



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 033 098.4

(51) Int Cl.: **G01N 21/88 (2006.01)**

(22) Anmelddetag: 15.07.2009

**G01N 21/27 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: 03.02.2011

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13.07.2023

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Byk Gardner GmbH, 82538 Geretsried, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 03 555	A1
DE	102 33 295	A1
DE	199 09 534	A1
DE	10 2007 014 475	A1
DE	10 2007 058 217	A1
DE	10 2007 063 473	A1
US	2007 / 0 250 273	A1
WO	2008/ 083 206	A3

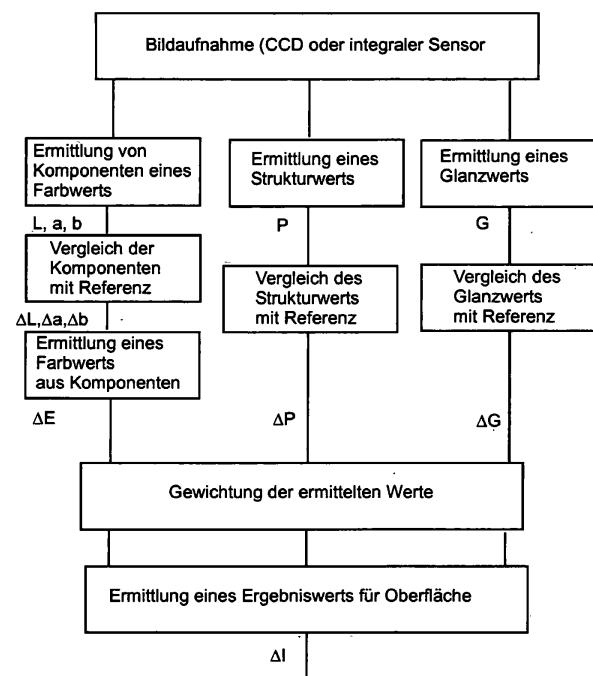
(74) Vertreter:  
**Hannke Bittner & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte mbB, 93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Schwarz, Peter, 82549 Königsdorf, DE; Sperling,  
Uwe, 82538 Geretsried, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften von strukturierten Oberflächen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Ermitteln von Eigenschaften von insbesondere strukturierten Oberflächen mit den Schritten:

- Einstrahlen von Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche (10);
- Detektion wenigstens eines Anteils der auf die Oberfläche (10) eingestrahlten und von dieser zurückgeworfenen Strahlung mittels einer Detektoreinrichtung (4), welche eine ortsaufgelöste Bewertung der auf sie eintreffenden Strahlung erlaubt;
- Ermittlung eines ersten Kennwerts (P) aus der detektierten Strahlung, wobei der erste Kennwert (P) für eine Struktur der Oberfläche (10) charakteristisch ist;
- Ermittlung eines zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ) aus der detektierten Strahlung, wobei der zweite Kennwert für eine weitere optische Eigenschaft der Oberfläche (10) charakteristisch ist und wobei der zweite Kennwert ( $\Delta E$ ) auf Grundlage von mehreren Komponenten ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) gebildet wird, wobei wenigstens eine dieser Komponenten ( $\Delta L$ ) charakteristisch für eine Helligkeit der Oberfläche (10) ist;
- Ermittlung eines Ergebniswerts ( $\Delta I$ ) auf Grundlage des ersten Kennwerts (P) und des zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ).



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln von Eigenschaften und insbesondere optischen Eigenschaften von strukturierten Oberflächen. Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind aus dem Stand der Technik seit langem bekannt. Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Oberflächen von Karosserien, insbesondere für Kraftfahrzeuge, beschrieben, es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung auch bei anderen Anwendungen zum Einsatz kommen kann, wie beispielsweise bei Bodenbelägen, bei Möbelstücken, und dergleichen. Die strukturierte Oberfläche ist damit durch eine Topographie gekennzeichnet, welche neben lateralen Ausdehnung auch ein Höhenprofil. Das menschliche Auge kann jedoch derartige Höhenunterschiede im Mikrometerbereich nicht quantitativ auswerten, sondern nimmt lediglich die Effekte dieser Struktur wahr. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die Untersuchung strukturierter Oberflächen beschränkt.

**[0002]** Derartige aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren und Vorrichtungen ermitteln üblicherweise bestimmte Eigenschaften der Oberfläche, wie zum Beispiel eine Farbe. Dabei dienen diese Vorrichtungen dazu, um ein objektives Bild der jeweiligen Oberfläche ableiten zu können. Erfindungsgemäße Geräte werden insbesondere im Bereich der Qualitätssicherung eingesetzt, insbesondere, wenn Unterschiede zwischen zwei zu vergleichenden Oberflächen festgestellt werden sollen. Jedoch ist auch hier weniger der quantitativ bestehende Unterschied entscheidend sondern vielmehr die menschliche Wahrnehmung.

**[0003]** Aus der WO 2008/083206 A3 ist ein Verfahren zur Simulation von Oberflächenerscheinungsbildern bekannt. Dabei ist ein Datenspeicher vorgesehen, der eine Vielzahl von Oberflächenfarben und eine Vielzahl von Oberflächentexturen enthält. Weiterhin ist ein Prozessor vorhanden, der ein Erscheinungsbild einer Oberfläche erzeugt, wobei er auf eine Vielzahl von in dem Datenspeicher abgelegten Daten zurückgreift.

**[0004]** In der DE 199 09 534 A1 ist eine Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften beschrieben, in der über ein aufgenommenes ortsaufgelöstes Bild einer zu untersuchenden Oberfläche alle Flächenanteile mit einer bestimmten physikalischen Eigenschaft bestimmt werden und ein hierfür charakteristischer Ergebniswert gemeinsam mit einem weiteren für die Oberfläche charakteristischen Wert in einem zweidimensionalen Diagramm dargestellt wird.

**[0005]** In der DE 102 33 295 A1 wird ein Verfahren zur Qualitätskontrolle von lackierten Oberflächen beschrieben. Hierzu kann von einer lackierten Oberfläche ein Farbwert und/oder ein Glanzgrad und/oder Wolkigkeit und/oder ein Farbverlauf und/oder eine Struktur und/oder eine Oberflächenwirkung in Übergangsbereichen unterschiedlicher Bauteile erfasst und bewertet werden.

**[0006]** In vielen Fällen ist es für den Benutzer jedoch weniger relevant, eine genaue quantitative Analyse einer bestimmten Oberfläche zu erhalten. Vielmehr ist es in vielen Fällen relevant, festzustellen, ob beispielsweise an beschädigten Stellen ein aufgebrachter Ersatzlack mit dem ursprünglich aufgebrachten Lack so übereinstimmt, dass ein Kunde den Unterschied mit bloßem Auge nicht erkennen kann.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, welche insbesondere auch eine derartige qualitative Bewertung einer Oberfläche erlauben. Weiterhin soll ein Verfahren zur Verfügung gestellt werden, welches in möglichst einfacher Weise einen schnellen Überblick über qualitative Eigenschaften dieser Oberflächen ausgibt.

**[0008]** Dies wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 10 erreicht. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln von Eigenschaften von insbesondere strukturierten Oberflächen wird zunächst eine Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche eingestrahlt. In einem weiteren Verfahrensschritt wird wenigstens ein Anteil der auf die Oberfläche eingestrahlten und von dieser zurückgeworfenen Strahlung mittels einer Detektoreinrichtung detektiert, welche eine ortsaufgelöste Bewertung der auf sie eintreffenden Strahlung erlaubt. Bei einem weiteren Verfahrensschritt wird ein erster Kennwert aus der detektierten Strahlung ermittelt, wobei dieser erste Kennwert für eine Struktur der Oberfläche charakteristisch ist. In einem weiteren Schritt wird ein zweiter Kennwert aus der detektierten Strahlung ermittelt, wobei der zweite Kennwert für eine weitere optische Eigenschaft der Oberfläche charakteristisch ist. Schließlich wird ein Ergebniswert auf Grundlage des ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts ermittelt.

**[0009]** Bei der zurückgeworfenen Strahlung handelt es sich um Strahlung, welche von der Oberfläche wieder ausgegeben wird, beispielsweise im Wege der Reflexion oder im Wege von Streuung oder gegebenenfalls auch Beugung. Bei einem Kennwert kann es sich auch um einen Differenzwert handeln.

**[0010]** Die Detektoreinrichtung nimmt dabei nicht nur eine Intensität des auf sie auftreffenden Lichtes wahr, sondern erlaubt eine ortsaufgelöste Darstel-

lung, beispielsweise eine Bildausgabe. So kann es sich beispielsweise bei dieser Detektoreinrichtung um einen CCD-Chip oder eine Farbbildkamera handeln.

**[0011]** Bei dem ersten Kennwert kann es sich sowohl um eine Vielzahl von Einzelwerten handeln, als auch um einen integrierten Wert, der beispielsweise eine Intensitätsverteilung aus vielen Einzelwerten ausgibt. Dabei wird jedoch auch dieser erste Kennwert der für die Struktur der Oberfläche charakteristisch ist auf optischem Wege ermittelt.

**[0012]** Damit wird die Struktur der Oberfläche insbesondere berührungslos erfasst.

**[0013]** Bei der zweiten optischen Eigenschaft der Oberfläche handelt es sich vorzugsweise um eine Eigenschaft, welche nicht mit einer bestimmten Struktur der Oberfläche korreliert ist, wie beispielsweise um eine Farbeigenschaft.

**[0014]** Durch die Ermittlung eines Ergebniswerts auf Grundlage der beiden Kennwerte wird ein integraler Wert erhalten, der sich aus mehreren Komponenten zusammensetzt. Bevorzugt handelt es sich dabei um eine skalare Größe. Wie eingangs erwähnt ist es oftmals interessant lediglich eine qualitative Information über die Oberfläche zu erhalten, beispielsweise Informationen darüber, ob diese vom menschlichen Auge noch von einer Referenzoberfläche optisch zu unterscheiden ist. Diese Aussage hängt jedoch dabei von einer Vielzahl von Kriterien der Oberfläche ab. Daher wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Menge derartiger Kennwerte in geeigneter Weise so zusammenzufassen, dass sich eine qualitative Aussage über die Oberfläche ergibt und insbesondere eine Aussage, ob die Oberfläche visuell wahrnehmbar von einer Referenzfläche abweicht. Es wird damit bewusst eine Reduzierung der durch die Messungen an sich gewonnenen Informationen vorgenommen.

**[0015]** Vorzugsweise wird eine für die Oberfläche charakteristische Kenngröße, die vorteilhaft mit der Wahrnehmung des menschlichen Auges korreliert, unter Verwendung des ersten Kennwerts und unter Verwendung wenigstens einer weiteren vorbekannten oder ermittelten Eigenschaft der Oberfläche ermittelt. Auf diese Weise ist eine Anpassung an subjektives Verhalten eines Betrachters möglich. Auch der reale Betrachter „interpretiert“ üblicherweise visuelle Eindrücke, in dem er Ihnen Erfahrungen hinzufügt.

**[0016]** Im Stand der Technik werden üblicherweise strukturelle Eigenschaften der Oberflächen in mechanischer Weise, beispielsweise durch ein Hommel-Messgerät oder dergleichen gemessen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden auch die

strukturellen Eigenschaften insbesondere auf optischen Weg ermittelt. Eine entsprechende Kamera nimmt dabei ein Bild der strukturierten Oberfläche auf. Dieses Bild kann jedoch für sich betrachtet mehrere physikalische Ursachen haben, beispielsweise das Vorliegen tatsächlicher Strukturen oder auch das Vorliegen von Hell-Dunkel-Mustern auf der Oberfläche. Auf Basis der vorbekannten oder auch zusätzlich ermittelten Informationen, wie beispielsweise einer Information, welche auf das Vorliegen von Hell-Dunkel-Mustern schließen lässt, kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren der physikalische Grund für ein aufgenommenes Bild besser ermittelt werden.

**[0017]** Vorteilhaft erfolgt die Ermittlung des Ergebniswerts auf Grundlage einer Vielzahl gespeicherter Daten, welche optische Eigenschaften der Oberfläche beschreiben. Dabei kann es sich sowohl um Daten handeln, welche optische Eigenschaften der gerade vermessenen Oberfläche beschreiben als auch um Daten, welche Referenzoberflächen beschreiben.

**[0018]** Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren wird zur Ermittlung des Ergebniswerts wenigstens ein weiterer Kennwert verwendet, der für optische Eigenschaften einer Oberfläche charakteristisch ist. Dabei werden bei diesem Verfahren also wenigstens drei unterschiedliche Kennwerte verwendet, um den Ergebniswert auszugeben. Vorteilhaft ist wenigstens ein Kennwert aus einer Gruppe von Kennwerten ausgewählt, welche eine Farbe der Oberfläche, eine Helligkeit der Oberfläche, eine DOI (distinctiveness of image) der Oberfläche, einen Glanz der Oberfläche, eine Struktur der Oberfläche und dergleichen enthält.

**[0019]** Vorzugsweise ist wenigstens ein Kennwert ein durch einen Vergleich gebildeter Relativwert. Dabei wird bevorzugt dieser Kennwert mit einem Referenzwert verglichen und wird beispielsweise eine Differenz oder ein Verhältnis aus diesen Werten gebildet.

**[0020]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der zweite Kennwert auf Grundlage von mehreren Komponenten gebildet, wobei wenigstens eine dieser Komponenten charakteristisch für eine Helligkeit der Oberfläche ist. Besonders bevorzugt ist wenigstens eine der Komponenten charakteristisch für eine Farbe der Oberfläche. So kann beispielsweise ein sogenannter L-a-b-Wert ermittelt werden, wobei der Wert L charakteristisch für die Helligkeit der Oberfläche ist, der Wert a einen Rot-Grün-Wert darstellt und der Wert b einen Gelb-Blau-Wert darstellt. Durch dieses genormte Verfahren kann eine eindeutige jedoch qualitative Charakterisierung der betreffenden Oberfläche erreicht werden. Es kann jedoch auch das Spektrum zur Charakterisierung einer Farbe herangezogen werden.

**[0021]** Als Beleuchtung kann sowohl diffuse als auch gerichtete Strahlung eingesetzt, wobei während eines Messprozesses auch diese beiden Strahlungsarten kombiniert werden können. Daneben kann auch mehrseitige Beleuchtung beispielsweise von ringsegmentartigen Lichtquellen, vorgenommen werden. Weiterhin wäre es möglich, konvergente oder divergente Strahlung einzusetzen oder ggfs. eine sog. Ullbricht'sche Kugel zu verwenden.

**[0022]** In den einzelnen Strahlengängen zwischen den Beleuchtungseinrichtungen und der Oberfläche bzw. zwischen der Oberfläche und der Detektoreinrichtung können auch Filterelemente und-/oder Blendeelemente zum Einsatz kommen. Diese Filterelemente dienen insbesondere dazu, ein bestimmtes spektrales Verhalten der Messanordnung zu simulieren, um einer gegebenen Normlichtart möglichst weitgehend zu entsprechen oder eine  $V_\lambda$  - Anpassung zu erhalten.

**[0023]** Bei einem weiteren vorteilhaften Verfahren werden einzelne Kennwerte gewichtet. So ist es möglich, je nach untersuchter Oberfläche einzelne Komponenten stärker oder schwächer ins Gewicht fallen zu lassen. Dies beruht darauf, dass für das menschliche Auge je nach Beschaffenheit der Oberfläche unterschiedliche Eigenschaften leichter beobachtbar sind als andere. So ist beispielsweise bekannt, dass das menschliche Auge in bestimmten Farbbereichen empfindlicher ist als in anderen und daher auch in bestimmten Farbbereichen leichter Farbunterschiede wahrgenommen werden als in anderen Bereichen.

**[0024]** Vorteilhaft wird zunächst ein erster Kennwert für die Farbe der Oberfläche gebildet und dieser Kennwert dann mit einem weiteren Kennwert, wie beispielsweise einem Kennwert für die Struktur der Oberfläche verknüpft. Vorzugsweise werden die besagten Kennwerte als skalare Größen berücksichtigt. So ist es möglich, dass die oben erwähnten Differenzen quadriert werden.

**[0025]** Die Erfindung ist weiterhin auf eine Vorrichtung zum Ermitteln von optischen Eigenschaften von Oberflächen gerichtet, wobei eine erste Strahlungseinrichtung vorgesehen ist, welche Strahlung auf eine zu untersuchende Oberfläche richtet sowie eine Detektoreinrichtung, welche von der Strahlungseinrichtung auf die Oberfläche gerichtete und von der Oberfläche zurückgeworfene Strahlung detektiert, wobei die Detektoreinrichtung eine ortsaufgelöste Bewertung der auf diese auftreffenden Strahlung erlaubt. Weiterhin gibt die Detektoreinrichtung auf Grundlage der detektierten Strahlung wenigstens einen ersten für eine Struktur der Oberfläche charakteristischen Kennwert sowie einen zweiten für eine weitere optische Eigenschaft der Oberfläche charakteristischen Kennwert aus.

**[0026]** Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung eine Prozessoreinrichtung auf, welche einen für die Oberfläche charakteristischen Ergebniswert auf Grundlage der ersten Kennwerts und des zweiten Kennwerts ermittelt. Damit wird vorrichtungsseitig vorgeschlagen, dass die Detektoreinrichtung bzw. eine entsprechende Prozessoreinheit zunächst zwei getrennte Kennwerte ausgibt bzw. bereitstellt und diese beiden Kennwerte anschließend durch eine Prozessoreinrichtung zu einem Ergebniswert zusammengefasst werden. Auch bei diesem Ergebniswert handelt es sich vorzugsweise wieder um einen qualitativen- oder Relativwert.

**[0027]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Speichereinrichtung auf, in der Referenzwerte abgespeichert sind, welche als Vergleichswerte für wenigstens den ersten Kennwert oder den zweiten Kennwert dienen. Damit wird hier ein bestimmtes Messergebnis mit einer abgespeicherten Referenz beglichen. Vorzugsweise ist zu diesem Zweck eine Vergleichseinrichtung vorgesehen, welche die jeweils gemessenen Werte mit den gemessenen Referenzwerten vergleicht. Dabei ist es möglich, dass lediglich die Ergebniswerte miteinander verglichen werden, bevorzugt werden jedoch bereits die einzelnen charakteristischen Kennwerte bzw. deren Komponenten miteinander verglichen und entsprechende Relativgrößen, wie beispielsweise Differenzen gebildet.

**[0028]** Anstelle eines Vergleichs mit einer Referenz wäre es jedoch auch möglich, dass die Vorrichtung an unterschiedlichen Bereichen, beispielsweise einer Karosserie misst und die Messergebnisse für unterschiedliche Bereiche dieser Oberfläche vergleicht. So könnte beispielsweise an einem ersten Bereich einer Karosserie eine Messung durchgeführt werden, wobei dieser erste Bereich unbeschädigt ist sowie anschließend ein weiterer Bereich, an dem eine Austauschlackierung vorgesehen ist, beispielsweise an einer eingewechselten Türe des Fahrzeugs. Die zuerst aufgenommenen Werte dienen dann als Referenzwerte.

**[0029]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform strahlt die Strahlungseinrichtung ungerichtete bzw. diffuse Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche ein. Es wäre jedoch auch möglich, dass die Strahlungseinrichtung gerichtete Strahlung auf die Oberfläche einstrahlt um auf diese Weise beispielsweise die Beleuchtung mit Sonnenlicht bei unbewölkten Himmel zu simulieren.

**[0030]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Speichereinrichtung auf, in der charakteristische Werte für vorbekannte Eigenschaften der Oberfläche abgelegt sind. Dabei kann es sich beispielsweise um charakteristische

Werte für Farben, für Glanz, für DOI und dergleichen handeln.

**[0031]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Entfernungsmesseinrichtung auf, um zurückgelegte Strecken der Vorrichtung gegenüber der Oberfläche zu bestimmen. Auf diese Weise kann ein qualitatives Bild größerer Oberflächen ermittelt werden und insbesondere eine geometrische Zuordnung zu bestimmten Punkten auf der Oberfläche gewährleistet sein. Bei der Entfernungsmesseinrichtung kann es sich beispielsweise um einen an einem Rad angeordneten Entfernungsmesser handeln, wobei mit Hilfe dieses Rades die Vorrichtung über die Oberfläche bewegt wird. Es wäre jedoch auch möglich, dass Entfernungsmesser festgestellt werden, als eine genaue geometrische Position der Vorrichtung in Bezug auf eine Umgebung detektiert wird und auf Grundlage von mehreren dieser Werte eine entsprechende Entfernung trianguliert wird. So könnte beispielsweise die Vorrichtung an einem Roboterarm angeordnet sein, dessen Position beispielsweise anhand von Roboterkoordinaten ermittelt wird.

**[0032]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind die Strahlungseinrichtung und Detektoreinrichtung innerhalb eines Gehäuses vorgesehen, wobei dieses Gehäuse lediglich eine Öffnung für die untersuchende Oberfläche aufweist und ansonsten abgeschlossen ist. Wie erwähnt, weist vorteilhaft die Vorrichtung ein Rad auf, um diese Vorrichtung gegenüber der Oberfläche zu bewegen. Vorteilhaft können mehrere Räder vorgesehen sein, damit auch gleichzeitig eine definierte Position der Vorrichtung gegenüber der Oberfläche eingehalten wird.

**[0033]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Vorrichtung mehrere Strahlungseinrichtungen auf, welche beispielsweise die Oberfläche unter mehreren unterschiedlichen Winkeln bestrahlen. Auch wäre es möglich, dass mehrere Detektoreinrichtungen vorgesehen sind, welche die von der Oberfläche zurückgeworfene Strahlung aufnehmen. Vorteilhaft strahlen die Strahlungseinrichtungen Weißlicht bzw. normiertes Licht, wie beispielsweise D65-Licht auf die zu untersuchende Oberfläche aus. Weiterhin ist bei einer vorteilhaften Ausführungsform eine Blende zwischen der Oberfläche und der Detektoreinrichtung angeordnet. Bei dieser Blende kann es sich sowohl um eine mechanische Blende handeln als auch um eine Softwareblende. Im letzteren Falle kann die „Blende“ durch entsprechende Änderung des betrachteten Bildausschnitts bzw. eines definierten Pixelfeldes eingestellt werden. Die Bildaufnahmeeinrichtung kann dabei als programmiertes Pixelfeld (CCD oder CMOS - Kamera) aufgefasst werden.

**[0034]** Daher ist es vorzugsweise möglich, dass das von der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommene Bild bzw. dessen aufgenommener Bildausschnitt verändert wird. Durch diese Veränderung der Auflösung bzw. durch die Veränderung des Bildausschnittes können Informationen über Strukturen der Oberfläche gewonnen werden. Zu diesem Zweck können auch Maßnahmen, wie eine gleitende Mittelwertbildung, vorgenommen werden.

**[0035]** Beispielsweise ist eine Strahlungseinrichtung unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegenüber der Oberfläche angeordnet. Die Bildaufnahmeeinrichtung ist vorteilhaft unter  $0^\circ$  gegenüber der Oberfläche vorgesehen.. Dabei ist es möglich, dass mehrere Strahlungseinrichtungen simultan aktiviert werden, es wäre jedoch auch eine sukzessive Aktivierung möglich.

**[0036]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform liegen die zwischen den Strahlungseinrichtungen und den Strahlungsdetektoreinrichtungen verlaufenden Strahlrichtungen in einer Ebene. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn mehrere Strahlungseinrichtungen oder mehrere Strahlungsdetektoreinrichtungen vorgesehen sind. Sämtliche der geometrischen Strahlrichtungen liegen dabei vorteilhaft in einer vorgegebenen Ebene. Durch geeignete Beleuchtung, insbesondere aus mehreren Richtungen, können auch ungewollte Schattenwürfe vermieden werden.

**[0037]** Weiter Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen:

**[0038]** Darin zeigen:

**Fig. 1** ein Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes Verfahren, und

**Fig. 2** eine grobschematische Darstellung einer erfindungsgemäßigen Vorrichtung.

**[0039]** **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung für den Ablauf eines erfindungsgemäßigen Verfahrens. Dabei wird zunächst mit der erfindungsgemäßigen Vorrichtung ein Bild einer zu untersuchenden Oberfläche aufgenommen. Dabei kann beispielsweise die Oberfläche mittels einer Strahlungseinrichtung bestrahlt werden und das von der Oberfläche zurückgeworfene, d. h. insbesondere reflektierte oder gestreute Licht, von der Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommen werden.

**[0040]** Aus den mittels der Bildaufnahme gewonnenen Daten werden einerseits die Komponenten L-a-b eines Farbwerts und andererseits auch ein Strukturwert P und Glanzwert G der Oberfläche ermittelt. Der Strukturwert P kann dabei zunächst in der Weise ermittelt werden, dass ausgehend von dem aufgenommenen Bild ein statistischer Wert (etwa eine

Varianz eine Entropie, fraktale Elemente, eine Grauwertmatrix, ein Grauerthistogramm und deren Kenngrößen wie Schwerpunkt, Halbwertsbreite, oder sonstige Schwellwerte oder andere mathematische Methoden zur Auswertung ein oder zweidimensionaler Bilder) gebildet wird, der beispielsweise die Intensitätsunterschiede unterschiedlicher Pixel berücksichtigt.

**[0041]** Der Glanzwert  $G$  kann beispielsweise dadurch ermittelt werden, dass zwei unterschiedliche Strahlungseinrichtungen unter unterschiedlichen Winkeln auf die Oberfläche einstrahlen und die Bildaufnahmeeinrichtung, vor der vorzugsweise eine Blende angeordnet ist, die jeweiligen Bilder aufnimmt und entsprechende Intensitätswerte ermittelt, in diesem Fall also vorteilhaft lediglich auf die Bilderaufnahmeeinrichtung auftreffende Intensität ermittelt. Damit wird zur Ermittlung des Glanzwerts eine räumliche Intensitätsverteilung bzw. das Integral der von der Oberfläche zurückgeworfenen Intensität ermittelt.

**[0042]** Es wäre jedoch auch möglich, andere optische Kennwerte mit Hilfe von Blenden zu bestimmen oder aber die Strahlungseinrichtung und/oder die Detektoreinrichtung in Umfangsrichtung beweglich auszuführen, so dass mit der gleichen Strahlungseinrichtung Strahlung unter unterschiedlichen Winkeln eingestrahlt werden kann und/oder mit der Detektoreinrichtung 4 Strahlung unter unterschiedlichen Winkeln detektiert werden kann. Daneben können auch mehrere Strahlungsquellen simultan oder sukzessive aktiviert werden

**[0043]** Die verwendete Optik bildet hierbei die zu untersuchende Oberfläche auf die Kamera ab, es ist aber auch möglich, die über die Oberfläche gespiegelte Beleuchtungsblende auf die Kamera abzubilden.

**[0044]** Die Farbwerte  $L-a-b$  werden durch Verwendung einer Farbbildkamera oder eines integralen Sensors wie einer Photozelle bestimmt. Die einzelnen Farbwerte  $L-a-b$  werden im Folgenden mit einer Referenz verglichen, sodass sich entsprechende Differenzwerte  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  und  $\Delta b$  ergeben. Aus diesen Differenzwerten wird eine Farbdifferenz  $\Delta E$  nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

**[0045]** Damit beschreibt der Farbwert  $\Delta E$  die Abweichung der ermittelten Farbwerte von einem Referenzmuster bzw. einer Referenzfarbe.

**[0046]** In ähnlicher Weise wird der ermittelte Strukturwert mit einem Referenzwert verglichen und ebenfalls ein Wert  $P$  bzw. ein Differenzwert  $\Delta P$  ermittelt. Das gleiche erfolgt auch für den Glanzwert  $G$ , der mit

einem Referenzwert verglichen wird und auf diese Weise ein Wert  $\Delta G$  ermittelt wird. Dabei ist es möglich, dass sämtliche Werte mit der gleichen Detektoreinrichtung bestimmt werden, insbesondere, wenn es sich bei dieser Detektoreinrichtung um Farbkamera handelt. Es kann sich jedoch auch um eine Kameraanordnung handeln, welche eine Vielzahl sukzessiv vorschaltbarer Filter (ggfs. auch ein Filterrad) aufweist.

**[0047]** In einem weiteren Schritt kann eine Gewichtung der einzelnen Werte (nicht gezeigt) erfolgen, was unter anderem auch von der verwendeten Oberfläche abhängen kann. Schließlich wird ein Ergebnis für  $\Delta I$  für die Oberfläche nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\Delta I = \sqrt{e\Delta E^2 + f\Delta P^2 + g\Delta G^2}.$$

**[0048]** Damit werden auch zur Ermittlung des Ergebniswerts  $\Delta I$  die Abweichungen der einzelnen Komponenten  $\Delta E$ ,  $\Delta P$  und  $\Delta G$  ermittelt und diese wiederum integrativ -ggfs unter Verwendung von Koeffizienten  $e, f, g$  zusammengefasst. Diese Koeffizienten  $e, f, g$  können jedoch auch variabel sein. Der Ergebniswert  $\Delta I$  trifft eine Aussage darüber, ob der optische Eindruck einer Oberfläche für den Benutzer wahrnehmbar von einer Referenzoberfläche abweicht.

**[0049]** In den obigen Formeln können jedoch anstelle der dargestellten Differenzwerte auch Absolutwerte verwendet werden.

**[0050]** **Fig. 2** zeigt eine grobschematische Darstellung einer erfundungsgemäßen Vorrichtung. Diese Vorrichtung weist dabei ein Gehäuse 22 auf, welches bis auf eine Öffnung 23 geschlossen ist, wobei diese Öffnung zur Beobachtung einer Oberfläche 10 dient. Die Bezugszeichen 2 und 6 beziehen sich auf zwei Strahlungseinrichtungen, welche Licht unter unterschiedlichen Winkeln auf die Oberfläche 10 einstrahlen. Eine Detektoreinrichtung 4 nimmt die von der Oberfläche 10 zurückgeworfene, insbesondere gestreute oder reflektierte Strahlung auf. In dem Strahlengang zwischen der Oberfläche 10 und der Bildaufnahmeeinrichtung 4 ist dabei eine Blende 8 vorgesehen. Die Bezugszeichen 29 und 30 beziehen sich auf weitere Blenden und/oder Filtereinrichtungen, die in den jeweiligen Strahlengängen zwischen den Strahlungseinrichtungen 2 und 12 und der Oberfläche 10 angeordnet sind.

**[0051]** Die Detektor- bzw. Bildaufnahmeeinrichtung gibt die Werte  $P, G, L, a, b$  an eine Prozessoreinrichtung 12 auf, welche diese Werte verarbeitet. Im Einzelnen ermittelt die Prozessoreinrichtung 12 nach dem in **Fig. 1** gezeigten Schema ein Ergebniswert  $\Delta I$ , der mittels einer Anzeigeeinrichtung 16 ausgegeben werden kann.

**[0052]** Das Bezugszeichen 14 bezieht sich auf eine Speichereinrichtung, in der Referenzwerte, beispielsweise Farbwerte, Strukturwerte oder Glanzwerte abgelegt sind. Daneben können der Prozessoreinrichtung 12 noch externe Werte E zugefügt werden, welche zur Verarbeitung und beispielsweise zur Ermittlung des Werte  $\Delta P$  herangezogen werden. Diese enthalten Informationen über die beobachtete Oberfläche, sodass die Prozessoreinrichtung entscheiden kann, ob sich ein bestimmter Wert aus vorhandenen Strukturen ergibt oder nur Folge von unterschiedlichen Intensitätsverteilungen bzw. Kontrasten ist. Diese Information kann nicht unmittelbar aus dem aufgenommenen Bild gewonnen werden, sondern nur unter Verwendung zusätzlicher Daten, welche insbesondere die untersuchte Oberfläche beschreiben oder die durch zusätzliche Messungen mit den unterschiedlichen Messgeometrien gewonnen werden.

**[0053]** Das Bezugszeichen 30 bezieht sich auf eine Steuerungseinrichtung, um beispielsweise die Strahlungseinrichtungen 2 und 6 gegebenenfalls aber auch die Detektoreinrichtung anzusteuern. So wäre es möglich, dass im Rahmen eines bestimmten Messmodus hintereinander die Oberfläche durch die beiden Strahlungseinrichtungen 2 und 6 beleuchtet wird und anschließend die beiden Bilder von der Prozessoreinrichtung 12 ausgewertet werden. Die Bezugszeichen S1, S2 und S3 beziehen sich auf Strahlrichtungen der auf die Oberfläche 10 eingestrahlten bzw. von dieser zurückgeworfenen Strahlungen. Vorteilhaft liegen die beiden Strahlrichtungen S1 und S2 und die Strahlrichtung S3, welche sich von der Oberfläche 10 in Richtung der Bildaufnahmeeinrichtung 4 erstreckt, in einer Ebene. Es wäre jedoch auch möglich, beispielsweise Detektoren oder Strahlungsquellen außerhalb der Messebene anzutragen.

**[0054]** Das Bezugszeichen 34 bezieht sich auf eine Rolleinrichtung bzw. ein Rad, welches eine Bewegung der Vorrichtung 1 gegenüber der Oberfläche entlang des Pfeils P1 ermöglicht. Daneben weist die Vorrichtung 1 eine (nicht gezeigte) Entfernungsmesseinrichtung auf, welche Strecken, welche die Vorrichtung gegenüber der Oberfläche 10 zurücklegt, bestimmt. Auf diese Weise kann die Oberfläche mit jeweils geometrischer Zuordnung vermessen werden. Eine derartige Entfernungsmesseinrichtung könnte dabei an die Räder 34 gekoppelt sein. Es wäre jedoch auch möglich, dass die Vorrichtung 1 an einem Gestell, beispielsweise einem Roboterarm angeordnet ist und auf diese Weise in definierter Weise gegenüber der Oberfläche 10 bewegt wird.

**[0055]** Die einzelnen Prozessoreinrichtungen und Speichereinrichtungen 12 und 14 sind dabei, anders als in **Fig. 1** gezeichnet, nicht außerhalb des Gehäuses 22 angeordnet sondern bevorzugt innerhalb des Gehäuses bzw. in einem hierfür vorgesehenen Elekt-

ronikabschnitt. Die erwähnten Blenden können dabei zur Bestimmung von Glanzeffekten der Oberfläche verwendet werden. Es wäre jedoch auch möglich, die Blenden durch die Bildauswertung, d.h. als „Softwareblenden“ zu realisieren, etwa, in dem nur bestimmte Bereiche eines Bildes ausgewertet werden.

**[0056]** Sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbarten Merkmale werden als erfindungswesentlich beansprucht, sofern sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

#### Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Strahlungseinrichtung
4	Detektoreinrichtung
6	weitere Strahlungseinrichtung
8	Blende
10	Oberfläche
12	Prozessoreinrichtung
14	Speichereinrichtung
16	Anzeigeeinrichtung
22	Gehäuse
23	Öffnung
29,30	Blenden
34	Rad
$\Delta P$	erster Kennwert
$\Delta E$	-zweiter Kennwert
$\Delta G$	Kennwert
$\Delta I$	Ergebniswert
G, E, P	Kenngröße
L, a, b	Farbwerte
E	Eigenschaft
P1	Bewegungsrichtung
S1, S2, S3	Strahlrichtungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln von Eigenschaften von insbesondere strukturierten Oberflächen mit den Schritten:
  - Einstrahlen von Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche (10);
  - Detektion wenigstens eines Anteils der auf die Oberfläche (10) eingestrahlten und von dieser zurückgeworfenen Strahlung mittels einer Detektoreinrichtung (4), welche eine ortsaufgelöste Bewertung der auf sie eintreffenden Strahlung erlaubt;

- Ermittlung eines ersten Kennwerts (P) aus der detektierten Strahlung, wobei der erste Kennwert (P) für eine Struktur der Oberfläche (10) charakteristisch ist;
- Ermittlung eines zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ) aus der detektierten Strahlung, wobei der zweite Kennwert für eine weitere optische Eigenschaft der Oberfläche (10) charakteristisch ist und wobei der zweite Kennwert ( $\Delta E$ ) auf Grundlage von mehreren Komponenten ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) gebildet wird, wobei wenigstens eine dieser Komponenten ( $\Delta L$ ) charakteristisch für eine Helligkeit der Oberfläche (10) ist;
- Ermittlung eines Ergebniswerts ( $\Delta I$ ) auf Grundlage des ersten Kennwerts (P) und des zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine für die Oberfläche (10) charakteristische Kenngröße unter Verwendung des ersten Kennwertes (P) und unter Verwendung wenigstens einer weiteren vorbekannten oder ermittelten Eigenschaft der Oberfläche (10) ermittelt wird.

3. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Ergebniswerts ( $\Delta I$ ) auf Grundlage einer Vielzahl gespeicherter Daten erfolgt, welche optische Eigenschaften der Oberfläche (10) beschreiben.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung des Ergebniswerts ( $\Delta I$ ) wenigstens ein weiterer Kennwert ( $\Delta G$ ) verwendet wird, welcher für optische Eigenschaften der Oberfläche (10) charakteristisch sind.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Kennwert aus einer Gruppe von Kennwerten ausgewählt ist, welche eine Farbe der Oberfläche, eine Helligkeit der Oberfläche, einen Glanz der Oberfläche, eine Struktur der Oberfläche enthält.

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Kennwert (P,  $\Delta E$ ) ein durch einen Vergleich gebildeter Relativwert ist.

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine der Komponenten ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) charakteristisch für eine Farbe der Oberfläche ist.

8. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Kennwerte gewichtet werden.

9. Vorrichtung zum Ermitteln von optischen Eigenschaften von Oberflächen (10) mit einer ersten Strahlungseinrichtung (2), welche Strahlung auf eine zu untersuchende Oberfläche (10) richtet, mit einer Detektoreinrichtung (4), welche von der Strahlungseinrichtung (2) auf die Oberfläche (10) gerichtete und von der Oberfläche (10) zurückgeworfene Strahlung detektiert, wobei die Detektoreinrichtung (4) eine ortsaufgelöste Bewertung der auf diese auftreffenden Strahlung erlaubt, und welche auf Grundlage der detektierten Strahlung wenigstens einen ersten für eine Struktur charakteristischen Kennwert ( $\Delta P$ ) sowie einen zweiten für eine weitere optische Eigenschaft der Oberfläche (10) charakteristischen Kennwert ( $\Delta E$ ) ausgibt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Prozessoreinrichtung (12) aufweist, welche einen für die Oberfläche charakteristischen Ergebniswerts ( $\Delta I$ ) auf Grundlage des ersten Kennwerts ( $\Delta P$ ) und des zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ) ermittelt, wobei der zweite Kennwert ( $\Delta E$ ) auf Grundlage von mehreren Komponenten ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ) gebildet wird, wobei wenigstens eine dieser Komponenten ( $\Delta L$ ) charakteristisch für eine Helligkeit der Oberfläche (10) ist.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (1) eine Speichereinrichtung aufweist, in der Referenzwerte abgespeichert sind, welche als Vergleichswerte zur Ermittlung wenigstens des ersten Kennwerts ( $\Delta P$ ) oder den zweiten Kennwerts ( $\Delta E$ ) dienen.

11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese eine Speichereinrichtung (14) aufweist, in der charakteristische Werte für vorbekannte Eigenschaften der Oberfläche (10) angeordnet sind.

12. Vorrichtung (1) nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche 9-11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung (1) eine Entfernungsmesseinrichtung aufweist, um zurückgelegte Strecken der Vorrichtung (1) gegenüber der Oberfläche (10) zu bestimmen.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

