

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50576/2014
(22) Anmeldetag: 20.08.2014
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2016

(51) Int. Cl.: **G01M 11/00** (2006.01)
G01N 21/88 (2006.01)
G01B 11/30 (2006.01)
G01C 11/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19511534 A1
US 2002122174 A1
DE 10346481 A1
US 2002047097 A1
EP 2693403 A1

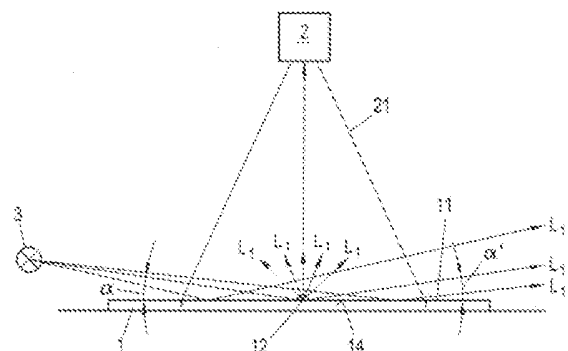
(71) Patentanmelder:
AIT Austrian Institute of Technology GmbH
1220 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Heiss Dorothea Dipl.Ing.
1230 Wien (AT)
Huber-Mörk Reinhold Mag. Dr.
1220 Wien (AT)
Proschek Michael Dr.
2525 Schönan (AT)

(74) Vertreter:
WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE
1030 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur Detektion von Erhöhungen auf spiegelnden Oberflächen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anordnung zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (11), dadurch gekennzeichnet,
a) dass Licht (L_1) zumindest einer Lichtquelle (3) in einem flachen Einfallswinkel von insbesondere weniger als 20° auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) eingestrahlt wird,
b) dass das Licht (L_1), wenn auf der Oberfläche (11) Erhöhungen (13) vorhanden sind, an diesen diffus gestreut wird, andernfalls das Licht (L_1) von der Oberfläche (11) in einem dem Einfallswinkel entsprechenden Ausfallswinkel reflektiert und abgestrahlt wird,
c) dass ein Abbild des Oberflächenabschnitts (14) mittels einer für das eingestrahlte Licht (L_1) insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisation sensitiven Bildaufnahmeeinheit (2) erstellt wird, und
d) dass Bildbereiche des Abbilds mit einem Schwellenwert übersteigender Intensität als Abbilder von Bereichen der Oberfläche (11) oder des Oberflächenabschnitts (14) angesehen werden, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen (13) befinden.



Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anordnung zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (11), dadurch gekennzeichnet,

- a) dass Licht (L_1) zumindest einer Lichtquelle (3) in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) eingestrahlt wird,
- b) dass das Licht (L_1), wenn auf der Oberfläche (11) Erhöhungen (13) vorhanden sind, an diesen diffus gestreut wird, andernfalls das Licht (L_1) von der Oberfläche (11) in einem den Einfallswinkel entsprechenden Ausfallswinkel reflektiert und abgestrahlt wird,
- c) dass ein Abbild des Oberflächenabschnitts (14) mittels einer für das eingestrahlte Licht (L_1), insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisierung, sensitiven Bildaufnahmeeinheit (2) erstellt wird, und
- d) dass Bildbereiche des Abbilds mit einem Schwellenwert übersteigenden Intensität als Abbilder von Bereichen der Oberfläche (11) oder des Oberflächenabschnitts (14) angesehen werden, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen (13) befinden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zu Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen auf einer glatten, spiegelnden Oberfläche. Weiters betrifft die Erfindung eine Anordnung zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen auf einer glatten, spiegelnden Oberfläche.

Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren bekannt, mit denen kleine oberflächliche Erhöhungen und Vertiefungen bei spiegelnden Oberflächen detektierbar sind und mittels denen Oberflächen auf ihre Glattheit hin überprüft werden können.

Ein Beispiel für derartige Systeme ist eine Kamera mit konfokaler Beleuchtung, die nach dem Hellfeldprinzip aufnimmt. Die glatte Oberfläche reflektiert das konfokal eingestrahlte Licht in die Kamera, Unebenheiten streuen das Licht und stellen sich im Kamerabild daher als dunkle Flecken dar. Im Kamerabild kann aber nicht unterschieden werden, ob es sich bei der so erkannten Unebenheit um eine Erhöhung oder eine Vertiefung handelt.

Derartige kleine Erhöhungen sind für unterschiedliche Anwendungszwecke durchaus schädlich oder hinderlich, wobei sie insbesondere die Detektion von Vertiefungen bzw. Poren auf einer spiegelnden Oberfläche beeinträchtigen können. Sofern, wie aus dem Stand der Technik bekannt, Oberflächenunebenheiten unspezifisch detektiert werden, d.h. dass nach der Prüfung zwar bekannt ist, dass eine oberflächige Unebenheit besteht, jedoch unbekannt ist, ob diese oberflächige Unebenheit eine Erhöhung oder eine Vertiefung darstellt, können mitunter sehr schädliche Vertiefungen von normalerweise unschädlichen, beispielsweise durch Schmutzpartikel verursachten oberflächigen Erhöhungen nicht wirksam unterschieden werden. Dies führt letztlich dazu, dass auf einer glatten spiegelnden Oberfläche sehr viel mehr Unregelmäßigkeiten detektiert werden, als tatsächlich Oberflächenfehler vorhanden sind. Insbesondere bei sehr großen spiegelnden Oberflächen ist es bei der Herstellung auch nicht möglich, einen entsprechend großen Reinraum zu bauen und das Vorhandensein von oberflächigen Erhöhungen in Form von Schmutzpartikeln entsprechend zu minimieren.

Aus diesem Grund besteht die Aufgabe der Erfindung darin, die - normalerweise unschädlichen - Erhöhungen auf Oberflächenbereichen zu detektieren. Die Erfindung löst diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1.

Erfindungsgemäß ist bei einem eingangs erwähnten Verfahren vorgesehen,

- a) dass Licht zumindest einer Lichtquelle in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt der Oberfläche eingestrahlt wird,
- b) dass das Licht, wenn auf der Oberfläche Erhöhungen vorhanden sind, an diesen diffus gestreut wird, andernfalls das Licht von der Oberfläche in einem den Einfallswinkel entsprechenden Ausfallswinkel reflektiert und abgestrahlt wird,
- c) dass ein Abbild des Oberflächenabschnitts mittels einer für das eingestrahlte Licht, insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisierung, sensitiven Bildaufnahmeeinheit erstellt wird, und
- d) dass Bildbereiche des Abbilds mit einer Schwellenwert übersteigenden Intensität als Abbilder von Bereichen angesehen werden, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen befinden.

Um auch bei einer Vielzahl unterschiedlicher weiterer Lichtquellen, die anderen Zwecken, wie insbesondere anderen Oberflächeninspektionsverfahren, dienen, oberflächige Erhöhungen wirksam detektieren zu können, kann vorgesehen sein,

- dass weiteres Licht zumindest einer weiteren Lichtquelle auf den Oberflächenabschnitt eingestrahlt wird,
- dass das Licht der Lichtquelle und das weitere Licht der weiteren Lichtquelle, insbesondere hinsichtlich Polarisierung und/oder Frequenz, jeweils unterschiedlich gewählt werden, wobei die Bildaufnahmeeinheit zwischen dem Licht und dem oder jedem weiteren Licht unterscheidet und mittels der Bildaufnahmeeinheit für das Licht und das oder jedes weitere Licht separat, insbesondere in einem Bildkanal für das Licht und in davon unterschiedlichen weiteren Bildkanälen für jeweils ein weiteres Licht, Abbilder des Oberflächenabschnitts erstellt werden,
- dass in dem zumindest einen, der weiteren Lichtquelle zugeordneten Bildkanal nach Unregelmäßigkeiten gesucht wird, und
- dass aufgefundene Strukturen für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht der Lichtquelle aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen angesehen werden.

Mit diesen Vorgehen ist es ebenfalls möglich, einzelne erkannte Strukturen als Erhöhungen zu detektieren.

Um in Kombination mit einem bekannten Verfahren, das unspezifisch Erhöhungen und Vertiefungen detektiert, die Erhöhungen von den Vertiefungen separieren zu können, kann vorgesehen sein, dass mit der zumindest einen weiteren Lichtquelle weiteres Licht auf die Oberfläche eingestrahlt wird und mittels der Bildaufnahmeeinheit ein Bild für das

weitere Licht erstellt wird, wobei mittels der den weiteren Licht zugeordnete Bildkanäle des von der Bildaufnahmeeinheit erstellten Bilds das Vorhandensein von Erhöhungen und Vertiefungen unspezifisch detektiert wird, und

- dass aufgefundene Erhöhungen für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht der Lichtquelle aufgefunden wird, als Erhöhungen, andernfalls als Vertiefungen erkannt werden.

Zum selben Zweck kann vorgesehen sein, dass in allen Bildkanälen ermittelt wird, ob

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Auto- oder Antikorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

vorliegen und abhängig von diesen ermittelten Werten erkannt wird, ob eine Erhöhung oder eine Vertiefung vorliegt.

Weiters kann vorgesehen sein, dass in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten gesucht wird und eine solche Unebenheit angenommen wird, wenn

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

aufgefunden werden,

wobei für solche Oberflächenbereiche untersucht wird, ob Licht der Lichtquelle mit einer den Schwellenwert übersteigenden Intensität aufgefunden wurde und

- in diesem Fall der betreffende Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung der Oberfläche erkannt wird und

- andernfalls als Bereich einer lokalen Vertiefung der Oberfläche erkannt wird.

Hierbei besteht der maßgebliche Vorteil, dass Unebenheiten vorteilhaft erkannt werden können.

Zur Detektion eines sich an einer Bildaufnahmeeinheit vorbei bewegendem ausgehenden Gegenstandes kann vorgesehen sein, dass der die spiegelnde Oberfläche tragende Gegenstand gegenüber der Lichtquelle und der Bildaufnahmeeinheit, gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle oder den weiteren Lichtquellen, relativ bewegt wird, wobei die Bildaufnahmeeinheit eine Vielzahl von Abbildern erstellt und aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand zeigendes Gesamtabbild erstellt wird und Erhöhungen und Vertiefungen, im Gesamtabbild gesucht und gegebenenfalls markiert werden.

Eine besonders vorteilhafte Auswahl der Lichtquellen, die mit einer Vielzahl bekannter und aus dem Stand der Technik verfügbarer Bildaufnahmeeinheiten kompatibel ist, sieht vor, dass

- die weiteren Lichtquellen Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge oder mit unterschiedlichen Spektren abstrahlen vorzugsweise derart, dass je eine der Lichtquellen rotes, je eine grünes und je eine blaues Licht abgibt, wobei die Lichtquelle vorzugsweise grünes Licht und die beiden weiteren Lichtquellen je rotes oder blaues weiteres Licht abgeben, und/oder
- dass die Lichtquelle und/oder die Lichtquellen jeweils Licht mit voneinander unterscheidbarem Intensitätsverlauf, insbesondere mit periodischen Intensitätsverlauf mit unterschiedlicher Frequenz und/oder Phasenverschiebung, abstrahlen.

Eine Vorgehensweise, die zu einer besonders homogenen und starken Beleuchtung führt, sieht vor, dass die Lichtquelle zwei Teillichtquellen umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt einstrahlen,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt liegt.

Eine einfache Maßnahme zum Erreichen einer besonders flachen Einstrahlung des Lichts sieht vor, dass der zu unterscheidende Gegenstand im Bereich des

Oberflächenabschnittes zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn geführt wird und das Licht in einer Lichtebeine tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes auf den Oberflächenabschnitt eingestrahlt wird.

Erfindungsgemäß ist bei einer eingangs erwähnten Anordnung vorgesehen, dass a) zumindest eine Lichtquelle, die in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt der Oberfläche gerichtet ist, b) eine Bildaufnahmeeinheit, die für das eingestrahlte Licht, insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisierung sensitiv ist und zur Erstellung eines Abbilds auf den Oberflächenabschnitt der Oberfläche ausgerichtet ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit in einem Aufnahmewinkel auf den Oberflächenabschnitt ausgerichtet ist, der größer ist als der Einfallswinkel, insbesondere ein rechter Winkel ist,

und

c) eine Detektoreinheit, die das Abbild der Oberfläche auf Bereiche untersucht, deren Intensität einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt und diese als Erhöhungen markiert.

Um auch bei einer Vielzahl unterschiedlicher weiterer Lichtquellen oberflächige Erhöhungen wirksam detektieren zu können, kann vorgesehen sein, dass zumindest eine weitere Lichtquelle zur Abgabe von weiteren Licht, die auf den Oberflächenabschnitt ausgerichtet ist, wobei das Licht der Lichtquelle und das weitere Licht der weiteren Lichtquelle insbesondere hinsichtlich ihrer Polarisierung und/oder Frequenz unterschiedlich gewählt sind,

dass die Bildaufnahmeeinheit für das Licht der Lichtquelle und das oder jedes weitere Licht der oder jeder weiteren Lichtquelle separat, insbesondere in unterschiedlichen Bildkanälen für jeweils eine Lichtquelle oder weitere Lichtquelle, Abbilder des Oberflächenabschnitts der Oberfläche zur Verfügung stellt,

und

dass die Detektoreinheit in dem zumindest einen der weiteren Lichtquelle zugeordneten Bildkanal nach vorgegebenen Strukturen sucht und die aufgefundenen Strukturen für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht der Lichtquelle aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen erkennt.

Mit diesem Vorgehen ist es ebenfalls möglich, einzelne erkannte Strukturen als Erhöhungen zu detektieren.

Um in Kombination mit einem bekannten Verfahren, das unspezifisch Erhöhungen und Vertiefungen detektiert, die Erhöhungen von den Vertiefungen separieren zu können, kann vorgesehen sein, dass die Detektoreinheit aus dem zumindest einer weiteren Lichtquelle zugeordneten Bildkanal, insbesondere aus zwei jeweils einer weiteren Lichtquelle zugeordneten Bildkanälen, das Vorhandensein von Erhöhungen und Vertiefungen unspezifisch detektiert,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht der Lichtquelle mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Bereich vorhanden ist und

- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung markiert, und

andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung markiert.

Weiters kann vorgesehen sein, dass durch zwei weitere Lichtquellen mit, insbesondere hinsichtlich Polarisation und/oder Frequenz, unterscheidbarem Licht, die aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Richtungen auf den Oberflächenabschnitt ausgerichtet sind,

wobei die Bildaufnahmeeinheit ein Abbild mit zwei weiteren Bildkanälen erstellt, die jeweils die Intensität des Lichts der beiden weiteren Lichtquellen angeben,

dass die Detektoreinheit in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten sucht und eine solche Unebenheit annimmt, wenn sie

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder

- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder

- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

auffindet,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht der Lichtquelle mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Oberflächenbereich vorhanden ist und

- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung markiert, und

andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung markiert.

Hierbei besteht der maßgebliche Vorteil, dass Unebenheiten vorteilhaft erkannt werden können.

Zur Detektion eines sich an einer Bildaufnahmeeinheit vorbei bewegendem ausgehenden Gegenstandes kann vorgesehen sein, dass eine Transporteinheit zum Transport des die spiegelnde Oberfläche tragenden Gegenstandes relativ zur Lichtquelle und der Bildaufnahmeeinheit, gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle oder den weiteren Lichtquellen, vorgesehen ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit eine Vielzahl von Abbildern erstellt und die Detektoreinheit aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand zeigendes Gesamtabbild erstellt und die Detektoreinheit Erhöhungen und Vertiefungen, im Gesamtabbild sucht.

Eine einfache Maßnahme zum Erreichen einer besonders flachen Einstrahlung des Lichts sieht vor, dass die Transporteinheit zum Transport des Gegenstandes im Bereich des beleuchteten und abgebildeten Oberflächenabschnittes zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn ausgebildet ist und die Lichtquelle das Licht tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes auf den Oberflächenabschnitt einstrahlt.

Eine besonders vorteilhafte Auswahl der Lichtquellen, die mit einer Vielzahl bekannter und aus dem Stand der Technik verfügbarer Bildaufnahmeeinheiten kompatibel ist, sieht vor, dass durch zwei weitere Lichtquellen mit unterscheidbarem Licht, wobei je eine der drei Lichtquellen rotes, je ein grünes und je ein blaues Licht abgeben, und wobei die Lichtquelle vorzugsweise grünes Licht und je eine der weiteren Lichtquellen rotes je ein Licht und die andere blaues Licht abgibt.

Eine Anordnung, die eine besonders homogene Beleuchtung erlaubt, sieht vor, dass die Lichtquelle zwei Teillichtquellen umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt ausgerichtet sind,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt liegt.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der folgenden Zeichnungsfiguren näher beschrieben.

In **Fig. 1** ist eine Anordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der ausschließlich Erhöhungen der spiegelnden Oberfläche detektiert werden. **Fig. 2** zeigt eine Oberfläche mit einer Erhöhung und einer Vertiefung. In **Fig. 3** ist eine Anordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, mit der Erhöhungen und Vertiefungen separat detektiert werden. **Fig. 4** zeigt das mit der in **Fig. 3** dargestellten Anordnung erstellte Bild. In **Fig. 4** ist eine Anordnung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der der die Oberfläche tragende Gegenstand relativ zur Bildaufnahmeeinheit transportiert wird. **Fig. 6** zeigt das mit in der **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform erstellte Bild. **Fig. 7** zeigt eine alternative Anordnung, bei der der die Oberfläche tragenden Gegenstand entlang einer gekrümmten Bahn transportiert wird.

Bei der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist ein Gegenstand 1, der eine spiegelnde Oberfläche 11 trägt, im Aufnahmebereich 21 einer Bildaufnahmeeinheit 2 angeordnet. Ein Oberflächenabschnitt 14 des Gegenstandes 1 wird von der Bildaufnahmeeinheit 2 abgebildet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst die Bildaufnahmeeinheit 2 einen Flächensensor, der lediglich Bilder B mit einem einzigen Bildkanal erstellt. Die Bildaufnahmeeinheit 2 ist normal zur Oberfläche 11 ausgerichtet. Darüber hinaus weist die Anordnung auch eine Lichtquelle 3 auf, die Licht L_1 in einem vorgegebenen Einfallswinkel α auf den Oberflächenabschnitt 14 des Gegenstandes 1 einstrahlt. Der Einfallswinkel α der Lichtquelle 3 zu der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 sollte möglichst flach ausgebildet sein. Dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein Einfallswinkel α von etwa 11° verwendet, wobei auch mit Einfallswinkeln von weniger als 20° prinzipiell gute Ergebnisse erzielt werden können. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird von der Lichtquelle 3 Licht L_1 mit grüner Lichtfarbe abgestrahlt. Dies ist jedoch für die konkrete Verwendung der Erfindung keinesfalls zwingend.

Sofern die Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 perfekt spiegelnd ausgebildet ist, entspricht der Einfallswinkel α des eintreffenden Lichtes L_1 der Lichtquelle 3 dem Ausfallswinkel α' . Wird das Licht L_1 von der Oberfläche perfekt gespiegelt, so tritt, wenn der Raum, in dem sich die gesamte Anordnung befindet, keine weitere relevante Lichtquelle enthält, im von der Bildaufnahmeeinheit 2 erstellten Bild keine Intensität auf, das erstellte Bild ist im vorliegenden Bildkanal somit vollkommen dunkel. Sind jedoch auf der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 Erhöhungen 13 (**Fig. 2**) vorhanden, so wird das von der Lichtquelle 3 abgegebene Licht L_1 diffus, d.h. mit annähernd derselben Intensität

in alle Raumrichtungen reflektiert, sodass auch, wie an der Erhöhung 13 dargestellt, Licht zur Bildaufnahmeeinheit 2 hin reflektiert wird, wodurch der betreffende Punkt 12 auf der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 in dem von der Bildaufnahmeeinheit 2 erstellten Bild B sichtbar wird.

Damit dieser Effekt erzielt wird, ist die Bildaufnahmeeinheit 2, die das betreffende Abbild der Oberfläche 11 erstellt, z.B. hinsichtlich Frequenz und Polarisierung für das Licht L_1 der Lichtquelle 3 sensitiv. So kann anhand des von der Bildaufnahmeeinheit 2 erstellten Abbildes der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 festgestellt werden, in welchem Bereich sich oberflächige Erhöhungen 13 befinden. Bildbereiche des Abbildes der Oberfläche 11 mit einer Intensität, die einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt, werden als Bereiche angesehen, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen 13 befinden.

Wird das Licht L_1 in einem zur Ausrichtung der Oberfläche 14 parallelen bzw. in geringen Winkel dazu eingestrahlt, so wird das eintreffende Licht L_1 über Vertiefungen 12 hinweggehen und keine Interaktion mit den Vertiefungen 12 haben, wie in **Fig. 2** dargestellt. Das Licht L_1 der Lichtquelle 3 geht über die Vertiefung 12 auf der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 hinweg. Befindet sich auf der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 jedoch eine Erhöhung 13, so wird das Licht L_1 entsprechend an der Oberfläche 11 diffus reflektiert. Es können somit auf diese Art wirksam Erhöhungen detektiert werden, wobei Vertiefungen 12 nicht erkannt werden.

In **Fig. 3** ist eine Anordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, mit der Erhöhungen 13 und Vertiefungen 12 separat detektiert werden. In **Fig. 3** sind ein Gegenstand 1 mit einer spiegelnden Oberfläche 11 sowie eine Bildaufnahmeeinheit 2 dargestellt, die auf einen Teil der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 gerichtet ist. Weiters weist die in **Fig. 3** dargestellte Anordnung eine erste Lichtquelle 3 auf, die Licht L_1 in einem flachen Winkel von weniger als 20° auf einen von der Bildaufnahmeeinheit 2 aufgenommenen Bereich der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 wirft. Im vorliegenden Fall handelt es sich bei dem von der Lichtquelle 3 abgegebenen Licht L_1 um grünes Licht. Die Auswahl sowohl der Farbe als auch der Polarisierung des von der Lichtquelle 3 abgegebenen Lichtes ist jedoch für das grundsätzliche Funktionieren der Erfindung nicht notwendig.

Weiters sind in **Fig. 3** zwei weitere Lichtquellen 4, 5 dargestellt, wobei die erste weitere Lichtquelle 4 in einem Winkel von etwa 45° - 80° zu der Oberfläche rotes Licht auf den von der Bildaufnahmeeinheit 2 abgebildeten Bereich der Oberfläche 11 des

Gegenstandes 1 wirft. Die Lichtquelle 4 ist dabei so angeordnet, dass das von der Oberfläche des Gegenstandes 1 reflektierte weitere Licht L_2 so reflektiert wird, dass es nicht auf die Bildaufnahmeeinheit 2 bzw. den darin befindlichen Sensor abgebildet wird. Ebenso ist eine zweite weitere Lichtquelle 5 dargestellt, die weiteres Licht L_3 auf den von der Bildaufnahmeeinheit 2 aufgenommenen Abschnitt der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 wirft. Der Einstrahlwinkel der zweiten weiteren Lichtquelle 5 entspricht dabei üblicherweise, aber nicht notwendigerweise dem Einstrahlwinkel der ersten weiteren Lichtquelle 4. Wie auch die erste weitere Lichtquelle 4 ist die zweite weitere Lichtquelle 5 derart angeordnet, dass das von der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 reflektierte zweite weitere Licht L_3 derart reflektiert wird, dass es nicht von der Bildaufnahmeeinheit 2 erfasst wird. Die beiden Lichtquellen 4 und 5 liegen einander vorteilhafterweise gegenüber.

Es ergibt sich daher, dass der in **Fig. 3** dargestellten Aufnahmeeinheit 2 ohne weitere relevante Lichtquelle ein völlig schwarzes Bild erstellt wird, wenn die Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 vollkommen glatt ist.

Das von der Aufnahmeeinheit 2 erstellte Bild umfasst einen Bildkanal für das Licht L_1 der Lichtquelle 3 sowie je einen weiteren Lichtkanal für jedes Licht L_2 , L_3 der beiden weiteren Lichtquellen 4, 5. Die Lichtquellen unterscheiden sich üblicherweise durch die Frequenz bzw. Wellenlänge des verwendeten Lichts, z.B. Rot, Grün, Blau oder auch Infrarot, oder durch ein anderes Unterscheidungsmerkmal für das Sensoren sensitiv sein können, wie z.B. Polarisierung. Eine weitere erfindungsgemäße Variante besteht in der Verwendung von nur einer Art von Licht, beispielsweise weißes Licht, und in einem zeitlichen Versatz zwischen den Aufnahmen, beispielsweise dadurch, dass die verschiedenen Lichtquellen mit unterschiedlicher Frequenz und/oder vorgegebener Phasenverschiebung blitzen.

In **Fig. 4** ist einerseits ein Teil der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 einerseits so wie der Intensitätsverlauf des auf die Bildaufnahmeeinheit reflektierten Lichtes L_1 bzw. weiteren Lichts L_2 , L_3 andererseits dargestellt. Wie in **Fig. 4** zu erkennen, steigt die Intensität des reflektierten ersten Lichtes im Bereich der Erhöhung 13 an. Die Intensität des ersten weiteren Lichtes L_2 , L_3 steigt in den Bereichen an, in denen das erste weitere Licht L_2 von den beiden nach links offenen Flanken 12b der Pore 12 und 13a der Erhöhung 13 auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektiert wird. Die Intensität des zweiten weiteren Lichtes L_3 steigt in dem Bereich an, in denen das weitere zweite Licht L_3 von der Flanke 12a der Pore 12 bzw. der Flanke 13b der Pore 12 reflektiert wird. Aufgrund des Auftretens zweier benachbarter Intensitätserhöhungen in den beiden weiteren

Lichtkanälen, beispielsweise im Bild im Bereich der beiden Flanken 12a, 12b der Pore 12 bzw. im Bereich der beiden Flanken 13a, 13b der Erhöhung 13 kann darauf geschlossen werden, dass sich in den jeweiligen Bereichen jeweils entweder eine Erhöhung oder eine Vertiefung befindet. Steht nun grundsätzlich die Information zur Verfügung, dass im Bereich einer möglichen Erhöhung 13 auch Licht L_1 der Lichtquelle 3 detektiert wird, kann in diesem Bereich mit relativ großer Sicherheit festgestellt werden, dass eine solche Erhöhung tatsächlich vorliegt. Fehlt eine entsprechend hohe Intensität des Lichts L_1 , wie beispielsweise im Bereich der Pore 12, und können trotzdem benachbarte Intensitätsspitzen im Licht L_2 , L_3 der beiden weiteren Lichtquellen 4, 5 aufgefunden werden, so kann davon ausgegangen werden, dass eine Pore 12 oder allgemein eine Vertiefung der Oberfläche 11 vorliegt.

Eine mögliche Art der unspezifischen Erkennung von Erhöhungen 13 und Vertiefungen 12 ist beispielsweise im österreichischen Patent AT 509.607 beschrieben. Im Wesentlichen wird bei diesem Verfahren in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten gesucht.

Da in der vorliegenden Erfindung auch die Lichtquelle 3 vorliegt, kann das Verfahren entsprechend erweitert werden. Es wird demnach in allen Bildkanälen ermittelt, ob

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Summen, Produkte, Differenzen oder Quotienten zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Auto- oder Antikorrelationen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

vorliegen. Bei einem Überschreiten oder Unterschreiten dieser ermittelten Werte liegt eine Erhöhung oder eine Vertiefung vor.

Mögliche Varianten zur Detektion bzw. Unterscheidung von Erhöhungen und Vertiefungen sind in Folgenden dargestellt. Zum einfacheren Verständnis bei Anordnungen, bei denen der Gegenstand gegenüber der Aufnahmeeinheit 2 bewegt wird (**Fig. 5**), wird die Position der Lichtquellen anhand der Fortbewegungsrichtung R des zu untersuchenden Gegenstands näher spezifiziert. Die erste weitere Lichtquelle 3a, die das erste weitere Licht L_2 abgibt, liegt in Fortbewegungsrichtung R hinter, die zweite weitere Lichtquelle 3b,

die das zweite weitere Licht L_3 abgibt, in Fortbewegungsrichtung R vor der Bildaufnahmeeinheit 2.

Ausgehend von einer Aufnahme kann vom Vorhandensein einer Erhöhung unter den folgenden Voraussetzungen ausgegangen werden:

- die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder
- das Produkt oder die Summe der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an der - in Fortbewegungsrichtung gesehen - hinteren Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder
- Das Produkt oder die Summe der Intensität von des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an der - in Fortbewegungsrichtung R gesehen - vorderen Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

Diese Bedingungen können auch miteinander kombiniert werden, zB durch einen Entscheidungsbaum oder durch eine, eventuell gewichtete, Summe von einigen oder allen drei der oben genannten Bedingungen überprüft werden. Eine Erhöhung kann dann als vorliegend angesehen werden, wenn diese Summe einen Schwellwert überschreitet oder zumindest eine vorab angegebene Anzahl von Bedingungen erfüllt ist.

Ausgehend von einer Aufnahme kann vom Vorhandensein einer Vertiefung unter den folgenden Voraussetzungen ausgegangen werden.

- die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen Grenzwert unterschreitet und/oder
- der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an der vorderen Flanke (in Fortbewegungsrichtung R) und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder
- der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2 reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an der hinteren Flanke (in Fortbewegungsrichtung R) und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit 2

reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

Diese Bedingungen können auch miteinander kombiniert werden, zB durch einen Entscheidungsbaum oder durch eine, eventuell gewichtete, Summe von einigen oder allen drei der oben genannten Bedingungen überprüft werden. Eine Vertiefung kann dann als vorliegend angesehen werden, wenn diese Summe einen Schwellwert überschreitet oder zumindest eine vorab angegebene Anzahl von Bedingungen erfüllt ist.

Eine weitere Ausführungsform liegt vor, wenn die vier Bedingungen aus Patent AT 509.607 dahingehend abgeändert werden, dass die verwendeten Rot- und Blau-Werte nicht nur mit dem Rot- bzw. Blau-Wert der Umgebung normiert werden sondern auch mit dem Grün-Wert der Umgebung.

Die vorstehend gezeigten Ausführungsformen der Erfindung sind prinzipiell auch verwendbar, ohne dass eine Relativbewegung zwischen dem Gegenstand 1 und der Bildaufnahmeeinheit 2 stattfinden muss. In **Fig. 5** ist eine dritte bevorzugte Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der der betreffende mit der spiegelnden Oberfläche 11 versehene Gegenstand 1 in einer vorgegebenen Fortbewegungsrichtung R bewegt wird.

Es sind zwei Lichtquellen 3a, 3b vorgesehen, die in einem flachen Winkel von weniger als 20° Licht L_1 auf den von der Bildaufnahmeeinheit 2 abgebildeten Bereich der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 abstrahlen. Im vorliegenden Fall liegt die erste der beiden Lichtquellen 3a in Fortbewegungsrichtung R hinter, die zweite der beiden Lichtquellen 3b in Fortbewegungsrichtung R vor der Bildaufnahmeeinheit 2. Die Verwendung von zwei Lichtquellen 3a, 3b statt einer einzigen Lichtquelle 3 ist auch bei den in den **Fig. 1, 3** dargestellten Ausführungsformen der Erfindung selbstverständlich möglich und bringt den Vorteil mit sich, dass einzelne Erhöhungen 13 mitunter andere hinter ihnen liegende Erhöhungen 13 nicht verschatten, da diese von Licht aus der jeweils anderen Richtung beleuchtet werden.

Bei der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist eine Transporteinheit 5 und als Bildaufnahmeeinheit 2 ein Zeilensensor vorgesehen, die mehrere Vorteile haben:

- Auch bei stark ausgedehnten spiegelnden Gegenständen 1 oder Oberflächen 11 kann eine Bildaufnahmeeinheit 2 mit einer einzigen oder nur sehr wenigen Sensorzeilen verwendet werden. Das von der Oberfläche 11 des Gegenstandes 1

erstellte Abbild wird in diesem Fall derart erstellt, dass während der Bewegung einzelne Aufnahmen erstellt werden und diese einzelnen Aufnahmen anschließend zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden.

- Das Licht oder weitere Licht $L_1, L_2, L_3, \dots$ kann auf einen kleinen Streifen, der vom Zeilensensor aufgenommen wird, fokussiert werden, Dadurch ist das jeweilige Licht nicht nur stärker sondern der Einfallswinkel des jeweiligen Lichts ist über die gesamte Zeile und damit über alle Aufnahmen und alle Pixel gleich.
- Der Gegenstand 1 kann auch in Transportrichtung gebogen sein, entweder inhärent oder der Gegenstand ist so dünn, dass er gebogen werden kann beispielsweise durch Führung über eine Trommel. Das bedeutet einerseits weniger Einschränkungen bezüglich der Form des Gegenstands bzw. der bevorzugten Führung. Andererseits ist in diesem Fall ein weiterer Vorteil, dass der Einfallswinkel von L_1 sogar 0° sein kann.
- Der Gegenstand 1 kann produktionsbedingt bewegt werden und dennoch ist eine scharfe Aufnahme möglich.

Der Aufnahmebereich der Bildaufnahmeeinheit 2 ist auf einen Teilbereich der spiegelnden Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 gerichtet. Die erste weitere Lichtquelle 4 sowie die zweite weitere Lichtquelle 5 sind jeweils ebenfalls auf den von der Bildaufnahmeeinheit 2 aufgenommen spiegelnden Oberflächenabschnitt 14 des Gegenstandes 1 ausgerichtet, wobei die ausfallenden Lichtstrahlen der beiden Lichtquellen 4, 5 jeweils derart ausgerichtet sind, dass sie die Bildaufnahmeeinheit 2 bei idealer Reflexion nicht treffen. Im vorliegenden Fall ist vorgesehen, dass die erste weitere Lichtquelle 4 in Fortbewegungsrichtung R vor und die zweite weitere Lichtquelle 5 in Fortbewegungsrichtung R hinter der Bildaufnahmeeinheit 2 angeordnet ist.

In **Fig. 6** ist dargestellt, dass das Licht L_1 der ersten Lichtquelle 3a an der der Lichtquelle 3a zugewandten Flanke 13a diffus reflektiert wird, sodass sich im Intensitätsverlauf des von der Bildaufnahmeeinheit 2 erstellten Bildes im Kanal des ersten Lichtes L_1 eine erste Intensitätsspitze 23a ergibt. Würde, wie beispielsweise in **Fig. 4** dargestellt, keine Beleuchtung von der der Flanke 13a abgewandten Seite erfolgen, so würde die Flanke 13a die von der Lichtquelle 3 abgewandte Flanke abschatten, sodass diese zu keiner Steigerung der Intensität im Bildkanal des Lichtes L_1 führen würde. Ist hingegen, wie in **Fig. 5** dargestellt eine beidseitige Beleuchtung durch eine zweite Lichtquelle 3b vorhanden, so trifft Licht der zweiten Lichtquelle 3b auf die ihr zugewandte Flanke 13b der Erhöhung 13.

Weiters ist aufgrund der Bauhöhe der Lichtquelle 3 ein kleiner Einfallswinkel bei ebener Oberfläche schon erreichbar. Je entfernter die Lichtquelle 3 von dem aufzunehmenden Oberflächenabschnitt entfernt ist, desto kleiner ist zwar der Einfallswinkel, was für die Erfindung an sich günstig ist. Je entfernter aber die Lichtquelle 3 ist, desto schwächer ist aber das Licht, dessen Intensität mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Durch eine zweite Lichtquelle kann die Lichtstärke verdoppelt werden ohne irgendwelche Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Die durch die beiden weiteren Lichtquellen 4, 5 sowie die Erfassung durch deren Licht L_2 , L_3 durch die Aufnahmeeinheit dargestellte unspezifische Erkennung von Erhöhungen 13 und Vertiefungen 12 ist für das prinzipielle Funktionieren der Erfindung nicht zwingend erforderlich. Weder ist es erforderlich, dass so eine zusätzliche Maßnahme überhaupt vorgenommen wird, noch ist es erforderlich, dass die unspezifische Detektion von Erhöhungen 13 und Vertiefungen 12 genau auf diese Art und Weise vorgenommen wird. Es besteht in diesem Zusammenhang eine Vielzahl möglicher Verfahren, mit denen durch Einstrahlung von weiterem Licht auf die Oberfläche 11 des Gegenstandes 1 eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob eine lokale Erhöhung 13 oder Vertiefung 12 vorhanden ist, wobei eine solche Aussage in der Regel unspezifisch ist, d.h. dass zwar erkannt werden kann, dass entweder eine Erhöhung 13 oder Vertiefung 12 vorhanden ist, jedoch nicht erkannt werden kann, um welche Art von Oberflächenveränderung es sich handelt, d.h. dass nicht erkannt werden kann, ob es sich um eine Erhöhung 13 oder eine Vertiefung 12 handelt. Ein Beispiel für ein solches unspezifisches Verfahren ist das Beleuchten der Oberfläche mit konfokalem Licht.

Darüber hinaus ist es auch möglich, dass mittels eines weiteren Lichtes L_2 , L_3 lediglich einzelne Strukturen, wie beispielsweise oberflächlich verlaufende Intensitätsänderungen, Kanten oder dergleichen aufgefunden werden und dass für diese Kanten lediglich herausgefunden werden soll, ob es sich hierbei um Erhöhungen 13 handelt oder nicht. In diesem Fall können Erhöhungen 13 selektiv detektiert werden, Vertiefungen 12 werden hingegen überhaupt nicht entdeckt. Dies kann etwa vorteilhaft sein, wenn gezielt Erhöhungen gesucht werden.

Um die Erfindung mit einer handelsüblichen Farbkamera als Bildaufnahmeeinheit 2 vornehmen zu können, ist im vorliegenden Fall vorgesehen, dass das Licht L_1 der Lichtquelle 3 grün, das weitere erste Licht der weiteren ersten Lichtquelle 4 rot und das weitere zweite Licht L_3 der zweiten weiteren Lichtquelle 5 blau. Selbstverständlich können auch die Farben unterschiedlich gewählt werden, wobei die Bildaufnahmeeinheit 2 die

einzelnen von den Lichtquellen 3, 4, 5 abgegebenen Lichtarten jeweils separat detektieren sollte und in separaten Bildkanälen zur Verfügung stellen sollte.

Bei allen Ausführungsformen ist die Aufnahmeeinheit jeweils eine in den Figuren nicht dargestellte Detektoreinheit nachgeschaltet, die die vorstehend beschriebene Erkennung von Erhöhungen 13 und gegebenenfalls Vertiefungen 12 vornimmt.

In **Fig. 7** ist eine weitere alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung dargestellt, die im wesentlichen der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform der Erfindung entspricht. Anders als bei dieser weist die in **Fig. 7** dargestellte Ausführungsform der Erfindung eine Transporteinrichtung auf, die den zu untersuchenden Gegenstand 1 sowie die Oberfläche im Aufnahmebereich 21 der Bildaufnahmeeinheit 2 entlang einer gekrümmten Bahn führt. Die beiden Lichtquellen 3a, 3b sind auf die Oberfläche 11 ausgerichtet, wobei das Licht tangential bzw. auf der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes 14 auf diesen Oberflächenabschnitt 14 eingestrahlt wird. Wie auch bei der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform der Erfindung wird das weitere Licht L_2 , L_3 der beiden weiteren Lichtquellen 4, 5 jeweils von dem Oberflächenabschnitt 14 derart abgestrahlt, dass weiteres Licht bei einem homogenen Oberflächenverlauf nicht auf die Bildaufnahmeeinheit 2 eingestrahlt wird. Mit dieser besonderen Ausführungsform der Erfindung kann ein sehr geringer Einfallswinkel des Lichts L_1 auf dem Oberflächenabschnitt 14 erreicht werden. Um Abschattungen an der der jeweiligen Lichtquelle 3a, 3b abgewandten Seite des Oberflächenabschnittes 14 zu vermeiden, sieht die in **Fig. 7** dargestellte Ausführungsform zwei separate Lichtquellen 3a, 3b vor. Durch die konkrete Auswahl der Bahn ist ebenfalls sichergestellt, dass das Licht der Lichtquellen 3a, 3b bei einer homogenen und nicht beschädigten bzw. nicht mit Partikeln übersäten Oberfläche nicht auf die Bildaufnahmeeinheit 2 eingestrahlt wird.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (11), dadurch gekennzeichnet,

- a) dass Licht (L_1) zumindest einer Lichtquelle (3) in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) eingestrahlt wird,
- b) dass das Licht (L_1), wenn auf der Oberfläche (11) Erhöhungen (13) vorhanden sind, an diesen diffus gestreut wird, andernfalls das Licht (L_1) von der Oberfläche (11) in einem den Einfallswinkel entsprechenden Ausfallswinkel reflektiert und abgestrahlt wird,
- c) dass ein Abbild des Oberflächenabschnitts (14) mittels einer für das eingestrahlte Licht (L_1), insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisation, sensitiven Bildaufnahmeeinheit (2) erstellt wird, und
- d) dass Bildbereiche des Abbilds mit einer Schwellenwert übersteigenden Intensität als Abbilder von Bereichen der Oberfläche (11) oder des Oberflächenabschnitts (14) angesehen werden, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen (13) befinden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass weiteres Licht ($L_2, L_3, \dots$) zumindest einer weiteren Lichtquelle (4, 5) auf den Oberflächenabschnitt (14) eingestrahlt wird,
- dass das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das weitere Licht ($L_2, L_3, \dots$) der weiteren Lichtquelle (4, 5), insbesondere hinsichtlich Polarisation und/oder Frequenz, jeweils unterschiedlich gewählt werden, wobei die Bildaufnahmeeinheit zwischen dem Licht (L_1) und dem oder jedem weiteren Licht ($L_2, L_3, \dots$) unterscheidet und mittels der Bildaufnahmeeinheit für das Licht (L_1) und das oder jedes weitere Licht ($L_2, L_3, \dots$) separat, insbesondere in einem Bildkanal für das Licht (L_1) und in davon unterschiedlichen weiteren Bildkanälen für jeweils ein weiteres Licht ($L_2, L_3, \dots$), Abbilder des Oberflächenabschnitts (14) erstellt werden,
- dass in dem zumindest einen, der weiteren Lichtquelle ($L_2, L_3, \dots$) zugeordneten Bildkanal nach Bereichen gesucht wird, in denen sich Erhöhungen oder Vertiefungen befinden, und
- dass derart aufgefundene Bereiche für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen (13) angesehen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit der zumindest einen weiteren Lichtquelle (4, 5) weiteres Licht ($L_2, \dots$) auf die Oberfläche eingestrahlt wird und

mittels der Bildaufnahmeeinheit ein Bild für das weitere Licht (L_2 , ...) erstellt wird, wobei mittels der den weiteren Licht (L_2 , ...) zugeordnete Bildkanälen des von der Bildaufnahmeeinheit (2) erstellten Bilds das Vorhandensein von Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12) unspezifisch detektiert wird, und

- dass aufgefundene Erhöhungen (13) für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, als Erhöhungen (13), andernfalls als Vertiefungen (12) erkannt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in allen Bildkanälen ermittelt wird, ob

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Auto- oder Antikorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

vorliegen und abhängig von diesen ermittelten Werten erkannt wird, ob eine Erhöhung (13) oder eine Vertiefung (12) vorliegt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten gesucht wird und eine solche Unebenheit angenommen wird, wenn

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

aufgefunden werden,

wobei für solche Oberflächenbereiche untersucht wird, ob Licht der Lichtquelle mit einer den Schwellenwert übersteigenden Intensität aufgefunden wurde und

- in diesem Fall der betreffende Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) der Oberfläche erkannt wird und
- andernfalls als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) der Oberfläche (11) erkannt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der die spiegelnde Oberfläche (11) tragende Gegenstand (1) gegenüber der Lichtquelle (3) und der Bildaufnahmeeinheit (2), gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle (4, 5) oder den weiteren Lichtquellen (4, 5), relativ bewegt wird, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) eine Vielzahl von Abbildern erstellt und aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand zeigendes Gesamtabbild erstellt wird und Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12), im Gesamtabbild gesucht und gegebenenfalls markiert werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die weiteren Lichtquellen (L_2 , L_3) Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge oder mit unterschiedlichen Spektren abstrahlen

vorzugsweise derart, dass je eine der Lichtquellen (3, 4, 5) rotes, je eine grünes und je eine blaues Licht abgibt, wobei die Lichtquelle (3) vorzugsweise grünes Licht (L_1) und die beiden weiteren Lichtquellen (4, 5) je rotes oder blaues weiteres Licht (L_2 , L_3) abgeben, und/oder

- dass die Lichtquelle (L_1) und/oder die Lichtquellen (L_2 , L_3) jeweils Licht mit voneinander unterscheidbarem Intensitätsverlauf, insbesondere mit periodischen Intensitätsverlauf mit unterschiedlicher Frequenz und/oder Phasenverschiebung, abstrahlen.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (3) zwei Teillichtquellen (3a, 3b) umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) einstrahlen,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle (3a) in Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle (3b) in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands (1) hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zu unterscheidende Gegenstand im Bereich des Oberflächenabschnittes (14) zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn geführt wird und das Licht (L_1) in einer Lichtebene tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes (14) auf den Oberflächenabschnitt (14) eingestrahlt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erhöhung in einem zu untersuchenden Bereich dann als vorhanden angesehen wird, wenn

- a) die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- b) das Produkt oder die Summe der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im gesamten zu untersuchenden Bereich der Unebenheit und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen hinteren, Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- c) das Produkt oder die Summe der Intensität von des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen vorderen, Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- d) aus den in den Punkten a) bis c) genannten Intensitäten, Summen oder Produkten ein gewichteter Mittelwert gebildet wird und dieser mit einem vorab vorgegebenen Grenzwerts verglichen wird und im Falle der Überschreitung des Grenzwerts eine Erhöhung als vorliegend angesehen wird, und/oder
- e) zumindest eine vorgegebene Anzahl der in den Punkten a) bis d) genannten Bedingungen erfüllt ist.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vertiefung in einem zu untersuchenden Bereich dann als vorhanden angesehen wird, wenn

- a) die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen Grenzwert unterschreitet und/oder
- b) der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an einer, insbesondere der in

Fortbewegungsrichtung gesehen vorderen, Flanke und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder

c) der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen hinteren, Flanke und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

d) aus den in den Punkten a) bis c) genannten Intensitäten, Differenzen oder Quotienten ein gewichteter Mittelwert gebildet wird und dieser mit einem vorab vorgegebenen Grenzwerts verglichen wird und im Falle der Überschreitung oder im Falle der Unterschreitung des Grenzwerts eine Erhöhung als vorliegend angesehen wird, und/oder

e) zumindest eine vorgegebene Anzahl der in den Punkten a) bis d) genannten Bedingungen erfüllt ist.

12. Anordnung zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (1) umfassend

a) zumindest eine Lichtquelle (3), die in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) gerichtet ist,

b) eine Bildaufnahmeeinheit (2), die für das eingestrahlte Licht, insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisation sensitiv ist und zur Erstellung eines Abbilds des Oberflächenabschnitt (14) auf diesen ausgerichtet ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) in einem Aufnahmewinkel auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet ist, der größer ist als der Einfallswinkel, insbesondere ein rechter Winkel ist,

und

c) eine Detektoreinheit, die das Abbild auf Bereiche untersucht, deren Intensität einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt und diese als Erhöhungen (13) markiert.

13. Anordnung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch zumindest eine weitere Lichtquelle (4, 5) zur Abgabe von weiteren Licht (L_2 , L_3), die auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet ist, wobei das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das weitere Licht (L_2 , L_3) der weiteren Lichtquelle (4, 5) insbesondere hinsichtlich ihrer Polarisation und/oder Frequenz unterschiedlich gewählt sind,

dass die Bildaufnahmeeinheit (2) für das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das oder jedes weitere Licht (L_2 , L_3) der oder jeder weiteren Lichtquelle (4, 5) separat, insbesondere in

unterschiedlichen Bildkanälen für jeweils eine Lichtquelle (3) oder weitere Lichtquelle (4, 5), Abbilder des Oberflächenabschnitts (14) der Oberfläche (11) zur Verfügung stellt, und

dass die Detektoreinheit in dem zumindest einen der weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanal nach vorgegebenen Strukturen sucht und die aufgefundenen Strukturen für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen (13) erkennt.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoreinheit aus dem zumindest einer weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanal, insbesondere aus zwei jeweils einer weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanälen, das Vorhandensein von Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12) unspezifisch detektiert,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht der Lichtquelle mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Bereich vorhanden ist und

- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) markiert, und

andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) markiert.

15. Anordnung nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch zwei weitere Lichtquellen (4, 5) mit, insbesondere hinsichtlich Polarisierung und/oder Frequenz, unterscheidbarem Licht (L_2 , L_3), die aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Richtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet sind,

wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) ein Abbild mit zwei weiteren Bildkanälen erstellt, die jeweils die Intensität des Lichts (L_2 , L_3) der beiden weiteren Lichtquellen (4, 5) angeben, dass die Detektoreinheit in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten (12, 13) sucht und eine solche Unebenheit (12, 13) annimmt, wenn sie

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder

- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder

- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

auffindet,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht (L_1) der Lichtquelle (3) mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Oberflächenbereich vorhanden ist und
- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) markiert, und
- andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) markiert.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Transporteinheit (6) zum Transport des die spiegelnde Oberfläche (11) tragenden Gegenstand (1) relativ zur Lichtquelle (3, 3a, 3b) und der Bildaufnahmeeinheit (2), gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle (4, 5) oder den weiteren Lichtquellen (4, 5), vorgesehen ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) eine Vielzahl von Abbildern erstellt und die Detektoreinheit aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand (1) zeigendes Gesamtabbild erstellt und die Detektoreinheit Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12), im Gesamtabbild sucht.

17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinheit zum Transport des Gegenstandes (1) im Bereich des beleuchteten und abgebildeten Oberflächenabschnittes (14) zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn ausgebildet ist und die Lichtquelle (3, 3a, 3b) das Licht (L_1) tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes (14) auf den Oberflächenabschnitt (14) einstrahlt.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, gekennzeichnet durch zwei weitere Lichtquellen (4, 5) mit unterscheidbarem Licht (L_2 , L_3), wobei je eine der drei Lichtquellen (3, 4, 5) rotes, je eine grüne und je eine blaues Licht abgeben, und wobei die Lichtquelle (3) vorzugsweise grünes Licht (L_1) und je eine der weiteren Lichtquellen (4, 5) rotes Licht (L_2) und die andere weitere Lichtquelle blaues Licht (L_3) abgibt.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (3) zwei Teillichtquellen (3a, 3b) umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet sind,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle (3a) in Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle (3b) in

Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt.

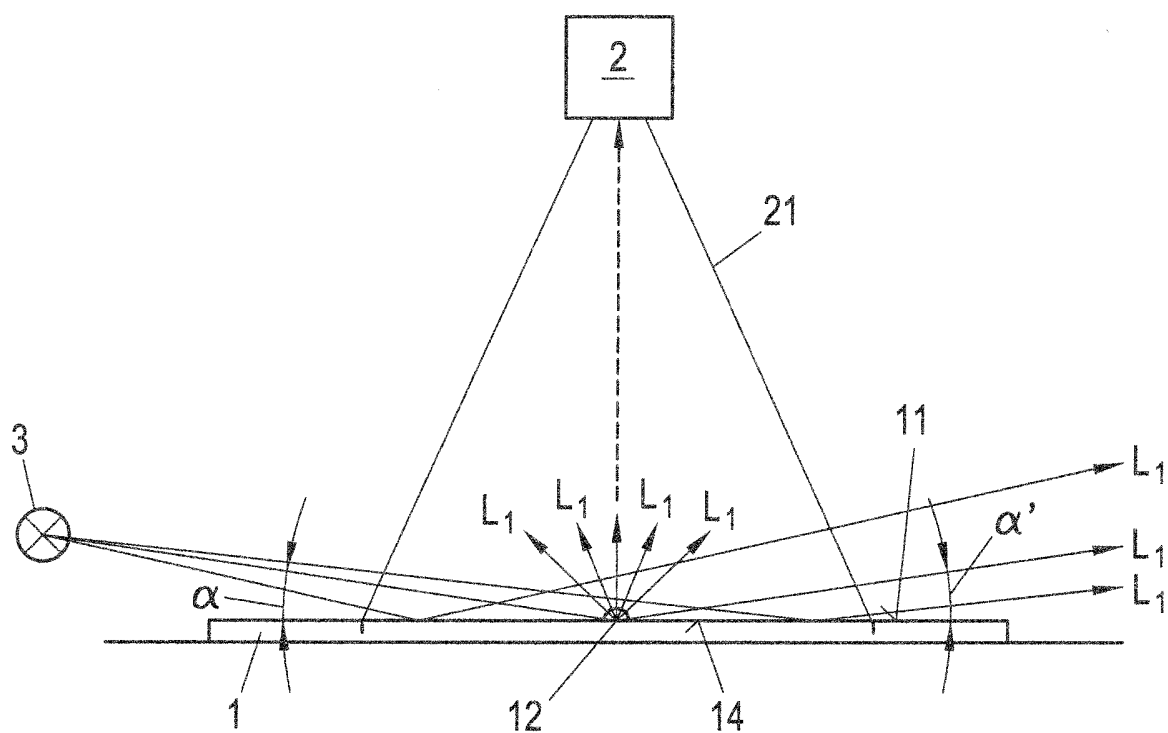


Fig. 1

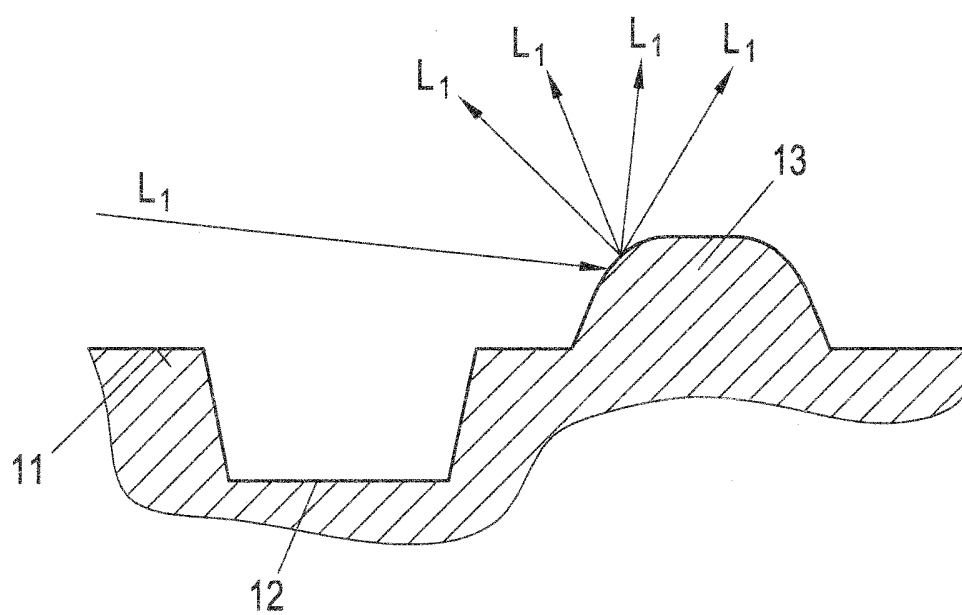


Fig. 2

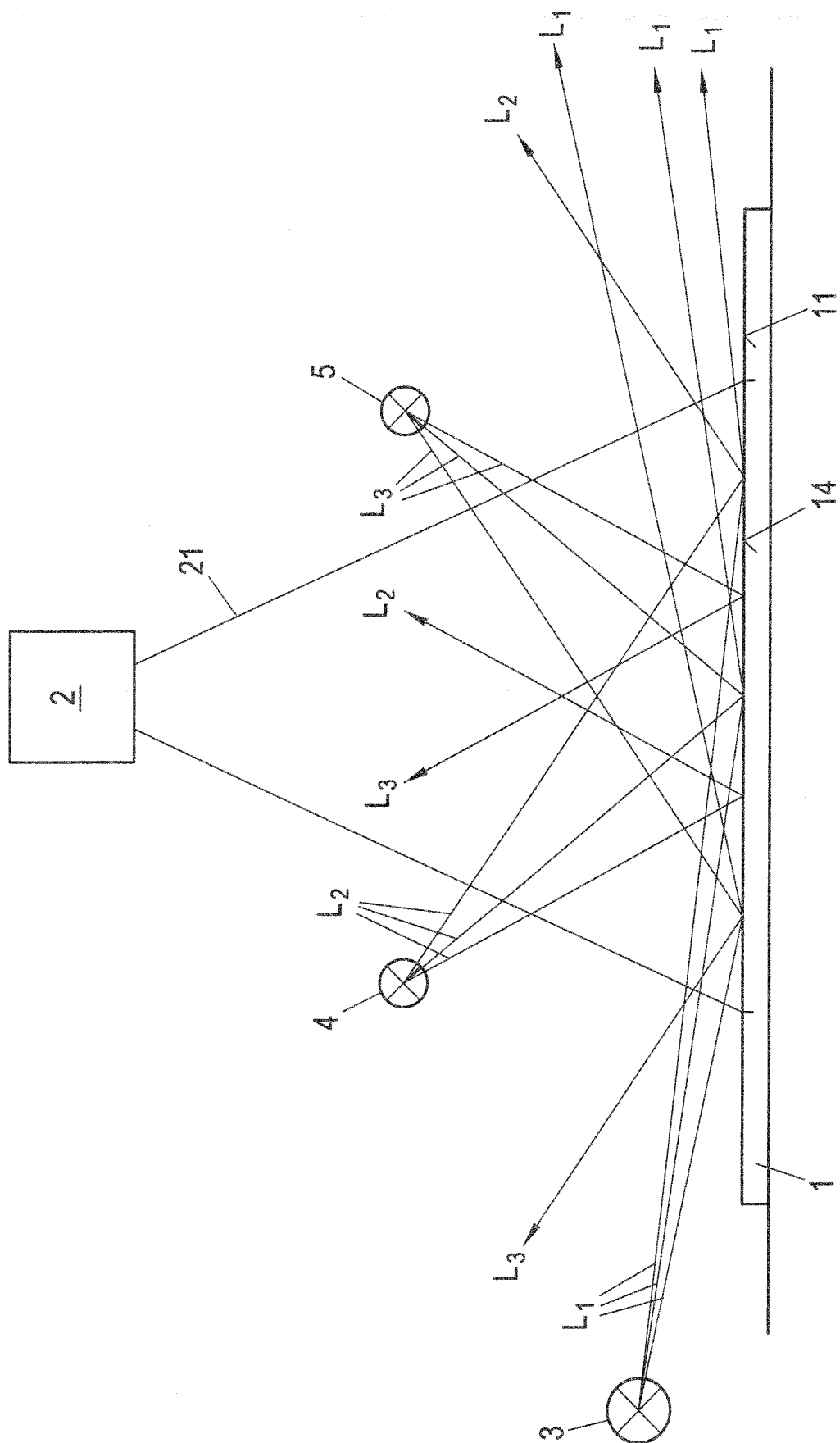


Fig. 3

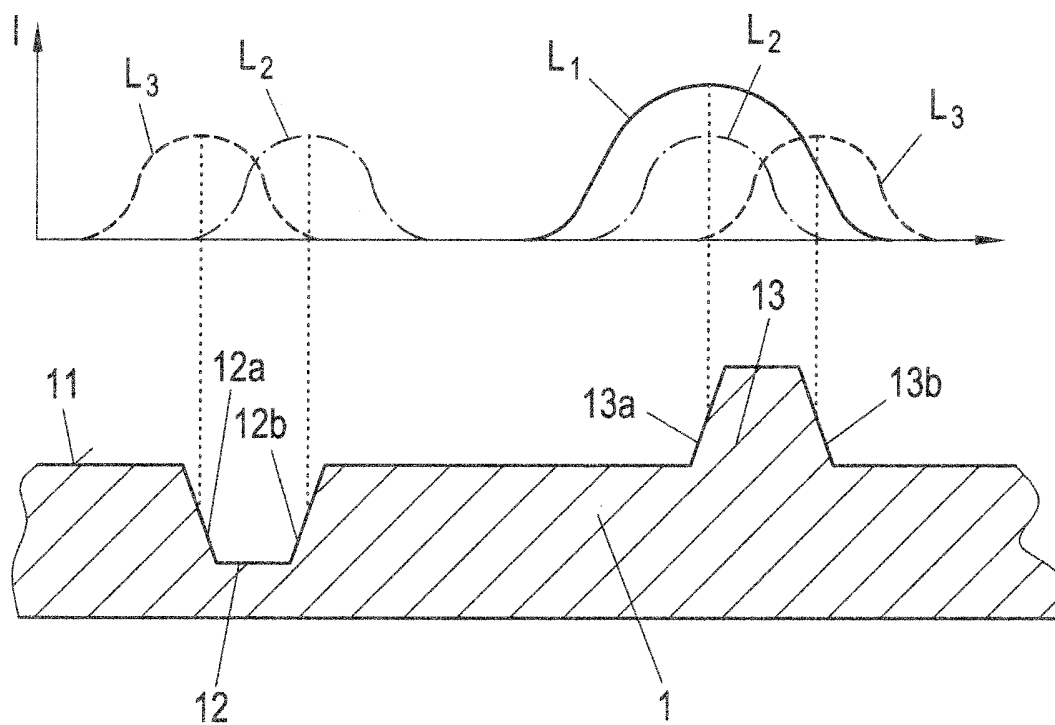


Fig. 4

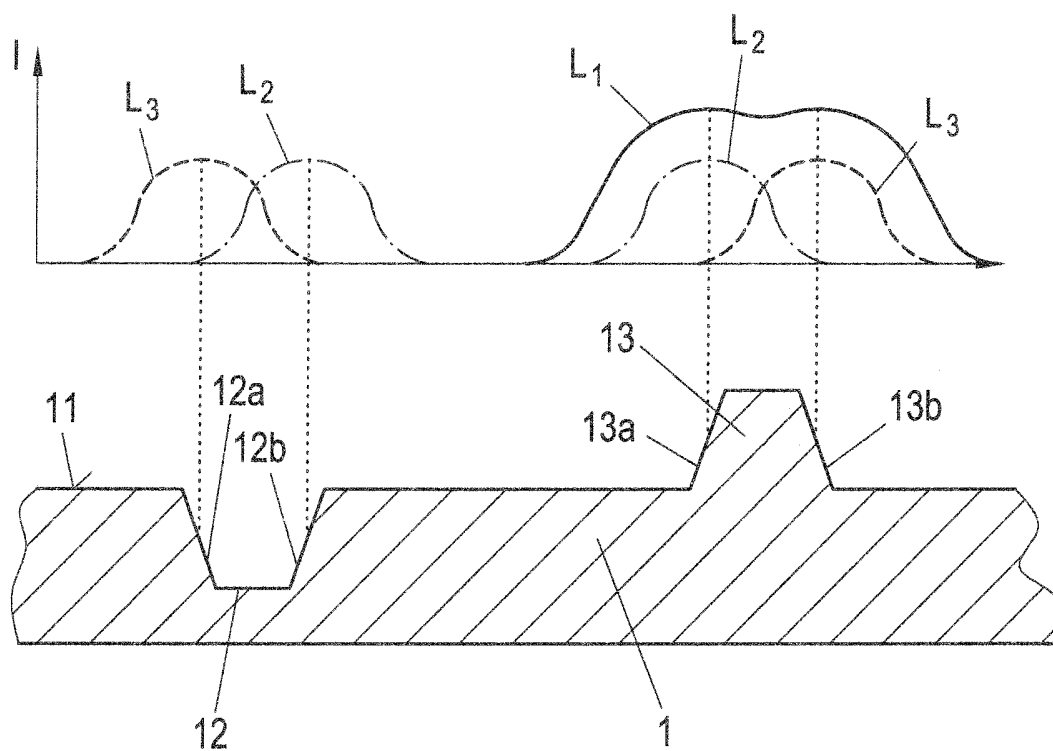


Fig. 6

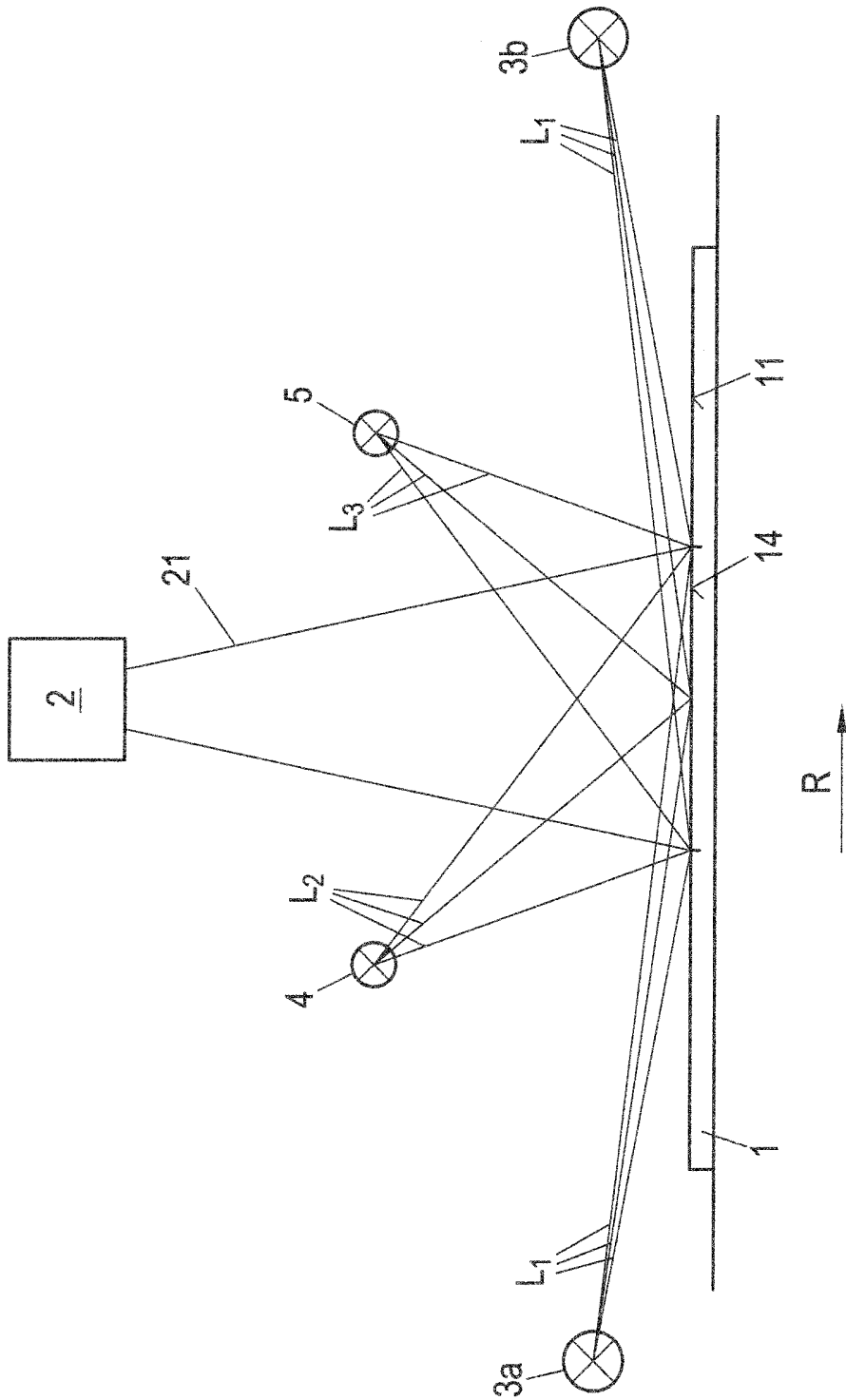


Fig. 5

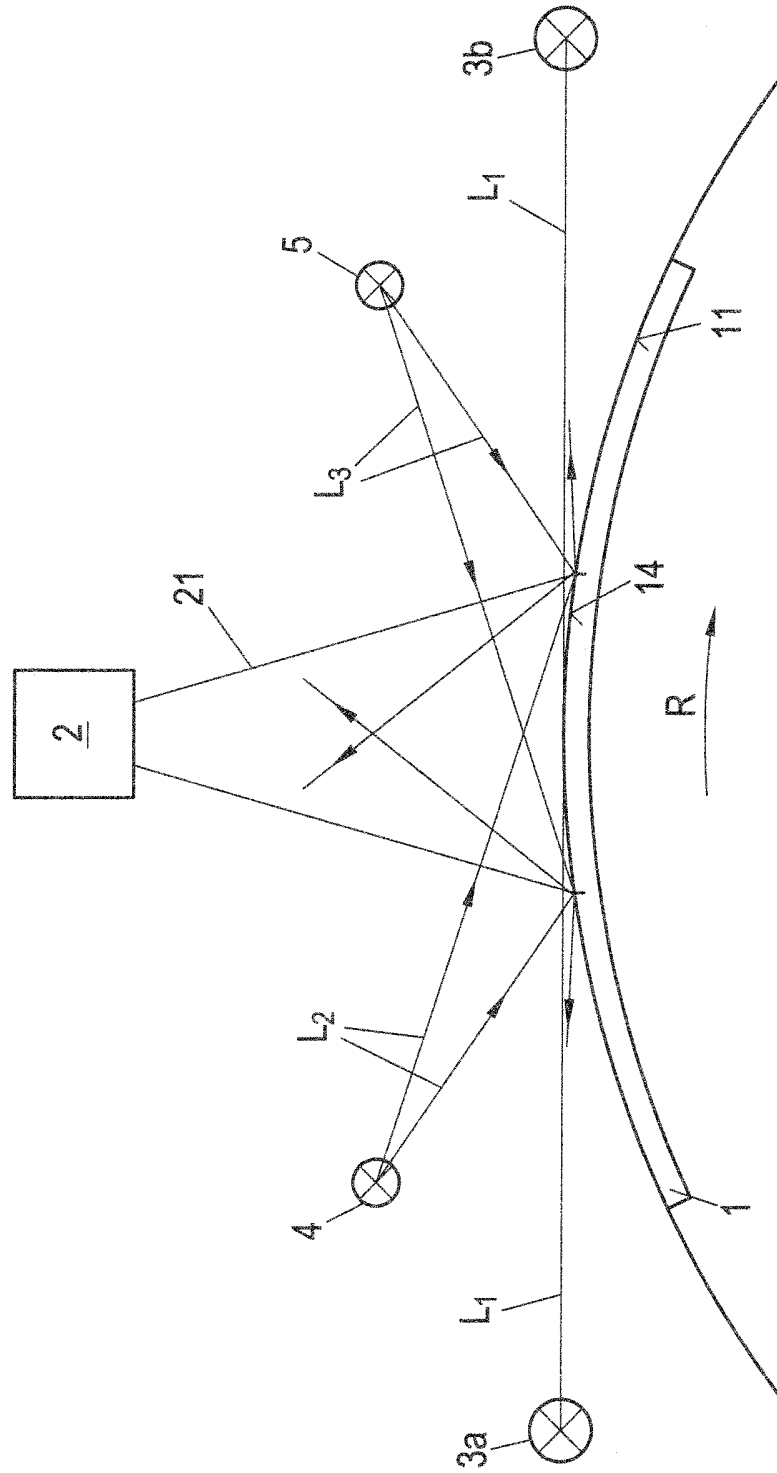


Fig. 7

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

G01M 11/00 (2006.01); **G01N 21/88** (2006.01); **G01B 11/30** (2006.01) ; **G01C 11/04** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

G01M 11/005 (2013.01); **G01N 21/8806** (2013.01); **G01N 21/8851** (2013.01); **G01B 11/303** (2013.01); **G01N 2021/8887** (2013.01); **G01N 2021/8822** (2013.01); **G01C 11/04** (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):

G01B, G01C, G01M, G01N

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, TXPnnnn (X-Full), Google

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **20.08.2014** eingereichten Ansprüchen **1-19** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	DE 19511534 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 02. Oktober 1996 (02.10.1996) Ansprüche 3 bis 5; Beschreibung Sp. 3, Zl. 3 bis 13; Fig. 1 bis 4	1-8, 12-16, 18, 19
Y	US 20020122174 A1 (HAMAMATSU AKIRA et al.) 05. September 2002 (05.09.2002) Ansprüche 1, 4, 5, 13, 16, 17 und 24 bis 29; Fig. 1 bis 4, 10 und 12; dazugehörige Beschreibung	1-8, 12-16, 18, 19
X	DE 10346481 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG) 21. April 2005 (21.04.2005) Ansprüche 1 bis 3, 6, 7 und 13; Beschreibung Abs. 21 bis 23, 32 und 40	1, 12, 18
A	US 20020047097 A1 (NISHIYAMA HIDETOSHI et al.) 25. April 2002 (25.04.2002) Ansprüche 1 und 11; Fig. 1, 18A, 18B; dazugehörige Beschreibung	1-5, 12-15
A	EP 2693403 A1 (AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY GMBH) 05. Februar 2014 (05.02.2014) Anspruch 1, dazugehörige Beschreibung	1, 2, 12, 13

Datum der Beendigung der Recherche:
13.07.2015

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KAMENIK Boris

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (11), dadurch gekennzeichnet,

- a) dass Licht (L_1) zumindest einer Lichtquelle (3) in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) eingestrahlt wird,
- b) dass das Licht (L_1), wenn auf der Oberfläche (11) Erhöhungen (13) vorhanden sind, an diesen diffus gestreut wird, andernfalls das Licht (L_1) von der Oberfläche (11) in einem den Einfallswinkel entsprechenden Ausfallswinkel reflektiert und abgestrahlt wird,
- c) dass ein Abbild des Oberflächenabschnitts (14) mittels einer für das eingestrahlte Licht (L_1), insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisation, sensitiven Bildaufnahmeeinheit (2) erstellt wird, und
- d) dass Bildbereiche des Abbilds mit einer Schwellenwert übersteigenden Intensität als Abbilder von Bereichen der Oberfläche (11) oder des Oberflächenabschnitts (14) angesehen werden, in denen sich Oberflächenbereiche mit Erhöhungen (13) befinden,
- e) dass der zu unterscheidende Gegenstand im Bereich des Oberflächenabschnitts (14) zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn geführt wird und das Licht (L_1) in einer Lichtebene tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnitts (14) auf den Oberflächenabschnitt (14) eingestrahlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass weiteres Licht ($L_2, L_3, \dots$) zumindest einer weiteren Lichtquelle (4, 5) auf den Oberflächenabschnitt (14) eingestrahlt wird,
- dass das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das weitere Licht ($L_2, L_3, \dots$) der weiteren Lichtquelle (4, 5), insbesondere hinsichtlich Polarisation und/oder Frequenz, jeweils unterschiedlich gewählt werden, wobei die Bildaufnahmeeinheit zwischen dem Licht (L_1) und dem oder jedem weiteren Licht ($L_2, L_3, \dots$) unterscheidet und mittels der Bildaufnahmeeinheit für das Licht (L_1) und das oder jedes weitere Licht ($L_2, L_3, \dots$) separat, insbesondere in einem Bildkanal für das Licht (L_1) und in davon unterschiedlichen weiteren Bildkanälen für jeweils ein weiteres Licht ($L_2, L_3, \dots$), Abbilder des Oberflächenabschnitts (14) erstellt werden,
- dass in dem zumindest einen, der weiteren Lichtquelle ($L_2, L_3, \dots$) zugeordneten Bildkanal nach Bereichen gesucht wird, in denen sich Erhöhungen oder Vertiefungen befinden, und

- dass derart aufgefundene Bereiche für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen (13) angesehen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit der zumindest einen weiteren Lichtquelle (4, 5) weiteres Licht (L_2 , ...) auf die Oberfläche eingestrahlt wird und mittels der Bildaufnahmeeinheit ein Bild für das weitere Licht (L_2 , ...) erstellt wird, wobei mittels der den weiteren Licht (L_2 , ...) zugeordnete Bildkanälen des von der Bildaufnahmeeinheit (2) erstellten Bilds das Vorhandensein von Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12) unspezifisch detektiert wird, und

- dass aufgefundene Erhöhungen (13) für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, als Erhöhungen (13), andernfalls als Vertiefungen (12) erkannt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in allen Bildkanälen ermittelt wird, ob

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle, und/oder
- c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Auto- oder Antikorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

vorliegen und abhängig von diesen ermittelten Werten erkannt wird, ob eine Erhöhung (13) oder eine Vertiefung (12) vorliegt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten gesucht wird und eine solche Unebenheit angenommen wird, wenn

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder
- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder

c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

aufgefunden werden,

wobei für solche Oberflächenbereiche untersucht wird, ob Licht der Lichtquelle mit einer den Schwellenwert übersteigenden Intensität aufgefunden wurde und

- in diesem Fall der betreffende Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) der Oberfläche erkannt wird und

- andernfalls als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) der Oberfläche (11) erkannt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der die spiegelnde Oberfläche (11) tragende Gegenstand (1) gegenüber der Lichtquelle (3) und der Bildaufnahmeeinheit (2), gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle (4, 5) oder den weiteren Lichtquellen (4, 5), relativ bewegt wird, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) eine Vielzahl von Abbildern erstellt und aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand zeigendes Gesamtabbild erstellt wird und Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12), im Gesamtabbild gesucht und gegebenenfalls markiert werden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die weiteren Lichtquellen (L_2 , L_3) Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge oder mit unterschiedlichen Spektren abstrahlen

vorzugsweise derart, dass je eine der Lichtquellen (3, 4, 5) rotes, je eine grünes und je eine blaues Licht abgibt, wobei die Lichtquelle (3) vorzugsweise grünes Licht (L_1) und die beiden weiteren Lichtquellen (4, 5) je rotes oder blaues weiteres Licht (L_2 , L_3) abgeben, und/oder

- dass die Lichtquelle (L_1) und/oder die Lichtquellen (L_2 , L_3) jeweils Licht mit voneinander unterscheidbarem Intensitätsverlauf, insbesondere mit periodischen Intensitätsverlauf mit unterschiedlicher Frequenz und/oder Phasenverschiebung, abstrahlen.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (3) zwei Teillichtquellen (3a, 3b) umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) einstrahlen,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle (3a) in Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle (3b) in Fortbewegungsrichtung des die Oberfläche tragenden Gegenstands (1) hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Erhöhung in einem zu untersuchenden Bereich dann als vorhanden angesehen wird, wenn

- a) die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im gesamten Bereich der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- b) das Produkt oder die Summe der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im gesamten zu untersuchenden Bereich der Unebenheit und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen hinteren, Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- c) das Produkt oder die Summe der Intensität von des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen vorderen, Flanke der Unebenheit einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, und/oder
- d) aus den in den Punkten a) bis c) genannten Intensitäten, Summen oder Produkten ein gewichteter Mittelwert gebildet wird und dieser mit einem vorab vorgegebenen Grenzwerts verglichen wird und im Falle der Überschreitung des Grenzwerts eine Erhöhung als vorliegend angesehen wird, und/oder
- e) zumindest eine vorgegebene Anzahl der in den Punkten a) bis d) genannten Bedingungen erfüllt ist.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vertiefung in einem zu untersuchenden Bereich dann als vorhanden angesehen wird, wenn

- a) die durchschnittliche Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen Grenzwert unterschreitet und/oder
- b) der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten ersten weiteren Lichts L_2 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen vorderen, Flanke und der Intensität des auf die

Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und/oder

c) der Quotient oder die Differenz der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten zweiten weiteren Lichts L_3 an einer, insbesondere der in Fortbewegungsrichtung gesehen hinteren, Flanke und der Intensität des auf die Bildaufnahmeeinheit (2) reflektierten Lichts L_1 im zu untersuchenden Bereich einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

d) aus den in den Punkten a) bis c) genannten Intensitäten, Differenzen oder Quotienten ein gewichteter Mittelwert gebildet wird und dieser mit einem vorab vorgegebenen Grenzwerts verglichen wird und im Falle der Überschreitung oder im Falle der Unterschreitung des Grenzwerts eine Erhöhung als vorliegend angesehen wird, und/oder
e) zumindest eine vorgegebene Anzahl der in den Punkten a) bis d) genannten Bedingungen erfüllt ist.

11. Anordnung zur Detektion von Oberflächenbereichen mit Erhöhungen (13) auf einer glatten spiegelnden Oberfläche (1) umfassend

a) zumindest eine Lichtquelle (3), die in einem flachen Einfallswinkel, von insbesondere weniger als 20° , auf einen vorgegebenen Oberflächenabschnitt (14) der Oberfläche (11) gerichtet ist,

b) eine Bildaufnahmeeinheit (2), die für das eingestrahlte Licht, insbesondere hinsichtlich Frequenz und/oder Polarisation sensitiv ist und zur Erstellung eines Abbilds des Oberflächenabschnitt (14) auf diesen ausgerichtet ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) in einem Aufnahmewinkel auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet ist, der größer ist als der Einfallswinkel, insbesondere ein rechter Winkel ist,

und

c) eine Detektoreinheit, die das Abbild auf Bereiche untersucht, deren Intensität einen vorgegebenen Schwellenwert übersteigt und diese als Erhöhungen (13) markiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinheit zum Transport des Gegenstandes (1) im Bereich des beleuchteten und abgebildeten Oberflächenabschnittes (14) zumindest teilweise entlang einer gekrümmten Bahn ausgebildet ist und die Lichtquelle (3, 3a, 3b) das Licht (L_1) tangential oder in einem Winkel von maximal 5° abweichend von der jeweiligen Tangentialebene des Oberflächenabschnittes (14) auf den Oberflächenabschnitt (14) einstrahlt.

12. Anordnung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch zumindest eine weitere Lichtquelle (4, 5) zur Abgabe von weiteren Licht (L_2 , L_3), die auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet ist, wobei das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das weitere Licht (L_2 , L_3)

der weiteren Lichtquelle (4, 5) insbesondere hinsichtlich ihrer Polarisierung und/oder Frequenz unterschiedlich gewählt sind,

dass die Bildaufnahmeeinheit (2) für das Licht (L_1) der Lichtquelle (3) und das oder jedes weitere Licht (L_2 , L_3) der oder jeder weiteren Lichtquelle (4, 5) separat, insbesondere in unterschiedlichen Bildkanälen für jeweils eine Lichtquelle (3) oder weitere Lichtquelle (4, 5), Abbilder des Oberflächenabschnitts (14) der Oberfläche (11) zur Verfügung stellt, und

dass die Detektoreinheit in dem zumindest einen der weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanal nach vorgegebenen Strukturen sucht und die aufgefundenen Strukturen für den Fall, dass im betreffenden Bildbereich auch Licht (L_1) der Lichtquelle (3) aufgefunden wird, die Strukturen als Erhöhungen (13) erkennt.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoreinheit aus dem zumindest einer weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanal, insbesondere aus zwei jeweils einer weiteren Lichtquelle (4, 5) zugeordneten Bildkanälen, das Vorhandensein von Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12) unspezifisch detektiert,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht der Lichtquelle mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Bereich vorhanden ist und

- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) markiert, und

andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) markiert.

14. Anordnung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch zwei weitere Lichtquellen (4, 5) mit, insbesondere hinsichtlich Polarisierung und/oder Frequenz, unterscheidbarem Licht (L_2 , L_3), die aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Richtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet sind,

wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) ein Abbild mit zwei weiteren Bildkanälen erstellt, die jeweils die Intensität des Lichts (L_2 , L_3) der beiden weiteren Lichtquellen (4, 5) angeben,

dass die Detektoreinheit in den weiteren Bildkanälen nach Unebenheiten (12, 13) sucht und eine solche Unebenheit (12, 13) annimmt, wenn sie

- a) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Intensitätswerte und/oder

- b) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle, und/oder

c) einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitende oder unterschreitende Autokorrelationen, insbesondere Differenzen zwischen Intensitätswerten unterschiedlicher weiterer Bildkanäle aus Pixeln mit einer vorgegebenen relativen Lage zueinander, vorzugsweise mit einem einen Schwellenwert unterschreitenden Abstand zueinander,

auffindet,

- wobei die Detektoreinheit für solche Oberflächenbereiche untersucht, ob Licht (L_1) der Lichtquelle (3) mit einer einen Schwellenwert übersteigenden Intensität in diesem Oberflächenbereich vorhanden ist und

- in diesem Fall den betreffenden Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Erhöhung (13) markiert, und

andernfalls diesen Oberflächenbereich als Bereich einer lokalen Vertiefung (12) markiert.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Transporteinheit (6) zum Transport des die spiegelnde Oberfläche (11) tragenden Gegenstand (1) relativ zur Lichtquelle (3, 3a, 3b) und der Bildaufnahmeeinheit (2), gegebenenfalls der weiteren Lichtquelle (4, 5) oder den weiteren Lichtquellen (4, 5), vorgesehen ist, wobei die Bildaufnahmeeinheit (2) eine Vielzahl von Abbildern erstellt und die Detektoreinheit aus dieser Vielzahl von Abbildern ein gemeinsames, insbesondere den gesamten Gegenstand (1) zeigendes Gesamtabbild erstellt und die Detektoreinheit Erhöhungen (13) und Vertiefungen (12), im Gesamtabbild sucht.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, gekennzeichnet durch zwei weitere Lichtquellen (4, 5) mit unterscheidbarem Licht (L_2 , L_3), wobei je eine der drei Lichtquellen (3, 4, 5) rotes, je eine grüne und je eine blaues Licht abgeben, und wobei die Lichtquelle (3) vorzugsweise grünes Licht (L_1) und je eine der weiteren Lichtquellen (4, 5) rotes Licht (L_2) und die andere weitere Lichtquelle blaues Licht (L_3) abgibt.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (3) zwei Teillichtquellen (3a, 3b) umfasst, die jeweils aus unterschiedlichen, insbesondere einander gegenüberliegenden, Einstrahlrichtungen auf den Oberflächenabschnitt (14) ausgerichtet sind,

- wobei vorzugsweise jeweils die erste Teillichtquelle (3a) in Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) vor dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt und jeweils die zweite Teillichtquelle (3b) in Fortbewegungsrichtung (R) des die Oberfläche (11) tragenden Gegenstands (1) hinter dem untersuchten Oberflächenabschnitt (14) liegt.