



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Beleuchtungsvorrichtungen, die eine LED mit einem Pulsweitenmodulationsstrom ansteuern. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner noch energiesparende Ausgestaltungen und Verfahren für Mikrocontroller optimierte Beleuchtungsvorrichtungen, wie LED-Ketten, die durch eine Pulsweitenmodulation angesteuert werden.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** LEDs weisen einen sehr geringen dynamischen Widerstand bei demselben Spannungsabfall für weitreichend variierende Ströme auf. Folglich können sie nicht direkt mit den meisten Energiequellen verbunden werden, ohne dass eine Selbstzerstörung bewirkt wird. Daher besteht Bedarf nach Ansteuerschaltungen.

**[0003]** LED-Ansteuerungen steuern die Stärke des Stroms und der Spannung, die an den Licht emittierenden Dioden anliegen. Im Stand der Technik sind LED-Ansteuerschaltungen bekannt, die analoge Elektronikbauteile verwenden. Aber analoger, elektronischer Schaltungsaufbau bringt mehrere Nachteile mit sich: unter anderem, der Bedarf nach viel elektronischem Hilfsschaltungsaufbau (Kondensatoren, Widerstände usw.), deren Einstellung nur durch Änderung der aktiven oder passiven Bauteile möglich ist, in manchen Fällen korreliert deren Genauigkeit mit der Genauigkeit der elektronischen Bauteile.

**[0004]** Daher besteht Bedarf nach Controller basierten Elektroniken, die die derzeit vorliegenden und weitreichend verwendeten LED-Ansteuerschaltungen auf dem Markt ersetzen, die nur analoge, elektronische Bauteile aufweisen.

**[0005]** Die LED-Beleuchtungseinrichtung kann einen digitalen Controller zur Steuerung der LED-Lichtabgabe aufweisen. Der Controller könnte ein Pulsweitenmodulator, Pulsamplitudenmodulator, Pulsverschiebungsmodulator, eine Widerstandsleiter, eine Stromquelle, eine Spannungsquelle, eine Spannungsleiter, ein Spannungscontroller oder ein anderer Leistungscontroller sein.

**[0006]** Die Lichtabgabe einer LED ist proportional zum Durchlassstrom, so dass, falls der Durchlassstrom (IF) nicht ordentlich gesteuert wird, dies in einer unakzeptablen Abweichung der Lichtabgabe resultieren. Ebenso kann ein Überschreiten der vom Hersteller angegebenen Vorschrift für den maximalen IF die Lebensdauer der LED ernsthaft beeinträchtigen.

**[0007]** Bei einer anderen Herangehensweise ist die Leistungssteuerung über Pulsweitenmodulation möglich, die eine feste Frequenz der Periodendauer T verwendet. Das Dimmen wird durch Veränderung der Pulsweite erreicht. Mehrere Leuchtkraftstärken können für mehrere Einschaltdauern (Tastverhältnisse) erhalten werden. Die Leistungssteuerung wird über Frequenzmodulation durch Verwendung des Konzepts eines Steuerpulses mit fester Breite erreicht. Der Puls A weist immer dieselbe Dauer auf. Die Leuchtkraft wird anhand der Häufigkeit der Wiederholung des Pulses A gesteuert. Die Leistungssteuerung kann ferner durch Bit Angle Modulation erreicht werden, die auf einer binären Pulsfolge basiert, die den Intensitätswert enthält. Jedes Bit in der Pulsfolge ist proportional zu seiner Wertigkeit gedehnt. Falls das geringstwertige Bit b0 eine Dauer von 1 hat, dann hat Bit b1 eine Dauer von 2, die Bits b2 bis b7 weisen Dauern von 4, 8, 16, 32, 64 beziehungsweise 128 auf.

**[0008]** Während diverse Vorteile bei der Verwendung von Mikrocontrollern im Zusammenhang mit der Leistungsverwaltung einer LED-Kette vorhanden sind, gibt es immer noch zahlreiche Einschränkungen.

**[0009]** Was die Spannungen und Ströme betrifft, so ist, falls  $V_{DD}$  die Versorgung sowohl der LED als auch des Mikrocontrollers ist, nur genug Spannung zur Ansteuerung einer LED vorhanden. Einfache Topologien gestatten es nicht, dass die LED-Spannung höher als  $V_{DD}$  ist. Für mehr LEDs in Reihe, wie bei einer Kette, mit dem Vorteil, dass an allen derselbe Strom anliegt, muss  $V_{DD}$  höher sein und erfordert eine separate Energieversorgung des Mikrocontrollers.

**[0010]** Was die physikalischen Schnittstellen betrifft, die die Kommunikation unterstützen, stellt der Mikrocontroller nur einfache synchrone (SPI) oder asynchrone (SCI) Kommunikation bereit. Zusätzliche Hardware und Software werden benötigt, um DALI, DMX, LIN und weiteres zu implementieren. Benötigt wird eine Ausgestaltung, die sich wenig auf die Kosten auswirkt, die einfach für eine Beleuchtungsvorrichtung mit mehreren LEDs zu konfigurieren ist.

**[0011]** Was die Konstantstromregulierung und die Schaltgeschwindigkeit betrifft, ist die Schaltgeschwindigkeit der Schlüsselparameter in dieser Anwendung. Bauelemente mit größerer Induktivität, welche teurer sind, sind für geringe Schaltgeschwindigkeiten erforderlich. Die meisten Mikrocontroller können eine A/D-Umwandlung in etwa 1  $\mu$ s bewerkstelligen. Hinzufügen einiger Anweisungen, um den ausgelesenen Wert mit internen Schwellenwerten zu vergleichen, und die Umwandlung braucht 30 bis 40  $\mu$ s für die vollständige Analyse pro AN- oder AUS-Zyklus mit einer Ungenauigkeit von etwa 15  $\mu$ s. Dieser Fehler gibt den minimalen Induktivitätswert vor.

**[0012]** Eine andere Herangehensweise ist die willkürliche Festlegung der AN und AUS-Dauern, und dann deren Wiederanpassung, um die zwei Stromschwellenwerte zu versuchen und anzunehmen. Dieses indirekte Verfahren ermöglicht kleinere und preiswertere, induktive Bauteile, aber ist weniger exakt. Benötigt werden exakte Ausgestaltungen für eine Beleuchtungsvorrichtung mit mehreren LEDs.

**[0013]** Was die Dimm- und Modulationsgeschwindigkeit betrifft, so ist bei einer 100 prozentigen Leuchtkraft keine Modulation des Transistors erforderlich. Im anderen Extrem beim geringsten Leuchtkraftpegel, d. h. bei einem Prozent, wird es notwendig sein, den Transistor für ein Prozent der Zeit einzuschalten. Bei gegebener Tatsache, dass das Dimmen bei 100 Hz oder mehr durchgeführt werden muss, um Flackern zu vermeiden, muss die PWM-Frequenz 10 kHz oder mehr sein. Das Auge kann winzige Änderungen im Bereich geringer Leuchtstärke detektieren, und daher sind 100 Schritte nicht genug. Falls 4.000 Schritte erforderlich wären (12 bit Auflösung), hätte die PWM-Frequenz etwa um die 400 kHz zu betragen, was bei einem einfachen Mikrocontroller nahezu unmöglich wäre.

**[0014]** Daher hat die Mikrocontroller basierte LED-Ansteuerung, die die zuvor erörterten Einschränkungen überwinden würde, wenigstens Lösungen zu den Aspekten bereitzustellen, die da betreffen: eine sorgfältig gesteuerte, programmierte, Konstantstromquelle mit hoher Effizienz, Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Auswirkung auf die Größe des induktiven Bauteils und Dimmauflösung, Kommunikationsmöglichkeit mit industriellen Standards, Ansteuerbarkeit mehrerer Ausgänge und/oder LED-Ketten.

**[0015]** Diverse Versuche wurden im Stand der Technik unternommen, um die zuvor erwähnten Nachteile zu beseitigen und eine optimale Auslegung des Mikrocontrollers bereitzustellen.

**[0016]** Eine vorgeschlagene Lösung ist durch die US 2007/0247305 A1 veranschaulicht, die die Verwendung eines Mikrocontrollers zur Steuerung der LEDs durch Übertragung einer „Signatur“, die auf die Art der vorhandenen LED hinweist, lehrt. Der optimale (Soll-) Strom für die Diode wird dann unter Verwendung der übertragenen Signaturinformation eingestellt.

**[0017]** Daher basierend auf all dem zuvor Erwähnten wird insbesondere eine Anordnung und ein Verfahren benötigt, die einen oder mehrere der zuvor im Zusammenhang mit dem Stand der Technik erwähnten Nachteile ausräumen.

**[0018]** Benötigt wird ein elektronischer Schaltungsaufbau mit Energiesparfähigkeiten, der gleichzeitig ein besseres Wärmemanagement gestattet. Ferner wird ein Algorithmus zur Verwaltung und Steuerung der LED-Energiesparansteuerung benötigt. Wenigstens zwei Arten von Lösungen sind ins Auge gefasst, ein Produkt und/oder eine Messanordnung, die eine optimierte Ansteuerung und ein optimiertes Wärmemanagement bereitstellen.

**[0019]** Daher kann als objektive, technische Aufgabe, die durch die vorliegende Erfindung gelöst wird, die Bereitstellung einer verbesserten Optimierungsvorrichtung und eines Verfahrens betreffend die Gesamtleistungsaufnahme einer Beleuchtungsvorrichtung erachtet werden.

**[0020]** Als weitere objektive, technische Aufgabe, die durch die vorliegende Erfindung gelöst wird, kann die Bereitstellung einer verbesserten Optimierungsvorrichtung und eines Verfahrens betreffend die Gesamtleistungsaufnahme der LED-Kette durch Berechnen und Optimieren mehrerer Schaltungsparameter, zum Beispiel des Ansteuerstroms, der Modulationsfrequenz und der Einschaltdauer der PWM-Steuerung, angesehen werden. Diese objektiven, technischen Aufgaben werden durch die vorliegende Erfindung gemäß den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche stellen eine Weiterentwicklung des zentralen Konzepts der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise dar.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0021]** Die vorliegende Erfindung schlägt eine gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung vor, die wenigstens mehrere Diodenlampen, die in einer vorgegebenen Konfiguration angeordnet sind, und einen Mikrocontroller umfasst, der wenigstens Datenerfassungs- und Verarbeitungsmittel für mehrere Beleuchtungsvorrichtungseigenschaften umfasst, worin ein Solleinschaltdauerbereich mit einem zulässigen Minimal- und einem zulässigen Maximimwert für das Einschaltdauer (Tastverhältnisse) vorgegeben ist. Alternativ sind mehrere Einschaltdauerbereiche, die mehreren, verschiedenen Temperaturen entsprechen, vorgegeben. Der vorgegebene Solleinschaltdauerbereich und mehrere Einschaltdauerbereiche werden in dem Mikrocontroller gespeichert. Die mehreren Diodenlampen und der Mikrocontroller können entfernt voneinander angeordnet sein und über mehrere Kommunikationsstränge und -Schnittstellen kommunizieren. Die mehreren Beleuchtungsvorrichtungseigenschaften umfassen wenigstens den Strom, Leistungsintensität, Frequenz und Temperatur. Die vorgegebene Konfiguration der mehreren Diodenlampen umfasst ferner einen Temperatursensor, und die Einschaltdauer ist als eine Funktion der Temperatur gewählt, die durch den Temperatursensor bereitgestellt wird. Der Mikrocontroller, der Daten von den Datenerfassungs- und Verarbeitungsmitteln empfängt und anpasst, versorgt die mehreren Diodenlampen mit einem Strom als Funktion der Daten. Die vorgegebene Konfiguration der mehreren Diodenlampen ist eine LED-Kette.

**[0022]** Die vorliegende Erfindung schlägt ferner ein Leistungsoptimierverfahren für eine Beleuchtungsvorrichtung vor, die Folgendes umfasst: anfänglicher Betrieb der Beleuchtungsvorrichtung bei einem niedrigen Einschaltdauer, kontinuierliches Steigern der Einschaltdauer und Messen der rückgeführten Signale entsprechend jeder Steigerung, Berechnen des Leistungsaufnahmesmaßes basierend auf einem Verhältnis der Lichtintensität pro Watt; und Durchführen eines Einschaltdauerdurchlaufs durch einen Mikrocontroller bei jedem Zurücksetzen, worin ein Solleinschaltdauerbereich mit einem zulässigen Minimal- und einem zulässigen Maximalwert für die Einschaltdauer vorgegeben ist. Der Mikrocontroller speichert die Leistungseffizienz pro Einschaltdauerkurve. Die vorgegebenen Werte für die zulässige Einschaltdauer gewährleisten, dass der nachfolgende Betrieb der Beleuchtungsvorrichtung in dem optimierten Einschaltdauerbereich durchgeführt wird. Mehrere Einschaltdauerbereiche, die mehreren, verschiedenen Temperaturen entsprechen, sind ebenso vorgegeben.

## Kurzbeschreibung der Figuren

**[0023]** Die folgenden Figuren stellen bestimmte, veranschaulichende Ausführungsformen der Erfindung dar, in welchen gleich Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen. Diese dargestellten Ausführungsformen sollen als Veranschaulichung der Erfindung verstanden werden und sind in keiner Weise als einschränkend zu verstehen.

**[0024]** [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm für eine Beleuchtungsvorrichtung, die gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung verwirklicht ist.

**[0025]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm des Verfahrens der vorliegenden Erfindung.

**[0026]** [Fig. 3](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x/W$  Werte als Funktion des Einschaltdauer aufgetragen sind und wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine Kette weißer LEDs ist.

**[0027]** [Fig. 4](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der normierten  $I_x$  Werte als Funktion des Einschaltdauer aufgetragen sind und wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine Kette weißer LEDs ist.

**[0028]** [Fig. 5](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x$  Differenzen als Funktion des Einschaltdauer aufgetragen sind und wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine Kette weißer LEDs ist.

**[0029]** [Fig. 6](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x/W$  Differenzen als Funktion des Einschaltdauer aufgetragen sind und wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine Kette weißer LEDs ist.

**[0030]** Die nachfolgende Beschreibung betrifft diverse, veranschaulichende Ausführungsformen der Erfindung. Obwohl diverse Abwandlungen der Erfindung vom Fachmann in Erwägung gezogen werden könnten, sollen solche Abwandlungen und Verbesserung vom Umfang dieser Offenbarung umfasst sein. Somit ist der Umfang der Erfindung in keinsten Weise durch die nachfolgende Offenbarung eingeschränkt.

**[0031]** Wie hierin verwendet, meint der Ausdruck „LED“ oder „Diodenlampen“, die in diesem Dokument austauschbar verwendet werden, irgendein System, das in der Lage ist, ein elektrisches Signal zu empfangen und eine Farbe aus Licht in Reaktion auf das Signal zu erzeugen. Somit sollte der Ausdruck „LED“ so verstanden werden, dass er Licht emittierende Dioden jeglicher Art, Licht emittierende Polymere, Halbleitereinzelschaltkreise, die Licht in Reaktion auf einen Strom erzeugen, organische LEDs, Elektrolumineszenzstreifen und andere solche Systeme beinhaltet. In einer Ausführungsform kann sich „LED“ auf ein einziges Modul Licht emittierender Dioden mit mehreren Halbleitereinzelschaltkreisen beziehen, die einzeln angesteuert werden. In einer anderen Ausführungsform kann sich „LED“ auf mehrere LEDs beziehen, die in Reihe oder parallel verbunden sind. In einer weiteren Ausführungsform kann sich LED auf eine LED-Kette beziehen. Es sollte auch verstanden werden, dass der Ausdruck „LED“ oder der Ausdruck Diodenlampe die Art der Verbackung der LED nicht einschränkt. Der Ausdruck „LED“ beinhaltet verpackte LEDs, nicht-verpackte LEDs, Oberflächen montierte LEDs, LEDs mit Chip auf der Leiterplatte und LEDs aller anderer Ausgestaltungen.

**[0032]** LEDs sind Strom betriebene Bauteile, die mit einem spezifizierten Strom angesteuert werden müssen, um die vorhersagbare Leuchtstärke und Farbtonpegel zu erreichen. Die Leuchtstärke kann durch Verwendung von Pulsweitenmodulation (PWM) gesteuert werden, welche den Farbton nicht beeinflussen wird.

**[0033]** Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung kann ein „Prozessor“ oder „Verarbeitungsmittel“, was ferner in des Dokument austauschbar verwendet wird, einen Mikroprozessor, Mikrocontroller, einen programmierbaren, digitalen Signalprozessor, eine andere programmierbare Einrichtung, einen Controller, einen adressierbaren Controller, einen adressierbaren Mikroprozessor, einen Computer, einen programmierbaren Prozessor, einen programmierbaren Controller, einen zweckgebundenen Prozessor, einen zweckgebundenen Controller, eine integrierte Schaltung, eine Steuerschaltung oder anderen Prozessor beinhalten. Ein Prozessor kann auch oder stattdessen eine anwendungsspezifische, integrierte Schaltung, eine programmierbare Gatteranordnung, ein programmierbares Matrixschaltwerk, einen programmierbaren Logikbaustein, einen digitalen Signalprozessor, einen analog-nach-digital-Wandler, einen digital-nach-analog-Wandler oder irgendein anderes Bauteil beinhalten, das ausgestaltet ist, elektronische Signale zu verarbeiten. Des Weiteren kann ein Prozessor diskrete, digitale Komponenten wie Logikkomponenten, Schieberegister, Zwischenspeicher oder irgendeinen anderen separat verpackten Chip oder eine andere Komponente zur Realisierung einer digitalen Funktion beinhalten. Irgendeine Kombination der obigen Schaltungen und Komponenten, ob diskret verpackt, als Chip, als Chipsatz oder als Einzelschaltkreis kann geeignet auf die Verwendung als Prozessor, wie hierin beschrieben, angepasst werden. Es wird ferner deutlich werden, dass der Ausdruck Prozessor auf ein integriertes System, wie einen Personal Computer, einen Netzwerk-Server oder ein anderes System, das autonom oder in Reaktion auf Befehle arbeitet, um elektronische Signale, wie die hierin beschriebenen, zu verarbeiten, zutrifft.

**[0034]** Wo ein Prozessor eine programmierbare Einrichtung, wie einen Mikroprozessor oder einen Mikrocontroller, wie zuvor erwähnt, beinhaltet, kann der Prozessor ferner computerausführbaren Code beinhalten, der den Betrieb der programmierbaren Einrichtung steuert.

**[0035]** Der „Controller“ oder ein „Mikrocontroller“ kann ein Pulsweitenmodulator, Pulsamplitudenmodulator, Pulsverschiebungsmodulator, eine Widerstandsleiter, eine Stromquelle, eine Spannungsquelle, eine Spannungsleiter, ein Schalter, ein Transistor, ein Spannungscontroller oder ein anderer Controller sein, der Mikrocontroller kann in einen Computer integriert sein oder nicht. Der Controller steuert den Strom, die Spannung oder die Leistung, die durch die LED geht. Der Controller weist auch einen Signaleingang auf, wobei der Controller auf ein Signal reagiert, das am Signaleingang empfangen wird. Der Signaleingang steht in Verbindung mit dem Prozessor, so dass der Prozessor Signale dem Signaleingang übermittelt, und der Controller reguliert den Strom, die Spannung und/oder die Leistung, die durch die LED geht. In einer Ausführungsform können einige LEDs mit unterschiedlich spektralen Ausgaben verwendet werden. Jede dieser Farben kann durch separate Controller angesteuert werden. Der Prozessor und der Controller können in ein Bauelement eingebaut werden. Dieses Bauelement kann ein Leistungsvermögen aufweisen, diverse LEDs in einer Kette anzusteuern, oder es kann lediglich in der Lage sein, eine oder wenige LEDs direkt zu versorgen. Der Prozessor und der Controller können auch separate Bauelemente sein. Durch unabhängige Steuerung der LED, kann ein Farbmischen zur Schaffung von Beleuchtungseffekten erreicht werden.

**[0036]** Zum Lösen der Aufgaben der vorliegenden Erfindung kann auch „elektronischer Speicher“ vorgesehen sein. Der Speicher ist in der Lage, Algorithmen, Tabellen oder Werte, die in Zusammenhang mit den Steuersignalen stehen, zu speichern. Der Speicher kann Programme zur Steuerung der LEDs oder des Prozessors speichern. Der Speicher kann Speicher, Nur-Lese-Speicher, programmierbarer Speicher, programmierbarer Nur-Lese-Speicher, elektronisch löschbarer, programmierbarer Nur-Lese-Speicher, Direktzugriffsspeicher, dynamischer Direktzugriffsspeicher, Direktzugriffsspeicher mit doppelter Datenrate, Rambus-Direktzugriffsspeicher, Flash-Speicher, oder irgendein anderer flüchtiger oder nicht-flüchtiger Speicher zur Speicherung von Programmanweisungen, Programmdateien, Adressinformation und einer Programmausgabe oder anderen Zwischen- oder Endergebnissen sein.

**[0037]** Ein Programm kann zum Beispiel Steueralgorithmen zum Betrieb in einem Mikrocontroller speichern. Eine Benutzerschnittstelle kann auch mit dem Prozessor in Verbindung stehen. Die Benutzerschnittstelle kann verwendet werden, um ein Programm aus dem Speicher auszuwählen, ein Programm aus dem Speicher zu modifizieren, ein Programmparameter aus dem Speicher zu modifizieren, ein externes Signal, eine Initialisierung auszuwählen oder um andere Benutzerschnittstellenlösungen bereitzustellen. Der Prozessor kann auch adressierbar sein, um an ihn adressierte Programmiersignale zu empfangen. Eine andere „Schnittstelle“ ist eine Schnittstelle, die in Verbindung mit einer Energiequelle steht.

**[0038]** Ein Energiespeicherelement kann mit einer Energiequelle in Verbindung stehen. Die Energiespeichereinrichtung kann mit einem Prozessor in Verbindung stehen. Das Energiespeicherelement kann ein Kondensator, nicht-flüchtiger Speicher, ein Batterie gepufferter Speicher, ein Relais, eine Speichereinrichtung oder irgendein anderes Energiespeicherelement sein. Das Element kann ein logisches H-Zustandssignal und ein logisches L-Zustandssignal an den Prozessor in Abhängigkeit des Zustands des Elements an den Prozessor übertragen. Zum Beispiel kann das Element ein logisches L-Zustandssignal übertragen, wenn die Einrichtung mit der Energiequelle verbunden ist und ein logisches H-Zustandssignal übertragen, wenn die Einrichtung von der Energiequelle getrennt ist. Das logische H-Zustandssignal kann sich nach einer vorgegebenen Zeitdauer in ein logisches L-Zustandssignal ändern, und der Prozessor kann das Signal überwachen. Die Beleuchtungseinrichtung könnte so programmiert sein, dass ein letztes Beleuchtungsprogramm in Gang gesetzt wird, wenn die Einrichtung ihre Energie verliert. Falls die Einrichtung innerhalb einer vorgegebenen Dauer wieder mit Energie versorgt wird, während das logische Signal im H-Zustand ist, kann die Einrichtung ein neues Programm zur Ausführung aus dem Speicher auswählen. Falls die Einrichtung in einer vorgegebenen Dauer nicht wieder mit Energie versorgt wird, kann die Einrichtung in dem letzten Beleuchtungsprogramm oder einem voreingestellten Programm hochfahren. Ein nicht-flüchtiger Speicher, ein Batterie gepufferter Speicher oder ein anderer Speicher kann vorgesehen sein, dass das letzte Programm nicht vergessen wird. Die Technik kann zur Änderung des Programms, eines Programmparameters oder einer anderen Einstellung verwendet werden. Diese Technik kann in einer Vorrichtung verwendet werden, die keine separate Benutzerschnittstelle beinhaltet, indem die Energie der Beleuchtungseinrichtung aus- und eingeschaltet wird. Ein separater Schalter könnte auch zur Anwendung kommen, um die Benutzerschnittstelle bereitzustellen sowie als ein An/Aus-Schalter.

**[0039]** Es wird verstanden werden, dass zu Zwecken der vorliegenden Erfindung irgendeine oder alle der zuvor erwähnten Einrichtungen in den beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beinhaltet sind.

**[0040]** Zu Zwecken der vorliegenden Erfindung sind weiße LED- und PWM-LED-Ansteuerungen mit analoger Dimmmöglichkeit von Interesse in den beispielhaften Ausführungsformen.

**[0041]** Typischerweise umfasst die Beleuchtungsvorrichtung einen Temperatursensor. In einer nicht einschränkenden Ausführungsform ist der Temperatursensor an der heißesten Stelle des Beleuchtungsmoduls angeordnet. Die Temperaturmessschaltung kann auch in einer anderen nicht einschränkenden Anordnung ein selbstständiges Messelement sein.

**[0042]** [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm für eine Beleuchtungsvorrichtung, bei der die Prinzipien der vorliegenden Erfindung verwirklicht sind.

**[0043]** Der elektronische Schaltungsaufbau, der eine Beleuchtungsvorrichtung mit Leistungsoptimierungseigenschaften und optimierten Wärmemanagementfähigkeiten, die durch die vorliegende Erfindung vorgeschlagen wird, wird weiter in Verbindung mit der elektronischen Schaltung erläutert, die in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist. Der Algorithmus der die LED-Energiesparansteuerung regelt und steuert, wird ebenso anhand der beispielhaften, in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht. Ein Produkt und/oder ein Messsystem, das eine optimierte Ansteuerung und ein optimiertes Wärmemanagement bereitstellt, wird auch ferner in

Verbindung mit der in [Fig. 1](#) gezeigten Realisierung veranschaulicht.

**[0044]** Anhand des Schaltungsaufbaus der [Fig. 1](#) wird auch eine verbesserte Leistungsoptimierungsvorrichtung und ein zugehöriges Verfahren für den Gesamtenergieverbrauch der LED-Kette-Beleuchtungsvorrichtung durch Berechnen und Optimierung mehrerer Schaltungsparameter, zum Beispiel des Ansteuerstroms, der Modulationsfrequenz und des Einschaltdaueresses der PWM-Steuerung, bereitgestellt.

**[0045]** Der Beispielschaltungsaufbau für die Beleuchtungsvorrichtung **100** umfasst, aber ist in keiner Weise eingeschränkt auf

- Element **101**, das ein Personal Computer ist, der zur Visualisierung und Programmierung eines Mikrocontrollers **102** verwendet wird,
- Element **102**, das ein Mikrocontroller zur Datenerfassung und Datenübertragung zwischen dem PC und dem Beleuchtungssystem sowie zur PWM-Steuerung ist,
- Element **103**, das ein LCD zur Funktionssignalisierung ist,
- Element **104**, das eine Strommesseinrichtung, wie zum Beispiel ein Shunt ist,
- Element **105** ist eine Ansteuerung zur Ansteuerung eines Schalters (z. B. Transistor) **105'** in Reaktion auf die PWM-Signale, die durch das  $\mu\text{C}$  **102** zugeführt werden,
- Element **106** ist eine Durchlassspannungsmessvorrichtung,
- Element **107** ist ein Temperaturmessaufbau,
- Element **108** ist eine Kommunikationsverbindung, wie z. B. eine RS-232 Halbduplex-Kommunikationsverbindung,
- Element **109** ist eine LED-Kette, die ein oder mehrere LEDs umfasst,
- Element **110** ist eine Konstantstromversorgung für die LED-Kette,
- Element **111** ist eine handbetätigte Schnittstelle, wie z. B. ein Druckknopfblock zur Parameterauswahl und Parametereinstellung, sollte auf den Computer zur PWM-Steuerung verzichtet werden,
- Element **112** ist eine externe Wellenlängenmesseinrichtung zur Lichtleistungsberechnung,
- und Element **114** ist ein Photodiodenmeselement zur Lichtleistungserfassung.

**[0046]** Der Computer **101** zur Visualisierung und Programmierung kann von Hand oder automatisch gemäß den gemessenen Werten und gemäß der Steuerungsstrategie bedient werden.

**[0047]** Der Personal Computer zur Visualisierung und Programmierung **101** und der Mikrocontroller **102** können gemäß den Elementen, die in diesem Dokument früher während der Erörterung eines „Prozessors“, eines „Controllers“ oder eines „Mikrocontrollers“ und eines „elektronischen Speichers“ erörtert wurden, verwirklicht sein oder diese Elemente umfassen und können mit Einrichtungen ausgestattet sein, die früher in dem Dokument als betriebsfähige Verwirklichungen für eine Schnittstelle und darin umfasste Steuerungs- und Berechnungssoftware erörtert wurden. Des Weiteren kann der Computer die Möglichkeit der Eingabe externer Wellenlängenparametermessungen zum Mikrocontroller, Mikroprozessor, DSP, usw. sicherstellen.

**[0048]** Nachfolgend wird eine Lichtleistungsmessung und -Berechnungsalgorithmus erörtert: Die Lichtleistung wird durch Photodioden, zum Beispiel mit einer Einrichtung wie die Einrichtung **112**, die die Lichtintensität misst, gemessen.

**[0049]** Jede Photodiode weist einen individuellen A/W-Wert für ihre Sollwellenlänge auf, wobei A für den Strom steht, die in Abhängigkeit der erfassten Lichtleistung W steht.

**[0050]** Der Photodiodenstrom A kann zum Beispiel durch Verwendung eines Instrumentalvertärkers gemessen werden und die Lichtleistung kann nach einer Strom-nach-Spannung-Umwandlung als ein Parameter V/W berechnet werden, wobei V die Spannung bezeichnet.

**[0051]** Der Lichtfluss und somit die Lichtleistung müssen kalibriert werden. Dies wird durch Verwendung externer Laborausrichtung erreicht, die nicht explizit in Zusammenhang mit der Vorrichtung der [Fig. 1](#) gezeigt ist.

**[0052]** Für jede Photodiode, welche nach der Verstärkung eine individuelle  $V/W(\lambda)$  Charakteristik aufweist, wird eine Nachschlagtabelle in dem erforderlichen Wellenlängenbereich erzeugt, da eine integrierte Multiplikation mit der Eingabe des Wellenlängenparameters notwendig sein soll. Durch Verwendung eines externen Wellenlängenmesssystems kann dies gelöst werden.

**[0053]** Die folgenden, mathematischen Formeln werden zur Berechnung der emittierten Lichtleistungsbe-rechnung verwendet:

$$V_{\text{Verstärker}}(I_{\text{Diode}}) = K I_{\text{Diode}}$$

$$W_{\text{Licht}} = V_{\text{Verstärker}}(\lambda) = K_{\text{Lookup}} V_{\text{Verstärker}} \quad (1)$$

wobei  $V_{\text{Verstärker}}$  die Spannung am Verstärker bezeichnet,  $I_{\text{Diode}}$  den Durchlassstrom pro Diode bezeichnet,  $K$  einen Leistungskoeffizienten bezeichnet,  $W_{\text{Licht}}$  die Lichtleistung bezeichnet,  $\lambda$  die Wellenlänge bezeichnet und  $K_{\text{Lookup}}$  den in einer Nachschlage-(Lookup)-Tabelle gespeicherten Leistungskoeffizienten bezeichnet, und  $V_{\text{Verstärker}}(\lambda)$  die spektrale Lichtausbeutefunktion ist.

**[0054]** Zum Zweck der Vereinfachung des Berechnungsalgorithmus für die Lichtleistung wird optimalerweise ein Bereich mit der Hilfe einer quasi-linearen Kurve gewählt.

**[0055]** Das Strommeselement **104** misst den Durchlassstrom der LED-Kette **109**, und jene Messung wird in den Mikrocontroller **102** zurückgeführt. Der Strom durch die LED-Kette **109** ist anfänglich durch den Sollstromwert für die spezifischen LEDs vorgegeben, die die Kette bilden.

**[0056]** Das Element zur Durchlassspannungsmessung **106** misst die Spannung über die LED-Kette, und führt diese Information dem Mikrocontroller **102** zurück. Basierend auf diesen Werten berechnet ein Verarbeitungselement **102c**, das zum Beispiel durch den Mikrocontroller **102** gebildet wird und einen Algorithmus anwendet, der die mathematischen Formeln zur Durchführung der obigen Berechnung verwendet, idealerweise die elektrische Energie, die von der LED-Kette verbraucht wird.

**[0057]** Mikrocontroller sind zu verwenden, da sie Möglichkeiten zur freien Auswahl des Steueralgorithmus, der freien Kompensation der Offsets haben, sie weisen akzeptable Auflösung zur Erfassung der erforderlichen Parameter auf; zusammengefasst: sind sie eine realisierbare Alternative bei der „Programmierung“ des gemessenen Durchlassstroms oder der Temperatur in einer Beleuchtungsvorrichtung.

**[0058]** Die darin aufgenommenen Steueralgorithmen, wie zuvor gezeigt im Mikrocontroller **102**, können auf der Leistungssteuerung basiert sein, welche das Produkt des gemessenen Durchlassstroms und der an der LED-Kette gemessenen Spannung ist.

**[0059]** Des Weiteren ist die Mikrocontrollerlösung bei Leistungssparlösungen mit traditioneller Steuerung (PID) oder Steueralgorithmen mit Nachschlagetabelle anwendbar. Für eine zusätzliche Rückkopplung besteht die Möglichkeit der Integration eines drei Stimuli-RGB-(Rot Grün Blau)-Sensors in die Beleuchtungsvorrichtung oder einer Lichtintensitätssensor-Rückkopplung wie **112**.

**[0060]** Das PWM-Einschaltdauer-Verfahren ist zur Leistungsberechnung verwendbar, und durch Verwendung eines digitalen Multiplikationsalgorithmus, der in einem Mikrocontroller **102** resident sein kann, kann die Leistungsaufnahme berechnet werden.

**[0061]** Ferner kann für zusätzliche Vergleiche das Verhältnis zwischen der elektrischen Leistung, der Temperatur und der emittierten Lichtmenge berechnet werden.

**[0062]** Zur Berechnung der elektrischen Leistungsparameter, die von Interesse sein können, kann das Folgende verwendet werden:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{D}{f} \int_0^1 u(t) dt} = \sqrt{D\hat{U}} \\ I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{D}{f} \int_0^1 i(t) dt} = \sqrt{D\hat{I}} \end{array} \right\} \Rightarrow P_{\text{elektrisch}} = D\hat{U}\hat{I} \quad (2)$$

wobei  $U_{\text{eff}}$  die effektive Spannung bezeichnet,  $f$  die Frequenz bezeichnet,  $t$  die Zeit bezeichnet,  $D$  den Sperrschichtkoeffizienten bezeichnet,  $I_{\text{eff}}$  den Durchlassstrom pro Diode bezeichnet, und  $P_{\text{elektrisch}}$  die zugeführte elektrische Leistung bezeichnet.

**[0063]** Der elektrische Leistungsparameter berücksichtigt die durch die thermische Wirkung verbrauchte Energie. Die Steuerung des Einschaltdauer ist im richtigen Register des Mikrocontroller erhältlich.

**[0064]** Die digitalen Operationen, die der Berechnung der elektrischen Leistung zuzuschreiben sind, werden von der in dem Mikrocontroller eingebetteten Software übernommen.

**[0065]** Ein optimaler Temperaturbereich (zwischen einer minimalen und einer maximalen Temperatur) ist vorgegeben. Die Temperatur wird gesteuert und die aktuelle Temperatur der LED-Kette, die durch das Element **107** gemessen wird, wird zum Mikrocontroller **102** zurückgeführt. Die optimale Temperatur wird in diesem Bereich durch adaptives Ändern des Einschaltdauer und der Frequenz der PWM-Steuerung gehalten, wie es ferner im Detail und in Verbindung mit den Verfahren der vorliegenden Erfindung erläutert wird.

**[0066]** Die Temperatursteuerung kann entweder durch Abruf von Information aus einer vordefinierten Tabelle, die zum Beispiel im Speicher des Mikrocontrollers gespeichert ist oder durch vom Zufall abhängige Auswahl bei Anwendung des Parameter verarbeitenden Verfahrens erreicht werden. Falls die erste Methodik zur Anwendung kommt, um die Genauigkeit oder Stabilität des Temperaturmanagements zu verbessern, werden drei oder vier Drahtmesseinrichtungen verwendet.

**[0067]** Dem Fachmann wird deutlich werden, dass es viele Arten von Personal Computer zur Visualisierung und PWM-Steuerung, Mikrocontroller zur Datenerfassung und Datenübertragung zwischen dem PC und dem Beleuchtungssystem, LCDs für Funktionssignalisierung, Strommesselementen, LED-Kette-Ansteuerschaltungen, Durchlassspannungsmessvorrichtungen, Temperaturmessschaltungen, Kommunikationsverbindungen, LED-Ketten, Konstantstromversorgungen für die LED-Kette, Druckknopfblöcken zur Parameterauswahl und Parametereinstellungen, im Falle des Computers, Wellenlängenmesseinrichtungen, und Photodiodenmeselemente zur Leuchtleistungsberechnung gibt, die für die praktische Verwirklichung der Beleuchtungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 verwendet werden können, und die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf die ausdrücklich hierin gegebenen Beispiele. Es wird ferner deutlich werden, dass die Konfiguration des Beleuchtungssystem, das in [Fig. 1](#) gezeigt ist, nicht auf das hierin gegebene Beispiel beschränkt ist, und dass viele Abwandlung im Bereich der Prinzipien der vorliegenden Erfindung vom Fachmann in Erwägung gezogen werden können.

**[0068]** [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm des Verfahrens der vorliegenden Erfindung.

**[0069]** Das Verfahren **200** umfasst in einer veranschaulichenden, nicht einschränkenden Ausgestaltung einen Initialisierungsschritt **202**, in dem  $L_{min}$ ,  $L_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ,  $I_{min}$ ,  $I_{max}$ ,  $f_{min}$ ,  $f_{max}$ ,  $D_{cycle\ min}$ ,  $D_{cycle\ max}$  aus ihren zugehörigen Nachschlagetabellen abgerufen werden oder gemäß der Abfolge der Schritte aus dem Bereich von **202** bis **210** gemessen werden.

**[0070]** In Schritt **204** wird die Beleuchtungsvorrichtung mittels PWM mit kurzen Pulsen (d. h. geringem Einschaltdauer) ohne Erwärmung im „kalten“ Zustand angesteuert. Nachfolgend erfolgt in Schritt **206** die Parametermessung und Datenverarbeitung bei und unter Berücksichtigung der Anfangstemperatur. Ferner kommt es in Schritt **208** zur Messung der Anfangsparameter und deren Speicherung in einem Speicher. Darauf basierend findet in Schritt **210** die Datenerfassung und -Verarbeitung und die Kommunikation mit dem PC betreffend den Strom, die Leistung, die Intensität und die wie zuvor ermittelte Temperatur statt.

**[0071]** Es wird im folgenden Schritt **212** geschätzt, ob die gemessene Temperatur größer als die vorgegebene Maximaltemperatur für die Beleuchtungsvorrichtung ist. Falls nicht, wird mit Schritt **214** fortgeführt, und das System schätzt, ob die Frequenz das Maß der Maximalfrequenz erreicht hat. Falls das Ergebnis der in Schritt **212** vorgenommenen Schätzung in dem nachfolgenden Schritt **222** das ist, dass die gemessene Temperatur größer als die vorgegebene Maximaltemperatur ist, wird die Einschaltdauer verringert und wird die Frequenz ebenso verringert. Ferner wird zu der Abnahme im nachfolgenden Schritt **222** ermittelt, ob die Einschaltdauer geringer als die minimale Einschaltdauer ist. Falls festgestellt wird, dass die Einschaltdauer größer als die minimal vorgegebene Einschaltdauer ist, steuert der Controller das Einschalten der Vorrichtung und reguliert dieses in Schritt **236** so, dass die Einschaltdauer gleich der minimalen Einschaltdauer wird. Falls festgestellt wurde, dass die Einschaltdauer kleiner als die minimale Einschaltdauer in Schritt **222** war oder in Schritt **236** reguliert wurde, führt der Prozessor in Schritt **220** mit der Überprüfung der Frequenz gegenüber der Minimalfrequenz fort. Falls festgestellt wurde, dass die Frequenz kleiner als die Minimalfrequenz ist, reguliert der Prozessor dann die Frequenz in Schritt **234**. Falls die Frequenz in Schritt **234** reguliert wurde oder es in Schritt **220** festgestellt wurde, dass sie größer als die Minimalfrequenz ist, wird der Prozessor zu Schritt **210** zurückkehren, um zu beurteilen, ob die Temperatur des Systems größer als die Maximaltemperatur ist.

**[0072]** Falls in Schritt **212** festgestellt wurde, dass die Temperatur kleiner als die Maximaltemperatur ist oder sie durch die Sequenz von zuvor erörterten Schritten reguliert wurde, führt das System mit der Beurteilung fort,

ob die Frequenz ihren Maximalwert erreicht hat. Falls die Maximalfrequenz nicht erreicht wurde, reguliert der Prozessor die Frequenz durch Erhöhen auf das gewünschte Maß, und der Steuerzyklus kehrt zurück zum Vorschritt **210**. Falls die Frequenz gleich der Maximalfrequenz ist, beurteilt das System in Schritt **216**, ob die Intensität größer als die Maximalintensität ist oder nicht. Falls ja, geht eine Einschaltdauerverringering in einem nachfolgenden Schritt **229** in Ordnung, die Steuerelemente bewerkstelligen diese Abnahme in Schritt **228**, bevor der Steuerzyklus zum Vorschritt **210** zurückkehrt. Falls die Intensität nicht größer als die Maximalintensität ist, beurteilt das System in Schritt **218**, ob die Intensität kleiner als die Minimalintensität ist. Sollte die Intensität kleiner als die Minimalintensität sein, führt die Steuerungsschleife in Schritt **232** damit fort, die Einschaltdauer zu erhöhen. Es wird in Schritt **230** beurteilt, ob die Einschaltdauer größer als die Maximaleinschaltdauer ist, und falls nicht, reguliert in Schritt **238** das Steuerelement die Einschaltdauer so, dass sie gleich der Maximaleinschaltdauer ist. Sobald dies erreicht ist, kehrt der Steuerkreis zurück zum Vorschritt **210**.

**[0073]** In [Fig. 2](#) bezeichnet D. C. die Einschaltdauer,  $T_{\text{MIN}}$  bezeichnet die Minimaltemperatur,  $T_{\text{MAX}}$  bezeichnet die Maximaltemperatur, Int. bezeichnet die Intensität, Freq. bezeichnet die Frequenz,  $L_{\text{min}}$  bezeichnet die minimale Lichtintensität,  $L_{\text{max}}$  bezeichnet die maximale Lichtintensität,  $I_{\text{min}}$  bezeichnet den elektrischen Minimalstrom,  $I_{\text{max}}$  bezeichnet den elektrischen Maximalstrom,  $f_{\text{min}}$  bezeichnet die Minimalfrequenz, und  $f_{\text{max}}$  bezeichnet die Maximalfrequenz.

**[0074]** Wie zuvor in Verbindung mit dem Verfahren **200** veranschaulicht, werden Parameter wie der Ansteuerstrom, die Modulationsfrequenz und die Einschaltdauer der PWM-Steuerung berechnet, um den Gesamtenergieverbrauch für die LED-Kette zu optimieren.

**[0075]** In dem Flussdiagramm **200** der [Fig. 2](#) sind die Frequenz und die Einschaltdauer der PWM-Steuerung festgelegt. Jedoch der Strom durch die LED-Kette ist nur anfänglich auf den Sollstrom für die LEDs festgelegt.

**[0076]** Des Weiteren ist ein optimaler Temperaturbereich (zwischen einer Minimal- und einer Maximaltemperatur) vorgegeben, und es wird so durch adaptive Änderung der Einschaltdauer und der Frequenz der PWM-Steuerung gesteuert, dass die tatsächliche Temperatur der LED-Kette in diesem Bereich liegt.

**[0077]** Noch weitergehend kann ein Lichtintensitätsbereich zwischen  $L_{\text{min}}$  und  $L_{\text{max}}$  vorgegeben werden, und durch adaptives Einstellen der Einschaltdauer (innerhalb eines zulässigen Einschaltdauerbereichs zwischen  $D_{\text{cycle}_{\text{min}}}$  und  $D_{\text{cycle}_{\text{max}}}$ ) wird die Intensität so gesteuert, dass sie im zulässigen Intensitätsbereich liegt.

**[0078]** Um die Leistung sparende Vorgehensweise zu beinhalten, kann der Mikrocontroller nach jedem Neustart einen Einschaltdauerdurchlauf durchführen. Anders ausgedrückt, der Mikrocontroller beginnt mit einem Betrieb der LED-Kette mit einer vergleichsweise kleinen Einschaltdauer und erhöht die Einschaltdauer kontinuierlich, alles durch Messen der rückgeführten Signale und Berechnen der entsprechenden Leistungsaufnahmewerte, die zum Beispiel durch das Verhältnis der Lichtintensität pro Watt ausgedrückt werden.

**[0079]** Am Ende dieses Einschaltdauerdurchlaufs hat der Mikrocontroller die Leistungseffizienz pro Einschaltdauerkurve gespeichert und kann dann die Bereiche für die zulässige Einschaltdauer vorgeben, um im nachfolgenden Betrieb der LED-Kette zu gewährleisten, dass der Betrieb in diesem optimierten Einschaltbereich durchgeführt wird. Daher ist das in [Fig. 2](#) gezeigte Ablaufdiagramm eine Steuerungsvorgehensweise, die nach einem anfänglichen Einschaltdauerdurchlauf durchgeführt wird. Der Mikrocontroller speichert eine charakteristische Kurve für die Leistungseffizienz in Abhängigkeit der Einschaltdauer.

#### Beispielausführungsformen

**[0080]** Eine exemplarische, praktische Implementierung des in Verbindung mit [Fig. 1](#) erörterten Schaltungsaufbaus verwendet einen Microchip Mikrocontroller 16F870/16F871/16F877 (Marke von Microchip), der die geeignete Anzahl an AD-Kanälen aufweist.

**[0081]** Zur Parameteranzeige ist ein LCD-Modul mit dem Mikrochip verbunden. Es kann zur Anzeige der Temperatur, des Stroms, der Spannung, der elektrischen Leistungsaufnahme, des Energiespareffekts, der RGB-Werte usw. verwendet werden.

**[0082]** Zum Zweck der Voreinstellung der Beleuchtungsvorrichtung ist ein RS232-Anschluss eingebaut. Er bietet u. a. die Möglichkeiten der Zwei-Wege-Voreinstellung, wie Halbduplex-Kommunikation, oder der Visualisierung.

**[0083]** Die Steueralgorithmen, betreffend die Frequenz und die Einschaltdauer, können auf herkömmlichen Steueralgorithmen oder auf Nachschlagetabellen basieren.

**[0084]** Die Schaltungsaufbaulösung hat den Vorteil, dass, wenn sie in anderen Anwendungen mit unterschiedlichen Parametern angewandt wird, es nicht notwendig ist, die Komponenten der Schaltung physisch zu ändern; es reicht, die Parameter durch Verwendung eines externen PCs zu ändern. Wenn die Anwendung eine kontinuierliche Überwachung erforderlich macht, kann der PC die Steuerungsplattform sein und der Mikrokontroller kann die Rolle oder das Verhalten einer Schnittstelle übernehmen.

**[0085]** Der Schaltungsaufbau umfasst ferner Druckknöpfe zur Parameter und Funktionseinstellung.

**[0086]** Wie ferner anhand der [Fig. 3](#) bis 7 verdeutlicht werden wird, kann der Hauptunterschied der  $I_x/W$  oder  $I_m/W$  Werte aus Leistungs- und Effizienzspargründen für beide Fälle gesehen werden: für PWM-angesteuerte LED-Module und für traditionell mit Gleichstrom angesteuerte LED-Module.

**[0087]** Äquivalente Gleichströme werden verwendet, wobei der effektive Wert des gezogenen PWM-Stromes ist:

$$I_{\text{eff\_PWM}} = \sqrt{D} I_0 \quad (3)$$

**[0088]** Dieser äquivalente Gleichstrom wird zum Vergleich zwischen den Arbeitsweisen der PWM-LED und der Äquivalentgleichstrom-LED verwendet.

**[0089]** Numerische Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Einschalt- dauer	$I_x$ _Fehler_D C in %	$I_x$ _Fehler_P WM in %	$I_x/W$ _Fehler_DC in %	$I_x/W$ _Fehler_PWM in %
10%	39,759	81,928	-105,911	-80,723
20%	25,301	69,880	-76,546	-50,602
30%	15,663	61,446	-60,548	-28,514
40%	9,639	51,807	-47,435	-20,482
50%	7,229	39,759	-34,555	-20,482
60%	4,819	27,711	-25,253	-20,482
70%	2,410	15,663	-18,296	-20,482
80%	1,205	4,819	-11,345	-18,976
90%	1,205	1,807	-4,452	-9,103
100%	0,000	0,000	0,000	0,000

**[0090]** Basierend auf den markierten Daten in der obigen Tabelle wurden die grafischen Diagramme der [Fig. 3](#) bis 7 gezeichnet. Daher veranschaulicht [Fig. 3](#) eine Diagrammdarstellung, bei der die normierten  $I_x/W$  Werte als Funktion der Einschaltdauer eingetragen sind, wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine weiße LED-Kette ist, [Fig. 4](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x$  Werte als Funktion der Einschaltdauer eingetragen sind, wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine weiße LED-Kette ist, [Fig. 5](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x$  Differenzen als Funktion der Einschaltdauer eingetragen sind, wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine weiße LED-Kette ist, [Fig. 6](#) veranschaulicht eine grafische Darstellung, bei der die normierten  $I_x/W$  Differenzen als Funktion der Einschaltdauer eingetragen sind, wobei die gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung eine weiße LED-Kette ist.

**[0091]** Das Folgende kann nach Beurteilung der Tabellen/grafischen Darstellungen festgestellt werden:

- Dass die Leistungseinsparung eine geeignete Lösung für die PWM-angesteuerten LED-Module mit Einschaltdauerwerten zwischen 80% und 100% sein kann, und
- dass die Verwendung variable Frequenzwerte mit verschiedenen Einschaltauern das Wärmemanagement des Beleuchtungsaufbaus verbessern kann.

**[0092]** Eine unmittelbare Anwendung aller zuvor in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung erörterten Prinzipien ergibt sich aus der Anwendbarkeit dieser Herangehensweise bei der Herstellung einer LED-Steuerung. LED-Beleuchtungsprodukte mit voreingestellten Einschaltdauerbereichseinstellungen würden herge-

stellt und verkauft werden.

**[0093]** Jedoch kann insbesondere bei Anwendungen mit weitreichend variierenden Temperaturen die Temperaturdurchlauffunktionalität des Mikrocontroller während des tatsächlichen Betriebs durchgeführt werden.

**[0094]** Während die Erfindung in Verbindung mit den gezeigten und im Detail beschriebenen Ausführungsformen offenbart wurde, werden dem Fachmann diverse Äquivalente, Abwandlungen und Verbesserungen in Erwägung gezogen werden. Solche Äquivalente, Abwandlungen und Verbesserungen sollen von den hierin vorgegebenen Ansprüchen umfasst sein.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2007/0247305 A1 [\[0016\]](#)

**Patentansprüche**

1. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung, umfassend: wenigstens eine LED, eine Steuereinheit, wie beispielsweise einen Mikroprozessor, die zur Ansteuerung der wenigstens einen LED mit einem PWM-Signal ausgelegt ist, worin ein Solltastverhältnissbereich mit einem zulässigen Minimal- und einem zulässigen Maximalwert für das Tastverhältnis des PWM-Signals vorgegeben ist.
2. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, worin mehrere Tastverhältnissbereiche, jeweils einer für eine definierte Temperatur oder einen definierten Temperaturbereich, vorgegeben ist.
3. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, worin der vorgegebene Solltastverhältnissbereich in der Steuereinheit gespeichert wird.
4. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Steuereinheit wenigstens eine Größe aus LED-Strom, LED-Lichtstärkenintensität, LED-Spannung und Temperatur erfasst.
5. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, worin das Tastverhältnis, die Frequenz und der Strom als eine Funktion der Temperatur, die durch einen Temperatursensor bereitgestellt wird, gewählt werden.
6. Gesteuerte Beleuchtungsvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend mehrere LEDs, wie beispielsweise eine LED-Kette.
7. Verfahren zum Betrieb einer gesteuerten Beleuchtungsvorrichtung, wobei die Beleuchtungsvorrichtung wenigstens eine PWM gesteuerte LED umfasst und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
  - Durchführung eines Tastverhältnis-Sweeps des PWM-Signals, welches wenigstens eine LED ansteuert, während wenigstens ein Parameter erfasst wird, der auf die Leistungsaufnahme der wenigstens einen LED schließen lässt, um eine Kurve zu berechnen, die die Tastverhältnisabhängigkeit der Leistungseffizienz der wenigstens einen LED neben der Vergleichsberechnung mit dem äquivalenten analogen Stromwert wiedergibt.
8. Verfahren gemäß Anspruch 7, umfassend den Schritt des Speicherns von Werten, die einem leistungseffizienten Tastverhältnissbereich entsprechen.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, worin ein Solltastverhältnissbereich mit einem zulässigen Minimal- und einem zulässigen Maximalwert für das Tastverhältnis gespeichert wird.
10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, worin die gespeicherten Werte für das zulässige Tastverhältnis sicherstellen, dass der nachfolgende Betrieb der Beleuchtungsvorrichtung in dem optimierten Tastverhältnissbereich durchgeführt wird.
11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, welches nach einem Zurücksetzen der Steuereinheit der Beleuchtungsvorrichtung durchgeführt wird.
12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 11, umfassend den Schritt des Speicherns einer Leistungseffizienz pro Tastverhältnisskurve neben dem Vergleich mit dem äquivalenten, analogen Stromwert.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 12, worin mehrere Tastverhältnis- und Frequenzwerte, die mehreren verschiedenen Temperaturen entsprechen, gespeichert werden.
14. Integrierte Schaltung, wie beispielsweise ein Mikroprozessor oder eine ASIC, die ausgelegt ist, ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 13 durchzuführen.
15. Computerprogrammprodukt, in dem ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 13 implementiert ist, wenn es auf einer Rechneinheit ausgeführt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

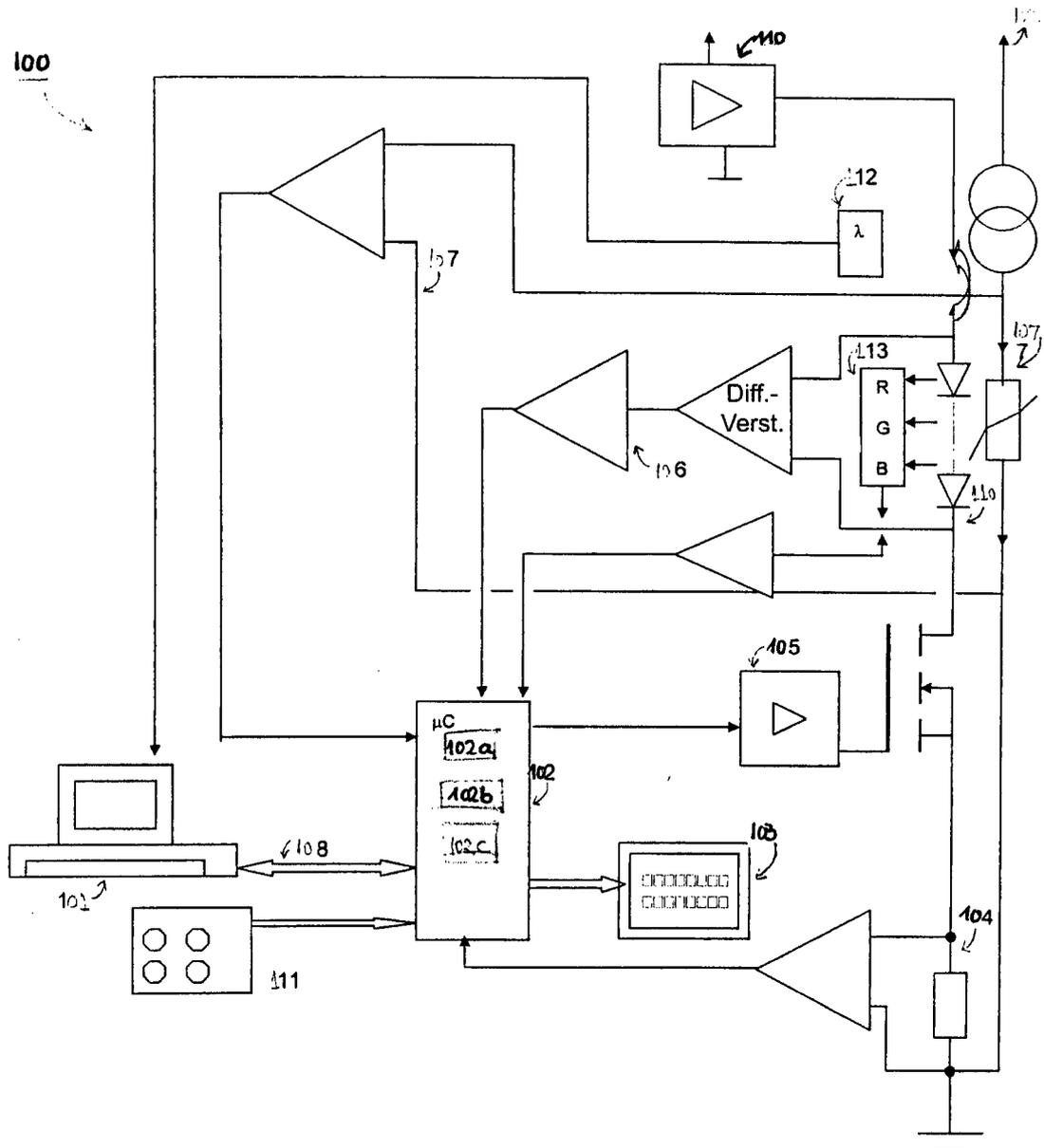
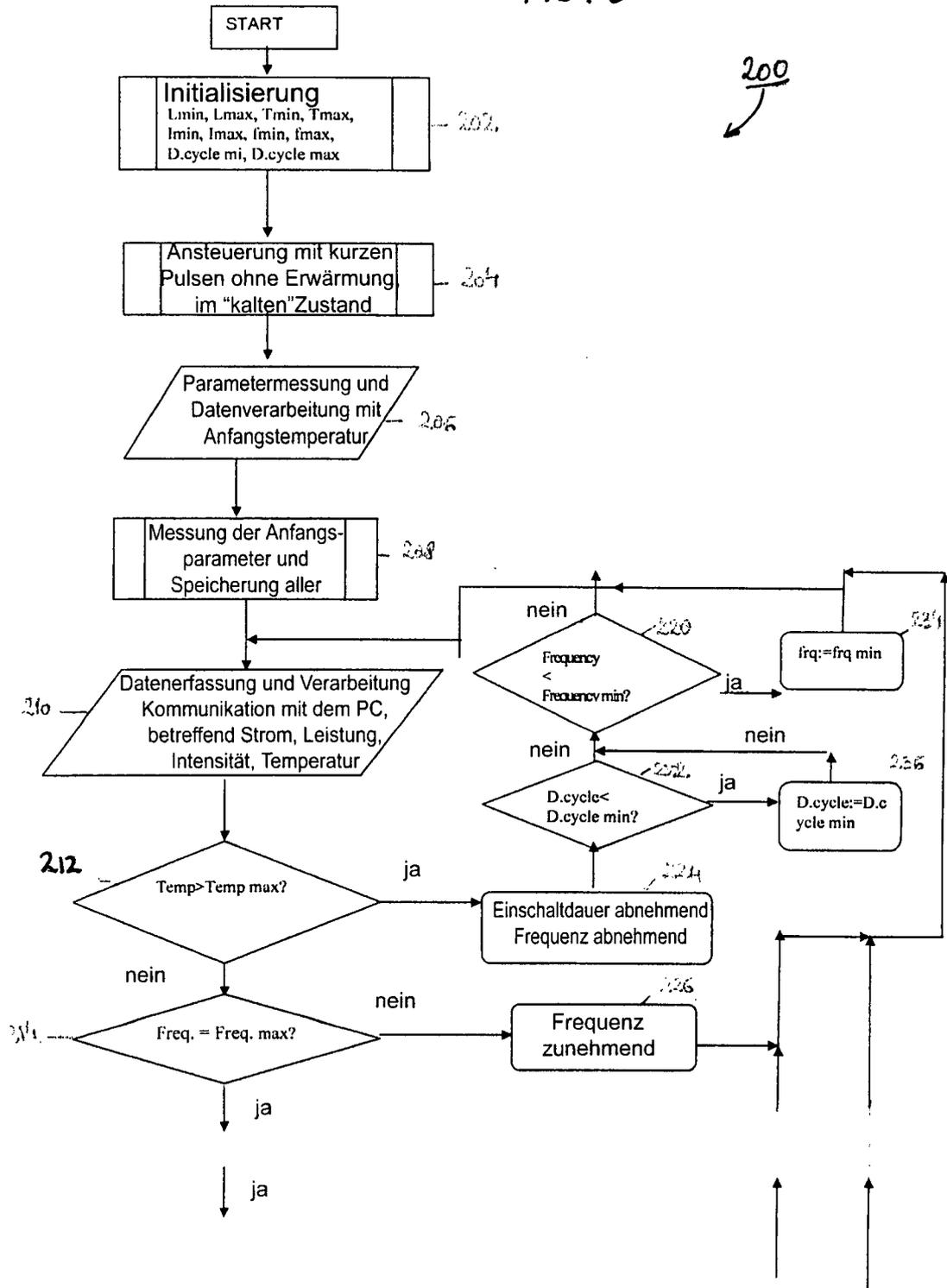


FIG. 1

FIG. 2



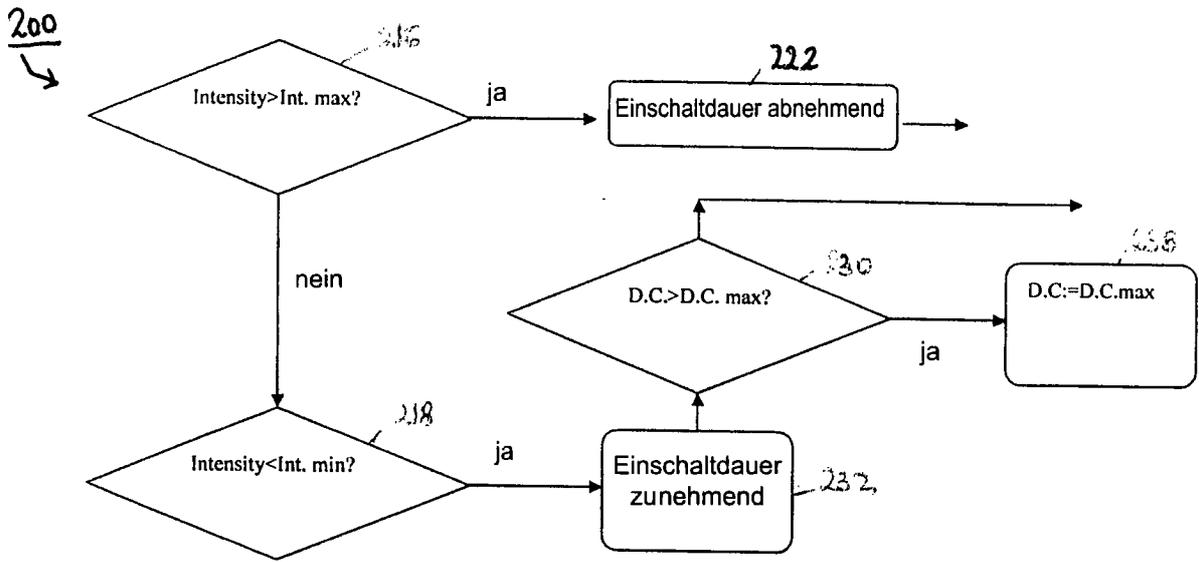


FIG. 2

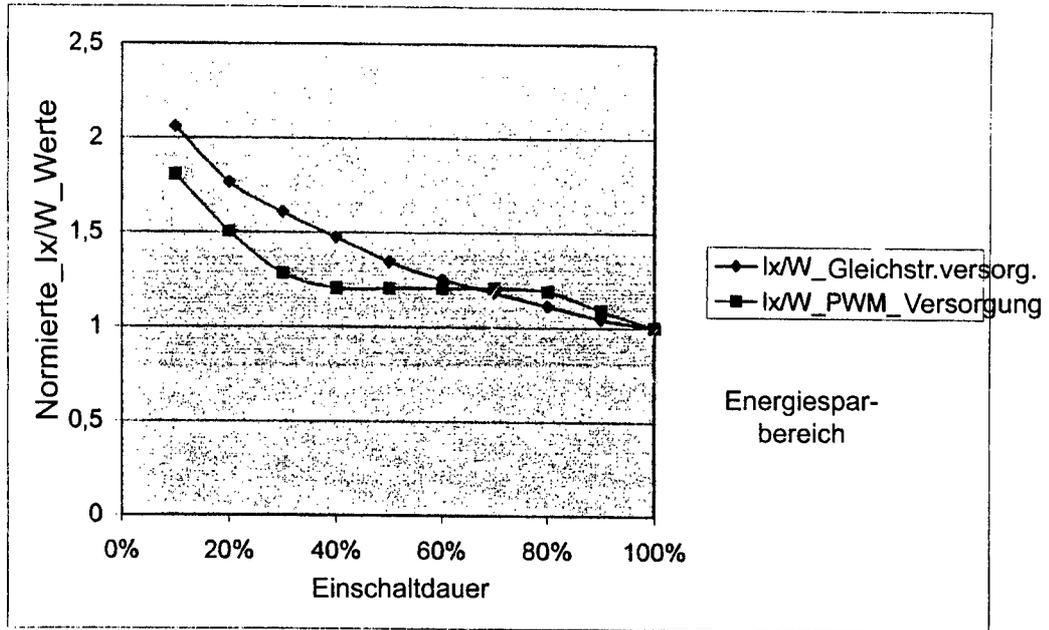


FIG. 3

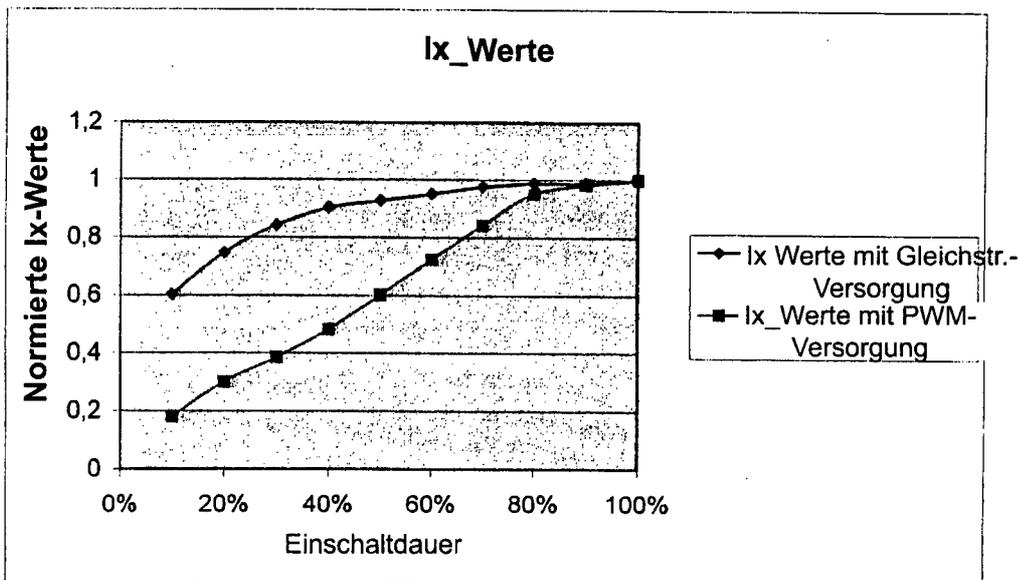


FIG. 4

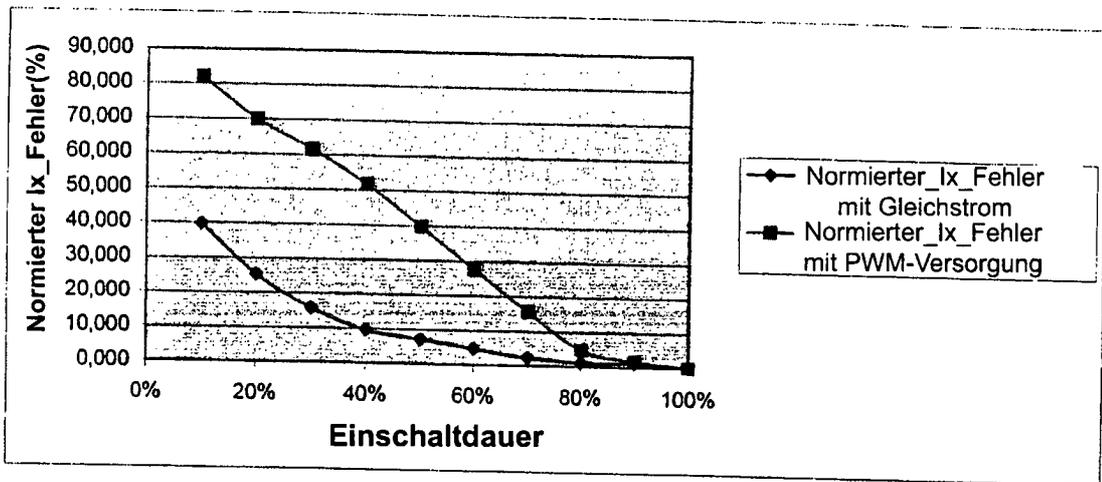


FIG 5

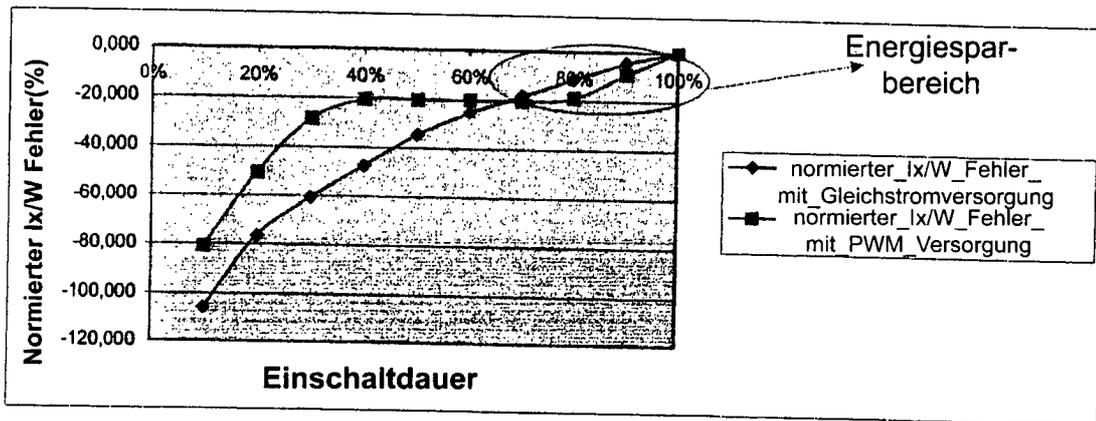


FIG 6