



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 014 475 A1 2008.09.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 014 475.1

(22) Anmeldetag: 22.03.2007

(43) Offenlegungstag: 25.09.2008

(51) Int Cl.⁸: G01J 3/46 (2006.01)

(71) Anmelder:
BYK-Gardner GmbH, 82538 Geretsried, DE

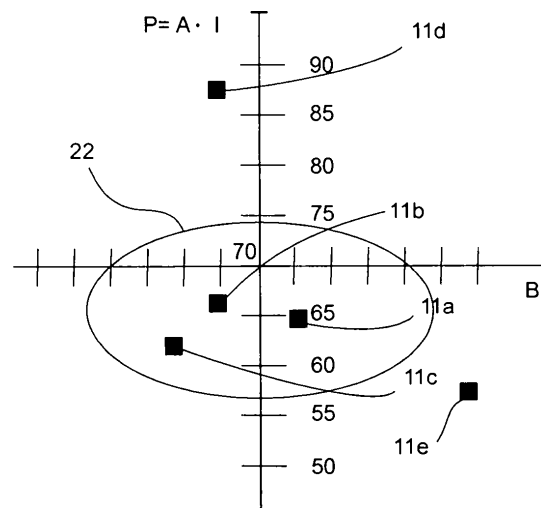
(72) Erfinder:
Schwarz, Peter, 82549 Königsdorf, DE; Lex,
Konrad, 82549 Königsdorf, DE

(74) Vertreter:
Hannke Bittner & Partner, 93047 Regensburg

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bestimmung von Oberflächeneigenschaften**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften, wobei ein orts aufgelöstes Bild einer zu untersuchenden Oberfläche mit einer Vielzahl von Messwerten aufgenommen wird. Dabei werden in einem ersten Verfahrensschritt die Messwerte zur Bestimmung derjenigen Flächenanteile analysiert, die eine bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen. Anschließend wird ein Ergebniswert dieser physikalischen Eigenschaft bestimmt, wobei dieser Ergebniswert charakteristisch für die Werte der physikalischen Eigenschaft aller derjenigen Flächenanteile des Bildes ist, die durch die Analyse des Bildes bestimmt wurden. Erfindungsgemäß wird neben dem Ergebniswert ein weiterer für die Oberfläche charakteristischer Wert (B) ermittelt, und dieser charakteristische Wert wird gemeinsam mit dem Ergebniswert (I) dargestellt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften.

[0002] Die Beschaffenheit von Oberflächen ist eine wesentliche Eigenschaft von Gegenständen des täglichen Lebens, wie beispielsweise von Kraftfahrzeugen und anderen Gebrauchsgegenständen, und bestimmt maßgeblich den Gesamteindruck auf den menschlichen Betrachter. Ein Beispiel hierfür sind Hochglanz- oder Metalllackierungen von Fahrzeugkarosserien.

[0003] Unter Oberflächeneigenschaften werden im Rahmen der Erfindung insbesondere jene physikalischen Eigenschaften einer Oberfläche verstanden, die das Aussehen einer Oberfläche für den menschlichen Betrachter bestimmen. Hierunter fallen insbesondere Eigenschaften wie Makro- und Mikrostruktur, Topografie, Farbe, Farbort, Helligkeit der Farbe, Glanz, Abbildungsschärfe, Glanzschleier, Oberflächentextur, Rauigkeit und Oberflächenwelligkeiten (englisch: "orange peel") oder coarseness (Grobkörnigkeit).

[0004] Zur reproduzierbaren Bewertung der Qualität von Oberflächen, insbesondere dieser Hochglanzlackierungen, sind Messgeräte erforderlich, die gerade jene physikalischen Größen erfassen, welchen den Gesamteindruck auf den menschlichen Betrachter in entscheidender Weise bestimmen.

[0005] In jüngerer Zeit gewinnen sogenannte Effektpigmentbeschichtungen zunehmend an Beliebtheit. Diese Beschichtungen weisen Effektpigmente auf, die das auf sie eingestrahlte Licht unterschiedlich reflektieren. Aus dem Stand der Technik sind Vorrichtungen und Verfahren bekannt, um auch solche Effektpigmentlackierungen quantitativ zu beurteilen. Die Erfindung ist insbesondere für solche Effektpigmentlackierungen anwendbar.

[0006] Bei einem bekannten Verfahren wird beispielsweise ein bestimmter Schwellenwert für eine Intensität des reflektierten Lichts festgelegt und nur diejenigen Flächenbereiche einer beobachteten Oberfläche berücksichtigt, deren Intensität oberhalb dieses Schwellenwerts liegen. Das Messergebnis wird über die jeweiligen Intensitäten der einzelnen berücksichtigten Flächensegmente integriert. Diese Auswertung liefert einen Anhaltspunkt über die optischen Eigenschaften der untersuchten Oberfläche. Dabei hat sich jedoch herausgestellt, dass auch Oberflächen, welche gleiche oder ähnliche Ergebniswerte dieser Auswertung aufweisen, bei der direkten Betrachtung durch das menschliche Auge sehr unterschiedlich wirken können.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine genauere Einordnung von zu untersuchenden Oberflächen zu ermöglichen. Dies wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 13 und eine Vorrichtung nach Anspruch 13 erreicht. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften wird ein orts aufgelöstes Bild einer zu untersuchenden Oberfläche ausgewertet, wobei dieses orts aufgelöste Bild eine Vielzahl von Messwerten aufweist. Dabei wird dieses Bild analysiert, um diejenigen Flächenanteile der zu untersuchenden Oberfläche zu bestimmen, die eine bestimmte, insbesondere durch die Messwerte charakterisierbare, physikalische Eigenschaft aufweisen bzw. repräsentieren. Weiterhin wird ein Ergebniswert dieser physikalischen Eigenschaft bestimmt, wobei dieser Ergebniswert charakteristisch für die Messwerte der physikalischen Eigenschaft (genau) aller derjenigen Flächenanteile ist, die durch die Analyse des Bildes bestimmt wurden.

[0009] Erfindungsgemäß wird neben dem Ergebniswert ein weiterer für die Oberfläche charakteristischer Wert ermittelt und dieser charakteristische Wert wird gemeinsam mit dem Ergebniswert oder einem von diesem Ergebniswert abgeleiteten Wert dargestellt.

[0010] Durch die Ermittlung dieses zweiten charakteristischen Werts, der bevorzugt von dem ersten Ergebniswert unabhängig ist, ist es möglich, auch die optischen Unterschiede solcher Oberflächen zu erfassen, die nach Verfahren aus dem Stand der Technik einen gleichen oder ähnlichen optischen Eindruck hinterlassen.

[0011] Wie erwähnt, wird ein entsprechendes orts aufgelöstes Bild ausgewertet. Dabei ist es möglich, dass dieses orts aufgelöste Bild beispielsweise unmittelbar vor der Auswertung aufgenommen wird und sich die Auswertung entsprechend daran anschließt. Es wäre jedoch auch möglich, zunächst eine Vielzahl von orts aufgelösten Bildern aufzunehmen und diese anschließend auszuwerten.

[0012] In diesem Zusammenhang wird auf die von der Anmelderin zeitgleich mit der vorliegenden Anmeldung eingereichte weitere Patentanmeldung mit dem Titel "Verfahren und Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften" hingewiesen. Der Offenbarungsgehalt dieser Anmeldung wird hiermit durch Bezugnahme vollumfänglich auch zum Offenbarungsgehalt der vorliegenden Anmeldung gemacht.

[0013] Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren

repräsentiert der weitere charakteristische Wert den Kontrast des ausgewerteten Bildes. So ist es beispielsweise möglich, dass sich Bilder, die ähnliche Integrale hinsichtlich ihrer Intensitäten und der jeweiligen Flächensegmente liefern andererseits hinsichtlich der Kontraste erheblich unterscheiden. Ein möglicher Kennwert für den Kontrast des Bildes kann beispielsweise eine Varianz oder eine Streuung über eine Vielzahl von ermittelten Intensitätswerten des ausgewerteten Bildes sein.

[0014] Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren repräsentiert der weitere charakteristische Wert die Farbeigenschaften des ausgewerteten Bildes. Dabei können wiederum bestimmte Flächenanteile ausgewählt werden und beispielsweise die einzelnen Effektpigmente nach deren Farbe differenziert werden.

[0015] Die Darstellung des Ergebniswertes und des charakteristischen Wertes kann beispielsweise in einem zweiachsigen Koordinatensystem erfolgen. Es wäre jedoch auch möglich, ein eindimensionales Koordinatensystem zu verwenden und die unterschiedlichen charakteristischen Werte in anderer Weise darzustellen, beispielsweise durch unterschiedliche Farbgebung verschiedener Messpunkte.

[0016] Vorzugsweise wird das auszuwertende Bild dadurch erzeugt, dass Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche eingestrahlt wird und wenigstens ein Anteil der von der Oberfläche zurückgeworfenen Strahlung von einer Strahlungsdetektoreinrichtung aufgenommen wird und diese Strahlungsdetektoreinrichtung die Messwerte oder die für die Messwerte charakteristische Daten ausgibt. Bei der Strahlungsdetektoreinrichtung kann es sich beispielsweise um einen CCD-Chip handeln, der die Strahlung aufnimmt und entsprechende Messwerte ausgibt.

[0017] Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren wird der Ergebniswert gegenüber der Größe der bestimmten Flächenanteile dargestellt bzw. ausgegeben.

[0018] Bei diesem Verfahren wird also nicht mehr ein integraler Wert, der die Intensitäten und die Flächensegmente berücksichtigt, ausgegeben, sondern die Intensitäten werden zusätzlich gegenüber den Flächensegmenten ausgegeben. Bei dieser Variante wird damit in der Darstellung eine dritte Größe berücksichtigt, die sich dadurch ergibt, dass der bisher verwendete integrale Wert in seine zwei Komponenten aufgespalten wird.

[0019] Dabei muss dieser Ergebniswert gegenüber der Größe der bestimmten Flächenanteile nicht notwendigerweise direkt an den Benutzer ausgegeben werden, es ist auch möglich, dass ein Prozessor eine Vielzahl derartiger Ergebnisse verarbeitet, in einem

internen Vergleich gegenüberstellt um anschließend beispielsweise ein Ergebnis dieses Vergleichs an den Benutzer auszugeben. Dabei kann beispielsweise als Ergebnis dieses Vergleichs an dem Benutzer ein Warnsignal ausgegeben werden, welches zeigt, dass ein momentan vermessener Bereich der zu untersuchenden Oberfläche nicht mehr akzeptabel ist bzw. von anderen Oberflächenanteilen auch optisch durch einen Beobachter unterschieden werden kann.

[0020] Mit anderen Worten wird orts aufgelöst eine Vielzahl von Messwerten aufgenommen, welche charakteristische Eigenschaften der Oberfläche repräsentieren. Das Bild setzt sich insbesondere aus einer Vielzahl von Pixeln zusammen, wobei jedem dieser Pixel wenigstens ein bestimmter Messwert zugeordnet werden kann.

[0021] Vorzugsweise wird der Ergebniswert durch Bildung eines Mittelwerts der Werte der physikalischen Eigenschaften aller derjenigen Flächenanteile ermittelt, die durch die Analyse des Bildes bestimmt wurden. Es können jedoch Integrale, Verteilungsfunktionen, Summen und ähnliche Operationen gebildet werden.

[0022] Damit werden erfindungsgemäß zunächst diejenigen Flächenanteile bestimmt, die die bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen, beispielsweise diejenigen Flächenanteile, deren Streuintensität über einem bestimmten Schwellenwert liegt. Anschließend wird ein Mittelwert über die bestimmten Intensitätswerte gebildet, wobei hierbei nur diejenigen Flächen berücksichtigt werden, deren Intensitäten oberhalb der genannten Schwelle liegen. Damit wird bevorzugt ein relativer Intensitätswert ausgegeben, d. h. von dem ermittelten Intensitätswert wird noch der Schwellenwert abgezogen.

[0023] Anschließend wird der genannte Ergebniswert, d. h. der gemittelte Intensitätswert gegenüber der Größe der bestimmten Flächenanteile dargestellt. Die Größe der bestimmten Flächenanteile ergibt sich dabei insbesondere aus einer Ermittlung der Anzahl derjenigen Pixel, die solche Flächenanteile repräsentieren, deren Intensität über den Schwellenwert liegt. Genauer wird eine beleuchtete Fläche auf beispielsweise eine Kamera abgebildet und dies wiederum gibt ein entsprechendes orts aufgelöstes Bild aus.

[0024] Während im Stand der Technik lediglich ein integratives Verfahren verwendet wird, bei dem quasi ein Produkt aus dem Ergebniswert und dem zugehörigen Flächenanteil ausgegeben wird, wird vorgeschlagen, vorzugsweise sowohl die Größe der Flächenanteile als auch die Ergebniswerte getrennt auszugeben. Dieser Idee liegt die Erfahrung zugrunde, dass beispielsweise eine hohe Anzahl von Pixeln bzw. ein hoher Flächenanteil mit einer niedrigen In-

tensität in der Betrachtung anders wirkt als ein niedriger Flächenanteil mit einem hohen Intensitätswert und gleichwohl das jeweilige Produkt gleichgroß sein kann und damit mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren kein messbarer Unterschied zwischen diesen beiden Flächentypen ausgegeben wird.

[0025] Vorzugsweise wird das auszuwertende Bild dadurch erzeugt, dass Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche eingestrahlt wird und wenigstens ein Anteil der von der Oberfläche zurückgeworfenen Strahlung von einer Strahlungsdetektoreinrichtung aufgenommen wird und diese Strahlungsdetektoreinrichtung die Messwerte oder die für die Messwerte charakteristische Daten ausgibt. Bei der Strahlungsdetektoreinrichtung kann es sich beispielsweise um einen CCD-Chip handeln, der die Strahlung aufnimmt und entsprechende Messwerte ausgibt. Dabei ist es möglich, dass zunächst ein Bild aufgenommen und dieses Bild direkt im Anschluss an die Aufnahme in der erfindungsgemäßen Weise verarbeitet wird.

[0026] Vorzugsweise ist der Mittelwert aus einer Gruppe von Mittelwerten entnommen, welche arithmetische Mittelwerte, geometrische Mittelwerte; Integrale, gewichtete Mittelwerte, Kombinationen hieraus und dergleichen enthält.

[0027] Vorzugsweise ist die physikalische Eigenschaft eine Intensität und insbesondere eine Schwellenintensität. Es wäre jedoch auch möglich, das Verfahren unter Bezugnahme auf andere physikalische Größen, wie beispielsweise die Farbe, oder dergleichen durchzuführen. Genauer gesagt wird jedes einzelne Bildpixel des aufgenommen Bildes hinsichtlich derjenigen Intensität beurteilt welche es darstellt, so dass insgesamt das erfindungsgemäße Verfahren kein integratives sondern ein differentielles Verfahren ist.

[0028] Vorzugsweise wird die Größe derjenigen Flächenanteile bestimmt, die zu einem bestimmten Wertintervall dieser charakteristischen Eigenschaft korrespondiert. Genauer gesagt wird, wie oben erwähnt, ein bestimmter Schwellenwert festgesetzt und die untere Grenze dieses Wertintervalls ist der genannte Schwellenwert, so dass nur diejenigen Flächenanteile der beobachteten Oberfläche berücksichtigt werden, welche oberhalb dieses charakteristischen Schwellenwerts liegen. Dabei werden bei der Bildbearbeitung den bestimmten tatsächlichen Intensitätswerten bestimmte digitale Werte, beispielsweise 1024 unterschiedliche Werte zugeordnet.

[0029] Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren wird für eine Vielzahl von orts aufgelösten Bildern dieser charakteristische Wert gemeinsam mit dem Ergebniswert bevorzugt in der gleichen Darstellung dargestellt. Auf diese Weise können eine Viel-

zahl von Messungen beispielsweise an unterschiedlichen Bereichen einer Karosserie miteinander verglichen werden, wobei für jede einzelne Messung sowohl der Ergebniswert als auch der charakteristische Wert berücksichtigt wird.

[0030] Bei einem weiteren vorteilhaften Verfahren wird für eine Vielzahl von orts aufgelösten Bildern der Ergebniswert gegenüber der Größe der bestimmten Fläche bevorzugt in der gleichen Darstellung aufgetragen. Damit kann eine Vielzahl von Einzelaufnahmen über eine größere Fläche hinweg durchgeführt werden und die Einzelaufnahmen jeweils in der Darstellung aufgetragen werden. Aus dieser Gesamtdarstellung kann dann ermittelt werden, welche der einzelnen Teilflächen der zu untersuchenden Oberfläche innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegen, und welche außerhalb. Auch kann auf einer Grundlage einer Vielzahl von orts aufgelösten Bildern ein Toleranzwert festgelegt werden. So kann beispielsweise ein an einem Tankdeckel aufgenommenes Bild mit einem oder mehreren an der Motorhaube aufgenommenen Bild verglichen werden.

[0031] Bei einem weiteren bevorzugten Verfahren wird in der Darstellung eine Toleranzregion festgelegt, die bestimmt, ob vorgegebene Ergebniswerte und charakteristische Werte vorab festgelegten Toleranzkriterien entsprechen.

[0032] Bei diesem Verfahren ist es möglich, eine Toleranzregion sowohl hinsichtlich der Ergebniswerte als auch hinsichtlich der charakteristischen Werte zu bestimmen und beispielsweise in einer zweidimensionalen Stellung ein Flächensegment zu charakterisieren, innerhalb dessen akzeptable Werte liegen müssen.

[0033] Vorzugsweise wird in der Darstellung eine Toleranzzone festgelegt, welche bestimmt, ob bestimmte vorgegebene Teilflächen vorab festgelegten Toleranzkriterien entsprechen. Damit kann beispielsweise beurteilt werden, ob bestimmte Bereiche einer Kühlerhaubenlackierung noch tolerierbar sind oder nicht. Vorteilhaft ist die Toleranzzone eine Ellipse. Damit stellt vorteilhaft die Toleranzzone einen Bereich dar, der die Teilflächen bzw. die Größe der Teilflächen gegenüber den Intensitäten beurteilt, wohingegen die oben erwähnte Toleranzregion die Intensitätswerte gegenüber den weiteren charakteristischen Werten beurteilt. Es ist jedoch auch möglich, die Toleranzzone und die Toleranzregion zu einem gemeinsamen Toleranzgebiet zusammenzufassen, was beispielsweise in einer dreidimensionalen Darstellung durch die Bildung eines Toleranzellipsoids möglich ist, innerhalb dessen sowohl die akzeptablen Werte hinsichtlich der Intensität als auch die akzeptablen Werte hinsichtlich der Flächenanteile als auch die akzeptablen Werte hinsichtlich des weiteren charakteristischen Werts liegen müssen.

[0034] Vorzugsweise wird die Toleranzzone unter Verwendung einer Vielzahl von Ergebniswerten bestimmt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Toleranzzone vorab festgelegt wird, beispielsweise durch Herstellervorgaben oder dergleichen. Auch kann die Toleranzzone unter Verwendung einer Vielzahl von Flächengrößen festgelegt werden. Besonders bevorzugt wird ein bestimmter Toleranzbereich hinsichtlich der Flächengrößen festgelegt und ebenso ein bestimmter Toleranzbereich hinsichtlich der Ergebniswerte und die Toleranzzone wird unter Berücksichtigung beider Toleranzbereiche gebildet. Zur Bildung der Toleranzzone kann weiterhin von einer Referenzfläche bzw. von vorgegebenen Werten für die Größe der Flächenanteile und den Ergebniswert ausgegangen werden. Unter dem Begriff "Toleranzbereich" wird dabei ein eindimensional bzw. nur auf eine Größe bezogener Bereich verstanden.

[0035] Bei einem weiteren vorteilhaften Verfahren werden in der Darstellung Orientierungslinien angegeben, welche unterschiedliche Eigenschaften der zu untersuchenden Oberflächen symbolisieren. Dabei kann es sich bei diesen Orientierungslinien beispielsweise um Linien handeln, welche jeweils konstante Produkte aus den Flächengrößen und dem Ergebniswert bzw. entsprechende indirekte Proportionalitäten symbolisieren. Damit sind bevorzugt die Orientierungslinien jeweils charakteristisch für einen Produktwert, der sich aus dem Ergebniswert und der Größe der Flächenanteile ergibt. Über diese Orientierungslinien ist eine grobe Einteilung in unterschiedliche Oberflächentypen möglich.

[0036] Vorzugsweise sind die zu untersuchenden Oberflächen Beschichtungen mit Effektpigmenten. Es wäre jedoch prinzipiell auch möglich, andere Beschichtungsarten durch das erfindungsgemäße Verfahren zu untersuchen.

[0037] Weiterhin kann es sich bei dem weiteren charakteristischen Wert um einen Wert für die Strukturierung der Oberfläche bzw. die sogenannte Coarseness handeln. Diese Coarseness ist dabei ein Maß dafür, wie sich bestimmte Oberflächeneigenschaften wiederholen, oder wie bestimmte Oberflächeneigenschaften in Abhängigkeit von dem Beobachtungsabstand wirken. Zur Darstellung der Coarseness (Grobkörnigkeit) ist es möglich, einen statistischen Parameter beispielsweise gegenüber einer bestimmten Auflösung darzustellen. In diesem Zusammenhang wird auf die Deutsche Patentanmeldung DE 103 24 104 A1 der Anmelderin hingewiesen, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Bezugsname zu dem Gegenstand der vorliegenden Beschreibung gemacht wird.

[0038] So ist beispielsweise möglich, eine Varianz oder Streuung unterschiedlicher Intensitätswerte auf einer weiteren Achse gegenüber den jeweiligen Flä-

chenanteilen bzw. Messungen aufzutragen. Auf diese Weise können die einzelnen Flächenanteile bzw. Messungen auch hinsichtlich ihrer Coarseness, d. h. hinsichtlich ihrer Grobkörnigkeit charakterisiert werden. Wie oben erwähnt wird jeweils als Ergebniswert ein Mittelwert der einzelnen Intensitäten ausgegeben. Vorteilhaft wird dabei zusätzlich zu diesem Mittelwert auch etwa eine Varianz oder Streuung ausgegeben, welche wiederum Rückschlüsse auf die Intensitätsverteilungen in den einzelnen beobachteten Flächenbereichen ermöglicht.

[0039] Diese weitere Größe wie die Varianz kann beispielsweise den Kontrast eines aufgenommenen Bildes bzw. dessen coarseness repräsentieren. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, die Effektpigmente nach weiteren charakteristischen Merkmalen zu differenzieren, wie z. B. deren Farbe. Anstelle der Einführung einer weiteren Achse könnten einzelnen Messpunkte auch in anderer Weise voneinander unterschieden werden, beispielsweise durch unterschiedliche Farbgebung der Messpunkte.

[0040] Bei einem weiteren vorteilhaften Verfahren ergibt sich die Lage der Toleranzzone aus wenigstens einer der Orientierungslinien. Genauer gesagt wird die lange Halbachse der als Ellipse ausgebildeten Toleranzzone an die Steigung der Orientierungslinie in einem vorbestimmten Punkt angepasst. Dies wird genauer unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert.

[0041] Die vorliegende Erfindung ist weiterhin auf eine Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften gerichtet, wobei die Vorrichtung eine Strahlungseinrichtung aufweist, welche Strahlung auf eine zu untersuchende Oberfläche richtet, sowie eine Strahlungsdetektoreinrichtung, welche die von der Oberfläche zurückgeworfene Strahlung aufnimmt und ein orts aufgelöstes Bild ausgibt, welches zu der zurückgeworfenen Strahlung korrespondiert. Auch hier wird die Oberfläche auf die Strahlungsdetektoreinrichtung abgebildet.

[0042] Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung eine Prozessoreinrichtung auf, welche diejenigen Flächenanteile bestimmt, die eine bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen und die einen Ergebniswert ermittelt, für die physikalische Eigenschaften derjenigen Flächenanteile, die die bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen, charakteristisch ist, wobei die Prozessoreinrichtung derart gestaltet ist, dass sie einen weiteren für die Oberflächen charakteristischen Wert ermittelt. Vorzugsweise weist die Vorrichtung eine Ausgabereinrichtung auf, welche den Ergebniswert und den weiteren für die Oberfläche charakteristischen Wert gemeinsam darstellt. Bevorzugt wird auch hier von der Prozessoreinrichtung eine Vielzahl von Messwerten ausgewertet bzw. eine Vielzahl von aufgenommenen Bildern bewertet.

[0043] Weiterhin können das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung auch verwendet werden, um die einzelnen dargestellten Messwerte zu katalogisieren, um bestimmte Oberflächentypen aufzufinden. Dabei ist es beispielsweise möglich, die ermittelten Ergebniswerte in Abhängigkeit von einem Flächenanteil aufzutragen und beispielsweise mit einer Referenztafel zu vergleichen, in der eine Vielzahl von vergleichbaren Messergebnissen enthalten ist. Diese Anwendung ist insbesondere in Kfz-Reparaturbereich relevant. Weiterhin kann die Erfindung eingesetzt werden, um mit einem speziell angepassten Rezeptierungssystem einen bestimmten Oberflächeneffekt bzw. eine bestimmte Erscheinung einer Oberfläche zu erzeugen. Weiterhin können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgegebene Messwerte zu Simulationszwecken, insbesondere aber nicht ausschließlich am Bildschirm verwendet werden.

[0044] Weitere Vorteile und Ausführungsformen ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen. Darin zeigen:

[0045] [Fig. 1](#) eine stark schematisierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

[0046] [Fig. 2](#) eine schematische Gegenüberstellung zweier aufgenommener Bilder;

[0047] [Fig. 3](#) eine entsprechende integrative Darstellung nach dem Stand der Technik;

[0048] [Fig. 4](#) eine erste erfindungsgemäße Darstellung;

[0049] [Fig. 5](#) eine weitere erfindungsgemäße Darstellung, und

[0050] [Fig. 6](#) eine weitere erfindungsgemäße Darstellung.

[0051] [Fig. 1](#) eine stark schematisierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften. Diese Vorrichtung weist eine Strahlungseinrichtung **2** auf, welche Strahlung, beispielsweise Licht, auf eine zu untersuchende Oberfläche **8** richtet. Das von dieser Oberfläche **8** zurückgeworfene und insbesondere gestreute und reflektierte Licht wird von einer Strahlungsdetektoreinrichtung **4** aufgenommen. Genauer gesagt wird die Oberfläche auf dieser Strahlungsdetektoreinrichtung **4**, welche beispielsweise einen CCD-Chip oder eine Kamera aufweisen kann, abgebildet. Das Bezugszeichen **6** bezieht sich auf eine Prozessoreinrichtung, die das von der Strahlungsdetektoreinrichtung **4** aufgenommene Bild auswertet und das Bezugszeichen **9** auf eine Ausgabereinrichtung.

[0052] Diese Prozessoreinrichtung **6** bestimmt dabei unter Zugrundelegung eines bestimmten Schwellenwerts diejenigen Flächensegmente, bei der die jeweils auftreffende Strahlung einen gewissen Intensitätswert überschreitet. Daneben werden auch die ermittelten Intensitätswerte in digitalisierter Form ausgegeben. Anschließend wird über all diejenigen Intensitätswerte, die oberhalb der bestimmten Schwelle liegen, gemittelt. Dieser gemittelte Wert ist dann der zu bewertende Ergebniswert. In einer Ausgabereinrichtung **9** wird dieser Ergebniswert gegenüber der Größe der bestimmten Flächenanteile aufgetragen. Daneben kann auch eine Speichereinrichtung **7** vorgesehen sein, welche für eine Vielzahl von Messungen die jeweiligen Ergebniswerte und die Größen der jeweiligen Flächenanteile abspeichert. Bei der Angabe der Ergebniswerte kann noch eine Normierung durch die mittlere Probenhellung vorgenommen werden.

[0053] Weiterhin ermittelt die Prozessoreinrichtung auch einen oder mehrere weitere charakteristische Werte, wie beispielsweise Werte, die für den Kontrast des Bildes charakteristisch sind oder Werte, die für die Farbe des Bildes charakteristisch sind. Bei der Bestimmung dieser Werte ist es möglich, lediglich diejenigen Flächenanteile zu berücksichtigen, die die oben erwähnte bestimmte Eigenschaft aufweisen. Es wäre jedoch auch möglich, bei der Bestimmung des weiteren charakteristischen Werts die Gesamtheit aller Flächenanteile, welche aufgenommen bzw. betrachtet wurden, zu berücksichtigen.

[0054] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Gegenüberstellung zweier simulierter Bilder. Zur Veranschaulichung des der Erfindung zugrunde liegenden Problems wurden dabei nur zwei unterschiedliche Intensitätswerte **I1** und **I2** angenommen. Im oberen Teilbild ergibt sich als Summe der Flächensegmente **14** ein bestimmter Flächenanteil **A1**, wobei die einzelnen Flächensegmente **14** jeweils den konstanten einheitlichen Intensitätswert **11** aufweisen bzw. repräsentieren. Im unteren Teilbild ergibt sich als Summe der Flächensegmente **16** ein entsprechender Flächenanteil **A2**, wobei hier die einzelnen Flächensegmente **16** jeweils den (ebenfalls nur theoretischen) Intensitätswert **12** aufweisen.

[0055] Dabei ist hier der Intensitätswert **12** doppelt so hoch wie der Intensitätswert **11** und umgekehrt ist die Fläche **A1** doppelt so groß wie die Fläche **A2**. Das bedeutet, dass im Stand der Technik der ausgegebene Produktwert $I1 \times A1$ gleich groß wäre dem Wert $I2 \times A2$ und so im Stand der Technik die beiden Oberflächen als optisch gleichwertig angesehen würden. Es ergibt sich jedoch, dass tatsächlich zwischen beiden Bildern erhebliche Unterschiede festzustellen sind, die jedoch mit der integrativen Beobachtung nach dem Stand der Technik nicht erfassbar sind.

[0056] Wird jedoch noch eine weitere charakteristische Größe dargestellt, wie beispielsweise eine für den Kontrast charakteristische Größe, so ist beispielsweise eine Unterscheidung der beiden in [Fig. 2](#) gezeigten Bilder möglich.

[0057] [Fig. 3](#) ist eine entsprechende lineare Darstellung nach dem Stand der Technik, die ebenfalls eine Vielzahl von Werten **11a–11e** zeigt, die in unterschiedlichen Bereichen eines Fahrzeugs, beispielsweise an der Karosserie, am Radlauf, am Stoßfänger und dergleichen aufgenommen wurden. Bei dieser integralen Darstellung ergibt sich auch hier, dass die Werte alle in einem ähnlichen Bereich liegen, was nach dem Stand der Technik auf eine Gleichwertigkeit der Flächen hindeuten würde. Die entsprechenden Werte sind auch in den folgenden Figuren eingezeichnet.

[0058] [Fig. 4](#) zeigt eine erfindungsgemäße Darstellung, in der neben dem Wert P noch eine zweite Achse mit dem charakteristischen Wert B verwendet wird. Der Wert B ist hier ein für den Kontrast des Bildes repräsentativer Wert. Man erkennt, dass in dieser Darstellung die einzelnen Punkte **11a–11e** relativ leicht zu unterscheiden sind. Bei dem Wert B kann es sich hier beispielsweise um einen für die Farbauswertung charakteristischen Wert handeln. Dabei ist es möglich, einzelne Kamerapixeln bzw. die Pixel der Detektionseinrichtung nach Farbe auszuwerten. Bei beispielsweise drei Farben würden sich drei verschiedene Flächenanteile ergeben und jedem Flächenanteil könnte eine bestimmte Farbe zugeordnet werden. Anstelle einer zweiten Achse, wären jedoch auch andere Arten der Auswertung denkbar. So könnte man, falls eine Vielzahl von Messwerten vorliegt, beispielsweise bei einer Aufteilung nach unterschiedlichen Farben mehrere der in [Fig. 3](#) gezeigten Darstellungen für die einzelne Farbanteile verwenden.

[0059] Auch auf diese Weise ist es möglich, die einzelnen Messwerte voneinander zu unterscheiden. Das Bezugszeichen **22** in [Fig. 4](#) bezieht sich auf eine Toleranzregion. Diese Toleranzregion gibt einen Bereich an, innerhalb dessen akzeptable Werte liegen, d. h. Werte, die optisch von dem Betrachter nicht unterschieden werden können. Dabei kann beispielsweise von bestimmten Toleranzvorgaben bzw. Toleranzbereiche bezüglich der Achse P als auch der Achse D ausgegangen werden und diese Werte jeweils als lange und kurze Achsen der Ellipse zugrundegelegt werden. Eine lange Achse bedeutet dabei, dass insoweit hohe Toleranzen möglich und umgekehrt bedeutet eine kurze Achse, dass nur geringe Toleranzen zulässig sind.

[0060] Anstelle eines Farbwertes könnte jedoch auch zusätzlich ein repräsentativer Wert für die Coarseness oder den Kontrast des Bildes aufgetragen

werden. Auch wäre es möglich, sowohl einen Wert für die Coarseness als auch einen Farbwert gegebenenfalls auf einer weiteren bzw. dritten Achse aufzutragen.

[0061] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere vorteilhafte Darstellung der in [Fig. 3](#) gezeigten Messwerte, sowie weiterer Messwerte, wobei hier die jeweiligen Ergebnisse der Intensität aufgetragen sind gegenüber Flächenanteilen A bzw. der Anzahl der Pixel.

[0062] Man erkennt hier, dass die in [Fig. 3](#) noch als gleichwertig betrachteten Messwerte teilweise in sehr unterschiedlichen Bereichen der Darstellung vorzufinden sind. Dies zeigt sich insbesondere bei einem Vergleich der beiden Werte **11a** und **11b**. Während diese Werte bei der integrativen Darstellung nach [Fig. 3](#) sehr nahe beieinander liegen und damit ähnliche Oberflächeneigenschaften implizieren, zeigt sich anhand von [Fig. 4](#), dass die Werte sich aus stark unterschiedlichen Ergebniswerten und Flächenanteilen zusammensetzen und damit sehr unterschiedliche optische Eindrücke hervorrufen können.

[0063] Die sieben eingezeichneten Linien **10a–10f** sind Orientierungslinien bei der Auftragung der erfindungsgemäßen Darstellung. Entlang jeder einzelnen Linie ist das Produkt aus der Fläche A und der Intensität I jeweils konstant. Dies bedeutet, dass mit dem Verfahren aus dem Stand der Technik auf dieser Linie liegende Punkte nicht voneinander unterschieden werden können.

[0064] Mit anderen Worten sind nach dem Stand der Technik nur solche Unterschiede erfassbar, die unterschiedlich weit von den eingezeichneten Linien entfernt sind. Da jeder einzelne Punkt eine andere Messung darstellt, wird deutlich, dass an unterschiedlichen Bereichen des Kraftfahrzeugs aufgenommene Messungen zum Teil optisch erheblich voneinander abweichen bzw. dass einzelne Oberflächen optisch nicht mehr den Anforderungen genügen. Durch die Orientierungslinien **10a–10f** werden damit gleichzeitig Rasterbereiche definiert.

[0065] [Fig. 6](#) zeigt eine weitere Darstellung der Intensität gegenüber der Flächenanteile.

[0066] Dabei wird jedoch hier nicht die Intensität bzw. der Flächenanteil angegeben, sondern der Differenzwert dJ bzw. dA bezüglich eines jeweils normierten Werts. Das Bezugszeichen **12** kennzeichnet eine Toleranzzone. Innerhalb dieser Toleranzzone liegende Messpunkte bzw. Bereiche der zu untersuchenden Oberfläche werden noch als akzeptabel definiert bzw. sind vom Beobachter nicht voneinander zu unterscheiden. Außerdem dieses Toleranzbereichs liegende Oberflächenbereiche können jedoch vom Beobachter als unterschiedlich wahrgenommen werden.

[0067] Dabei ist diese Toleranzzone **12** in Form einer Ellipse gestaltet und derart zu verstehen, dass auch Messpunkte, die einen maximalen Abstand in der Toleranzzone nach **Fig. 6** zueinander haben, d. h. an den entgegen gesetzten Enden der langen Halbachse L liegen, noch nicht von dem Beobachter zu unterscheiden sind. Demgegenüber können Messwerte, die außerhalb der Toleranzzone **12** liegen, vom Beobachter optisch unterschieden werden, von solchen Oberflächenbereichen, die beispielsweise an dem direkt gegenüberliegenden Ende der Ellipse liegen. Genauer könnten beispielsweise die den Messpunkten **11a** und **11b** entsprechenden Oberflächenbereiche optisch voneinander unterschieden werden.

[0068] Die lange Achse L der Toleranzellipse **12** ergibt sich aus der Steigung der Orientierungslinie **10b** aus **Fig. 5** in einem vorgegebenen Normierungspunkt. Dabei kann es sich um den in **Fig. 5** gezeigten Punkt (0, 0) handeln, d. h. den Kreuzungspunkt der beiden Koordinaten. Es ist jedoch auch möglich, diesen Punkt auf der Orientierungslinie in **Fig. 4** vorab beispielsweise nach Herstellerangaben festzulegen.

[0069] Dabei ist die Anordnung der langen Halbachse nach der Steigung in dem gewählten Punkt abhängig von der Lage dieses Punktes auf der Orientierungslinie **10a**. Falls, wie in **Fig. 5** gezeigt, dieser zentrale Punkt in einem Bereich mit großen Flächenanteilen und niedriger Intensität liegt, werden sich bestimmte Schwankungen der Flächenanteile hinsichtlich ihrer absoluten Differenz weniger stark auswirken, als entsprechende Abweichungen in der Intensität. Dies wird am besten deutlich, wenn man bedenkt, dass sich bereits in **Fig. 5** geringe Intensitätsschwankungen stark auf das Produkt auswirken, sich jedoch die Differenzen bzw. Schwankungen hinsichtlich der Flächenanteile nur geringfügig auf das Produkt auswirken.

[0070] Falls der gewählte zentrale Punkt beispielsweise in einem Bereich mit geringen Flächenanteilen und entsprechend hoher Intensität liegen würde, würde auch die lange Halbachse der ellipsenförmigen Toleranzzone in **Fig. 5** wesentlich steiler verlaufen. In den **Fig. 4** und **Fig. 5** könnte noch auf einer dritten Koordinatenachse eine Maßzahl für die Coarsness, d. h. die Grobkörnigkeit aufgetragen werden. Diese Coarsness, die auch als "texture" bezeichnet wird, ist ein weiterer wichtiger charakteristischer Aspekt der optischen Erscheinung von Effektbeschichtungen.

[0071] Dabei kann auf der zusätzlichen Achse beispielsweise ein statistischer Parameter, der ebenfalls ein Maß für die Intensitätsverteilung der einzelnen Flächenbereiche ist, mit ausgegeben werden. Dieser statistische Parameter lässt dabei eine Unterscheidung zu, ob in bestimmten Flächenbereichen im Wesentlichen gleiche Intensitäten vorzufinden sind, oder

ob in den besagten Flächenbereichen diese Intensitäten stark schwanken. Bei diesem statistischen Parameter kann es sich beispielsweise um eine Varianz oder Streuung der einzelnen gemessenen Intensitätswerte handeln.

[0072] Hier ist zu beachten, dass die erfindungsgemäße vorgesehene orts aufgelöste Beobachtung der Oberfläche prinzipiell erlaubt, für jedes einzelne Pixel des Bildaufnahmelements, wie einer Kamera, jeweils die auf dieses eintreffende Intensität festzustellen. Eine Vielzahl dieser Intensitäten, zumindest diejenigen Intensitäten, die oberhalb des bestimmten Schwellenwertes liegen, werden dabei in die Berechnung mit eingezogen und neben dem Ergebniswert wird auch der besagte statistische Parameter wie die Varianz oder die Streuung ausgegeben.

[0073] Weiterhin ist es möglich, bei der in **Fig. 6** gezeigten Darstellung eine dritte Achse für die Werte dB einzuführen. Diese Achse ist hier gestrichelt dargestellt. dB kennzeichnet hier den weiteren charakteristischen Wert bzw. dessen Differenz bezüglich eines Referenzwerts. Es wäre jedoch auch möglich, beispielsweise bei einer Einteilung in verschiedene Farben, die in **Fig. 6** gezeigten Diagramme jeweils für unterschiedliche Farbwerte aufzutragen um auf diese Weise die Unterscheidung zu ermöglichen. Weiterhin könnte auch bei der in **Fig. 6** gezeigten Darstellung die Toleranzregion **22** eingezeichnet werden bzw. ein Toleranzellipsoid oder eine andere dreidimensionale geometrische Form gebildet werden, welche wiederum die Toleranzzone **12** und die Toleranzregion **22** miteinander kombiniert.

[0074] Wie erwähnt, wird ein entsprechendes orts aufgelöstes Bild ausgewertet. Dabei ist es möglich, dass dieses orts aufgelöste Bild beispielsweise unmittelbar vor der Auswertung aufgenommen wird und sich die Auswertung entsprechend daran anschließt. Es wäre jedoch auch möglich, zunächst eine Vielzahl von orts aufgelösten Bildern aufzunehmen und diese anschließend auszuwerten. Auch kann die Auswertung der Bilder unabhängig von deren Erzeugung stattfinden.

[0075] Sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbarten Merkmale werden als erfindungswesentlich beansprucht, sofern sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Bezugszeichenliste

2	Strahlungseinrichtung
4	Strahlungsdetektoreinrichtung
6	Prozessoreinrichtung
7	Speichereinrichtung
8	Oberfläche
9	Ausgabereinrichtung
10a–10f	Orientierungslinien

11a–11e	Werte
12	Toleranzzone
14, 16	Flächensegment
22	Toleranzregion
I, I1, I2	Intensitätswerte
A, A1, A2	Flächenanteile
d1	Differenz der Intensitäten
dA	Differenz der Flächenanteile
L	lange Halbachse der Toleranzzone 12
B	weiterer charakteristischer Wert

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 10324104 A1 [\[0037\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften, wobei ein orts aufgelöstes Bild einer zu untersuchenden Oberfläche (8) mit einer Vielzahl von Messwerten ausgewertet wird mit den Schritten:

– Analyse der Messwerte zur Bestimmung derjenigen Flächenanteile (A) des Bildes die eine bestimmte durch die Messwerte charakterisierbare physikalische Eigenschaft repräsentieren;

– Bestimmung eines Ergebniswertes (I) dieser physikalischen Eigenschaft, wobei dieser Ergebniswert charakteristisch für die Messwerte der physikalischen Eigenschaft aller derjenigen Flächenanteile (A) ist, die durch die Analyse der Messwerte bestimmt wurden;

dadurch gekennzeichnet, dass

neben dem Ergebniswert ein weiterer für die Oberfläche charakteristischer Wert (B) ermittelt wird und dieser weitere charakteristische Wert (B) gemeinsam mit dem Ergebniswert (I) oder einem von diesem Ergebniswert abhängigen Wert dargestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere charakteristische Wert (B) den Kontrast des ausgewerteten Bildes repräsentiert.

3. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere charakteristische Wert (B) Farbeigenschaften des ausgewerteten Bildes repräsentiert.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das auszuwertende Bild dadurch erzeugt wird, dass Strahlung auf die zu untersuchende Oberfläche (8) eingestrahlt wird und wenigstens ein Anteil der von der Oberfläche zurückgeworfenen Strahlung von einer Strahlungsdetektoreinrichtung (4) aufgenommen wird und diese Strahlungsdetektoreinrichtung (4) die Messwerte oder für diese Messwerte charakteristische Daten ausgibt.

5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der Ergebniswert (I) gegenüber der Größe der bestimmten Flächenanteile (A) ausgegeben wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Ergebniswert (I) durch Bildung eines Mittelwerts der Werte der physikalischen Eigenschaft aller derjenigen Flächenanteile (A) ergibt, die durch die Analyse des Bildes bestimmt wurden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittelwert aus einer Gruppe von Mittelwerten entnommen ist, welche arithmetische Mittelwerte, geometrische Mittelwerte, Integra-

le, gewichtete Mittelwerte, Kombinationen und dergleichen enthält.

8. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die physikalische Eigenschaft eine Intensität und bevorzugt eine Mindestintensität ist.

9. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe derjenigen Flächenanteile bestimmt wird, die ein bestimmtes Werteintervall dieser charakteristischen Eigenschaft charakterisiert.

10. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Vielzahl von orts aufgelösten Bildern dieser charakteristische Wert gemeinsam mit dem Ergebniswert (I) bevorzugt in der gleichen Darstellung dargestellt wird.

11. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Darstellung eine Toleranzregion (22) festgelegt wird, die bestimmt, ob vorgegebene Ergebniswerte (I) und charakteristische Werte (B) vorab festgelegten Toleranzkriterien entsprechen.

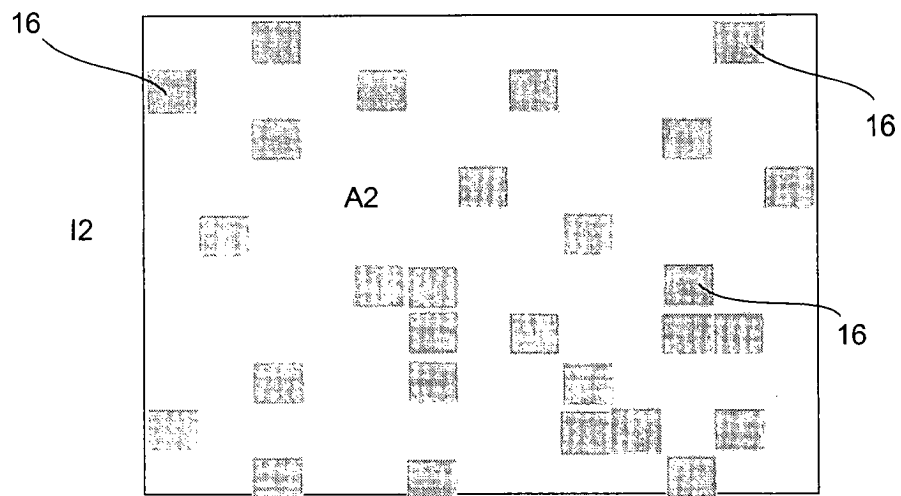
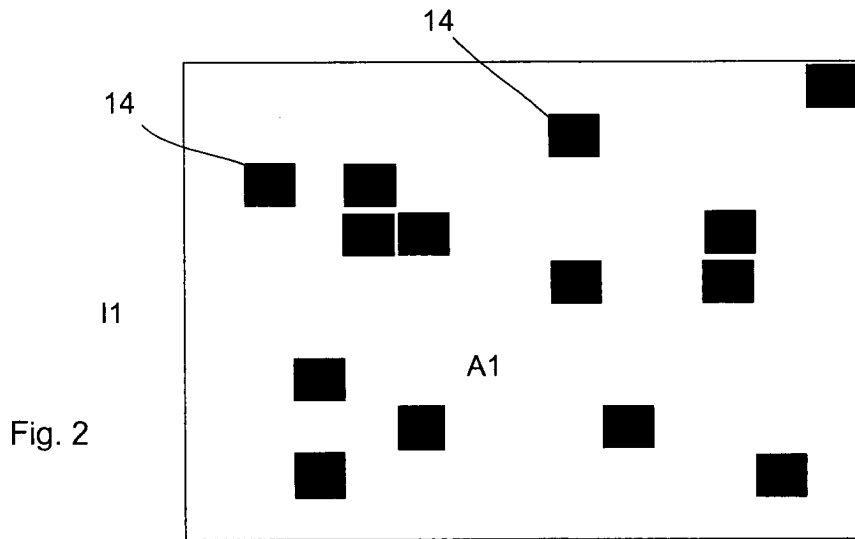
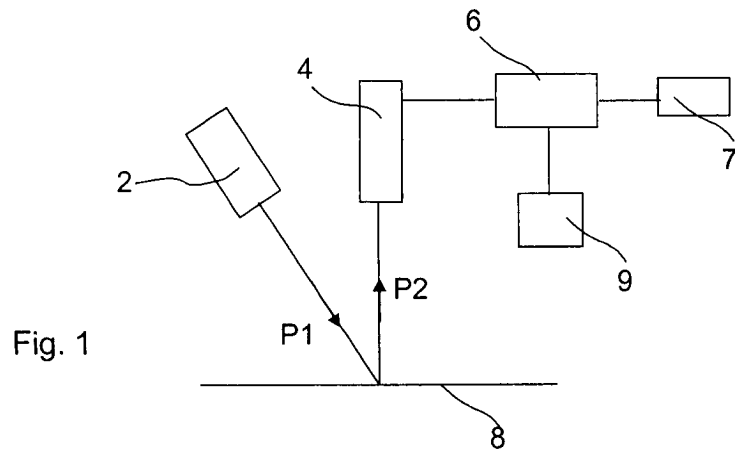
12. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zu untersuchenden Oberflächen Beschichtungen mit Effektpigmenten sind.

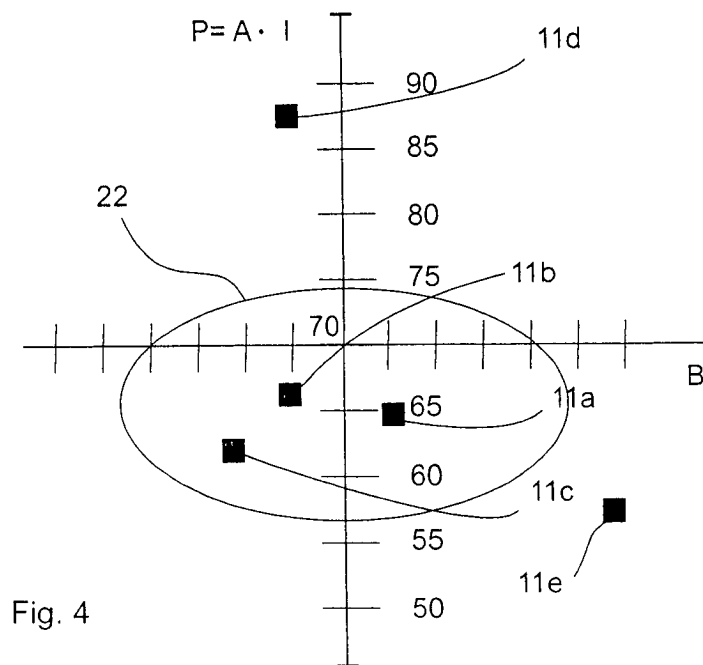
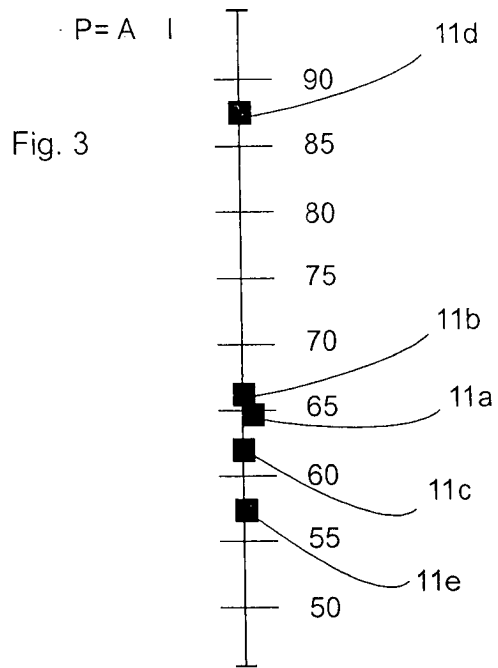
13. Vorrichtung zur quantitativen Bestimmung von Oberflächeneigenschaften mit einer Strahlungseinrichtung (2), welche Strahlung auf eine zu untersuchende Oberfläche (8) richtet, mit einer Strahlungsdetektoreinrichtung (4), welche die von der Oberfläche zurückgeworfene Strahlung aufnimmt und ein orts aufgelöstes Bild ausgibt, welches zu der zurückgeworfenen Strahlung korrespondiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Prozesseinrichtung aufweist, welche diejenigen Flächenanteile der Oberfläche (8) bestimmt, die eine bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen und die einen Ergebniswert (I) ermittelt, der für die physikalischen Eigenschaften derjenigen Flächenanteile, die die bestimmte physikalische Eigenschaft aufweisen, charakteristisch ist und wobei die Prozesseinrichtung einen weiteren für die Oberfläche charakteristischen Wert (B) ermittelt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Ausgabeeinrichtung aufweist, welche den Ergebniswert (I) und den weiteren für die Oberfläche charakteristischen Wert (B) gemeinsam darstellt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





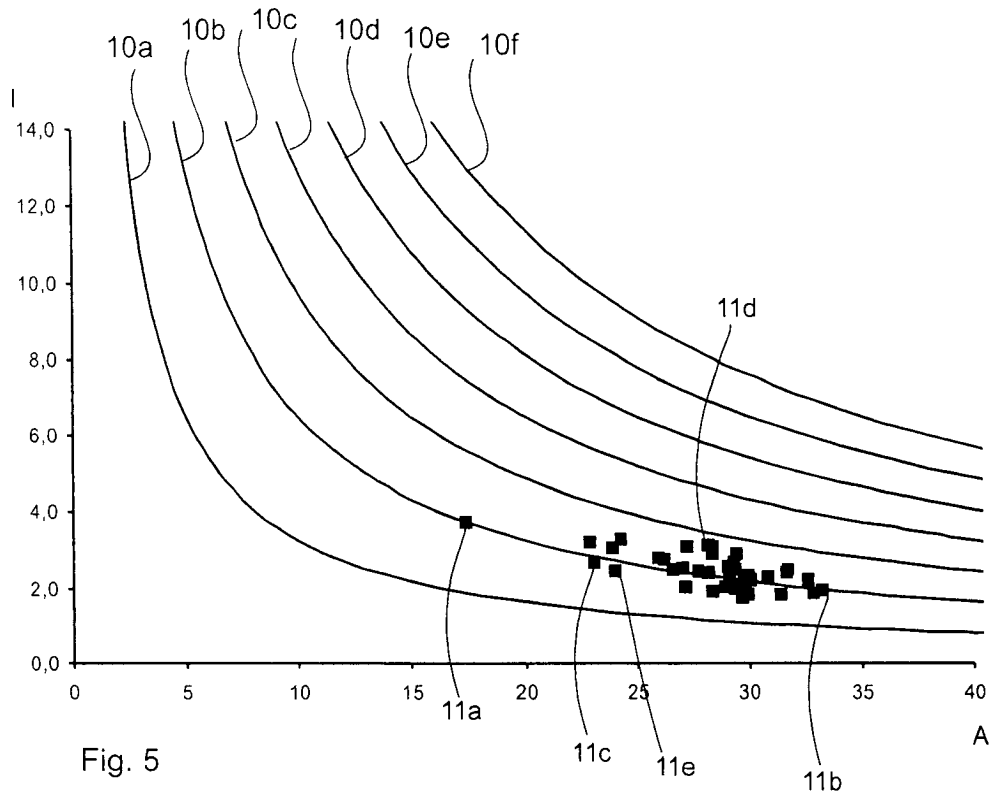


Fig. 5

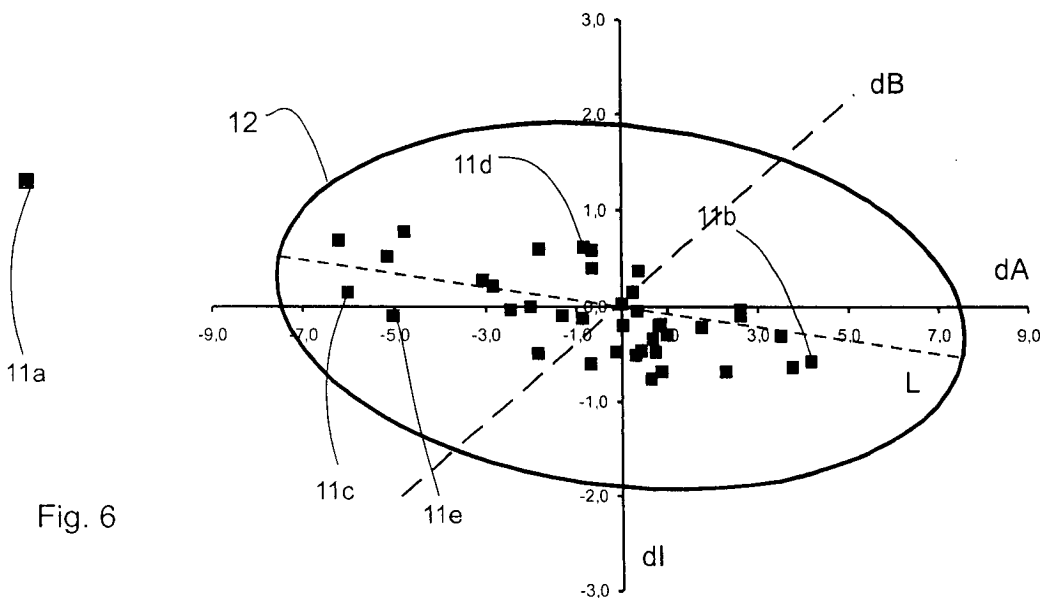


Fig. 6