



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 056 121 B3 2007.04.26**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 056 121.7**
 (22) Anmeldetag: **23.11.2005**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **26.04.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/25 (2006.01)**
G01B 11/12 (2006.01)
G01N 21/954 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Materialforschungs- und Prüfanstalt an der
 Bauhaus-Universität Weimar, 99423 Weimar, DE**

(74) Vertreter:
Patentanwälte Liedtke & Partner, 99096 Erfurt

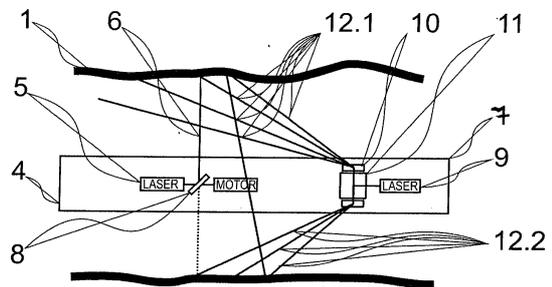
(72) Erfinder:
Kuhne, Michael, Dr., 99423 Weimar, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 33 13 932 A1
DE 297 22 666 U1
DE 203 08 761 U1
DE 89 14 414 U1
GB 20 94 470 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Untersuchung eines Hohlraums**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Untersuchung eines Hohlraums (1) mit einer geführten Kamera und einer optischen Einrichtung (4) zur Erzeugung eines Lichtringes (6), mit den Schritten

- a) Projektion eines Lichtringes (6) an die Innenwand des Hohlraumes (1),
- b) Projektion von mindestens einer Lichtlinie, die den Lichtring (6) in zwei Punkten (13) schneidet, an die Innenwand des Hohlraumes (1),
- c) Aufzeichnung der Projektionen mit einer Auswertekamera,
- d) Erfassung und Auswertung der Abweichungen der geometrischen Form des Lichtringes (6) von einer Sollform,
- e) Erfassung und Auswertung der Schnittpunkte (13) der Lichtlinie mit dem Lichtring (6).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Untersuchung eines Hohlraums, mit einer geführten Kamera und einer optischen Einrichtung zur Erzeugung eines Lichtringes.

[0002] Die Erfindung ist vorzugsweise zur Untersuchung von Rohrleitungen einsetzbar.

[0003] Zur Abschätzung des Sanierungs- und Erneuerungsbedarfes von Hohlräumen, besonders Kanälen und Rohrleitungen, hat sich die Befahrung durch mit Kameras ausgerüstete Inspektionssysteme etabliert.

[0004] Im Stand der Technik sind dazu verschiedene Verfahren und Vorrichtungen bekannt.

Stand der Technik

[0005] In DE 89 14 414 U1 und in DE 297 22 666 U1 sind Vorrichtungen zur Untersuchung von Rohrleitungen beschrieben, bei denen eine mit einer Beleuchtung versehene Fernsehsonde an einem selbsttragenden Kamerakabel geführt wird. Unterhalb der Fernsehoptik ist in einem mit einer Führung versehenen Traggerüst eine Kalibrierscheibe mit einer darunter eingebauten Lichtquelle angeordnet. Diese Anordnung erzeugt einen Lichtring, der mit der Fernsehsonde aufgenommen wird, wobei diese Abweichungen von der runden Sollform eines Rohres durch ungleichmäßige Breite des Lichtringes detektiert.

[0006] Nachteilig ist hierbei, dass die genannte Anordnung im zu vermessenden Rohr zentriert sein muss. Daher ist sie nur für Rohre einer bestimmten Nennweite mit kreisförmigem Querschnitt geeignet oder muss zumindest vor der Messung auf die jeweilige Nennweite eingestellt werden, wobei auch die Kalibrierscheibe ausgetauscht werden muss. In der Praxis treten jedoch insbesondere bei der Inspektion von Abwasserkanälen häufig unterschiedliche Nennweiten innerhalb eines zu vermessenden Segmentes auf oder sein Querschnitt weicht von der Kreisform ab.

[0007] Nach DE 33 13 932 A1 sind ein Verfahren zur berührungslosen Vermessung von Innenprofilen eines Hohlraumes und eine zugehörige Vorrichtung beschrieben, bei denen an der Wandung des Hohlraumes eine Ebene definierende Kurve erzeugt wird, längs der das Innenprofil vermessen wird. Ferner ist nach DE 203 08 761 U1 ein Kanalfahrwagen zur Untersuchung von Kanalrohren bekannt, bei dem durch Auswertung eines Videobildes, das mit einer am Fahrwagen befestigten Kamera gewonnen wurde, Deformationen im Wandbereich erkannt werden können. Dabei werden mit zwei beabstandeten Markierungsköpfen, die in den Blickwinkel der Kamera hi-

nenragen, Markierungen an der Innenwand des Kanalrohres erzeugt.

[0008] In GB 2 094 470 A ist eine Anordnung zur Überprüfung von Hohlprofilen angegeben, die eine zweifache Projektion verwendet, welche zwei auf der Hohlrauminnenwand zusammenfallende Lichtringe erzeugt.

Aufgabenstellung

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit denen sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen über Sollabweichungen der Innenflächen von Hohlkörpern variabler Nennweiten und Querschnittsformen möglich sind.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren, welches die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale und mit einer Vorrichtung, welche die in Anspruch 8 angegebenen Merkmale enthält, gelöst.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass ein Lichtring auf die Innenwand des zu untersuchenden Hohlraumes projiziert wird, vorteilhafterweise so, dass die Fläche des Lichtringes parallel zur Querschnittsebene des Hohlraumes liegt. Des Weiteren wird mindestens eine Lichtlinie an die Innenwand projiziert, die den Lichtring in zwei Punkten schneidet, wobei die Schnittpunkte sichtbar sind. Bevorzugt trifft die Lichtlinie dabei in einem Winkel zwischen 0 und 90° auf der Fläche des Lichtringes auf. Die Projektionen werden mit einer Kamera aufgezeichnet. Die aufgezeichnete Form des Lichtringes wird zur Feststellung von Abweichungen mit einer Sollform verglichen. Durch Verbinden der beiden Schnittpunkte der Lichtlinie mit dem Lichtring entsteht eine Gerade, deren Abstand zur optischen Achse der Kamera und damit zum Bildmittelpunkt immer gleich ist und so als Referenzmaß genutzt werden kann um die Abweichungen der Querschnittsform des Hohlraumes von der Sollform zu quantifizieren.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform werden mindestens zwei Lichtlinien symmetrisch projiziert und die Abstände zwischen den sich aus deren Schnittpunkten mit dem Lichtkreis ergebenden Geraden als Referenzmaß genutzt, wobei sich die Basisbreite des Referenzmaßes und damit die mögliche Genauigkeit erhöht. Zudem ist in diesem Fall die exakte Ausrichtung der Kamera weniger entscheidend.

[0014] Vorteilhafterweise wird beim Durchfahren des Hohlkörpers ein Signal zur Erfassung des Standortes der Vorrichtung aufgezeichnet, um die Messun-

gen ortsgenau zuordnen zu können.

[0015] Der Lichtring wird mittels einer ersten Lichtquelle, vorzugsweise einem Laser, erzeugt, die an einem Gestell angeordnet ist. Die Lichtquelle emittiert einen Lichtstrahl senkrecht zur Querschnittsfläche des Hohlraumes. Dieser wird durch ein um die optische Achse des Lichtstrahls rotierendes optisches Bauelement, vorzugsweise einen Spiegel oder ein Prisma, abgelenkt. Mindestens eine Lichtlinie wird mit mindestens einer zweiten Lichtquelle, ebenfalls bevorzugt einem Laser, erzeugt, die mit einer optischen Einheit versehen ist, die die Projektion von mindestens einer Linie bewirkt. Bevorzugt umfasst eine solche optische Einheit mindestens eine Linienoptik zur flächenförmigen Ausweitung eines Lichtstrahls, bevorzugt in Form einer Zylinderlinse. Bei der Projektion von mehr als einer Linie wird der Strahl der zweiten Lichtquelle vorzugsweise mit einem Strahlteiler geteilt.

[0016] Eine solche Vorrichtung ist oberhalb eines durch ihre Baugröße bedingten Mindestwertes unabhängig von der Nennweite des zu inspizierenden Hohlraumes einsetzbar. Durch die erfindungsgemäß große Basisbreite des Referenzmaßes ergibt sich eine hohe Messgenauigkeit.

[0017] Bevorzugt ist die optische Achse der Kamera senkrecht zur Fläche des Lichtringes ausgerichtet, um eine verzerrte Darstellung und so zusätzlichen Rechenaufwand bei der Auswertung zu vermeiden.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die optische Einrichtung in einem rohrförmigen Gehäuse untergebracht, um die empfindlichen Komponenten zu schützen und die Gefahr des Hängenbleibens zu verringern.

[0019] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit zwei Lichtlinien näher erläutert.

Ausführungsbeispiel

[0020] In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) eine Seitenansicht einer Vorrichtung mit zwei Lichtlinien in einem zu untersuchenden Hohlraum,

[0022] [Fig. 2](#) eine Ansicht von oben einer Vorrichtung mit zwei Lichtlinien in einem zu untersuchenden Hohlraum, und

[0023] [Fig. 3](#) eine Ansicht in die Querschnittsebene eines zu untersuchenden Hohlraumes.

[0024] In [Fig. 1](#) ist eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt, in [Fig. 2](#) die ent-

sprechende Ansicht von oben. Im Inneren eines rohrförmigen Hohlraumes **1**, der im dargestellten Beispiel eine Abwasserrohrleitung ist, befindet sich ein fernlenkbares Inspektionsfahrzeug mit einer Kamera und einer optischen Einrichtung **4**, mit der eine erste Lichtquelle **5**, die hier ein Laser ist, einen Leuchtring **6** auf die Innenfläche des Hohlraumes **1** projiziert. Hierzu sind in dem rohrförmigen Gehäuse **7** die erste Lichtquelle **5** und ein rotierendes optisches Bauelement **8**, hier ein Spiegel, angeordnet. Hinter dem optischen Bauelement **8** befindet sich eine zweite Lichtquelle **9**, für die hier ebenfalls ein Laser verwendet wurde, sowie eine optische Einheit, die aus einem Strahlteiler **11** und zwei Linienoptiken **10** besteht. Mit den Linienoptiken **10** werden die Lichtstrahlen zu 2 Lichtflächen **12.1** und **12.2** aufgeweitet und dadurch zwei Lichtlinien auf die Innenfläche des Hohlraumes **1** so projiziert, dass sie den Lichtring **6** schneiden. In [Fig. 3](#) ist eine Ansicht in die Querschnittsebene der Abwasserrohrleitung gezeigt. Werden die Schnittpunkte **13** jeder Lichtlinie miteinander verbunden, ergeben sich zwei parallele Geraden **14** symmetrisch zur Mittelachse des rohrförmigen Gehäuses **7**, deren Abstand **15** konstant ist und bei der Auswertung so als Referenz dienen kann.

Bezugszeichenliste

1	Hohlraum
4	optische Einrichtung
5	erste Lichtquelle
6	Lichtring
7	Gehäuse
8	optisches Bauelement
9	zweite Lichtquelle
10	Linienoptik
11	Strahlteiler
12	Lichtfläche
13	Schnittpunkte
14	Geraden
15	Abstand

Patentansprüche

1. Verfahren zur Untersuchung eines Hohlraums (**1**) mit einer geführten Kamera und einer optischen Einrichtung (**4**) zur Erzeugung eines Lichtringes (**6**), mit den Schritten
 - a) Projektion eines Lichtringes (**6**) an die Innenwand des Hohlraumes (**1**),
 - b) Projektion von mindestens einer Lichtlinie, die den Lichtring (**6**) in zwei Punkten (**13**) schneidet, an die Innenwand des Hohlraumes (**1**),
 - c) Aufzeichnung der Projektionen mit einer Auswertekamera,
 - d) Erfassung und Auswertung der Abweichungen der geometrischen Form des Lichtringes (**6**) von einer Sollform,
 - e) Erfassung und Auswertung der Schnittpunkte (**13**) der Lichtlinie mit dem Lichtring (**6**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Signal zur Erfassung des Standortes der Auswertekamera aufgezeichnet wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtring (6) so projiziert wird, dass seine Fläche parallel zu einer Querschnittsebene des Hohlraumes (1) liegt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Lichtlinie erzeugende Lichtfläche in einem Winkel zwischen 0 und 90° auf die Fläche des Lichtringes (6) trifft.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Projektion mehrerer Lichtlinien diese symmetrisch zur Symmetrieachse des Hohlraumes (1) projiziert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass nur eine Lichtlinie projiziert wird und dass der Abstand (15) einer Geraden (14) und einer Parallelen zu dieser Geraden (14) durch die optische Achse der Kamera als Referenzmaß genutzt wird, wobei die Gerade (14) durch Verbinden der beiden Schnittpunkte (13) der Lichtlinie mit dem Lichtring (6) gebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Lichtlinien, die den Lichtring (6) jeweils in zwei Punkten schneiden, an die Innenwand des Hohlraumes projiziert werden und der Abstand (15) zwischen zwei Geraden (14) als Referenzmaß genutzt wird, wobei jede Gerade (14) durch Verbinden der beiden Schnittpunkte (13) einer zugehörigen Lichtlinie mit dem Lichtring (6) gebildet wird.

8. Vorrichtung zur Untersuchung eines Hohlraums (1), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einer geführten Kamera, mit einer optischen Einrichtung (4) zur Erzeugung eines Lichtringes (6) an einem Gestell, an dem eine erste Lichtquelle (5) und ein optisches Bauelement (8) angeordnet sind, wobei die erste Lichtquelle (5) einen Lichtstrahl senkrecht zu einer Querschnittsfläche des Hohlraumes (1) aussendet und das optische Bauelement (8) um die optische Achse des Lichtstrahls rotiert und dabei den Lichtstrahl rechtwinklig parallel zur Querschnittsfläche des Hohlraumes (1) ablenkt, und mit mindestens einer weiteren Lichtquelle (9) mit einer optischen Einheit an dem Gestell, durch die den Lichtring (6) jeweils in zwei Punkten schneidende Lichtlinien an die Hohlkörperinnenfläche projizierbar sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Lichtquellen (5, 9) als Laser ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einheit der mindestens einen weiteren Lichtquelle einen Strahlteiler (11) und/oder mindestens eine Linienoptik (10) umfasst, wobei die Linienoptik einen Lichtstrahl zu einer Lichtfläche (12) aufweitet.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Linienoptik (10) als Zylinderlinse ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das rotierende optische Bauelement (8) als Spiegel ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das rotierende optische Bauelement (8) als Prisma ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Achse der Kamera senkrecht zur Fläche des Lichtringes (6) ausgerichtet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Einrichtung (4) zur Erzeugung des Lichtringes in einem rohrförmigen Gehäuse (7) angeordnet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

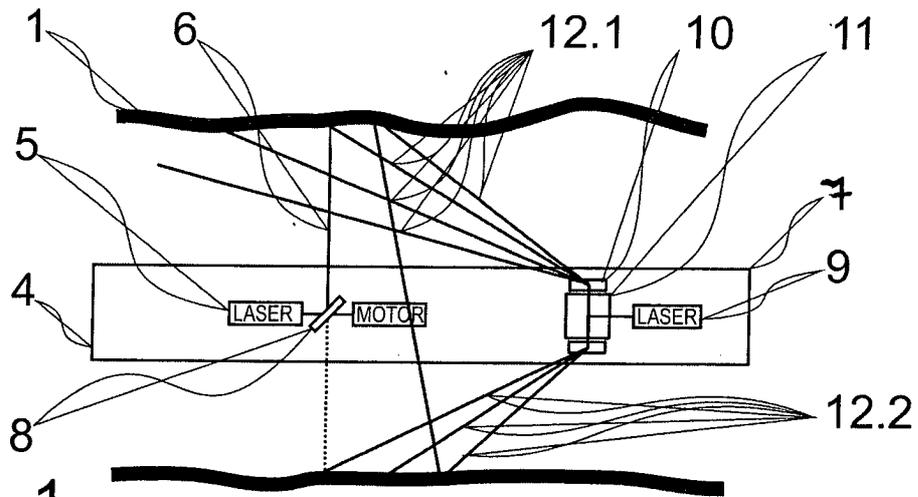


Fig. 1

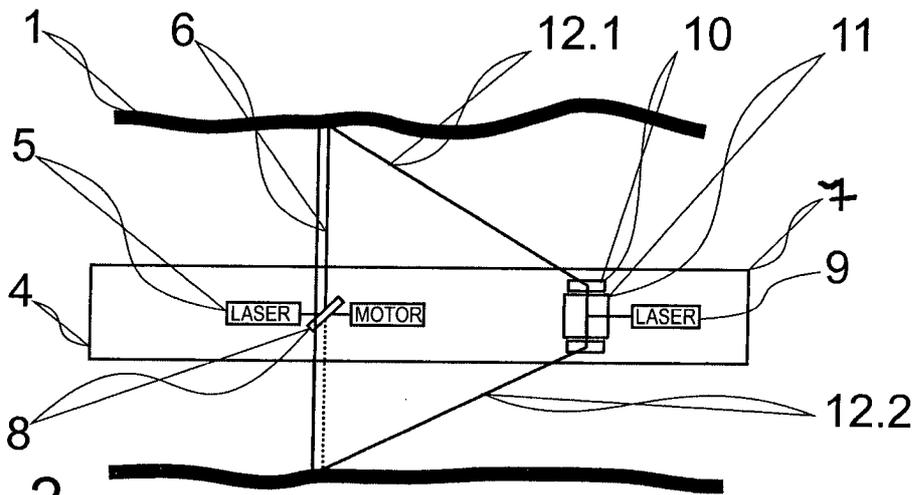


Fig. 2

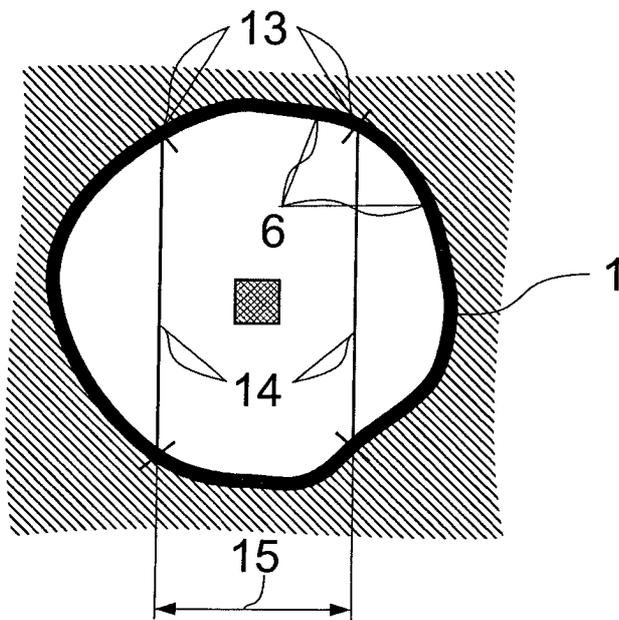


Fig. 3