchst abstrakter Darstellung gezeigtes Fahrzeug 1 ist im Ausführungsbeispiel ein
10 elektrisch angetriebenes Fahrzeug, nämlich insbesondere ein Personenkraftwagen. Das Fahrzeug 1 weist bekanntlich vier Räder auf, nämlich zwei vordere Räder 2 sowie zwei hintere Räder 3. Im Ausführungsbeispiel ist zu jedem Rad 2,3 jeweils eine separate Radantriebseinheit 4 bereitgestellt, welche so-
15 wohl zum Antreiben als auch zum Abbremsen des jeweiligen Rades 2, 3 ausgebildet ist. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass lediglich den vorderen Rädern 2 oder aber den hinteren Rädern 3 jeweils eine solche Radantriebseinheit 4 zugeordnet ist, sodass insgesamt ausschließlich zwei solche Ein-
20 heiten vorgesehen sind.

Die Radantriebseinheiten 4 können z. B. Radnabenmotoren sein. Alternativ können die Radantriebseinheiten 4 so genannte radnahe Motoren sein, welche nicht direkt in der Nabe, sondern
25 in einem geringen Abstand zu dem jeweiligen Rad 2, 3 angeordnet sind.

Die Radantriebseinheiten 4 weisen jeweils eine elektrische Maschine 5 auf, welche im Ausführungsbeispiel als permanent-
30 magnetenerregte Synchronmaschine bzw. als so genannter bürstenloser Gleichstrommotor ausgebildet ist. Die elektrische Maschine 5 hat bekanntlich einen Rotor, der mit dem jeweiligen Rad 2, 3 drehfest verbunden ist, sowie einen Stator, an welchem der Rotor drehbar gelagert ist. Während der Rotor Permanentmagnete trägt, weist der Stator eine elektrische Stator-
35 wicklung auf, die beispielsweise drei Phasenstränge umfassen kann. Die Anzahl der Phasenstränge ist hier lediglich beispielhaft genannt, und die Statorwicklung kann auch eine an-

dere Anzahl von Phasensträngen aufweisen, nämlich beispielsweise zwei oder vier. Die Statorwicklung ist mit einer Leistungselektronik 6 elektrisch gekoppelt, welche beispielsweise einen Wechselrichter bzw. Inverter aufweisen kann. Diese In-
5 verter stellt aus einer Zwischenkreisgleichspannung eine elektrische Wechselspannung für jeden Phasenstrang der Statorwicklung bereit. Die Leistungselektronik 6 wird mithilfe einer elektronischen Steuereinrichtung 7 angesteuert, die beispielsweise als Mikrocontroller oder dergleichen bereitge-
10 stellt sein kann.

Also steuert die Steuereinrichtung 7 die elektrische Maschine 5 an. Diese Steuerung erfolgt über die Leistungselektronik 6. Die Leistungselektronik 6 kann mit einer in der Figur nicht
15 näher dargestellten Fahrzeugbatterie verbunden sein, welche insgesamt zur Versorgung aller Radantriebseinheiten 4 dienen kann.

Die Radantriebseinheiten 4 weisen außerdem jeweils eine Wirbelstrombremse 8 auf, welche zum Abbremsen des jeweiligen Rades 2, 3 dient. Diese Wirbelstrombremsen 8 können jeweils eine metallische Scheibe aufweisen, welche mit dem Rotor der elektrischen Maschine 5 verbunden ist und sich in radialer Richtung senkrecht zur Drehachse des jeweiligen Rotors erstreckt. Die Wirbelstrombremse 8 beinhaltet zusätzlich auch
25 einen oder mehrere Elektromagnete, welche zum Erzeugen eines magnetischen Feldes und somit zum Induzieren von Wirbelströmen in der jeweiligen Scheibe ausgebildet sind. Jede Wirbelstrombremse 8 hat also eine metallische Scheibe einerseits
30 und mindestens einen Elektromagneten andererseits, der mit der Scheibe in magnetischer Wirkverbindung steht, sodass Wirbelströme in der Scheibe induziert und somit der Rotor abgebremst wird.

35 Zwar ist in der Figur gezeigt, dass jede Radantriebseinheit 4 eine solche Wirbelstrombremse 8 aufweisen kann, jedoch kann alternativ auch vorgesehen sein, dass beispielsweise nur die

vorderen oder aber nur die hinteren Radantriebseinheiten jeweils eine solche Wirbelstrombremse 8 aufweisen.

Die jeweilige Steuereinrichtung 7 dient sowohl zur Ansteuerung der jeweiligen elektrischen Maschine 5 als auch zur Ansteuerung der Wirbelstrombremse 8. Die jeweilige Wirbelstrombremse 8 wird außerdem über die zugehörige Leistungselektronik 6 mit elektrischer Energie versorgt. Es brauchen somit keine zusätzlichen Steuereinheiten sowie keine zusätzlichen Leistungskomponenten eingesetzt zu werden. Der jeweilige Elektromagnet der Wirbelstrombremse kann nämlich über die Leistungselektronik 6 versorgt werden.

Die Steuereinrichtungen 7 weisen außerdem jeweils eine Schnittstelle 9 auf, über welche die Steuereinrichtungen 7 mit einem Fahrzeugsteuergerät 10 elektrisch verbunden sind. Von dem Fahrzeugsteuergerät 10 können die Steuereinrichtungen 7 Steuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der elektrischen Maschine 5 sowie der Ansteuerung der Wirbelstrombremse 8 empfangen. Das Fahrzeugsteuergerät 10 kann somit an die Steuereinrichtungen 7 einerseits Antriebssteuerbefehle übermitteln, welche auf die Ansteuerung der elektrischen Maschine 5 und somit auf das Antreiben des jeweiligen Rades 2, 3 bezogen sind. Andererseits kann das Fahrzeugsteuergerät 10 an die Steuereinrichtungen 7 auch Bremssteuerbefehle bezüglich des Bremsens des jeweiligen Rades 2, 3 übermitteln. Diese Bremssteuerbefehle können eine Bremsmomentenvorgabe beinhalten, welche bei dem jeweiligen Rad 2, 3 umgesetzt werden muss. Diese Bremsmomentenvorgabe kann die jeweilige Steuereinrichtung 7 mithilfe der Wirbelstrombremse 8 und/oder elektromotorisch umsetzen. Dabei kann die Wirbelstrombremse 8 erst dann zugeschaltet werden, wenn das elektromotorische Abbremsen alleine nicht mehr ausreicht, um die geforderte Bremsmomentenvorgabe des Fahrzeugsteuergeräts 10 umzusetzen.

35

Um die gesetzlich geforderten Verzögerungswerte zu erreichen, ohne die Radantriebseinheiten 4 überdimensionieren zu müssen und ohne eine mechanische Bremse einsetzen zu müssen, wird

also in die jeweilige Radantriebseinheit 4 eine Wirbelstrom-
bremse 8 integriert. Dazu wird eine entsprechende Metall-
scheibe auf dem Rotor der elektrischen Maschine 5 integriert,
welche über ein Magnetfeld nach dem Wirbelstromprinzip abge-
5 bremst wird. Das entsprechende Magnetfeld kann hierbei mit-
hilfe von im Stator der elektrischen Maschine 5 integrierten
Elektromagneten erzeugt werden. Diese Elektromagnete können
dabei mittels der bereits vorhandenen Leistungselektronik 6
betrieben werden. Hinsichtlich der Elektromagnete kann vorge-
10 sehen ein, dass diese diejenigen Elektromagnete sind, die oh-
nehin bei der elektrischen Maschine 5 immer vorhanden sind
und welche durch die genannte Statorwicklung gebildet werden.
Alternativ kann jedoch auch jeweils zumindest ein separater
Elektromagnet eingesetzt werden, welcher ausschließlich für
15 die jeweilige Wirbelstrombremse 8 verwendet wird.

Patentansprüche

1. Radantriebseinheit (4) für ein Rad (2, 3) eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs (1), mit einer elektrischen Maschine (5) zum Antreiben des Rades (2, 3), welche einen Stator und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der mit dem Rad (2, 3) des Fahrzeugs (1) verbindbar ist, und mit einer elektronischen Steuereinrichtung (7) zum Ansteuern der elektrischen Maschine (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
die Radantriebseinheit (4) eine Wirbelstrombremse (8) aufweist, mittels welcher der Rotor bremsbar ist.
2. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirbelstrombremse (8) eine aus einem metallischen Material gebildete Scheibe aufweist, welche mit dem Rotor drehfest verbunden ist und in welcher Wirbelströme zum Bremsen des Rotors erzeugbar sind.
3. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Scheibe in radialer Richtung senkrecht zu einer Drehachse des Rotors erstreckt.
4. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wirbelstrombremse (8) zumindest einen Elektromagneten zum Erzeugen einer magnetischen Bremskraft aufweist.
5. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Elektromagnet ein Magnet des Stators ist, welcher zum Antreiben des Rotors ausgebildet ist.
6. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Elektromagnet ein von Elektromagneten des Stators separater Magnet ist.

7. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (7) auch zum Ansteuern der Wirbelstrombremse (8) ausgebildet ist.

5

8. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrischen Maschine (5) eine Leistungselektronik (6) zugeordnet ist, über welche sowohl die elektrische Maschine (5) als auch die Wirbelstrombremse (8) mit elektrischer Energie versorgbar sind.

10

9. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (7) eine Schnittstelle (9) zur Kommunikation mit einem Fahrzeugsteuergerät (10) aufweist und dazu ausgelegt ist, über die Schnittstelle (9) sowohl Antriebssteuerbefehle bezüglich des Antreibens des Rades (2, 3) als auch Bremssteuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der Wirbelstrombremse (8) zu empfangen.

15

10. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Maschine (5) eine permanentmagneterregte Synchronmaschine ist.

20

11. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Radantriebseinheit (4) eine Nabenantriebseinheit ist.

12. Elektrisch angetriebenes Fahrzeug (1), insbesondere Kraftfahrzeug, mit einem Rad (2, 3) und mit einer Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche zum Antreiben des Rades (2, 3) ausgebildet ist.

25

13. Fahrzeug (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verzicht auf eine von der Radantriebseinheit (4) separate mechanische Bremse das Rad (2, 3) ausschließlich mittels der Radantriebseinheit (4), insbesondere ausschließ-

30

lich mittels der Wirbelstrombremse (8) und/oder elektromotorisch, bremsbar ist.

14. Verfahren zum Betreiben einer Radantriebseinheit (4) eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs (1), wobei mittels einer elektrischen Maschine (5) der Radantriebseinheit (4) ein Rad (2, 3) des Fahrzeugs (1) angetrieben wird und die elektrische Maschine (5) einen Stator und einen am Stator drehbar gelagerten Rotor aufweist, der mit dem Rad (2, 3) verbunden ist, und wobei mittels einer elektronischen Steuereinrichtung (7) die elektrische Maschine (5) angesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass
mittels einer Wirbelstrombremse (8) der Radantriebseinheit (4) der Rotor und somit das Rad (2, 3) gebremst werden.

