

(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
17. Oktober 2024 (17.10.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/213200 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G06T 7/00 (2017.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100213

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. März 2024 (15.03.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 109 402.5
14. April 2023 (14.04.2023) DE

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESSELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) **Erfinder: KARLHUBER, Peter**; Haager Straße 2e 4, 4400
Steyr (AT). **MITTERHAUSER, Helmut**; Alter Steyrer-
weg 11, 4442 Kleinraming (AT).

(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, CV, CZ, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR CHECKING A SURFACE, PROVIDED WITH GROOVES, OF A CYLINDER BORE
OF A CRANKCASE FOR A MOTOR VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN SOWIE SYSTEM ZUM ÜBERPRÜFEN EINER MIT RILLEN VERSEHENEN OBERFLÄCHE
EINER ZYLINDERBOHRUNG EINES KURBELGEHÄUSES FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG

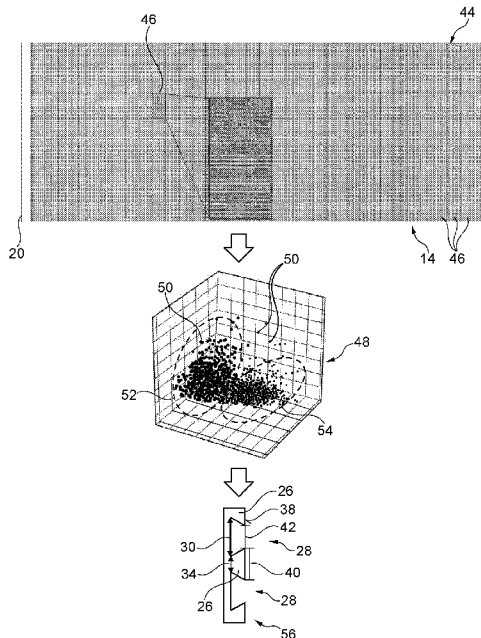


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for checking a surface, pro-
vided with grooves (28), of a cylinder bore (14) of a crankcase (12) for a
motor vehicle, in which a recording device is used to record an image (44)
depicting the entire surface of the cylinder bore (14), the image (44) is divided
into a multiplicity of partial images (46) depicting respective segments of the
surface, the pixels of each partial image (46) are used as a basis for determin-
ing a profile characteristic value (60) characterizing a cross-sectional shape
of the grooves (28) in the associated segment, a check is carried out to deter-
mine whether the profile characteristic value (60) is within predefined toler-
ance limits for the profile characteristic value (60), the examined segment is
established as being in order if the profile characteristic value (60) is within
the tolerance limits, and the examined segment is established as not being in
order if the profile characteristic value (60) is outside the tolerance limits.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprü-
fen einer mit Rillen (28) versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung (14)
eines Kurbelgehäuses (12) für ein Kraftfahrzeug, bei welchem mittels einer
Erfassungseinrichtung ein Bild (44) erfasst wird, welches die gesamte Ober-
fläche der Zylinderbohrung (14) abbildet, das Bild (44) in eine Vielzahl von
jeweilige Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder (46) unterteilt wird,
anhand der Pixel jedes Teilbilds (46) ein Profilkennwert (60) ermittelt wird,
welcher eine Querschnittsform der Rillen (28) in dem zugeordneten Segment
charakterisiert, überprüft wird, ob der Profil kenn wert (60) innerhalb vorge-
gebener Toleranzgrenzen für den Profilkennwert (60) liegt, festgestellt wird,
dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60)
innerhalb der Toleranzgrenzen liegt, und festgestellt wird, dass das untersuch-
te Segment nicht in Ordnung ist, wenn der Profil kenn wert (60) außerhalb
der Toleranzgrenzen liegt.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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)

- 5 Verfahren sowie System zum Überprüfen einer mit Rillen versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses für ein Kraftfahrzeug

10

- 15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein System zum Überprüfen einer mit Rillen versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses für ein Kraftfahrzeug.

Die DE 10 2019 111 947 A1 offenbart ein Verfahren zur Ermittlung einer die Oberflächenrauheit wenigstens einer Oberfläche eines Bauteils charakterisierenden Kennwerts. Bei dem Verfahren wird ein Erfassungsdatensatz ausgehend von mittels einer Erfassungseinrichtung erfassten Messwerten betreffend die Struktur der Oberfläche des Bauteils erzeugt. Mittels einer Filtervorschrift wird ein modifizierter Erfassungsdatensatz erzeugt. Mittels einer Summenvorschrift wird ein Summenwert auf absolute Messwerte erzeugt, insbesondere auf absolute Höhenwerte, des modifizierten Erfassungsdatensatzes. Bei dem Verfahren wird weiterhin eine Mittelwertvorschrift insbesondere betreffend die Bildung eines arithmetischen Mittels, auf den Summenwert zur Bildung eines die Oberflächenrauheit der wenigstens einer Oberfläche des Bauteils charakterisierenden Kennwerts angewandt.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Lösung zu schaffen welche ein besonders zuverlässiges Ermitteln von Fehlstellen einer bearbeiteten Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses ermöglicht.

- Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere mögliche Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren offenbart. Merkmale, Vorteile und mögliche Ausgestaltungen, die im Rahmen der Beschreibung für einen der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche dargestellt sind, sind zumindest analog als Merkmale, Vorteile und mögliche Ausgestaltungen des jeweiligen Gegenstands der anderen unabhängigen Ansprüche sowie jeder möglichen Kombination der Gegenstände der unabhängigen Ansprüche, gegebenenfalls in Verbindung mit einem oder mehr der Unteransprüche, anzusehen.
- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprüfen einer mit Rillen versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses für ein Kraftfahrzeug. Die Oberfläche der Zylinderbohrung ist mit den Rillen versehen, um eine besonders gute Haftung einer in einem späteren Verfahrensschritt auf die Oberfläche aufgetragenen Beschichtung zu ermöglichen. Die beschichtete Oberfläche der Zylinderbohrung des Kurbelgehäuses stellt
- 15 im Betrieb des Kurbelgehäuses eine Zylinderlauffläche für jeweilige Kolben eines Verbrennungsmotors bereit. Im Rahmen der Überprüfung wird somit festgestellt, ob die Oberfläche ein für das Ermöglichen der besonders guten Haftung der Beschichtung vorgesehenes Profil aufweist, bzw. das Profil der Oberfläche innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen liegt.
- 20 Bei dem Verfahren ist es vorgesehen, dass mittels einer Erfassungseinrichtung, insbesondere einer Kameraeinrichtung, ein Bild erfasst wird, welches die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung abbildet. Hierbei kann das Bild die Oberfläche der Zylinderbohrung in abgerollter und somit flacher Form darstellen. Die Oberfläche der Zylinderbohrung ist so-
- 25 mit in dem zweidimensionalen Bild abgebildet. Für das Aufzeichnen des Bilds kann die Kameraeinrichtung beispielsweise in axialer Richtung in die Zylinderbohrung eingefahren werden, mit ihrem Sichtbereich radial nach außen ausgerichtet werden und um 360° um die axiale Richtung der Zylinderbohrung gedreht werden, um die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung aufzuzeichnen. Bei dem Verfahren ist es weiterhin vorgesehen, dass das
- 30 Bild in eine Vielzahl von jeweilige Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder unterteilt wird. Hierbei können die jeweiligen Teilbilder insbesondere gleich groß ausgebildet sein. Jedes Teilbild bildet somit ein Segment der Oberfläche der Zylinderbohrung ab.
- Bei dem Verfahren ist es weiterhin vorgesehen, dass anhand der Pixel jedes Teilbilds ein
- 35 Profilkennwert ermittelt wird, welcher eine Querschnittsform der Rillen in dem zugeordne-

ten Segment charakterisiert. Das bedeutet, dass die Pixel jedes Teilbilds ausgewertet werden und anhand der Auswertung der Profilkennwert erstellt wird. Dieser Profilkennwert kann beispielsweise charakterisieren, wie breit die jeweiligen Rillen ausgebildet sind und/oder welchen Abstand die jeweiligen Rillen zueinander aufweisen und/oder ob die
5 jeweiligen Rillen hinterschnittig ausgebildet sind und/oder wie stark die jeweiligen Rillen hinterschnittig ausgebildet sind. Es wird weiterhin überprüft, ob der Profilkennwert innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen für den Profilkennwert liegt. Es können eine obere Toleranzgrenze und eine untere Toleranzgrenze vorgegeben sein. Es wird festgestellt, dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert innerhalb der To-
10 leranzgrenzen und somit zwischen der unteren Toleranzgrenze und der oberen Toleranzgrenze liegt oder der unteren Toleranzgrenze entspricht oder der oberen Toleranzgrenze entspricht. Wird festgestellt, dass der Profilkennwert außerhalb der Toleranzgrenzen liegt und somit größer als die obere Toleranzgrenze ist oder kleiner als die untere Toleranzgrenze ist, dann wird festgestellt, dass das untersuchte Segment nicht in Ordnung ist. Im
15 Rahmen des Verfahrens wird somit anhand der Pixel der Profilkennwert ermittelt und über den Vergleich des Profilkennwerts mit einem durch Toleranzgrenzen vorgegebenen Toleranzbereich festgestellt, ob das Segment in Ordnung ist und somit eine ausreichende Haftung der Beschichtung an der Oberfläche gewährleistet werden kann, oder das Segment nicht in Ordnung ist und eine ausreichende Haftung der Beschichtung an der Oberfläche nicht gewährleistet werden kann. Das Verfahren ermöglicht, dass die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung lückenlos daraufhin überprüft werden kann, ob das jeweilige Profil der Rillen in einem vorgegebenen Toleranzbereich liegt. Darüber hinaus kann die Oberfläche mittels des beschriebenen Verfahrens besonders einfach und schnell untersucht werden.

25

In einer möglichen Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass anhand der Pixel in dem Teilbild eine Öffnungsbreite jeweiliger Rillen ermittelt wird und eine Zahnbreite einer Kopffläche jeweiliger zwischen benachbarten Rillen angeordneter Zähne ermittelt wird. Der Profilkennwert wird als das mittlere Verhältnis von Öffnungsbreite zu Zahnbreite
30 ermittelt. Bei der Öffnungsbreite der Rillen handelt es sich somit um eine Lückenbreite der Rillen in der Oberfläche auf Kopfhöhe der Zähne. Die Oberfläche weist in axialer Richtung abwechselnd Zähne und Rillen auf. Das bedeutet, dass die Rillen von jeweiligen Zähnen begrenzt sind. Bei der Kopffläche der jeweiligen Zähne handelt es sich um diejenige Fläche der Zähne, welche radial zur Mittelachse der Zylinderbohrung hin vorspringt und somit die jeweiligen Zähne radial zu der Mittelachse der Zylinderbohrung hin begrenzt. Die
35

Zahnbreite der Zähne wird somit ebenfalls auf Kopfhöhe der Zähne gemessen. Infolgedessen ergibt sich aus der Summe der Öffnungsbreiten sämtlicher Rillen sowie der Zahnbreiten sämtlicher Zähne die Höhe der überprüften Oberfläche der Zylinderbohrung in axialer Richtung und somit in Längserstreckungsrichtung der Mittelachse der Zylinderbohrung. Die Öffnungsbreite einer Rille entspricht somit gleichzeitig dem Abstand zwischen den Kopfflächen der jeweiligen diese Rille begrenzenden Zähne, welche in axialer Richtung benachbart angeordnet sind. Der Profilkennwert beschreibt somit das durchschnittliche Verhältnis der jeweiligen Öffnungsbreiten der Rillen zu den jeweiligen Zahnbreiten der Zähne für das betrachtete Segment. Der Profilkennwert charakterisiert somit besonders präzise die Struktur der Oberfläche in dem jeweiligen Segment.

In diesem Zusammenhang kann es in einer Weiterbildung vorgesehen sein, dass jeweilige Pixel in dem Teilbild zeilenweise untersucht werden und anhand jeweiliger Grauwerte der Pixel einer Zeile ermittelt wird, ob die jeweilige Zeile eine Rille oder einen Zahn abbildet. Die jeweiligen Zeilen verlaufen insbesondere in Umfangsrichtung der Zylinderbohrung. Insbesondere verlaufen die jeweiligen Zeilen zumindest im Wesentlichen parallel zur Längserstreckungsrichtung der Zähne bzw. der Rillen. Um die Öffnungsbreite der jeweiligen Rillen beziehungsweise die Zahnbreite der jeweiligen Zähne anhand der Pixel in dem Teilbild ermitteln zu können, ist es relevant zu wissen, welche der Pixel einem jeweiligen Zahn und welche der Pixel einer jeweiligen Rille zuzuordnen sind. Um diese Zuordnung zu erhalten, werden die Pixel in dem Teilbild zeilenweise betrachtet. Insbesondere ist jede betrachtete Zeile einen Pixel breit in axialer Richtung der Zylinderbohrung. Hierdurch kann für jede Pixelzeile präzise bestimmt werden, ob diese Pixelzeile der Kopffläche eines Zahns oder der Öffnung der Rille zuzuordnen ist. Für diese Zuordnung werden sämtliche Pixel der betrachteten Zeile hinsichtlich ihrer Grauwerte untersucht. Es werden somit die Grauwerte sämtlicher Pixel einer Zeile ausgewertet, um festzustellen, ob die Zeile eine Kopffläche eines Zahns oder eine Öffnung einer Rille darstellt. Anhand der Grauwerte der jeweiligen Pixel einer Zeile kann mit besonders großer Zuverlässigkeit und besonders präzise festgestellt werden, ob diese Pixelzeile einem Zahn oder der Öffnung einer Rille zuzuordnen ist. Aus dem Wissen, welche der Zeilen einen jeweiligen Zahn und welche der Zeilen eine jeweilige Öffnung einer Rille darstellen, können die Zahnbreite und die Öffnungsbreite besonders präzise bestimmt werden.

In diesem Zusammenhang kann es in einer Weiterbildung vorgesehen sein, dass aus den Grauwerten der Pixel einer Zeile mehrere Kennwerte ermittelt werden und für jede Zeile

ein die Kennwerte charakterisierender Zeilenpunkt in ein mehrdimensionales Koordinatensystem eingetragen wird. Das Koordinatensystem weist so viele Dimensionen auf, wie Kennwerte für die Zeile ermittelt werden. Der eine die jeweilige betrachtete Zeile repräsentierende Zeilenpunkt, welcher in das mehrdimensionale Koordinatensystem eingetragen ist, charakterisiert somit gleichzeitig sämtliche Kennwerte dieser Zeile. In dieses mehrdimensionale Koordinatensystem werden die Zeilenpunkte sämtlicher Zeilen des betrachteten Teilbilds eingetragen und einer Clusteranalyse unterzogen. Bei dieser Clusteranalyse werden ein jeweilige Zähne repräsentierender Zahncluster und ein jeweilige Rillen repräsentierender Rillencluster ermittelt. Es wird festgestellt, dass sämtliche Zeilen, deren Zeilenpunkte dem Zahncluster zugeordnet sind, jeweilige Zähne darstellen. Jeweilige Zeilen, deren Zeilenpunkte dem Rillencluster zugeordnet sind, stellen jeweilige Rillen dar, insbesondere die Öffnung der jeweiligen Rille. Bei dem Verfahren wird jedes Segment hinsichtlich der Zuordnung der jeweiligen Zeilen zu Zähnen beziehungsweise zu Rillen separat betrachtet. Dadurch, dass für jedes Segment eine eigene Clusteranalyse durchgeführt wird, kann vermieden werden, dass beispielsweise aufgrund von Helligkeitsunterschieden unterschiedlicher untersuchter Segmente zueinander eine falsche Zuordnung jeweiliger Zeilen als Zahn beziehungsweise als Rille erfolgt. Die Zuordnung der jeweiligen Pixelzeilen als einen Zahn darstellend beziehungsweise als die Öffnung einer Rille darstellend erfolgt somit mit besonders großer Präzision.

In diesem Zusammenhang kann es insbesondere vorgesehen sein, dass als Kennwerte ein Mittelwert der Grauwerte und/oder eine Varianz der Grauwerte und/oder eine Schiefe der Verteilung der Grauwerte und/oder eine Wölbung der Verteilung der Grauwerte und/oder ein Minimum der Grauwerte und/oder ein Maximum der Grauwerte und/oder eine Dezile der Grauwerte einer gemeinsamen Zeile ermittelt wird. Insgesamt können beispielsweise 15 Kennwerte für jede der Zeilen ermittelt werden. Je mehr Kennwerte für das Auswerten der Grauwerte der Pixel einer Zeile herangezogen werden, desto präziser kann die Abgrenzung der jeweiligen Zeilenpunkte in dem Koordinatensystem hinsichtlich des Zahnclusters und des Rillenclusters erfolgen. Das bedeutet, dass der Zahncluster und der Rillencluster in dem Koordinatensystem deutlicher voneinander abgetrennt sind, je mehr Kennwerte für die Auswertung der Pixel der jeweiligen Zeilen herangezogen werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Schärfe und/oder der Kontrast der jeweiligen Teilbilder angepasst werden, bevor die Pixel des

jeweiligen Teilbilds ausgewertet werden. Durch das Anpassen der Schärfe beziehungsweise des Kontrasts der jeweiligen Teilbilder kann eine Normierung der Teilbilder erfolgen. Hierdurch können beispielsweise Beleuchtungsunterschiede in den unterschiedlichen Teilbildern ausgeglichen werden. Infolgedessen können für das Auswerten der jeweiligen Pixel der Teilbilder besonders ähnliche Voraussetzungen geschaffen werden. Infolgedessen ist die Auswertung der jeweiligen Teilbilder besonders gut miteinander vergleichbar und somit in Bezug zueinander zu setzen.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Rillen eine hinterschnittige Form, insbesondere eine Schwalbenschanzform, im Profil bei einem Längsschnitt durch eine Wand der Zylinderbohrung aufweisen. Hierbei verläuft die Schnitteben des Längsschnitts in axialer sowie in radialer Richtung. Die Rillen sind durch Einbringen von Nuten in die Oberfläche der Zylinderbohrung sowie Umformen der Nuten erzeugt worden. Die Nuten können beispielsweise in die Oberfläche der Zylinderbohrung gefräst werden. Anschließend können die Nuten im Rahmen eines Rolliervorgangs beispielsweise mittels einer Rollierrolle umgeformt werden. Durch das Umformen der Nuten ergibt sich die hinterschnittige Form der Rillen. Die Öffnung der jeweiligen Rillen weist somit eine geringere Breite auf als ein Rillenboden der jeweiligen Rillen. Mit anderen Worten weisen die jeweiligen Zähne an deren Kopffläche eine größere Breite auf als an deren jeweiliger Basis in axialer Richtung. Anhand des jeweiligen Profilkennwerts wird ermittelt, ob in dem jeweiligen Segment die Umformung ausreichend ist. Die Umformung ist in Ordnung, wenn der Profilkennwert innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Die Umformung ist nicht in Ordnung, wenn der Profilkennwert außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Bei dem Umformen der Nuten bleibt eine Breite des Rillenbodens der jeweiligen Nuten in axialer Richtung gleich, es wird lediglich die Öffnungsbreite der jeweiligen Nuten verschmälert, um den Hinterschnitt auszubilden. Das bedeutet, dass die jeweiligen Zähne bei dem Umformen an ihrer der Mittelachse der Zylinderbohrung zugewandten Kopffläche in axialer Richtung verbreitert werden, wobei eine in axialer Richtung verlaufende Breite der Basis der jeweiligen Zähne gleich bleibt. Ist somit die Breite des jeweiligen Rillenbodens der Rillen beziehungsweise der jeweiligen Basis der Zähne in axialer Richtung bekannt und wird anhand der Teilbilder über die jeweiligen Pixel die Öffnungsbreite der jeweiligen Rillen beziehungsweise die Zahnbreite der jeweiligen Zähne ermittelt, dann kann festgestellt werden, ob die Zähne ausreichend umgeformt worden sind beziehungsweise die Rillen eine ausreichend hinterschnittige Form aufweisen. Liegt der Profilkennwert innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen, dann wird festgestellt,

dass die Umformung der Zähne beziehungsweise die hinterschnittige Ausgestaltung der Rillen ausreichend ist. Die hinterschnittige Form der Rillen ermöglicht, dass die im Nachgang auf die Oberfläche der Zylinderbohrung aufgebrachte Beschichtung sich in den Rillen der Oberfläche verhaken kann, wodurch die Beschichtung besonders sicher an der Oberfläche der Zylinderbohrung gehalten ist. Insbesondere füllt die Beschichtung die hinterschnittige Form der Rillen aus und hintergreift somit die Zähne der Oberfläche der Zylinderbohrung.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass aus sämtlichen untersuchten Segmenten das Segment mit dem am weitesten außerhalb des Toleranzbereichs liegenden Profilkennwert ausgewählt wird und mittels einer Lasereinrichtung die Rillen an der Oberfläche der Zylinderbohrung zumindest in diesem Segment mittels eines Laserstrahls abgetastet werden. Hierbei kann die Oberfläche der Zylinderbohrung in axialer Richtung mittels des Laserstrahls abgetastet werden, wobei der Laserstrahl durch das ausgewählte Segment hindurchbewegt wird. Mittels des Laserstrahls erfolgt somit eine nachgelagerte Überprüfung desjenigen Segments der Oberfläche der Zylinderbohrung, welche als am stärksten von dem vorgegebenen Toleranzbereich abweichend festgestellt worden ist. Mittels des Laserstrahls kann das Profil der Oberfläche der Zylinderbohrung mit besonders großer Präzision ermittelt werden. Ein vollständiges Abtasten der gesamten Oberfläche der Zylinderbohrung mit dem Laserstrahl würde jedoch besonders viel Zeit in Anspruch nehmen, da der Laserstrahl über die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung geführt werden müsste. Das beschriebene Verfahren ermöglicht somit, dass anhand des aufgezeichneten Bilds eine grobe Voruntersuchung der Oberfläche der Zylinderbohrung erfolgen kann und wenn festgestellt wird, dass wenigstens eines der Segmente mit seinem Profilkennwert von dem vorgegebenen Toleranzbereich abweicht, insbesondere stark abweicht, zumindest dieses Segment mittels der Lasereinrichtung genauer untersucht wird. Das Verfahren ermöglicht somit, dass die Oberfläche der Zylinderbohrung besonders schnell untersucht werden kann und potenzielle Fehlstellen der Oberfläche der Zylinderbohrung besonders präzise mittels der Lasereinrichtung der Nachprüfung unterzogen werden können. Die besonders präzise Untersuchung der Oberfläche der Zylinderbohrung wird somit lediglich in Bereichen durchgeführt, für welche im Rahmen der Voruntersuchung anhand des Bilds festgestellt worden ist, dass in diesem Bereich eine Fehlstelle vorliegen könnte beziehungsweise vorliegt.

In einer weiteren möglichen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Darstellung erzeugt und mittels einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben wird, in welcher die ermittelten Profilkennwerte sämtlicher Segmente sowie die Position sämtlicher Segmente relativ zueinander dargestellt sind. In der Darstellung können somit die jeweiligen

5 Profilkennwerte derart relativ zueinander angeordnet werden, wie die zugehörigen Segmente an der Oberfläche der Zylinderbohrung relativ zueinander angeordnet sind. Hierdurch kann besonders einfach erkannt werden, welcher Profilkennwert welchem Segment der Oberfläche der Zylinderbohrung zugeordnet ist. Hierbei können die jeweiligen Profilkennwerte beispielsweise in Form eines Zahlenwerts ausgegeben werden. Alternativ oder

10 zusätzlich können die jeweiligen Profilkennwerte farblich gekennzeichnet werden, wodurch als Darstellung eine Art Heat Map erzeugt wird. In dieser Heat Map können zueinander unterschiedlichen Profilkennwerten unterschiedliche Farben und zueinander gleichen Profilkennwerten gleiche Farben zugeordnet sein. Beispielsweise können jeweiligen ansteigenden Profilkennwerten graduell ansteigend unterschiedliche Farben zugeordnet sein. Über die Farbausprägung der Darstellung kann eine Person somit besonders

15 einfach und schnell einen Überblick über die Profilkennwerte der jeweiligen Segmente, insbesondere einen Überblick über die Profilkennwerte der jeweiligen Bereiche der Oberfläche der Zylinderbohrung erhalten. In der Darstellung kann zusätzlich farblich gekennzeichnet sein, beispielsweise über eine Farbwahl oder über eine Intensität der jeweiligen

20 farbigen Darstellung, bei welchem der Segmente der ermittelte Profilkennwert außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Über die farbliche Gestaltung kann die Person in der Darstellung somit besonders einfach erkennen, welche Segmente im Rahmen der Überprüfung als nicht in Ordnung festgestellt worden sind und welche Segmente im Rahmen der Überprüfung als in Ordnung festgestellt worden sind. Die Person kann somit be-

25 sondern einfach darüber informiert werden, in welchem Bereich der Oberfläche der Zylinderbohrung eine Fehlstelle vorliegen könnte beziehungsweise vorliegt. Infolgedessen kann die Person diesen Bereich der Oberfläche der Zylinderbohrung einer zusätzlichen visuellen Überprüfung beispielsweise durch die Person selber unterziehen und somit bestätigen oder widerlegen, dass in diesem Bereich der Oberfläche tatsächlich eine Feh-

30 stelle vorliegt. Mittels der Darstellung kann somit eine Person bei einer Nachüberprüfung der Oberfläche der Zylinderbohrung unterstützt werden, sodass die Nachüberprüfung durch die Person besonders schnell durchgeführt werden kann.

Weist eine Zylinderbohrung wenigstens ein als nicht in Ordnung gekennzeichnetes Segment auf beziehungsweise ist von der Person oder der Lasereinrichtung eine Fehlstelle

35

an der Oberfläche der Zylinderbohrung festgestellt worden, dann kann die Oberfläche dieser Zylinderbohrung nachbearbeitet werden oder das diese Zylinderbohrung aufweisende Kurbelgehäuse aussortiert werden, um eine Gefahr einer Auslieferung eines fehlerhaften Kurbelgehäuses an einen Kunden besonders gering zu halten.

5

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein System zum Überprüfen einer mit Rillen versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses für ein Kraftfahrzeug. Das Kurbelgehäuse ist insbesondere Teil eines Verbrennungsmotors des Kraftfahrzeugs. Der Verbrennungsmotor des Kraftfahrzeugs ist dazu eingerichtet, das Kraftfahrzeug durch
10 Verbrennen eines Kraftstoffs anzutreiben. Das System umfasst eine Erfassungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, ein Bild zu erfassen, welches die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung abbildet. Darüber hinaus umfasst das System eine elektronische Recheneinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, das Bild in eine Vielzahl von jeweilige
15 Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder zu unterteilen, anhand der Pixel jedes Teilbilds einen Profilkennwert zu ermitteln, welcher eine Querschnittsform der Rillen in dem zugeordneten Segment charakterisiert, zu überprüfen, ob der Profilkennwert innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen für den Profilkennwert liegt und festzustellen, dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt sowie festzustellen, dass das untersuchte Segment nicht in
20 Ordnung ist, wenn festgestellt wird, dass der Profilkennwert außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Das System ist somit dazu eingerichtet, das im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Überprüfen einer mit Rillen versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses eines Kraftfahrzeugs beschriebene Verfahren durchzuführen. Gegebenenfalls kann das System zusätzlich die Lasereinrichtung umfassen.
25

Weitere Merkmale der Erfindung können sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung ergeben. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung und/oder
30 in den Figuren allein gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

35

- Fig. 1 ein Verfahrensschema für ein Einbringen von Rillen in eine Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Kurbelgehäuses eines Kraftfahrzeugs;
- Fig. 2 ein Verfahrensschema für ein Überprüfen der die Rillen aufweisenden Oberfläche der Zylinderbohrung auf Fehlstellen; und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der Ergebnisse der Überprüfung der Rillen an der Oberfläche der Zylinderbohrung.
- 10 In den Figuren sind gleiche und funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.
- In Fig. 1 ist ein Verfahrensschema zum Einbringen von Rillen 28 in eine Oberfläche einer Zylinderbohrung 14 eines Kurbelgehäuses 10 eines Kraftfahrzeugs dargestellt. Im Rahmen dieses Verfahrens wird in das Kurbelgehäuse 10 mittels eines Schneidwerkzeugs 12 eine Zylinderbohrung 14 eingebracht. Anschließend werden mit einem Fräswerkzeug 16 jeweilige Nuten 18 in eine die Zylinderbohrung 14 begrenzende Wandung des Kurbelgehäuses 10 eingebracht. Hierbei verlaufen die jeweiligen Nuten 18 ringförmig um eine Mittelachse 20 der Zylinderbohrung 14. Die Nuten 18 verlaufen somit mit ihrer Längserstreckungsrichtung in Umfangsrichtung der Zylinderbohrung 14. Jeweilige zueinander benachbarte Nuten 18 sind durch einen in axialer Richtung dazwischen angeordneten Zahngrundkörper 22 voneinander getrennt.
- Anschließend wird ein Rollierwerkzeug 24 in die Zylinderbohrung 14 hineinbewegt und mittels des Rollierwerkzeugs 24 werden die Zahngrundkörper 22 zu jeweiligen Zähnen 26 umgeformt. Durch das Umformen der Zahngrundkörper 22 zu den Zähnen 26 werden die Nuten 18 zu hinterschnittigen Rillen 28 umgeformt. Die Rillen 28 können insbesondere im in axialer Richtung der Zylinderbohrungen 14 verlaufenden Querschnitt eine schwalbenschwanzförmige Kontur aufweisen. Hierbei entspricht ein Rillenboden 30 der jeweiligen Rillen 28 in seiner Breite in axialer Richtung einer Breite der zugeordneten, zu dieser Rille 28 umgeformten Nut 18 in axialer Richtung. Die axiale Richtung fällt mit der Erstreckungsrichtung der Mittelachse 20 der Zylinderbohrung 14 zusammen. Die Breite 32 der jeweiligen Nut 18 entspricht dem Abstand jeweiliger zueinander benachbarter, die Nut 18 in axialer Richtung zu gegenüberliegenden Seiten begrenzender Zahngrundkörper 22. Eine Breite der Basis 34 der jeweiligen Zähne 26 in axialer Richtung entspricht der Breite 36

der Zahngrundkörper 22 in axialer Richtung. Durch das Umformen der jeweiligen Zahngrundkörper 22 zu den jeweiligen Zähnen 26, weisen die Zähne 26 an ihren Kopfflächen 38 eine größere Zahnbreite 40 auf als die Breite 36 des zugeordneten Zahngrundkörpers 22 in axialer Richtung. Im Bereich der Kopffläche 38 sind somit die jeweiligen Zähne 26 in axialer Richtung durch das Umformen, insbesondere das Rollieren, verbreitert im Vergleich zu den jeweiligen Zahngrundkörpern 22. Infolgedessen ist eine Öffnungsbreite 42 der jeweiligen Rillen 28 in axialer Richtung schmaler als die Breite 32 der Nuten 18. Wenn die jeweiligen Breiten 32, 36 der Nuten 18 sowie der Zahngrundkörper 22 bekannt sind, dann kann anhand jeweiliger ermittelter Zahnbreiten 40 sowie Öffnungsbreiten 42 ermittelt werden, wie sehr die jeweiligen Zahngrundkörper 22 beim Umformen zu den Zähnen 26 umgeformt worden sind. Es kann infolgedessen eine Stärke der Umformung ermittelt werden.

Das Ausbilden der hinterschnittigen Rillen 28 ermöglicht, dass eine anschließend auf die Oberfläche der Zylinderbohrung 14 aufgetragene Beschichtung besonders gut an der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 haftet, insbesondere durch Eingreifen in die jeweiligen Hinterschnitte der Rillen 28. Sind die Rillen 28 nicht ausreichend hinterschnittig umgeformt, dann kann es zum Ablösen der Beschichtung kommen. Es ist somit wünschenswert, jeweilige Zylinderbohrungen, welche Bereiche aufweisen, in welchen eine ausreichende Umformung der Zahngrundkörper 22 zu den Zähnen 26 nicht stattgefunden hat, bereits vor dem Beschichten zu identifizieren und auszusortieren oder nachzubearbeiten.

In Fig. 2 ist ein Verfahrensschema für ein Verfahren zum Überprüfen der mit den Rillen 28 versehenen Oberfläche der Zylinderbohrung 14 des Kurbelgehäuses 10 für ein Kraftfahrzeug schematisch dargestellt.

Bei dem Verfahren ist es vorgesehen, dass mittels einer Erfassungseinrichtung, insbesondere mittels einer Kameraeinrichtung, ein Bild 44 erfasst wird, welches die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung 14 abbildet. In Fig. 2 ist die Oberfläche der Zylinderbohrung 14 um die Mittelachse 20 abgewickelt zweidimensional dargestellt. Das Bild 44 wird in eine Vielzahl von jeweilige Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder 46 unterteilt. In Fig. 2 sind aus Übersichtlichkeitsgründen lediglich einzelne der Teilbilder 46 mit den zugehörigen Bezugszeichen versehen. Jedes der Teilbilder 46 bildet eine Vielzahl an Rillen 28 und Zähne 26 ab. Im Rahmen des Verfahrens ist es nun vorgesehen, dass anhand

der Pixel jedes Teilbilds 46 ein Profilkennwert 60 ermittelt wird, welcher eine Querschnittsform der Rillen 28 in dem zugeordneten Segment charakterisiert.

Um anhand der Pixel des jeweiligen Teilbilds 46 den Profilkennwert 60 für das jeweilige
5 Segment zu ermitteln, wird wie im Folgenden beschrieben vorgegangen. In jedem Teilbild
46 werden die Pixel zeilenweise untersucht, wobei die jeweiligen Zeilen in Umfangsrich-
tung der Zylinderbohrung 14 verlaufen. Jede untersuchte Zeile ist vorliegend einen Pixel
breit, wobei die Breite der jeweiligen Zeilen in axialer Richtung der Zylinderbohrung 14
verläuft. Es wird anhand jeweiliger Grauwerte der Pixel einer Zeile untersucht, ob diese
10 Zeile die Öffnung einer Rille 28 oder die Kopffläche 38 eines Zahns 26 darstellt. Aus den
Grauwerten der jeweiligen Pixel einer Zeile werden mehrere statistische Kennwerte ermit-
telt. Vorliegend werden insbesondere 15 statistische Kennwerte für die Grauwerte der
Pixel jeder Zeile ermittelt. Anschließend wird für jede Zeile ein sämtliche statistischen
Kennwerte charakterisierender Zeilenpunkt 50 in ein mehrdimensionales Koordinatensys-
15 tem 48 eingetragen. Das mehrdimensionale Koordinatensystem 48 umfasst vorliegend 15
Dimensionen und somit für jeden berechneten Kennwert eine. Die Zeilenpunkte 50 für
jede untersuchte Zeile des untersuchten Teilbilds 46 werden in das gemeinsame Koordi-
natensystem 48 eingetragen. Anschließend erfolgt eine Clusteranalyse der Zeilenpunkte
50. Anhand der jeweiligen Positionen der Zeilenpunkte 50 in dem Koordinatensystem 48
20 werden somit zwei Cluster festgelegt, ein Zahncluster 52 und ein Rillencluster 54. Es wird
festgestellt, dass sämtliche Zeilen, deren Zeilenpunkte 50 dem Zahncluster 52 zugeordnet
sind, jeweilige Zähne 26, insbesondere jeweilige Kopfflächen 38 von Zähnen 26, darstel-
len und sämtliche Zeilen, deren Zeilenpunkte 50 dem Rillencluster 54 zugeordnet sind,
jeweilige Rillen 28, insbesondere jeweilige Öffnungen von Rillen 28, darstellen.

25

Als Kennwerte können insbesondere ein Mittelwert und/oder eine Varianz und/oder eine
Schiefe der Verteilung und/oder eine Wölbung der Verteilung und/oder ein Minimum
und/oder ein Maximum und/oder eine Dezile der Grauwerte der Pixel der betrachteten
Zeile ermittelt werden. Um reproduzierbare Bedingungen für die Auswertung sämtlicher
30 Teilbilder 46 zu erreichen, kann es vorgesehen sein, dass die jeweiligen untersuchten
Teilbilder 46 hinsichtlich Schärfe und/oder Kontrast angepasst werden, bevor die Pixel
des jeweiligen Teilbilds 46 ausgewertet werden. Hierbei kann das gesamte Bild 44 in
Schärfe und/oder Kontrast angepasst werden oder die jeweiligen Teilbilder 46 können
separat zueinander in Schärfe und/oder Kontrast angepasst werden.

35

Anhand der Information, ob eine jeweilige Zeile die Kopffläche 38 eines Zahns 26 oder die Öffnung einer Rille 28 darstellt, kann anhand der Pixel die Öffnungsbreite 42 der jeweiligen Rillen 28 sowie die jeweilige Zahnbreite 40 der jeweiligen Kopffläche 38 der Zähne 26 ermittelt werden. Aus einem Durchschnitt des Verhältnisses der jeweiligen Öffnungsbreiten 42 zu den jeweiligen Zahnbreiten 40 kann der Profilkennwert 60 ermittelt werden und somit auf das Profil 56 und insbesondere den Grad der Umformung in dem jeweiligen durch das betrachtete Teilbild 46 repräsentierten Segment geschlossen werden. Der Profilkennwert 60 beschreibt somit wie stark die durchschnittliche Umformung in dem jeweiligen anhand des zugeordneten Teilbilds 46 betrachteten Segment ist. Anhand des jeweiligen Profilkennwerts 60 der Segmente kann ermittelt werden, ob in dem jeweiligen Segment die Umformung ausreichend ist, wobei die Umformung als in Ordnung festgestellt wird, wenn der Profilkennwert 60 innerhalb von vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt und die Umformung als nicht in Ordnung festgestellt wird, wenn der Profilkennwert 60 außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Es wird somit festgestellt, dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert 60 innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt, und festgestellt, dass das untersuchte Segment nicht in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert 60 außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Als untere Toleranzgrenze kann beispielsweise vorgegeben sein, dass das Verhältnis von Öffnungsbreite 42 zu Zahnbreite 40 52:48 sein soll. Als obere Toleranzgrenze kann vorgegeben sein, dass das Verhältnis von Öffnungsbreite 42 zu Zahnbreite 40 28:72 sein soll. Ohne Verformung der Zahngrundkörper 22 würde das Verhältnis der Öffnungsbreite 42 zu der Zahnbreite 40 vorliegend 60:40 betragen.

In Fig. 3 ist eine Darstellung 58 gezeigt, welche anhand der für die jeweiligen Segmente ermittelten Profilkennwerte 60 erstellt worden ist und welche mittels einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben werden kann. Den jeweiligen Segmenten zugeordnete Profilkennwerte 60 sind in der Darstellung 58 entsprechend der relativen Anordnung der Segmente an der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 relativ zueinander angeordnet. Es kann somit über die Darstellung 58 besonders einfach erkannt werden, welches Segment der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 welchen Profilkennwert 60 aufweist. In der Darstellung 58 können zusätzlich jeweilige Profilkennwerte 60, welche außerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs liegen, durch Auswählen einer Helligkeit jeweiliger die Segmente repräsentierender Felder und/oder einer Farbe dieser Felder im Vergleich zu jeweiligen Feldern, welche Profilkennwerten 60 zugeordnet sind, die innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs liegen, abgesetzt sein. In Fig. 3 sind in der Darstellung 58 diejenigen Felder, welche jewei-

gen Segmenten zugeordnet sind, für welche ein Profilkennwert 60 ermittelt worden ist, der außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt, dunkler dargestellt, als diejenigen Felder, die Segmenten zugeordnet sind, für welche ein jeweiliger Profilkennwert 60 ermittelt worden ist, welcher innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt. Es kann somit
5 in der in Fig. 3 gezeigten Darstellung 58 anhand der Einfärbung der Felder beziehungsweise anhand der Helligkeit der Felder besonders schnell erkannt werden, ob die zugeordneten Segmente in Ordnung sind oder nicht in Ordnung sind.

Ist wenigstens eines der Segmente der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 als nicht in
10 Ordnung festgestellt worden, dann kann zumindest dieses Segment mittels eines von einer Lasereinrichtung bereitgestellten Laserstrahls abgetastet und hierdurch einer genaueren Überprüfung unterzogen werden. Wird für mehrere Segmente ermittelt, dass diese nicht in Ordnung sind, da der zugeordnete ermittelte Profilkennwert 60 außerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen liegt, dann kann aus sämtlichen Segmenten das
15 Segment mit dem am weitesten außerhalb des Toleranzbereichs liegenden Profilkennwert 60 ausgewählt werden und mittels der Lasereinrichtung die Rillen 28 an der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 zumindest in diesem Segment mittels des Laserstrahls abgetastet werden. Es erfolgt somit eine Nachbewertung durch die Lasereinrichtung an einer kritischsten Stelle der Oberfläche der Zylinderbohrung 14.

20

Das Auswerten der Teilbilder 46 sowie das beschriebene Ermitteln der Profilkennwerte 60 für jede der durch die jeweiligen Teilbilder 46 repräsentierten Segments kann insbesondere mittels einer künstlichen Intelligenz, insbesondere mittels eines künstlichen neuronalen Netzes durchgeführt werden.

25

Das beschriebene Verfahren zum Überprüfen der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 ermöglicht, dass die Oberfläche der Zylinderbohrung 14 vollständig erfasst, ausgewertet und entsprechende Abweichungen im Profil der Oberfläche der Zylinderbohrung 14 visuell zur Anzeige gebracht werden können.

30

Bei dem beschriebenen Verfahren handelt es sich um eine Assistenzfunktion zur Visualisierung von kritischen Oberflächenbereichen an rollierten Zylinderbohrungen 14.

Bezugszeichenliste

5	10	Kurbelwellengehäuse
	12	Schneidwerkzeug
	14	Zylinderbohrung
	16	Fräswerkzeug
	18	Nut
10	20	Mittelachse
	22	Zahngrundkörper
	24	Rollierwerkzeug
	26	Zahn
	28	Rille
15	30	Rillenboden
	32	Nutbreite
	34	Breite der Zahnbasis
	36	Breite des Zahngrundkörpers
	38	Kopffläche
20	40	Zahnbreite
	42	Öffnungsbreite
	44	Bild
	46	Teilbild
	48	Koordinatensystem
25	50	Zeilenpunkt
	52	Zahncluster
	54	Rillencluster
	56	Profil
	58	Darstellung
30	60	Profilkennwert

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Überprüfen einer mit Rillen (28) versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung (14) eines Kurbelgehäuses (12) für ein Kraftfahrzeug, bei welchem
- mittels einer Erfassungseinrichtung ein Bild (44) erfasst wird, welches die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung (14) abbildet,
 - das Bild (44) in eine Vielzahl von jeweilige Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder (46) unterteilt wird,
 - anhand der Pixel jedes Teilbilds (46) ein Profilkennwert (60) ermittelt wird, welcher eine Querschnittsform der Rillen (28) in dem zugeordneten Segment charakterisiert,
 - überprüft wird, ob der Profilkennwert (60) innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen für den Profilkennwert (60) liegt,
 - festgestellt wird, dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60) innerhalb der Toleranzgrenzen liegt, und festgestellt wird, dass das untersuchte Segment nicht in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60) außerhalb der Toleranzgrenzen liegt.
- 10
- 15
- 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- anhand der Pixel in dem Teilbild (46) eine Öffnungsbreite (42) jeweiliger Rillen (28) ermittelt wird, eine Zahnbreite (40) einer Kopffläche (38) jeweiliger zwischen benachbarten Rillen (28) angeordneter Zähne (26) ermittelt wird und der Profilkennwert (60) das mittlere Verhältnis von Öffnungsbreite (42) zu Zahnbreite (40) ist.
- 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- 30
- jeweilige Pixel in dem Teilbild (46) zeilenweise untersucht werden und anhand jeweiliger Grauwerte der Pixel einer Zeile ermittelt wird, ob die jeweilige Zeile eine Rille (28) oder einen Zahn (26) abbildet.
- 35
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- aus den Grauwerten der jeweiligen Pixel einer Zeile mehrere Kennwerte ermittelt werden, für jede Zeile ein die Kennwerte charakterisierender Zeilenpunkt (50) in ein mehrdimensionales Koordinatensystem (48) eingetragen wird, die Zeilenpunkte (50) sämtlicher Zeilen des Teilbilds (46) in dem Koordinatensystem (48) einer Clusteranalyse unterzogen werden, bei welcher ein Zahncluster (52) und ein Rillencluster (54) ermittelt werden und festgestellt wird, dass sämtliche Zeilen, deren Zeilenpunkte (50) dem Zahncluster (52) zugeordnet sind, jeweilige Zähne (26) abbilden, und sämtliche Zeilen, deren Zeilenpunkte (50) dem Rillencluster (54) zugeordnet sind, jeweilige Rillen (28) abbilden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Kennwerte mehrere der folgenden ermittelt werden:
- Mittelwert;
 - Varianz;
 - Schiefe der Verteilung;
 - Wölbung der Verteilung;
 - Minimum;
 - Maximum;
 - Dezile.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schärfe und/oder der Kontrast der jeweiligen Teilbilder (46) angepasst werden, bevor die Pixel des jeweiligen Teilbilds (46) ausgewertet werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rillen (28) eine hinterschnittige Form aufweisen und durch Einbringen von Nuten (18) in die Oberfläche und Umformen der Nuten (18) erzeugt worden sind, und dass anhand des jeweiligen Profilkennwerts (60) ermittelt wird, ob in dem jeweiligen Segment die Umformung ausreichend ist, wobei die Umformung in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60) innerhalb der Toleranzgrenzen liegt, und die Umformung nicht in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60) außerhalb der Toleranzgrenzen liegt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus sämtlichen Segmenten das Segment mit dem am weitesten außerhalb des
Toleranzbereichs liegenden Profilkennwert (60) ausgewählt wird und mittels einer
Lasereinrichtung die Rillen (28) an der Oberfläche der Zylinderbohrung (14) zu-
mindest in dem Segment mittels eines Laserstrahls abgetastet werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Darstellung (58) erzeugt und mittels einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben
wird, in welcher die ermittelten Profilkennwerte (60) sämtlicher Segmente sowie
die Position sämtlicher Segmente relativ zueinander dargestellt sind.
10. System zum Überprüfen einer mit Rillen (28) versehenen Oberfläche einer Zylinderbohrung (14) eines Kurbelgehäuses (12) für ein Kraftfahrzeug, mit
- einer Erfassungseinrichtung, welche dazu eingerichtet ist, ein Bild (44) zu erfassen, welches die gesamte Oberfläche der Zylinderbohrung (14) abbildet, und
 - einer elektronischen Recheneinrichtung, welche dazu eingerichtet ist,
 - o das Bild (44) in eine Vielzahl von jeweilige Segmente der Oberfläche abbildende Teilbilder (46) zu unterteilen,
 - o anhand der Pixel jedes Teilbilds (46) einen Profilkennwert (60) zu ermitteln, welcher eine Querschnittsform der Rillen (28) in dem zugeordneten Segment charakterisiert,
 - o zu überprüfen, ob der Profilkennwert (60) innerhalb vorgegebener Toleranzgrenzen für den Profilkennwert (60) liegt,
 - o festzustellen, dass das untersuchte Segment in Ordnung ist, wenn der Profilkennwert (60) innerhalb der Toleranzgrenzen liegt, und festzustellen, dass das untersuchte Segment nicht in Ordnung ist, wenn festgestellt wird, dass der Profilkennwert (60) außerhalb der Toleranzgrenzen liegt.

1/3

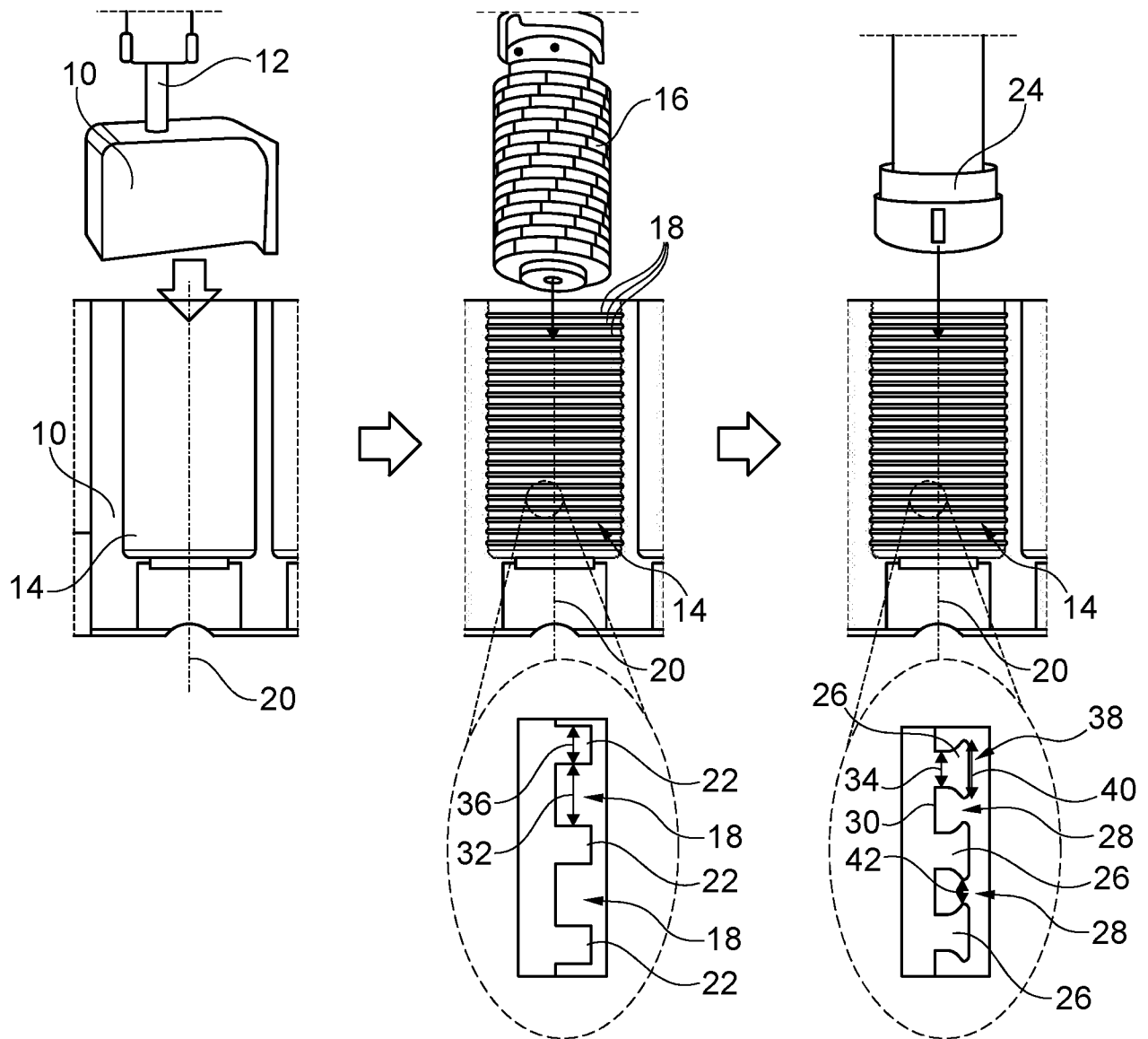


Fig. 1

2/3

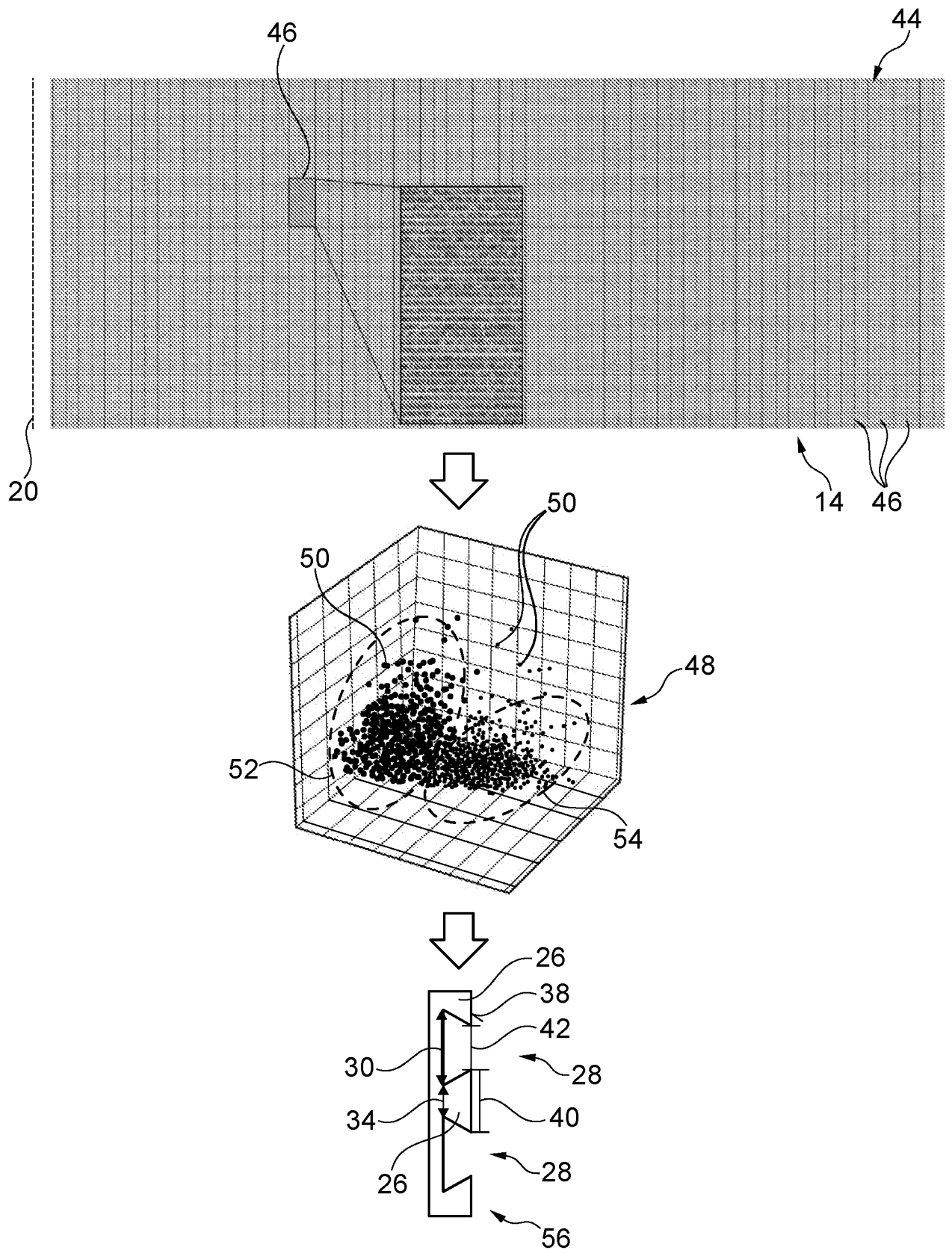


Fig. 2

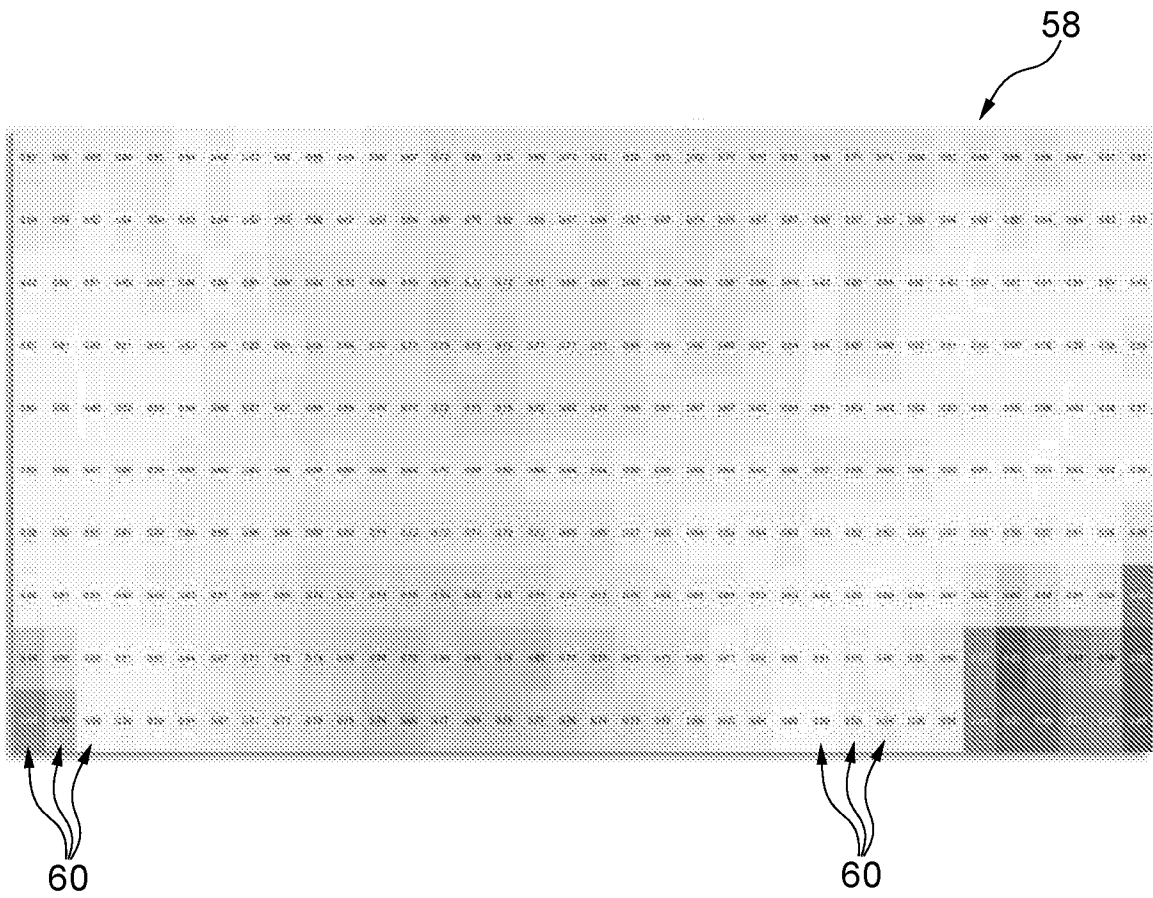


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2024/100213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06T 7/00**(2017.01)i

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)

G06T

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 A	US 2012062728 A1 (OIKAWA SATOSHI [JP] ET AL) 15 March 2012 (2012-03-15) abstract, paragraphs [0001]-[0230], claims 1-17, figures 1-23	1, 6, 9, 10 2-5, 7, 8
A	US 2015346115 A1 (SEIBEL ERIC J [US] ET AL) 03 December 2015 (2015-12-03) abstract, figures 1-7B, paragraphs [0001]-[0117], claims 1-20	1-10

☐ 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

05 July 2024

Date of mailing of the international search report

16 July 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Borotschnig, Hermann

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2024/100213

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2012062728	A1	15 March 2012	CN	102428361	A	25 April 2012
				GB	2482438	A	01 February 2012
				US	2012062728	A1	15 March 2012
				WO	2010134232	A1	25 November 2010
US	2015346115	A1	03 December 2015	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06T7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06T		
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	US 2012/062728 A1 (OIKAWA SATOSHI [JP] ET AL) 15. März 2012 (2012-03-15)	1,6,9,10
A	Zusammenfassung, [0001-0230], Ansprüche 1-17, Abb. 1-23	2-5,7,8
A	US 2015/346115 A1 (SEIBEL ERIC J [US] ET AL) 3. Dezember 2015 (2015-12-03) Zusammenfassung, Abb. 1-7B, [0001-0117], Ansprüche 1-20	1-10
☐ 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 5. Juli 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 16/07/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Borotschnig, Hermann

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2024/100213

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012062728 A1	15-03-2012	CN 102428361 A	25-04-2012
		GB 2482438 A	01-02-2012
		US 2012062728 A1	15-03-2012
		WO 2010134232 A1	25-11-2010

US 2015346115 A1	03-12-2015	KEINE	
