



(10) **DE 10 2013 108 552 B4** 2016.07.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 108 552.0**
(22) Anmeldetag: **08.08.2013**
(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.07.2016**

(51) Int Cl.: **G05D 25/02** (2006.01)
H05B 37/02 (2006.01)
H05B 33/08 (2006.01)
F21S 10/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

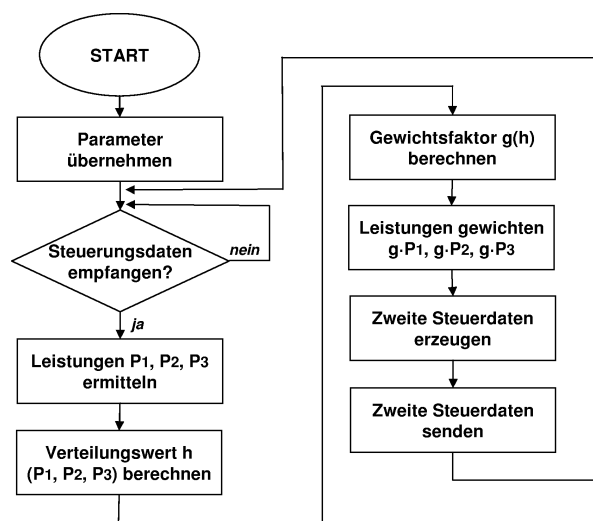
(73) Patentinhaber:
Insta Elektro GmbH, 58509 Lüdenscheid, DE
(74) Vertreter:
**Haverkamp, Jens, Prof. Dipl.-Geol. Dr.rer.nat.,
58636 Iserlohn, DE**

(72) Erfinder:
Grosch, Volker, 45549 Sprockhövel, DE
(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2007 044 556 A1

(54) Bezeichnung: **Steuerverfahren für eine Mischlichtquelle sowie Steuervorrichtung für eine Mischlichtquelle**

(57) Hauptanspruch: Steuerverfahren für eine Mischlichtquelle (4) mit einer Mehrzahl von paarweise verschiedenfarbigen Einzellichtquellen (6.1, 6.2, 6.3), wobei

- ein Konverter (13) erste Steuerungsdaten empfängt, die für die Mehrzahl von Einzellichtquellen (6.1, 6.2, 6.3) bestimmt sind,
- der Konverter (13)
- aus den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen der Einzellichtquellen (6.1, 6.2, 6.3) gemäß einer Abbildungsfunktion einen eindimensionalen Verteilungswert ermittelt, welcher ausschließlich vom Verhältnis der Leistungen zueinander abhängt, wobei die Abbildungsfunktion ein erstes globales Extremum annimmt, wenn alle Leistungen gleich sind und ein zweites, dem ersten entgegengesetztes globales Extremum annimmt, wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist,
- den eindimensionalen Verteilungswert in eine Gewichtungsfunktion einsetzt, um hieraus einen Gewichtungsfaktor zu ermitteln, wobei die Gewichtungsfunktion eine stetige sowie wenigstens einmal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist, und
- die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert und hieraus zweite Steuerungsdaten erzeugt, und
- die Einzellichtquellen (6.1, 6.2, 6.3) gemäß den zweiten Steuerungsdaten angesteuert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Steuerverfahren für eine Mischlichtquelle sowie ein Steuervorrichtung für eine Mischlichtquelle.

[0002] In modernen Gebäudeinstallationssystemen kommen nahezu ausschließlich Leuchten zum Einsatz, die mit einem elektronischen Vorschaltgerät (EVG) versehen sind, das die Stromaufnahme des eigentlichen Leuchtmittels (z. B. einer oder mehrerer LEDs) regelt. Typischerweise sind die Leuchten an ein Bus-System angeschlossen, über welches die EVGs angesteuert werden. Hierbei ist es im Stand der Technik bekannt, mehrere Leuchtmittel an ein Vorschaltgerät anzuschließen, welches deren Leistungsaufnahme regelt. Das Vorschaltgerät verfügt hierbei normalerweise über einen separaten Ausgang pro Leuchtmittel.

[0003] Ein typisches Beispiel hierfür ist eine Mischlichtquelle, bei der Licht verschiedener Farben (beispielsweise rot, grün und blau) gemischt werden kann, um eine Vielzahl von Farbtönen zu erzeugen. Neben RGB-Lichtquellen sind im Stand der Technik beispielsweise auch so genannte Tunable-White-Lichtquellen bekannt, bei denen ein wärmerer Weißlicht-Farbtönen mit einem kälteren Weißlicht-Farbtönen gemischt werden kann, um so nach den Wünschen des Benutzers eine bestimmte Farbstimmung zu erzeugen.

[0004] Bei einem solchen System mit mehreren Lichtquellen paarweise unterschiedlicher Farbe, die auch als Kanäle des Systems bezeichnet werden können, ist zum einen die maximale Nennleistung jedes Einzelkanals begrenzt, zum anderen ist in der Regel die Nennleistung des Gesamtsystems auf einen Wert begrenzt, der kleiner ist als die Summe der maximalen Nennleistungen der Einzelkanäle. So kann beispielsweise bei einem System mit vier verschiedenfarbigen Lichtquellen, deren einzelne maximale Nennleistung bei 50 W liegt, die Gesamtnennleistung bei 100 W begrenzt sein. Ziel ist es somit, zu jedem Zeitpunkt dafür zu sorgen, dass die Summe der einzelnen Ausgangsleistungen die maximale Nennleistung nicht überschreitet

[0005] Um diesen Problemen zu begegnen, verfügen im Stand der Technik bekannte Vorschaltgeräte über Systeme zur Leistungsbegrenzung. Diese sorgen beispielsweise dafür, dass, wenn die Erhöhung der Leistung eines der Kanäle ein Überschreiten der zulässigen Gesamtleistung bedeuten würde, die anderen Kanäle oder aber alle Kanäle insgesamt in der Leistung reduziert werden. Dies geschieht oft sprunghaft, was vom Benutzer als unangenehme plötzliche Helligkeitsveränderung empfunden wird. Aufgrund der Leistungsbegrenzungen geschieht eine Helligkeitsveränderung oftmals nicht

proportional zu einer vom Benutzer gewählten Einstellung und somit für den Benutzer nicht intuitiv. Ein typisches Beispiel wäre eine proportionale Veränderung bis zu einer bestimmten zulässigen Gesamtleistung, wonach systemseitig ein "Abschneiden" erfolgt, so dass höhere benutzerseitige Einstellungen keinen Effekt mehr haben. Des Weiteren gewährleisteten im Stand der Technik bekannte Systeme nicht immer eine Farbtreue, d. h. die beschriebene Leistungsbegrenzung führt zu einer Verfälschung des Farbtönen. Dies kann daran liegen, dass bei der Leistungsreduzierung die Leistungen der einzelnen Kanäle nicht im gleichen Verhältnis geändert werden.

[0006] Bei einem System mit n Kanälen (die n Farben entsprechen), lässt sich jeder Zustand des Systems als Vektor in einem n -dimensionalen Raum darstellen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Farben Primärvalenzen entsprechen, aus denen sich sämtliche Farben mischen lassen. Hierbei gibt die Richtung des Vektors die Farbe und die Länge des Vektors die Helligkeit an. Theoretisch lässt sich ein Übergang von einem Vektor des Raums zu einem anderen über einen n -dimensionalen Spline (eine abschnittsweise als Polynom definierte Funktion) realisieren. Folgt die Veränderung einem solchen Spline, können die geschilderten Sprünge vermieden werden und der Übergang wird vom Benutzer als weich und harmonisch wahrgenommen. Allerdings erfordert die Berechnung eines solchen Splines selbst bei drei Dimensionen, wie beispielsweise bei einer RGB-Lichtquelle, einen Rechenaufwand, der die Ressourcen eines Microcontrollers, wie er in einem typischen Vorschaltgerät enthalten ist, überfordert.

[0007] Die DE 10 2007 044 556 A1 offenbart ein Verfahren zum Steuern einer Mischlichtquelle, z. B. eines Scheinwerfers, mit verschiedenfarbigen LEDs, wobei eine Temperatur im Bereich der LEDs gemessen und ein temperaturabhängiges Emissionsspektrum der einzelnen LEDs ermittelt wird. Auf Basis dessen werden die einzelnen LEDs entsprechend einer gewünschten Mischfarbe angesteuert. Zur Leistungsbegrenzung ist optional vorgesehen, bei Überschreiten einer vorgesehenen Gesamtleistung die Leistung sämtlicher LEDs mit einem Normierungsfaktor zu modifizieren.

[0008] Vor diesem Hintergrund ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer Mischlichtquelle eine Leistungsbegrenzung zur Verfügung zu stellen, die sich auch mit begrenzten Rechner-Ressourcen realisieren lässt und die sprunghafte Veränderungen der Lichtqualität vermeidet.

[0009] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Steuerverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch eine Steuervorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

[0010] Durch die Erfindung wird ein Steuerverfahren für eine Mischlichtquelle mit einer Mehrzahl von paarweise verschiedenfarbigen Einzellichtquellen bereitgestellt. Paarweise verschiedenfarbig bedeutet, dass jede der Einzellichtquellen ein Licht anderer Farbe erzeugt. Insbesondere können die Einzellichtquellen, die den Kanälen der Mischlichtquelle entsprechen, Primärvalenzen zugeordnet sein, also solchen Farben, aus denen sich sämtliche Farben durch additive Lichtmischung erzeugen lassen. Die Einzellichtquellen können durch LEDs, aber auch durch Leuchtstofflampen oder andere Lichtquellen gebildet sein. Jede Einzellichtquelle kann hierbei mehrere Leuchtmittel, z. B. LEDs umfassen. Der Begriff "Einzellichtquelle" bedeutet lediglich, dass diese eine einzelne Lichtfarbe erzeugt, wobei durch das Zusammenspiel der Einzellichtquellen die verschiedenen Mischfarbtöne der Mischlichtquelle erzeugt werden. Typische Beispiele sind hier eine Tunable-White-Lichtquelle (mit normalerweise zwei Einzellichtquellen) oder eine RGB-Lichtquelle (mit drei Einzellichtquellen). Eine solche Mischlichtquelle umfasst ein elektronisches Vorschaltgerät (EVG), das dazu dient, die Stromaufnahme der Einzellichtquellen zu regulieren oder zu begrenzen. Hierunter fallen insbesondere Treiber für Leuchtdioden, aber auch Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen etc. Selbstverständlich können auch mehrere EVGs, beispielsweise eines für jede Einzellichtquelle, eingesetzt werden.

[0011] In einem ersten Schritt empfängt ein Konverter erste Steuerungsdaten, die für die Mehrzahl von Einzellichtquellen bestimmt sind. Die Steuerungsdaten stammen hierbei in der Regel von einer übergeordneten Beleuchtungssteuerung, wie sie in Gebäudeinstallationssystemen eingesetzt wird, und können insbesondere nach dem DALI-Standard, ggf. aber auch nach dem DSI-, DMX- oder 1-10 V-Standard ausgestaltet sein. Im letztgenannten Fall bezieht sich der Begriff "Steuerungsdaten" auf ein analoges Steuerungssignal. Als "für die Mehrzahl von Einzellichtquellen bestimmt" gelten hier sämtliche Steuerungsdaten (was auch Steuerungsbefehle einschließt), die eine bestimmte Ansteuerung der genannten Einzellichtquellen direkt oder implizit bewirken sollen. Normalerweise handelt es sich hierbei um Steuerungsdaten, die ein elektronisches Vorschaltgerät der Einzellichtquellen unmittelbar auswerten kann.

[0012] Der Konverter, der in diesem Zusammenhang durch seine Funktion definiert ist, kann prinzipiell vollständig hardwaremäßig realisiert sein, wobei aber eine zumindest teilweise softwaremäßige Realisierung bevorzugt ist. Insbesondere kann der Konverter durch ein Computerprogramm realisiert sein, das auf einem Prozessor, insbesondere einem Microcontroller, abläuft.

[0013] Der Konverter ermittelt aus den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen der Einzellichtquellen gemäß einer Abbildungsfunktion einen eindimensionalen Verteilungswert. Der Begriff "Verteilungswert" rührt daher, dass dieser ein Maß für die Verteilung der Gesamtleistung auf die Einzellichtquellen darstellen kann. Durch die ersten Steuerungsdaten sind hierbei entweder explizit oder implizit die Leistungen vorgegeben, mit denen jede einzelne der Einzellichtquellen betrieben werden soll. In welcher Weise dies vorgegeben ist, hängt selbstverständlich vom jeweiligen Datenformat und anderem ab.

[0014] Die entsprechenden Leistungen bilden hierbei einen Satz von Zahlen, die, wie bereits oben geschildert, als Koordinaten in einem Raum angesehen werden können, dessen Dimension der Anzahl der Einzellichtquellen entspricht. Da es sich um eine Mehrzahl von Einzellichtquellen handelt, ist der genannte Raum wenigstens zweidimensional, d. h. die Leistungen bilden jeweils Dublett, Triplett, Quartett etc. Durch die Abbildungsfunktion wird diesem mehrdimensionalen Objekt ein eindimensionaler Verteilungswert zugeordnet. Dies ist ein entscheidender Schritt zur Reduzierung des Problems, wodurch insgesamt eine Handhabbarkeit auch für Prozessoren mit geringerer Leistung gegeben ist. Der Verteilungswert hängt hierbei ausschließlich vom Verhältnis der Leistungen zueinander ab, d. h. die absolute Größe der Leistungen ist unerheblich. Soll also beispielsweise die erste Einzellichtquelle mit 20 W angesteuert werden und die zweite mit 10 W, so liefert die Abbildungsfunktion hier den gleichen Wert wie wenn die erste Einzellichtquelle mit 50 W und die zweite mit 25 W angesteuert werden soll, da das Verhältnis in jedem Fall 2:1 ist. Anders ausgedrückt: Da das Verhältnis der Leistungen den Farbton der Mischlichtquelle bestimmt, hängt der von der Abbildungsfunktion gelieferte Verteilungswert nur vom vorgegebenen Farbton, nicht aber von der Helligkeit ab.

[0015] Die Abbildungsfunktion nimmt hierbei ein erstes globales Extremum an, wenn alle Leistungen gleich sind und ein zweites, dem ersten entgegengesetztes globales Extremum, wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist. In letzterem Fall soll dies unabhängig davon gelten, die Leistung welcher Einzellichtquelle (der der ersten, zweiten etc.) von Null abweicht. Überhaupt ist es sinnvoll, dass die Abbildungsfunktion symmetrisch bezüglich des Vertauschens zweier Leistungswerte ist.

[0016] Bei der Abbildungsfunktion ist also entweder das erste globale Extremum ein globales Maximum und das zweite globale Extremum ein globales Minimum oder umgekehrt. Hierbei bedeutet das Vorliegen eines globalen Maximums, dass der Funktionswert der Abbildungsfunktion dort einen Maximalwert annimmt, der an keiner anderen Stelle überschritten

wird. Es ist ausdrücklich möglich, dass der entsprechende Wert auch noch an einer anderen Stelle erreicht wird. Dies gilt namentlich für das zweite Extremum, das aufgrund der Vertauschungssymmetrie überall dort angenommen wird, wenn genau eine, und zwar eine beliebige, Leistung von Null verschieden ist. Entsprechend liegt bei einem globalen Minimum ein Minimalwert vor, der an keiner anderen Stelle unterschritten wird.

[0017] Durch die Abbildungsfunktion wird somit ein Maß für die Ausgeglichenheit der Leistungsverteilung im System vermittelt. Der eine Extremwert entspricht der absoluten Gleichverteilung der Leistungen auf die Einzellichtquellen, der andere Extremwert entspricht dem maximalen Ungleichgewicht, wobei die gesamte Leistung auf eine Einzellichtquelle enthält.

[0018] Der so ermittelte eindimensionale Verteilungswert wird vom Konverter in eine Gewichtungsfunktion eingesetzt, um hieraus einen Gewichtungsfaktor zu ermitteln. Die Gewichtungsfunktion ist hierbei eine stetige sowie wenigstens einmal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts. Dies bedeutet, wie bekannt ist, dass die Gewichtungsfunktion sowie ihre erste Ableitung nach dem Verteilungswert keinerlei Sprünge aufweisen. Es versteht sich, dass je nach numerischer Implementierung aufgrund von Rundungsfehlern und anderen Gegebenheiten ggf. kleinere Sprünge möglich sind, die allerdings in der Anwendung nicht auffallen. Jedenfalls soll eine Gewichtungsfunktion zugrunde gelegt werden, die in mathematisch idealisierter Form die entsprechende Stetigkeit und Differenziertheit zeigt.

[0019] Schließlich multipliziert der Konverter die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen mit dem Gewichtungsfaktor und erzeugt hieraus zweite Steuerungsdaten. D. h., die ursprünglich vorgegebenen Leistungen werden einzelnen mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert, also gewissermaßen gewichtet, und es werden neue, zweite Steuerungsdaten erzeugt, durch die für die Einzellichtquellen ebendiese gewichteten Leistungen vorgegeben werden.

[0020] Die Einzellichtquellen werden nun gemäß den zweiten Steuerungsdaten angesteuert. Dementsprechend richtet sich das Verhalten der Mehrzahl von Einzellichtquellen nicht nach den ursprünglichen, ersten Steuerungsdaten, sondern nach den zweiten Steuerungsdaten, die den gewichteten Leistungen entsprechend. Da sämtliche Leistungen mit dem gleichen Gewichtungsfaktor multipliziert werden, ändert sich das Verhältnis der Leistungen zueinander nicht. Dasselbe gilt somit auch für den hiermit zu erzeugenden Farbton. Somit arbeitet das erfindungsgemäße Verfahren farbtreu. Es erfolgt lediglich eine Modifizierung der Helligkeit, nicht jedoch des Mischungsverhältnisses der Farben.

[0021] Ein weiterer Aspekt ist, dass der Gewichtungsfaktor, wie oben dargelegt, nicht von der Helligkeit, die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegeben wird, abhängt. Daher werden bei gleicher Farbe unterschiedliche Helligkeiten mit dem gleichen Faktor gewichtet. Anders gesagt, es erfolgt hier eine proportionale Ansteuerung der Einzellichtquellen. Bei einem bestimmten Farbton (entsprechend einem bestimmten Verhältnis der Einzelleistungen zueinander) sind die durch die zweiten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen proportional zu den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen. Diese Proportionalität ist ein bedeutender Vorteil gegenüber Verfahren, bei denen z. B. ein einfaches "Abschneiden" oberhalb einer Maximalleistung erfolgt. Die Veränderung der Helligkeit erfolgt beim erfindungsgemäßen Verfahren in einer für den Benutzer intuitiven Weise. Es versteht sich, dass der Gewichtungsfaktor hierbei derart gewählt sein sollte, dass weder die maximal zulässige Nennleistung der Mischlichtquelle, noch die einer Einzellichtquelle (wesentlich) überschritten werden kann. Dies sollte insbesondere für die beiden Extremfälle gelten, d. h. wenn alle Leistungen gleich sind bzw. wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist.

[0022] Der Grundgedanke der Erfindung ist zum einen, bei einer Veränderung der einzelnen Lichtanteile (was einer Veränderung der Leistungen entspricht) zum einen Sprünge (nicht stetige Stellen), zum anderen Spitzen (nicht differenzierbare Stellen) zu vermeiden, die vom Benutzer als unnatürlich und störend empfunden werden. Dies geschieht über die Verwendung einer stetigen und stetig differenzierbaren Gewichtungsfunktion.

[0023] Da hier mathematisch gesehen eine Verknüpfung von Abbildungsfunktion und Gewichtungsfunktion geschieht, sollte die Abbildungsfunktion ihrerseits wenigstens stetig, idealerweise stetig differenzierbar, bezüglich sämtlicher in sie eingehenden Leistungen sein. Es versteht sich, dass das Fehlen der genannten Eigenschaften in solchen Bereichen unerheblich ist, die in der Realität nicht angenommen werden können. So wäre im Bezug auf die Abbildungsfunktion eine Unstetigkeit bei negativen Leistungen unerheblich, da diese nicht vorkommen. Genauso wäre eine Unstetigkeit der Gewichtungsfunktion unerheblich, falls sie Werte betrifft, die die Abbildungsfunktion nicht liefern kann.

[0024] Es sei noch anzumerken, dass, wie bei Verknüpfung von Funktionen üblich, unter Umständen Rechenoperationen der Abbildungsfunktion in die Gewichtungsfunktion verlagert werden können bzw. umgekehrt. Hierbei bleibt allerdings stets die Abbildungsfunktion eine Funktion mehrerer Variablen (der Leistungen), die einen einzelnen, eindimensionalen Funktionswert liefert, während die Gewichtungsfunktion

tion in jedem Fall einem eindimensionalen Wert einen eindimensionalen Funktionswert zugeordnet.

[0025] Wie nachfolgend noch erläutert wird, kann die Abbildungsfunktion, die die dimensionale Reduzierung des Problems bewirkt, einfach gehalten werden und somit auch von einem Microcontroller, wie er in bekannten EVGs eingesetzt wird, bewältigt werden. Nach der Reduzierung des Problems auf eine Dimension ist somit nur eine eindimensionale Gewichtungsfunktion auszuwerten, was nur entsprechend geringe Rechnerressourcen erfordert.

[0026] Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist, dass das vorstehende Verfahren farbtreu arbeitet, d. h. es wird in jedem Fall nur die Helligkeit verändert, nicht jedoch das Mischungsverhältnis der Lichtanteile zueinander.

[0027] Grundsätzlich können die Abbildungsfunktion und die Gewichtungsfunktion für den Konverter fest vorgegeben sein. Vorteilhaft ist es allerdings, wenn gewisse Funktionsparameter eingestellt werden können, um das Steuerungsverhalten zu optimieren. In diesem Fall wird, bevor erstmalig erste Steuerungsdaten empfangen werden, benutzerseitig wenigstens ein Parameter der Gewichtungsfunktion eingestellt. Ein solcher freier Parameter kann beispielsweise den Gewichtungsfaktor betreffen, der beim Betrieb einer einzelnen Einzellichtquelle (beim zweiten globalen Extremum) anzuwenden ist, oder aber die Steigung der Gewichtungsfunktion in diesem Punkt.

[0028] In einer vorteilhaften Variante der Erfindung hat die Gewichtungsfunktion beim ersten globalen Extremum der Abbildungsfunktion eine Steigung von Null. Anders gesagt, die erste Ableitung der Gewichtungsfunktion hat an dieser Stelle den Wert Null, was beispielsweise einem lokalen Extremum entsprechen kann. Dieser Fall charakterisiert den Übergang von einer absoluten Gleichverteilung der Leistung zu einem Ungleichgewicht. Bei einer Abweichung von diesem Kriterium kann die Gesamtfunktion unter Umständen nicht stetig differenzierbar sein, was zu störenden Effekten führen würde.

[0029] Es ist ebenfalls vorteilhaft, wenn die Gewichtungsfunktion beim zweiten globalen Extremum der Abbildungsfunktion eine Steigung von Null hat. Dieser Fall charakterisiert den Übergang von einem Betrieb mit nur einer Einzellichtquelle zu einem Betrieb mit mehreren Einzellichtquellen. Es hat sich gezeigt, dass der Übergang hier als besonders weich wahrgenommen wird, wenn die Gewichtungsfunktion dort eine Steigung von Null hat.

[0030] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Gewichtungsfunktion außer bei dem ersten und zweiten globalen Extremum keine lokalen Extrema hat. Derartige lokale Extrema, die mit einem Schwingungsverhalten

der Gewichtungsfunktion einhergehen, führen im Allgemeinen zu Helligkeitsveränderungen, die vom Benutzer als unharmonisch empfunden werden.

[0031] In einer besonderen Ausgestaltung des Verfahrens interpretiert der Konverter die Leistungen der Einzellichtquellen als Koordinaten eines Vektors. Hierbei wird gemäß der Abbildungsfunktion die Länge des Vektors normiert. Üblicherweise erfolgt hierbei eine Normierung auf die Länge 1, d. h. die einzelnen Komponenten werden durch die Länge des Vektors geteilt. Selbstverständlich ist auch eine andere Normierung möglich. Es wird die Differenz zu einem entsprechend normierten Diagonalvektor, bei dem alle Koordinaten gleich sind, gebildet, um einen Differenzvektor zu erhalten. Der entsprechende Diagonalvektor repräsentiert den Fall identischer Leistungen sämtlicher Einzellichtquellen, d. h. also den leistungsmäßig völlig ausgeglichenen Fall. Durch die Differenzbildung wird zunächst also eine vektorielle Abweichung von diesem ausgeglichenen Fall bestimmt, wobei aufgrund der Normierung der beiden Vektoren die Helligkeit nicht eingeht, sondern lediglich die Abweichung innerhalb des Farbraums betrachtet wird.

[0032] Der eindimensionale Verteilungswert hängt hierbei monoton von der Länge des Differenzvektors ab. Das bedeutet, bei Zunahme der Länge des Differenzvektors erfolgt entweder stets eine Zunahme des Verteilungswerts (wobei punkt- oder intervallweise auch keine Änderung möglich ist, jedoch keine Abnahme), oder aber es erfolgt stets eine Abnahme des Verteilungswerts. Der Verteilungswert kann hierbei z. B. quadratisch, logarithmisch etc. von der Länge abhängen. Bevorzugt hängt er linear von der Länge ab und ist insbesondere proportional zur Länge des Differenzvektors. Der Verteilungswert ist in diesem Fall ein Maß für die Abweichung von der Gleichverteilung.

[0033] Die Übergänge zwischen den einzelnen Zuständen der Mischlichtquelle lassen sich weiter verbessern, wenn die Gewichtungsfunktion eine wenigstens zweimal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist. Dies kann beispielsweise durch Polynome, trigonometrische Funktionen etc. erreicht werden.

[0034] Eine bevorzugte Möglichkeit, eine Gewichtungsfunktion mit den genannten Eigenschaften bereitzustellen, ergibt sich, wenn diese ein Polynom dritten Grades bezüglich des Verteilungswerts ist. Derartige Polynome werden auch als kubische Splines bezeichnet. Ein solches Polynom dritten Grades kann auch mit begrenzten Rechnerressourcen ausgewertet werden.

[0035] Da die Gewichtungsfunktion normalerweise bei Inbetriebnahme der Anlage bekannt ist und auch die möglichen Werte des Verteilungswerts durch die Extrema der Abbildungsfunktion begrenzt sind, kön-

nen grundsätzlich alle für den Betrieb relevanten Funktionswerte vorab berechnet und abgespeichert werden. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist dies realisiert, wobei der Konverter den Gewichtungsfaktor einer Wertetabelle (Look-Up-Table) entnimmt, in der Funktionswerte der Gewichtungsfunktion gespeichert sind. Auf diese Weise kann auch bei Vorliegen einer komplizierter auszuwertenden Funktion ein Prozessor, mittels dessen der Konverter realisiert wird, entlastet werden. Der für die Wertetabelle benötigte Speicherplatz bleibt allerdings überschaubar, da es sich hierbei um eine eindimensionale Funktion handelt.

[0036] Durch die Erfindung wird des Weiteren eine Steuervorrichtung für eine Mischlichtquelle mit einer Mehrzahl von Einzellichtquellen zur Verfügung gestellt. Die Steuervorrichtung umfasst hierbei einen Konverter, der dazu eingerichtet ist, erste Steuerungsdaten zu empfangen, die für die Mehrzahl von Einzellichtquellen bestimmt sind, aus den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen der Einzellichtquellen gemäß einer Abbildungsfunktion einen eindimensionalen Verteilungswert zu ermitteln, welcher ausschließlich vom Verhältnis der Leistungen zueinander abhängt, wobei die Abbildungsfunktion ein erstes globales Extremum annimmt, wenn alle Leistungen gleich sind und ein zweites, dem ersten entgegengesetztes globales Extremum annimmt, wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist, den eindimensionalen Verteilungswert in eine Gewichtungsfunktion einzusetzen, um hieraus einen Gewichtungsfaktor zu ermitteln, wobei die Gewichtungsfunktion eine stetige sowie wenigstens einmal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist, die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen mit dem Gewichtungsfaktor zu multiplizieren und hieraus zweite Steuerungsdaten zu erzeugen. Hierbei ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, die Einzellichtquellen gemäß den zweiten Steuerungsdaten anzusteuern.

[0037] Hinsichtlich der genauen Implementierung der Abbildungs- und Gewichtungsfunktion in dem Konverter der Steuervorrichtung sind die gleichen bevorzugten Ausgestaltung möglich, die oben im Hinblick auf das erfindungsgemäße Steuerverfahren beschrieben wurden.

[0038] Eine solche Steuervorrichtung kann in ein elektronisches Vorschaltgerät der Mischlichtquelle integriert sein bzw. durch dieses gebildet werden. In einer alternativen Ausführung bildet die Steuervorrichtung ein Gerät, das schaltungstechnisch zwischen einer übergeordneten Beleuchtungssteuerung und einem elektronischen Vorschaltgerät angeordnet werden kann. In diesem Fall umfasst die Steuervorrichtung wenigstens eine erste Schnittstelle zum Anschluss an einen Daten-Bus einer Beleuchtungssteuerung sowie wenigstens eine zweite Schnittstelle

zum Anschluss an wenigstens ein elektronisches Vorschaltgerät der Mischlichtquelle. Der Daten-Bus ist hierbei dazu ausgelegt, dass eine Beleuchtungssteuerung hierüber Steuerungsdaten an ein oder mehrere Leuchtmittel senden kann, um deren Betrieb zu steuern, und ggf. auch Daten von den Leuchtmitteln empfangen kann. Die Beleuchtungssteuerung sowie der Daten-Bus können hierbei insbesondere nach dem DALI-Standard, ggf. aber auch nach dem DSI-, DMX- oder 1-10 V-Standard ausgestaltet sein. Die zweite Schnittstelle ist dafür ausgelegt, direkt oder indirekt (durch eine dazwischen liegende Leitung) an eine Eingangsschnittstelle des elektronischen Vorschaltgeräts angeschlossen zu werden, über welche dieses üblicherweise Steuerungsdaten unmittelbar aus dem Daten-Bus empfängt.

[0039] Hierbei ist der Konverter dazu eingerichtet, über die erste Schnittstelle die erste Steuerungsdaten zu empfangen, und die Steuervorrichtung ist dazu eingerichtet, die zweiten Steuerungsdaten über die zweite Schnittstelle an das wenigstens eine Vorschaltgerät zu senden.

[0040] Bei dieser Ausführungsform, in der die Steuervorrichtung von dem wenigstens einen elektronischen Vorschaltgerät separat ist, kann insbesondere auch vorgesehen sein, dass nicht nur das elektronische Vorschaltgerät einer einzigen Mischlichtquelle, sondern mehrere Vorschaltgeräte, die verschiedenen Mischlichtquellen zugeordnet sind, an die Steuervorrichtung angeschlossen werden. Die Steuervorrichtung übernimmt hierbei die Erzeugung der zweiten, gewichteten Steuerdaten für jedes der nachgeschalteten EVGs. Hierbei ist es im Prinzip auch denkbar, dass unterschiedliche Abbildungs- und Gewichtungsfunktionen für die einzelnen EVGs verwendet werden.

[0041] Beispielsweise können bei einer Steuervorrichtung, die gemäß dem DALI-Standard ausgelegt ist, über die erste Schnittstelle, die an einen DALI-Bus einer übergeordneten Beleuchtungssteuerung angeschlossen ist, benutzerseitig bei Inbetriebnahme einzelne Parameter der Abbildungs- oder Gewichtungsfunktion oder aber sogar die genannten Funktionen als Ganzes festgelegt werden. Hierbei kann insbesondere auch eine oben geschilderte Wertetabelle von der Beleuchtungssteuerung auf einen Speicher der Steuervorrichtung übertragen werden.

[0042] Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Figuren erläutert. Es zeigen:

[0043] Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Beleuchtungssystems mit einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Steuervorrichtung sowie

[0044] Fig. 2: ein Flussdiagramm, das die in der Steuervorrichtung ablaufenden Prozesse illustriert.

[0045] Bei dem in Fig. 1 gezeigten Beleuchtungssystem 1 geht von einer zentralen Beleuchtungssteuerung 2 ein DALI-Bus 3 aus, über den die Beleuchtungssteuerung 2 mit verschiedenen Aktoren verbunden werden kann. Im vorliegenden Fall soll ein elektronisches Vorschaltgerät (EVG) 5 einer RGB-Lichtquelle 4 mit drei Einzellichtquellen, die durch LEDs 6.1, 6.2, 6.3 gegeben sind, gesteuert werden.

[0046] Die Beleuchtungssteuerung 2 gibt hierbei gemäß den Einstellungen eines Benutzers für einen bestimmten Farbton der RGB-Lichtquelle erste Steuerdaten vor, die bestimmten Leistungen der LEDs 6.1, 6.2, 6.3 entsprechen. Beim Übergang von einem Farbton zu einem anderen können die ersten Steuerdaten allerdings zum einen zu unerwünschten sprunghaften Veränderungen der Helligkeit und/oder des Farbtons führen, zum anderen können ggf. einzelne Einzellichtquellen leistungsmäßig überlastet werden.

[0047] Um diese unerwünschten Effekte zu vermeiden, ist zwischen den DALI-Bus 3 und das EVG 5 eine Steuervorrichtung 10 geschaltet, die eine entsprechende Datenumwandlung vornimmt. Die Steuervorrichtung 10 ist über eine erste Schnittstelle 11 mit dem DALI-Bus 3 verbunden, über den für das EVG 5 bestimmte erste Steuerdaten gesendet werden. Über eine zweite Schnittstelle 12 sowie einen sekundären DALI-Bus 7 ist die Steuervorrichtung 10 mit dem EVG 5 verbunden. Des Weiteren verfügt die Steuervorrichtung 10 über eine eigene, unabhängige Spannungsversorgung (nicht dargestellt).

[0048] Die über den DALI-Bus 3 empfangenen ersten Steuerdaten werden von der Steuervorrichtung 10 als für das EVG 5 bestimmt erkannt. Die Datenumwandlung wird von einem Konverter 13 der Steuervorrichtung 10 übernommen, dessen Arbeitsweise anhand des Flussdiagramms in Fig. 2 erläutert wird. Im vorliegenden Fall ist der Konverter 13 als Computerprogramm realisiert, dass auf einem Prozessor (nicht dargestellt) der Steuervorrichtung 10 läuft.

[0049] Wie in Fig. 2 dargestellt, übernimmt der Konverter 13 anfangs, d. h. bei der Inbetriebnahme, benutzerseitig eingestellten Parameter einer Abbildungsfunktion. Werden über die erste Schnittstelle erste Steuerdaten empfangen, liest der Konverter 13 hieraus die für die einzelnen LEDs 6.1, 6.2, 6.3 vorgegebenen Leistungen P_1 , P_2 , P_3 ab und bildet hieraus über eine Abbildungsfunktion $h(P_1, P_2, P_3)$ einen eindimensionalen Verteilungswert, der ein Maß für die Gleichverteilung der Leistung auf die in der Valenzen darstellt. Hierzu interpretiert der Konverter 13 die vorgegebenen Leistungen wie Koordi-

naten eines Vektors. Dieser Vektor wird auf die Länge 1 normiert und der Differenzvektor zu einem Diagonalvektor, der ebenfalls auf die Länge 1 normiert ist, gebildet. Die Länge dieses Differenzvektors bildet den eindimensionalen Verteilungswert, der nunmehr in eine Gewichtungsfunktion $g(h)$ eingeht. Alternativ kann die Länge des Differenzvektors nochmals renormiert werden, so dass der eindimensionale Verteilungswert nur Werte zwischen 0 und 1 annimmt.

[0050] Die Gewichtungsfunktion $g(h)$ ist vorliegend ein kubischer Spline, also ein Polynom dritten Grades bezüglich des Verteilungswerts h und somit diesbezüglich stetig und zweimal stetig differenzierbar. Die Koeffizienten des Polynoms sind so gewählt, dass für $h = 0$ (völlige Gleichverteilung der Leistung) ein Funktionswert von 1 angenommen wird und eine Steigung von 0. Im Fall völliger Gleichverteilung erfolgt also keine Leistungsveränderung, da hier die Gesamtleistung anderweitig so begrenzt ist, dass die Einzelleistungen in unbedenklichen Bereichen bleiben. Funktionswert und Steigung für den anderen Extremwert von h (Betrieb von genau einer Einzellichtquelle) wurden anfangs benutzerseitig eingestellt, wobei insbesondere ein zwischen 0 und 1 liegender Funktionswert eingestellt werden kann, der im Falle des Einzelbetriebs einer Einzellichtquelle zu einer Leistungsreduzierung führt. Insbesondere kann hierbei ein Gewichtungsfaktor eingestellt werden, der dem Verhältnis von zulässiger Nennleistung einer Einzellichtquelle zu zulässiger Nennleistung der gesamten Mischlichtquelle entspricht. Hierdurch wird dafür gesorgt, dass bei maximal möglicher Ansteuerung (durch die ersten Steuerdaten) die zulässige Nennleistung der Einzellichtquelle nicht überschritten wird, während gleichzeitig auch hier eine Proportionalität zwischen der durch die ersten Steuerdaten vorgegebenen Leistung und der durch die zweiten Steuerdaten vorgegebenen Leistung besteht.

[0051] Insbesondere sind die Koeffizienten des Polynoms so gewählt, dass innerhalb des maximal möglichen Wertebereichs von h nur an den Rändern globale Extrema angenommen werden und dazwischen keine lokalen Extrema auftreten.

[0052] Die Gewichtungsfunktion g ist einfach gehalten und kann auch von einem üblichen Microcontroller quasi in Echtzeit berechnet werden. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Funktion als Wertetabelle gespeichert ist, auf die der Microcontroller zugreifen kann. Auch die Auswertung der Abbildungsfunktion h , durch die das Problem von drei Dimensionen auf eine Dimension reduziert wird, kann von einem Microcontroller bewältigt werden.

[0053] Der Funktionswert der Gewichtungsfunktion $g(h)$ dient als Gewichtungsfaktor, mit dem jeder der vorgegebenen Leistungswerte multipliziert wird. Dies entspricht mathematisch gesehen einer Multiplikati-

on des Vektors mit einem Skalar. Das Verhältnis der Leistungen zueinander ändert sich hierbei nicht. Die so erhaltenen, gewichteten Leistungen werden vom Konverter **13** in zweite Steuerdaten für das EVG **5** übersetzt, anschließend werden diese zweiten Steuerdaten an das EVG **5** gesendet, was zu einer entsprechenden Ansteuerung der LEDs **6.1**, **6.2**, **6.3** führt. Nach dem Senden der zweiten Steuerdaten erwartet der Konverter **13** einen erneuten Empfang neuer erster Steuerdaten. Bei Empfang neuer Steuerungsdaten werden die vorstehenden Schritte erneut durchlaufen.

[0054] Durch die geschilderten Eigenschaften der Gewichtungsfunktion $g(h)$ wird für eine Gewichtung der Leistungen der einzelnen LEDs **6.1**, **6.2**, **6.3** gesorgt, die zum einen Farbtreue und Proportionalität hinsichtlich der Helligkeit gewährleistet, zum anderen Sprünge im Helligkeits- oder Farbverlauf vermeidet, die von einem Benutzer als unangenehm wahrgenommen würden.

[0055] Die Erfindung ist anhand von konkreten Ausführungsbeispielen beschrieben worden. In Abwandlung hiervon könnte beispielsweise statt des DALI-Busses ein anderer Datenbus zum Einsatz kommen oder es ist möglich, dass die ersten Steuerungsdaten über keinen Datenbus im eigentlichen Sinne empfangen werden. Diese Variationen des Ausführungsbeispiels seien nur beispielhaft erwähnt. Für einen Fachmann ergeben sich zahlreiche weitere Möglichkeiten, die Erfindung im Rahmen der geltenden Ansprüche zu verwirklichen.

Bezugszeichenliste

1	Beleuchtungssystem
2	Beleuchtungssteuerung
3	DALI-Bus
4	RGB-Lichtquelle
5	EVG
6.1, 6.2, 6.3	LED
7	sekundärer DALI-Bus
10	Steuervorrichtung
11	erste Schnittstelle
12	zweite Schnittstelle
13	Konverter

Patentansprüche

1. Steuerverfahren für eine Mischlichtquelle (**4**) mit einer Mehrzahl von paarweise verschiedenfarbigen Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**), wobei

- ein Konverter (**13**) erste Steuerungsdaten empfängt, die für die Mehrzahl von Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) bestimmt sind,
- der Konverter (**13**)
- aus den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen der Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) gemäß einer Abbildungsfunktion einen ein-

dimensionalen Verteilungswert ermittelt, welcher ausschließlich vom Verhältnis der Leistungen zueinander abhängt, wobei die Abbildungsfunktion ein erstes globales Extremum annimmt, wenn alle Leistungen gleich sind und ein zweites, dem ersten entgegengesetztes globales Extremum annimmt, wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist,

- den eindimensionalen Verteilungswert in eine Gewichtungsfunktion einsetzt, um hieraus einen Gewichtungsfaktor zu ermitteln, wobei die Gewichtungsfunktion eine stetige sowie wenigstens einmal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist, und

- die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert und hieraus zweite Steuerungsdaten erzeugt, und

- die Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) gemäß den zweiten Steuerungsdaten angesteuert werden.

2. Steuerverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bevor erstmalig erste Steuerungsdaten empfangen werden, benutzerseitig wenigstens ein Parameter der Gewichtungsfunktion eingestellt wird.

3. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtungsfunktion beim ersten globalen Extremum der Abbildungsfunktion eine Steigung von Null hat.

4. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtungsfunktion beim zweiten globalen Extremum der Abbildungsfunktion eine Steigung von Null hat.

5. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtungsfunktion außer bei dem ersten und zweiten globalen Extremum keine lokalen Extrema hat.

6. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Konverter (**13**) die Leistungen der Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) als Koordinaten eines Vektors interpretiert, und gemäß der Abbildungsfunktion

- die Länge des Vektors normiert wird,
- die Differenz zu einem entsprechend normierten Diagonalvektor, bei dem alle Koordinaten gleich sind, gebildet wird, um einen Differenzvektor zu erhalten, und

- der eindimensionale Verteilungswert monoton von der Länge des Differenzvektors abhängt, bevorzugt proportional zur Länge des Differenzvektors ist.

7. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtungsfunktion eine wenigstens zweimal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist.

die zweite Schnittstelle (**12**) an das wenigstens eine Vorschaltgerät (**5**) zu senden.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

8. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gewichtungsfunktion ein Polynom dritten Grades bezüglich des Verteilungswerts ist.

9. Steuerverfahren nach wenigstens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Konverter (**13**) den Gewichtungsfaktor einer Wertetabelle entnimmt, in der Funktionswerte der Gewichtungsfunktion gespeichert sind.

10. Steuervorrichtung (**10**) für eine Mischlichtquelle (**4**) mit einer Mehrzahl von paarweise verschiedenfarbigen Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**), mit einem Konverter (**13**), der dazu eingerichtet ist,

- erste Steuerungsdaten zu empfangen, die für die Mehrzahl von Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) bestimmt sind,
- aus den durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen der Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) gemäß einer Abbildungsfunktion einen eindimensionalen Verteilungswert zu ermitteln, welcher ausschließlich vom Verhältnis der Leistungen zueinander abhängt, wobei die Abbildungsfunktion ein erstes globales Extremum annimmt, wenn alle Leistungen gleich sind und ein zweites, dem ersten entgegengesetztes globales Extremum annimmt, wenn genau eine Leistung von Null verschieden ist,
- den eindimensionalen Verteilungswert in eine Gewichtungsfunktion einzusetzen, um hieraus einen Gewichtungsfaktor zu ermitteln, wobei die Gewichtungsfunktion eine stetige sowie wenigstens einmal stetig differenzierbare Funktion des Verteilungswerts ist,
- die durch die ersten Steuerungsdaten vorgegebenen Leistungen mit dem Gewichtungsfaktor zu multiplizieren und hieraus zweite Steuerungsdaten zu erzeugen,

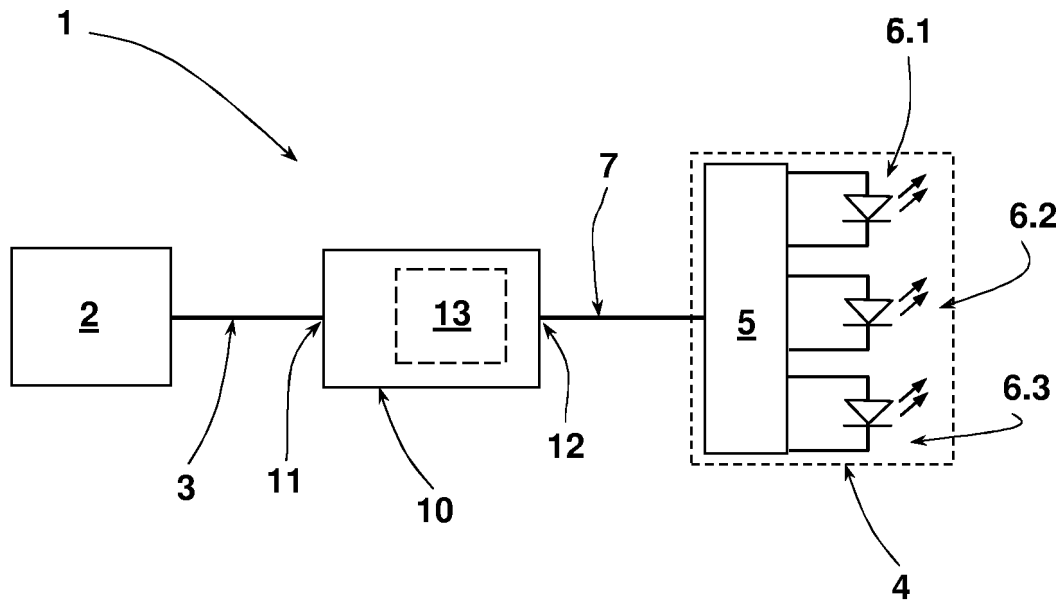
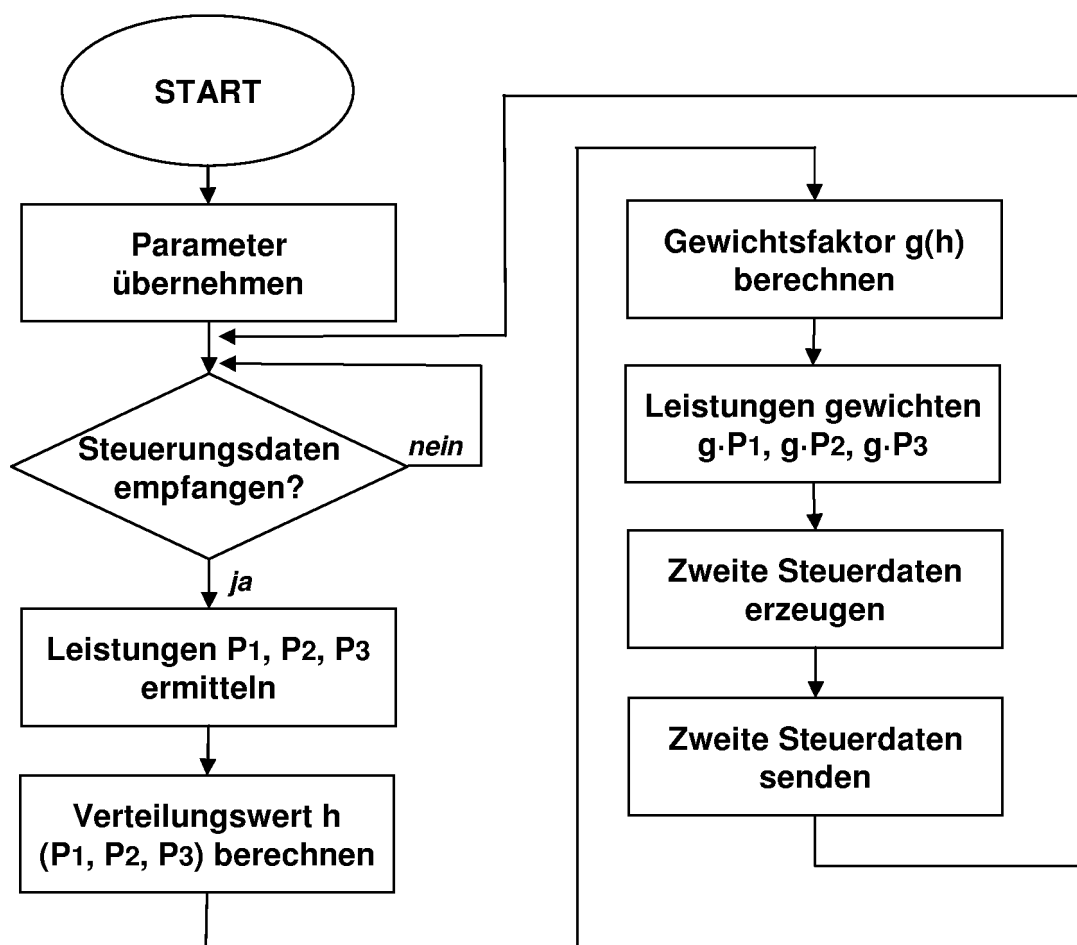
wobei die Steuervorrichtung dazu eingerichtet ist, die Einzellichtquellen (**6.1**, **6.2**, **6.3**) gemäß den zweiten Steuerungsdaten anzusteuern.

11. Steuervorrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch

- wenigstens eine erste Schnittstelle (**11**) zum Anschluss an einen Daten-Bus (**3**) einer Beleuchtungssteuerung,
- wenigstens eine zweite Schnittstelle (**12**) zum Anschluss an wenigstens ein elektronisches Vorschaltgerät (**5**) der Mischlichtquelle (**4**),

wobei der Konverter (**13**) dazu eingerichtet ist, über die erste Schnittstelle (**11**) die ersten Steuerungsdaten zu empfangen, und die Steuervorrichtung (**10**) dazu eingerichtet ist, die zweiten Steuerungsdaten über

Anhängende Zeichnungen

**Fig. 1****Fig. 2**