



(10) **DE 10 2017 105 477 A1** 2018.09.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 105 477.4**

(22) Anmeldetag: **15.03.2017**

(43) Offenlegungstag: **20.09.2018**

(51) Int Cl.: **G01N 21/63** (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 21/70 (2006.01)

G01B 21/20 (2006.01)

G01M 13/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:

**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

(72) Erfinder:

**Prekel, Helmut, 27211 Bassum, DE; Ströbel,
Gerald, 28203 Bremen, DE; Patzelt, Stefan, 26209
Hatten, DE; Fischer, Andreas, 28357 Bremen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

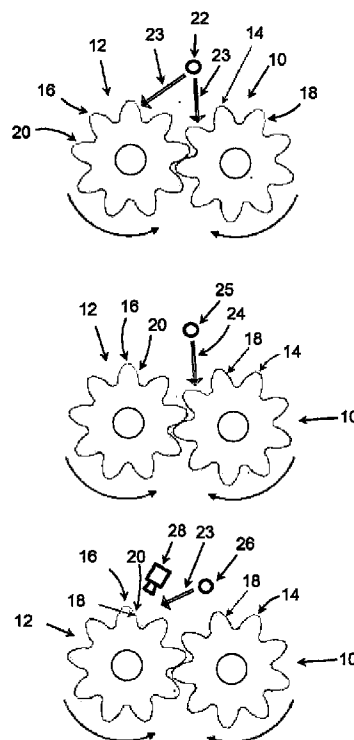
US	6 864 489	B2
US	9 029 805	B2
US	2002 / 0 018 252	A1
US	2004 / 0 192 564	A1
US	2012 / 0 304 733	A1
US	5 373 735	A
US	5 662 439	A
JP	H03- 100 435	A
JP	S60- 82 907	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum zerstörungsfreien Erfassen einer Berührfläche von sich berührenden ersten und zweiten Körpern, insbesondere von Tragbildern bei sich berührenden Bauteilen, z. B. bei Zahnrädern**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum zerstörungsfreien Erfassen einer Berührfläche von sich berührenden ersten und zweiten Körpern, insbesondere von Tragbildern bei sich berührenden Bauteilen, zum Beispiel bei Zahnrädern, umfassend: Auftragen eines Lumineszenzmittels auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des ersten Körpers und eines Lumineszenzmittels auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des zweiten Körpers, Bewegen, insbesondere Drehen, des ersten Körpers relativ zum zweiten Körper, sodass zumindest ein Teil des Lumineszenzmittels vom ersten Körper auf den zweiten Körper übertragen wird, und Detektieren von Lumineszenzeffekten beim zweiten Körper mit einem Sensor, um die Berührfläche zu bestimmen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen einer Oberfläche von sich berührenden ersten und zweiten Körpern, insbesondere von Tragbildern bei sich berührenden Bauteilen, zum Beispiel bei Zahnrädern.

[0002] In vielen industriellen Bereichen sowie im täglichen Leben kommen Oberflächen unterschiedlichster Art miteinander in Kontakt. Abrollende oder gleitende Berührvorgänge findet man zum Beispiel bei Zahnrädern, in Riemen- und Kettenantrieben, Lagern sowie bei der Fortbewegung auf Straßen oder Schienen (zum Beispiel Reifen, Räder, Schuhwerk).

[0003] In der Regel werden dabei Drehmomente und/oder mechanische Energie übertragen. Energieverluste und/oder Reibung und/oder Verschleiß und/oder Schäden und/oder Lärm sind dabei zu reduzieren. Hierfür ist es erforderlich, die beteiligten Kontaktflächen möglichst genau zu kennen. Beispielsweise sollten sich in einem Getriebe die Zähne der Zahnräder nicht (ausschließlich) an ihren Ecken berühren. Ansonsten sind Bruchschäden und damit hohe Kosten wahrscheinlich. Im Falle von Reifen bzw. Rädern, die auf einer Unterlage abrollen, sollte deren gesamte Breite am Kontakt beteiligt sein, und zwar sowohl auf gerader Strecke als auch in Kurven, um eine möglichst gute Haftung mit dem Untergrund zu erreichen. Sofern die beteiligten Materialien nicht transparent sind, ist die Kontaktfläche der betreffenden Bauteile nicht beobachtbar.

[0004] Zur zerstörungsfreien Ermittlung von Berührflächen von sich berührenden Körpern, insbesondere Bauteilen, sind im Prinzip drei Lösungsausätze bekannt:

a) Pastenmethode: die Bauteile, welche miteinander in mechanischen Kontakt treten, werden mit einer Paste bestrichen, die sich in Folge des mechanischen Kontakts abreibt. Nach dem Kontakt zeigt der Flächenanteil ohne Lack den Kontaktbereich an. Ein derartiges Verfahren ist in DE 10 2009 023 722 A1 für den Anwendungsfall „Tragbildanalyse von Zahnrädern“ beschrieben.

b) Farbsprühmethode: In US 5373735 A1 wird eine Vorrichtung beschrieben, bei der Zähne eines Zahnrades in einem Getriebe vor dem Kontakt mit einer Farbe besprüht werden, die sich bei Abwälzen auf die Flanken des Gegenzahnrades abträgt, was sich nach dem Kontakt mit einer Anordnung aus Beleuchtung und Kamera als „Fußabdruck“ des Kontakts detektieren lässt.

c) Thermographische Methoden: Diese beruhen auf der Detektion von Reibungswärme bzw. auf der Übertragung von Wärme, die zuvor in ei-

nes der kontaktierenden Bauteile zum Beispiel mit leistungsstarken Lasern eingebracht wurde. DE 36 38 726 A1 offenbart beispielsweise ein derartiges Verfahren.

[0005] Die Pastenmethode ist beispielsweise in der Tragbildprüfung von Getrieben etabliert. Sie gilt jedoch als zeit- und damit kostenaufwändig und umständlich zu dokumentieren. Darüber hinaus liefert sie beispielsweise bei Getrieben nur eine Information über die Kontakte einer Zahnflanke mit vielen Zahnflanken des Gegenzahnrades, das heißt kein individuelles Tragbild, sondern lediglich ein „Summentragbild“.

[0006] Bei der oben erwähnten Farbsprühmethode muss der Sprühvorgang mehrfach wiederholt werden, wenn individuelle Tragbilder zu prüfen sind. Dabei ist eine Zunahme der Farbmenge auf den Flanken zu erwarten, so dass die Farbe auf den Flanken durch Oberflächenspannungen oder durch Krafteinwirkungen (zum Beispiel Fliehkraft, Schwerkraft) zerfließt. Weil der Sprühvorgang nicht beliebig schnell erfolgen kann, ist die Drehzahl der Zahnräder bei der Kontaktprüfung begrenzt.

[0007] Passive thermographische Methoden setzen Reibungswärme der Kontaktflächen voraus, die bei Abrollbewegungen jedoch kaum in Erscheinung tritt. Darüber hinaus liefern sie ebenso wie die Pastenmethode nur Informationen gemittelt über viele Berührvorgänge.

[0008] In Prekel, H.; Goch, G.; Lipinski, R.; Thiemann, P.: Modellierung einer lasergestützten Tragbildanalyse. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): VDI Berichte, Band 2236, 5. Fachtagung Verzahnungsmesstechnik, Nürtingen, VDI Verlag, Düsseldorf, 2014, wurde die Eignung aktiver thermographischer Verfahren, welche nicht auf Reibung angewiesen sind, mit Hilfe von Simulationsrechnungen untersucht. Es zeigte sich, dass für den Wärmeübergang zwischen den beteiligten Bauteilen (Zähne von Zahnrädern) eine möglichst große momentane Kontaktfläche sowie hinreichende Kontaktzeiten erforderlich sind, so dass das Verfahren beispielsweise bei Großverzahnungen geeignet ist. Objekte, bei denen die momentanen Kontaktflächen klein sind und sich nur kurzzeitig berühren (zum Beispiel bei Zahnradpaaren in kleinen Getrieben bei hohen Drehzahlen), sind für diese Methode ungeeignet.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches die Berührfläche von Körpern weitgehend unabhängig von ihrer Größe und Kontaktseite ermittelt. Die zu bestimmende Berührfläche wird bei Zahnrädern auch als „Tragbild“ bezeichnet.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum zerstörungsfreien Erfassen einer Berührfläche von sich berührenden ersten und zweiten Körpern, insbesondere von Tragbildern bei sich berührenden Bauteilen, zum Beispiel bei Zahnrädern, umfassend: Auftragen eines Lumineszenzmittels auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des ersten Körpers und eines Lumineszenzmittels auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des zweiten Körpers, Bewegen, insbesondere Drehen, des ersten Körpers relativ zum zweiten Körper, sodass zumindest ein Teil des Lumineszenzmittels vom ersten Körper auf den zweiten Körper übertragen wird, und Detektieren von Lumineszenzeffekten beim zweiten Körper mit einem Sensor, um die Berührfläche zu bestimmen.

[0011] Bei dem Sensor kann es sich beispielsweise um eine Kamera, wie z.B. eine Matrix-, Zeilen- oder Scannerkamera, handeln.

[0012] Gemäß einer besonderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Auftragen ein Deaktivieren der Lumineszenzmittel umfasst. Dies dient zur Beseitigung einer etwa vorhandenen Restlumineszenz.

[0013] Weiterhin kann gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen sein, dass das Verfahren zusätzlich ein Anregen oder Aktivieren des auf den ersten Körper aufgetragenen Lumineszenzmittels umfasst.

[0014] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Anregen oder Aktivieren des aufgetragenen Lumineszenzmittels ein Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung umfasst.

[0015] Vorteilhafterweise werden die Lumineszenzeffekte aktiv zeitlich begrenzt.

[0016] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die, vorzugsweise identischen, Lumineszenzmittel phosphoreszierende Substanzen, insbesondere Suspensionen mit phosphoreszierenden Partikeln.

[0017] Andererseits kann auch vorgesehen sein, dass das Verfahren das Anregen des auf den ersten Körper aufgetragenen Lumineszenzmittels und zusätzlich ein Anregen des auf den zweiten Körper übertragenen Lumineszenzmittels, vorzugsweise durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung, umfasst.

[0018] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass die, vorzugsweise identischen, Lumineszenzmittel photostimulierende Substanzen, insbesondere

re Suspensionen mit photostimulierenden Partikeln, sind.

[0019] Wiederum kann alternativ vorgesehen sein, dass das Verfahren das Aktivieren des auf den ersten Körper aufgetragenen Lumineszenzmittels und zusätzlich ein Anregen des auf den zweiten Körper übertragenen Lumineszenzmittels, vorzugsweise durch Bestrahlung mit elektromagnetischer Strahlung, umfasst.

[0020] Gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die beiden Lumineszenzmittel unterschiedlich und umfassen als Lumineszenzeffekte Chemolumineszenzeffekte.

[0021] Schließlich kann wiederum in einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass die Lumineszenzeffekte Tribolumineszenzeffekte umfassen.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt die überraschende Erkenntnisse zugrunde, dass durch Auftragen von geeigneten zu Lumineszenzeffekten fähigen oder aktivierbaren Substanzen auf die sich berührenden Körper und gegebenenfalls eine Anregung oder Aktivierung Lumineszenzeffekte zum zerstörungsfreien Erfassen von Berührungsflächen von sich berührenden ersten und zweiten Körpern genutzt werden können.

[0023] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der mehrere Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im Einzelnen erläutert werden.

[0024] Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Ablaufschema eines Verfahrens zum zerstörungsfreien Erfassen eines Tragbilds bei sich berührenden Zahnrädern gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Ablaufschema eines Verfahrens zum zerstörungsfreien Erfassen eines Tragbilds bei sich berührenden Zahnrädern gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 ein Ablaufschema eines Verfahrens zum zerstörungsfreien Erfassen eines Tragbilds bei sich berührenden Zahnrädern gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 4 ein Ablaufschema eines Verfahrens zum zerstörungsfreien Erfassen einer Berührfläche von einem eine Straße berührenden Fahrzeug.

[0025] Fig. 1a) zeigt sich berührende erste und zweite Körper **10** und **12**. Es handelt in diesem Beispiel um zwei miteinander kämmende Zahnräder. Als Tragbild einer Zahnflanke eines Zahnrades bezeichnet man nach DIN 3871 den beim Abwälzvorgang entstehenden Kontaktbereich mit einer Gegenflanke eines zweiten Zahnrades. Zur Ermittlung des Tragbildes werden beteiligte Bereiche **14** bzw. **16**, die eine jeweilige angenommene Berührfläche umfassen, des ersten Körpers **10** und des zweiten Körpers **12** mit einem Lumineszenzmittel **18** und **20** in diesem Beispiel in Form einer phosphoreszierenden Substanz benetzt und ggf. beispielsweise mittels einer von einer Strahlenquelle **22** abgegebenen elektromagnetischen Strahlung **23** zunächst erwärmt und damit deaktiviert, um eine etwaig vorhandene Restlumineszenz zu beseitigen.

[0026] In Fig. 1b) wird das Lumineszenzmittel **18** auf dem ersten Körper **10**, vorzugsweise räumlich, zum Beispiel lokal, begrenzt, mittels beispielsweise elektromagnetischer Strahlung **24** von einer Strahlenquelle **25** zu Lumineszenzeffekten, insbesondere Leuchten, angeregt. Bei Kontakt der ersten und zweiten Körper **10** und **12** durch Drehantrieb (siehe die bogenförmigen Pfeile) von mindestens einem der ersten und zweiten Körper **10** und **12** vermischen sich die Lumineszenzmittel **18** und **20** der Kontaktflächen, so dass das angeregte Lumineszenzmittel **18** zumindest teilweise vom ersten Körper **10** auf den zweiten Körper **12** übertragen wird. Die dort leuchtende Fläche entspricht der Berührfläche. Die Benetzung der Kontaktflächen der ersten und zweiten Körper sollte so dünn sein, dass keine wesentliche Verdrängung des Spielfilms stattfindet.

[0027] Im vorliegenden Beispiel sind die Lumineszenzmittel **18** und **20** identisch und umfassen eine phosphoreszierende Substanz. Insbesondere bei wiederholten Kontakten (zum Beispiel bei Zahnrädern) kann es erforderlich sein, die Phosphoreszenz zeitlich zu begrenzen. Dies kann zum Beispiel thermisch (Erwärmen zum Beispiel mit einer Strahlenquelle **26**, z. B. einem Laser) erfolgen. Die Strahlenquellen **22** und **26** können gleichartig oder sogar identisch sein. Durch diese Maßnahme wird das Phosphoreszenzlicht in kürzerer Zeit emittiert, wodurch es heller erscheint und noch besser mittels einer Kamera **28** detektierbar ist. Phosphoreszierende Substanzen sind zumeist nicht löslich. Deshalb kommen als geeignete Substanzen vornehmlich Suspensionen mit phosphoreszierenden Partikeln in Frage.

[0028] Bei dem in der Fig. 2 gezeigten Verfahren werden photostimulierbare Substanzen verwendet. Mit anderen Worten handelt es sich bei den Lumineszenzmitteln **18** und **20** um (vorzugsweise gleichartige) photostimulierbare Substanzen. Die Substanzen können sich von Ausführungsform zu Ausführungsform unterscheiden. Innerhalb einer Ausführungsform

gilt jedoch, dass die berührenden Flächen mit gleichartigen Substanzen benetzt sind, die sich nur in ihrem Zustand („aktiviert“, „nicht aktiviert“) unterscheiden. Genau wie bei dem Verfahren gemäß Fig. 1 werden die beteiligten Kontaktflächen mit der photostimulierbaren Substanz dünn benetzt und ggf. zunächst mittels (z.B. nahinfraroter) elektromagnetischer Strahlung **32** aus einer Strahlenquelle **30**, z. B. einer NIR-Quelle, deaktiviert (siehe Fig. 2a)). Danach wird die benetzte Oberfläche vom ersten Körper **10** mit elektromagnetischer Strahlung **24**, z.B. Licht, von einer Strahlenquelle **25** aktiviert bzw. aufgeladen (siehe Fig. 2b)). Beim Kontakt der kämmenden Zahnräder vermischen sich die photostimulierbaren Substanzen beider Flächen. Das aktivierte Lumineszenzmittel **18** wird zumindest teilweise vom ersten Körper **10** auf den zweiten Körper **12** übertragen. Ein Teil der Anregungsenergie wird über einen sehr langen Zeitraum (unter Umständen viele Stunden) wieder als langwelligeres Licht abgegeben, so dass die Intensität sehr gering und kaum wahrnehmbar ist. Diese Lichtemission ist für die Kontaktprüfung entsprechend unerheblich.

[0029] Nach dem Kontakt wird die Oberfläche des zweiten Körpers **12** mit darauf befindlichem aktiviertem Lumineszenzmittel **18** mit (beispielsweise nahinfraroter) elektromagnetischer Strahlung **32** von einer Strahlenquelle **33** beleuchtet (siehe Fig. 2c)), wodurch das aktivierte Lumineszenzmittel **18** auf dem zweiten Körper **12** zur Abgabe von elektromagnetischer Strahlung stimuliert wird, so dass sich die Berührfläche optisch abzeichnet und mit einer Kamera **28** detektierbar wird (siehe Fig. 2c)). Die Strahlenquellen **30** und **33** können gleichartig oder sogar identisch sein. Welche Strahlungswellenlänge in Frage kommen, hängt von den jeweiligen verwendeten Substanzen ab. Es existieren Substanzen, die sich mit sichtbarem Licht „aufladen“ und mit infrarotem Licht zur Abgabe von orange-rottem Licht stimulieren lassen. Derartige Substanzen finden bspw. bei der Lokalisierung von nahinfraroten Laserstrahlen Verwendung. Wie bei dem Verfahren gemäß Fig. 1 kommen hier vornehmlich Suspensionen in Frage. Zu diesen photostimulierbaren Substanzen gehören Materialien, die unter unterschiedlichen Bezeichnungen, wie zum Beispiel „Long-Afterglow-Phosphor“ bzw. als „Storage-Phosphor“ erhältlich sind.

[0030] Bei dem Verfahren gemäß der Fig. 3 wird bzw. werden ein schaltbarer Farbstoff bzw. schaltbare Farbstoffe als Lumineszenzmittel **18** und **20** verwendet. Verschiedene lumineszierende Substanzen lassen ihre Eigenschaften durch äußere Einflüsse (z.B. Licht) „umschalten“. Insbesondere ist es bei einigen Substanzen möglich, ihre Fähigkeit zur Fluoreszenz ein- bzw. auszuschalten bzw. ihre Absorptions- bzw. Emissionswellenlängen umzuschalten. Derartige Substanzen finden sich unter anderem in der Stoffklasse der Proteine, so z.B. das „grün fluoreszieren-

rende Protein“ (GFP) und verschiedene Mutationen davon. So emittiert bspw. die als „DRONPA“ bezeichnete Substanz grünes Fluoreszenzlicht, wenn sie mit Strahlung von etwa 488nm beleuchtet wird.

[0031] Nach und nach geht DRONPA jedoch bei der Bestrahlung mit Anregungslicht in einen nichtfluoreszierenden Zustand über. Eine weitere Bestrahlung mit einer anderen Wellenlänge nahe 405 nm führt selbst zwar zu keiner nennenswerten Fluoreszenz, überführt allerdings DRONPA wieder in einen Zustand, der bei Anregung mit ca. 488 nm fluoreszenzfähig ist.

[0032] Die Detektion der Berührfläche kann nun, wie am Beispiel einer Tragbildanalyse von Zahnrädern erläutert (siehe **Fig. 3**) folgendermaßen ablaufen (sofern andere Substanzen als DRONPA zum Einsatz kommen, sind unter Umständen andere Wellenlängen maßgeblich):

[0033] Phase 1 („Initialisierung“): Die Zahnflanken beider Zahnräder (ersten und zweiten Körper 10 und 12) seien bereits zum Beispiel mit „DRONPA“ dünn benetzt und werden nun mit elektromagnetischer Strahlung **34** von einer Strahlenquelle **35** mit einer Wellenlänge in diesem Beispiel von 488 nm bestrahlt (siehe **Fig. 3a**), wodurch DRONPA deaktiviert wird. Die zunächst noch auftretende Fluoreszenz lässt dabei allmählich nach. Die Fähigkeit zur Fluoreszenz verschwindet schließlich ganz.

[0034] Phase 2 („Aktivierung“): Lastflanken des ersten Zahnrads (ersten Körpers **10**) werden nun mit elektromagnetischer Strahlung **36** mit einer Wellenlänge in diesem Beispiel von 405 nm von einer Strahlenquelle **37** bestrahlt. Das Protein auf dieser Lastflanke ist nun zur Fluoreszenz bereit (siehe **Fig. 3b**).

[0035] Phase 3 („Übertragung/Detektion“): Ein Teil des aktivierten Lumineszenzmittels **18** (aktivierten DRONPA) wird beim Abwälzen auf die Gegenflanken vom zweiten Zahnrad (zweiten Körper **12**) übertragen. Nach dem Abwälzen erfolgt eine Bestrahlung der Gegenflanken mit elektromagnetischer Strahlung **38** mit einer Wellenlänge in diesem Beispiel von 488 nm von einer Strahlenquelle **39**, so dass das im Tragbildbereich übertragene Protein aufleuchtet. Die Fluoreszenz lässt sich mit einer Kamera **28** aufzeichnen (siehe **Fig. 3c**).

[0036] Bei einer hier nicht gezeigten Ausführungsvariante mit Chemolumineszenz werden die ersten und zweiten Körper mit unterschiedlichen Lumineszenzmitteln dünn benetzt. Die Lumineszenzmittel müssen sich zumindest teilweise an den Kontaktflächen mischen und reagieren chemisch unter Aussendung von elektromagnetischer Strahlung, die zur Bestimmung der Berührfläche detektiert werden kann.

[0037] Bei einer weiteren hier nicht gezeigten Ausführungsvariante mit Tribolumineszenz werden die ersten und zweiten Körper mit identischen Lumineszenzmitteln benetzt, die bei Kontakt der ersten und zweiten Körper Tribolumineszenz erzeugen. Die Tribolumineszenz dient zur Anregung von Phosphoreszenzlicht, welches sich nach dem Kontakt detektieren lässt. Tribolumineszenz und Phosphoreszenz können dabei von verschiedenartigen als auch gleichartigen Partikeln (zum Beispiel dotiertes Zinksulfid) erzeugt werden.

[0038] Insbesondere die Ausführungsformen, die in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigt sind, sowie die Ausführungsform mit Tribolumineszenz sind auch für wiederholte Kontakte einsetzbar.

[0039] Bei den Ausführungsformen gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gibt eine Kontaktflanke so viel von ihrer Substanz an die Gegenfläche ab, wie sie umgekehrt von dieser zurückerhält. Zudem ist der Zustand der Lumineszenzmittel (leuchtend oder leuchtfähig) häufig oder sogar beliebig oft umschaltbar. Die oben beschriebenen Ausführungsformen dienen zur Beschreibung eines Vorgangs am Beispiel von Zahnrädern, bei dem Substanzen mit einem speziellen Zustand von einem treibenden Zahnrad auf ein getriebenes Zahnrad übertragen werden. Dies ist sinngemäß auch umgekehrt möglich.

[0040] Wie sich anhand der vorangehenden Beschreibung ergibt, reicht, wenn beide Zahnräder eine gleiche Anzahl von Zähnen besitzen, eine Umdrehung aus, um die Tragbilder der miteinander kämmenden Zahnräder aufzunehmen. Andernfalls ist mehr als eine Umdrehung erforderlich.

[0041] Für eine Deaktivierung der Lumineszenzmittel auf den ersten und zweiten Zahnrädern ist von Zeitdauern in der Größenordnung von einigen Millisekunden bis wenige Sekunden bei Verwendung von Substanzen wie in der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform auszugehen, wobei diese Zeitdauern hauptsächlich durch die Wahl der Substanzen festgelegt werden, die man - wie bereits geschildert - über äußere Einwirkungen noch etwas (Faktor 2 bis ca. 10) reduzieren kann. Bei Ausführungsformen, die Lumineszenzmittel wie bei der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform verwenden, sind Zeitdauern für die Deaktivierung in der Größenordnung von etwa einer Sekunde zu erwarten. Diese Zeitdauern sind aber von der Laserleistung abhängig und somit vermutlich auf einige 10 bis 100 Millisekunden reduzierbar.

[0042] Bei Verwendung von Lumineszenzmitteln ähnlich wie bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 3** werden die Zeitdauern für die Deaktivierung voraussichtlich in der Größenordnung von einigen Sekunden liegen.

[0043] Bei Verwendung von Lumineszenzmitteln ähnlich wie in den in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigten Ausführungsformen ist von Zeitdauern für die Aktivierung bzw. Anregung eines Lumineszenzmittels auf dem ersten Zahnrad in der Größenordnung von wenigen Millisekunden, ggf. sogar Mikrosekunden, auszugehen.

[0044] Je mehr Lumineszenzmittel von einem Körper auf den anderen übertragen wird, desto intensiver ist die Lumineszenz am zweiten Körper (zweiten Zahnrad). Sie ist voraussichtlich von der Viskosität der Trägerflüssigkeit und den Testbedingungen (zum Beispiel Drehzahl) abhängig. Im günstigsten Fall ist von einer Detektionszeit von etwa 10 Millisekunden auszugehen, im ungünstigsten Fall von einigen Sekunden.

[0045] In der **Fig. 4** sind die ersten und zweiten Körper **10** und **12** keine Zahnräder, sondern eine Straße und ein Fahrzeugrad. In der **Fig. 4** bewegt sich ein Fahrzeug **40**, zu dem das Fahrzeugrad (zweiter Körper **12**) gehört, von rechts nach links. In Fahrtrichtung vor dem Fahrzeugrad (zweiten Körper **12**) befindet sich eine an dem Fahrzeug **40** befestigte Strahlenquelle **42** und in Fahrtrichtung hinter dem Fahrzeugrad (zweiten Körper **12**) befindet sich eine Kamera **46**. Zudem weist das Fahrzeug **40** zwischen der Strahlenquelle **42** und der Kamera **46** eine weitere Strahlenquelle **44** auf. Die vordere Strahlenquelle **42** dient zum Aktivieren eines auf der Straße (ersten Körper **10**) befindlichen inaktiven Lumineszenzmittels **18** mit elektromagnetischer Strahlung **24**. Dementsprechend tritt das Fahrzeugrad (der zweite Körper **12**) mit dem aktivierten Lumineszenzmittel **18'** in Kontakt, wenn es über die Straße rollt. Dabei geht zumindest ein Teil des aktivierten Lumineszenzmittels **18'** auf das Fahrzeugrad über. Die leuchtenden Bereiche werden mittels der Kamera **46** aufgenommen und liefern die Berührfläche. Nach der Aufnahme wird das aktivierte Lumineszenzmittel **18'** auf dem Fahrzeugrad (zweiten Körper **12**) mittels von der Strahlenquelle **44** emittierter elektromagnetischer Strahlung **45** wieder deaktiviert.

[0046] Die vorgeschlagenen Methoden erlauben eine schnelle, automatisierbare und gut dokumentierbare Kontaktflächenprüfung, die auch individuelle Tragbilder anstelle von Summentragbildern ermöglicht (Beispiel Zahnräder). Sie ist unabhängig von Reibungswärme und lässt sich auch an Bauteilpaaren einsetzen, deren momentane Berührflächen klein sind und nur kurzzeitig miteinander in Kontakt treten (Beispiel: Zahnräder in Getrieben, Kontaktflächen von Autoreifen auf dem Straßenbelag, Zugräder auf Schienen, Lager, Förderbänder, Kettenglieder in Kontakt mit Ritzeln). Der gerätetechnische Aufwand ist vergleichsweise gering, weil kostengünstige Detektoren und Strahlquellen existieren. Die im Zusammenhang mit der Ausführungsform gemäß **Fig. 2**

genannten schaltbaren fluoreszenzierenden Proteine sind erst seit wenigen Jahren am Markt verfügbar und derzeit in geringen Mengen verfügbar und vergleichsweise kostspielig. Die diesbezüglichen Preise werden sich jedoch im Laufe der Zeit weiter verringern.

[0047] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

10	erster Körper
12	zweiter Körper
14,16	Bereiche
18, 20	Lumineszenzmittel
18'	aktiviertes Lumineszenzmittel
22	Strahlenquelle
23	elektromagnetische Strahlung
24	elektromagnetische Strahlung
25	Strahlenquelle
26	Strahlenquelle
28	Kamera
30	NIR-Quelle
32	elektromagnetische Strahlung
33	Strahlenquelle
34	elektromagnetische Strahlung
35	Strahlenquelle
36	elektromagnetische Strahlung
37	Strahlenquelle
38	elektromagnetische Strahlung
39	Strahlenquelle
40	Fahrzeug
42	Strahlenquelle
44	Strahlenquelle
45	elektromagnetische Strahlung
46	Kamera

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102009023722 A1 [0004]
- US 5373735 A1 [0004]
- DE 3638726 A1 [0004]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- H.; Goch, G.; Lipinski, R.; Thiemann, P.: Modellierung einer lasergestützten Tragbildanalyse. In: VDI Wissensforum GmbH (Hrsg.): VDI Berichte, Band 2236, 5 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum zerstörungsfreien Erfassen einer Berührfläche von sich berührenden ersten und zweiten Körpern (10, 12), insbesondere von Tragbildern bei sich berührenden Bauteilen, zum Beispiel bei Zahnrädern, umfassend:

- Auftragen eines Lumineszenzmittels (18) auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des ersten Körpers (10) und eines Lumineszenzmittels (20) auf einen Bereich, der eine angenommene Berührfläche umfasst, des zweiten Körpers (12),
- Bewegen, insbesondere Drehen, des ersten Körpers (10) relativ zum zweiten Körper, sodass zumindest ein Teil des Lumineszenzmittels (18) vom ersten Körper auf den zweiten Körper (12) übertragen wird, und
- Detektieren von Lumineszenzeffekten beim zweiten Körper (12) mit einem Sensor, um die Berührfläche zu bestimmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Auftragen ein Deaktivieren der Lumineszenzmittel (18,20) umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei es zusätzlich ein Anregen oder Aktivieren des auf den ersten Körper (10) aufgetragenen Lumineszenzmittels (18) umfasst

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Anregen oder Aktivieren des aufgetragenen Lumineszenzmittels (18) ein Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung (24; 36) umfasst.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Lumineszenzeffekte aktiv zeitlich begrenzt werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die, vorzugsweise identischen, Lumineszenzmittel (18, 20) phosphoreszierende Substanzen, insbesondere Suspensionen mit phosphoreszierenden Partikeln, sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei es das Anregen des auf den ersten Körper (10) aufgetragenen Lumineszenzmittels (18) und zusätzlich ein Anregen des auf den zweiten Körper (12) übertragenen Lumineszenzmittels (18), vorzugsweise durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung (32; 38), umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die, vorzugsweise identischen, Lumineszenzmittel (18, 20) photostimulierende Substanzen, insbesondere Suspensionen mit photostimulierenden Partikeln, sind.

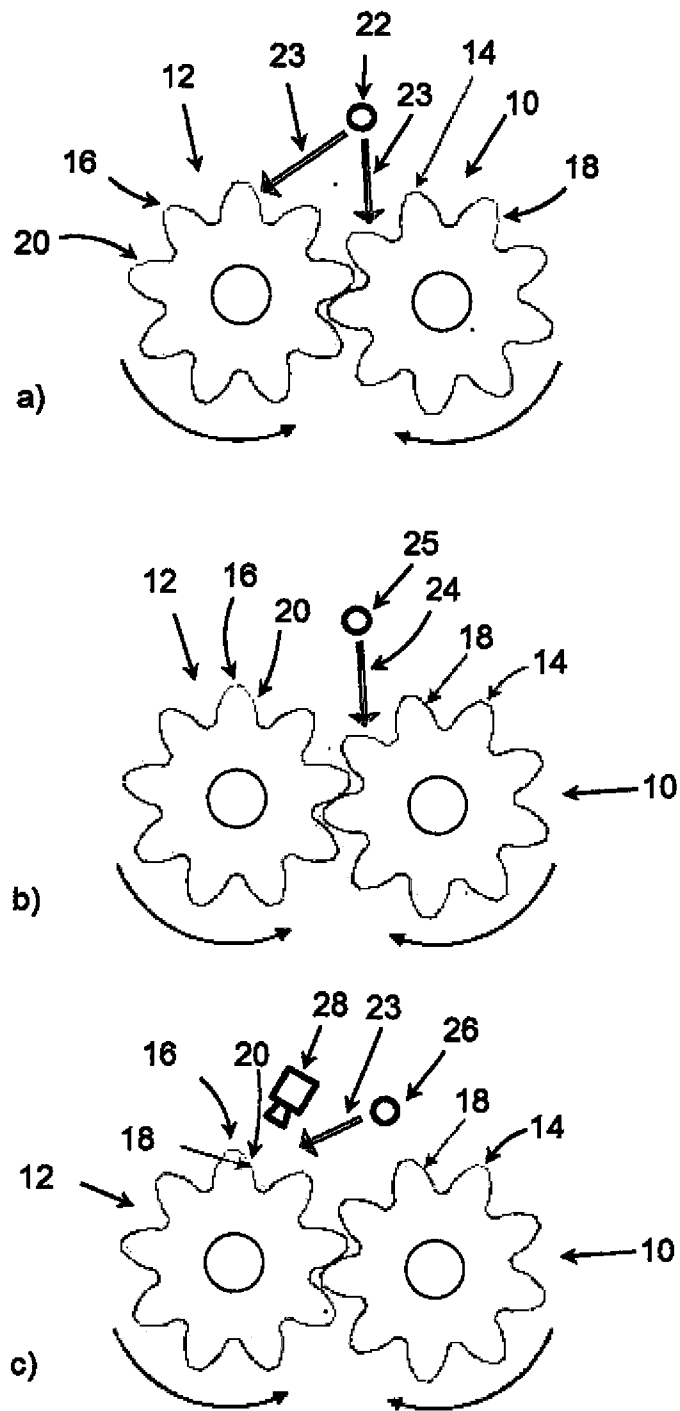
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei es das Aktivieren des auf den ersten Körpers (10) aufgetragenen Lumineszenzmittels (18) und zusätzlich ein Anregen des auf den zweiten Körper (12) übertragenen Lumineszenzmittels (18), vorzugsweise durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung, umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die beiden Lumineszenzmittel unterschiedlich sind und als Lumineszenzeffekte Chemolumineszenzeffekte umfassen.

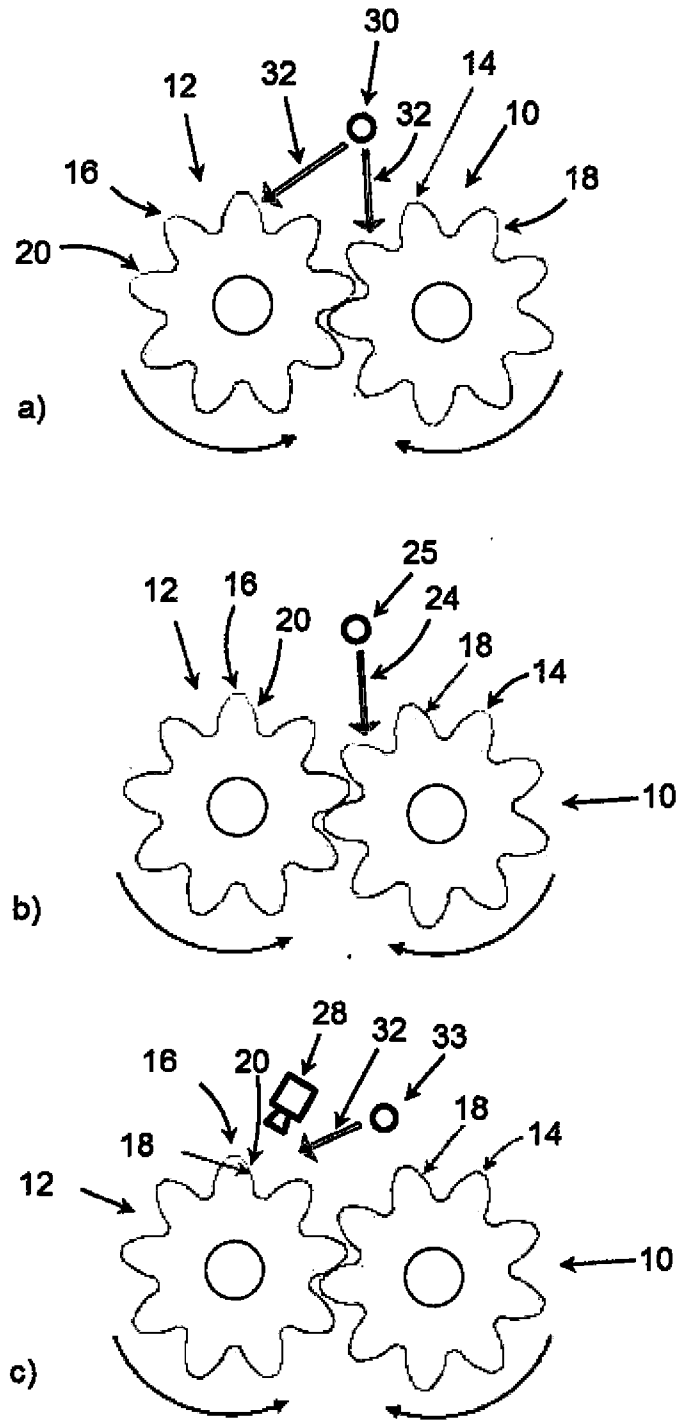
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Lumineszenzeffekte Tribolumineszenzeffekte umfassen.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

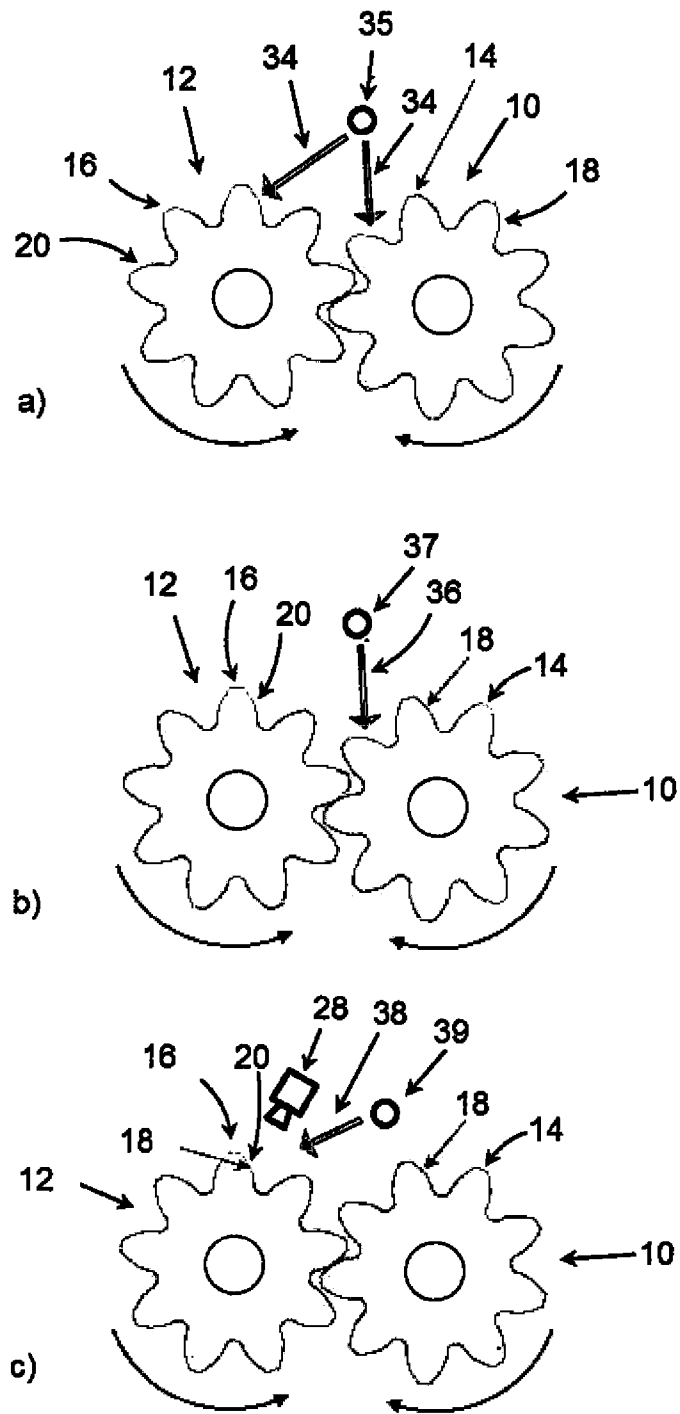
Anhängende Zeichnungen



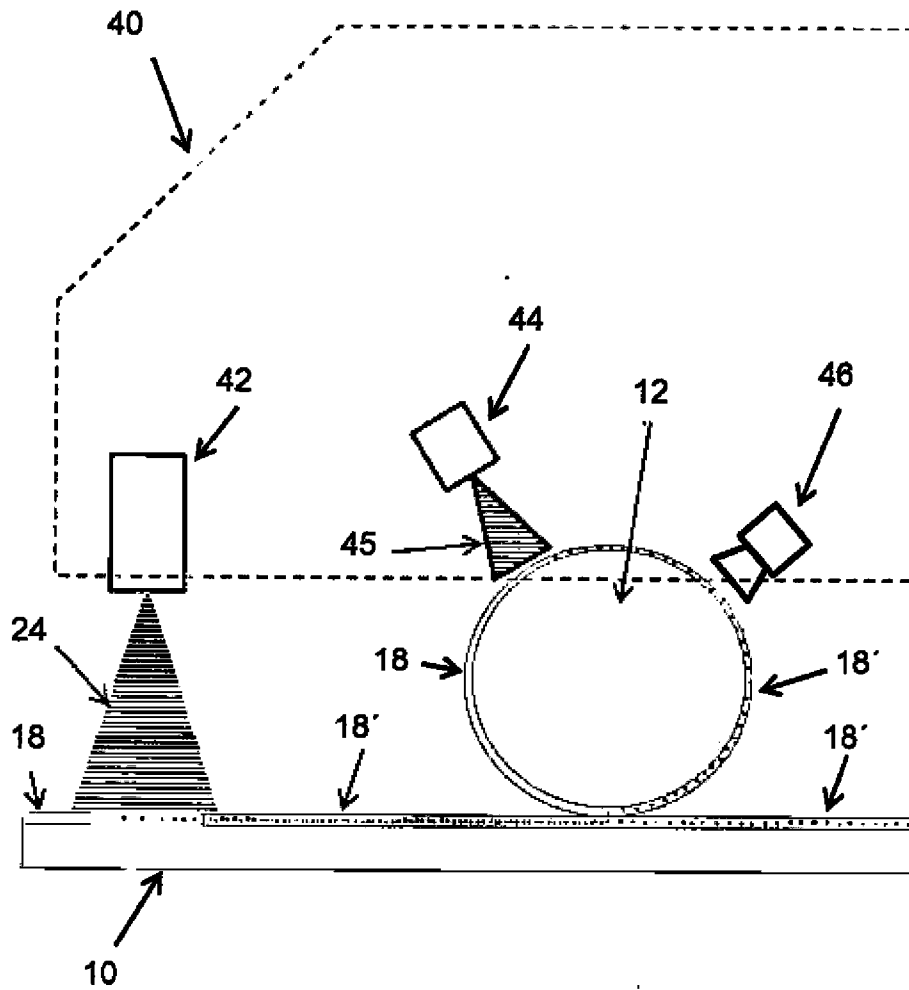
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4