

(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
13. November 2008 (13.11.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/135341 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/275 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/054473

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. April 2008 (14.04.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 021 328.1 7. Mai 2007 (07.05.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NOBIS, Guenter** [DE/DE]; Duttendorferstr. 62, 72622 Nuertingen (DE). **ABRAHAM, Steffen** [DE/DE]; Kronprinzenstr. 3, 31134 Hildesheim (DE). **SCHMIDTKE, Bernd** [DE/DE]; Talstr. 20, 70839 Gerlingen (DE). **KNOLL, Christian**

[DE/DE]; Anwar-El-Sadat-Str. 1, 70376 Stuttgart (DE). **KALLMANN, Ulrich** [DE/DE]; Kirchnerweg 11/1, 72076 Tuebingen (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

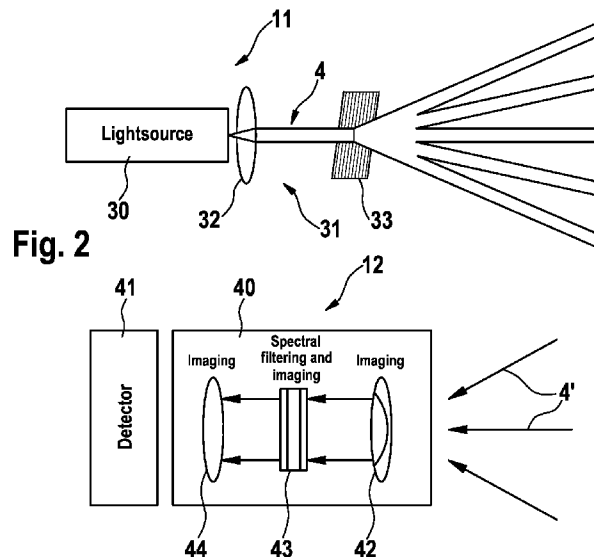
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTICALLY MEASURING AN UNDERCARRIAGE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTISCHEN FAHRWERKSVERMESSUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for optically measuring an undercarriage and/or for dynamically testing undercarriage components of a motor vehicle (1). At least one wheel (2) and/or at least one section of the vehicle (1) is illuminated with a light pattern (15) of structured light by means of an illumination device (11), and the reflected light (4') is received by means of an imaging sensor unit (12, 13) and evaluated in an evaluation unit (16). The invention also relates to a device for carrying out the method. Even in suboptimal light conditions in the surrounding environments, a robust measurement is achieved because the structured light is emitted by the illumination device in a narrow band in a specified narrow emission wavelength range, and because the light is likewise detected by means of the sensor unit (12, 13) in a receiving wavelength range corresponding to the emission wavelength range and is evaluated in the evaluation unit (16), wherein foreign light influences are removed.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/135341 A1



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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Fahrwerksvermessung und/oder zur dynamischen Prüfung von Fahrwerkskomponenten an einem Kraftfahrzeug (1), bei dem mindestens ein Rad (2) und/oder zumindest ein Abschnitt des Fahrzeugs (1) mittels einer Beleuchtungsvorrichtung (11) mit einem Lichtmuster (15) aus strukturiertem Licht beleuchtet und das zurückreflektierte Licht (4') mittels einer bildgebenden Sensoreinrichtung (12, 13) aufgenommen und in einer Auswerteeinrichtung (16) ausgewertet wird, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Auch unter ungünstigen Umgebungslichtverhältnissen wird eine robuste Messung dadurch erreicht, dass das strukturierte Licht von der Beleuchtungsvorrichtung schmalbandig in einem bestimmten schmalen Aussende-Wellenlängenbereich abgegeben wird und dass mittels der Sensoreinrichtung (12, 13) das Licht ebenfalls schmalbandig in einem an den Aussende-Wellenlängenbereich angepassten Empfangs-Wellenlängenbereich erfasst und in der Auswerteeinrichtung (16) ausgewertet wird, wobei Fremdlichteinflüsse beseitigt werden.

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Beschreibung

5

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTISCHEN FAHRWERKSVERMESSUNG

Stand der Technik

10

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Fahrwerksvermessung und/oder zur dynamischen Prüfung von Fahrwerkskomponenten an einem Kraftfahrzeug, bei dem mindestens ein Rad und/oder zumindest ein Abschnitt des Fahrzeugs mittels einer Beleuchtungsvorrichtung mit einem Lichtmuster aus strukturiertem Licht beleuchtet und das zurückreflektierte Licht mittels einer bildgebenden Sensoreinrichtung aufgenommen und in einer Auswerteeinrichtung ausgewertet wird, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

15

Ein Verfahren sowie eine Vorrichtung dieser Art sind in der DE 103 35 829 A1 und der parallelen EP 1 505 367 A2 angegeben. Bei diesem bekannten Verfahren zur Bestimmung der Achsgeometrie wird ein Lichtmuster, wie z. B. ein Streifenmuster mit variierender Periodizität oder mit monochromen Gitterstrukturen oder mit flächiger Codierung durch Farbcodierung stirnseitig auf das Rad projiziert und das von der Stirnseite des Rades reflektierte Licht aus einer anderen Richtung als der Projektionsrichtung durch einen Bildwandler aufgenommen, während das Rad gedreht wird, um den Normalenvektor des Rades bzw. eine Referenzebene trotz auf üblichen Rädern vorhandenen Unebenheiten möglichst genau und robust zu bestimmen. Jedoch ist es schwierig, bei derartigen berührungslosen optischen Verfahren zur Fahrwerksvermessung zuverlässige Messergebnisse hoher Präzision zu erzielen.

20

25

Auch in der US 4,745,469 ist ein Verfahren angegeben, mit dem optisch berührungslos auf der Basis einer ermittelten Drehachse eine Achsvermessung durchgeführt wird. Während der Messung, bei der Spur- und Sturzwinkel ermittelt werden, befindet sich das Fahrzeug auf einem Rollenprüfstand. Mittels eines Projektionssystems werden Laserlinien oder andere Muster auf das Rad bzw. den Reifen projiziert. Mittels Kameras werden die Muster abgebildet, und über eine Triangulation werden aus den Kamerakoordinaten und der bekannten

30

Anordnung der Kameras bezüglich des Projektors die 3D-Koordinaten auf der Oberfläche rekonstruiert und hieraus die Lage des Rades ermittelt, woraus dann letztlich Spur und Sturz bestimmt werden.

- 5 Auch in der DE 10 2005 063 082 A1 und der DE 10 2005 063 083 A1 sind Verfahren zur optischen Fahrwerksvermessung angegeben, bei denen strukturiertes Licht auf das Rad und auch auf dieses umgebende Karosseriebereiche projiziert und mittels einer bildgebenden Sensorik aufgenommen wird.
- 10 Bei anderen Verfahren und Vorrichtungen zum Ermitteln der Drehachse und Vermessen der Achsgeometrie wird das Fahrzeug mit einem Mono- oder einem Stereo-Kamerasystem beobachtet, wie z. B. in der EP 0 895 056 A2 und der DE 29 48 573 A1 gezeigt. Im Grauwertbild der Kameraabbildung werden markante Merkmale, wie z. B. der Felgenrand, lokalisiert. Aus der geometrischen Lage des Felgenrandes oder anderer Merkmale im Bild wird deren Lage
- 15 im Raum und daraus Spur bzw. Sturz errechnet. Ein derartiges Messverfahren ist auch in der DE 10 2004 013 441 A1 ausgeführt, wobei zum Ermitteln der Rotationsachse des Rades ein 3D-Modell eingepasst wird. Bei der Messung werden z. B. auch Stereobilder der Radfelge aufgenommen und die Winkellage des Ventils festgestellt. In der DE 10 2005 017 624 ist ausgeführt, Radmerkmale und/oder Karosseriemerkmale über die Ermittlung einer 3D-
- 20 Punktwolke zu gewinnen, um daraus die Rad- und/oder Achsgeometrie von Fahrzeugen zu bestimmen, wobei Aufnahmen des rotierenden Rades insbesondere auch während einer Vorbeifahrt des Fahrzeuges erfolgen.

Auch gibt es Verfahren, bei denen anstelle vorhandener Radmerkmale mit mechanischen

25 Hilfsmitteln besondere Markierungen angebracht werden, wie z. B. in der DE 100 32 356 A1 gezeigt. Zwar ergeben derartige Markierungen für die Messung und Auswertung gut erfassbare Strukturen an dem Rad, sie erfordern jedoch zusätzlichen Aufwand.

Weiterhin sind optische Messverfahren für die Prüfung von weiteren Fahrwerkskomponen-

30 ten, wie Stoßdämpfern, Gelenkspielen in der DE 199 49 704 A1 und der DE 199 49 982 C2 gezeigt, wobei eine optische Messung der Rad- und/oder Karosseriebewegung vorgesehen ist.

Bei all diesen berührungslos, optisch messenden Verfahren bzw. Vorrichtungen ist es ohne besondere Markierungen und mit projiziertem Licht schwierig, exakte und zuverlässige, robuste Fahrwerksvermessungen und/oder dynamische Prüfungen von Fahrwerkskomponenten durchzuführen, insbesondere unter rauen, realen Messbedingungen und unter der Auflage einer möglichst einfachen Durchführung der Messung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Fahrwerksvermessung und/oder zur dynamischen Prüfung von Fahrwerkskomponenten eines Kraftfahrzeugs bei Verwendung einer strukturierten Beleuchtung bereit zu stellen, das möglichst robust gegen äußere Störeinflüsse ist, und auch eine entsprechende Vorrichtung bereit zu stellen.

Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 11 gelöst. Hierbei ist vorgesehen, dass das strukturierte Licht von der Beleuchtungsvorrichtung schmalbandig in einem bestimmten schmalen Aussende-Wellenlängenbereich abgegeben wird und dass mittels der Sensoreinrichtung das Licht ebenfalls schmalbandig in einem an den Aussende-Wellenlängenbereich angepassten Empfangs-Wellenlängenbereich erfasst und in der Auswerteeinrichtung ausgewertet wird, wobei Fremdlichteinflüsse beseitigt werden. Bei der Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Beleuchtungsvorrichtung zum Erzeugen von schmalbandigem Licht eines bestimmten Wellenlängenbereichs ausgebildet ist und dass die Sensoreinrichtung zum Erfassen des Lichts in dem schmalen Wellenlängenbereich eine Abbildungsoptik mit mindestens einem spektral selektiven optischen Element aufweist. Mit diesen Maßnahmen wird das strukturierte Lichtmuster auch bei ungünstigen Umgebungslichtverhältnissen, insbesondere auch bei starkem Umgebungslicht, zuverlässig erfassbar und auswertbar.

Alternative vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich dadurch, dass das schmalbandige Licht von einer ein schmalbandiges Licht erzeugenden Lichtquelle ausgesandt oder mittels einer Projektionsoptik erzeugt wird.

Eine zuverlässige Funktionsweise kann dabei dadurch erreicht werden, dass das schmalbandige Licht von der Projektionsoptik mittels spektral selektiver optischer Elemente erzeugt wird.

Eine zuverlässige Funktion kann auch dadurch unterstützt werden, dass das schmalbandige Licht mittels eines Lasers und einer refraktiven und/oder diffraktiven Projektionsoptik oder einem Laserprojektionssystem mit dynamisch bewegten Spiegeln erzeugt wird, und ferner dadurch, dass das schmalbandige Licht mittels einer schmalbandig emittierenden Leuchtdiodenanordnung und einer angepassten Projektionsoptik erzeugt wird.

Weitere Vorteile können dadurch erreicht werden, dass mittels der Projektionsoptik auch das Lichtmuster des strukturierten Lichts erzeugt wird.

10 Verschiedene weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten bestehen darin, dass als Lichtmuster ein regelmäßiges oder unregelmäßiges Punktmuster, ein Linien- oder Streifenmuster, ein Zufallsmuster oder eine Kombination aus mindestens zweien dieser Lichtmuster erzeugt wird.

Zu einer zuverlässigen Messung tragen des Weiteren die Maßnahmen bei, dass das zurückreflektierte Licht in der bildgebenden Sensoreinrichtung einer Detektoreinheit über eine Abbildungsoptik zugeführt wird, in der die Abbildungsparameter mittels eines Linsensystems vorgegeben oder beeinflusst werden und mittels mindestens eines spektral selektiven optischen Elementes die spektrale Anpassung an das von der Beleuchtungsvorrichtung abgegebene schmalbandige Licht vorgenommen wird.

20 Dabei bestehen vorteilhafte Maßnahmen darin, dass auch das mindestens eine spektral selektive optische Element zum Beeinflussen der Abbildungsparameter genutzt wird und/oder dass vermittels der Strahlführung in der Abbildungsoptik die spektrale Anpassung unterstützt wird, wobei nicht erwünschte Eigenschaften der spektralen Selektivität auf ein Minimum reduziert werden.

Die Messgenauigkeit insbesondere bei Verwendung einer Abbildungsoptik mit großem Öffnungswinkel des Objektivs wird dadurch verbessert, dass in der Abbildungsoptik der Winkel schräg bezüglich der optischen Achse eintretenden Lichts vor dessen Eintritt in das mindestens eine spektral selektive optische Element verringert wird, bzw. dadurch, dass das mindestens eine spektral selektive optische Element (43) innerhalb der Abbildungsoptik an einer Stelle angeordnet ist, an der der Winkel von schräg bezüglich der optischen Achse in die Abbildungsoptik eintretendem Licht verringert ist. Eine ähnliche Beeinflussung des Lichtein-

tritts-Winkels in das spektral selektive optische Element kann dabei auch allein oder zusätzlich durch eine Krümmung des optischen Elements bewirkt werden.

5 Eine vorteilhafte Vorgehensweise bei der Messung besteht darin, dass bei der Auswertung auf der Basis des Lichtmusters, insbesondere eines Punktemusters, aus dem reflektierten Licht eine radbezogene 3D-Punktwolke bestimmt und an diese ein parametrisches Oberflächenmodell des Rades angepasst wird, dass die Radachse über die Berechnungen von Radnormalenvektoren für verschiedene Drehlagen des Rades bestimmt wird und dass aus der räumlichen Bewegung des Radnormalenvektors der Drehachsvektor als Drehachse be-
10 rechnet wird.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf
15 die Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

20 Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Messeinrichtung in einer Messumgebung für eine Fahrwerksvermessung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Beleuchtungsvorrichtung und einer Sensoreinrichtung und

25 Fig. 3 projizierte Lichtmuster aus Sicht einer linken und einer rechten Bildaufnahmeeinheit der Sensoreinrichtung.

Fig. 1 zeigt eine Messumgebung für eine Fahrwerksvermessung, beispielsweise zum Ermitteln der Drehachse eines Fahrzeugrades 2 gemäß einem in DE 10 2006 048 725.7 näher ausgeführten Verfahren bzw. Aufbau mittels einer Messeinrichtung 10, wobei sich das Fahrzeug an der Messeinrichtung 10 vorbei bewegen kann. Außer dem Rad 2 kann auch die Karosserie 3 vorzugsweise in der Umgebung des Rades 2 mit in die Messung einbezogen werden.
30

Die Messeinrichtung 10 weist eine Projektionseinrichtung 11 für Lichtmuster 15, beispielsweise Punktlichtmuster (vgl. Fig. 3), und zwei in vorgegebener räumlicher Lage und Richtung zu dieser angeordneten bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 sowie eine Steuereinheit 14 auf, die zur Datenübertragung mit der Projektionseinrichtung 11 und den in Stereoanordnung positionierten bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 verbunden ist und elektronische Einrichtungen für die Steuerung der Projektionseinrichtung 11, der bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 und gegebenenfalls weiterer angeschlossener Komponenten und für eine Auswertung der Daten und Darstellung der Messergebnisse aufweist, wie eine Auswerteeinrichtung 16.

Fig. 2 zeigt die Projektionseinrichtung 11 sowie eine bildgebende Sensoreinheit 12 näher. Eine Lichtquelle 30 sendet über eine Beleuchtungsoptik 31 Licht 4 aus, wobei die Beleuchtungsoptik 31 mindestens eine brechende Strahlformungseinheit 32 und/oder eine oder mehrere beugende Strahlformungseinheiten 33 aufweist. Alternativ zu der gezeigten Ausführung kann z.B. anstelle der beugenden Strahlformungseinheit 33 eine zweite brechende Einheit eingesetzt werden, wie z. B. ein Mikrolinsenarray. Das ausgesandte Licht 4 ist strukturiert und weist das genannte Lichtmuster 15 auf. Außerdem ist das die Beleuchtungsoptik 31 verlassende ausgesandte Licht 4 schmalbandig und umfasst lediglich einen engen Wellenlängenbereich von beispielsweise einem oder mehreren Nanometern, z. B. 30 nm (gemessen bei 50 % der maximalen Strahlungsleistung). Zur visuellen Kontrolle ist dabei ein Wellenlängenbereich innerhalb des sichtbaren Spektralbereichs, z. B. der rote Spektralbereich, von Vorteil.

Wie Fig. 2 weiter zeigt, wird das von dem Rad 2 und/oder der Karosserie 3 zurückreflektierte Licht 4' mittels einer Empfängeroptik in Form einer Abbildungsoptik 40 aufgenommen und einer Detektoreinheit 41 zugeführt, um im Anschluss daran die empfangenen Signale auszuwerten. Die Abbildungsoptik 40 weist ein Linsensystem mit abbildenden optischen Elementen 42, 44 sowie mindestens ein spektralselektives optisches Element in Form einer Spektralfiltereinheit 43 auf, die in ihrem spektralen Durchlassbereich auf die Bandbreite des ausgesandten Lichts 4 und zurückreflektierten Lichts 4' abgestimmt ist, so dass insbesondere dieses zu nutzende Licht zur Detektoreinheit 41 durchgelassen und der Einfluss von Fremdlicht aus der Umgebung unterdrückt wird. Die Durchlassbandbreite der Spektralfiltereinheit 43 ist also allenfalls geringfügig, z. B. einige Nanometer größer als die Bandbreite des zurückreflektierten zu nutzenden Lichts 4' und beträgt z. B. bis zu 30 nm oder höchstens

50 nm (bei 50 % des Leistungsmaximums), wobei die mittlere Wellenlänge des Nutzlichts und des Spektralfilters in etwa übereinstimmen.

Das von der Beleuchtungsvorrichtung über die Projektionseinrichtung 11 ausgesandte Licht 4 enthält das Lichtmuster, wobei die Struktur des Lichtmusters ein regelmäßiges oder unregelmäßiges Punktmuster, ein Linien- oder Streifenmuster, ein Zufallsmuster oder eine Kombination aus diesen Strukturen sein kann. Mögliche technische Varianten für die Beleuchtung bzw. Projektion des Lichtmusters sind dabei eine Beleuchtung mit Laser und speziellen Projektionsoptiken, insbesondere refraktiven und/oder diffraktiven Optiken, Laserprojektionssysteme mit dynamisch bewegten Spiegeln, schmalbandig emittierende Leuchtdioden (LEDs) mit speziellen angepassten Projektionsoptiken oder spektral eingeengte breitbandig emittierende Lichtquellen, z. B. thermische Strahler, mit speziellen Projektionsoptiken. Die Beleuchtungsvorrichtung weist neben der Lichtquelle 30 refraktive und/oder diffraktive optische Elemente oder ein Projektionssystem mit dynamisch bewegten Spiegeln zur Erzeugung einer projizierten Beleuchtungsstruktur auf. Dabei kann das ausgesandte Licht zeitlich getaktet sein, z. B. mit einer Periodendauer im Bereich 1 ms bis 10 ms.

Das Linsensystem der Empfängeroptik bzw. Abbildungsoptik 40 ist zum Erreichen bzw. Einstellen optimaler Abbildungsparameter ausgebildet. Die spektral selektiven optischen Elemente, z. B. Farbglas- oder Interferenzfilter, sind an das Spektrum des ausgesandten Lichts 4 bzw. des rückreflektierten Lichts 4' spektral angepasst, wobei die spektral selektiven Elemente gleichzeitig durch geeignete Ausprägung, z. B. Krümmung und/oder Position im Abbildungsstrahlengang, der Abbildungs- und Filterfunktion dienen können. Durch geeignete Strahlführung in der Abbildungsoptik 40 können die Eigenschaften der spektral selektiven Elemente unterstützt werden. Auch können durch geeignete Strahlführung in der Abbildungsoptik 40 mögliche nicht erwünschte Eigenschaften der spektral selektiven Elemente, wie z. B. Richtungsabhängigkeit der Filterwirkung, unterdrückt bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Diese Maßnahmen begünstigen es vorteilhafterweise, durch ein Objektiv mit großem Öffnungswinkel schräg zur optischen Achse in die Abbildungsoptik 40 einfallendes Licht ohne Verfälschung spektral schmalbandig zu filtern, so dass vorteilhaft große Objektiv-Öffnungswinkel von z. B. größer als 40° oder 50° bei der Messeinrichtung verwirklicht werden können, wobei die Filtercharakteristik in Abhängigkeit des Einfallswinkels praktisch nahezu konstant bleibt.

Die bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 sind z. B. Kameras, wobei die Abbildungsoptik 40 als Kameraoptik ausgebildet ist.

5 Die spektrale Schmalbandigkeit des das Lichtmuster 15 bildenden Lichts und der Empfängeroptik ermöglicht eine zuverlässige Messung auch bei starkem Umgebungslicht, z. B. starker Sonneneinstrahlung, da das zurückreflektierte Licht 4' mit dem Lichtmuster sicher von dem Umgebungslicht unterscheidbar ist. Auf dieser Basis ergibt sich eine sichere, eindeutige Auswertung der von dem Rad reflektierten Lichtmuster 15', 15".

10 Fig. 3 zeigt außer dem Lichtmuster 15 die sich aus Sicht der beiden bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 in Form einer linken und rechten Stereokamera ergebenden, von dem Rad reflektierten Lichtmuster 15' bzw. 15", wobei die linienhafte Anordnung der Lichtpunkte bei den beiden Aufnahmen unterschiedlich gekrümmt sind. Bei dem Lichtmuster handelt es sich beispielsweise um ein Laserpunktemuster.

15 Aus dem Stereoverschiebungsvektor für verschiedene Neigungswinkel entlang Neigungslinien bezüglich der bildgebenden Sensoreinheiten 12, 13 lassen sich z. B. radbezogene 3D-Punktwolken bestimmen, wie in der vorstehend genannten DE 10 2006 048 725.7 näher erläutert.

20 Die Messeinrichtung 10 ist dazu ausgebildet, eine exakte, robuste Fahrwerksvermessung und/oder dynamische Prüfung von Fahrwerkskomponenten durchzuführen. Durch die Projektion der Lichtmuster 15 ist das Verfahren unabhängig von Referenzpunkten, die fest mit der Radoberfläche bzw. Radtextur und/oder gegebenenfalls der Karosserieoberfläche verknüpft sind und mit dieser bei Bewegung mitwandern. Daher müssen Strukturen auf der Rad- bzw. Karosserieoberfläche auch nicht erkannt werden. Vielmehr werden durch die strukturierte Beleuchtung mittels der Lichtmuster 15 stabile Merkmale erzeugt, die nicht ortsfest mit der Rad- bzw. Karosserieoberfläche verbunden sind und daher bei Bewegung nicht mitwandern. Beispielsweise kann bei dem hier vorgestellten Verfahren die Lage der Drehachse des Rades 2 insbesondere auch in der Vorbeifahrt des Fahrzeuges relativ zu der Messeinrichtung 30 10 mit erhöhter Robustheit durchgeführt werden. Die Notwendigkeit einer ortsfesten Rotation des Rades (Rollenprüfstand oder das Ausheben des Fahrzeuges) kann entfallen. Aus der bekannten Lage der Drehachsen z. B. kann anschließend die Achsgeometrie, wie Spur und

Sturz, errechnet werden. Dabei kann auch eine Felgenschlagkompensation durchgeführt werden.

5 Die 3D-Messung auf der Basis der strukturierten Beleuchtung mit dem Lichtmuster 15 kann alternativ zu den in Stereo-Anordnung vorgesehenen Sensoreinheiten 12, 13 auch mit einem Mono- oder Mehrkammersystem erfolgen, wobei wie bei der Stereoanordnung eine algorithmische Auswertung der Messdaten über die Bestimmung einer 3D-Punktwolke erfolgt.

10 Bei der Durchführung des Verfahrens erfolgt bei der Vorbeifahrt bzw. Drehung des Rades 2 zu jedem Zeitschritt eine Projektion des Musters und hieraus eine Berechnung einer 3D-Punktwolke. In die 3D-Punktwolke wird für die Auswertung z. B. ein parametrisches Oberflächenmodell des Rades 2 bzw. der Karosserie eingepasst, wie in der genannten R.315415 ebenfalls näher angegeben. Als Lichtmuster wird z. B. ein engmaschiges Laserpunktemuster gemäß Fig. 3 auf den Reifen projiziert. Für jeden Laserpunkt wird die Tiefe aus den Ver-
15 schiebungsvektoren (Disparität) der Stereobilder der Kameraanordnung zur Erhöhung der Genauigkeit bzw. Robustheit berechnet, wobei das schmalbandige Beleuchtungslicht und das über die schmalbandige Empfängeranordnung erhaltende Empfangslicht zur sicheren Erfassung und Erhöhung der Messgenauigkeit beitragen.

20

25

30

Ansprüche

- 5 1. Verfahren zur Fahrwerksvermessung und/oder zur dynamischen Prüfung von Fahrwerkskomponenten an einem Kraftfahrzeug (1), bei dem mindestens ein Rad (2) und/oder zumindest ein Abschnitt des Fahrzeugs (1) mittels einer Beleuchtungsvorrichtung (11) mit einem Lichtmuster (15) aus strukturiertem Licht beleuchtet und das zurückreflektierte Licht (4') mittels einer bildgebenden Sensoreinrichtung (12, 13) auf-
10 genommen und in einer Auswerteeinrichtung (16) ausgewertet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass das strukturierte Licht von der Beleuchtungsvorrichtung schmalbandig in einem bestimmten schmalen Aussende-Wellenlängenbereich abgegeben wird und dass mittels der Sensoreinrichtung (12, 13) das Licht ebenfalls schmalbandig in einem an den Aussende-Wellenlängenbereich angepassten Empfangs-Wellenlängenbereich erfasst und in der Auswerteeinrichtung (16) ausgewertet
15 wird, wobei Fremdlichteinflüsse beseitigt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das schmalbandige Licht von einer ein schmalbandiges Licht erzeugenden Lichtquelle ausgesandt oder mittels
20 einer Projektionsoptik erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das schmalbandige Licht von der Projektionsoptik mittels spektral selektiver optischer Elemente erzeugt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das schmalbandige Licht mittels eines Lasers und einer refraktiven und/oder diffraktiven Projektionsoptik oder einem Laserprojektionssystem mit dynamisch bewegten Spiegeln erzeugt wird.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das schmalbandige Licht mittels einer schmalbandig emittierenden Leuchtdiodenanordnung und einer angepassten Projektionsoptik erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Projektionsoptik auch das Lichtmuster des strukturierten Lichts erzeugt wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Lichtmuster ein regelmäßiges oder unregelmäßiges Punktmuster, ein Linien- oder Streifenmuster, ein Zufallsmuster oder eine Kombination aus mindestens zweien dieser Lichtmuster erzeugt wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zurückreflektierte Licht (4') in der bildgebenden Sensoreinrichtung (12, 13) einer Detektoreinheit (41) über eine Abbildungsoptik (40) zugeführt wird, in der die Abbildungsparameter mittels eines Linsensystems vorgegeben oder beeinflusst werden und mittels mindestens eines spektral selektiven optischen Elementes die spektrale Anpassung an das von der Beleuchtungsvorrichtung (11) abgegebene schmalbandige Licht vorgenommen wird.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass auch das mindestens eine spektral selektive optische Element (43) zum Beeinflussen der Abbildungsparameter genutzt wird und/oder dass vermittelt der Strahlführung in der Abbildungsoptik (40) und/oder durch Krümmung des spektral selektiven optischen Elements die spektrale Anpassung unterstützt wird, wobei nicht erwünschte Eigenschaften der spektralen Selektivität auf ein Minimum reduziert werden.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in der Abbildungsoptik (40) der Winkel schräg bezüglich der optischen Achse eintretenden Lichts vor seinem Eintritt in das mindestens eine spektral selektive optische Element (43) verringert wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Auswertung auf der Basis des Lichtmusters (15), insbesondere eines Punktemusters, aus dem reflektierten Licht (4') eine radbezogene 3D-Punktwolke (20) bestimmt und an diese ein parametrisches Oberflächenmodell des Rades (2) angepasst wird,
- 30

dass die Radachse über die Berechnungen von Radnormalenvektoren für verschiedene Drehlagen des Rades (2) bestimmt wird und dass aus der räumlichen Bewegung des Radnormalenvektors der Drehachsvektor als Drehachse berechnet wird.

- 5 12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Beleuchtungsvorrichtung (11) zum Erzeugen eines strukturierten Lichtmusters (15) und Beleuchten mindestens eines Rades (2) und/oder zumindest eines Abschnittes des Fahrzeugs (1) mit dem Lichtmuster (15), mit einer bildgebenden Sensoreinrichtung (12, 13) zum Aufnehmen des zurückreflektierten Lichts (4')
10 und mit einer Auswerteeinrichtung (16), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beleuchtungsvorrichtung (11) zum Erzeugen von schmalbandigem Licht eines bestimmten Wellenlängenbereichs ausgebildet ist und dass die Sensoreinrichtung (12, 13) zum Erfassen des Lichts in dem schmalen Wellenlängenbereich eine Abbildungsoptik (40) mit mindestens einem spektral selektiven optischen Element (43) aufweist.
- 15
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine spektral selektive optische Element (43) innerhalb der Abbildungsoptik (40) an einer Stelle angeordnet ist, an der der Winkel von schräg bezüglich der optischen Achse in die Abbildungsoptik (40) eintretendem Licht verringert ist und/oder dass das mindestens eine spektral selektive optische Element zur Vermeidung der Richtungsabhängigkeit der spektralen Filtercharakteristik gekrümmt ist.
- 20

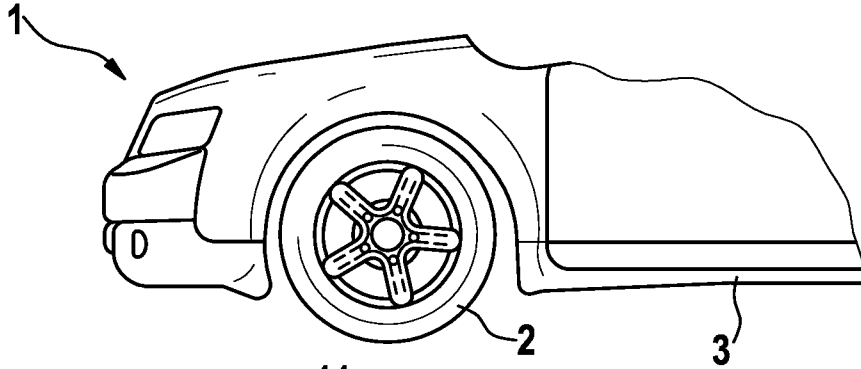


Fig. 1

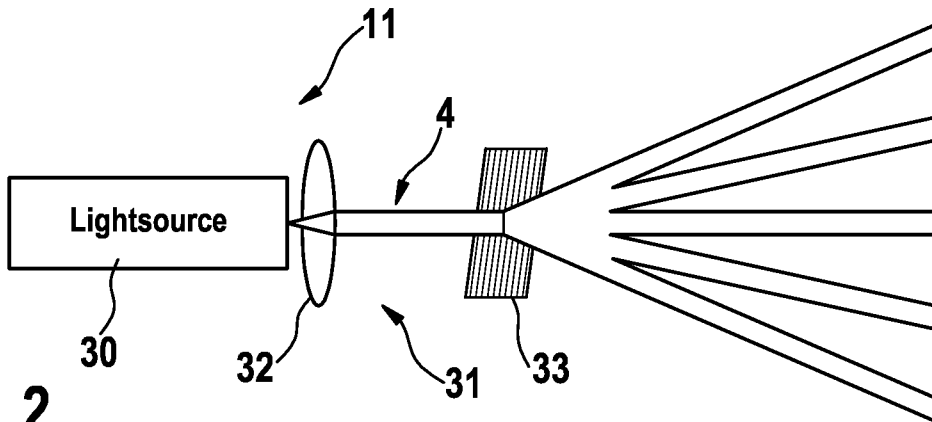
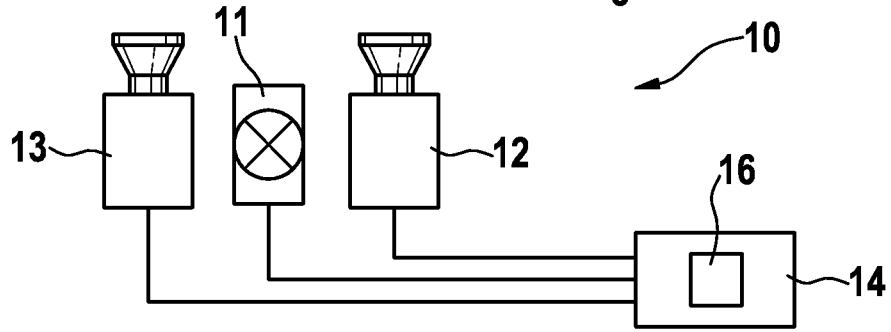
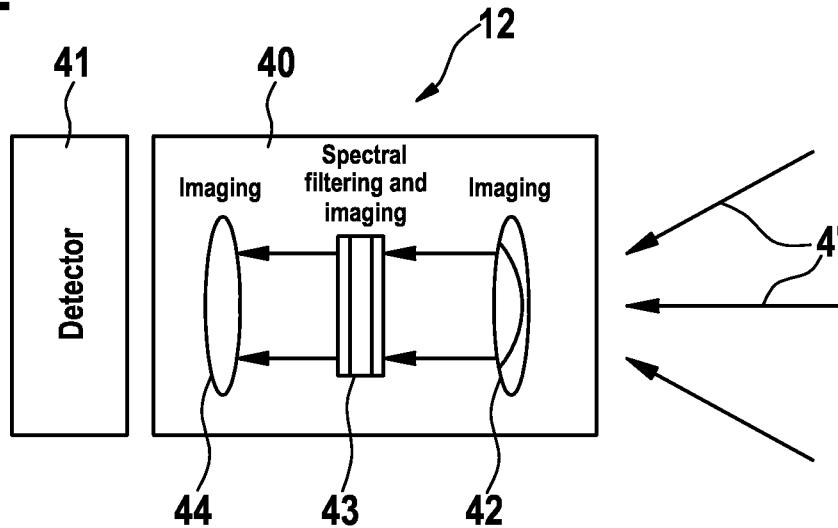


Fig. 2



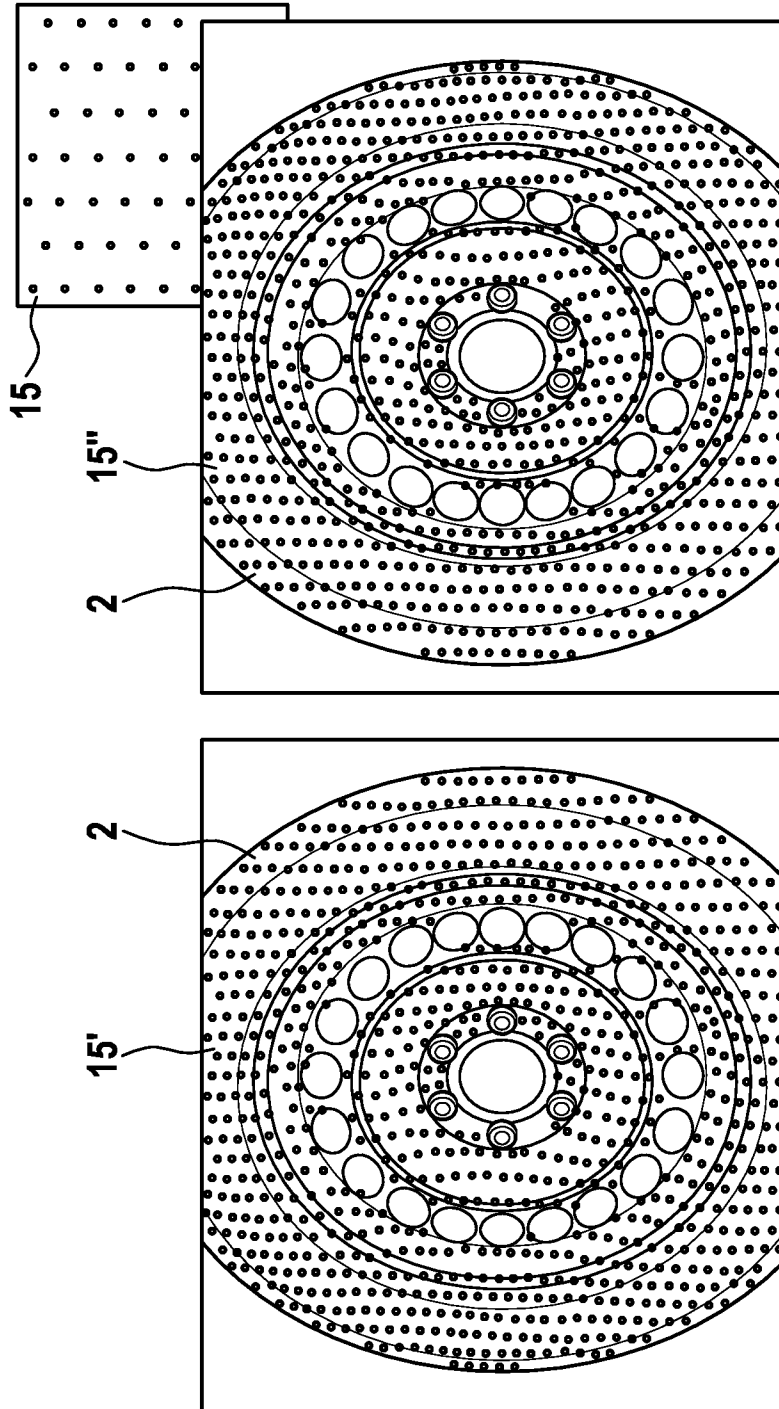


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/054473

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01B11/275		
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) G01B		
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 practical, 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	DE 10 2005 022565 A1 (BEISSBARTH GMBH [DE]) 23 November 2006 (2006-11-23) paragraphs [0011], [0012], [0048] - [0055] claims 1-5; figures 1-3	1-13
A	US 2005/068522 A1 (DORRANCE DANIEL R [US] ET AL DORRANCE DANIEL R [US] ET AL) 31 March 2005 (2005-03-31) paragraph [0063] claim 37; figure 11	1-13
A	US 2005/060899 A1 (JACKSON DAVID A [US] ET AL) 24 March 2005 (2005-03-24) paragraphs [0028] - [0030] figures 1,2	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> 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	*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	
E earlier document but published on or after the international filing date	*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	
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)	*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.	
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family	
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">30 Juli 2008</div>	Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">07/08/2008</div>	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Passier, Martinus</div>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/054473

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005022565 A1	23-11-2006	EP 1882154 A2	30-01-2008
		WO 2006122640 A2	23-11-2006
US 2005068522 A1	31-03-2005	US 6894771 B1	17-05-2005
US 2005060899 A1	24-03-2005	WO 2005033628 A2	14-04-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/054473

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B11/275

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B

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	DE 10 2005 022565 A1 (BEISSBARTH GMBH [DE]) 23. November 2006 (2006-11-23) Absätze [0011], [0012], [0048] - [0055] Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-3	1-13
A	US 2005/068522 A1 (DORRANCE DANIEL R [US] ET AL DORRANCE DANIEL R [US] ET AL) 31. März 2005 (2005-03-31) Absatz [0063] Anspruch 37; Abbildung 11	1-13
A	US 2005/060899 A1 (JACKSON DAVID A [US] ET AL) 24. März 2005 (2005-03-24) Absätze [0028] - [0030] Abbildungen 1,2	1-13

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

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, 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 | <ul style="list-style-type: none"> *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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
30. Juli 2008	07/08/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Passier, Martinus
---	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/054473

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005022565 A1	23-11-2006	EP 1882154 A2	30-01-2008
		WO 2006122640 A2	23-11-2006
US 2005068522 A1	31-03-2005	US 6894771 B1	17-05-2005
US 2005060899 A1	24-03-2005	WO 2005033628 A2	14-04-2005