



(10) **DE 10 2013 113 053 B4** 2019.03.28

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 113 053.4**  
 (22) Anmeldetag: **26.11.2013**  
 (43) Offenlegungstag: **28.05.2015**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **H05B 37/02 (2006.01)**  
**G05D 25/02 (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:  
**SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE**

(74) Vertreter:  
**Blumbach Zingrebe Patent- und Rechtsanwälte  
 PartG mbB, 65187 Wiesbaden, DE**

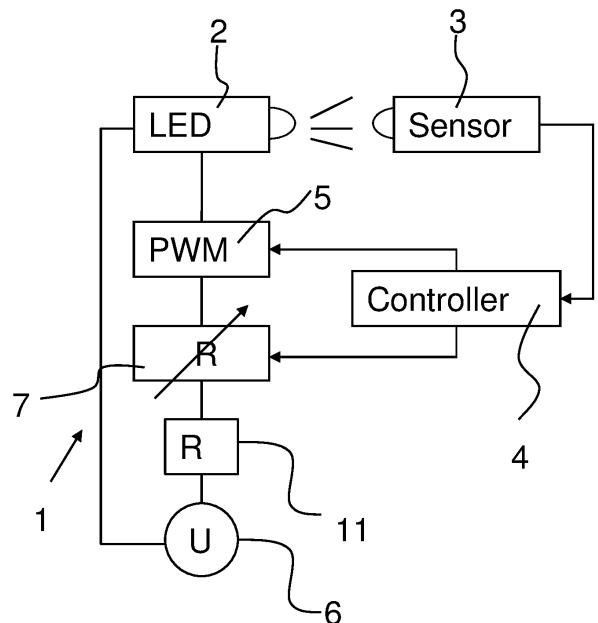
(72) Erfinder:  
**Wölfig, Bernd, Dr., 55122 Mainz, DE;  
 Hatzenbühler, Andreas, 55599 Siefersheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 49 553	A1
DE	10 2006 020 839	A1
DE	10 2010 013 379	A1
DE	10 2011 089 885	A1
DE	10 2012 101 255	A1
WO	2008/ 104 228	A1
WO	2011/ 114 250	A1

(54) Bezeichnung: **Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle sowie Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung**

(57) Hauptanspruch: Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2), umfassend zumindest eine über Pulsweitenmodulation angesteuerte Halbleiterlichtquelle (2), sowie zumindest einen Sensor (3) mittels dessen die Lichtstärke des von der Halbleiterlichtquelle (2) emittierten Lichtes messbar ist, wobei der Sensor (3) mit einem Controller (4) verbunden ist, über den die Lichtstärke der Halbleiterlichtquelle (2) durch Einstellung des Tastgrades der Pulsweitenmodulation regelbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterlichtquelle (2) über eine veränderbare Spannungsquelle (6, 8) versorgt wird, wobei die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) über den Controller (4) verstellbar ist, wobei über den Controller (4) beim Unter- oder Überschreiten eines Schwellwertes des Tastgrades die an der Halbleiterlichtquelle (2) anliegende Spannung über die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) verstellbar ist und wobei die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) ein ungerichtetes Stellglied umfasst, über das die Spannung veränderbar ist und bei welchem kein Regelkreis vorhanden ist, der den Strom oder die Spannung regelt.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle, insbesondere eine Treiberschaltung für eine Leuchtdiode (LED). Im Speziellen betrifft die Erfindung eine Treiberschaltung, welche für farbgezielte LED-Lichtquellen verwendet wird.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Treiberschaltungen für Halbleiterlichtquellen, insbesondere für Leuchtdioden, sind bekannt. Insbesondere gibt es farbgezielte Lichtquellen. Um diese in der Helligkeit und Farbe zu regeln, ist eine Treiberschaltung von Vorteil, welche die elektrische Leistung an der Leuchtdiode über einen Bereich von fünf Größenordnungen einstellen kann.

**[0003]** Als besonders geeignet zur Leistungsregelung von Leuchtdioden hat sich die Ansteuerung mittels Pulsweitenmodulation gezeigt. Hierüber kann eine nahezu konstante Wellenlänge und ein nahezu lineares Verhalten in der Helligkeit erreicht werden. Eine Einstellung über den Strom ist dagegen aufwändig und aufgrund der steilen Diodenkennlinie und des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen Stromdichte und Helligkeit in der Regel auch recht ungenau.

**[0004]** Die Einstellung über die Pulsweite ist allerdings begrenzt. So sind sehr kurze Pulse bei der Pulsweitenmodulation nur aufwändig zu erreichen und wirken sich zudem ungünstig auf das EMV-Verhalten aus.

**[0005]** Eine Verlängerung der Pulspausen ist allerdings nur begrenzt möglich, da ansonsten der Abstand zwischen den einzelnen Pulsen so lang ist, dass vom menschlichen Auge ein Flackern wahrgenommen wird. Dies hat zur Folge, dass bei einer herkömmlichen pulsweitenmodulierten Ansteuerung in der Regel die elektrische Leistung an der LED nur über einen Bereich von etwa drei Größenordnungen eingestellt werden kann.

**[0006]** Die Offenlegungsschrift WO 2011/114250 A1 beschreibt die Versorgung einer LED über eine Stromquelle. Wenn ein minimal erforderlicher Strom durch die Dimmung unterschritten wird, wird der Strom konstant gehalten und es wird sodann auf eine pulsweitenmodulierte Regelung zurückgegriffen. Dies geht mit einem erweiterten Dynamikbereich einher, welcher sich nunmehr nur aus dem Dynamikbereich der Stromquelle und des pulsweitenmodulierten Signals ergibt. Der Dynamikbereich typischer Stromquellen ist jedoch auf 2 bis 3 Größenordnungen beschränkt, da die gleichzeitig genaue und effiziente

Messung großer und kleiner Ströme nur eingeschränkt realisierbar ist.

**[0007]** Denkbar ist ferner die Regelung des LED-Stroms über einen Abwärtswandler. Abwärtswandler sind elektrisch relativ effizient, allerdings nicht dafür ausgelegt, sehr kleine Ströme im Vergleich zum Maximalstrom zu liefern, so dass der Dynamikbereich eines Abwärtswandlers auf eine bis zwei Größenordnungen beschränkt ist.

**[0008]** Weiter ist eine Stromregelung auf einen Messwiderstand angewiesen, der, sofern dieser klein ist, bei kleinen Strömen nur sehr kleine Signale liefert oder, wenn er groß ist, bei großen Strömen zu starken Einbußen in der Effizienz führt.

**[0009]** Eine spannungsbasierte Einstellung der Leistung einer Leuchtdiode wird aufgrund der steilen Diodenkennlinie in der Regel nicht vorgenommen, allenfalls bei sehr einfach ausgebildeten Schaltungen. Dabei wird der LED ein im Vergleich hoher Vorwiderstand vorgeschaltet, so dass die Diodenkennlinie durch die überlagerte Kennlinie derart abgeflacht wird, dass über die Spannung der Strom ausreichend eingestellt werden kann. Eine derartige Schaltung ist allerdings ineffizient.

**[0010]** Denkbar ist eine Einstellung der Spannung über zuschaltbare Vorwiderstände. Mit der Zahl der benötigten Helligkeitsstufen steigt aber die Zahl der benötigten Widerstände und es ist des Weiteren die maximale Helligkeit recht begrenzt, da der Verlauf der Strom-Spannungskurve sich relativ ungenau verhält. Um zu hohe Ströme und damit eine Reduzierung der Lebensdauer der LED zu vermeiden, ist daher die Wahl eines hohen Vorwiderstandes nötig.

**[0011]** Die Dokumente DE 10 2006 020 839 A1 und DE 10 2010 013 379 A1 zeigen pulsweitenmoduliert angesteuerte LEDs.

**[0012]** Das Dokument DE 103 49 553 A1 betrifft eine Lichtquelle mit einer Prozessoreinheit, die sowohl mit einem Stromregler als auch mit einem Pulsweiten-Modulator verbunden ist.

**[0013]** Eine pulsweitenmodulierte LED Beleuchtung ist auch aus dem Dokument DE 10 2011 089 885 A1 sowie dem Dokument WO 2008/104228 A1 bekannt. Die Einstellung der Helligkeit erfolgt auf Basis eines Wertesatzes.

**[0014]** Das Dokument DE 10 2012 101 255 A1 zeigt die Regelung einer Stromquelle auf Basis eines optischen Sensors.

## Aufgabe der Erfindung

**[0015]** Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, die genannten Nachteile des Standes der Technik zu reduzieren.

**[0016]** Es ist insbesondere eine Aufgabe der Erfindung, eine einfach aufgebaute Treiberschaltung bereit zu stellen, mit welcher die Lichtleistung einer Leuchtdiode in einem breiten Bereich genau geregelt werden kann.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0017]** Die Aufgabe der Erfindung wird bereits durch eine Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle sowie durch ein Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle nach einem der unabhängigen Ansprüche gelöst.

**[0018]** Bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind dem Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche zu entnehmen.

**[0019]** Die Erfindung betrifft eine Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Treiberschaltung für Leuchtdioden (LEDs).

**[0020]** Vorzugsweise wird die Erfindung für farbgezielte LEDs verwendet. Dies sind insbesondere sogenannte RGB-LEDs, welche Licht in drei verschiedenen Farben emittieren, das gemischt wird. Über derartige LEDs lässt sich Licht einer gewünschten Lichtfarbe, insbesondere auch weißes Licht, effizient erzeugen.

**[0021]** Voraussetzung ist aber dabei, eine genaue Regelung der Lichtstärken der einzelnen Lichtfarben, da bereits geringe Unterschiede der Lichtleistung zu einem anderen Farbeindruck führen, was insbesondere dann nachteilig ist, wenn mehrere derartig geregelter Lichtquellen nebeneinander angeordnet sind.

**[0022]** Die Halbleiterlichtquelle wird pulsweitenmoduliert angesteuert. An der Lichtquelle ist mithin ein pulsweitenmoduliertes Signal, vorzugsweise ein Rechtecksignal, angelegt, wobei über den Tastgrad, also das Verhältnis von Pulsbreite zu Pulspause die Lichtleistung eingestellt wird.

**[0023]** Die Treiberschaltung umfasst zumindest einen Sensor, mittels dessen die Lichtstärke des von der Halbleiterlichtquelle emittierten Lichtes messbar ist.

**[0024]** Dieser Sensor misst also direkt oder indirekt die Helligkeit der Halbleiterlichtquelle.

**[0025]** Sofern mehrere Halbleiterlichtquellen vorhanden sind, ist es auch denkbar, über einen einzigen Sensor die Helligkeit jeder Lichtquelle zu messen, indem diese in den Pulspausen der anderen Halbleiterlichtquellen mittels des Sensors bestimmt wird.

**[0026]** Der Sensor ist mit einem Controller verbunden. Als Controller wird insbesondere ein Mikrocontroller verwendet.

**[0027]** Der Controller wiederum regelt durch Einstellung des Tastgrades der Pulsweitenmodulation die Lichtstärke der Halbleiterlichtquelle.

**[0028]** Es versteht sich, dass der Pulsweitenmodulator auch Teil des Controllers sein kann.

**[0029]** Gemäß der Erfindung wird die Halbleiterlichtquelle über eine veränderbare Spannungsquelle versorgt, wobei die veränderbare Spannungsquelle über den Controller derart steuerbar ist, dass über den Controller beim Unter- oder Überschreiten eines Schwellwertes des Tastgrades die an der Halbleiterlichtquelle anliegende Spannung verstellbar ist.

**[0030]** Unter einer veränderbaren Spannungsquelle ist hierbei nicht nur eine Spannungsquelle zu verstehen, die eine geregelte Spannung ausgibt, die sich über ein Eingangssignal definiert verändern lässt.

**[0031]** Es kann sich zum Beispiel auch um eine Festspannungsquelle in Reihe mit einem einstellbaren Widerstand handeln. In diesem System wird der Widerstand über ein Eingangssignal definiert verändert. Die effektive Ausgangsspannung hängt aber von den Eigenschaften der nachgeordneten Schaltung ab. Unter einer veränderbaren Spannungsquelle ist also eine Schaltungseinheit zu verstehen, die eine nachgeordnete Schaltungseinheit mit einer effektiven Spannung versorgt, wobei sich die effektive Spannung in Abhängigkeit von einem Eingangssignal an der Spannungsquelle in geeigneten Schritten oder kontinuierlich erhöht oder verringert werden kann.

**[0032]** Gemäß der Erfindung wird also, um den Dynamikbereich zu vergrößern, beim Erreichen eines Minimalwertes des Tastgrades, beispielsweise bei Unterschreitung eines Tastgrades von 10 %, die Spannung durch den Controller herabgesetzt, so dass die Pulsbreiten wiederum vergrößert werden können.

**[0033]** Eine Bestimmung der Spannung oder des anliegenden Stroms ist gemäß der Erfindung nicht notwendig, da die Helligkeit der LED weiterhin über die Pulsweitenmodulation genau geregelt wird.

**[0034]** Erfindungsgemäß wird auf eine Strom- oder Spannungsregelung verzichtet. Es ist also kein Re-

gelkreis vorhanden, der auf aufwändige Weise den Strom oder auf etwas weniger aufwändige, aber immer noch aufwändige Weise, die Spannung regelt, sondern es genügt ein ungerichtetes Stellglied über welches die Spannung verändert wird.

**[0035]** Es versteht sich, dass bei dieser ungerichtetten Ansteuerung eines Stellglieds die Spannungsquelle auch als Stromquelle betrachtet werden kann, da eine anliegende Spannung in einem Stromkreis immer mit einem Strom einhergeht.

**[0036]** Der Regelkreis der Spannungsquelle ist also unbestimmt. Im Rahmen der Erfindung ist die Spannung auch abhängig vom Arbeitspunkt der verwendeten elektrischen Bauelemente. Die Spannung kann insbesondere aufgrund thermischer Effekte schwanken ohne dass dies auf die erfindungsgemäße Regelung einen Einfluss hat.

**[0037]** Der erfindungsgemäßen Regelung kommt dabei vielmehr zu gute, dass vorzugsweise auf eine Strom- und Spannungsregelung verzichtet wird, da die Helligkeitsregelung indirekt über die PWM-Regelung erfolgt, die beim Erreichen eines Schwellwertes die Spannung hoch oder runter setzt lässt ohne dass eine definierte Spannung angelegt werden muss.

**[0038]** Es ist insbesondere kein Messwiderstand für eine Stromregelung notwendig.

**[0039]** Vorteilhaft kann aber sein, wenn in einem Speicher des Controllers eine Wertetabelle hinterlegt ist, das ungefähre Verhältnis aus angelegter Spannung und Helligkeit repräsentiert.

**[0040]** Unter Zugriff auf die Wertetabelle kann der Controller beim Erhöhen oder Erniedrigen der an der Halbleiterlichtquelle angelegten Spannung das Tastverhältnis entsprechend erhöhen oder erniedrigen, so dass die Helligkeit beim Umschalten im Wesentlichen gleich bleibt.

**[0041]** Es versteht sich, dass aufgrund der steilen Diodenkennlinie sich die Helligkeit in der Regel zwar dennoch ändert, was allerdings über die pulsweitenmodulierte Regelung bereits beim ersten Puls oder den ersten Pulsen so schnell korrigiert werden kann, dass für den Betrachter eine Änderung der Helligkeit nicht erkennbar ist.

**[0042]** Zur Regelung der Spannung ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ein einstellbarer Widerstand vorgesehen, welcher über den Controller ansteuerbar ist. Insbesondere wird ein digital einstellbarer Widerstand verwendet, der als integrierter Schaltkreis erhältlich ist. Dieser kann direkt über den Controller digital angesteuert werden und gegebenenfalls auch in den Controller, welcher als Mikrocontroller ausgebildet ist, integriert sein.

**[0043]** Die einstellbare Spannungsquelle kann des Weiteren einen Transistor, insbesondere einen Feldeffekttransistor, insbesondere einen MOSFET, umfassen, welcher über den Controller ansteuerbar ist.

**[0044]** Ein Feldeffekttransistor ist zwar in der Regelung relativ ungenau, was gemäß der Erfindung aber auf sehr einfache Weise über die Pulsweitenmodulation kompensiert wird. Ein wesentlicher Vorteil eines Feldeffekttransistors ist neben dessen preiswerter Verfügbarkeit, dass dieser in der Regel sehr niederohmig ausgebildet ist. Die Verwendung eines Feldeffekttransistors, welcher je nach am Gate angelegter Spannung den Widerstand und damit die Spannung ändert, ermöglicht mithin eine preiswerte Herstellung einer derartigen Schaltung und sorgt zugleich für eine hohe Effizienz.

**[0045]** Denkbar ist beispielsweise auch die Verwendung eines Bipolartransistors. Dieser hat gegenüber einem Feldeffekttransistor eine höhere Verlustleistung und kann daher gemäß der Erfindung eher verwendet werden, um relativ kleine Leistungen zu regeln.

**[0046]** Weiter ist denkbar, einen getakteten Spannungswandler zu verwenden, welcher über die Takt rate gesteuert wird. Ein entsprechendes PWM Signal zur Veränderung der Taktrate kann vom Controller geliefert werden. Es versteht sich, dass dieses PWM-Signal nicht dem PWM-Signal der LED entspricht. Ein Feldeffekttransistor kann ebenfalls über ein digitales Signal, insbesondere über ein 8-Bit-Signal des Controllers stufenweise eingestellt werden, insbesondere lassen sich über ein 8-Bit-Signal 256 Widerstandswerte einstellen.

**[0047]** Alternativ kann eine Reihe von Widerständen eingesetzt werden, bei denen jeder einzelne unabhängig durch einen Schalter überbrückt werden kann und welche sich zum Gesamtwiderstand aufaddieren.

**[0048]** Es versteht sich, dass die Spannung der veränderbaren Spannungsquelle nicht die einzige Spannung sein muss, welche an der Halbleiterlichtquelle anliegt. Es ist vielmehr auch denkbar, eine erste Spannung an der Halbleiterlichtquelle anzulegen, welche konstant ist und mithin die Minimalspannung bildet. Die über den Controller geregelte Spannung wird aufaddiert und an der Halbleiterlichtquelle angelegt.

**[0049]** Die Spannungsquelle ist vorzugsweise in Stufen verstellbar.

**[0050]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die veränderbare Spannungsquelle zumindest 5, vorzugsweise zumindest 10 und besonders bevorzugt zumindest 100 Stufen einstellbar.

**[0051]** Um ein unnötig häufiges Hin- und Herschalten zwischen verschiedenen Spannungsbereichen zu verhindern, werden die Schrittweiten der Spannungsstufen und die Toleranzbereiche der PWM so gewählt, dass die erwartete Änderung des Stroms dazu führt, dass das neue PWM-Verhältnis wieder in der Mitte des Toleranzbereichs liegt.

**[0052]** Die dafür notwendige Spannungsänderung kann aus den Datenblättern der Halbleiterlichtquelle entnommen bzw. nachgemessen werden. Sie ist im Allgemeinen nicht konstant über den gesamten Bereich, innerhalb dessen die Spannung verändert wird. Aus den benötigten Spannungsstufen für die Halbleiterlichtquelle und der Grundspannung der Spannungsquelle können die notwendigen Widerstandsstufen berechnet werden.

**[0053]** Wenn z.B. der Toleranzbereich für das PWM-Tastverhältnis mit 30% bis 90% gewählt wird, folgt daraus, dass ein Faktor von  $(90\% / 30\%)^{-2} \sim 1,7$  dazu führt, dass beim Umschalten der Stromstufe am Grenzpunkt ein neuer Arbeitspunkt bei einem Tastverhältnis von ca. 52% einstellt. Dieses Tastverhältnis ist dann wieder jeweils von der Unter- bzw. Obergrenze um einen Faktor 1,7 entfernt. Die Stromstufe kann auch größer gewählt werden, wenn bekannt ist, dass in der Anwendung häufig kontinuierliche Helligkeitsrampen gefahren werden sollen. Dann wird beim kontinuierlichen Hochfahren der Helligkeit beim Erreichen des maximalen Tastverhältnisses im obengenannten Beispiel der Strom um einen Faktor von beispielsweise 2,5 reduziert. Dadurch wird das Tastverhältnis auf ca. 35% reduziert, so dass beim weiteren Hochfahren der Helligkeit die nächste Stufenschaltung erst später notwendig wird als bei einem Faktor 1,7. Die analoge Betrachtung gilt auch für das Herunterfahren einer Helligkeitsrampe.

**[0054]** Wird also beispielsweise die Spannung aufgrund eines geringen Tastgrades erniedrigt, so erfolgt eine Erhöhung der Spannung erst wieder dann, wenn der damit einhergehende Tastgrad deutlich höher ist.

**[0055]** Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung einer Halbleiterlichtquelle, wobei die Halbleiterlichtquelle pulswidenmoduliert angesteuert wird und über einen Sensor die Lichtstärke des von der Halbleiterlichtquelle emittierten Lichtes gemessen wird.

**[0056]** Der Sensor ist mit einem Controller verbunden, über den der Tastgrad und damit die Lichtstärke geregelt wird.

**[0057]** Gemäß der Erfindung wird die Halbleiterlichtquelle über eine veränderbare Spannungsquelle versorgt, welche ebenfalls über den Controller geregelt wird, dadurch, dass der Controller beim Über- oder

Unterschreiten eines Schwellwertes des Tastgrades die an der Halbleiterlichtquelle anliegende Spannung durch Ansteuerung der einstellbaren Spannungsquelle erhöht oder erniedrigt.

**[0058]** Vorzugsweise wird die an der Halbleiterlichtquelle anliegende Spannung bei einem Tastgrad von weniger als 30 %, vorzugsweise von weniger als 20 % erniedrigt, um sodann den Tastgrad wieder erhöhen zu können.

**[0059]** Weiter ist denkbar, bei einem Tastgrad von mehr als 70 %, vorzugsweise von mehr als 80 % die Spannung zu erhöhen, um den Tastgrad wieder reduzieren zu können.

**[0060]** Das Verfahren kann zum Dimmen einer einzelnen Halbleiterlichtquelle verwendet werden. Bevorzugt wird das Verfahren aber zur Helligkeitsregelung von Leuchteinrichtungen verwendet, welche Leuchtdioden in verschiedenen Farben aufweisen.

#### Figurenliste

**[0061]** Der Gegenstand der Erfindung soll im Folgenden, Bezug nehmend auf die Zeichnungen **Fig. 1** bis **Fig. 4**, anhand schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele erläutert werden.

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

**[0062]** Dargestellt ist ein Treiberschaltkreis **1** mit einer Leuchtdiode **2**.

**[0063]** Das von der Leuchtdiode **2** abgestrahlte Licht wird mittels eines Sensors **3**, beispielsweise einer Fotodiode, erfasst.

**[0064]** Der Sensor **3** ist mit einem Controller **4** verbunden, welcher vorzugsweise als Mikrocontroller ausgestaltet ist.

**[0065]** Die Leuchtdiode **2** wird pulswidenmoduliert angesteuert. Hierzu ist ein Pulswidenmodulator **5** vorhanden, welcher über den Controller **4** angesteuert wird.

**[0066]** Es versteht sich, dass der Controller **4** mit externen Steuereinrichtungen (nicht dargestellt) verbunden sein kann, über welche dieser ein Signal erhält, welches eine gewünschte Lichtfarbe (bei Einbindung in einer Helligkeitsregelung mit mehreren verschieden farbigen LEDs) und/oder eine gewünschte Helligkeit repräsentiert.

**[0067]** Die Leuchtdiode **2** wird über eine Spannungsquelle **6** versorgt. Es versteht sich, dass die Spannungsquelle **6** auch den Controller **4** oder den Sensor **3** mit Spannung versorgen kann (nicht dargestellt).

**[0068]** Gemäß der Erfindung ist ein einstellbarer Widerstand **7** vorgesehen, welcher ebenfalls vom Controller **4** angesteuert wird. Über den einstellbaren Widerstand **7** kann die Spannung, welche am Pulsweitenmodulator **5** anliegt, erhöht oder erniedrigt werden.

**[0069]** Der Controller **4** ist nicht mit einem Messwiderstand verbunden, über den er den an der LED anliegenden Strom erfasst. Es genügt vielmehr, ein Erhöhen oder Erniedrigen der anliegenden Spannung über eine Veränderung des einstellbaren Widerstandes **7**. Der einstellbare Widerstand **7** ist vorzugsweise als integrierter Schaltkreis ausgebildet und wird digital angesteuert.

**[0070]** Beträgt beispielsweise der Tastgrad 75 %, gleichzeitig meldet der Sensor **3** dem Controller **4**, dass die aktuelle Helligkeit nur bei dem 0,6-fachen der aktuell gewünschten Helligkeit liegt, so würde der dafür notwendige Tastgrad - in vereinfachter linearer Näherung -  $75\%/0,6 = 125\%$  betragen, was nicht möglich ist.

**[0071]** Der Controller reduziert nunmehr den Widerstand **7** um eine Stufe und die Helligkeit erhöht sich beispielsweise dadurch um 30 %. Mithin kann der Tastgrad ebenfalls um 30 % reduziert werden.

**[0072]** Dies kann durch eine Wertetabelle vorgenommen werden, was allerdings im Allgemeinen nicht zur exakt gewünschten Helligkeit aber zu einer deutlichen Annäherung führt. Letztendlich wird die Helligkeit sodann aber über die Pulsweitenmodulation genau eingestellt.

**[0073]** Die Spannung wird vorzugsweise stufenweise geregelt, wobei sich die Helligkeit bei einer Änderung der Spannung bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung von Stufe zu Stufe um weniger als Faktor **4**, bevorzugt um weniger als Faktor **2**, ändert.

**[0074]** Die Schaltung kann einen festen Vorwiderstand **11** zur sicheren Begrenzung des Maximalstroms umfassen.

**[0075]** Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches dem Grundkonzept der Fig. 1 entspricht.

**[0076]** Es ist ebenfalls ein Treiberschaltkreis **1** mit einer Leuchtdiode **2** vorgesehen, deren Lichtstärke mittels eines Sensors **3** gemessen wird und deren Lichtleistung über einen Controller **4** geregelt wird, indem dieser einen Pulsweitenmodulator **5** ansteuert.

**[0077]** Dargestellt ist wiederum nur eine einzelne Leuchtdiode, wobei bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine Mehrzahl von Leucht-

dioden geregelt wird. Hierzu würde der Controller **4** mehrere Leuchtdioden in verschiedenen Farben unabhängig voneinander ansteuern.

**[0078]** Es ist dabei sogar möglich, mittels eines einzigen Sensors, das Licht mehrerer Leuchtdioden gleichzeitig zu messen, indem der Sensor jeweils in den Pulspausen der anderen Leuchtdioden die Helligkeit bestimmt. Sofern immer mindestens zwei Leuchtdioden angeschaltet sind, kann diese Bestimmung auch durch Addition und Subtraktion erfolgen.

**[0079]** Weiter ist denkbar, die Helligkeit unterschiedlicher Lichtfarben durch unterschiedlich ausgebildete Sensoren, beispielsweise Sensoren mit einem Farbfilter, zu messen.

**[0080]** Der Controller **4** ist mit dem Gate eines Feldeffekttransistors **9** verbunden. Dabei wird das digitale Signal des Controllers **4** über einen internen oder einen externen DAC **10** in ein analoges Spannungssignal gewandelt. Über diese Spannung wird der effektive Widerstand des FET **9** zwischen Source und Drain eingestellt.

**[0081]** Aus der Spannung der Spannungsquelle, dem effektiven Widerstand des FET **9** und der Strom-Spannungs-Kennlinie der LED **2** ergibt sich die an der LED **2** anliegende Spannung bzw. der durch die LED **2** fließende Strom.

**[0082]** Die Messung oder Regelung von Strom der Spannung ist aber in diesem Fall nicht notwendig. Es muss lediglich durch eine Begrenzung des effektiven Widerstands nach unten erreicht werden, dass der zulässige Maximalstrom an der LED **2** nicht überschritten wird. Dies kann durch eine vorherige Berechnung unter Berücksichtigung der Bauteiltoleranzen - insbesondere der LED - oder durch Kalibrierung erfolgen.

**[0083]** Die Schaltung kann zudem so ausgelegt werden, dass der regelbaren Spannung am Gate eine Grundspannung einer zweiten Spannungsquelle **8** überlagert wird, die noch nicht zur Durchschaltung des FET **9** ausreicht. So kann der gesamte Dynamikbereich des DAC **10** für die Regelung des Widerstandes verwendet werden.

**[0084]** Zudem kann, entsprechend der Darstellung in Fig. 1, dem FET **9** auch noch ein weiterer ohmscher Widerstand in Reihe geschaltet werden, der den Strom auch bei einem vollen Durchschalten des FET **9** auf den maximal zulässigen Strom durch die LED **2** begrenzt (nicht dargestellt). Dies erhöht die Sicherheit der Schaltung.

**[0085]** Der Stromkreis, bei welchem der FET **9** über den Pulsweitenmodulator **5** die LED mit Spannung

versorgt, entspricht ansonsten im Wesentlichen der Fig. 1.

[0086] Über die Verwendung eines Feldeffekttransistors 9 ist eine besonders einfache digitale Spannungsregelung möglich.

[0087] Bezug nehmend auf Fig. 4 soll das Zusammenwirken der pulsweitenmodulierten Regelung mit der Spannungsregelung erläutert werden.

[0088] Die Spannung sollte derart verändert werden, dass beim Erreichen eines Schwellwertes die an der LED anliegende Leistung in etwa in einem mittigen Bereich der Pulsweitenmodulationsregelung liegt. Eine zu starke Veränderung der Spannung könnte mithin dazu führen, dass es zu einem Hin- und Herschalten zwischen Spannungen kommt, ebenso würde eine zu kleine Veränderung der Spannung möglicherweise dazu führen, dass sich die PWM Regelung ständig im Grenzbereich befindet.

[0089] Fig. 3 zeigt das Schaltbild einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, bei welcher ein getakterter Wandler 12, insbesondere ein Buck-, Boost-, Sepic- oder Abwärtswandler verwendet wird. Der Wandler 12 umfasst einen Feldeffekttransistor, an dessen Gate ein pulsweitenmoduliertes Signal des Controllers 4 anliegt.

[0090] Über dieses pulsweitenmodulierte Signal, welches nicht dem pulsweitenmodulierten Signal des Pulsweitenmodulators 5 entspricht, kann die Spannung in dem Stromkreis, welcher über den Pulsweitenmodulator 5 und die LED 2 läuft, verändert werden.

[0091] Der Controller 4 ist wiederum mit dem Sensor 3 verbunden und berechnet ein erstes Signal zur Ansteuerung des Pulsweitenmodulators und ein zweites, pulsweitenmoduliertes Signal, welches am Gate des Feldeffekttransistors des Wandlers 12 anliegt.

[0092] Fig. 4 zeigt oben ein pulsweitenmoduliertes Signal, bei dem anfangs der Tastgrad bei 100 % liegt, was mit einer Helligkeit von 100 % einhergeht.

[0093] Weiter rechts ist der Tastgrad auf 50 % reduziert, was 50 % der Helligkeit entspricht.

[0094] Das mittlere Koordinatensystem zeigt bei T0 den kürzest schaltbaren Puls. Zu erkennen ist, dass für die hier beispielhaft dargestellte Lichtleistung und den damit einhergehenden Tastgrad die Pulspause zum nächsten Puls T0 sehr lang ist. Dies kann mit einem Flackern der Leuchtdiode einhergehen.

[0095] Gemäß der Erfindung wird nunmehr, wie in dem unteren Koordinatensystem gezeigt ist, die Spannung und damit der Strom, der durch die Leucht-

diode fließt, reduziert. Bei gleicher Pulsbreite ist nunmehr eine wesentlich kürzere Pulspause erforderlich, um die gleiche Helligkeit zu reduzieren.

[0096] Durch die Erfindung können Leuchtdioden, insbesondere RGB- oder RGBW-Leuchtdioden mit einem höheren Dynamikbereich geregelt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	Treiberschaltkreis
2	Leuchtdiode
3	Sensor
4	Controller
5	Pulsweitenmodulator
6	Spannungsquelle
7	einstellbarer Widerstand
8	Spannungsquelle
9	Feldeffekttransistor
10	Digital-Analog-Wandler
11	Widerstand
12	Wandler

#### Patentansprüche

1. Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2), umfassend zumindest eine über Pulsweitenmodulation angesteuerte Halbleiterlichtquelle (2), sowie zumindest einen Sensor (3) mittels dessen die Lichtstärke des von der Halbleiterlichtquelle (2) emittierten Lichtes messbar ist, wobei der Sensor (3) mit einem Controller (4) verbunden ist, über den die Lichtstärke der Halbleiterlichtquelle (2) durch Einstellung des Tastgrads der Pulsweitenmodulation regelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterlichtquelle (2) über eine veränderbare Spannungsquelle (6, 8) versorgt wird, wobei die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) über den Controller (4) verstellbar ist, wobei über den Controller (4) beim Unter- oder Überschreiten eines Schwellwertes des Tastgrades die an der Halbleiterlichtquelle (2) anliegende Spannung über die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) verstellbar ist und wobei die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) ein ungeregeltes Stellglied umfasst, über das die Spannung veränderbar ist und bei welchem kein Regelkreis vorhanden ist, der den Strom oder die Spannung regelt.

2. Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) einen einstellbaren Widerstand (11) umfasst, welcher über den Controller (4) ansteuerbar ist.

3. Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) einen Feldeffekttransistor (9) umfasst, welcher über den Controller (4) ansteuerbar ist.

4. Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Controller (4) einen Speicher umfasst, in welchem eine Wertetabelle hinterlegt ist, die das Verhältnis aus angelegter Spannung und Helligkeit repräsentiert.

5. Treiberschaltung mit einer Halbleiterlichtquelle (2) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) in zumindest 5, vorzugsweise zumindest 10 und besonders bevorzugt zumindest 100 Stufen einstellbar ist.

6. Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung für eine Halbleiterlichtquelle (2), wobei zumindest eine Halbleiterlichtquelle (2) über Pulsweitenmodulation angesteuert wird, wobei über zumindest einen Sensor (3) die Lichtstärke des von der Halbleiterlichtquelle (2) emittierten Lichtes gemessen wird, wobei der Sensor (3) mit einem Controller (4) verbunden ist, über den die Lichtstärke der Halbleiterlichtquelle (2) durch Einstellung des Tastgrads der Pulsweitenmodulation geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halbleiterlichtquelle (2) über eine veränderbare Spannungsquelle (6, 8), die ein ungeregeltes Stellglied umfasst, bei welchem kein Regelkreis vorhanden ist, der den Strom oder die Spannung regelt und über welches die Spannung verändert wird, versorgt wird, wobei die veränderbare Spannungsquelle (6, 8) über den Controller (4) verstellt wird, wobei der Controller (4) beim Unter- oder Überschreiten eines Schwellwertes des Tastgrades die an der Halbleiterlichtquelle (2) anliegende Spannung durch Ansteuerung der veränderbaren Spannungsquelle (6, 8) erhöht oder erniedrigt.

7. Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung für eine Halbleiterlichtquelle nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die an der Halbleiterlichtquelle (2) anliegende Spannung bei einem Tastgrad von weniger als 30 %, vorzugsweise von weniger als 20 % erniedrigt wird.

8. Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung für eine Halbleiterlichtquelle nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die an der Halbleiterlichtquelle (2) anliegende Spannung bei einem Tastgrad von mehr als 70 %, vorzugsweise von weniger als 80 % erhöht wird.

9. Verfahren zum Betrieb einer Treiberschaltung für eine Halbleiterlichtquelle nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl an Halbleiterlichtquellen betrieben werden, welche eine unterschiedliche Lichtfarbe aufweisen, wobei die Helligkeitsregelung jeder Farbe getrennt erfolgt.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

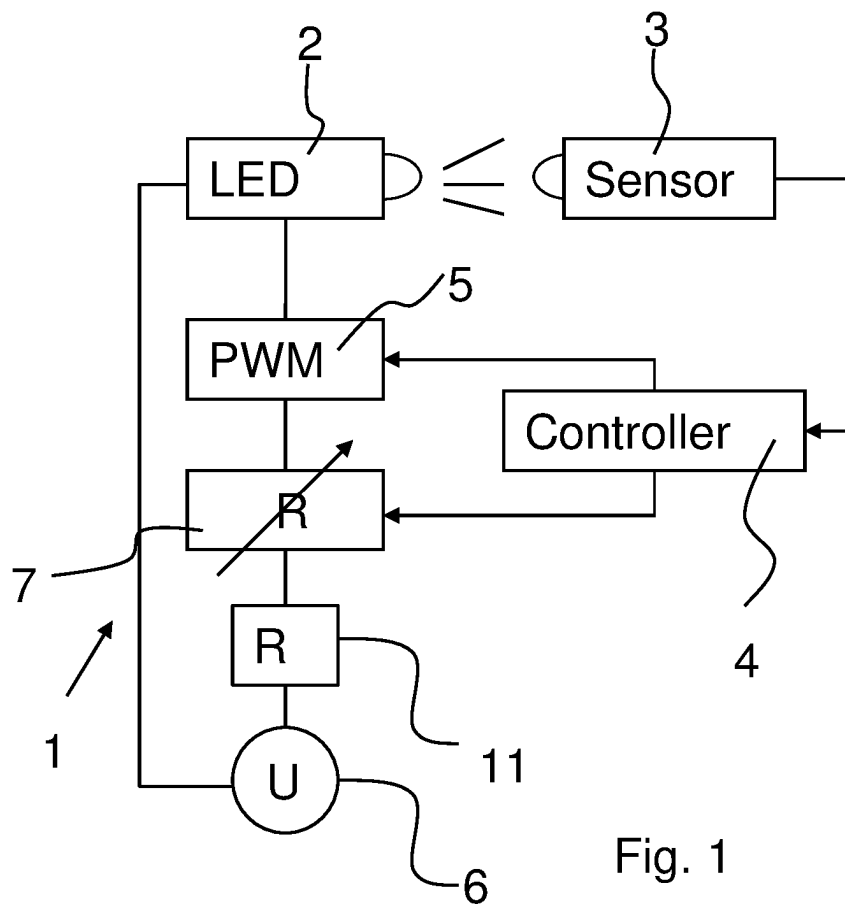


Fig. 1

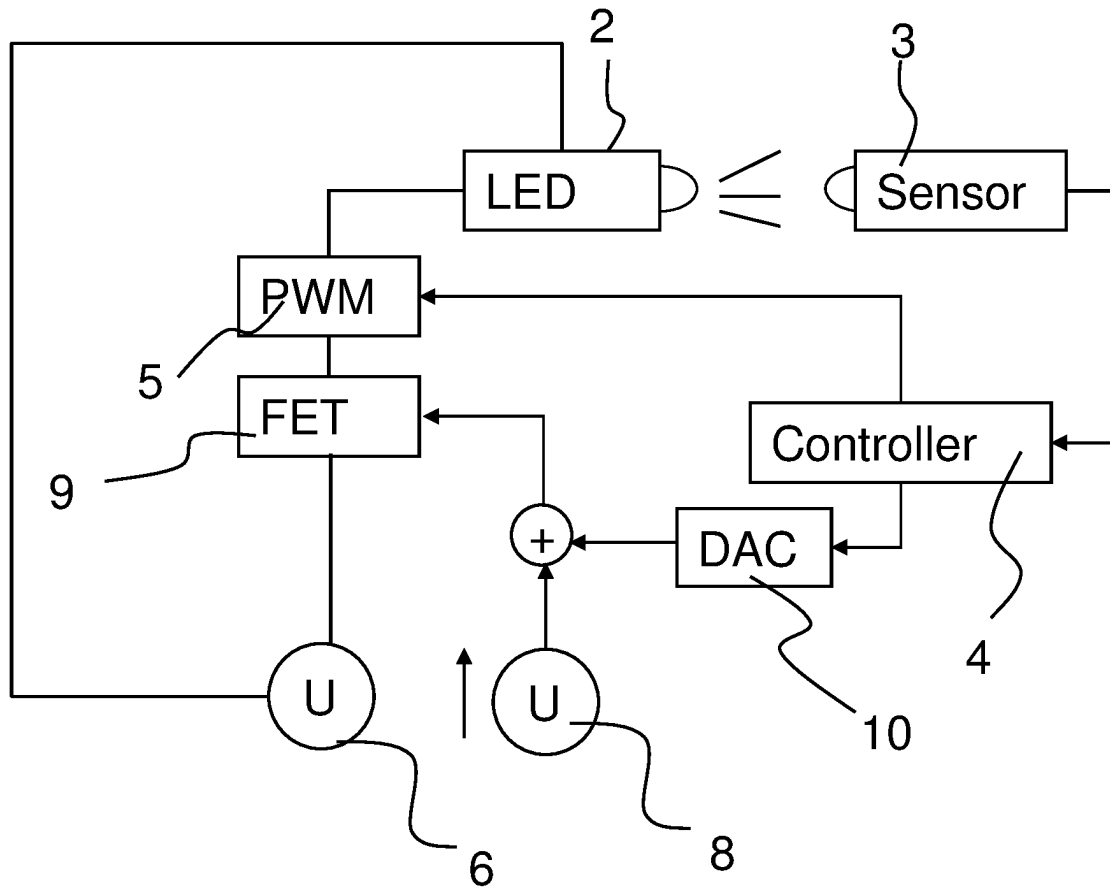


Fig. 2

1

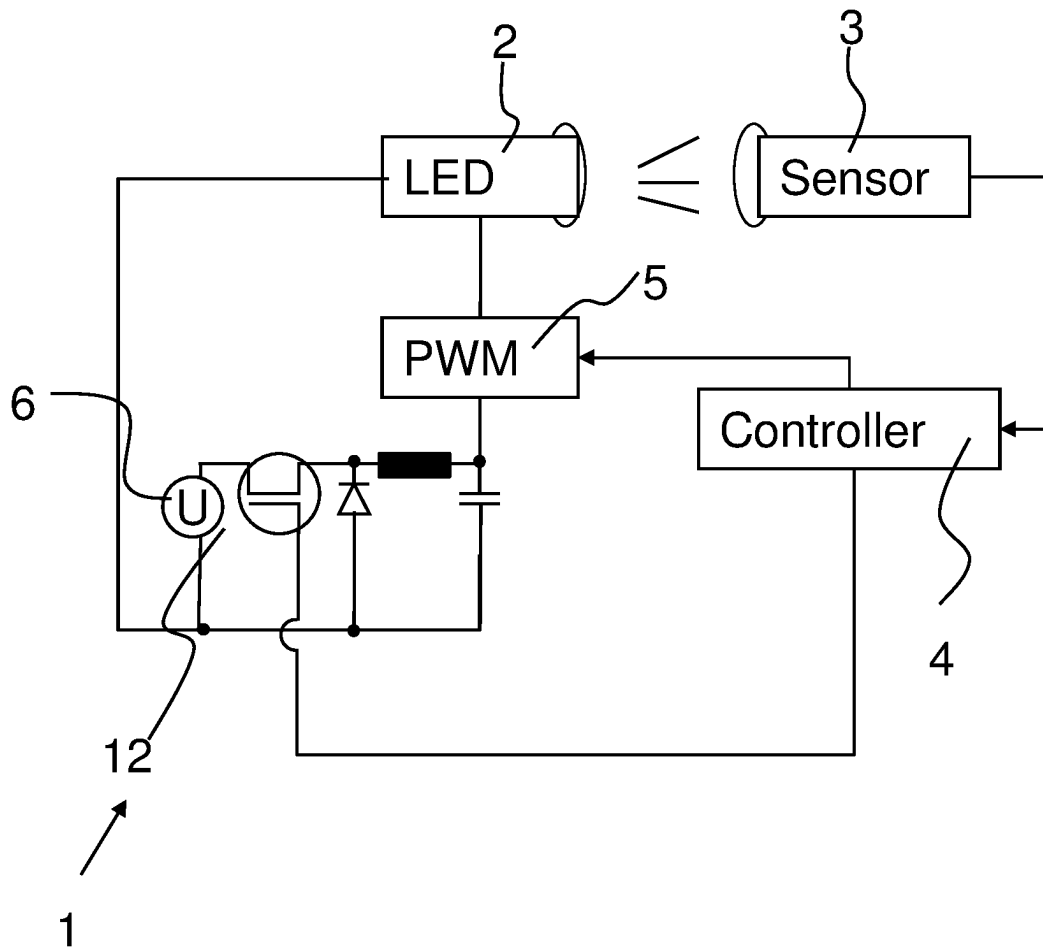


Fig. 3

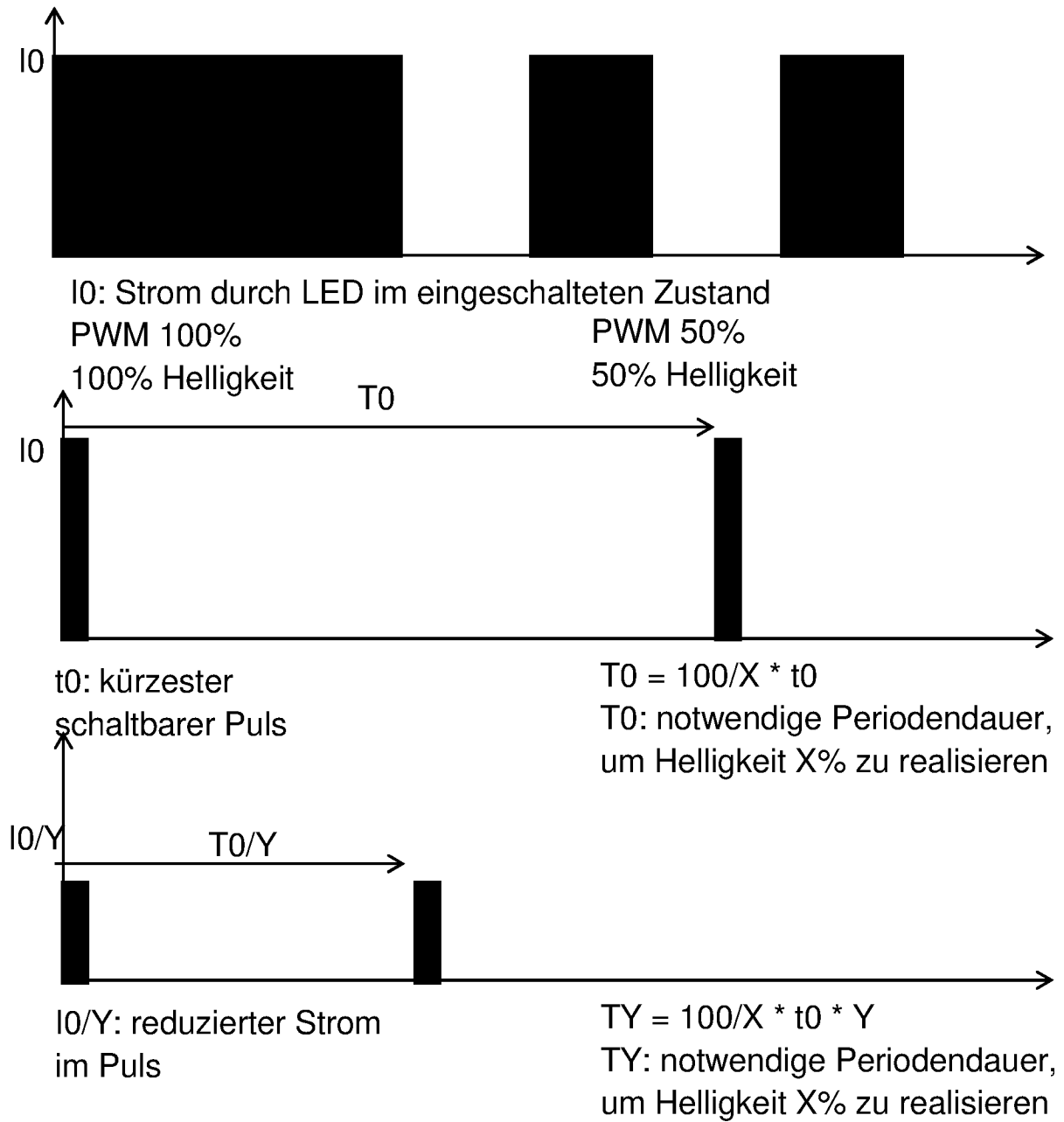


Fig. 4