(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)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/186097 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60K 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/061565

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juni 2013 (05.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 210 129.2 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.

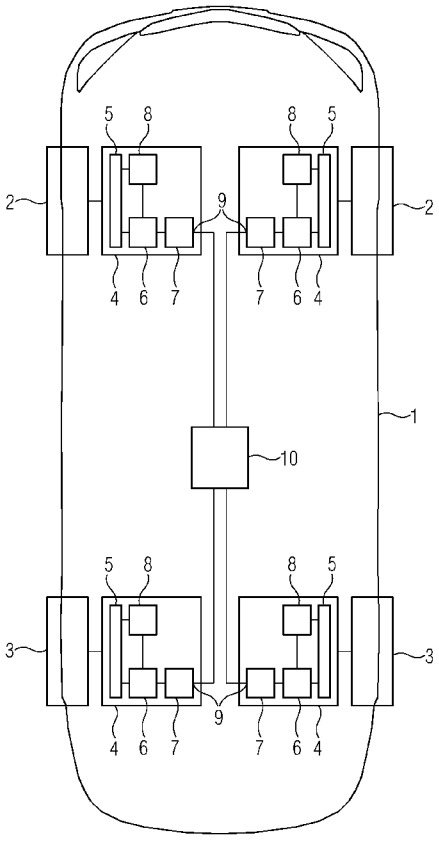
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/186097 A1

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

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



(57) Abstract: The invention relates to a wheel drive unit (4), particularly a hub drive unit, for a wheel (2, 3) of an electrically driven vehicle (1), having an electric machine (5) for driving the wheel (2, 3), which machine has a stator and a rotor which is rotatably mounted on the stator and can be connected to the wheel (2, 3) of the vehicle (1), and having an electronic control device (7) for controlling the electric machine (5), wherein the wheel drive unit (4) has a holding brake (8) with an electromechanical actuator, by means of which, when the wheel drive unit (4) is in a holding mode, the rotor of the electric machine (5) is mechanically fixed with respect to the stator.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Radantriebseinheit (4), insbesondere Nabenantriebseinheit, 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 Feststellbremse (8) mit einem elektromechanischen Aktor aufweist, mittels welchem in einem Feststellmodus der Radantriebseinheit (4) der Rotor der elektrischen Maschine (5) gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt ist.

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

Veröffentlicht:

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

Beschreibung

Radantriebseinheit für ein Rad eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs, Fahrzeug und entsprechendes Verfahren

Die Erfindung betrifft eine Radantriebseinheit, insbesondere Nabenantriebseinheit, für ein Rad eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs, mit einer elektrischen 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 elektrischen Maschine. Die Erfindung betrifft außerdem ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug, wie auch ein Verfahren zum Betreiben einer genannten Radantriebseinheit.

Vorliegend richtet sich das Interesse auf ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug, nämlich vorzugsweise ein elektrisch angetriebenes Kraftfahrzeug, also Elektrofahrzeug. Es ist bereits Stand der Technik, bei einem solchen Elektrofahrzeug Radantriebseinheiten separat für die Räder des Kraftfahrzeugs einzusetzen, welche als radnahe Antriebseinheiten oder aber als Radnabenmotoren ausgeführt sein können. Die Radantriebseinheit dient dabei zum Antreiben eines einzelnen Rades. So kann für jedes Rad des Fahrzeugs eine solche Radantriebseinheit vorgesehen sein; alternativ können jedoch nur zwei Räder des Fahrzeugs mit jeweils einer Radantriebseinheit ausgestattet werden, nämlich entweder die hinteren Räder oder aber die vorderen Räder.

Werden für die Räder des Kraftfahrzeugs separate Radantriebseinheiten eingesetzt, so ergeben sich insbesondere Vorteile bezüglich der Fahrsicherheit, der Fahrleistung, wie auch der Effizienz. Außerdem ist es möglich, einen Großteil der Energie 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 Ener-

gie 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. Weil eben die Radnabenmotoren elektromotorisch bzw. generatorisch gebremst werden können, ist es ein erfolgversprechender Ansatz, auf eine mechanische Bremse bei den hinteren Rädern zu verzichten und die Bremskräfte rein elektromotorisch zu realisieren. Als Konsequenz entfallen bei solchen Konfigurationen die mechanischen Komponenten der Betriebsbremse, also üblicherweise eine Bremsscheibe und ein Bremssattel einschließlich des Bremsklotzes, welche häufig auch als mechanische Basis für die Feststellbremse des Fahrzeugs fungieren. In solchen Situationen muss man also eine Feststellbremse bei den vorderen Rädern realisieren, was mit dem Nachteil verbunden ist, dass bei mechanischer Ausführung der Feststellbremse die Seilzüge den Lenkbewegungen folgen können müssen. Alternativ könnte auch eine zusätzliche mechanische Bremsanlage auf den hinteren Rädern zur reinen Darstellung der Funktion der Feststellbremse eingesetzt werden. Dies wiederum wäre mit dem Nachteil verbunden, dass zusätzliche Komponenten eingesetzt werden müssen, welche dann zu einer höheren Systemkomplexität und außerdem auch zu höheren Kosten führen würden.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Weg aufzuzeigen, wie die Funktionalität einer Radantriebseinheit der eingangs genannten Gattung im Vergleich zum Stand der Technik verbessert werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Radantriebseinheit, durch ein Fahrzeug sowie 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 erfindungsgemäße 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 außerdem eine elektronische Steuereinrichtung zur Ansteuerung der elektrischen Maschine. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Radantriebseinheit weiterhin eine Feststellbremse mit einem elektromechanischen Aktor aufweist, mittels welchem in einem Feststellmodus der Radantriebseinheit der Rotor der elektrischen Maschine gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt ist. Vorzugsweise ist bei der erfindungsgemäßen Radantriebseinheit der Aktor am Stator der elektrischen Maschine angebracht.

Also wird zur Lösung der obigen Aufgabe vorgeschlagen, in die Radantriebseinheit eine Feststellbremse zu integrieren, welche dazu ausgebildet ist, den Rotor der elektrischen Maschine gegenüber dem Stator auf mechanischem Wege zu fixieren und somit das Rad des Fahrzeugs festzulegen. Durch Festlegen des Rotors gegenüber dem Stator wird somit die Funktion einer Feststellbremse realisiert, und zwar ohne dass zusätzliche, von der Radantriebseinheit separate mechanische Komponenten eingesetzt werden müssen. Die Radantriebseinheit übernimmt somit neben der Funktion des Antreibens des Rades und gegebenenfalls auch der Funktion der Betriebsbremse zusätzlich noch die Funktion der Feststellbremse. Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass bei einem Fahrzeug mit Radantriebseinheiten, und insbesondere mit Nabenmotoren, vollständig auf eine mechanische Bremse der Hinterachse verzichtet werden kann und die Betriebsbremse rein elektromotorisch realisiert werden kann. Die Erfindung baut weiterhin auf der Erkenntnis auf, dass bei solchen Konfigurationen somit die mechanischen Komponenten der Betriebsbremse entfallen, welche oft als mechanische Basis für die Feststellbremse fungieren. Die Erfindung basiert weiterhin auf der Erkenntnis, dass somit die gesetzlich geforderte Darstellung der Feststellbremsenfunktion in solchen Konfigurationen alternativ gelöst werden muss. Die Erfindung geht nun den Weg, die zum Antreiben der jeweiligen

Räder eingesetzte Radantriebseinheit mit einer Feststellbremse einschließlich eines elektromechanischen Aktors auszustatten, welcher zur mechanischen Festlegung des Rotors bezüglich des Stators ausgebildet ist. Zur Realisierung der Funktion der Feststellbremse kommt das Fahrzeug folglich vorzugsweise ausschließlich mit der Radantriebseinheit oder aber mit mehreren solchen Einheiten aus, ohne dass zusätzliche mechanische Komponenten separat zu den Radantriebseinheiten eingesetzt werden müssen. Somit ergibt sich insgesamt eine höhere Integrationsdichte des gesamten Fahrzeugs, weil die Radantriebseinheit vorzugsweise mit den Funktionen Antrieb, Betriebsbremse und Feststellbremse direkt auf den Radträger montiert werden kann. Außerdem können die bereits vorhandenen Schnittstellen der Radantriebseinheiten sowie die bereits vorhandenen Steuerungseinrichtungen auch zur Ansteuerung der Feststellbremse genutzt werden. Nicht zuletzt ergibt sich aufgrund der hohen Schutzklasse von Radnabenmotoren auch ein verringerter Wartungsaufwand der Radantriebseinheit.

Also hat die Radantriebseinheit einen spezifischen Feststellmodus, in welchem der Rotor mithilfe des elektromechanischen Aktors blockiert ist. Dieser Feststellmodus wird vorzugsweise dann aktiviert, wenn der Fahrer des Fahrzeugs eine entsprechende Handlung an einer Bedieneinrichtung vornimmt, nämlich die Feststellbremse aktiviert.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass in dem Feststellmodus der Rotor mittels des Aktors zumindest kraftschlüssig, und insbesondere kraftschlüssig und formschlüssig, festgelegt ist. Bei einer kraftschlüssigen Festlegung kann ein Reibungselement eingesetzt werden, welches eine Reibungskraft auf den Rotor der elektrischen Maschine aufbringt und somit die Bewegung des Rotors durch diese Reibungskraft hemmt. Zur Realisierung des Formschlusses kann hingegen ein Blockierelement - beispielsweise ein Bolzen oder dergleichen - eingesetzt werden, welches in eine korrespondierende Aufnahme in dem Rotor aufgenommen werden kann und somit den Rotor formschlüssig in Umfangsrichtung blockieren kann. Eine

solche formschlüssige Blockierung des Rotors beinhaltet also auch den Kraftschluss. Diese Ausführungsformen sorgen einerseits für eine zuverlässige und rutschfeste Fixierung des Rotors im Feststellmodus und andererseits auch dafür, dass die Feststellbremse der Radantriebseinheit auch mit geringem technischen Aufwand realisiert werden kann.

Vorzugsweise weist die elektronische Steuereinrichtung unterschiedliche Funktionen auf, nämlich einerseits die Funktion der Ansteuerung der elektrischen Maschine und andererseits auch die Funktion der Ansteuerung des Aktors der Feststellbremse. Ein und dieselbe Steuereinrichtung - nämlich insbesondere ein Mikrocontroller - übernimmt somit die Ansteuerung der elektrischen Maschine und außerdem auch die Steuerung der Feststellbremse. Somit ist die Steuereinrichtung multifunktional ausgebildet, sodass die Anzahl der eingesetzten Komponenten auf ein Minimum reduziert werden kann. Somit können einerseits die Kosten gespart werden; andererseits kann somit auch der wertvolle Bauraum gespart werden, und die Radantriebseinheit kann besonders kompakt aufgebaut werden.

Vorzugsweise ist der Aktor der Feststellbremse als bistabiler Aktor ausgebildet, welcher zwischen zwei verschiedenen, stabilen Stellungen bewegbar bzw. schaltbar ist. So kann der Aktor zwischen einer ersten Stellung, in welcher der Aktor den Rotor freigibt, und einer zweiten Stellung geschaltet werden, in welcher der Rotor gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass die elektrische Energie nur dann verbraucht wird, wenn der Aktor von der einen Stellung in die andere Stellung gebracht wird, wenn also die Feststellbremse aktiviert bzw. deaktiviert wird. Ansonsten verbraucht die Feststellbremse keine Energie, weil aufgrund der bistabilen Ausgestaltung des Aktors keine Energie erforderlich ist, um den Aktor in der jeweiligen Stellung zu halten bzw. die jeweilige Stellung aufrechterhalten zu können. Ein solcher bistabiler Aktor kann beispielsweise ähnlich wie die so genannten „bistabilen Relais“ aufgebaut sein.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung eine Schnittstelle zur Kommunikation mit einem Fahrzeugsteuergerät aufweist. Über diese Schnittstelle kann die Steuereinrichtung sowohl Antriebssteuerbefehle bezüglich des Antreibens des Rades als auch Bremssteuerbefehle empfangen, aufgrund welcher die Radantriebseinheit in den Feststellmodus schaltbar ist, in welchem die Feststellbremse aktiviert ist. Es kann folglich eine ohnehin bereits vorhandene Schnittstelle genutzt werden, um zusätzlich noch Steuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der Feststellbremse an die Steuereinrichtung übertragen zu können. Die Steuereinrichtung braucht somit nicht in aufwändiger Weise umgestaltet zu werden, sondern es können bereits vorhandene Steuereinrichtung eingesetzt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass die Feststellbremse 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 Feststellbremse 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, elektrische Energie auch für die Feststellbremse bereitzustellen. Die Anzahl der verwendeten Komponenten ist somit auf ein Minimum reduziert.

Vorzugsweise weist die Radantriebseinheit einen von dem Feststellmodus verschiedenen Betriebsbremsmodus auf, und die Steuereinrichtung ist dazu ausgelegt, in dem Betriebsbremsmodus den Rotor elektronisch abzubremsen. Dies bedeutet, dass die Radantriebseinheit neben der Funktion der Feststellbremse

auch die Funktion der Betriebsbremse übernimmt bzw. unterstützt, indem der Rotor der elektrischen Maschine elektromotorisch bzw. generatorisch abgebremst wird. Somit kann sogar gegebenenfalls auf die mechanischen Bremsen verzichtet werden, nämlich insbesondere bei den hinteren Rädern des Fahrzeugs.

Bevorzugt ist die elektrische Maschine eine permanentmagneterregte 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.

Ein erfindungsgemäßes elektrisch angetriebenes Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug, weist ein Rad und eine erfindungsgemäße Radantriebseinheit auf, welche zum Antreiben des Rades ausgebildet ist.

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. Es erübrigt sich daher der Einsatz einer mechanischen Bremse mit den damit verbundenen Nachteilen hinsichtlich des Verschleißes, des Bauraums und der Kosten.

Das genannte Rad ist vorzugsweise ein Rad der hinteren Achse des Fahrzeugs, also ein hinteres Rad.

Es kann auch vorgesehen sein, dass jedem Rad einer Achse, insbesondere jedem Rad der hinteren Achse, jeweils eine genannte erfindungsgemäße Radantriebseinheit zugeordnet ist.

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 wobei mittels einer elektronischen Steuereinrichtung die elektrische Maschine angesteuert wird. In einem Feststellmodus der Radantriebseinheit wird der Rotor der elektrischen Maschine mittels eines, vorzugsweise an dem Stator der elektrischen Maschine angebrachten, Aktors einer Feststellbremse der Radantriebseinheit gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt.

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

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 Figurenbeschreiung genannten und/oder in der Figur alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder aber in Alleinstellung verwendbar.

Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, wie auch unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert. Dabei veranschaulicht die einzige 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 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-

wohl zum Antreiben als auch zum Abbremsen des jeweiligen Rades 2, 3 ausgebildet ist. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass lediglich den hinteren Rädern 3 eine solche Radantriebseinheit 4 zugeordnet ist, sodass ausschließlich insgesamt zwei solche Einheiten vorgesehen sind.

Die Radantriebseinheiten 4 sind insbesondere Radnabenmotoren, welche in einer Nabe des jeweiligen Rades 2, 3 angeordnet sind. Es können aber auch so genannte radnahe Motoren eingesetzt werden, welche nicht direkt in der Nabe, sondern 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 permanentmagneterregte 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 Statorwicklung auf, die beispielsweise drei Phasenstränge umfassen kann. Die Anzahl der Phasenstränge ist hier lediglich beispielhaft genannt, und die Statorwicklung kann auch eine andere Anzahl von solchen Phasensträngen aufweisen, nämlich beispielsweise zwei oder vier. Die Statorwicklung ist mit einer Leistungselektronik 6 elektrisch gekoppelt, welche beispielsweise einen Wechselrichter bzw. Inverter aufweisen kann. Dieser Inverter stellt aus einer Zwischenkreisgleichspannung eine elektrische Wechselspannung für jeden Phasenstrang der Statorwicklung bereit. Die Leistungselektronik wird mithilfe einer elektronischen Steuereinrichtung 7 angesteuert, die als Mikrocontroller oder dergleichen ausgeführt sein kann.

Also steuert die Steuereinrichtung 7 die elektrische Maschine 5 an. Diese Ansteuerung erfolgt über die Leistungselektronik 6. Die Leistungselektronik 6 kann mit einer in der Figur

nicht näher dargestellten Fahrzeugbatterie verbunden sein, welche insgesamt zur Versorgung aller Radantriebseinheiten 4 dienen kann.

Die Radantriebseinheiten 4 weisen außerdem jeweils eine Feststellbremse 8 auf, welche zum Fixieren des jeweiligen Rades 2, 3 im Stillstand des Kraftfahrzeugs 1 dient. Zwar ist in der Figur gezeigt, dass jede Radantriebseinheit 4 eine solche Feststellbremse 8 aufweisen kann, jedoch kann alternativ auch vorgesehen sein, dass beispielsweise nur die hinteren Radantriebseinheiten 4 jeweils eine solche Feststellbremse 8 aufweisen.

Die jeweilige Feststellbremse 8 hat einen elektromechanischen Aktor, welcher zur mechanischen Festlegung des jeweiligen Rotors gegenüber dem Stator ausgebildet ist. Der Aktor übernimmt also die Funktion der Feststellbremse und kann beispielsweise am Stator der elektrischen Maschine 5 angebracht sein. Der Aktor kann den Rotor, welcher direkt mit dem jeweiligen Rad 2, 3 verbunden ist, ausreichend hemmen oder sogar dauerhaft blockieren. Es ist beispielsweise möglich, eine formschlüssige Blockierung des jeweiligen Rotors zu realisieren, indem zum Beispiel ein Bolzen oder dergleichen in eine radiale oder aber axiale Öffnung des Rotors aufgenommen wird. Dabei kann der Aktor zwischen zwei verschiedenen Stellungen bewegt werden, nämlich zwischen einer ersten Stellung, in welcher sich der Rotor drehen kann, und einer zweiten Stellung, in welcher der Rotor mittels des Aktors blockiert ist. Dabei erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn der Aktor als bistabiles Funktionselement ausgeführt ist, sodass jeweils elektrische Energie nur zur Umsetzung des Zustandswechsels bzw. zur Bewegung des Aktors zwischen der einen und der anderen Stellung benötigt wird. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Versorgung des Aktors mit elektrischer Energie mithilfe der bereits vorhandenen Leistungselektronik 6 realisiert wird, was in der Figur mit einer Verbindung zwischen der Leistungselektronik 6 und der Feststellbremse 8 schematisch angedeutet ist.

Die jeweilige Steuereinrichtung 7 dient sowohl zur Ansteuerung der jeweiligen elektrischen Maschine 5 als auch zur Ansteuerung der Feststellbremse 8. Die jeweilige Feststellbremse 8 wird - wie bereits ausgeführt - über die zugehörige Leistungselektronik 6 mit elektrischer Energie versorgt. Es brauchen somit keine zusätzlichen Steuereinheiten sowie keine zusätzlichen Leistungskomponenten eingesetzt zu werden.

Die Feststellbremsen 8 dienen also zum Fixieren der jeweiligen Räder 2, 3 im Stillstand des Fahrzeugs 1. Dieses Fixieren erfolgt also in einem Feststellmodus der Radantriebseinheiten 4, also bei aktivierter Feststellbremse 8. Neben diesem Feststellmodus können die Radantriebseinheiten auch einen Betriebsbremsmodus aufweisen, in welchem die Radantriebseinheiten 4 auch die komplette Funktion der Betriebsbremse übernehmen, wobei dies vorzugsweise ausschließlich bei den hinteren Radantriebseinheiten 4 vorgesehen ist. Weil die gesetzlichen Vorgaben erfordern, dass die Feststellbremse 8 ein von der Betriebsbremse unabhängiges System sein muss, liegt vorliegend ein Kerngedanke darin, dieses System bzw. die Feststellbremse 8 in die Radantriebseinheit 4 zu integrieren.

Die Steuereinrichtungen 7 weisen außerdem jeweils eine Schnittstelle 9 auf, über welche die Steuereinrichtungen 7 mit einem Fahrzeugsteuergerät 10 elektrisch gekoppelt sind. Von dem Fahrzeugsteuergerät 10 können die Steuereinrichtungen 7 Steuerbefehle bezüglich der Ansteuerung der elektrischen Maschine 5 einerseits sowie bezüglich der Ansteuerung der Feststellbremse 8 andererseits empfangen. Das Fahrzeugsteuergerät 10 kann somit an die Steuereinrichtungen 7 einerseits Antriebssteuerbefehle bzw. Betriebsbremssteuerbefehle übermitteln, welche auf die Ansteuerung der elektrischen Maschine 5 und somit auf das Antreiben des jeweiligen Rades 2, 3 und auf das Betriebsbremsen bezogen sind. Andererseits kann das Fahrzeugsteuergerät 10 an die Steuereinrichtungen 7 auch Bremssteuerbefehle bezüglich der Feststellbremse 8 übermitteln. Aufgrund dieser Befehle wird der oben genannte Aktor

zwischen der ersten und der zweiten Stellung bewegt bzw. die Feststellbremse 8 aktiviert bzw. deaktiviert.

Patentansprüche

1. Radantriebseinheit (4), insbesondere Nabenantriebseinheit, 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 Feststellbremse (8) mit einem elektromechanischen Aktor aufweist, mittels welchem in einem Feststellmodus der Radantriebseinheit (4) der Rotor der elektrischen Maschine (5) gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt ist.

2. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Feststellmodus der Rotor mittels des Aktors zumindest kraftschlüssig, insbesondere formschlüssig und kraftschlüssig, festgelegt ist.

3. Radantriebseinheit (4) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (7) zum Ansteuern des Aktors ausgebildet ist.

4. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor als bistabiler Aktor ausgebildet ist, welcher zwischen einer ersten Stellung, in welcher der Aktor den Rotor freigibt, und einer zweiten Stellung schaltbar ist, in welcher der Rotor gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt ist.

5. 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 zu empfangen, aufgrund deren die Radantriebseinheit (4) in den Feststellmodus schaltbar ist.

6. Radantriebseinheit (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Radantriebseinheit (4) einen von dem Feststellmodus verschiedenen Betriebsbremsmodus aufweist und die Steuereinrichtung (7) dazu ausgelegt ist, in dem Betriebsbremsmodus den Rotor elektronisch abzubremsen.

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

8. 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.

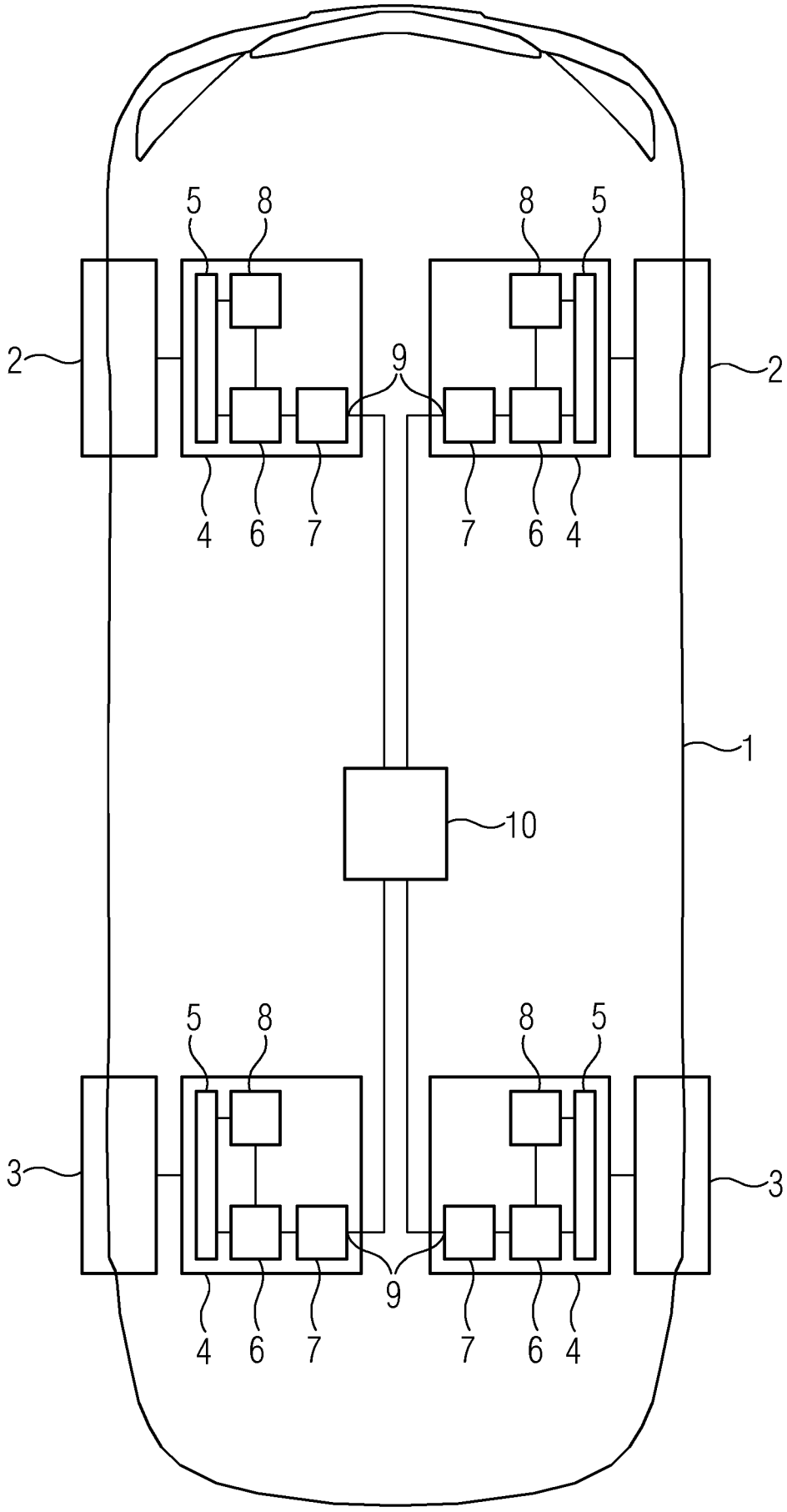
9. Fahrzeug (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass unter Verzicht auf eine von der Radantriebseinheit (4) separate mechanische Bremse das Rad (2, 3) ausschließlich mittels der Radantriebseinheit (4) bremsbar ist.

10. Fahrzeug (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Rad (2, 3) ein Rad (2, 3) der hinteren Achse des Fahrzeugs (1) ist.

11. Fahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Rad (2, 3) einer Achse, insbesondere jedem Rad (2, 3) der hinteren Achse, jeweils eine genannte Radantriebseinheit (4) zugeordnet ist.

12. Verfahren zum Betreiben einer Radantriebseinheit (4), insbesondere einer Nabenantriebseinheit, 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) angetrieben wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
in einem Feststellmodus der Radantriebseinheit (4) der Rotor der elektrischen Maschine (5) mittels eines Aktors einer Feststellbremse (8) der Radantriebseinheit (4) gegenüber dem Stator mechanisch festgelegt wird.


5
8
8
5
2
9
2
4
6
7
7
6
4
1
10
5
8
8
5
3
3
9
4
6
7
7
6
4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/061565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60K7/00
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B60K

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	EP 1 719 656 A1 (NTN TOYO BEARING CO LTD [JP]) 8 November 2006 (2006-11-08) paragraph [0036] - paragraph [0038]; figures 3,4	1,2,8,9, 12
X	WO 2008/062053 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; GASHI REXHEP [CH]) 29 May 2008 (2008-05-29) abstract; figures 3,4	1,2,8,9, 12
X	DE 100 29 628 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 29 March 2001 (2001-03-29) abstract; figure 1	1,2,8,9, 12
X	FR 2 936 206 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 26 March 2010 (2010-03-26) abstract; figure 1	1,8,9,12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 August 2013	11/09/2013

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	Eriksson, Jonas

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/061565

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1719656 A1	08-11-2006	CN 1922047 A	28-02-2007
		EP 1719656 A1	08-11-2006
		JP 2005231564 A	02-09-2005
		US 2007181357 A1	09-08-2007
		WO 2005080113 A1	01-09-2005
WO 2008062053 A1	29-05-2008	AT 495939 T	15-02-2011
		CN 101583509 A	18-11-2009
		EP 2097284 A1	09-09-2009
		FR 2909043 A1	30-05-2008
		JP 2010510461 A	02-04-2010
		US 2010065350 A1	18-03-2010
		WO 2008062053 A1	29-05-2008
DE 10029628 A1	29-03-2001	NONE	
FR 2936206 A1	26-03-2010	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061565

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B60K7/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B60K

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	EP 1 719 656 A1 (NTN TOYO BEARING CO LTD [JP]) 8. November 2006 (2006-11-08) Absatz [0036] - Absatz [0038]; Abbildungen 3,4	1,2,8,9, 12
X	WO 2008/062053 A1 (MICHELIN SOC TECH [FR]; MICHELIN RECH TECH [CH]; GASHI REXHEP [CH]) 29. Mai 2008 (2008-05-29) Zusammenfassung; Abbildungen 3,4	1,2,8,9, 12
X	DE 100 29 628 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 29. März 2001 (2001-03-29) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,2,8,9, 12
X	FR 2 936 206 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 26. März 2010 (2010-03-26) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,8,9,12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. August 2013	11/09/2013

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	Eriksson, Jonas

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/061565

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1719656 A1	08-11-2006	CN 1922047 A	28-02-2007
		EP 1719656 A1	08-11-2006
		JP 2005231564 A	02-09-2005
		US 2007181357 A1	09-08-2007
		WO 2005080113 A1	01-09-2005
WO 2008062053 A1	29-05-2008	AT 495939 T	15-02-2011
		CN 101583509 A	18-11-2009
		EP 2097284 A1	09-09-2009
		FR 2909043 A1	30-05-2008
		JP 2010510461 A	02-04-2010
		US 2010065350 A1	18-03-2010
		WO 2008062053 A1	29-05-2008
DE 10029628 A1	29-03-2001	KEINE	
FR 2936206 A1	26-03-2010	KEINE	