

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 66/2012
(22) Anmeldetag: 20.01.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2014

(51) Int. Cl.: **G01J 3/46** (2006.01)
B41F 33/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0321402 A1
EP 0321402 A1
EP 0421003 A1
DE 69631929 T2

(73) Patentinhaber:
AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
GMBH
1220 WIEN (AT)

(74) Vertreter:
WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE
OG
WIEN

(54) FARBTREUEPRÜFUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Farbtreue (ΔE) und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds (ΔE) zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren (E_1 , E_2) vorgegebenen Farben, wobei die beiden Farbvektoren (E_1 , E_2) in Bezug auf einen vorgegebenen Farbraum (R) festgelegt werden, und wobei jede der Komponenten des jeweiligen Farbvektors (E_1 , E_2) jeweils dem Helligkeitsmesswert eines Sensors (10, 11) für eine vorgegebene Wellenlänge oder einen vorgegebenen Wellenlängenbereich entspricht.

Dabei ist vorgesehen, dass der Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) ermittelt wird, indem ein Quantisierungsraum (Q) umfassend eine Anzahl von Vektoren (q) vorgegeben ist, eine Zuordnung (Z) für jeden Farbvektor (e) innerhalb des Farbraums (R) zu jeweils einem der Vektoren (q) im Quantisierungsraum (Q) vorgegeben ist, wobei alle auf denselben Vektor (q) abgebildeten Farbvektoren (e) des Quantisierungsraums (Q) jeweils innerhalb einer vorgegebenen Umgebung (u) liegen, und die Zuordnung (Z) benachbart liegende Umgebungen (u) von Farbvektoren (e) auf jeweils benachbart liegende Vektoren (q) im Quantisierungsraum (Q) abbildet, jedem Vektor (q) innerhalb des Quantisierungsraums (Q) jeweils ein Multiplikatorwert ($\Delta \hat{E}(q)$) zugeordnet ist, für den Basisfarbvektor (B) der ihm jeweils durch die Zuordnung (Z) zugeordnete Vektor (q) gesucht und

ihm als Quantisierungsvektor (Q) zugeordnet wird, und der dem jeweiligen Quantisierungsvektor (Q) zugeordnete Multiplikatorwert ($\Delta \hat{E}(Q)$) ermittelt und als Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) herangezogen wird.

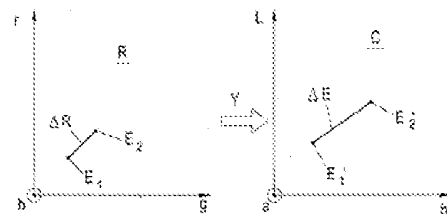


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Farbtreue und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren vorgegebenen Farben.

[0002] Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Quantifizierung des für einen Menschen wahrnehmbaren Unterschieds zwischen einem Farbwert und einem Sollwert, das im Zuge einer schnellen optischen Farbtreueprüfung von Gegenständen mittels eines Bildsensors durchgeführt wird.

[0003] Unter einem Sensor wird im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung jeweils ein Sensor verstanden, der Helligkeitswerte für unterschiedliche Wellenlängenbereiche liefert. So können etwa drei Teilsensoren mit jeweils unterschiedlicher Wellenlängensensitivität gemeinsam einen Sensor bilden. Mehrere Sensoren können gemeinsam in einem Array angeordnet sein und so einen Bildsensor für eine Kamera bilden. Jedem Sensor kann allenfalls auch noch eine konkrete Auswerteschaltung nachgeschaltet sein, die vorab Farb- und Helligkeitskorrekturen vornimmt.

[0004] Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung der Farbtreue und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren vorgegebenen Farben.

[0005] Die Überprüfung von Objekten, insbesondere Druckwerken, erfordert oft eine Überprüfung der Objektfarbe hinsichtlich ihrer Abweichung von einem vorgegebenen Sollwert. Hierbei ist es insbesondere erforderlich, die für das menschliche Auge wahrnehmbaren Unterschiede zwischen der Objektfarbe und dem vorgegebenen Sollwert möglichst gering zu halten. Zur Bestimmung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds können mittels eines kalibrierten Bildaufnahmesystems mit Bildsensoren ermittelte Farbwerte, die in der Regel als Helligkeitsmesswerte bei unterschiedlichen Farbbereichen ermittelt wurden, in einen CIELAB-Farbraum übergeführt werden, der von der konkreten Auswahl der Bildsensoren, deren spektralen Empfindlichkeit, sowie der Sensibilität der Bildsensoren unabhängig ist. Insbesondere können die mit dem jeweiligen Mehrfarbenbildsensor aufgezeichneten Messwerte, das sind in der Regel Tripel von Rot-Grün-Blau-Messwerten, in Tripel des bildsensorunabhängigen CIELAB-Farbraums transformiert werden. Im CIELAB-Farbraum können für das menschliche Auge wahrnehmbare Farbunterschiede besonders einfach quantifiziert werden.

[0006] Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Farbsystemen bzw. Referenzfarbsystemen bekannt, die eine Anzahl von Grundfarben zur Verfügung stellen.

[0007] Beispiele für solche Referenzsysteme sind z.B. das PANTONE-Matching-System (PMS) und das natural colours System (NCS). Diese Farbreferenzsysteme können sowohl ineinander als auch zum international anerkannten colorimetrischen Farbsystem der CIE umgerechnet werden und in dem von der CIE definierten Farbräumen eindeutig dargestellt werden. Zudem weisen die von der CIE definierten Farbräume im Wesentlichen den Vorteil auf, dass Abweichungen zwischen einzelnen in den Farbräumen angegebenen Farben den jeweiligen perzeptuellen Abständen zwischen den Farben, das heißt der unterschiedlichen Wahrnehmung durch einen menschlichen Betrachter, entsprechen. Von der CIE wurden die Farbräume CIELAB und CIELUV festgelegt, wobei für colorimetrische Anwendungen typischerweise der CIELAB-Farbraum verwendet wird.

[0008] Eine Möglichkeit, die Farbtreue nach CIE zu prüfen, erfordert eine Transformation der von den Bildvektoren ermittelten und im Bildsensor spezifischen farbraumdefinierten Farbwerten, um den perzeptuellen gleichabständigen CIELAB-Farbraum und anschließend die Berechnung der Farbdifferenz ΔE_{76} , wie in "Connolly, C, Fleiss, T.: A study of efficiency and accuracy in the transformation from RGB to CIELAB color space. IEEE Trans. Image Process. 6(7), 1046-1048 (1997)" beschrieben. Nach dieser Definition kann der Farbabstand ΔE_{76} als euklidische Distanz zwischen einem Soll-Farbwert und einem Ist-Farbwert ermittelt werden, wobei diese

beiden Farbwerte jeweils in den CIELAB-Raum transformiert sind.

[0009] Die ursprüngliche Definition des ΔE_{76} aus dem Jahr 1976 wurde in den Folgejahren mehrmals überarbeitet, resultierend in den Vorschlägen ΔE_{94} , CIEDE2000 und CIE CMC, was neben besserer Korrespondenz zur perzeptuellen Farbdifferenz auch eine komplexere Berechnung des jeweiligen Farbabstandes ΔE zur Folge hatte. Die in der Erfindung beschriebene Methode ist unabhängig von der jeweiligen Methode zur Berechnungsvorschrift für den Farbabstand anwendbar.

[0010] Eine präzise Transformation vom Bildsensor-abhängigen in den Bildsensor-unabhängigen Farbraum erfordert eine Charakterisierung der Farbempfindlichkeit des Bildsensors wie vom International Color Consortium ICC "International Color Consortium (ICC): Spec. ICC. 1:2004-10 (profile version 4.2.0.0). Image tech. col. mgmt. - arch., profile format, and data struc. (2004)" empfohlen und in einem sogenannten ICC-Profil resultierend. Daneben können auch einfachere Methoden, sogenannte matrixing Methoden "Ilie, A., Welch, G.: Ensuring color consistency across multiple cameras. In: Proc. of IEEE Conf. on Comp. Vis. pp. 2:1268-1275. Beijing, China (2005)", zur Anwendung kommen. Die in der Erfindung beschriebene Methode ist unabhängig von der Charakterisierungsmethode anwendbar.

[0011] Die europäische Patentanmeldung EP 0 321 402 A1 (GRETAG), veröffentlicht am 21. Juni 1989 (Dokument D1), zeigt ein Verfahren zur Farbsteuerung oder Farbregelung einer Druckmaschine mit einem farbmtrischen Messsystem, wobei auf den von der Druckmaschine gedruckten Druckbögen Messfelder optisch erfasst werden, um den Farbort eines Messfeldes in einem Koordinationssystem zu bestimmen und durch Koordinatenvergleich aus dem Farbabstand des erfassten Messfeldes von einem vorgegebenen Soll-Farbort eine Stellgröße zur Verstellung der Farbführungsorgane der Druckmaschine zu erzeugen, damit unerwünschte Farbabweichungen bei dem mit der neuen Farbführungseinstellung anschließend gedruckten Druckbogen minimal werden.

[0012] Die Erfassung der Farben auf dem Druckbogen erfolgt gemäß Dokument D1 durch Ausmessen von mitgedruckten Farbmessstreifen, die optisch abgetastet werden. Ein Farbmessgerät liefert densitrometrische Messwerte der einfarbigen Volltonmessfelder und farbmtrische Messwerte der ein- oder mehrfarbigen Messfelder, aus denen ein Rechner in der Messwertverarbeitung mit Hilfe der vorgegebenen Dichtegrenzwerte aus den gemessenen Volltondichten den Korrekturfارbraum um den auf dem Mehrfarbenmessfeld gemessenen Ist-Farbort I im $L^*a^*b^*$ -Farbraum (CIE 1976) bestimmt. Wenn in der Messwertverarbeitung festgestellt wird, dass der Ist-Farbort des vom Farbmessgerät abgetasteten Bereichs, insbesondere eines Farbmessfeldes, auf dem Druckbogen nicht mit dem erwünschten Soll-Farbort S übereinstimmt, der beispielsweise durch Abtasten eines für gut befundenen Druckbogens oder durch direkte Dateneingabe festgelegt ist, so erzeugt die Messwertverarbeitung Steuerdaten, die über die Steuerkonsole eingegeben werden und die Stellsignale für die Farbführungsorgane der Druckmaschine bewirken, um die Schichtdicken der Druckfarben auf dem Druckbogen und damit die Volltondichten so nachzuregeln, dass beim Messen des nächsten Druckbogens ein Zusammenfallen der zumindest eine Annäherung des Ist-Farbortes und des Soll-Farbortes erfolgt. In der Messwertverarbeitung werden die Farbabstandsvektoren durch den Rechner mit einer Sensitivitätsmatrix multipliziert, um den Schichtdickenänderungssteuervektor oder den Dichteänderungsvektor zu berechnen, der beim nächsten Druck eines Druckbogens berücksichtigt werden muss, um die gewünschte Farbortverschiebung zu erreichen. Die Sensitivitätsmatrix, mit der die Dichtedifferenzen für die Farbortverschiebung zwischen dem Soll-Farbort S und dem Ist-Farbort I berechnet werden, kann empirisch und messtechnisch mittels einer Versuchsserie bestimmt werden.

[0013] Um die mit einem Bildsensor aufgenommenen Farben in den CIELAB-Raum zu transformieren, ist nach dem Stand der Technik vorgesehen, eine Anzahl von sogenannten Farbcharts, beispielsweise einer IT8.7/2 Farbtafel, mit dem Sensor aufzunehmen und die jeweiligen Farbwerte zu ermitteln, wobei für jede auf der Farbtafel abgebildete Farbe jeweils Farbwerte durch Messung ermittelt werden und für die einzelnen Farben auf der Farbtafel die zugehörigen

Werte im CIELAB-Raum bekannt sind. Alternativ können jedoch auch Werte in einem XYZ-Farbraum vorgegeben werden, die anschließend durch eine vorgegebene feste und nicht nicht-lineare Transformationsvorschrift in Farbwerte des CIELAB-Farbraums übergeführt werden. Als Resultat dieser Kalibrierung erhält man eine Farbtransformationsvorschrift, mit der für jeden mit dem Sensor ermittelten Farbwert jeweils ein Farbwert im CIELAB-Raum vorliegt. Ein solcher Farbwert wird im vorliegenden Fall jeweils durch ein Tripel von Werten angegeben. Der Farbwert des Sensors ist im Farbraum des Sensors durch drei Helligkeitswerte bei drei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen angegeben. Im CIELAB-Raum wird dieselbe Farbe hingegen durch eine Helligkeitsinformation L, sowie zwei Farbinformationen a, b angegeben.

[0014] Bei der automatisierten Prüfung von Objekten ist es nach dem derzeitigen Stand der Technik zwar erforderlich, eine Vielzahl von aufgenommenen Farbwerten zur Überprüfung der Objektfarbe vom RGB-Farbraum in den CIELAB-Raum zu transformieren und anschließend miteinander zu vergleichen. Ein solcher Vergleich muss aber, wenn Kamerabilder bei der Objektprüfung verwendet werden, äußerst häufig durchgeführt werden, das heißt, der Vergleich ist beispielsweise mehrere Millionen Male pro Sekunde durchzuführen, was bei einer relativ komplexen Bestimmungsvorschrift, wie dies bei der Transformation in den CIELAB-Farbraum der Fall ist, zu einer sehr großen Ressourcenbelastung führen kann.

[0015] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein einfacheres Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit dem oder der die Farbtreue bestimmt werden kann, und/oder mit dem oder der der für den Menschen wahrnehmbare Farbunterschied zwischen zwei durch Farbvektoren vorgegebenen Farben ermittelt werden kann.

[0016] Die Erfindung löst diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Kennzeichens des unabhängigen Patentanspruches 1.

[0017] Weiters löst die Erfindung die Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 14.

[0018] Erfindungsgemäß ist bei einem Verfahren zur Bestimmung der Farbtreue und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren vorgegebenen Farben,

[0019] - wobei die beiden Farbvektoren in Bezug auf einen vorgegebenen Farbraum festgelegt werden,

[0020] - wobei jede der Komponenten des jeweiligen Farbevektors jeweils dem Helligkeitsmesswert eines Sensors für eine vorgegebene Wellenlänge oder einen vorgegebenen Wellenlängenbereich entspricht, vorgesehen,

[0021] - dass der Farbabstand zwischen den beiden Farbvektoren ermittelt wird,

[0022] - ein Basisfarbvektor durch einen der beiden Farbvektoren oder durch Verknüpfung der beiden Farbvektoren im Farbraum festgelegt wird,

[0023] - dass ein Multiplikator durch Auswahl aus einer Anzahl vorgegebener Multiplikatoren in Abhängigkeit vom Basisfarbvektor ermittelt wird,

[0024] - wobei der ausgewählte Multiplikator das Verhältnis des Abstands von in den CIELAB-Farbraum transformierten Farbvektoren zum Abstand dieser Farbvektoren im vorgegebenen Farbraum innerhalb einer vorgegebenen Umgebung um den Basisfarbvektors näherungsweise angibt, und

[0025] - dass der wahrnehmbare Farbunterschied oder die Farbtreue als Produkt des Farbabstands und des Multiplikators gemäß $\Delta E = \Delta R \cdot \Delta \hat{E}$ ermittelt wird.

[0026] Wesentlicher Vorteil hierbei ist, dass vor der Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte eine Kalibrierung mit den zeitaufwendigen Berechnungen stattfindet und während des eigentlichen Verfahrens bloß eine geringe Anzahl von arithmetischen Operationen durchgeführt wird.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass einer der beiden Farbvektoren als Soll-Farbvektor vorgegeben wird und der jeweils andere der beiden Farbvektoren als Ist-Farbvektor der Farben durch Messung ermittelt wird,

[0028] - wobei insbesondere der Soll-Farbvektor im CIELAB-Farbraum vorgegeben und in den Farbraum zurücktransformiert wird. Hierdurch können Farbabweichungen von einem Soll-Farbvektor vorteilhaft selektiert werden.

[0029] Alternativ kann vorgesehen sein, dass beide Farbvektoren durch Messung ermittelt werden. Hierdurch können Abweichungen einzelner Farbmesswerte voneinander ermittelt werden.

[0030] Zur Verringerung und Vereinfachung der Kalibrierung sowie zur Verringerung des zur Durchführung des Verfahrens erforderlichen Speichers, kann vorgesehen sein,

[0031] - dass der Multiplikator ermittelt wird, indem

[0032] - ein Quantisierungsraum umfassend eine Anzahl von Vektoren vorgegeben ist,

[0033] - eine Zuordnung für jeden Farbvektor innerhalb des Farbraums zu jeweils einem der Vektoren im Quantisierungsraum vorgegeben ist, wobei alle auf denselben Vektor abgebildeten Farbvektoren des Quantisierungsraums jeweils innerhalb einer vorgegebenen Umgebung liegen, und die Zuordnung benachbart liegende Umgebungen von Farbvektoren auf jeweils benachbart liegende Vektoren im Quantisierungsraum abbildet,

[0034] - jedem Vektor innerhalb des Quantisierungsraums jeweils ein Multiplikatorwert zugeordnet ist,

[0035] - für den Basisfarbvektor der ihm jeweils durch die Zuordnung zugeordnete Vektor gesucht und ihm als Quantisierungsvektor zugeordnet wird, und

[0036] - der dem jeweiligen Quantisierungsvektor zugeordnete Multiplikatorwert ermittelt und als Multiplikator herangezogen wird.

[0037] Zur vereinfachten Durchführung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die einzelnen Multiplikatorwerte in einem Speicher abgespeichert vorliegen, wobei für jeden einzelnen Vektor des Quantisierungsraums jeweils ein Speicherbereich vorgesehen ist und der dem jeweiligen Basisvektor zugeordnete Multiplikator vor seiner Multiplikation mit dem Abstand aus dem Speicher abgerufen wird.

[0038] Eine besonders vorteilhafte und einfache Quantisierung kann erreicht werden, indem der dem Basisfarbvektor jeweils zugeordnete Quantisierungsvektors nach der folgenden Vorschrift ermittelt wird,

$$Q(B) = [B_1 \cdot \text{floor}(B_1/S_1) + \text{floor}(S_1/2), B_2 \cdot \text{floor}(B_2/S_2) + \text{floor}(S_2/2), \\ \dots, B_n \cdot \text{floor}(B_n/S_n) + \text{floor}(S_n/2)]$$

[0039] wobei B_1, B_2, \dots, B_n die einzelnen Komponenten des Basisfarbvektors bezeichnen,

[0040] und S_1, S_2, \dots, S_n die Quantisierungsintervalle für die einzelnen Farbkomponenten bezeichnen, die insbesondere im Bereich zwischen 2 bis 20, insbesondere auf 4, 8 oder 16 festgelegt werden.

[0041] Zur einfachen Kalibrierung und Ermittlung der Messwerte für den Multiplikator kann vorgesehen sein, dass für jeden Vektor des Quantisierungsraums jeweils ein in der Umgebung der auf den Vektor abgebildeten Farbvektoren als Zentralvektor herangezogen wird, und dass innerhalb der Umgebung oder innerhalb einer weiteren Umgebung um den Zentralvektor eine Anzahl von Nachbarvektoren vorgegeben und dem Zentralvektor oder dem jeweiligen Vektor des Quantisierungsraums zugewiesen wird,

[0042] - dass für den Zentralvektor und jedem seiner ihm zugeordneten Nachbarvektoren

[0043] - der Zentralvektor sowie der jeweilige Nachbarvektor nach einer vorgegebenen Vor-

schrift in den CIELAB-Farbraum transformiert werden,

[0044] - nach vorgegebenen Kriterien, insbesondere durch Bildung des euklidischen Abstands, zwischen den in den CIELAB-Farbraum transformierten Vektoren, jeweils ein Farbunterschied zwischen dem Zentralvektor und jeweils einem der Nachbarvektoren ermittelt wird, und

[0045] - der Farbunterschied gegebenenfalls durch den Abstand der Vektoren im Farbraum dividiert wird,

[0046] - sodass für jeden Zentralvektor für jeden seiner Nachbarvektoren jeweils ein Farbunterschied zur Verfügung steht, und

[0047] - dass für jeden einem Vektor im Quantisierungsraum zugeordneten Zentralvektor aus den ihm zugeordneten Farbunterschieden zu seinen zugeordneten Nachbarvektoren der, insbesondere arithmetische, Mittelwert oder Median gebildet wird und dieser als Multiplikator $\Delta\hat{E}$ herangezogen und dem jeweiligen Vektor zugeordnet wird.

[0048] Bei der Auswahl der bei der Bestimmung der Farbunterschiede herangezogenen Zentralvektoren kann vorgesehen sein, dass innerhalb einer Umgebung derjenige Vektor als Zentralvektor ausgewählt wird, der dem arithmetischen Mittelwert der Summe aller Vektoren aus der jeweiligen Umgebung am nächsten liegt.

[0049] Zur vorteilhaften Auswahl der für die Ermittlung der Farbunterschiede herangezogenen Nachbarvektoren kann vorgesehen sein, dass als Nachbarvektoren eines Zentralvektors jeweils die Zentralvektoren von jeweils benachbarten Umgebungen herangezogen werden.

[0050] Um unterschiedliche Quantisierungen in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen ausreichend berücksichtigen zu können, kann vorgesehen sein, dass der wahrnehmbare Farbunterschied durch den Mittelwert oder den Median der Quantisierungsintervalle dividiert wird.

[0051] Für die einfache und zweckdienliche Auswahl des Basisfarbvektors kann vorgesehen sein,

[0052] - dass der Basisfarbvektor aus einer vorgegebenen Umgebung um die beiden Farbvektoren gewählt wird,

[0053] - wobei der Basisfarbvektor insbesondere dem arithmetischen Mittelwert zwischen dem ersten Farbvektor und dem zweiten Farbvektor gleichgesetzt wird.

[0054] Um Farbunterschiede in unterschiedlichen Komponenten der Farbvektoren ausreichend berücksichtigen zu können, kann vorgesehen sein,

[0055] - dass die Differenz der Farbvektoren durch Subtraktion der einzelnen Komponenten der beiden Farbvektoren ermittelt wird

[0056] - dass die betragsmäßig größte Komponente der Differenz der Farbvektoren als dominante Komponente ermittelt wird und

[0057] - dass je ein Multiplikator durch Auswahl aus einer Anzahl vorgegebener Multiplikatoren in Abhängigkeit vom Basisfarbvektor sowie von der dominanten Komponente ermittelt wird,

[0058] - wobei der ausgewählte Multiplikator das Verhältnis des Abstands von in den CIELAB-Farbraum transformierten Farbvektoren zum Abstand dieser Farbvektoren im vorgegebenen Farbraum innerhalb einer vorgegebenen Umgebung des Basisfarbvektors zwischen zwei Vektoren angibt, die sich in der dominanten Komponente betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten unterscheiden.

[0059] Hierbei können die Multiplikatorwerte bzw. die zugehörigen Messwerte vorteilhafterweise so berechnet werden,

[0060] - dass für jeden Vektor des Quantisierungsraums jeweils ein in der Umgebung der auf den Vektor abgebildeten Farbvektoren als Zentralvektor herangezogen wird, und dass innerhalb der Umgebung oder innerhalb einer weiteren Umgebung um den Zentralvektor eine Anzahl von Nachbarvektoren vorgegeben wird,

[0061] - dass dem Zentralvektor und/oder dem jeweiligen Vektor des Quantisierungsraums Nachbarvektoren zugewiesen werden, wobei jeder der Nachbarvektoren jeweils in einer der Komponenten gegenüber dem Zentralvektor betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten verschoben ist,

[0062] - dass zwischen dem Zentralvektor und denjenigen seiner ihm zugeordneten Nachbarvektoren, die sich jeweils in einer der Komponenten vom dem Zentralvektor betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten unterscheiden jeweils

[0063] - der Zentralvektor sowie der jeweilige Nachbarvektor nach einer vorgegebenen Vorschrift in den CIELAB-Farbraum transformiert werden,

[0064] - nach vorgegebenen Kriterien, insbesondere durch Bildung des euklidischen Abstands, zwischen den in den CIELAB-Farbraum transformierten Vektoren, ein Farbunterschied ermittelt wird, und

[0065] - der Farbunterschied gegebenenfalls durch den Abstand der Vektoren im Farbraum dividiert wird.

[0066] - sodass für jeden Zentralvektor für jeden seiner Nachbarvektoren jeweils ein Farbunterschied zur Verfügung steht, und

[0067] - dass für jeden einem Vektor im Quantisierungsraum zugeordneten Zentralvektor für jede einzelne Koordinatenrichtung separat aus den dem Vektor zugeordneten Farbunterschieden zu seinen ihm zugeordneten Nachbarvektoren jeweils ein, insbesondere arithmetischer, Mittelwert oder Median gebildet wird dieser als Multiplikatorwert ΔE herangezogen und dem jeweiligen Vektor für die jeweilige Komponente zugeordnet wird.

[0068] Eine einfache und zweckdienliche Datenhaltung von Multiplikatoren sieht vor, dass die einzelnen Multiplikatorwerte in einem Speicher abgespeichert vorliegen, wobei für jeden einzelnen Vektor des Quantisierungsraums jeweils separate Speicherbereiche für jede der Komponenten vorgesehen sind und der dem jeweiligen Basisvektor zugeordnete Multiplikator vor seiner Multiplikation mit dem Abstand in Abhängigkeit vom Vektor sowie von der dominanten Komponente aus dem Speicher abgerufen wird.

[0069] Erfindungsgemäß ist ferner eine Vorrichtung zur Bestimmung der Farbtreue und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren vorgegebenen Farben, umfassend zumindest einen Farb-Helligkeitssensor, an dessen Ausgang ein Farbvektor in einem Farbraum anliegt,

[0070] gekennzeichnet durch

[0071] - eine dem Farb-Helligkeitssensor nachgeschaltete Abstandsbildungseinheit, die den Farbabstand, insbesondere in Form des Euklidischen Abstands, zwischen den beiden Farbvektoren ermittelt und an ihrem Ausgang zur Verfügung hält,

[0072] - eine dem Farb-Helligkeitssensor nachgeschaltete Quantisierungseinheit, der die beiden Farbvektoren zugeführt sind und die abhängig von einem der Farbvektoren oder beiden Farbvektoren jeweils einen Basisvektor ermittelt und anschließend eine Umgebung im Farbraum ermittelt, innerhalb der sich der Basisvektor befindet und an ihrem Ausgang einen dieser Umgebung zugeordneten Quantisierungsvektor zur Verfügung hält,

[0073] - einen Multiplikatorspeicher, in dem für jeden Quantisierungsvektor jeweils ein Multiplikatorwert, der das Verhältnis des Abstands von in den CIELAB-Farbraum transformierten Farbvektoren zum Abstand dieser Farbvektoren im vorgegebenen Farbraum innerhalb einer vorgegebenen Umgebung des Basisfarbvektors als Farbtreue oder Farbunterschieds angibt, wobei dem Multiplikatorspeicher der von der Quantisierungseinheit erstellte Quantisierungsvektor zugeführt ist und am Ausgang des Multiplikatorspeichers jeweils derjenige Multiplikatorwert abgespeichert vorliegt, der dem jeweiligen Quantisierungsvektor zugeordnet ist, sowie

[0074] - eine Multiplikatoreinheit, die dem Multiplikationsspeicher sowie der Abstandsbildungseinheit nachgeschaltet ist und an deren Ausgang das Produkt aus dem Multiplikatorwert als für

den Menschen wahrnehmbarer Farbunterschied und/oder Farbtreue anliegt,

[0075] vorgesehen. Mit einer solchen Vorrichtung kann einfach und ressourcensparend die Farbtreue oder der für den Menschen wahrnehmbare Farbunterschied zwischen zwei durch Farbvektoren ermittelt werden,

[0076] Um Abweichungen von einem Sollwert einfach ermitteln zu können, kann ein Sollwertspeicher vorgesehen sein, in dem der zweite Farbvektor als Sollwert abgespeichert ist und der Abstandsbildungseinheit und der Quantisierungseinheit vorgeschaltet ist.

[0077] Um Farbunterschiede in unterschiedlichen Komponenten der Farbvektoren ausreichend berücksichtigen zu können, kann vorgesehen sein, dass

[0078] - eine Einheit zur Bildung der dominanten Komponente vorgesehen ist, der die Farbvektoren zugeführt sind, die eine vektorielle Differenz zwischen den beiden Farbvektoren bildet und die Position der betragsmäßig größten Komponente der Differenz der Farbvektoren an ihrem Ausgang zur Verfügung hält,

[0079] - der Multiplikatorspeicher für jeden der Quantisierungsvektoren jeweils so viele Multiplikatoren abgespeichert enthält, wie die Farbvektoren Komponenten aufweisen, wobei für jeden Quantisierungsvektor und für jede Koordinatenrichtung im Farbraum jeweils ein Multiplikatorwert abgespeichert ist,

[0080] - für jeden einem Vektor im Quantisierungsraum zugeordneten Zentralvektor für jede einzelne Koordinatenrichtung separat aus den dem Vektor zugeordneten Farbunterschieden zu seinen ihm zugeordneten Nachbarvektoren jeweils ein, insbesondere arithmetischer, Mittelwert oder Median abgespeichert vorliegt, und

[0081] - der Ausgang der Einheit zur Bildung der dominanten Komponente dem Multiplikatorspeicher zugeführt ist, wobei am Ausgang des Multiplikatorspeichers jeweils derjenige Multiplikator anliegt, der jeweils dem von der Quantisierungseinheit gebildeten Quantisierungsvektor und der von der Einheit abgegebenen dominanten Komponente zugeordnet ist.

[0082] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher dargestellt.

[0083] Fig. 1 zeigt eine Farbabweichung im RGB-Farbraum sowie die zugehörige Farbabweichung im CIELAB-Farbraum.

[0084] Fig. 2 zeigt eine Quantisierung des RGB-Farbraums sowie die jeweilige Transformierte im CIELAB-Farbraum.

[0085] Fig. 3 zeigt die Bestimmung von Multiplikatoren zur Umrechnung von Farbdifferenzen in die Farbtreue bzw. in den für den Menschen wahrnehmbare Farbunterschied,

[0086] Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0087] Fig. 5 zeigt eine weitere Vorrichtung zur Durchführung einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0088] Bei typischen Helligkeitsmessungen von Objekten mit mehrfarbigen Pixelsensoren erhält man für jedes der Pixel, d. h. von jedem Pixelsensor 10 (Fig. 4, 5), jeweils mehrere Helligkeitswerte, von denen jeder jeweils einem vorgegebenen Wellenlängenbereich zugeordnet ist. Typischerweise werden für jedes Pixel jeweils drei Wellenlängenbereiche herangezogen, nämlich ein roter, ein grüner und ein blauer Wellenlängenbereich. Jedes Pixel liefert somit jeweils einen Farbvektor E mit drei Komponenten, von denen in dieser Ausführungsform die erste Komponente die Helligkeit im roten Wellenlängenbereich, die zweite Komponente die Helligkeit im grünen Wellenlängenbereich in die dritte Komponente die Helligkeit im blauen Wellenlängenbereich angibt. Jede der Komponenten des jeweiligen Farbvektors E_1 , E_2 entspricht jeweils dem Helligkeitsmesswert eines Sensors 10.11 (Fig. 4) für einen vorgegebenen Wellenlängenbereich.

[0089] Jeder Sensor 10 liefert jeweils einen Farbvektor E_1 , E_2 . In der in Fig. 1 dargestellten

ersten Ausführungsform sind zwei mit jeweils einem Pixel aufgenommene Farbvektoren E_1, E_2 dargestellt, die von Objekten mit annähernd gleicher Farbgebung aufgenommen wurden. Die beiden Farbvektoren E_1, E_2 sind in Bezug auf den dreidimensionalen RGB-Farbraum \underline{R} festgelegt.

[0090] In Fig. 1 ist links ein dreidimensionaler RGB-Farbraum \underline{R} dargestellt, wobei zwei Koordinatenrichtungen in der Zeichnungsebene liegen und die dritte Koordinatenrichtung b normal zur Zeichnungsebene liegt und in der Darstellung vernachlässigt wird. Die beiden übrigen Koordinatenrichtungen r, g des Farbraums geben jeweils den Anteil der roten und grünen Komponente des jeweiligen Farbvektors E_1 an.

[0091] Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Farbgebung der Objekte weisen die beiden dargestellten Farbvektoren E_1, E_2 jeweils unterschiedliche Werte auf, zwischen den beiden Farbvektoren E_1, E_2 besteht ein Farbabstand ΔR , der beispielsweise durch Bestimmung des euklidischen Abstands zwischen den beiden Farbvektoren E_1, E_2 gemäß $\Delta R = \| E_1 - E_2 \|_2$ ermittelt werden kann.

[0092] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, die beiden Farbvektoren E_1, E_2 in einen CIELAB-Farbraum \underline{C} zu transformieren. Hierfür werden die Farbvektoren E_1, E_2 einer Transformationsvorschrift Y unterzogen.

[0093] Anhand eines Farbcharts, auf dem Farben aufgedruckt sind, deren Entsprechungen im CIELAB-Farbraum \underline{C} bekannt sind, sowie der bei der Aufnahme dieses Farbcharts ermittelten Farbwerte, wird eine Transformationsvorschrift Y zur Transformation der Farbvektoren E_1, E_2 in den CIELAB-Farbraum \underline{C} ermittelt, mit der für jeden Farbvektor E_1, E_2 dessen jeweilige Entsprechung als CIELAB-Farbvektoren E_1', E_2' gemäß $E_1' = Y(E_1), E_2' = Y(E_2)$ im CIELAB-Farbraum \underline{C} ermittelt wird. Eine solche Transformationsvorschrift Y ist typischerweise äußerst komplex, die Bestimmung der CIELAB-Farbvektoren E_1', E_2' durch Anwendung der Transformationsvorschrift Y auf die beiden Farbvektoren E_1, E_2 ist rechenintensiv.

[0094] Zur Bestimmung der Farbtreue ΔE oder des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds ΔE kann der euklidische Abstand zwischen den beiden CIELAB-Farbvektoren E_1', E_2' ermittelt werden. Eine verbesserte Berechnungsvorschrift zur Bestimmung der Farbtreue ΔE oder des Farbunterschieds ΔE , die physiologische Eigenschaften des menschlichen Auges besser berücksichtigt, weist zudem noch weitere komplexe Berechnungsschritte auf. Soll die Bestimmung der Farbtreue ΔE oder des Farbunterschieds ΔE für ganze Bildbereiche mit Seitenlängen von mehreren tausend Pixeln mehrmals pro Sekunde vorgenommen werden, wäre die Bestimmung der Farbtreue ΔE oder des Farbunterschieds ΔE äußerst ressourcenintensiv und könnte nur mit außerordentlicher Rechenleistung durchgeführt werden.

[0095] Aus diesem Grund werden sämtliche Berechnungsschritte, die mit der Transformation der Farbvektoren E_1, E_2 in den CIELAB-Farbraum \underline{C} oder der Bestimmung der Farbtreue ΔE oder des Farbunterschieds ΔE in Zusammenhang stehen, im Zuge eines Kalibrierverfahrens durchgeführt.

[0096] Ziel des Kalibrierungsverfahrens ist es, vorab eine Beziehung zwischen dem Farbabstand ΔR und dem jeweils korrespondierenden Farbunterschied ΔE im CIELAB-Farbraum \underline{C} zu ermitteln, um die aufwendige Ermittlung des eigentlichen Farbunterschieds ΔE auf Grundlage des leichter zu ermittelnden Farbabstands ΔR im Farbraum \underline{R} vornehmen zu können. Da sich diese Beziehung je nach Lage der beiden Farbvektoren E_1, E_2 im Farbraum \underline{R} ändert, wird durch Kalibrierung ein lokaler linearer Zusammenhang zwischen dem Farbanstand ΔR und dem jeweils korrespondierenden Farbunterschied ΔE für eine vorgegebene Umgebung u rund um einen Zentralvektor e_z innerhalb des Farbraums \underline{R} ermittelt. Es wird dabei zur Approximation und Vereinfachung davon ausgegangen, dass die beiden Farbvektoren E_1, E_2 nahe beieinander und näherungsweise innerhalb derselben Umgebung oder zumindest im Nahebereich dieser Umgebung liegen.

[0097] Um vorab für jeden Teilbereich des Farbraums \underline{R} jeweils eine einfach durchzuführende Umrechnung des Farbanstands ΔR in den jeweils korrespondierenden Farbunterschied ΔE im

CIELAB-Farbraum \underline{C} zur Verfügung zu haben, wird der Farbraum \underline{R} in eine Anzahl von Umgebungen u unterteilt, indem eine Anzahl von Zentralvektoren e_z innerhalb des Farbraum \underline{R} vorgegeben wird und für jeden dieser Zentralvektoren e_z im Farbraum \underline{R} jeweils eine Umgebung u um den jeweiligen Zentralvektor e_z vorgegeben wird. In der vorliegenden Ausführungsform liegen die einzelnen Zentralvektoren e_z jeweils rasterförmig angeordnet im Farbraum \underline{R} verteilt. Mit Ausnahme der Zentralvektoren e_z , deren Umgebung u den Farbraum \underline{R} berandet, sind jedem Zentralvektor e_z jeweils eine Anzahl von sechs Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$ zugeordnet, wobei in dieser Ausführungsform als Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$ diejenigen Zentralvektoren e_z herangezogen werden, deren Umgebung u an die Umgebung des zuvor genannten Zentralvektors angrenzt. Selbstverständlich können als Nachbarvektoren auch beliebige andere Farbvektoren festgelegt werden, auch kann die Anzahl der Nachbarvektoren variiert werden. Jeder der sechs Nachbarvektoren $N_1(e_z), N_n(e_z)$ unterscheidet sich vom Zentralvektor e_z jeweils in nur einer seiner Komponenten um ein vorab vorgegebenes Quantisierungsintervall S_1, S_2, \dots, S_n . Der Abstand zwischen einem Zentralvektor und seinem jeweiligen Nachbarvektor $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$ entspricht abhängig von der jeweils unterscheidenden Komponente dem Quantisierungsintervall S_1, S_2, \dots, S_n . Zentralvektoren e_z und ihnen zugeordnete Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$, die sich in der ersten Komponente unterscheiden, weisen jeweils als Abstand den Wert des ersten Quantisierungsintervalls S_1 in der ersten Koordinatenrichtung auf, Zentralvektoren e_z und ihnen zugeordnete Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$, die sich in der zweiten Komponente unterscheiden, weisen jeweils als Abstand den Wert des zweiten Quantisierungsintervalls S_2 auf usw. Die Position der Zentralvektoren e_z kann durch die folgenden Formel angegeben werden,

$$e_z(i, j, k) = [\text{floor}(S_1/2 + S_1 \cdot i), \text{floor}(S_2/2 + S_2 \cdot j), \text{floor}(S_3/2 + S_3 \cdot k)]$$

[0098] wobei jeweils für den Parameter i ganzzahlige Werte zwischen 0 und R_1/S_1 für den Parameter j ganzzahlige Werte zwischen 0 und R_2/S_2 und für den Parameter k ganzzahlige Werte zwischen 0 und R_3/S_3 einsetzbar sind und R_1, R_2 , und R_3 die jeweiligen Maximalwerte für die jeweilige Komponente des Farbraum \underline{R} bezeichnen. Die Funktion floor bezeichnet jeweils den nächstkleineren ganzzahligen Wert für eine reelle oder rationale Zahl.

[0099] Der gesamte Farbraum \underline{R} wird lückenlos von Umgebungen u ausgefüllt, die jeweils einen der Zentralvektoren e_z umgeben. Die Zentralvektoren e_z werden in dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung rasterförmig in einem äquidistanten Gitter festgelegt, wobei sämtliche Farbvektoren im Farbraum \underline{R} , die dem jeweiligen Zentralvektor e_z näher liegen als einem anderen Zentralvektor e_z der Umgebung u dieses Zentralvektors e_z zugewiesen werden.

[00100] Im Folgenden wird eine Zuordnung Z (Fig. 3) hergestellt, die für jede Umgebung u sowie für den jeweils zugehörigen Zentralvektor e_z der Umgebung u jeweils einen Quantisierungsvektor q in einem Quantisierungsraum \underline{Q} angibt. Die Zuordnung Z zwischen der Umgebung u bzw. dem jeweiligen zugehörigen Zentralvektor e_z und dem Quantisierungsvektor q ist bijektiv. Zudem werden einander benachbarte Umgebungen u jeweils auf benachbart liegende Quantisierungsvektoren q abgebildet.

[00101] Für jeden Farbvektor E mit den einzelnen Komponenten e_1, e_2, \dots, e_n besteht ferner eine eindeutige Zuordnung X zu einem Zentralvektor e_z , die bei der vorstehend beschriebenen Zuordnung von Umgebungen u zu Zentralvektoren e_z auf die folgende Art hergestellt werden kann:

$$e_z(E) = [e_1 \cdot \text{floor}(B_1/S_1) + \text{floor}(S_1/2), e_2 \cdot \text{floor}(B_2/S_2) + \text{floor}(S_2/2), \dots, e_n \cdot \text{floor}(B_n/S_n) + \text{floor}(S_n/2)]$$

[00102] Im Quantisierungsraum \underline{Q} steht für jeden Zentralvektor e_z jeweils ein Quantisierungsvektor q zur Verfügung. Jedem Zentralvektor $e_z(i, j, k) = [\text{floor}(S_1/2 + S_1 \cdot i), \text{floor}(S_2/2 + S_2 \cdot j), \text{floor}(S_3/2 + S_3 \cdot k)]$ wird durch die Zuordnung Z jeweils ein Quantisierungsvektor $q(e_z) = [i, j, k]$ zugewiesen, wobei die Parameter i, j und k wie voranstehend angegeben beschränkt sind. Durch die Zuordnung Z wird somit jeder Zentralvektor e_z bijektiv auf einen Quantisierungsvektor q abgebildet.

[00103] Durch Zusammensetzung der Zuordnungen X und Z kann für jeden Farbvektor E jeweils ein Quantisierungsvektor q gefunden werden, der einem Zentralvektor e_z zugeordnet ist, innerhalb dessen Umgebung u sich der Farbvektor E befindet.

[00104] Im folgenden wird für jede Umgebung u jeweils eine lokale Annäherung für den Zusammenhang zwischen dem Farbabstand ΔR im Farbraum \underline{R} und der jeweiligen Farbtreue ΔE im CIELAB-Farbraum gesucht, wobei angenommen wird, dass der Farbabstand ΔR im Farbraum und die Farbtreue ΔE im CIELAB-Raum näherungsweise linear voneinander abhängig sind. Für jede Umgebung u wird ein Speicher zum Abspeichern des Verhältnisses zwischen dem Farbabstand ΔR und der Farbtreue ΔE zur Verfügung gestellt.

[00105] Um das Verhältnis zwischen dem Farbabstand ΔR und der Farbtreue ΔE im Bereich der jeweiligen Umgebung u zu ermitteln, werden in einem Kalibrierschritt der jeweilige Zentralvektor e_z und seine ihm zugeordneten Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$ der Farbabstände De_1, De_2, \dots, De_n ermittelt. Dies kann im vorliegenden Fall durch die Bildung des Euklidischen Abstands erfolgen, der aufgrund der konkreten Anordnung der Zentralvektoren e_z dem Betrag der Differenz der einzig unterschiedlichen Komponente der jeweiligen Vektoren gleich ist. Für jeden Nachbarvektor $N_1(e_z) \dots N_n(e_z)$ wird separat jeweils eine Koordinatendifferenz ermittelt, sodass in der vorliegenden Ausführungsform für einen Zentralvektor e_z mit sechs Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$ sechs Farbabstände De_1, \dots, De_6 vorliegen:

$$De_i = \| e_z - N_i(e_z) \|_2$$

[00106] In einem weiteren Schritt werden der Zentralvektor e_z sowie seine Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_6(e_z)$ in den CIELAB-Farbraum \underline{C} transformiert, wobei man durch Anwendung der Transformationsvorschrift Y die jeweiligen Entsprechungen $Y(e_z)$ des Zentralvektors e_z sowie die Entsprechungen $Y(N_1(e_z)), \dots, Y(N_6(e_z))$ seiner Nachbarvektoren im CIELAB-Farbraum \underline{C} transformiert. Es wird zwischen jeder Entsprechung $Y(N_1(e_z)), \dots, Y(N_6(e_z))$ der Nachbarvektoren und der Entsprechung $Y(e_z)$ des Zentralvektors e_z der Abstand ΔE_{lokal} im CIELAB-Farbraum \underline{C} ermittelt. Dies kann beispielsweise durch Bildung des euklidischen Abstands oder aber auch durch andere bekannte Abstandsbildungsvorschriften vorgenommen werden, die beispielsweise in „Klaus Witt, CIE Color Difference Metrics, pp. 79-100. In: Schanda, J.: Colorimetry: Understanding the CIE System. Wiley-Interscience (2007)“ ausgeführt sind.

[00107] Jeder der einzelnen ermittelten Abstände $\Delta E_{\text{lokal},i}$ wird durch den Abstand De_i der jeweiligen Vektoren im Farbraum \underline{R} dividiert; unter den so erhaltenen sechs Quotienten wird der Median oder der Mittelwert ermittelt und der jeweiligen Umgebung u und dem dieser Umgebung u zugewiesenen Quantisierungsvektor q als Multiplikatorwert $\Delta \hat{E}(q)$ zugeordnet. Nach der vorstehend genannten Vorschrift wird für jeden Zentralvektor e_z sowie die ihm zugewiesene Umgebung u jeweils ein Multiplikatorwert $\Delta \hat{E}(q)$ ermittelt und dieser wird dem jeweiligen Quantisierungsvektor q zugewiesen:

$$\Delta \hat{E}(q) = \text{med}(\Delta E_{\text{lokal},i} / De_i)$$

[00108] Die einzelnen Multiplikatorwert $\Delta \hat{E}(q)$ werden in dieser konkreten Ausführungsform der Erfindung jeweils in einem Speicher 3 abgelegt und für die weitere Abfrage zur Verfügung gehalten.

[00109] In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung, die im Übrigen der ersten Ausführungsform der Erfindung entspricht, wird unter den ermittelten Abständen ΔE_{lokal} sowie unter den Abständen De_i jeweils separat der Median oder Mittelwert gebildet und der Multiplikatorwert $\Delta \hat{E}(q)$ wird als Quotient der Mediane (med) oder Mittelwerte (MW) gemäß

$$\Delta \hat{E}(q) = \text{med}(\Delta E_{\text{lokal},i}) / \text{med}(De_i) \text{ oder } \Delta \hat{E}(q) = \text{MW}(\Delta E_{\text{lokal},i}) / \text{MW}(De_i)$$

gebildet.

[00110] Im Folgenden werden die einzelnen Schritte zur raschen Bestimmung der Farbtreue ΔE und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds ΔE näher dargestellt, wobei vorausgesetzt wird, dass die einzelnen Multiplikatorwerte $\Delta \hat{E}(q)$ für die Quantisierungsvektoren q bzw. für die Umgebungen u jeweils zur Verfügung stehen und im Speicher

3 abgespeichert vorliegen.

[00111] In dieser Ausführungsform eine Messung mit einem Sensor 10 durchgeführt, in dessen Aufnahmebereich zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwei Objekte mit annähernd derselben Oberflächenfarbe gelangen. Ziel der Messung ist es, Unterschiede der Farbe zwischen den Objekten zu detektieren, wobei jeweils zu überprüfen ist, dass für den Menschen sichtbare Farbunterschiede ΔE auch detektiert werden,

[00112] Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass zwei Sensoren 10 herangezogen werden, von denen einer den ersten Farbwert E_1 und der andere den zweiten Farbwert E_2 ermittelt. Die Bestimmung der Farbwerte E_1 , E_2 mit den Sensoren 10 kann entweder gleichzeitig vorgenommen werden oder aber es kann der von einem der Sensoren 10 ermittelte Farbwerte E_1 , E_2 abgespeichert und mit einem später aufgenommenen Farbwert verglichen werden.

[00113] Im Zuge der beiden Messungen der beiden Objekte mit dem Sensor 10 werden zwei voneinander abweichende Farbwerte E_1 , E_2 ermittelt. Es wird der Farbabstand ΔR zwischen den beiden Farbvektoren E_1 , E_2 ermittelt, wobei im vorliegenden Fall der euklidische Abstand als Farbabstand ΔR gewählt wird. Alternativ könnten auch andere Abstandsbestimmungsverfahren verwendet werden, die insbesondere die Differenz einer der Komponenten der beiden Farbvektoren E_1 , E_2 stärker gewichten.

[00114] Weiters wird basierend auf den beiden Farbvektoren E_1 , E_2 ein Basisvektor B ermittelt, der innerhalb einer vorgegebenen Umgebung um die beiden Farbvektoren E_1 , E_2 liegt. Im vorliegenden Fall wird der Basisvektor B dem ersten Farbvektor E_1 gleichgesetzt. Alternativ könnte auch der zweite Farbvektor E_2 oder der arithmetische Mittelwert der Farbvektoren E_1 , E_2 als Basisvektor B herangezogen werden. Anschließend wird für den Basisvektor B der jeweilige Zentralvektor e_z sowie dessen zugeordneter Quantisierungsvektor q gesucht, innerhalb dessen Umgebung u sich der Basisvektor B befindet. Der dem jeweiligen Quantisierungsvektor q zugeordnete Multiplikatorwert $\Delta \hat{E}(q)$ wird aus dem Speicher 3 abgefragt und mit dem jeweiligen Farbabstand ΔR multipliziert, wobei das Ergebnis dem für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschied $\Delta E - \Delta R \Delta \hat{E}(q)$ zwischen den beiden vom Sensor aufgenommenen Objekten gleichgehalten wird.

[00115] In Fig. 4 ist eine Vorrichtung zur Detektion des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds ΔE dargestellt. Es ist ein Sensor 10 vorgesehen, der zu unterschiedlichen Zeitpunkten von unterschiedlichen Objekten Farbvektoren E_1 , E_2 ermittelt, die miteinander verglichen werden sollen. Es werden zwei Farbvektoren E_1 , E_2 , zu unterschiedlichen Zeitpunkten von unterschiedlichen Objekten ermittelt und miteinander verglichen. Zu diesem Zweck werden die vom Sensor 10 ermittelten Farbvektoren E_1 , E_2 , gegebenenfalls nach erfolgter Zwischenspeicherung der Abstandsbildungseinheit 1 und einer Quantisierungseinheit 2 zugeführt.

[00116] Alternativ besteht auch die Möglichkeit, dass zwei Sensoren 10 herangezogen werden, von denen einer den ersten Farbwert E_1 und der andere den zweiten Farbwert E_2 ermittelt.

[00117] Die Bestimmung der Farbwerte E_1 , E_2 mit den Sensoren 10 kann entweder gleichzeitig vorgenommen werden oder aber es kann der von einem der Sensoren 10 ermittelte Farbwerte E_1 , E_2 abgespeichert und mit einem später aufgenommenen Farbwert verglichen werden.

[00118] Zudem wird der zweite Farbvektor E_2 und gegebenenfalls auch der erste Farbvektor E_1 an eine Quantisierungseinheit 2 übermittelt. Diese Quantisierungseinheit 2 setzt den Basisvektor B dem zweiten Farbvektor E_1 gleich und ermittelt den dem Basisvektor $B=E_2$ zugeordneten Quantisierungsvektor q . Alternativ können auch, wie vorstehend dargestellt, andere Methoden zur Bildung des Basisvektors B herangezogen werden, die entweder nur den ersten Farbvektor E_1 oder aber beiden Farbvektoren E_1 , E_2 benötigen. Dementsprechend sind die benötigten Farbvektoren der Quantisierungseinheit 2 zuzuführen.

[00119] Der Quantisierungsvektor q ist dem Multiplikatorspeicher 3 zugeführt, in dem für jeden Quantisierungsvektor q jeweils ein Messwert $\Delta \hat{E}(q)$ abgespeichert ist. Am Ausgang des Multiplikatorspeichers 3 liegt derjenige Messwert $\Delta \hat{E}(B)$ an, der jeweils demjenigen Quantisierungsvek-

tor $q(B)$ zugeordnet ist, der mit dem Basisvektor B korrespondiert.

[00120] Der Ausgang des Multiplikatorspeichers 3 und der Ausgang der Abstandsbildungseinheit 1 sind mit dem Eingang einer Multiplikationseinheit 4 verbunden. Am Ausgang der Multiplikationseinheit 4 liegt ein Signal an, das den für den Menschen sichtbaren Unterschied ΔE zwischen den beiden zu vergleichenden Farbvektoren E_1, E_2 angibt.

[00121] In einer alternativen Ausführungsform, die bis auf die im folgenden genannten Unterschiede der ersten Ausführungsform der Erfindung entspricht, wird einer der Farbvektoren E_1 durch Messung mit einem Sensor 10 als Istwert ermittelt, während der zweite Farbvektor E_2 als Sollwert in einem Sollwertspeicher 11 vorliegt. In diesem Zusammenhang wird der Begriff der Farbtreue ΔE als für den Menschen sichtbare Abweichung zwischen dem vom Sensor 10 ermittelten Istwert und dem vorgegebenen Sollwert festgelegt. Im vorliegenden Fall wird der Sollwert-Farbvektor E_2 in Form seiner Entsprechung $E_2' = Y(E_2)$ im CIELAB-Farbraum \underline{C} angegeben. Dieser Farbvektor E_2 wird anschließend in den Farbraum \underline{R} zurücktransformiert und liegt nunmehr im Sollwertspeicher 11 vor. Im vorliegenden Fall wird der Sollwert-Farbvektor als Basisvektor B für die Bestimmung des Multiplikatorwerts $\Delta \hat{E}$ herangezogen.

[00122] Eine zweite Ausführungsform der Erfindung berücksichtigt, in welcher Farbkomponente sich die miteinander zu vergleichenden Farbvektoren E_1, E_2 am stärksten unterscheiden. Diese Ausführungsform entspricht im Wesentlichen der ersten Ausführungsform der Erfindung, wobei im Folgenden ausschließlich auf die Abweichungen zu dieser eingegangen wird:

[00123] Nach der Bestimmung oder Ermittlung der beiden Farbvektoren E_1, E_2 wird die vektorielle Differenz $dR = E_1 - E_2$ der Farbvektoren E_1, E_2 durch Subtraktion der einzelnen Komponenten der beiden Farbvektoren E_1, E_2 ermittelt. Anschließend wird die betragsmäßig größte Komponente der Differenz dR der Farbvektoren E_1, E_2 als dominante Komponente ermittelt. Haben die beiden Farbvektoren E_1, E_2 beispielsweise die Werte $E_1 = [10, 50, 90]$ und $E_2 = [30, 20, 40]$, so ergibt sich als Differenz $dR = [-20, 30, 50]$. Die dominante Komponente E_d ist als betragsmäßig größte Komponente die dritte Komponente, d.h. im vorliegenden Fall ist die blaue Komponente die dominante Komponente $E_d = 3$.

[00124] Als Basisvektor B wird, wie in der ersten Ausführungsform der erste Farbvektor E_1 herangezogen, wobei die in Bezug auf die erste Ausführungsform gezeigten Alternativen auch anwendbar sind.

[00125] Für jeden Quantisierungsvektor q des Quantisierungsraums \underline{Q} werden im Zuge des Kalibrierverfahrens so viele Multiplikatorwerte $\Delta \hat{E}$ ermittelt, wie die Farbvektoren E_1, E_2 Komponenten aufweisen. Im vorliegenden Fall werden Farbvektoren E_1, E_2 mit drei Komponenten verwendet, es werden somit drei separate Multiplikatorwerte $\Delta \hat{E}$ für jeden Quantisierungsvektor q bestimmt, von denen jeder jeweils einer der Farben oder Komponenten des Farbvektors E_1, E_2 zugeordnet ist.

[00126] Jeder der einem Quantisierungsvektor q zugeordneten Multiplikatoren $\Delta \hat{E}$ gibt das Verhältnis des Abstands $\Delta E_{\text{lokal},1}, \dots, \Delta E_{\text{lokal},n}$ von in den CIELAB-Farbraum \underline{C} transformierten Farbvektoren zum Abstand D_{e_1}, \dots, D_{e_n} dieser Farbvektoren E_1, E_2 im vorgegebenen Farbraum \underline{R} innerhalb einer vorgegebenen Umgebung u des Basisfarbvektors B zwischen zwei Vektoren näherungsweise an, die sich ausschließlich oder hauptsächlich in der dominanten Komponente E_d unterscheiden.

[00127] Im vorliegenden Fall verfügt der in Fig. 3 dargestellte Zentralvektor e_z in einem dreidimensionalen Raum über sechs Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_6(e_z)$, von denen aufgrund der Projektion der Darstellung lediglich vier Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_4(e_z)$ dargestellt sind. Die beiden übrigen nicht dargestellten Nachbarvektoren $N_5(e_z), \dots, N_6(e_z)$ sind jeweils in oder entgegen der blauen Koordinatenrichtung b gegenüber dem Zentralvektor e_z jeweils um die Länge des jeweiligen Quantisierungsintervalls S_3 verschoben.

[00128] Es werden nunmehr für die beiden Nachbarvektoren $N_1(e_z), \dots, N_3(e_z)$, die gegenüber dem Zentralvektor e_z entlang der oder entgegen die Richtung der ersten, roten Komponente

verschoben sind oder die sich lediglich in ihrer ersten, roten Komponente vom Zentralvektor e_z unterscheiden, separat der Abstand $\Delta E_{\text{lokal},1}$ $\Delta E_{\text{lokal},3}$ im CIELAB-Farbraum \underline{C} sowie der Abstand De_1 , De_3 im Farbraum \underline{R} gebildet. Es wird nur zwischen den Abständen $\Delta E_{\text{lokal},1}$ $\Delta E_{\text{lokal},3}$ der erste Mittelwert und nur zwischen den beiden Abständen De_1 , De_3 im Farbraum \underline{R} der zweite Mittelwert gebildet. Anschließend wird der erste, der ersten Farbe zugeordnete Multiplikator $\Delta \hat{E}_1(q)$ als Quotient der beiden Mittelwerte festgesetzt und dem jeweiligen Quantisierungsvektor q zugeordnet.

[00129] Dieser Vorgang wird nunmehr mit den beiden Nachbarvektoren $N_2(e_z)$, ..., $N_4(e_z)$, wiederholt, die gegenüber dem Zentralvektor e_z entlang der oder entgegen die Richtung der zweiten, grünen Komponente verschoben sind oder die sich lediglich in ihrer zweiten, grünen Komponente vom Zentralvektor e_z unterscheiden, und separat der Abstand $\Delta E_{\text{lokal},2}$ $\Delta E_{\text{lokal},4}$ im CIELAB-Farbraum \underline{C} sowie der Abstand De_2 , De_4 im Farbraum \underline{R} gebildet. Es wird nur zwischen den Abständen $\Delta E_{\text{lokal},2}$ $\Delta E_{\text{lokal},4}$ der erste Mittelwert und nur zwischen den beiden Abständen De_2 , De_4 im Farbraum \underline{R} der zweite Mittelwert gebildet. Anschließend wird der zweite, der zweiten Farbe zugeordnete Multiplikator $\Delta \hat{E}_2(q)$ als Quotient der beiden Mittelwerte festgesetzt und dem jeweiligen Quantisierungsvektor q zugeordnet.

[00130] Dieser Vorgang wird schließlich mit den beiden Nachbarvektoren $N_5(e_z)$, ..., $N_6(e_z)$, wiederholt, die gegenüber dem Zentralvektor e_z entlang der oder entgegen die Richtung der dritten, blauen Komponente verschoben sind oder die sich lediglich in ihrer dritten, blauen Komponente vom Zentralvektor e_z unterscheiden, und separat der Abstand $\Delta E_{\text{lokal},5}$ $\Delta E_{\text{lokal},6}$ im CIELAB-Farbraum \underline{C} sowie der Abstand De_5 , De_6 im Farbraum \underline{R} gebildet. Es wird nur zwischen den Abständen $\Delta E_{\text{lokal},5}$ $\Delta E_{\text{lokal},6}$ der erste Mittelwert und nur zwischen den beiden Abständen De_5 , De_6 im Farbraum \underline{R} der zweite Mittelwert gebildet. Anschließend wird der dritte, der dritten Farbe zugeordnete Multiplikator $\Delta \hat{E}_3(q)$ als Quotient der beiden Mittelwerte festgesetzt und dem jeweiligen Quantisierungsvektor q zugeordnet.

[00131] Fig. 5 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des im zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellten Verfahrens. Es ist ein Speicher 11 vorgesehen, in dem der zweite Farbwert E_2 als Sollwert abgespeichert ist. Ferner ist ein Sensor 10 vorgesehen, der die vom zu inspizierenden Objekt abgegebenen Helligkeitswerte für die vorgegebenen Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche ermittelt und an seinem Ausgang einen Farbvektor E_1 abgibt.

[00132] Die beiden Farbvektoren E_1 , E_2 werden einer Abstandsbildungseinheit 1 zugeführt, die den Euklidischen Abstand AR zwischen den Farbvektoren E_1 , E_2 bildet und an ihrem Ausgang zur Verfügung stellt.

[00133] Weiters ist eine Einheit 5 zur Bildung der dominanten Komponente E_d vorgesehen, der die beiden Farbvektoren E_1 , E_2 zugeführt sind. Die Einheit 5 zur Bildung der dominanten Komponente E_d subtrahiert jeweils die einander entsprechenden Komponenten der beiden Farbvektoren E_1 , E_2 voneinander und ermittelt unter den jeweiligen Differenzen die betragsgrößte Differenz. Am Ausgang der Einheit 5 zur Bildung der dominanten Komponente E_d liegt ein Signal an, das jeweils die betragsgrößte Komponente bezeichnet, ist die betragsgrößte Komponente beispielsweise die erste Komponente, so hat E_d den Wert 1 usw.

[00134] Zudem wird der zweite Farbvektor E_2 und gegebenenfalls auch der erste Farbvektor E_1 an eine Quantisierungseinheit 2 übermittelt. Diese Quantisierungseinheit 2 bestimmt den Basisvektor B als den zweiten Farbvektor E_1 und ermittelt den dem Basisvektor $B=E_2$ zugeordneten Quantisierungsvektor q . Alternativ können auch, wie vorstehend dargestellt, andere Methoden zur Bildung des Basisvektors B herangezogen werden, die entweder nur den ersten Farbvektor E_1 oder aber beiden Farbvektoren E_1 , E_2 benötigen. Dementsprechend sind die benötigten Farbvektoren der Quantisierungseinheit 2 zuzuführen.

[00135] Der Quantisierungsvektor q und der Ausgang der Einheit 5 zur Bildung der dominanten Komponente E_d sind dem Multiplikatorspeicher 3 zugeführt, in dem für jeden Quantisierungsvektor q und für jede Komponente jeweils ein Messwert $\Delta \hat{E}_1(B)$, $\Delta \hat{E}_2(B)$, $\Delta \hat{E}_3(B)$ abgespeichert ist. Am Ausgang des Multiplikatorspeichers 3 liegt derjenige Messwert $\Delta \hat{E}_1(B)$, $\Delta \hat{E}_2(B)$, $\Delta \hat{E}_3(B)$

an, der jeweils dem dem Basisvektor B zugeordneten Quantisierungsvektor und der dominanten Komponente E_d zugeordnet ist.

[00136] Der Ausgang des Multiplikatorspeichers 3 und der Ausgang Abstandsbildungseinheit 1 sind mit dem Eingang einer Multiplikationseinheit 4 verbunden. Am Ausgang der Multiplikationseinheit 4 liegt ein Signal an, das die Farbtreue ΔE in codierter Form enthält.

[00137] Alternativ können, wie auch in Fig. 4 dargestellt, zwei Farbvektoren, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten von unterschiedlichen Objekten ermittelt worden sind miteinander verglichen werden. Zu diesem Zweck werden die vom Sensor 10 ermittelten Farbvektoren E_1 , E_2 , gegebenenfalls nach erfolgter Zwischenspeicherung der Abstandsbildungseinheit 1, der Einheit 5 zur Bildung der dominanten Komponente E_d sowie der Quantisierungseinheit 2 zugeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Farbtreue (ΔE) und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds (ΔE) zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren (E_1, E_2) vorgegebenen Farben,
 - wobei die beiden Farbvektoren (E_1, E_2) in Bezug auf einen vorgegebenen Farbraum (R) festgelegt werden,
 - wobei jede der Komponenten des jeweiligen Farbevektors (E_1, E_2) jeweils dem Helligkeitsmesswert eines Sensors (10, 11) für eine vorgegebene Wellenlänge oder einen vorgegebenen Wellenlängenbereich entspricht,
 - wobei der Farbabstand (ΔR) zwischen den beiden Farbvektoren (E_1, E_2) ermittelt wird,
 - wobei ein Basisfarbvektor (B) durch einen der beiden Farbvektoren (E_1, E_2) oder durch Verknüpfung der beiden Farbvektoren (E_1, E_2) im Farbraum (R) festgelegt wird,
 - wobei ein Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) durch Auswahl aus einer Anzahl vorgegebener Multiplikatoren ($\Delta \hat{E}_1, \dots, \Delta \hat{E}_n$) in Abhängigkeit vom Basisfarbvektor (B) ermittelt wird,
 - wobei der ausgewählte Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) das Verhältnis des Abstands (ΔE_{lokal}) von in den CIELAB-Farbraum (C) transformierten Farbvektoren zum Abstand (D_e) dieser Farbvektoren im vorgegebenen Farbraum (R) innerhalb einer vorgegebenen Umgebung um den Basisfarbvektor (B) näherungsweise angibt, und
 - wobei der wahrnehmbare Farbunterschied (ΔE) oder die Farbtreue (ΔE) als Produkt des Farbabstands (ΔR) und des Multiplikators ($\Delta \hat{E}$) gemäß $\Delta E = \Delta R \cdot \Delta \hat{E}$ ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) ermittelt wird, indem
 - ein Quantisierungsraum (Q) umfassend eine Anzahl von Vektoren (q) vorgegeben ist,
 - eine Zuordnung (Z) für jeden Farbvektor (e) innerhalb des Farbraums (R) zu jeweils einem der Vektoren (q) im Quantisierungsraum (Q) vorgegeben ist, wobei alle auf denselben Vektor (q) abgebildeten Farbvektoren (e) des Quantisierungsraums (Q) jeweils innerhalb einer vorgegebenen Umgebung (u) liegen, und die Zuordnung (Z) benachbart liegende Umgebungen (u) von Farbvektoren (e) auf jeweils benachbart liegende Vektoren (q) im Quantisierungsraum (Q) abbildet,
 - jedem Vektor (q) innerhalb des Quantisierungsraums (Q) jeweils ein Multiplikatorwert ($\Delta \hat{E}(q)$) zugeordnet ist,
 - für den Basisfarbvektor (B) der ihm jeweils durch die Zuordnung (Z) zugeordnete Vektor (q) gesucht und ihm als Quantisierungsvektor (Q) zugeordnet wird, und
 - der dem jeweiligen Quantisierungsvektor (Q) zugeordnete Multiplikatorwert ($\Delta \hat{E}(Q)$) ermittelt und als Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - a) einer der beiden Farbvektoren (E_1, E_2) als Soll-Farbvektor (E_1) vorgegeben wird und der jeweils andere der beiden Farbvektoren (E_1, E_2) als Ist-Farbvektor (E_2) der Farben durch Messung ermittelt wird, oder
 - b) dass beide Farbvektoren (E_1, E_2) durch Messung ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Farbvektor (E_1) im CIELAB-Farbraum (C) vorgegeben und in den Farbraum (R) zurücktransformiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Multiplikatorwerte ($\Delta \hat{E}(q)$) in einem Speicher (3) abgespeichert vorliegen, wobei für jeden einzelnen Vektor (q) des Quantisierungsraums (Q) jeweils ein Speicherbereich vorgesehen ist und der dem jeweiligen Basisvektor (B) zugeordnete Multiplikator ($\Delta \hat{E}$) vor seiner Multiplikation mit dem Abstand (ΔR) aus dem Speicher (3) abgerufen wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dem Basisfarbvektor (B) jeweils zugeordnete Quantisierungsvektors (Q) nach der folgenden Vorschrift ermittelt wird,
- $$Q(B) = [B_1 \cdot \text{floor}(B_1/S_1) + \text{floor}(S_1/2), B_2 \cdot \text{floor}(B_2/S_2) + \text{floor}(S_2/2), \dots, B_n \cdot \text{floor}(B_n/S_n) + \text{floor}(S_n/2)]$$
- wobei B_1, B_2, \dots, B_n die einzelnen Komponenten des Basisfarbvektors (B) bezeichnen, und S_1, S_2, \dots, S_n die Quantisierungsintervalle für die einzelnen Farbkomponenten bezeichnen, die insbesondere im Bereich zwischen 2 bis 20, insbesondere auf 4, 8 oder 16 festgelegt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jeden Vektor (q) des Quantisierungsraums (Q) jeweils ein in der Umgebung (u) der auf den Vektor (q) abgebildeten Farbvektoren (e) als Zentralvektor (e_z) herangezogen wird, und dass innerhalb der Umgebung (u) oder innerhalb einer weiteren Umgebung (u) um den Zentralvektor (e_z) eine Anzahl von Nachbarvektoren ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) vorgegeben und dem Zentralvektor (e_z) oder dem jeweiligen Vektor (q) des Quantisierungsraums (Q) zugewiesen wird,
- dass für den Zentralvektor (e_z) und jedem seiner ihm zugeordneten Nachbarvektoren ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$)
 - der Zentralvektor (e_z) sowie der jeweilige Nachbarvektor ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) nach einer vorgegebenen Vorschrift (Y) in den CIELAB-Farbraum (C) transformiert werden,
 - nach vorgegebenen Kriterien, insbesondere durch Bildung des euklidischen Abstands, zwischen den in den CIELAB-Farbraum (C) transformierten Vektoren ($e_z, N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$), jeweils ein Farbunterschied ($\Delta E_{\text{lokal},1}, \Delta E_{\text{lokal},2}, \dots, \Delta E_{\text{lokal},6}$) zwischen dem Zentralvektor und jeweils einem der Nachbarvektoren ermittelt wird, und
 - der Farbunterschied $\Delta E_{\text{lokal},1}, \Delta E_{\text{lokal},2}, \dots, \Delta E_{\text{lokal},6}$ gegebenenfalls durch den Abstand (De_1, De_2, \dots, De_6) der Vektoren ($e_z, N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) im Farbraum (R) dividiert wird,
 - sodass für jeden Zentralvektor (e_z) für jeden seiner Nachbarvektoren ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) jeweils ein Farbunterschied (ΔE_{lokal}) zur Verfügung steht, und
 - dass für jeden einem Vektor (q) im Quantisierungsraum (Q) zugeordneten Zentralvektor (e_z) aus den ihm zugeordneten Farbunterschieden (ΔE_{lokal}) zu seinen zugeordneten Nachbarvektoren ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) der, insbesondere arithmetische, Mittelwert oder Median gebildet wird und dieser als Multiplikator $\Delta \bar{E}$ herangezogen und dem jeweiligen Vektor (q) zugeordnet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb einer Umgebung (u) derjenige Vektor als Zentralvektor (e_z) ausgewählt wird, der dem arithmetischen Mittelwert der Summe aller Vektoren aus der jeweiligen Umgebung (u) am nächsten liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Nachbarvektoren ($N_1(e_z), N_n(e_z)$) eines Zentralvektors (e_z) jeweils die Zentralvektoren von jeweils benachbarten Umgebungen (u) herangezogen werden.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wahrnehmbare Farbunterschied (ΔE) durch den Mittelwert oder den Median der Quantisierungsintervalle (S_1, S_2, \dots, S_n) dividiert wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass der Basisfarbvektor (B) aus einer vorgegebenen Umgebung (u) um die beiden Farbvektoren (E_1, E_2) gewählt wird,
 - wobei der Basisfarbvektor (B) insbesondere dem arithmetischen Mittelwert zwischen dem ersten Farbvektor (E_1) und dem zweiten Farbvektor (E_2) gleichgesetzt wird.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass die Differenz (dR) der Farbvektoren (E_1, E_2) durch Subtraktion der einzelnen Komponenten der beiden Farbvektoren (E_1, E_2) ermittelt wird
 - dass die betragsmäßig größte Komponente der Differenz der Farbvektoren (E_1, E_2) als dominante Komponente (E_d) ermittelt wird und

- dass je ein Multiplikator ($\Delta\hat{E}$) durch Auswahl aus einer Anzahl vorgegebener Multiplikatoren ($\Delta\hat{E}_{1,r}$, $\Delta\hat{E}_{1,g}$, $\Delta\hat{E}_{1,b}$, ..., $\Delta\hat{E}_{n,r}$, $\Delta\hat{E}_{n,g}$, $\Delta\hat{E}_{n,b}$) in Abhängigkeit vom Basisfarbvektor (B) sowie von der dominanten Komponente (E_d) ermittelt wird,
 - wobei der ausgewählte Multiplikator ($\Delta\hat{E}$) das Verhältnis des Abstands (ΔE_{lokal}) von in den CIELAB-Farbraum (\underline{C}) transformierten Farbvektoren zum Abstand (De) dieser Farbvektoren (E_1, E_2) im vorgegebenen Farbraum (\underline{R}) innerhalb einer vorgegebenen Umgebung (u) des Basisfarbvektors (B) zwischen zwei Vektoren angibt, die sich in der dominanten Komponente (E_d) betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten unterscheiden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass für jeden Vektor (q) des Quantisierungsraums (\underline{Q}) jeweils ein in der Umgebung (u) der auf den Vektor (q) abgebildeten Farbvektoren (e) als Zentralvektor (e_z) herangezogen wird, und dass innerhalb der Umgebung oder innerhalb einer weiteren Umgebung um den Zentralvektor (e_z) eine Anzahl von Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) vorgegeben wird,
 - dass dem Zentralvektor (e_z) und/oder dem jeweiligen Vektor (q) des Quantisierungsraums (\underline{Q}) Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) zugewiesen werden, wobei jeder der Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) jeweils in einer der Komponenten gegenüber dem Zentralvektor (e_z) betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten verschoben ist,
 - dass zwischen dem Zentralvektor (e_z) und denjenigen seiner ihm zugeordneten Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$), die sich jeweils in einer der Komponenten von dem Zentralvektor (e_z) betragsmäßig stärker als in den übrigen Komponenten unterscheiden jeweils
 - der Zentralvektor (e_z) sowie der jeweilige Nachbarvektor ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) nach einer vorgegebenen Vorschrift (Y) in den CIELAB-Farbraum (\underline{C}) transformiert werden,
 - nach vorgegebenen Kriterien, insbesondere durch Bildung des euklidischen Abstands, zwischen den in den CIELAB-Farbraum (\underline{C}) transformierten Vektoren (e_z , $N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$), ein Farbunterschied ($\Delta E_{\text{lokal},1}$, $\Delta E_{\text{lokal},2}$, $\Delta E_{\text{lokal},3}$, $\Delta E_{\text{lokal},4}$) ermittelt wird, und
 - der Farbunterschied ($\Delta E_{\text{lokal},1}$, $\Delta E_{\text{lokal},2}$, $\Delta E_{\text{lokal},3}$, $\Delta E_{\text{lokal},4}$) gegebenenfalls durch den Abstand (De_1 , De_2 , De_3 , De_4) der Vektoren (e_z , $N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) im Farbraum (\underline{R}) dividiert wird,
 - sodass für jeden Zentralvektor (e_z) für jeden seiner Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) jeweils ein Farbunterschied (ΔE_{lokal}) zur Verfügung steht, und
 - dass für jeden einem Vektor (q) im Quantisierungsraum (\underline{Q}) zugeordneten Zentralvektor (e_z) für jede einzelne Koordinatenrichtung (r , g , b) separat aus den dem Vektor (q) zugeordneten Farbunterschieden (ΔE_{lokal}) zu seinen ihm zugeordneten Nachbarvektoren ($N_1(e_z)$, ..., $N_n(e_z)$) jeweils ein, insbesondere arithmetischer, Mittelwert oder Median gebildet wird dieser als Multiplikatorwert $\Delta\hat{E}$ herangezogen und dem jeweiligen Vektor (q) für die jeweilige Komponente (e_z) zugeordnet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die einzelnen Multiplikatorwerte ($\Delta\hat{E}(q)$) in einem Speicher (3) abgespeichert vorliegen, wobei für jeden einzelnen Vektor (q) des Quantisierungsraums (\underline{Q}) jeweils separate Speicherbereiche für jede der Komponenten vorgesehen sind und der dem jeweiligen Basisvektor (B) zugeordnete Multiplikator ($\Delta\hat{E}$) vor seiner Multiplikation mit dem Abstand (ΔR) in Abhängigkeit vom Vektor (q) sowie von der dominanten Komponente (E_d) aus dem Speicher abgerufen wird.
14. Vorrichtung zur Bestimmung der Farbtreue (ΔE) und/oder zur Ermittlung des für den Menschen wahrnehmbaren Farbunterschieds (ΔE) zwischen zwei jeweils durch Farbvektoren (E_1 , E_2) vorgegebenen Farben, umfassend zumindest einen Farb-Helligkeitssensor (10), an dessen Ausgang ein Farbvektor (E_1 , E_2) in einem Farbraum (\underline{R}) anliegt, umfassend
- eine dem Farb-Helligkeitssensor (10) nachgeschaltete Abstandsbildungseinheit (1), die den Farbabstand (ΔR), insbesondere in Form des Euklidischen Abstands, zwischen den beiden Farbvektoren (E_1 , E_2) ermittelt und an ihrem Ausgang zur Verfügung hält,
 - eine dem Farb-Helligkeitssensor (10) nachgeschaltete Quantisierungseinheit (2), der die beiden Farbvektoren (E_1 , E_2) zugeführt sind und die abhängig von einem der Farbvektoren (E_1 , E_2) oder beiden Farbvektoren (E_1 , E_2) jeweils einen Basisvektor (B) ermittelt und anschließend eine Umgebung (u) im Farbraum (\underline{R}) ermittelt, innerhalb der sich der Basisvek-

- tor (B) befindet und an ihrem Ausgang einen dieser Umgebung (u) zugeordneten Quantisierungsvektor (q) zur Verfügung hält,
- einen Multiplikatorspeicher (3), in dem für jeden Quantisierungsvektor (q) jeweils ein Multiplikatorwert ($\Delta\hat{E}(q)$), der das Verhältnis des Abstands (ΔE_{lokal}) von in den CIELAB-Farbraum (\underline{C}) transformierten Farbvektoren zum Abstand (D_e) dieser Farbvektoren (E_1, E_2) im vorgegebenen Farbraum (\underline{R}) innerhalb einer vorgegebenen Umgebung (u) des Basisfarbvektors (B) als Farbtreue (ΔE) oder Farbunterschieds (ΔE) angibt, wobei dem Multiplikatorspeicher (3) der von der Quantisierungseinheit (2) erstellte Quantisierungsvektor (q) zugeführt ist und am Ausgang des Multiplikatorspeichers (3) jeweils derjenige Multiplikatorwert abgespeichert vorliegt, der dem jeweiligen Quantisierungsvektor (q) zugeordnet ist, sowie
 - eine Multiplikatoreinheit (4), die dem Multiplikationsspeicher (3) sowie der Abstandbildungseinheit (1) nachgeschaltet ist und an deren Ausgang das Produkt aus dem Multiplikatorwert ($\Delta\hat{E}(q)$) als für den Menschen wahrnehmbarer Farbunterschied (ΔE) und/oder Farbtreue (ΔE) anliegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - eine Einheit (5) zur Bildung der dominanten Komponente (E_d) vorgesehen ist, der die Farbvektoren (E_1, E_2) zugeführt sind, die eine vektorielle Differenz zwischen den beiden Farbvektoren (E_1, E_2) bildet und die Position der betragsmäßig größten Komponente der Differenz (dR) der Farbvektoren (E_1, E_2) an ihrem Ausgang zur Verfügung hält,
 - der Multiplikatorspeicher (3) für jeden der Quantisierungsvektoren (q) jeweils so viele Multiplikatoren ($\Delta\hat{E}$) abgespeichert enthält, wie die Farbvektoren Komponenten aufweisen, wobei für jeden Quantisierungsvektor (q) und für jede Koordinatenrichtung (r, g, b) im Farbraum (\underline{R}) jeweils ein Multiplikatorwert ($\Delta\hat{E}$) abgespeichert ist,
 - für jeden einem Vektor (q) im Quantisierungsraum (\underline{Q}) zugeordneten Zentralvektor (e_z) für jede einzelne Koordinatenrichtung (r, g, b) separat aus den dem Vektor (q) zugeordneten Farbunterschieden (ΔE_{lokal}) zu seinen ihm zugeordneten Nachbarvektoren ($N_1(e_z), \dots, N_n(e_z)$) jeweils ein, insbesondere arithmetischer, Mittelwert oder Median abgespeichert vorliegt, und
 - der Ausgang der Einheit (5) zur Bildung der dominanten Komponente (E_d) dem Multiplikatorspeicher (3) zugeführt ist, wobei am Ausgang des Multiplikatorspeichers (3) jeweils derjenige Multiplikator ($\Delta\hat{E}$) anliegt, der jeweils dem von der Quantisierungseinheit (2) gebildeten Quantisierungsvektor (q) und der von der Einheit (5) abgegebenen dominanten Komponente (E_d) zugeordnet ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **gekennzeichnet durch** einen Sollwertspeicher, in dem der zweite Farbvektor (E_2) als Sollwert abgespeichert ist und der Abstandbildungseinheit (1) und der Quantisierungseinheit (2) vorgeschaltet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

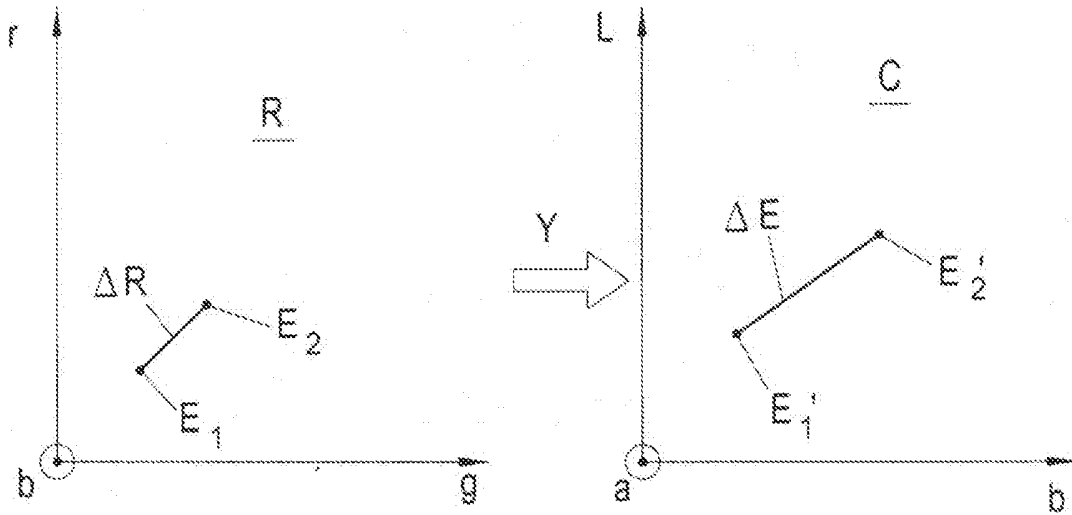


Fig. 1

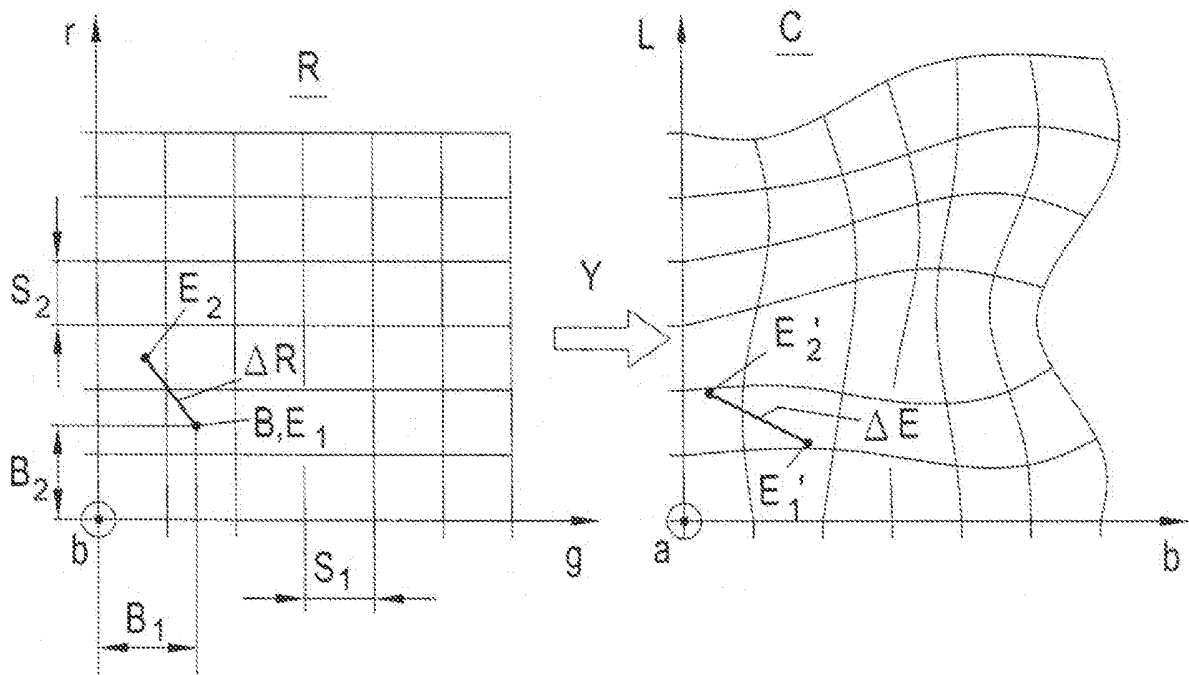


Fig. 2

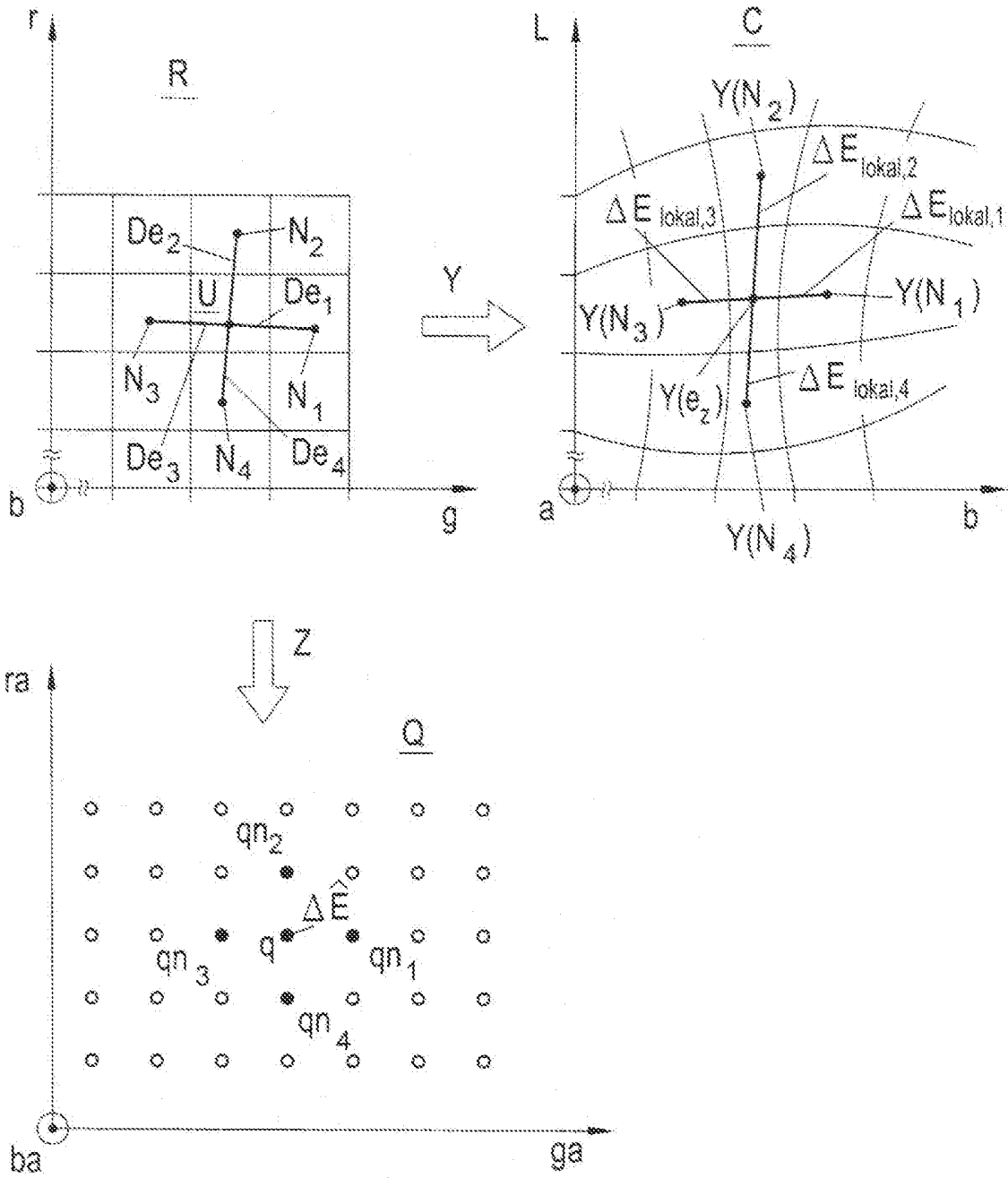


Fig. 3

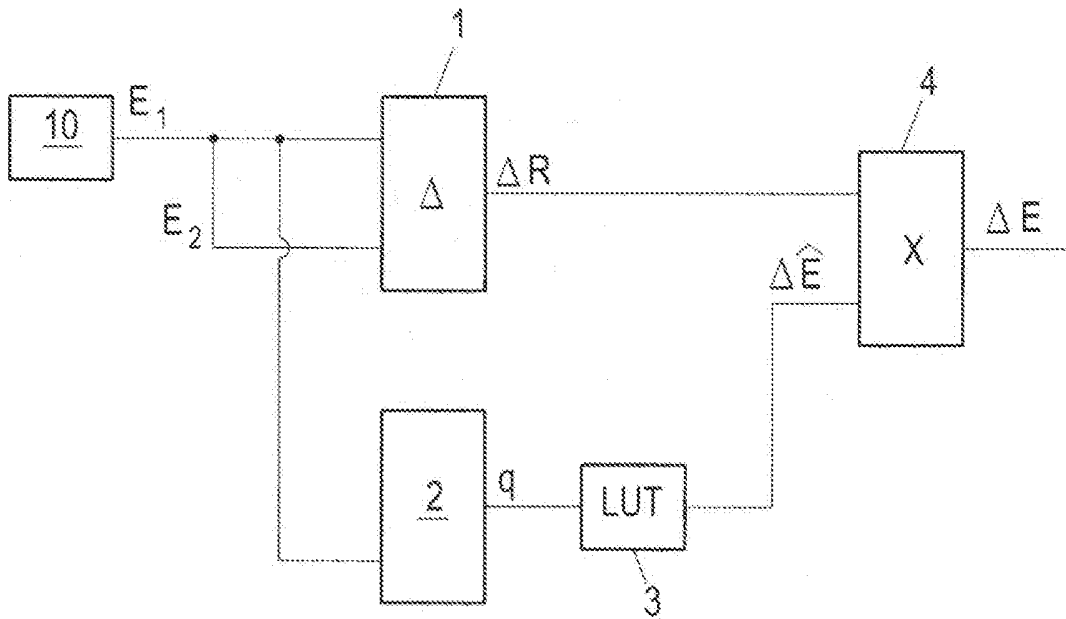


Fig. 4

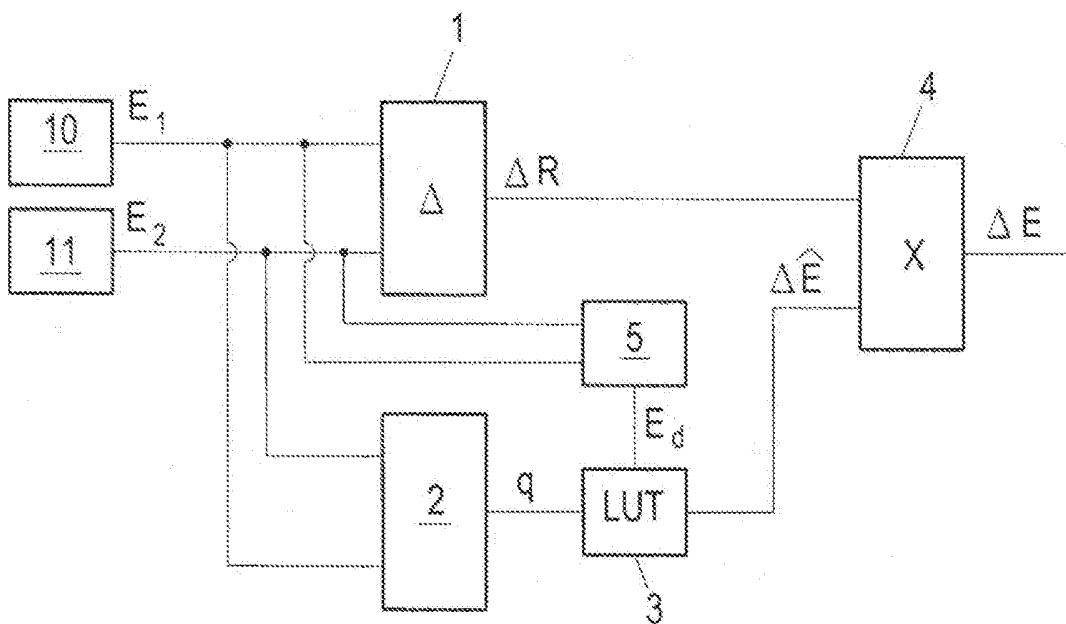


Fig. 5