



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 45/20 (2020.01)

(21) Anmeldenummer: **22162158.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 45/20; H05B 45/22

(22) Anmeldetag: **15.03.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Müller, Tobias**
78073 Bad Dürkheim (DE)
• **Lorey, Robert**
550164 Sibiu (RO)
• **Carvalho-Machado, Ilomar-Estevao**
78056 Villingen-Schwenningen (DE)

(30) Priorität: **18.03.2021 DE 102021202642**

(74) Vertreter: **Jostarndt Patentanwalts-AG**
Philipsstrasse 8
52068 Aachen (DE)

(71) Anmelder: **Marquardt GmbH**
78604 Rietheim-Weilheim (DE)

(54) **VERFAHREN UND KALIBRIERUNGSVORRICHTUNG ZUM KALIBRIEREN VON FARB- ODER FOTOMETRISCHEN EIGENSCHAFTEN EINER LED-BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, wobei das Verfahren (1) folgende Schritte aufweist:

- Paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungsstrukturen bei bekannten Zu-

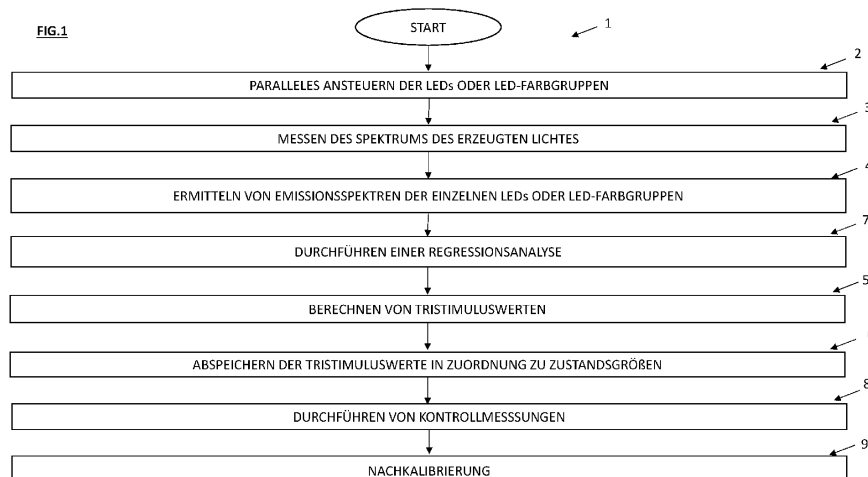
standsgrößen, um Licht zu erzeugen (2);

- Messen eines Spektrums des durch paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes (3);

- Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes (4);

- Berechnung von Tristimuluswerten basierend auf den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen (5);

- Speichern der berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen (6).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung sowie eine entsprechende Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung, mit welchen der erforderliche Zeitaufwand bei der Kalibrierung von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung erheblich reduziert werden kann.

[0002] Es ist bekannt, für Beleuchtungseinrichtungen, beispielsweise Beleuchtungseinrichtungen in einem Kraftfahrzeug, mehrfarbige LED-Einheiten zu verwenden. Die mehrfarbigen LED-Einheiten umfassen dabei für gewöhnlich mehrere einfarbige LEDs und werden mit LED-Treibern angesteuert, welche ausgebildet sind, um die Helligkeit und den Farbort, das heißt die Mischfarbe, zu variieren.

[0003] Um sicherzustellen, dass eine derartige mehrfarbige LED-Einheit Licht mit einer gewünschten Lichtfarbe aussendet, erfolgt für gewöhnlich eine Kalibrierung der entsprechenden mehrfarbigen LED-Einheit. Dabei werden ein oder mehrere Farborte und/oder Helligkeiten der mehrfarbigen LED-Einheit vorgegeben und werden die einzelnen LED-Chips sequenziell, das heißt nacheinander angesteuert, um entsprechende Zustandsgrößen, beispielsweise Ansteuersignale zuzuordnen.

[0004] Die Farbe einer Lichtquelle wird im Allgemeinen weiter über eine Normfarbtafel bestimmt. Diese Normfarbtafel ist in der Norm DIN 5033 oder in der äquivalenten Norm CIE 1931 definiert, wobei eine Farbe durch eine x- und eine y-Koordinate festgelegt wird. Weiter liegen alle für einen Menschen sichtbaren Farben innerhalb eines Farbdreiecks. Ein sogenannter Unbunt-Punkt ist ferner durch die Koordinaten $x = 0,33$ und $y = 0,33$ festgelegt, wobei Farben im Bereich um den Unbunt-Punkt allgemein als weiß empfunden werden. Während des Kalibrierens einer LED-Einheit, werden dabei für gewöhnlich die einzelnen LED-Chips der LED-Einheit sequenziell, das heißt nacheinander angesteuert, werden entsprechende Emissionsspektren erfasst, und werden die einzelnen Emissionsspektren in einen bekannten Farbraum, beispielsweise CIE 1931 umgerechnet. Insbesondere können dabei sogenannte Tristimuluswerte (X,Y,Z), welche die entsprechenden Anteile der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau angeben, berechnet werden. Die berechneten Tristimuluswerte werden dann in Zuordnung zu entsprechend vorliegenden beziehungsweise vorgegebenen Zustandsgrößen, beispielsweise der vorliegenden elektrischen Ansteuerung beziehungsweise des entsprechenden Ansteuersignals, der vorliegenden Temperatur des entsprechenden LED-Chips, etc. abgespeichert, um die einzelnen LED-Chips zukünftig entsprechend ansteuern zu können.

[0005] Aus der Druckschrift DE 10 2007 036 978 A1 ist ein Verfahren zur Regelung der Lichtabgabe von mindestens drei Lichtquellen bekannt, wobei während einer

Kalibrierphase in einer Sequenz von Messzeiträumen das von den Lichtquellen abgegebene Licht erfasst und auf Basis der in den Messzeiträumen enthaltenen Informationen die Helligkeit jeder einzelnen Lichtquelle berechnet wird. In zumindest einem der Messzeiträume stammt das erfasste Licht dabei von mehreren der Lichtquellen.

[0006] Aus der Druckschrift DE 10 2010 044 736 A1 ist ein Verfahren zur Simulation von Tageslichtspektralen hoher Güte bekannt, wobei Licht mit einer Vielzahl von LEDs, welche in Gruppen angeordnet sind, wobei jede Gruppe Licht mit verschiedenen, innerhalb des Tageslichtspektrums liegenden Wellenlängen emittiert, erzeugt wird, die Wellenlänge des von jeder LED bei unterschiedlichen Arbeitstemperaturen und PWM-Werten abgestrahlten Lichtes gemessen wird und Messergebnisse für jede LED in Zuordnung zu Arbeitstemperaturen und PWM-Werten gespeichert werden. Anschließend werden die einzelnen LEDs in Abhängigkeit von dem von jeder Gruppe abgestrahltem Licht mit abgespeicherten Werten angesteuert, wobei die Arbeitstemperatur jedes einzelnen LED-Chips ständig gemessen und mit den zu der aktuellen Arbeitstemperatur gespeicherten Werten verglichen wird, wobei bei einer Abweichung zwischen den Werten eine Kompensation durch eine Neuberechnung des Spektrums unter Berücksichtigung der zur Arbeitstemperatur gespeicherten PWM-Werte erfolgt und der entsprechende LED-Chip mit dem neu berechneten Wert angesteuert wird.

[0007] Aus der Druckschrift US 2004/0105261 A1 ist ein Verfahren zur Abgabe und Modulation von Licht mit einem vorgegebenen Lichtspektrum bekannt, wobei eine lichttechnische Einrichtung mehrere Gruppen lichtemittierender Vorrichtung aufweist, von denen jede Gruppe ein vorgegebenes Lichtspektrum abgibt und eine Steuereinrichtung die Energiezufuhr zu den einzelnen Lichtabgebenden Vorrichtungen so steuert, dass die insgesamt resultierende Strahlung ein vorgegebenes Lichtspektrum aufweist.

[0008] Aus der Druckschrift DE 20 2005 001 540 U1 ist eine in der Farbtemperatur einstellbare Lichtquelle für Tageslicht bekannt, bei welcher mindestens ein weißes Licht einer LED mit verschiedenfarbigem Licht, insbesondere in den Grundfarben rot, grün und blau, emittierenden LEDs kombiniert wird. Durch Veränderung der Leistung einzelner LED-Farben kann dabei eine bestimmte Farbtemperatur oder eine bestimmte Normlichtquelle eingestellt werden, indem durch den Einsatz geeigneter Sensoren, Logik und Software, die den aktuellen Spektralverlauf der Lichtquelle erfassen können, eine vorgegebene Farbtemperatur oder Normlichtqualität automatisch ein- oder nachgeregelt wird.

[0009] Aus der Druckschrift WO 2009/034060 A1 ist ein Verfahren zur temperaturabhängigen Einstellung der farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, die innerhalb einer Farbgruppe

Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, bekannt. Dabei wird der Temperatur-Istwert an und/oder innerhalb der LED-Beleuchtungseinrichtung gemessen, insbesondere eine Bordtemperatur der auf einer Platine angeordneten LEDs oder der Junctiontemperatur mindestens einer LED. Weiter wird ein temperaturabhängiger Wert ermittelt, welcher die von der Wellenlänge der verschiedenfarbigen LEDs abhängigen Emissionsspektren der verschiedenfarbigen LEDs bei der gemessenen Temperatur bestimmt oder mitbestimmt, aus Kalibrierdaten, die für jede der verschiedenfarbigen LEDs gespeichert sind, wobei Lichtstromanteile der verschiedenfarbigen LEDs für eine die vorgegebene Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart bei der gemessenen Temperatur aufweisende Lichtmischung in Abhängigkeit von dem ermittelten mindestens einen temperaturabhängigen Wert ermittelt wird, und wobei die ermittelten Lichtstromanteile an den verschiedenfarbigen LEDs eingestellt werden.

[0010] Die Druckschrift DE 10 2007 044 556 A1 beschreibt ein Verfahren zur temperaturabhängigen Einstellung der farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen. Dazu wird eine Messung der Board-, beziehungsweise Junctiontemperatur, einer LED durchgeführt und ein temperaturabhängiger Wert, der die von der Wellenlänge der verschiedenfarbigen LEDs abhängigen Emissionsspektren der LEDs bei der gemessenen Temperatur aus Kalibrierdaten bestimmt, die vorab zu jeder der LEDs gespeichert sind, ermittelt. Die Kalibriervorrichtung ermittelt für die vorgegebene Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart die benötigten Lichtstromanteile der LEDs und appliziert sie anschließend.

[0011] Die Druckschrift DE 10 2010 044 736 A1 beschreibt ein Verfahren zur Simulation von Tageslichtspektren hoher Güte zum Zweck der Ausleuchtung von Abmusterungsflächen bei der Farbabstimmung von Fertigerzeugung mit einer Vorlage, beispielsweise in der graphischen Industrie. Zur Ausübung der multispektralen Abstimmung wird zunächst mit einer Vielzahl von LEDs Licht erzeugt, wobei die LED-Gruppen Licht innerhalb des Tageslichtspektrums emittieren. Die Wellenlängen der LEDs werden bei unterschiedlichen Arbeitstemperaturen und PWM-Werten gemessen und gespeichert. Die LEDs werden anschließend mit den gespeicherten PWM-Werten angesteuert. Temperaturbedingte Abweichungen sollen durch permanente Messung und Anpassung anhand der gespeicherten Werte in der PWM-/Wellenlänge-/Temperaturtabelle aufgefangen werden.

[0012] Aufgabe von Ausführungsformen der Erfindung

ist es, ein verbessertes Verfahren beziehungsweise eine verbesserte Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung anzugeben.

5 **[0013]** Gelöst wird diese Aufgabe durch den Gegenstand der nebengeordneten Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10 **[0014]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: So werden zunächst alle LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungsstrukturen bei bekannten Zustandsgrößen parallel angesteuert, um Licht zu erzeugen, wobei ein Spektrum des durch paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes gemessen wird, und wobei Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes ermittelt werden. Anschließend werden Tristimuluswerte basierend auf den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen berechnet, wobei die berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen abgespeichert werden.

25 **[0015]** Unter parallelen Ansteuern wird hierbei verstanden, dass die einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen nicht sequentiell, sondern zeitgleich beziehungsweise alle gemeinsam angesteuert werden.

30 **[0016]** Unter Spektrum beziehungsweise elektromagnetischem Spektrum wird weiter allgemein die Gesamtheit aller elektromagnetischer Wellen verschiedener Wellenlängen verstanden, wobei das Lichtspektrum beziehungsweise Farbspektrum den für einen Menschen sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums darstellt. Spektren, welche alleine durch das Licht entstehen, welches durch eine Lichtquelle ausgesendet wird, werden ferner als Emissionsspektren bezeichnet.

35 **[0017]** Bei den farb- oder fotometrischen Eigenschaften kann es sich ferner beispielsweise um ein Farb-/Helligkeits-Mischverhältnis handeln.

40 **[0018]** Dadurch, dass alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel, das heißt gleichzeitig, und nicht sequentiell angesteuert werden, wobei ein Spektrum des erzeugten Lichtes erfasst, und wobei anschließend Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus diesem einem Spektrum abgeleitet werden, kann das Kalibrierungsverfahren erheblich beschleunigt werden und die zum entsprechenden Kalibrieren der Beleuchtungseinrichtungen be-

nötigte Zeit insbesondere um circa 40 bis 50% verkürzt werden. Insgesamt wird somit ein verbessertes Verfahren zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung angegeben.

[0019] Die LED-Beleuchtungseinrichtung kann dabei insbesondere rote, grüne und blaue LEDs aufweisen. So sind, um eine Beleuchtungseinrichtung, welche Licht in allen Farben gemäß der Normfarbtafel CIE 1931 abstrahlen kann, bereitzustellen, Lichtquellen erforderlich, wobei eine Lichtquelle im roten Bereich liegt, eine Lichtquelle im grünen Bereich liegt und eine Lichtquelle im blauen Bereich liegt.

[0020] Zudem kann der Schritt des Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes ein Ermitteln lokaler Minima beziehungsweise Tiefpunkte in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes aufweisen. So handelt es sich bei dem gemessenen Spektrum um ein überlagertes Spektrum, welches sich aus den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen zusammensetzt. Da unterschiedliche Farben unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, können lokale Minima in dem gemeinsamen Spektrum Übergängen zwischen einzelnen Emissionsspektren, das heißt Anfangs- beziehungsweise Endpunkte einzelner der überlagerten Emissionsspektren entsprechen. Insgesamt können die Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen somit auf einfache Art und Weise aus dem gemessenen Spektrum abgeleitet werden.

[0021] Zudem kann für jedes der Emissionsspektrum der einzelnen LEDs oder LED-Farbgruppen eine Regressionsanalyse durchgeführt werden, um, beispielsweise beim Ermitteln der einzelnen Emissionsspektren abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen.

[0022] Die Regressionsanalyse ist ein statistisches Verfahren zur Modellierung von Beziehungen zwischen unterschiedlichen Variablen. Sie kann unter anderem dazu verwendet werden, um Zusammenhänge in Daten zu beschreiben und zu analysieren.

[0023] Hierdurch können abgeschnittene Spektrumsbereiche nachträglich ergänzt werden, so dass die Genauigkeit bei der Ermittlung der einzelnen Emissionsspektren und somit auch beim Berechnen der Tristimuluswerte erhöht werden kann.

[0024] Ferner können Kontrollmessungen durchgeführt werden, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren. Beispielsweise können die berechneten und gespeicherten Werte anhand eines definierten Farbtonen, für welchen ein Toleranzgebiet vorgegeben sein kann, beziehungsweise unter Beteiligung des Unbunt-Punktes verifiziert werden. Anhand der Verifizierung erhält der Nutzer eine Rückmeldung über die Konfidenz beziehungsweise Güte oder die Genauigkeit der berechneten Werte und insbesondere der Ermittlung der Emissionsspektren. Basierend auf dieser Verifizierung können dabei beispielsweise die ermittelten Emissionsspek-

tren bestätigt werden, oder auch die entsprechende Ermittlung der Emissionsspektren wieder verworfen werden. Diese kann dann entsprechend wiederholt werden. Ferner können anschließend, aber auch andere abgespeicherte beziehungsweise vorgegebenen Daten herangezogen werden.

[0025] Zudem kann das Verfahren weiter ein Ansteuern der LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungseinrichtung mit abgespeicherten Zustandsgrößen aufweisen, wobei den Zustandsgrößen zugeordneten abgespeicherten Tristimuluswerte mit nach Ansteuerung mit den Zustandsgrößen vorliegenden tatsächlichen Farbwerten verglichen werden, wobei falls ein abgespeicherter Tristimuluswert von einem tatsächlichen Farbwert abweicht, entsprechend ein neuer Tristimuluswert berechnet und abgespeichert wird, das heißt der abgespeicherte Tristimuluswert entsprechend aktualisiert wird. Somit wird zusätzlich zur Grundkalibration noch eine Nach- beziehungsweise Neukalibration durchgeführt, welche beispielsweise auch Alterungsprozessen Rechnung trägt.

[0026] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird auch eine Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbort der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, angegeben, wobei die Kalibrierungsvorrichtung eine erste Ansteuereinheit, welche ausgebildet ist alle LEDs oder LED-Farbgruppen parallel anzusteuern, um Licht zu erzeugen, einen Spektrometer zum Messen eines Spektrums des durch paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes, eine erste Recheneinheit, welche ausgebildet ist Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes zu ermitteln, eine zweite Recheneinheit, welche ausgebildet ist Tristimuluswerte basierend auf den einzelnen Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen zu berechnen, und einen Speicher zum Speichern der berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen aufweist.

[0027] Dadurch, dass die erste Ansteuereinheit ausgebildet ist, alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel, das heißt gleichzeitig, und nicht sequentiell anzusteuern, wobei ein Spektrum des erzeugten Lichtes durch den Spektrometer erfasst, und wobei anschließend Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus diesem einem Spektrum abgeleitet werden, ist die Kalibrierungsvorrichtung derart ausgebildet, dass das entsprechende Kalibrierungsverfahren erheblich beschleunigt werden und die zum entsprechenden Kalibrieren der Beleuchtungsein-

richtungen benötigte Zeit insbesondere um circa 40 bis 50% verkürzt werden kann. Insgesamt wird somit eine verbesserte Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung angegeben.

[0028] In einer Ausführungsform weist die erste Recheneinheit ein Bandpassfilter auf, wobei die erste Recheneinheit ausgebildet ist, die Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen durch Ermitteln lokaler Minima in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes zu ermitteln.

[0029] Unter Bandpassfilter wird hierbei ein Filter verstanden, welches nur Signale eines Frequenzbandes passieren lässt.

[0030] So handelt es sich bei dem gemessenen Spektrum um ein überlagertes Spektrum, welches sich aus den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen zusammensetzt. Da unterschiedliche Farben unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, können lokale Minima beziehungsweise lokale Tiefpunkte in dem gemeinsamen Spektrum Übergängen zwischen einzelnen Emissionsspektren, das heißt Anfangs- beziehungsweise Endpunkte einzelner der überlagerten Emissionsspektren entsprechen. Insgesamt kann die Kalibrierungsvorrichtung somit derart ausgebildet sein, die Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen auf einfache Art und Weise aus dem gemessenen Spektrum abzuleiten.

[0031] Zudem kann die Kalibrierungsvorrichtung weiter eine dritte Recheneinheit, welche ausgebildet ist für jedes der Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen eine Regressionsanalyse durchzuführen, um abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen, aufweisen. Hierdurch können abgeschnittene Spektrumsbereiche nachträglich ergänzt werden, so dass die Genauigkeit bei der Ermittlung der einzelnen Emissionsspektren und somit auch beim Berechnen der Tristimuluswerte erhöht werden kann.

[0032] Auch kann die Kalibrierungsvorrichtung weiter eine Kontrolleinrichtung, welche ausgebildet ist, Kontrollmessungen durchzuführen, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren, aufweisen. Beispielsweise kann die Kontrolleinrichtung dabei ausgebildet sein, die berechneten und gespeicherten Werte anhand eines definierten Farbtones, für welchen ein Toleranzgebiet vorgegeben sein kann, beziehungsweise unter Beteiligung des Unbunt-Punktes zu verifizieren. Anhand der Verifizierung erhält der Nutzer eine Rückmeldung über die Konfidenz beziehungsweise Güte oder die Genauigkeit der berechneten Werte und insbesondere der Ermittlung der Emissionsspektren. Basierend auf dieser Verifizierung können dabei beispielsweise die ermittelten Emissionsspektren bestätigt werden, oder auch die entsprechende Ermittlung der Emissionsspektren wieder verworfen werden. Diese kann dann wiederholt werden. Ferner können anschließend aber auch andere abgespeicherte beziehungsweise vorgegebenen Daten herangezogen werden.

[0033] Zudem kann die Kalibrierungsvorrichtung weiter eine zweite Ansteuereinheit, welche ausgebildet ist, die LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungseinrichtung mit abgespeicherten Zustandsgrößen anzusteuern, einen Vergleicher, welcher ausgebildet ist, der den Zustandsgrößen zugeordnete abgespeicherte Tristimuluswerte mit nach der Ansteuerung mit den Zustandsgrößen tatsächlich vorliegenden Farbwerten zu vergleichen, und eine Aktualisierungseinheit, welche ausgebildet ist, einen neuen Tristimuluswert zu berechnen um einen gespeicherten Tristimuluswert zu aktualisieren, falls dieser von einem entsprechenden tatsächlich vorliegenden Farbwert abweicht. Somit kann die Kalibrierungsvorrichtung auch derart ausgebildet sein, zusätzlich zur Grundkalibration noch eine Nach- beziehungsweise Neukalibration durchzuführen, welche beispielsweise auch Alterungsprozessen Rechnung trägt.

[0034] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ferner auch ein System zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung angegeben, wobei das System eine oben beschriebene Kalibrierungsvorrichtung und eine LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbwert der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, aufweist.

[0035] Somit wird ein System angegeben, welches eine verbesserte Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung aufweist. So ist die Kalibrierungsvorrichtung dadurch, dass die erste Ansteuereinheit ausgebildet ist, alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel, das heißt gleichzeitig, und nicht sequentiell anzusteuern, wobei ein Spektrum des erzeugten Lichtes durch den Spektrometer erfasst, und wobei anschließend Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus diesem einem Spektrum abgeleitet werden, derart ausgebildet, dass das entsprechende Kalibrierungsverfahren erheblich beschleunigt werden und die zum entsprechenden Kalibrieren der Beleuchtungseinrichtungen benötigte Zeit insbesondere um circa 40 bis 50% verkürzt werden kann.

[0036] Insbesondere kann die LED-Beleuchtungseinrichtung rote, grüne und blaue LEDs aufweisen. So sind, um eine Beleuchtungseinrichtung, welche Licht in allen Farben gemäß der Normfarbtafel CIE 1931 abstrahlen kann, bereitzustellen, Lichtquellen erforderlich, wobei eine Lichtquelle im roten Bereich liegt, eine Lichtquelle im grünen Bereich liegt und eine Lichtquelle im blauen Bereich liegt.

[0037] Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren beziehungsweise eine verbesserte Kalibrierungsvorrich-

tung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung angegeben werden.

[0038] Insbesondere kann dadurch, dass alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel, das heißt gleichzeitig, und nicht sequentiell angesteuert werden, wobei ein Spektrum des erzeugten Lichtes erfasst, und wobei anschließend Emissionsspektren der einzelnen Leds beziehungsweise LED-Farbgruppen aus diesem einem Spektrum abgeleitet werden, das Kalibrierungsverfahren erheblich beschleunigt werden und die zum entsprechenden Kalibrieren der Beleuchtungseinrichtungen benötigte Zeit insbesondere um circa 40 bis 50% verkürzt werden.

[0039] Dabei können die Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen beispielsweise durch Ermitteln von lokalen Minima in dem gemessenen, gemeinsamen, überlagerten Spektrum auf einfache Art und Weise aus dem gemessenen Spektrum abgeleitet werden.

[0040] Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung gemäß Ausführungsformen der Erfindung;

Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild eines Systems zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

[0041] Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 1 zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung.

[0042] Es ist bekannt, für Beleuchtungseinrichtungen, beispielsweise Beleuchtungseinrichtungen in einem Kraftfahrzeug, mehrfarbige LED-Einheiten zu verwenden. Die mehrfarbigen LED-Einheiten umfassen dabei für gewöhnlich mehrere einfarbige LEDs und werden mit LED-Treibern angesteuert, welche ausgebildet sind, um die Helligkeit und den Farbort, das heißt die Mischfarbe, zu variieren.

[0043] Um sicherzustellen, dass eine derartige mehrfarbige LED-Einheit Licht mit einer gewünschten Lichtfarbe aussendet, erfolgt für gewöhnlich eine Kalibrierung der entsprechenden mehrfarbigen LED-Einheit. Dabei werden ein oder mehrere Farbtöne und/oder Helligkeiten der mehrfarbigen LED-Einheit vorgegeben und werden die einzelnen LED-Chips sequentiell, das heißt nacheinander angesteuert, um entsprechende Zustandsgrößen, beispielsweise Ansteuersignale zuzuordnen.

[0044] Die Farbe einer Lichtquelle wird im Allgemeinen weiter über eine Normfarbtafel bestimmt. Diese Normfarbtafel ist in der Norm DIN 5033 oder in der äquivalen-

ten Norm CIE 1931 definiert, wobei eine Farbe durch eine x- und eine y-Koordinate festgelegt wird. Weiter liegen alle für einen Menschen sichtbaren Farben innerhalb eines Farbdreiecks. Ein sogenannter Unbunt-Punkt ist ferner durch die Koordinaten $x = 0,33$ und $y = 0,33$ festgelegt, wobei Farben im Bereich um den Unbunt-Punkt allgemein als weiß empfunden werden. Während des Kalibrierens einer LED-Einheit, werden dabei für gewöhnlich die einzelnen LED-Chips der LED-Einheit sequentiell, das heißt nacheinander angesteuert, werden entsprechende Emissionsspektren erfasst, und werden die einzelnen Emissionsspektren in einen bekannten Farbraum, beispielsweise CIE 1931 umgerechnet. Insbesondere können dabei sogenannte Tristimuluswerte (X,Y,Z), welche die entsprechenden Anteile der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau angeben, berechnet werden. Die berechneten Tristimuluswerte werden dann in Zuordnung zu entsprechend vorliegenden beziehungsweise vorgegebenen Zustandsgrößen, beispielsweise der vorliegenden elektrischen Ansteuerung beziehungsweise des entsprechenden Ansteuersignals, der vorliegenden Temperatur des entsprechenden LED-Chips, etc. abgespeichert, um die einzelnen LED-Chips zukünftig entsprechend ansteuern zu können.

[0045] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 1 wird ein Verfahren 1 zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbort der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, angegeben, wobei das Verfahren 1 folgende Schritte aufweist: So werden in einem ersten Schritt 2 zunächst alle LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungsstrukturen bei bekannten Zustandsgrößen parallel angesteuert, um Licht zu erzeugen, wobei in einem zweiten Schritt 3 ein Spektrum des durch paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes gemessen wird, und wobei in einem dritten Schritt 4 Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes ermittelt werden. In einem weiteren Schritt 5 werden Tristimuluswerte basierend auf den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen berechnet, wobei die berechneten Tristimuluswerte in einem Schritt 6 in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen abgespeichert werden.

[0046] Dadurch, dass alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel, das heißt gleichzeitig, und nicht sequentiell angesteuert werden, wobei ein Spektrum des erzeugten Lichtes erfasst, und wobei anschließend Emissionsspektren der einzelnen Leds beziehungsweise LED-Farbgruppen aus diesem einem Spektrum abgeleitet werden, kann das Kalibrierungsverfahren

erheblich beschleunigt werden und die zum entsprechenden Kalibrieren der Beleuchtungseinrichtungen benötigte Zeit insbesondere um circa 40 bis 50% verkürzt werden. Insgesamt wird somit ein verbessertes Verfahren 1 zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung angegeben.

[0047] Das Messen des gemeinsamen Spektrums 2 erfolgt dabei gemäß den Ausführungsformen der Figur 1 basierend auf einem dispersiven Messprinzip, beispielsweise mittels eines Array-Spektrometers.

[0048] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 1 weist der Schritt 4 des Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs oder LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes ein Ermitteln lokaler Minima beziehungsweise Tiefpunkte in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes auf.

[0049] Wie Figur 1 zeigt, weist das Verfahren 1 zudem einen Schritt 7 des Durchführens einer Regressionsanalyse für jedes der Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen, um, beispielsweise beim Ermitteln der einzelnen Emissionsspektren abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen, auf. Gemäß den Ausführungsformen der Figur 1 umfasst der Schritt 7 dabei insbesondere jeweils eine Modellierung der Spektrumsnormalverteilung für jedes der Emissionsspektren mithilfe einer Regressionsanalyse auf.

[0050] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 1 umfasst der Schritt 5 des Berechnen der Tristimuluswerte weiter eine Bestimmung der entsprechenden CIE XYZ Primärvalenzen der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen, wobei in Abhängigkeit des Messprinzips beziehungsweise der Anwendung der LED-Beleuchtungseinrichtung CIE 1931 oder CIE 1964 als Modellsystem angewendet werden kann. Anschließend wird noch eine Korrekturwertmatrix zur Farbmischung der LED-Beleuchtungseinrichtung berechnet, wobei die einzelnen Korrekturwerte bezüglich eines Modellsystems anschließend basierend auf einem bekannten Referenzsystem eingerechnet werden können.

[0051] Die berechneten Tristimuluswerte werden anschließend in Zuordnung zu den bekannten beziehungsweise vorliegenden vorgegebenen Zustandsgrößen abgespeichert, beispielsweise in einem Controller der LED-Beleuchtungseinrichtung, sodass die LED-Beleuchtungseinrichtung zukünftig entsprechend angesteuert werden kann.

[0052] Wie Figur 1 weiter zeigt, weist das Verfahren 1 zudem noch einen Schritt 8 eines Durchführens von Kontrollmessungen, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren, auf. Beispielsweise können die berechneten und gespeicherten Werte anhand eines definierten Farbtones, für welchen ein Toleranzgebiet vorgegeben sein kann, beziehungsweise unter Beteiligung des Unbunt-Punktes verifiziert werden. Ferner können aber auch entsprechende Prozessüberwachungssysteme zur Verifizierung verwendet werden. Insgesamt kann ferner eine Verifizierung über Spektrometer-Faktoren durchge-

führt werden.

[0053] Wie Figur 1 auch zeigt, weist das Verfahren 1 zudem einen Schritt 9 einer Nachkalibrierung auf, wobei die LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungseinrichtung mit abgespeicherten Zustandsgrößen angesteuert werden, wobei den Zustandsgrößen zugeordneten abgespeicherten Tristimuluswerte mit nach der Ansteuerung mit den Zustandsgrößen vorliegenden tatsächlichen Farbwerten verglichen werden, und wobei falls ein abgespeicherter Tristimuluswert von einem tatsächlichen Farbwert abweicht, entsprechend ein neuer Tristimuluswert berechnet und abgespeichert wird. Somit wird zusätzlich zur Grundkalibration noch eine Nachbeziehungsweise Neukalibration durchgeführt, welche beispielsweise auch Alterungsprozessen Rechnung trägt. Während des Nachkalibrierens können dabei wiederum alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen parallel angesteuert werden. Ferner ist es aber auch möglich, alle LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen während des Nachkalibrierens sequentiell anzusteuern.

[0054] Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild eines Systems 10 zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

[0055] Wie Figur 2 zeigt, weist das System 10 dabei eine Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung 11 und eine LED-Beleuchtungseinrichtung 12 mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs 13, 14, 15 deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbtort der von der LED-Beleuchtungseinrichtung 12 abgegebenen Lichtmischung bestimmen, auf.

[0056] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 weist die LED-Beleuchtungseinrichtung eine LED 13 im roten Bereich, eine LED 14 im grünen Bereich und eine LED 15 im blauen Bereich auf. Insgesamt weist die LED-Beleuchtungseinrichtung somit derartige Lichtquellen auf, dass diese Licht in allen Farben gemäß der Normfarbtafel CIE 1931 abstrahlen kann.

[0057] Die dargestellte Kalibrierungsvorrichtung 11 weist weiter eine, mit einer in Figur 2 nicht gezeigten Leistungsversorgung verbundene erste Ansteuereinheit 16, welche ausgebildet ist alle LEDs 13, 14, 15 parallel anzusteuern, um Licht zu erzeugen, einen Spektrometer 17 zum Messen eines Spektrums des durch paralleles Ansteuern aller LEDs 13, 14, 15 erzeugten Lichtes, eine erste Recheneinheit 18, welche ausgebildet ist Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichts zu ermitteln, eine zweite Recheneinheit 19, welche ausgebildet ist Tristimuluswerte basierend auf den einzelnen Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 zu berechnen, und einen Speicher 20 zum Speichern der berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen auf.

[0058] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 ist

die zweite Recheneinheit dabei ausgebildet, je nach Messprinzip beziehungsweise LED-Anwendung, Modellsysteme, beispielsweise CIE 1931 oder CIE 1964, während des Berechnens der Tristimuluswerte anzuwenden.

[0059] Weiter kann es sich bei der ersten Recheneinheit 18 insbesondere um eine Recheneinheit, auf welcher Code zum Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichts zu ermitteln, gespeichert und ausführbar ist, handeln. Entsprechend kann es sich bei der zweiten Recheneinheit 19 um eine Recheneinheit, auf welcher Code zum Berechnen von Tristimuluswerten basierend auf den einzelnen Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 gespeichert und ausführbar ist, handeln.

[0060] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 weist die erste Recheneinheit 18 weiter ein Bandpassfilter 21 auf, wobei die erste Recheneinheit 18 ausgebildet ist, die Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 durch Ermitteln lokaler Minima in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes zu ermitteln.

[0061] Zu erkennen ist weiter auch eine dritte Recheneinheit 22, welche ausgebildet ist für jedes der Emissionsspektren der einzelnen LEDs 13, 14, 15 jeweils eine Regressionsanalyse durchzuführen, um abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen, auf. Gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 ist die dritte Recheneinheit 22 dabei in die erste Recheneinheit 18 integriert. Ferner kann die dritte Recheneinheit aber auch separat ausgebildet sein. Zudem kann es sich bei der dritten Recheneinheit 22 insbesondere wieder um eine Recheneinheit, auf welcher Code zum Durchführen einer derartigen Regressionsanalyse gespeichert und ausführbar ist, handeln.

[0062] Zu erkennen ist zudem eine Kontrolleinrichtung 23, welche ausgebildet ist, Kontrollmessungen durchzuführen, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren.

[0063] Gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 weist die Kalibrierungsvorrichtung 11 weiter eine zweite Ansteuereinheit 24, welche ausgebildet ist, die LEDs 13, 14, 15 der LED-Beleuchtungseinrichtung 12 mit abgespeicherten Zustandsgrößen, das heißt in dem Speicher 20 hinterlegten Werten für die Zustandsgröße, anzusteuern, einen Vergleich 25, welcher ausgebildet ist, den Zustandsgrößen zugeordnete abgespeicherte Tristimuluswerte mit nach dem Ansteuern mit den Zustandsgrößen tatsächlich vorliegenden Farbwerten zu vergleichen, und eine Aktualisierungseinheit 26, welche ausgebildet ist, einen neuen Tristimuluswert zu berechnen um einen abgespeicherten Tristimuluswert zu aktualisieren, falls dieser von einem entsprechenden tatsächlich vorliegenden Farbwert abweicht, auf.

[0064] Dabei kann es sich bei dem Vergleich 25 wiederum um eine Recheneinheit, auf welcher Code zum Vergleichen von den Zustandsgrößen zugeordneten abgespeicherten Tristimuluswerten mit nach dem Ansteuern

mit den Zustandsgrößen tatsächlich vorliegenden, über ein Spektrometer gemessenen Farbwerten gespeichert und ausführbar ist, handeln. Bei der Aktualisierungseinheit 26 kann es sich wiederum um eine Recheneinheit, auf welcher Code zum Berechnen eines neuen Tristimuluswert, um einen gespeicherten Tristimuluswert zu aktualisieren, falls dieser von einem entsprechenden tatsächlich vorliegenden Farbwert abweicht, gespeichert und ausführbar ist, handeln.

[0065] Die Aktualisierungseinheit 26 ist dabei insbesondere derart ausgebildet, den gespeicherten Tristimuluswert mit dem neu berechneten Tristimuluswert zu überschreiben, das heißt den neu berechneten Tristimuluswert nunmehr entsprechend in Zuordnung zu den vorliegenden beziehungsweise vorgegebenen Zustandsgrößen zu speichern.

[0066] Die zweite Ansteuereinheit 24 ist dabei gemäß den Ausführungsformen der Figur 2 weiter derart ausgebildet, während dieses Nachkalibrierens wiederum alle LEDs 13, 14, 15 parallel anzusteuern, wobei die zweite Ansteuereinheit 24 durch die erste Ansteuereinheit 16 gebildet wird. Ferner ist es aber auch möglich, alle LEDs während des Nachkalibrierens sequentiell anzusteuern. Zudem kann es sich bei der zweiten Ansteuereinheit aber auch um eine separat ausgebildete Ansteuereinheit handeln.

Bezugszeichenliste

[0067]

- 1 Verfahren
- 2 Verfahrensschritt
- 3 Verfahrensschritt
- 4 Verfahrensschritt
- 5 Verfahrensschritt
- 6 Verfahrensschritt
- 7 Verfahrensschritt
- 8 Verfahrensschritt
- 9 Verfahrensschritt
- 10 System
- 11 Kalibrierungsvorrichtung
- 12 LED-Beleuchtungseinrichtung
- 13 rote LED
- 14 grüne LED
- 15 blaue LED
- 16 erste Ansteuereinheit
- 17 Spektrometer
- 18 erste Recheneinheit
- 19 zweite Recheneinheit
- 20 Speicher
- 21 Bandpassfilter
- 22 dritte Recheneinheit
- 23 Kontrolleinrichtung
- 24 zweite Ansteuereinheit
- 25 Vergleich
- 26 Aktualisierungseinheit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, wobei das Verfahren (1) folgende Schritte aufweist:
 - Paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungsstrukturen bei bekannten Zustandsgrößen, um Licht zu erzeugen (2);
 - Messen eines Spektrums des durch paralleles Ansteuern aller LEDs oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes (3);
 - Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes (4);
 - Berechnung von Tristimuluswerten basierend auf den Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen (5);
 - Speichern der berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen (6),

dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Ermitteln von Emissionsspektren der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes (4) ein Ermitteln lokaler Minima in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die LED-Beleuchtungseinrichtung rote, grüne und blaue LEDs aufweist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das Verfahren (1) weiter folgenden Schritt aufweist:
 - Jeweiliges Durchführen einer Regressionsanalyse für jedes Emissionsspektrum der einzelnen LEDs beziehungsweise LED-Farbgruppen, um abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen (7).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Verfahren weiter folgende Schritte aufweist:
 - Durchführen von Kontrollmessungen, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren (8).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Verfahren (1) weiter folgende Schritte aufweist:
 - Ansteuern der LEDs oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungseinrichtung mit abgespeicherten Zustandsgrößen; und
 - Vergleichen der den Zustandsgrößen zugeordneten abgespeicherten Tristimuluswerten mit nach dem Ansteuern mit den Zustandsgrößen tatsächlichen vorliegenden Farbwerten, wobei, falls ein abgespeicherter Tristimuluswert von einem tatsächlich vorliegenden Farbwert abweicht, entsprechend ein neuer Tristimuluswert berechnet und abgespeichert wird.
6. Kalibrierungsvorrichtung zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung (12) mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs (13,14,15) oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung (12) abgegebenen Lichtmischung bestimmen, wobei die Kalibrierungsvorrichtung (11) eine erste Ansteuereinheit (16), welche ausgebildet ist alle LEDs (13,14,15) oder LED-Farbgruppen parallel anzusteuern, um Licht zu erzeugen, einen Spektrometer (17) zum Messen eines Spektrums des durch paralleles Ansteuern aller LEDs (13,14,15) oder LED-Farbgruppen erzeugten Lichtes, eine erste Recheneinheit (18), welche ausgebildet ist, Emissionsspektren der einzelnen LEDs (13,14,15) beziehungsweise LED-Farbgruppen aus dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichts zu ermitteln, eine zweite Recheneinheit (19), welche ausgebildet ist, Tristimuluswerte basierend auf den einzelnen Emissionsspektren der einzelnen LEDs (13,14,15) beziehungsweise LED-Farbgruppen zu berechnen, und einen Speicher (20) zum Speichern der berechneten Tristimuluswerte in Zuordnung zu den bekannten Zustandsgrößen aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass die erste Recheneinheit (18) ein Bandpassfilter (21) aufweist und die erste Recheneinheit (18) ausgebildet ist, die Emissionsspektren der einzelnen LEDs (13,14,15) beziehungsweise LED-Farbgruppen durch Ermitteln lokaler Minima in dem gemessenen Spektrum des erzeugten Lichtes zu ermitteln.
7. Kalibrierungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Kalibrierungsvorrichtung (11) weiter eine dritte Recheneinheit (12), welche ausgebildet ist, für jedes der Emissionsspektren der einzelnen LEDs (13,14,15) beziehungsweise LED-Farbgruppen eine Regressionsanalyse durchzuführen, um abgeschnittene Spektrumsbereiche zu ergänzen, auf-

weist.

8. Kalibrierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei die Kalibrierungsvorrichtung (11) weiter eine Kontrolleinrichtung (23), welche ausgebildet ist, Kontrollmessungen durchzuführen, um die berechneten Tristimuluswerte zu verifizieren, aufweist. 5

9. Kalibrierungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die Kalibrierungsvorrichtung (11) weiter eine zweite Ansteuereinheit (25), welche ausgebildet ist, die LEDs (13,14,15) oder LED-Farbgruppen der LED-Beleuchtungseinrichtung (12) mit abgespeicherten Zustandsgrößen anzusteuern, einen Vergleicher (25), welcher ausgebildet ist, den Zustandsgrößen zugeordnete abgespeicherte Tristimuluswerte mit nach dem Ansteuern mit den Zustandsgrößen tatsächlich vorliegenden Farbwerten zu vergleichen, und eine Aktualisierungseinheit (26), welche ausgebildet ist, einen neuen Tristimuluswert zu berechnen und einen entsprechenden abgespeicherten Tristimuluswert zu aktualisieren, falls dieser von einem entsprechenden tatsächlich vorliegenden Farbwert abweicht. 10
15
20
25

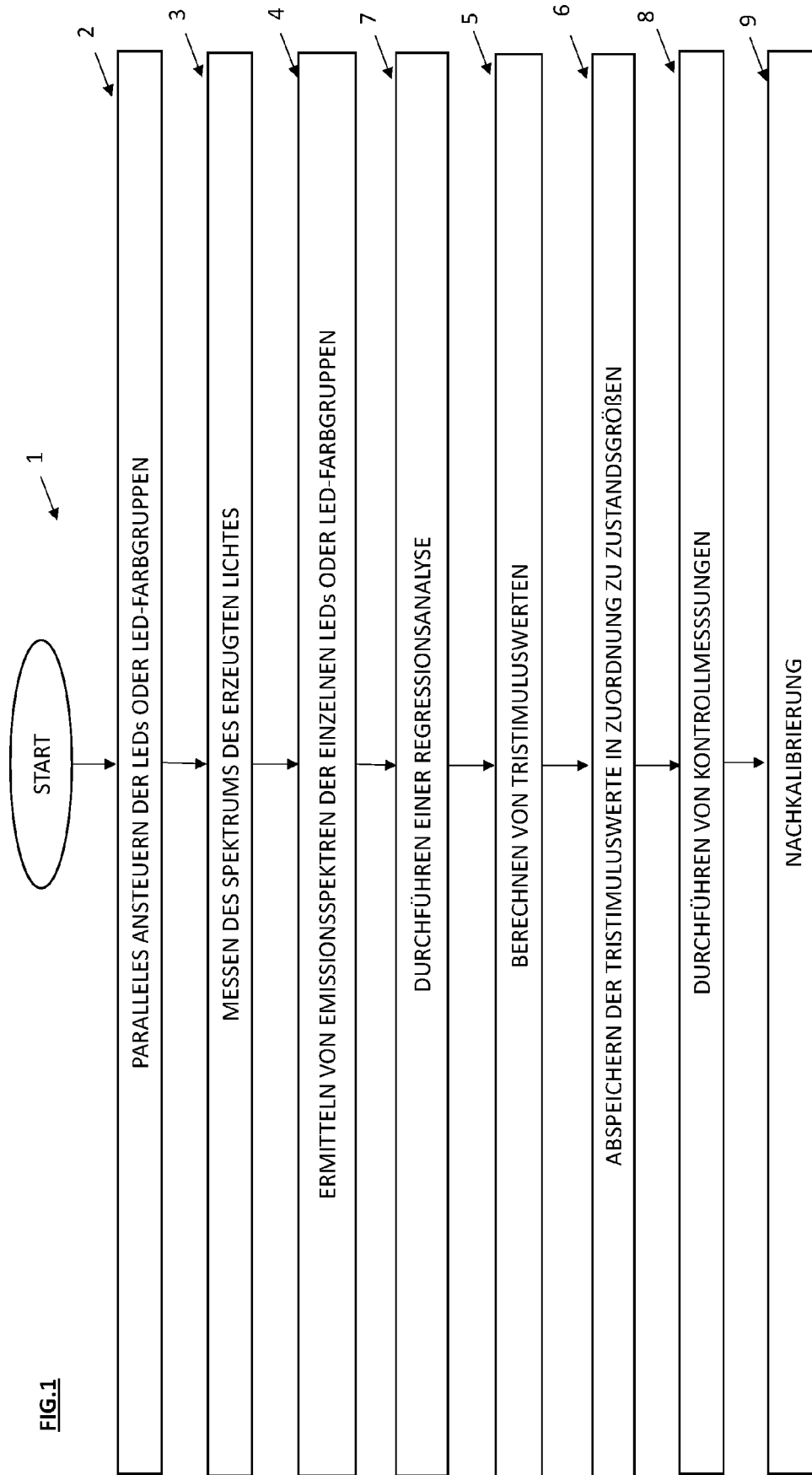
10. System zum Kalibrieren von farb- oder fotometrischen Eigenschaften einer LED-Beleuchtungseinrichtung, wobei das System (10) eine Kalibrierungsvorrichtung (11) nach einem der Ansprüche 6 bis 9 und eine LED-Beleuchtungseinrichtung (12) mit Licht unterschiedlicher Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlenden LEDs (13,14,15) oder LED-Farbgruppen, welche innerhalb einer Farbgruppe Licht derselben Farbe beziehungsweise Wellenlänge abstrahlen, deren Lichtstromanteile die Lichtfarbe, Farbtemperatur und/oder den Farbart der von der LED-Beleuchtungseinrichtung abgegebenen Lichtmischung bestimmen, aufweist. 30
35
40

11. System nach Anspruch 10, wobei die LED-Beleuchtungseinrichtung (12) rote (13), grüne (14) und blaue LEDs (15) aufweist. 45

45

50

55



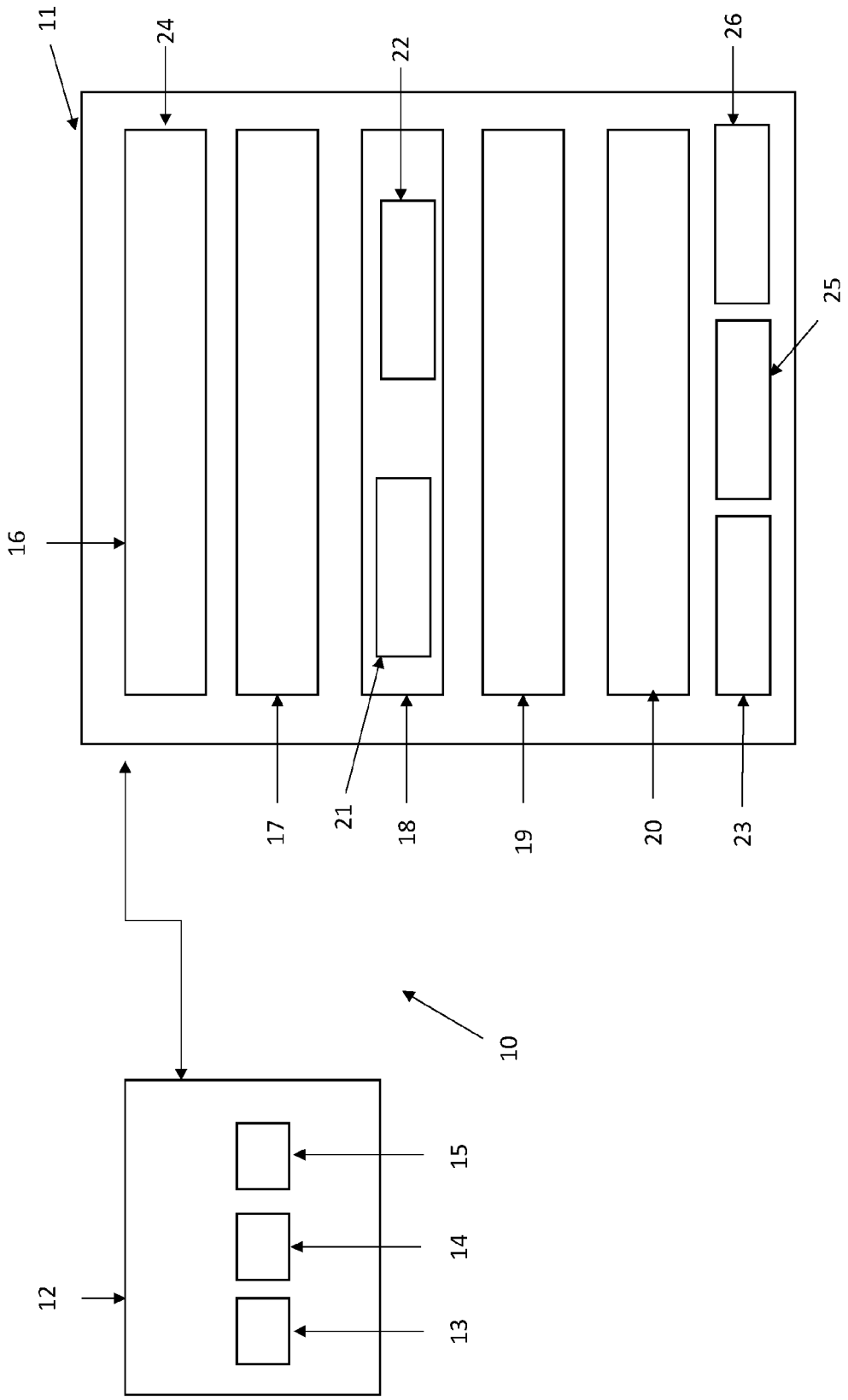


FIG.2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 2158

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2007/216704 A1 (ROBERTS JOHN K [US] ET AL) 20. September 2007 (2007-09-20) * Absätze [0106] - [0110]; Abbildungen 10, 14A, 14B, 18B *	1-11	INV. H05B45/20
X, D	DE 10 2007 044556 A1 (ARNOLD & RICHTER KG [DE]) 12. März 2009 (2009-03-12) * Absätze [0011] - [0013], [0022] - [0024], [0028], [0042], [0056] - [0058] - Absatz [0064]; Ansprüche 1, 2; Abbildungen 3, 12, 17, 27 * * *	1-11	
Y, D	DE 10 2010 044736 A1 (JUST NORMLICHT GMBH VERTRIEB & PRODUKTION [DE]) 21. April 2011 (2011-04-21) * Absätze [0028] - [0029]; Abbildung 1 *	1, 6	
A		2-5, 7-11	
Y, D	US 2004/105261 A1 (DUCHARME ALFRED D [US] ET AL) 3. Juni 2004 (2004-06-03) * Absätze [0136] - [0137], [0140]; Abbildungen 12, 13-16 * * *	1, 6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B
A	DE 20 2005 001540 U1 (GRANTZ HELMUT [DE]) 19. Mai 2005 (2005-05-19) * Abbildungen 1-3 *	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Mai 2022	Prüfer Müller, Uta
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 16 2158

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-05-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007216704 A1	20-09-2007	EP 2168404 A1	31-03-2010
		JP 5243531 B2	24-07-2013
		JP 2010528420 A	19-08-2010
		KR 20100019527 A	18-02-2010
		US 2007216704 A1	20-09-2007
		WO 2008153642 A1	18-12-2008

DE 102007044556 A1	12-03-2009	DE 102007044556 A1	12-03-2009
		EP 2186382 A1	19-05-2010
		JP 5386488 B2	15-01-2014
		JP 2010538434 A	09-12-2010
		US 2010301777 A1	02-12-2010
		WO 2009034060 A1	19-03-2009

DE 102010044736 A1	21-04-2011	DE 102010044736 A1	21-04-2011
		US 2011062873 A1	17-03-2011

US 2004105261 A1	03-06-2004	US 7014336 B1	21-03-2006
		US 2004105261 A1	03-06-2004
		US 2005030744 A1	10-02-2005
		US 2006109649 A1	25-05-2006
		US 2006285325 A1	21-12-2006
		US 2007258240 A1	08-11-2007

DE 202005001540 U1	19-05-2005	KEINE	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007036978 A1 **[0005]**
- DE 102010044736 A1 **[0006]** **[0011]**
- US 20040105261 A1 **[0007]**
- DE 202005001540 U1 **[0008]**
- WO 2009034060 A1 **[0009]**
- DE 102007044556 A1 **[0010]**