

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. August 2010 (05.08.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/086222 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*H05B 41/292* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050311

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. Januar 2010 (13.01.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 006 338.2  
27. Januar 2009 (27.01.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG** [DE/DE]; Hellabrunner Str. 1, 81543 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRÜCKEL, Martin** [DE/CN]; Portofino Apartment 303, Guangdong, 518053 Shenzhen / Nanshan district (CN). **DIERKS, Bärbel** [DE/DE]; Wiesenstr. 47, 16348 Wandlitz OT Schönwalde (DE). **FLESCHE, Peter** [DE/DE]; Weimarer Str. 29, 10625 Berlin (DE). **KRÖLL, Josef** [AT/DE]; Von-Stechow-Str. 155, 14476 Potsdam (DE). **BAIER, Markus** [DE/DE]; Maxlrainstr. 1, 81451 München (DE).

**SCHALLMOSER, Oskar** [DE/DE]; Rathausstr. 14, 85521 Ottobrunn (DE). **WOLTER, Kai** [DE/DE]; Homburger Str. 4, 14197 Berlin (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **OSRAM GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ELECTRONIC OPERATING DEVICE FOR OPERATING A GAS DISCHARGE LAMP AND PROJECTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ELEKTRONISCHES BETRIEBSGERÄT ZUM BETREIBEN EINER GASENTLADUNGSLAMPE SOWIE PROJEKTOR

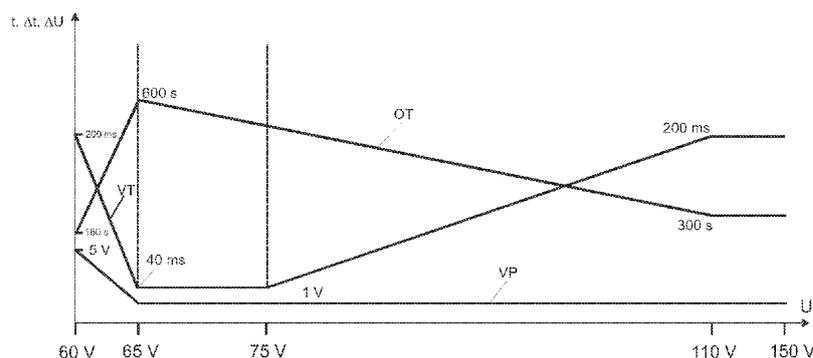


FIG 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a gas discharge lamp having a gas discharge lamp burner and a first and a second electrode, wherein the electrodes have a nominal electrode spacing in the gas discharge lamp burner before the first operation thereof which is correlated with the lamp voltage, comprising the following steps: a) inspecting whether an off time (OT) corresponding to the duration between two direct voltage phases has expired, b) if the off time (OT) has expired, creating direct voltage phases or creating pseudo commutations for a predetermined period of time (VT) dependent on the lamp voltage, in such a way that a period of time of omitting commutations is predetermined for every lamp voltage. The invention likewise relates to an electronic operating device that performs the method according to the invention. The invention further relates to a projector having an electronic operating device, wherein the projector is designed to project an image during performance of the method without the performance of the method being viewable in the image.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/086222 A1

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampensbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampensbrenner aufweisen, der mit der Lampenspannung korreliert ist, folgende Schritte umfassend: a) Prüfen, ob eine Sperrzeit (OT), die der Zeitdauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen entspricht, abgelaufen ist, b) wenn die Sperrzeit (OT) abgelaufen ist, Anlegen von Gleichspannungsphasen, oder Anlegen von Pseudokommutierungen, für eine vorbestimmte Zeitdauer (VT), die von der Lampenspannung abhängt, dergestalt, dass für jede Lampenspannung eine Zeitdauer des Auslassens von Kommutierungen vorbestimmt ist. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein elektronisches Betriebsgerät, das das erfindungsgemäße Verfahren ausführt. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät, wobei der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung des Verfahrens ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist.

### **Beschreibung**

[1] Verfahren und elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe sowie Projektor.

### **Technisches Gebiet**

[2] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampensbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampensbrenner aufweisen, der mit der Lampenspannung korreliert ist.

### **Stand der Technik**

[3] Gasentladungslampen werden in jüngerer Zeit aufgrund ihrer hohen Effizienz vermehrt anstelle von Glühlampen eingesetzt. Dabei sind Hochdruckentladungslampen bezüglich ihrer Betriebsweise schwieriger zu handhaben als Niederdruck-Entladungslampen, und die elektronischen Betriebsgeräte für diese Lampen sind daher aufwendiger.

[4] Üblicherweise werden Hochdruck-Entladungslampen mit einem niederfrequenten Rechteckstrom betrieben, was auch ‚wackelnder Gleichstrombetrieb‘ genannt wird. Dabei wird ein im wesentlichen rechteckförmiger Strom mit einer Frequenz von üblicherweise 50Hz bis zu einigen kHz an die Lampe angelegt. Bei jedem Umschwingen zwischen positiver und negativer Spannung kommutiert die Lampe, da sich auch die Stromrichtung umkehrt und der Strom damit kurzzeitig zu null wird. Dieser Betrieb stellt sicher, dass die Elektroden der Lampe trotz eines Quasi-Gleichstrombetriebs gleichmäßig belastet werden.

[5] Gasentladungslampen werden z.B. für Displaysysteme erfolgreich eingesetzt, da sie eine hohe Leuchtdichte erzeugen können, die durch eine kostengünstige Optik weiterverarbeitet werden kann. Displaysysteme und deren Beleuchtungseinrichtungen sind beispielsweise in den Druckschriften US 5,633,755 und US 6,323,982 beschrieben. Displaysysteme, wie etwa DLP-Projektoren (kurz für „digital light processing projector“), umfassen eine Beleuchtungseinrichtung mit einer Lichtquelle, deren Licht auf einen DMD-Chip (kurz für „digital mirror device chip“) gelenkt wird. Der DMD-Chip umfasst mikroskopisch kleine schwenkbare Spiegel, die das Licht entweder auf die Projektionsfläche lenken, wenn das zugehörige Pixel angeschaltet sein soll oder das Licht von der Projektionsfläche weg lenken, beispielsweise auf einen Absorber, wenn das zugehörige Pixel ausgeschaltet sein soll. Jeder Spiegel wirkt somit als Lichtventil, das den Lichtfluss eines Pixels steuert. Diese Lichtventile werden vorliegend DMD-Lichtventile genannt. Zur Farberzeugung umfasst ein DLP-Projektor im Falle einer Beleuchtungseinrichtung, die weißes Licht aussendet, beispielsweise ein Filterrad, das zwischen Beleuchtungseinrichtung und DMD-Chip angeordnet ist und Filter verschiedener Farben, beispielsweise Rot, Grün und Blau enthält. Mit Hilfe des Filterrades wird aus dem weißen Licht der Beleuchtungseinrichtung Licht der jeweils gewünschten Farbe sequenziell durchgelassen.

[6] Die Farbtemperatur solcher Displaysysteme hängt in der Regel mit dem Farbort des Lichtes der Beleuchtungseinrichtung zusammen. Dieser ändert sich in der Regel mit den Betriebsparametern der Lichtquellen der Beleuchtungs-

einrichtung, wie beispielsweise Spannung, Stromstärke und Temperatur. Weiterhin ist abhängig von den in der Beleuchtungseinrichtung verwendeten Lichtquellen das Verhältnis zwischen Stromstärke und Lichtfluss nicht notwendigerweise linear. Dies führt bei Änderung der Stromstärke ebenfalls zu einer Änderung des Farbortes des Lichtes der Lichtquelle und damit zu einer Änderung der Farbtemperatur des Displaysystems.

[7] Weiterhin ist die Farbtiefe des Displaysystems durch die minimale Einschaltdauer eines Pixels begrenzt. Zur Erhöhung der Farbtiefe kann beispielsweise Dithering eingesetzt werden, bei dem einzelne Pixel mit einer geringeren Frequenz als der regulären Frequenz von 1/60 Hz geschaltet werden. Hierbei kommt es allerdings in der Regel zu einem für den menschlichen Betrachter sichtbaren Rauschen.

[8] Das Kontrastverhältnis des Displaysystems ist durch das Verhältnis des maximalen Lichtflusses bei vollständig geöffneten Lichtventilen zu minimalen Lichtfluss bei vollständig geschlossenen Lichtventilen definiert. Zur Erhöhung des Kontrastverhältnisses eines Displaysystems kann beispielsweise der minimale Lichtfluss bei vollständig geschlossenen Lichtventilen mittels einer mechanischen Blende weiter verringert werden. Eine mechanische Blende beansprucht jedoch Platz in der Beleuchtungseinrichtung oder dem Displaysystem, erhöht das Gewicht der Beleuchtungseinrichtung oder des Displaysystems und stellt außerdem eine zusätzliche potentielle Quelle für Störungen dar. Hochdruckentladungslampen, wie sie in solchen Displaysystemen eingesetzt werden, können auch gedimmt betrieben werden, jedoch wirft die gedimmte

Betriebsweise Probleme bezüglich der Elektrodentemperatur und des Bogenansatzes der Hochdruckentladungslampe auf.

[9] Der Bogenansatz ist beim Betrieb einer Gasentladungslampe mit Wechselstrom grundsätzlich problematisch. Beim Betrieb mit Wechselstrom wird während einer Kommutierung der Betriebsspannung eine Kathode zur Anode und umgekehrt eine Anode zur Kathode. Der Übergang Kathode-Anode ist prinzipbedingt unproblematisch, da die Temperatur der Elektrode keinen Einfluss auf ihren anodischen Betrieb hat. Beim Übergang Anode-Kathode hängt die Fähigkeit der Elektrode, einen ausreichend hohen Strom liefern zu können, von deren Temperatur ab. Ist diese zu niedrig, wechselt der Lichtbogen während der Kommutierung, meistens nach dem Nulldurchgang, von einer punktförmigen Bogenansatzbetriebsweise in eine diffuse Bogenansatzbetriebsweise. Dieser Wechsel geht mit einem oft sichtbaren Einbruch der Lichtemission einher, was als Flackern wahrgenommen werden kann.

[10] Sinnvollerweise wird die Lampe also in punktförmiger Bogenansatzbetriebsweise betrieben, da der Bogenansatz hier sehr klein und damit sehr heiß ist. Das hat zur Folge, dass hier aufgrund der höheren Temperatur am kleinen Ansatzpunkt weniger Spannung benötigt wird, um ausreichend Strom liefern zu können. Eine Elektrodenspitze, die eine gleichmäßige Form mit einer nicht zerklüfteten Oberfläche aufweist, unterstützt die punktförmige Bogenansatzbetriebsweise und damit einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Gasentladungslampe.

[11] Als Kommutierung wird im folgenden der Vorgang betrachtet, bei dem die Polarität der Spannung der Gas-

entladungslampe wechselt, und bei dem daher eine starke Strom- oder Spannungsänderung auftritt. Bei einer im wesentlichen symmetrischen Betriebsweise der Lampe befindet sich bei der Mitte der Kommutierungszeit der Spannungs- oder Stromnulldurchgang. Hierbei ist zu bemerken, dass die Spannungskommütierung üblicherweise immer schneller abläuft als die Stromkommütierung.

[12] Als Elektrodenende wird im Folgenden das innere, in den Entladungsraum des Gasentladungslampenbrenners stehende Ende der Lampenelektrode bezeichnet. Als Elektrodenspitze wird eine auf dem Elektrodenende sitzende Nadel- oder Höckerförmige Erhebung bezeichnet, deren Ende als Ansatzpunkt für den Lichtbogen dient.

[13] Ein großes Problem von Hochdruckentladungslampen stellt die Veränderung bzw. Verformung der Elektroden über die gesamte Lebensdauer dar. Dabei ändert sich die Form der Elektrode weg von der Idealform hin zu einer mehr und mehr zerklüfteten Oberfläche vor allem am inneren Ende der Elektrode. Überdies besteht die Gefahr, dass Elektrodenspitzen entstehen, die nicht in der Mitte der jeweiligen Elektrode angeordnet sind. Der Entladungsbogen bildet sich immer von Elektrodenspitze zu Elektrodenspitze. Gibt es mehrere etwa gleichberechtigte Elektrodenspitzen auf einer Elektrode, so kann es zu einem Bogenspringen und damit zu einem Flickern der Lampe kommen. Nicht mittig aufgewachsene Elektrodenspitzen verschlechtern die optische Abbildung, da die Optik eines Projektors oder einer Leuchte, in den/die eine derartige Entladungslampe eingesetzt ist, auf eine spezifische Lage des Entladungsbogens ausgelegt und insbesondere auf den Anfangszustand der Elektroden und des Entladungsbogens

eingestellt ist. In bestimmten Fällen kann es zu einem ungleichmäßigem Aufwachsen der Elektroden Spitzen kommen, so dass der Lichtbogen nicht mehr mittig, sondern axial verschoben im Brennergefäß angeordnet ist. Dies verschlechtert die optische Abbildung des Gesamtsystems  
5 ebenso. Die Zerklüftung hingegen führt zu einer Vergrößerung des ursprünglichen Elektrodenabstands und beeinflusst damit auch die Lampenspannung. Da diese proportional zum Abstand steigt, kann es zu einer verfrühten  
10 Lebensdauerabschaltung kommen, da diese gewöhnlich anspricht, wenn die Lampenspannung einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Zusammenfassend ergibt sich eine Reduktion der Lampenlebensdauer und der Qualität des von der Lampe emittierten Lichts.

15 [14] Aus dem Stand der Technik sind gegenwärtig keine Lösungen für diese Problematiken bekannt. Lediglich ergänzend wird verwiesen auf die WO 2007/045599 A1. Während die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problematik am Lampenlebensdauerende auftritt, befasst  
20 sich die genannte Druckschrift mit einer Problematik, die innerhalb der ersten dreihundert Betriebsstunden auftritt. Innerhalb dieses Zeitraums kann es zu einem Spitzenwachstum kommen, das zu einer Reduktion des Elektrodenabstands führt. Dadurch sinkt die Lampenspannung, so  
25 dass der von einem elektronischen Betriebsgerät bereitzustellende Strom zum Erreichen einer konstanten Leistung erhöht werden muss. Da elektronische Betriebsgeräte naturgemäß für einen bestimmten Maximalstrom ausgelegt sind, führt dies zu Problemen. Um eine Anhebung der  
30 Stromauslegung für den Dauerbetrieb und damit die Entstehung zusätzlicher Kosten zu verhindern, schlägt die

- 7 -

genannte Druckschrift vor, einen Strompuls an die Elektroden anzulegen dergestalt, dass dadurch die aufgewachsenen Elektrodenspitzen zurückgeschmolzen werden. Dadurch kann der Abstand der Elektroden wieder vergrößert, die  
5 Lampenspannung erhöht und damit der erforderliche Strom abgesenkt werden. Im Gegensatz hierzu betrifft jedoch die vorliegende Erfindung die Problematik, die Elektroden möglichst über die gesamte Lebensdauer der Gasentladungslampe in einem optimalen Zustand zu halten, bei dem die  
10 Elektroden in einem Abstand zueinander stehen, der möglichst dem ursprünglichen Abstand bei einer neuen Lampe entspricht, sowie die Oberfläche der Elektrodenenden glatt zu halten mit mittig aufgewachsenen Spitzen, die einen definierten Ansatzpunkt für den Bogen bilden. Die  
15 Lehre der WO 2007/045599 A1 löst daher die oben genannte Problematik nicht.

### **Aufgabe**

[15] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampensbrenner und  
20 einer ersten und einer zweiten Elektrode anzugeben, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampensbrenner aufweisen, und die Gasentladungslampe beim Betrieb  
25 des elektronischen Betriebsgerätes mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die oben genannte Problematik nicht mehr aufweist. Es ist ebenfalls Aufgabe der Erfindung, einen Projektor anzugeben, der solch ein elektronisches Betriebsgerät aufweist.

30

### **Darstellung der Erfindung**

[16] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampensbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampensbrenner aufweisen, der mit der Lampenspannung korreliert ist, folgende Schritte umfassend:

a) Prüfen, ob die Lampenspannung der Gasentladungslampe kleiner als eine untere Lampenspannungsschwelle oder größer als eine obere Lampenspannungsschwelle der Gasentladungslampe ist; und

b) Wiederholtes Anlegen einer Gleichspannungsphase mit einem vorbestimmten zeitlichem Abstand derart, dass die Länge der Gleichspannungsphase abhängig von der Lampenspannung ist.

[17] Dadurch, dass die Länge der Gleichspannungsphase abhängig von der Lampenspannung ist, so kann eine Gute Regelgenauigkeit erzielt werden, und die Formung der Elektroden ist besonders effizient. Dabei beträgt die Länge der Gleichspannungsphase bevorzugt zwischen 2 ms und 500 ms, und die Länge zwischen den Gleichspannungsphasen bevorzugt zwischen 180 s und 900 s. Die Zeitdauern können je nach Lampentyp innerhalb dieses Bereiches präzisiert werden, um eine besonders effiziente Formung der Elektroden zu gewährleisten.

[18] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Länge der Gleichspannungsphasen bestimmt durch die Änderung beziehungsweise den Anstieg der Lampenspannung in diesen Gleichspannungsphasen. Falls das Anstiegskriterium nicht erfüllt sein sollte ist eine maximale Dauer der

Gleichspannungsphasen vorgegeben, die z.B. wie in der vorhergehenden Ausführungsform wiederum von der Lampenspannung abhängen kann. Durch diese Maßnahme wird die Genauigkeit der Elektrodenregelung deutlich erhöht, und damit die Wahrscheinlichkeit eines zu hohen Energieeintrages reduziert.

[19] Wenn der vorbestimmte zeitliche Abstand der Gleichspannungsphasen zwischen 180s und 900s beträgt, werden die Elektroden nicht über Gebühr belastet, und die Lebensdauer der Gasentladungslampe wird nicht beeinträchtigt.

[20] Eine obere Lampenspannungsschwelle beträgt bevorzugt zwischen 60V und 110V, eine untere Lampenspannungsschwelle beträgt bevorzugt zwischen 45V und 85V, insbesondere zwischen 55V und 75V. Die Lampenspannungsschwellen können je nach Lampentyp innerhalb dieses Bereiches präzisiert werden, um das Verfahren auf diesen Lampentyp hin optimieren zu können.

[21] Der Betrieb der Gasentladungslampe mit einem Wechselstrom, auf dessen Halbwellen ein Puls höherer Stromstärke aufmoduliert wird, der zwischen 50  $\mu$ s und 1500  $\mu$ s lang ist, unterstützt die Formung der Elektroden durch das erfindungsgemäße Verfahren und macht es noch effizienter.

[22] Die Länge der Gleichspannungsphase wird bevorzugt dadurch eingestellt, dass eine Halbwelle des angelegten Wechselstroms aus mehreren Teilhalbwellen besteht, wobei ein Teil der Kommutierungen oder alle Kommutierungen zwischen zwei Halbwellen durch eine kurz darauf erfolgende weitere Kommutierung wieder rückgängig gemacht wird.

Durch diese Maßnahme können Gleichspannungsphasen erzeugt werden, deren Länge ein Vielfaches einer Teilhalbwelle beträgt. Durch eine statistische Verteilung verschiedener Längen der Gleichspannungsphasen können im Mittel beliebige Längen der Gleichspannungsphasen erzeugt werden und der Energieeintrag in die Elektroden somit genau gesteuert werden. Während der Gleichspannungsphasen kann der Strom nur in eine Richtung fließen, oder aber es wird in der Gleichspannungsphase einmal umgepolt und der Strom fließt während der Gleichspannungsphasen in beide Richtungen. Hierbei kann der Energieeintrag in jede Richtung gleichverteilt sein, oder aber der Energieeintrag kann zugunsten einer Stromrichtung erfolgen, so dass eine Lampenelektrode stärker aufgeheizt wird als die andere.

Wenn der Strom während einer Gleichspannungsphase nur in eine Richtung fließt, so kann er in der darauffolgenden Gleichspannungsphase in die andere Richtung fließen. Es sind aber auch Konstellationen denkbar bei denen in den ersten zwei Gleichspannungsphasen der Strom in eine Richtung fließt, und während der darauffolgenden zwei Gleichspannungsphasen der Strom in die andere Richtung fließt. Auch hier ist ein bevorzugter Energieeintrag in eine Elektrode möglich, so dass z.B. während der ersten zwei Gleichspannungsphasen der Strom in eine Richtung fließt, während der dritten Gleichspannungsphase der Strom in die andere Richtung fließt, und während der vierten und fünften Gleichspannungsphasen der Strom wieder in die erste Richtung fließt.

[23] Wenn die verschiedenen Teilhalbwellen einer Halbwellenle unterschiedliche Stromstärken an die Gasentladungslampe anlegen, kann das Verfahren noch verfeinert werden,

und der gewünschte gemittelte Energieeintrag in die Elektrode in kürzerer Zeit eingebracht werden.

[24] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Betriebsgerätes erfolgt erfindungsgemäß mit einem elektronischen Betriebsgerät, dass ein Verfahren nach einem oder mehreren 5 der vorgenannten Merkmale ausführt. Durch diese Maßnahme wird das Betriebsgerät in die Lage versetzt, die Gasentladungslampe optimal zu pflegen.

[25] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Projektors erfolgt erfindungsgemäß mit einem Projektor mit einem 10 elektronischen Betriebsgerät wobei der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist. Durch 15 diese Maßnahme kann das Verfahren jederzeit ausgeführt werden, ohne den laufenden Betrieb zu beeinflussen, und damit kann die Lampe zu jeder Zeit gepflegt werden.

[26] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und elektronischen Betriebsgerätes zum Betreiben einer Gasentladungslampe ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und 20 aus der folgenden Beschreibung.

#### **Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)**

[27] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der 25 Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen, in welchen gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Graphen zur Darstellung des Zusammenhangs der Dauer einer an die Gasentladungslampe angelegten Gleichspannungsphase, der Sperrzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gleichspannungsphasen und der maximalen Spannungsänderung der Lampenspannung in Abhängigkeit der Lampenspannung für eine erste und zweite Ausführungsform des Betriebsverfahrens;

Fig. 2 einen Graphen, der eine zweite Ausführungsform des Betriebsverfahrens veranschaulicht;

Fig. 3 eine Darstellung eines Elektrodenpaares vor und nach der Optimierung durch das Verfahren in der zweiten Ausführungsform;

Fig. 4 Den Verlauf von Lampenspannung und Lampenstrom während einer Gleichspannungsphase mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung;

Fig. 5 den Verlauf des Lampenstroms bei einer Betriebsweise mit Maintenancepulsen;

Fig. 6a einen Graphen, bei dem der Zusammenhang zwischen der Lampenspannung und der Kommutierfrequenz in einer ersten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens dargestellt ist;

Fig. 6b einen Graphen, bei dem der Zusammenhang zwischen der Lampenspannung und der Kommutierfrequenz in einer zweiten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens dargestellt ist;

- Fig. 6c eine Kurvenform des Lampenstroms für die zweite Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens;
- Fig. 7 einen Signalflussgraphen zur schematischen Darstellung einer vierten Ausführungsform eines Betriebsverfahrens;
- Fig. 8 den zeitlichen Verlauf der Lampenspannung nach dem Einschalten einer Entladungslampe;
- Fig. 9 den zeitlichen Verlauf der Leistung  $P$  bezogen auf die nominelle Leistung  $P_{\text{nom}}$  während eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens;
- Fig. 10 den Zustand des vorderen Teils der Elektroden im Ausgangszustand (Fig. a)), nach dem Überschmelzen (Fig. b)), sowie das Wachstum der Elektroden spitzen in der Anfangsphase (Fig. c)) und im Zustand abgeschlossener Regeneration (Fig. d)); und
- Fig. 11 den zeitlichen Verlauf des Lampenstroms und der Lampenspannung bei Ansteuerung mit asymmetrischem Strom-Dutycycle während der Überschmelzphase.
- Fig. 12 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Beleuchtungseinrichtung zur Ausführung des Verfahrens,
- Fig. 13, eine schematische Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Displaysystems,

Figur 14, ein schematisches Diagramm einer Lichtkurve, die bei dem ersten Ausführungsbeispiel des Displaysystems verwendet ist,

5 Fig. 15A-C schematische Diagramme von drei beispielhaften Lichtkurven zum Betrieb einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem Betriebsverfahren der fünften Ausführungsform,

Fig. 15D, eine tabellarische Darstellung der Lichtkurve aus Figur 15C, und

10 Fig. 15E-G, schematische Diagramme dreier weiterer beispielhaften Lichtkurven zur exemplarische Erläuterung des Aufbaus einer Lichtkurve,

15 Figur 16, ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Stromstärken-Beleuchtungsstärken-Kennlinie einer Lichtquelle zum Betrieb einer Beleuchtungseinrichtung gemäß der Erfindung.

Fig. 17 einen schematischen Stromlaufplan einer beispielhaften Schaltungsanordnung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens.

20

### **Bevorzugte Ausführung der Erfindung**

#### Erste Ausführungsform

[28] **Fig. 1** zeigt einen Graphen zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Dauer einer an die Gasentladungslampe angelegten Gleichspannungsphase (Kurve VT),  
25 einem Abstand zwischen zwei Gleichspannungsphasen (Kurve

OT), einer Spannungsänderung in der Gleichspannungsphase (Kurve VP) und der Lampenspannung für eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens. Die Kurve VT stellt also die Länge der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung dar. Die Kurve OT stellt den Abstand, im Folgenden auch Sperrzeit genannt, zwischen zwei Gleichspannungsphasen dar, also der Zeit bis wieder eine Gleichspannungsphase an die Gasentladungslampe angelegt wird. Da bei Anlegen einer Gleichspannungsphase die Elektrode mehr oder weniger aufschmilzt und der Elektrodenabstand und damit auch die Lampenspannung steigt, ist diese nach der Gleichspannungsphase grösser als vor der Gleichspannungsphasen. Die Kurve VT zeigt nun die Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung. Bei sehr kleinem Elektrodenabstand darf die Änderung recht groß sein, im vorliegenden Fall bis zu 5V betragen, da eine Vergrößerung des Elektrodenabstandes stark erwünscht ist. Ab dem optimalen Lampenspannungsbereich von 65V bis 75V sollte die maximale Änderung in der Lampenspannung nur noch 1V betragen. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt einen definierten Abstand der Elektrodenspitzen und eine möglichst glatte, wenig zerklüftete Form der Elektrodenenden über die gesamte Lebensdauer der Gasentladungslampe sicher. Dies wird durch Gleichspannungsphasen erreicht, die nach Bedarf die Elektrodenenden überschmelzen und auch ein Elektrodenwachstum fördern.

[29] Im Folgenden wird erläutert, was eine Gleichspannungsphase ist: Gleichspannungsphasen bestehen aus dem Auslassen von wenigen Kommutierungen. Diese Auslassungen werden so platziert, dass die Elektroden jeweils immer

nur wechselseitig belastet werden, dass heißt einmal wirkt die eine Elektrode während einer Gleichspannungsphase als Anode, dann wirkt nach einer Pause mit normalem Lampenbetrieb die andere Elektrode während einer Gleichspannungsphase als Anode. Die Frequenz an sich wird nicht verändert. Bei einer positiven Gleichspannungsphase wird immer nur eine erste Elektrode der Gasentladungslampe aufgeheizt, bei einer negativen Gleichspannungsphase wird immer nur eine zweite Elektrode der Gasentladungslampe aufgeheizt. Da eine positive Gleichspannungsphase immer nur auf die erste Elektrode und eine negative Gleichspannungsphasen immer nur auf die zweite Elektrode der Gasentladungslampe wirkt, können je nach Vorgehensweise verschiedene Zustände der Gasentladungslampenelektroden verändert werden. In einem alternativen Verfahren werden genau genommen keine Kommutierungen ausgelassen, sondern jede „normale“ Kommutierung durch eine gleich auf sie folgende weitere Kommutierung „rückgängig“ gemacht. Es werden also durch dieses Betriebssystem Pseudokommutierungen erzeugt, die im Prinzip eine Auslassung einer Kommutierung nachbilden, aber real zwei schnell hintereinander ausgeführte Kommutierungen darstellen. Dies ist aus technischen Gründen manchmal notwendig, um die das erfindungsgemäße Verfahren ausführende Schaltungsanordnung einfacher gestalten zu können. Je nach Länge und den daraus resultierenden Energieeintrag der Gleichspannungsphasen können verschiedene physikalische Prozesse im Gasentladungslampensbrenner forciert werden. Die Gleichspannungsphasen werden also durch das Auslassen von Kommutierungen beziehungsweise durch Einfügen von Pseudokommutierungen erzeugt. In der zweiten Variante sind sie somit keine Gleichspannungsphasen im engeren Sinne, da

zwischendurch die Spannung und somit die Stromrichtung pro Pseudokommutierung zwei mal umgepolt wird, und daraus einige Pseudokommutierungen pro ‚Gleichspannungsphase‘ auftreten können.

5 [30] Sehr lange Gleichspannungsphasen mit hohem Energieeintrag schmelzen das gesamte Ende der betreffenden Elektrode für kurze Zeit auf. Während der kurzen Zeitdauer, in der das Elektrodenende flüssig ist, formt sich durch die Oberflächenspannung des Elektrodenmaterials das  
10 Ende kugelförmig oder oval ein. Die Elektrodenspitzen schmelzen ab und werden durch die Oberflächenspannung des Elektrodenmaterials neutralisiert. Daraus resultiert eine geringe Vergrößerung der Bogenlänge und damit der Lampenspannung durch die Rückbildung der Elektrodenspitzen.

15 [31] Kurze Gleichspannungsphasen bewirken lediglich ein Überschmelzen der Elektrodenspitzen, so dass die Form der Elektrodenspitzen beeinflusst werden kann. Dies wird dazu benutzt, die Elektrodenspitzen über die gesamte Brenndauer in möglichst optimaler Form zu halten, und eine definierte  
20 mittig ansetzende Spitze zu Erzeugen.

[32] Ein sogenannter Maintenancepuls kann das Spitzenwachstum der Elektrodenspitze beschleunigen, und wird vorzugsweise nach einer langen Gleichspannungsphase angewandt, um auf das ovale oder runde Elektrodenende  
25 wieder eine Elektrodenspitze aufwachsen zu lassen, die einen guten Bogenansatzpunkt erzeugt. Als Maintenancepuls wird in diesem Zusammenhang ein kurzer Strompuls bezeichnet, der kurz vor oder kurz nach der Kommutierung an die Gasentladungslampe angelegt wird, um die Elektrode zu  
30 heizen. Die Länge des Maintenancepulses ist zwischen

50  $\mu$ s und 1500  $\mu$ s lang, wobei die Stromhöhe des Maintenancepulses größer ist als im stationären Betrieb. Damit wird ein Überschmelzen des äußeren Endes der Elektroden-  
spitze erreicht, deren thermische Trägheit eine Zeitkon-  
stante von ca. 100  $\mu$ s aufweist.

[33] In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemä-  
ßen Verfahrens wird die Lampe in regelmäßigen Abständen  
immer mit einer Gleichspannungsphase beaufschlagt, deren  
Länge von der Lampenspannung abhängt. Auch die Abstände  
10 zwischen zwei Gleichspannungsphasen sind abhängig von der  
Lampenspannung. Das Verfahren verwendet nun die Kennlinie  
VT nach **Fig. 1** für die Berechnung der Länge der Gleich-  
spannungsphasen, die an die Gasentladungslampe angelegt  
werden.

15 [34] Bei einer sehr geringen Lampenspannung, die norma-  
lerweise bei einer neuen Gasentladungslampe auftritt, und  
die den linken Teil der Kennlinie VT betrifft, werden  
verlängerte Gleichspannungsphasen an die Gasentladungs-  
lampe angelegt, um die aufwachsenden Elektroden spitzen  
20 abzuschmelzen und den Elektrodenabstand nicht zu klein  
werden zu lassen. Je kleiner die Lampenspannung ist,  
desto länger sind die Gleichspannungsphasen. Die Gleich-  
spannungsphasen werden unterhalb einer minimalen Lampen-  
spannung an die Lampe angelegt. Der Bereich der minimalen  
25 Lampenspannung variiert je nach Lampentyp zwischen 45V-  
85V, insbesondere zwischen 55V-75V. Bei der Gasentla-  
dungslampe der vorliegenden Ausführungsform liegt die  
Minimalspannung bei 65V. Unterhalb 65V Lampenspannung  
werden also längere Gleichspannungsphasen an den Gasent-  
30 ladungslampenbrenner angelegt. Die Länge der Gleichspan-  
nungsphasen beträgt in der bevorzugten Ausführungsform

bei 65V 40ms, wobei die Gleichspannungsphasen mit sinken-  
der Spannung länger werden, um dann bei 60V eine Länge  
von 200ms zu erreichen. Die Länge der Gleichspannungspha-  
sen kann je nach Lampentyp zwischen 5 ms und 500 ms  
5 variieren. Die Gleichspannungsphasen werden in regelmäßi-  
gen Abständen an die Gasentladungslampe angelegt. Die  
Abstände sind abhängig von der Lampenspannung, nicht  
jedoch kürzer als 180s. Bei der bevorzugten Ausführungs-  
form beträgt die Dauer zwischen zwei Gleichspannungspha-  
10 sen (Sperrzeit OT) wie in Fig 1 gezeigt (Kurve OT) 200s  
bei 60V Lampenspannung, wobei sie bis auf 600s bei 65V  
Lampenspannung ansteigt, um dann bei 110V Lampenspannung  
wieder auf 300s abzufallen. In einer anderen, nicht  
gezeigten Auslegung steigt die Dauer zwischen zwei  
15 Gleichspannungsphasen von 180s bei 60 V auf 300s bei 65V,  
um dann bei 110V Lampenspannung wieder auf 180s abzufal-  
len. Grundsätzlich kann die Zeitspanne zwischen zwei  
Gleichspannungsphasen je nach Lampentyp zwischen 180s und  
900s variieren. Zusammenfassend kann also gesagt werden,  
20 dass bei niedrigerer Spannung die Gleichspannungsphasen  
öfter an die Gasentladungslampe angelegt werden und auch  
länger und somit Energiereicher sind. Bei hoher Lampen-  
spannung steigt die Häufigkeit der Gleichspannungsphasen  
ebenfalls wieder an, um bei 110V wieder 200ms zu errei-  
25 chen. Zwischen den Gleichspannungsphasen wird im normalen  
Betrieb immer mit einem Maintenancepuls gearbeitet, um  
das mittige Wachstum von Elektrodenspitzen auf dem  
Elektrodenende zu fördern.

[35] Bei einer optimalen Lampenspannung im mittleren  
30 Bereich der Kennlinie VT werden nur sehr kurze Gleich-  
spannungsphasen an die Gasentladungslampe angelegt, die

lediglich die Elektrodenspitzen kurz Anschmelzen und damit in Form halten. Die Häufigkeit der Gleichspannungsphasen ist in diesem Bereich minimal. Die Länge der Gleichspannungsphasen beträgt in der bevorzugten Ausführungsform etwa 40ms. Die Länge der Gleichspannungsphasen kann je nach Lampentyp zwischen 0 ms und 200 ms liegen. Bei manchen Lampentypen kann auf die Gleichspannungsphasen in diesem Bereich auch ganz verzichtet werden.

[36] Wird die Gasentladungslampe älter, so steigt die Lampenspannung an, bedingt durch den Rückbrand der Elektroden und den damit längeren Lichtbogen. Bei älteren Lampen ist die Gefahr groß, dass das Elektrodenende zerklüftet ist, und die Elektrodenspitzen nicht mehr mittig aufwachsen können. Daher werden lange und energiereiche Gleichspannungsphasen an den Gasentladungslampensbrenner angelegt, die die Elektrodenenden leicht überschmelzen und damit eine möglichst glatte Elektrodenoberfläche erzeugen. Dies kann als ein Polieren der Form des Elektrodenendes angesehen werden. Die Gleichspannungsphasen werden mit zunehmender Lampenspannung auch immer häufiger an die Gasentladungslampe angelegt, wie der Kurve OT zu entnehmen ist. Ab einer oberen Spannungsschwelle können die Parameter konstant gehalten werden. Die Dauer der Gleichspannungsphasen variiert in der bevorzugten Ausführungsform von 40ms bei 75V bis zu 200ms bei 110V Lampenspannung des Gasentladungslampensbrenners. Die Dauer der Gleichspannungsphasen kann dabei je nach Lampentyp von 2ms bis zu 500ms variieren. Die Zeitspanne zwischen zwei Gleichspannungsphasen beträgt in der vorliegenden Ausführungsform 180s bei 60V lampenspannung, steigt dann auf 600s bei 65V Lampenspannung, und sinkt

auf 300s bei 110V Lampenspannung. Die Zeitspanne zwischen zwei Gleichspannungsphasen kann je nach Lampentyp zwischen 180s und 900s variieren. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Dauer der Gleichspannungsphasen bei zunehmender Lampenspannung steigt, wobei die Gleichspannungsphasen mit zunehmender Lampenspannung und bei sehr geringer Lampenspannung häufiger an die Gasentladungslampe angelegt werden.

#### Zweite Ausführungsform

10 [37] In einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens wird die Länge der Gleichspannungsphasen nicht über eine Kennlinie gesteuert, sondern die Länge der Gleichspannungsphasen wird über die Lampenspannung in der Gleichspannungsphase selbst geregelt. Die oben schon beschriebene Kurve VP beschreibt die maximale Spannungsänderung der Lampenspannung in der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung. Die Spannungsänderung wird während der Gleichspannungsphase gemessen. Dazu weist die das Verfahren ausführende Schaltungsanordnung eine Messeinrichtung auf, die die Lampenspannung vor der Gleichspannungsphase und vor allem die Änderung der Lampenspannung während einer Gleichspannungsphase messen kann. Die Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphase wird auf ein Abbruchkriterium hin ausgewertet, und die Gleichspannungsphase bei Erreichen des Abbruchkriteriums beendet. **Fig. 2** zeigt einen Graphen, der das Verfahren der zweiten Ausführungsform veranschaulicht. Es gibt zwei Schwellwerte, bei deren Unter- beziehungsweise Überschreitung das Verfahren der zweiten Ausführungsform ausgeführt wird. Solange die Lampenspannung innerhalb des optimalen Bereiches zwischen den

Schwellwerten von 65V und 75V liegt, wird die Gasentladungslampe im Normalbetrieb ohne Anlegen von Gleichspannungsphasen betrieben. Verlässt die Lampe aber diesen Spannungsbereich, so werden Gleichspannungsphasen an die Lampe angelegt. Die Länge der Gleichspannungsphasen richtet sich nach der Lampenspannung und vor allem nach der Änderung der Lampenspannung, die während der Gleichspannungsphasen anliegt. Die Gleichspannungsphasen werden solange beibehalten, bis die Lampenspannung um einen zuvor berechneten oder einem vorgegebenen Wert  $\Delta U_1$ ,  $\Delta U_2$  angestiegen ist. Der Spannungsanstieg der Lampenspannung in der Gleichspannungsphase beträgt je nach Gasentladungslampe zwischen 0,5V und 8V. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der gewünschte Spannungsanstieg zwischen 5V bei 60V und 1V bei 65V. Wird der Lampenspannungsanstieg innerhalb einer vorgegebenen Maximalzeit nicht erreicht, so wird die Gleichspannungsphase beendet, um die Elektroden nicht zu schädigen. Nach einer Sperrzeit gemäß der Kurve OT, in der keine Gleichspannungsphasen angelegt werden dürfen, wird das Verfahren von neuem ausgeführt, d.h. es wird die Lampenspannung gemessen und eine weitere Gleichspannungsphase angelegt, wenn die Lampenspannung außerhalb des optimalen Bereiches von 65-75V liegt. Diese Schritte werden periodisch so oft wiederholt, bis die Lampenspannung wieder im optimalen Bereich liegt.

[38] In den im folgenden beschriebenen Verfahren wird eine Gleichspannungsphase, die bisher immer aus einer positiven Phase für die erste Elektrode und einer negativen Phase für die zweite Elektrode bestand, in diese zwei Phasen aufgeteilt, um unterschiedliche Zustände der

beiden Lampenelektroden zu behandeln. In einer ersten Ausbildung der zweiten Ausführungsform, die zum Ausgleichen einer asymmetrischen Elektrodengeometrie geeignet ist, wird die Länge der Gleichspannungsphase für den zuvor berechneten Spannungsanstieg für die erste Elektrode bestimmt, und in einer darauffolgenden inversen Gleichspannungsphase auf die zweite Elektrode angewandt.

[39] In einer zweiten Ausbildung, die symmetrisch auf beide Elektroden wirkt, wird die Länge der Gleichspannungsphasen für jede Elektrode aus dem Spannungsanstieg während der Gleichspannungsphasen berechnet. Die Höhe des Spannungsanstiegs ist hierbei für beide Gleichspannungsphasen gleich.

[40] In einer dritten Ausbildung findet eine individuelle Elektrodenformung zur Zentrierung des Lichtbogens in der Brennerachse statt. In der dritten Ausbildung werden folgende Verfahrensschritte ausgeführt:

[41] Im ersten Schritt wird die Länge der Elektrodenspitze gemäß der Relation:  $I_{\text{Elektrodenspitze}} \propto \frac{\Delta U_{\text{DC-Phase}}}{T_{\text{DC-Phase}}}$  berechnet.

[42] In einem zweiten Schritt wird die Dauer oder der Spannungsanstieg der Gleichspannungsphase für die gewünschte Verschiebung des Elektrodenschwerpunktes proportional zur individuellen Länge der Elektrodenspitze berechnet:

[43] Für eine asymmetrische Elektrodengeometrie nach der ersten Ausbildung gilt:  $\frac{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase\_ersteElektrode}}}{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase\_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{ersteElektrode}}}{I_{\text{zweiteElektrode}}}$  ;

$$\Delta U = \Delta U_{\text{Gleichspannungsphase\_ersteElektrode}} + \Delta U_{\text{Gleichspannungsphase\_zweiteElektrode}} \cdot$$

[44] Für eine symmetrische Elektrodengeometrie nach der

zweiten Ausbildung gilt: 
$$\frac{T_{\text{Gleichspannungsphase\_ersteElektrode}}}{T_{\text{Gleichspannungsphase\_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{zweiteElektrode}}}{I_{\text{ersteElektrode}}};$$

$$T = T_{\text{Gleichspannungsphase\_ersteElektrode}} + T_{\text{Gleichspannungsphase\_zweiteElektrode}} \cdot$$

[45] Durch die dritte Ausbildung der zweiten Ausführungs-  
 5 form des Verfahrens ergeben sich neue Vorteile, die die  
 bisherigen Verfahren nach dem Stand der Technik nicht  
 leisten können. Durch die Möglichkeit des asymmetrischen  
 Einbringens von Energie in die jeweiligen Elektroden  
 ergibt sich die Möglichkeit, den Elektrodenschwer-  
 10 punkt zu zentrieren und in seiner zentrierten Lage über  
 die Lebensdauer zu halten. Durch die zentrierte Lage des  
 Elektrodenschwerpunkts innerhalb des Brennergefäßes  
 ergibt sich eine stabilere und effektivere Lichtausbeute  
 durch das optische System, das auf eine definierte Elekt-  
 15 rodenlage hin berechnet wurde. Der Entladungsbogen bleibt  
 die ganze Lebensdauer der Lampe über im Fokus. Dadurch,  
 dass die Bogenansatzpunkte sich immer mittig auf der  
 Elektrode befinden, ergibt sich ein durchschnittlicher  
 Maximaler Abstand des Entladungsbogens von der Brennerge-  
 20 fäßwand über die gesamte Lebensdauer, der eine Entglasung  
 des Brennergefäßes wirksam vermindert. In einem fortge-  
 schrittenen optischen System wäre es auch denkbar, dass  
 das optische System seinen Gesamtwirkungsgrad durch eine  
 Regelschleife, die die Elektrodenformungsmechanismen mit  
 25 umfasst, optimieren und damit maximieren kann.

[46] Natürlich ist auch ein Verfahren denkbar, dass die  
 erste Ausführungsform und die zweite Ausführungsform  
 gemischt verwendet, um die Elektroden und die Elektroden-  
 spitzen in optimalem Zustand zu erhalten. Eine Vorteil-

hafte Mischung könnte umfassen, dass bei Lampenspannungen unterhalb der unteren Lampenspannungsschwelle ein Verfahren der zweiten Ausführungsform verwendet wird, bei dem die Länge der Gleichspannungsphase durch die Lampenspannungsänderung während dieser Gleichspannungsphase bestimmt wird, und dass bei Lampenspannungen oberhalb der oberen Lampenspannungsschwelle ein Verfahren der ersten Ausführungsform verwendet wird, bei dem die Länge der Gleichspannungsphase berechnet oder durch eine Kennlinie vorgegeben wird.

[47] **Fig. 3** zeigt eine Darstellung eines Elektrodenpaares vor und nach der Optimierung des Verfahrens in der zweiten Ausführungsform. In der Fig. 3a ist ein Elektrodenpaar 52, 54 mit den Elektrodenenden 521, 541 und den Elektrodenspitzen 523, 543 vor der Anwendung des Verfahrens in der zweiten Ausführungsform zu sehen. Der Mittelpunkt 57 der Elektroden liegt nicht im optimalen Mittelpunkt 58 des Brennergefäßes, da die Elektrodenspitze 543 wesentlich weiter aufgewachsen ist als die Elektrodenspitze 523. Daher wird das Verfahren in seiner zweiten Ausführungsform mit der Ausbildung zum Ausgleichen einer asymmetrischen Elektrodengeometrie angewandt. Nach der Durchführung des Verfahrens, sehen die Elektroden 52, 54 aus wie in Fig. 3b dargestellt: beide Elektrodenspitzen 523, 543 sind wieder gleich lang, der Mittelpunkt 57 zwischen den Elektrodenspitzen liegt wieder im Brennermittelpunkt 58. Der Entladungsbogen brennt wieder optimal im Mittelpunkt des Brennergefäßes, und der optische Wirkungsgrad des Gesamtsystems ist maximiert.

[48] **Fig. 4** zeigt den Verlauf der Lampenspannung  $U_{DC}$  und des Lampenstroms  $I_{DC}$  während einer Gleichspannungsphase

mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung. Im oberen Graphen sind die beiden Kurven in einer geringen zeitlichen Auflösung von 4ms/DIV dargestellt. Es ist vor allem am Strom gut zu sehen, dass die positive wie die negative Gleichspannungsphase jeweils aus 3 normalen Halbwellen zusammengesetzt ist. Dies ist gut an den 2 nadelförmigen Stromimpulsen 61, 62 zu erkennen, die die Gleichspannungsphase in 3 Bereiche aufteilt. Auch in der Lampenspannung sind diese Pulse zu sehen. Der untere Graph zeigt einen dieser Pulse in einer größeren zeitlichen Auflösung von 8 $\mu$ s. Hier ist vor allem an der Lampenspannung  $U_{DC}$  gut die Doppelkommutierung zu sehen, die Spannung  $U_{DC}$  springt mit einer positiven Flanke auf ihren oberen Wert und etwa 2 $\mu$ s später wieder mit einer negativen Flanke auf ihren unteren Wert, bei dem sie bis zur nächsten Kommutierungsstelle bleibt. Der Lampenstrom  $I_{DC}$  will nach der ersten Kommutierung umschwingen, ist aber zu langsam, so dass nur ein geringer Stromeinbruch während der 2 $\mu$ s zu verzeichnen ist. Dies kommt daher, weil die Stromkommutierung wie Eingangs schon erwähnt langsamer abläuft als die Spannungskommutierung.

[49] **Fig. 5** zeigt einen Verlauf des Lampenstroms, bei dem die Gasentladungslampe mit den oben erwähnten Maintenancepulsen MP betrieben wird. Auch hier ist deutlich zu sehen, dass die Gleichspannungsphase DCP aus zwei Halbwellen HW zusammengesetzt ist, da zwei Maintenancepulse MP in der Gleichspannungsphase auftreten.

[50] Die Gleichspannungsphasen werden also aus Halbwellen der normalen Betriebsfrequenz zusammengesetzt, so dass die höchste Betriebsfrequenz immer ein ganzzahliges oder

gebrochenrationales Vielfaches der Frequenz der Gleichspannungsphasen beträgt.

#### Dritte Ausführungsform

[51] In einer dritten Ausführungsform des Verfahrens  
5 findet eine kontinuierliche Anpassung der Betriebsfrequenz in Abhängigkeit von der Lampenspannung statt. Dabei kann das Verfahren in verschiedenen Ausbildungen betrieben werden. In einer ersten Ausbildung der dritten Ausführungsform, die in **Fig. 6a** dargestellt ist, wird die  
10 Betriebsfrequenz in diskreten Schritten, abhängig von der Lampenspannung verändert. Dabei wird die Frequenz höher, je größer die Lampenspannung ist. Da aufgrund verschiedener Randbedingungen im Gesamtsystem nur zu bestimmten Zeiten eine Kommutierung stattfinden kann, kann die  
15 Betriebsfrequenz nur eine beschränkte Anzahl an Frequenzwerten annehmen. Wird die Gasentladungslampe z.B. in einem Videoprojektor mit einem Farbrad betrieben, so kann die Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe nur dann kommutiert werden, wenn das Farbrad in einer Stellung  
20 ist, bei der gerade von einem Farbsegment auf das nächste gewechselt wird. Durch die gleichmäßige Umdrehungszahl des Farbrades, die wiederum von der Bildwiederholfrequenz des Videobildes abhängt, ist grundsätzlich die Frequenz der Kommutierungen über einen Umlauf des Farbrades fest  
25 vorgegeben.

[52] Um die Gasentladungslampe optimal zu betreiben, soll aber bei einer bestimmten Lampenspannung immer eine feste Betriebsfrequenz gefahren werden. Im vorliegenden Beispiel wird z.B. bei einer Lampenspannung zwischen 0V und  
30 50V ein Lampenstrom mit einer Betriebsfrequenz von 100Hz

an die Gasentladungslampe angelegt. Da die Betriebsfrequenz aber aufgrund obiger Randbedingungen nur einige diskrete Frequenzwerte annehmen kann, ist die Anpassung der Betriebsfrequenz an die Lampenspannung recht grob.

5 Die höchste Betriebsfrequenz ist die Frequenz, bei der zu allen möglichen Kommutierungszeitpunkten auch eine Kommutierung durchgeführt wird. Diese Frequenz ist die höchste im System darstellbare Frequenz. Die möglichen Kommutierungszeitpunkte, die durch die oben erwähnten Randbedin-

10 gungen z.B. eines Farbrades vorgegeben sind, werden wie oben schon erwähnt auch als Kommutierungsstellen bezeichnet.

[53] In einer zweiten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Verfahrens wird die Betriebsfrequenz der Gasent-

15 ladungslampe anhand einer Kennlinie kontinuierlich angepasst. Die Kennlinie einer bevorzugten Ausführungsform ist in **Fig. 6b** dargestellt. Bis zu einer gewissen Lampenspannung von hier 50V bleibt die Betriebsfrequenz immer gleich bei etwa 100Hz. Ab einer Lampenspannung über 50V

20 steigt die Betriebsfrequenz kontinuierlich bis zu einer Lampenspannung von 150V an. Aufgrund der obigen Ausführungen kann nicht jede Betriebsfrequenz direkt angefahren werden. Es wird daher mit einem Verfahren gearbeitet, bei dem der Wechselrichter die Gasentladungslampe mit einer

25 Abfolge von diskreten Frequenzen betreibt, die alle einen ganzzahligen oder gebrochenrationalen Bruchteil der höchsten Betriebsfrequenz darstellen. Um diese niedrigeren Frequenzen darzustellen, wird nicht an jeder Kommutierungsstelle wirklich kommutiert, sondern es werden

30 jeweils zwei oder mehr Teilhalbwellen zu einer resultierenden Halbwelle HW zusammengefasst, so dass die Perio-

dendauer der resultierenden Halbwelle ein ganzzahliger oder gebrochenrationaler Faktor der ursprünglichen Teilhalbwelle ist, wie in **Fig. 5** dargestellt. Dadurch wird ein Kommutierungsmuster erzeugt, das im zeitlichen Verlauf ein sehr unregelmäßiges Erscheinungsbild zeigen kann. Das Kommutierungsmuster besteht aus einer Hintereinanderschaltung von Halbwellen verschiedener diskreter Frequenzen. Eine das Verfahren ausführende Steuerung mixt nun diese diskreten Frequenzen in ihrer Häufigkeit so, dass der zeitliche Mittelwert der Frequenzen der gewünschten einzustellenden Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe entspricht. **Fig. 6c** zeigt eine beispielhafte Kurvenform mit Kommutierungsstellen 31, 32, 33, 34, 35, bei denen Bedarfsweise eine Kommutierung erfolgen kann. Erfolgt bei jedem dieser Punkte eine Kommutierung, so wird die höchste Betriebsfrequenz erzeugt, und eine Halbwelle ist jeweils genau eine Teilhalbwelle lang. Auch bei dieser Ausführungsform gibt es wieder die Möglichkeiten, Kommutierungen wirklich auszulassen, oder anstatt die Kommutierung auszulassen, zwei schnelle Kommutierungen hintereinander auszuführen. Dadurch, dass die Kommutierungen nur nach Bedarf ausgeführt werden, und dadurch mindestens zwei verschiedene grob abgestufte Frequenzen erzeugt werden, wobei diese dann durch ihre Häufigkeit des Auftretens auf eine sehr fein einstellbare resultierende mittlere Frequenz eingestellt werden können, können alle Randbedingungen eingehalten werden und trotzdem die Gasentladungslampe im zeitlichen Mittel mit der optimalen Frequenz betrieben werden. Dies hat den Vorteil, dass die vorgegebenen Kommutierungsstellen, die oft von Videoprojektionssystemen, bei denen der Hersteller des Videoprojektionssystems eine feste Frequenz vorgibt, um die

Synchronisation mit dem Videosignal sowie mit einer im optischen System befindlichen Farbwechseleinheit bewerkstelligen zu können, benötigt werden, immer eingehalten werden, und das Verfahren damit auch bei Anwendungen  
5 durchführbar ist, bei denen durch die Kommutierungsstellen eine feste Frequenz vorgegeben ist. Wie in dieser Figur zu erkennen ist, ist das Verfahren auch dann geeignet, wenn die möglichen Kommutierungsstellen an sich nicht immer gleich beabstandet sind. Bei vielen fort-  
10 schrittlichen Videoprojektionssystemen sind die verschiedenen Farbsektoren des Farbrades auch verschieden breit, so dass die zeitlichen Abstände der möglichen Kommutierungsstellen unterschiedlich sind. Dies ist bei dem vorliegenden Verfahren kein Problem, da die übergeordnete  
15 Steuereinheit dies berücksichtigen kann und aus der Vielzahl an Frequenzen, die die unterschiedlichen Halbwellen aufweisen, durch die oben erwähnte zeitliche Häufigkeitsverteilung den zeitlichen Mittelwert der resultierenden Frequenz exakt an die vorgegebene Be-  
20 triebsfrequenz der Gasentladungslampe anpassen kann.

#### Vierte Ausführungsform

[54] **Fig. 7** zeigt einen Signalflussgraphen zur schematischen Darstellung einer vierten Ausführungsform des Verfahrens. Dieses beginnt im Schritt 100 mit dem Star-  
25 ten, d.h. Zünden der Lampe. Anschließend wird im Schritt 120 geprüft, ob mindestens ein Parameter in einem Wertebereich liegt, der damit korreliert ist, dass die erste und/oder die zweite Elektrode zerklüftet ist. Als dieser Parameter kommt bevorzugt die Lampenspannung oder die  
30 Betriebsdauer seit der ersten Inbetriebnahme oder seit der letzten Durchführung des Verfahrens oder der Abstand

der Elektroden in Betracht. Wird die Frage mit Nein beantwortet, wird die Gasentladungslampe im Schritt 150 weiter im normalen Lampenbetrieb betrieben. Wird die Frage mit ja beantwortet, so wird die Lampe zunächst ebenfalls im Schritt 125 im normalen Lampenbetrieb betrieben. Während dieser Zeit wird aber regelmäßig überprüft, ob ein Startkriterium für das Überschmelzen erfüllt ist. Das Startkriterium kann z.B. das Erreichen einer bestimmten Lampenspannung  $U_{BSSoll}$  sein. Während dieser Zeit wird im normalen Lampenbetrieb kein Überschmelzschrift vorgenommen. Sobald das Startkriterium erfüllt ist, wird im Schritt 135 das Überschmelzen der Elektroden initiiert. Bevorzugt in äquidistanten Zeitabständen wird im Schritt 140 geprüft, ob ein Abbruchkriterium für das Ende der Überschmelzphase erfüllt ist. Dies kann bevorzugt dann sein, wenn die Lampenspannung über einen Sollwert  $U_{BASoll}$  angestiegen ist. Wird dies verneint, wird Schritt 135 fortgesetzt und anschließend wieder im Schritt 140 die Abfrage vorgenommen. Diese Wiederholung der Schritte 135, 140 erfolgt so lange, bis im Schritt 140 die Frage bejaht wird, wonach das Verfahren weitergeht zu Schritt 150 wo während des normalen Lampenbetriebs im stationären Zustand neue Elektrodenspitzen auf dem vorderen Teil der Elektroden aufgewachsen werden. Während dieser Zeit wird in regelmäßigen Abständen zu Schritt 120 verzweigt, um eine kontinuierliche Regelschleife zu gewährleisten, die die Elektroden der Gasentladungslampe immer in möglichst optimalen Zustand erhält.

[55] **Fig. 8** zeigt in schematischer Darstellung den zeitlichen Verlauf der Lampenspannung  $U_B$  einer Entladungslampe nach ihrem Einschalten. Wie zu erkennen ist, wird die

Lampe innerhalb der ersten 45 s mit einer Leistung  $P$  betrieben, die kleiner als die nominelle Leistung  $P_{\text{nom}}$  ist. Diese Phase wird als Hochlaufphase bezeichnet, während der der Lampe zugeführte Strom begrenzt wird, um die Gasentladungslampe beziehungsweise das elektronische Betriebsgerät nicht zu überlasten. Im Bereich nach 45s ist zwar die Lampenspannung  $U_B$  noch nicht auf ihren Dauerbetriebswert angestiegen, jedoch wird dort die Lampe bereits mit der nominellen Leistung  $P_{\text{nom}}$  betrieben, d.h. dass dort keine Strombegrenzung mehr aktiv ist. Diese Phase wird als Leistungsregelungsphase bezeichnet, während der die Lampe im wesentlichen mit ihrer nominalen Leistung betrieben wird. Der normale Lampenbetrieb setzt sich somit zusammen aus einer Hochlaufphase, die mit dem Start der Lampe beginnt, und einer Leistungsregelungsphase, die sich an die Hochlaufphase anschließt und nach einer gewissen Zeit in den stationären Zustand übergeht, während dem die Gasentladungslampe im wesentlichen mit ihren nominellen Parametern betrieben wird. Besonders die Hochlaufphase nach dem Einschalten bis 45s ist zur Durchführung des Verfahrens besonders geeignet, da dort die Brenntemperatur noch niedrig ist und der Benutzer die Lampe noch nicht zum vorgesehenen Zweck betreibt.

[56] **Fig. 9** zeigt in schematischer Darstellung den zeitlichen Verlauf des Verhältnisses der Leistung  $P$  zur nominellen Leistung  $P_{\text{nom}}$  in Prozent sowie der Lampenspannung  $U_B$  während der Durchführung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des Verfahrens. Zunächst, d.h. im normalen Betrieb und vorliegend bis zum Zeitpunkt  $t_1$ , wird die Entladungslampe mit der nominellen Leistung  $P_{\text{nom}}$  betrieben. Anschließend wird die Leistung  $P$  abgesenkt auf

30% der nominellen Leistung. Dies führt zur Abkühlung der Entladungslampe, aus der sich die bereits im Zusammenhang mit Fig. 2 erwähnten Vorteile ergeben. Anschließend, d.h. zum Zeitpunkt  $t_2$ , wird zum Überschmelzen der Elektroden die Entladungslampe mit einem Lampenstrom  $I$  betrieben, der zwischen 150 und 200% des nominellen Lampenstroms  $I_{nom}$  beträgt. Ab dem Zeitpunkt  $t_3$  wird die Lampe mit einer Leistung betrieben, die circa 75% der nominellen Leistung  $P_{nom}$  beträgt. Daran anschließend, d.h. ab dem Zeitpunkt  $t_4$ , wird die Leistung in 5%-Schritten, die jeweils circa 20 Minuten dauern, bis zum Erreichen der nominellen Leistung  $P_{nom}$  oder sogar darüber hinaus erhöht, was zum Aufwachsen neuer Elektroden Spitzen führt. Wie sich aus dem Verlauf der Lampenspannung  $U_B$  erkennen lässt, sinkt diese ausgehend von einem konstanten Wert, der sich während des Betriebs der Entladungslampe mit der Leistung  $P_{nom}$  eingestellt hat, während des Betriebs mit geringerer Leistung ab und steigt danach allmählich wieder an.

[57] **Fig. 10a) bis d)** zeigen den Zustand der vorderen Teile der Elektroden in unterschiedlichen Stadien der Durchführung des Verfahrens. Fig. 4a) zeigt den Zustand vor der Durchführung des Verfahrens. Die vorderen Teile der Elektroden sind deutlich zerklüftet, die Elektroden spitzen sind außermittig angeordnet, der Abstand der Elektroden beträgt  $d_a$ . Der Zustand kurz nach dem Überschmelzen der vorderen Teile der Elektroden ist in **Fig. 10b)** wiedergegeben. Deutlich erkennbar ist die Halbkugelform der vorderen Teile der Elektroden, die sich beim Überschmelzen aufgrund der Oberflächenspannung ergibt. Anstelle der Zerklüftungen zeigt sich nunmehr eine glatte Elektrodenoberfläche. Der Abstand ist angewachsen auf  $d_b$ .

In diesem Zustand genügen kleine Unregelmäßigkeiten auf den Elektroden, um ein Hüpfen der Bogenansatzpunkte zu ermöglichen, was in einem Flickern der Entladungslampe resultieren würde. Deshalb wird im in Fig. c) dargestellten Schritt begonnen, Elektrodenspitzen auf die vorderen Teile der Elektroden aufzuwachsen. Durch das Aufwachsen der Elektroden verkürzt sich der Abstand. Er beträgt nunmehr  $d_c$ , wobei gilt:  $d_a < d_c < d_b$ . Fig. 4d) schließlich zeigt den Zustand nach der abgeschlossenen Regeneration, d.h. nach dem Schritt des Aufwachsens der Elektrodenspitzen. Die Oberfläche der Vorderseite der Elektroden ist nach wie vor unzerklüftet, wobei jedoch Elektrodenspitzen aufgewachsen sind, wodurch sich der Abstand  $d_d$  gegenüber der Darstellung von Fig. c) verringert hat. Es gilt:  $d_d < d_a < d_c < d_b$ . Im Vergleich mit Fig. 4a fällt auch die größere Lichtausbeute auf.

[58] Während eine bevorzugte Anwendung von Entladungslampen und damit des Verfahrens Projektoren sind, betrifft das Verfahren jedoch alle Arten von Entladungslampen, insbesondere beispielsweise auch Xenon-Autolampen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass für die Durchführung des Verfahrens die bisher zum Betreiben einer Entladungslampe verwendeten elektronischen Betriebsgeräte nicht auf eine höhere Belastung ausgelegt werden müssen, da das Strom-Zeit-Integral entscheidend ist, weshalb gegebenenfalls ein niedrigerer Strom einfach etwas länger angelegt wird.

[59] **Fig. 11** zeigt den zeitlichen Verlauf des Lampenstroms, oben, und der Lampenspannung  $U_B$ , unten, bei Ansteuerung mit asymmetrischem Strom-Dutycycle während der Überschmelzphase. Gut zu erkennen ist, dass einzelne

Kommutierungen unmittelbar hintereinander doppelt ausgeführt werden. Zwei unmittelbar hintereinander ausgeführte Kommutierungen sind unter dem Begriff sog. „Dummy-Kommutierungen“ bekannt. Dadurch wird eine beabsichtigte  
5 Unsymmetrie bzw. ein DC-Anteil im Lampenstrom erzeugt. Wie ebenfalls zu erkennen ist, nimmt die Lampenspannung  $U_B$ , wie gewünscht, zu. Alternativ können auch einzelne Kommutierungen ausgelassen werden.

#### Fünfte Ausführungsform

10 [60] Die fünfte Ausführungsform bezieht sich auf ein Betriebsverfahren, das mit einem Betriebsgerät ausgeführt werden kann um in einer Beleuchtungseinrichtung neben der Elektrodenformung auch die Bildqualität zu verbessern. Die Beleuchtungseinrichtung 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel der **Figur 12** umfasst eine Lichtquelle 1, vorliegend  
15 eine Gasentladungslampe, die Licht mit einem Farbort im weißen Bereich der CIE-Normfarbtafel aussendet. Bei der Gasentladungslampe 1 handelt es sich um eine Punktlichtquelle mit einem sehr kleinen Bogenabstand, die eine hohe  
20 Energiedichte von  $100 \text{ W/mm}^3$  bis  $500 \text{ W/mm}^3$  aufweist.

[61] Weiterhin umfasst die Beleuchtungseinrichtung 10 gemäß der **Figur 12** ein Betriebsgerät 2, wie beispielsweise einen Funktionsgenerator, der elektrische Signale mit einer Leistung von 100 W bis 500 W bereitstellen kann,  
25 und das erfindungsgemäße Verfahren ausführt. Das Betriebsgerät 2 steuert die Lichtquelle 1 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem elektrischen Stromstärke-signal an, das einer Lichtkurve 3 folgt. Lichtkurven 3 werden später in Zusammenhang mit den **Figuren 13 und 15A**  
30 **bis 15C** näher erläutert.

[62] Die Lichtkurve 3 bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der **Figur 15A** umfasst eine periodische Abfolge von jeweils drei Segmenten  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$ . Das erste Segment  $S_B$  ist der Farbe Blau zugeordnet, das zweite Segment  $S_R$  der Farbe Rot und das dritte Segment  $S_G$  der Farbe Grün. Diese Lichtkurve 3 kann beispielsweise alternativ zu der Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 14** in dem Betriebsgerät 2 der Beleuchtungseinrichtungen 10, 11 abgespeichert sein, die in den Displaysystemen gemäß der **Figur 13** verwendet ist.

5 Die verschiedenen Segmente der Lichtkurve sind dabei verschiedenen Teilhalbwellen zugeordnet, aus denen der an die Gasentladungslampe anzulegende Wechselstrom besteht. damit folgt der Lampenstrom der abgespeicherten Lichtkurve. Da die Lichtabgabe der Gasentladungslampe mit dem

10 Lampenstrom korreliert, folgt die Lichtabgabe der Gasentladungslampe der abgespeicherten Lichtkurve.

[63] Das erste Segment  $S_B$  der Lichtkurve der **Figur 15A** ist der Farbe Blau zugeordnet und weist eine Dauer  $t_B$  von ca. 1300  $\mu\text{s}$  auf. Während dieses Zeitintervalls  $t_B$  beträgt der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 ca. 108 %.

20

[64] An das erste Segment  $S_B$  schließt sich ein zweites Segment  $S_R$  an, das der Farbe Rot zugeordnet ist und eine Dauer von  $t_R$  aufweist. Während eines ersten Zeitintervalls  $t_{R1}$  des Zeitintervalls  $t_R$  beträgt der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 kurzfristig ca. 150 %, während der Lichtfluss in einem zweiten Zeitintervall  $t_{R2}$ , das sich an das erste Zeitintervall  $t_{R1}$  direkt anschließt und mit diesem das Zeitintervall  $t_R$  ausbildet,

25 ca. 105 % beträgt. Das Zeitintervall  $t_{R1}$  ist hierbei

30 deutlich kürzer als das Zeitintervall  $t_{R2}$ . Das Zeitinter-

vall  $t_{R1}$  beträgt vorliegend ca. 100  $\mu\text{s}$ , während das Zeitintervall  $t_{R2}$  vorliegend ca. 1200  $\mu\text{s}$  beträgt.

[65] An das zweite Segment  $S_R$  schließt sich ein drittes Segment  $S_G$  an, das der Farbe Grün zugeordnet ist und eine Dauer  $t_G$  von ebenfalls ca. 1300  $\mu\text{s}$  aufweist. Auch das Zeitintervall  $t_G$  teilt sich wie das Zeitintervall  $t_R$  in zwei Zeitintervalle  $t_{G1}$  und  $t_{G2}$  auf, wobei das erste Zeitintervall  $t_{G1}$  deutlich länger ist als das zweite Zeitintervall  $t_{G2}$ . Das erste Zeitintervall  $t_{G1}$  beträgt vorliegend ca. 1200  $\mu\text{s}$ , während das zweite Zeitintervall  $t_{G2}$  des grünen Segmentes eine Dauer von ca. 100  $\mu\text{s}$  aufweist. Während des ersten Zeitintervalls  $t_{G1}$  weist die Lichtkurve 3 einen konstanten Wert von ca. 85% auf, der für das Zeitintervall  $t_{G2}$  kurzfristig auf einen Wert von ca. 45% abgesenkt ist.

[66] Nach Ablauf dieser drei Segmente  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  erfolgt eine im Wesentlichen periodische Wiederholung dieser drei Segmente  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$ , wobei die Anordnung der kurzen Zeitintervalle  $t_{R1}$ ,  $t_{G2}$  innerhalb der Segmente, in denen der Lichtfluss gegenüber dem restlichen Segment  $S_R$ ,  $S_G$  deutlich angehoben oder abgesenkt ist von der Periodizität abweicht. Die kurzen Zeitintervalle der Lichtkurve 3, in denen die Beleuchtungsstärke stark abgesenkt ist, dienen der Erhöhung der Farbtiefe wie bereits im allgemeinen Beschreibungsteil beschrieben. Die kurzen Segmente innerhalb derer die Beleuchtungsstärke stark angehoben sind, sind Maintenancepulse, die wie oben schon beschrieben zur Stabilisierung der Elektroden der Gasentladungslampen dienen.

[67] Die **Figur 15B** zeigt zwei Lichtkurven 3. Die Diagramme stellen die Beleuchtungsstärke und die Farbe in Abhängigkeit der Zeit dar. Sie enthalten jeweils eine volle Periode der Lichtkurvenform, in der Regel mit einer Dauer  
5 zwischen 16 und 20 ms.

[68] Die Lichtkurve des Ausführungsbeispiels gemäß **Figur 15C** ist auf ein Filterrad 6 mit sechs verschiedenen Filtern mit den Farben Gelb, Grün, Magenta, Rot, Cyan und Blau ausgelegt. Dementsprechend setzt sich die Lichtkurve  
10 3 aus einer periodischen Abfolge sechs verschiedener Segmente  $S_Y$ ,  $S_G$ ,  $S_M$ ,  $S_R$ ,  $S_C$ ,  $S_B$  zusammen, die der jeweiligen Farbe zugeordnet sind. Die Segmente  $S_Y$ ,  $S_G$ ,  $S_M$ ,  $S_R$ ,  $S_C$ ,  $S_B$  werden in Folgenden mit der Farbe bezeichnet, der sie zugeordnet sind. Jedes Segment  $S_Y$ ,  $S_G$ ,  $S_M$ ,  $S_R$ ,  $S_C$ ,  $S_B$   
15 der Lichtkurve 3 weist hierbei einen konstanten Wert des Lichtflusses während dem größten Teil der Dauer des jeweiligen Segmentes auf.

[69] Den einzelnen Segmenten  $S_Y$ ,  $S_G$ ,  $S_M$ ,  $S_R$ ,  $S_C$ ,  $S_B$  sind wieder Zeitintervalle  $t_Y$ ,  $t_G$ ,  $t_M$ ,  $t_R$ ,  $t_C$ ,  $t_B$  zugeordnet,  
20 die sich in zwei oder drei Zeitintervalle  $t_{Y1}$ ,  $t_{Y2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{M1}$ ,  $t_{M2}$ ,  $t_{M3}$ ,  $t_{R1}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{C1}$ ,  $t_{C2}$ ,  $t_{C3}$ ,  $t_{B1}$ ,  $t_{B2}$  aufteilen, wobei jeweils eines der Zeitintervalle deutlich länger ist als die anderen. Diese Zeitintervalle werden im Folgenden als „lange Zeitintervalle“ bezeichnet. Die  
25 Werte des Lichtflusses in den langen Zeitintervallen der einzelnen Segmente sind der Tabelle in **Figur 15D** in der Zeile „segment light level“ zu entnehmen. Das gelbe und das grüne Segment  $S_Y$ ,  $S_G$  weisen einen konstanten Lichtfluss von 80% während des langen Zeitintervalls auf. Das  
30 magentafarbene und das rote Segment  $S_M$ ,  $S_R$  weisen einen Lichtfluss von 120% während des langen Zeitintervalls

auf, während das cyanfarbene Segment  $S_C$  einen Lichtfluss von 80% während des langen Zeitintervalls aufweist und das blaue Segment  $S_B$  einen Lichtfluss von 120% während des langen Zeitintervalls. Am Ende eines jeden Segmentes  
5 befindet sich eine kurze Zeitdauer, während derer das Lichtniveau gegenüber dem langen Zeitintervall stärker abgesenkt ist. Diese Werte sind der Tabelle in Figur 15D unter der Zeile „negative pulse light level“ zu entnehmen. Bei dem gelben und bei dem grünen Segment  $S_Y$ ,  $S_G$  ist  
10 der Lichtfluss auf einen Wert von 40%, bei dem magentafarbenen und dem roten Segment  $S_M$ ,  $S_R$  auf einen Wert von 60 %, bei dem cyanfarbenen Segment  $S_C$  ,auf einen Wert von 40 % und bei dem blauen Segment  $S_B$  auf einen Wert von 60 % abgesenkt. Weiterhin findet am Ende des magentafarbenen  
15 Segmentes  $S_M$  und am Ende des cyanfarbenen Segmentes  $S_C$  eine Kommunikation statt, die mit Pfeilen symbolisiert ist und jeweils mit einem gegenüber dem langen Zeitintervall angehobenen Lichtfluss verknüpft ist.

[70] Die Segmentgrößen der unterschiedlichen Farben sind,  
20 wie der Tabelle in **Figur 15D** in der Zeile „segment size“ zu entnehmen, nicht identisch, sondern betragen bei dem gelben und dem grünen Segment  $S_Y$ ,  $S_G$  einen Wert von  $60^\circ$ , bei dem magentafarbenen Segment  $S_M$  einen Wert von  $40^\circ$ , bei dem roten Segment  $S_R$  einen Wert von  $70^\circ$ , bei dem  
25 cyanfarbenen Segment  $S_C$  einen Wert von  $62^\circ$  und bei dem blauen Segment  $S_B$  einen Wert von  $68^\circ$ . Diese Werte sind auf die Lichtkurve 3 abgestimmt.

[71] In Verbindung mit einer Lichtkurve 3, deren Segmente  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  den Farben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind,  
30 wie beispielsweise in den **Figuren 14 und 15A** gezeigt, findet in der Regel ein Filterrad 6 mit zwei roten, zwei

blauen und zwei grünen Filtern Anwendung. Die Filter sind hierbei bevorzugt in der Reihenfolge, Rot, Grün, Blau, Rot, Grün, Blau angeordnet. Die Größen der einzelnen Farbfiltersegmente können hierbei gleich sein ( $60^\circ$  für  
5 alle sechs Filter) oder unterschiedlich, abgestimmt auf die verwendete Lichtkurve 3. Das Filterrad kann alternativ auch aus jeweils nur einem roten, einem blauen und einem grünen Filter bestehen.

[72] Im Folgenden werden anhand der **Figuren 15E, 15F** und  
10 **15G** die Funktionen der einzelnen Zeitintervalle innerhalb der Segmente  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  beispielhaft näher erläutert.

[73] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15E** umfasst wie die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15A** eine periodisches Abfolge eines Segmentes  $S_B$ , das der Farbe blau zugeordnet ist,  
15 eines Segmentes  $S_R$ , das der Farbe Rot zugeordnet ist und eines Segmentes  $S_G$ , das der Farbe Grün zugeordnet ist. Jedes Segment  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  weist eine Dauer von ca. 1500  $\mu$ s auf. Das Zeitintervall  $t_B$ , das Zeitintervall  $t_R$  und das Zeitintervall  $t_G$ , die dem jeweiligen Segment  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$   
20 zugeordnet sind, weisen daher gleiche Länge auf. Innerhalb eines Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  weist die Lichtkurve 3 jeweils einen konstanten Wert auf. Während des Zeitintervalls  $t_B$  weist die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 95% auf, während des Zeitintervalls  $t_R$  einen Wert von ca.  
25 100% und während des Zeitintervalls  $t_G$  einen Wert von ca. 110%. Mittels der unterschiedlichen Niveaus der Lichtkurve 3 wird der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung derart angepasst, dass ein Displaysystem mit dieser Beleuchtungseinrichtung eine gewünschte Farbtemperatur  
30 aufweist.

[74] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15F** zeigt exemplarisch kurze Zeitintervalle  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  zum Ende jedes Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$ , ähnlich wie sie bereits oben in Verbindung mit **Figur 15A** beschrieben wurden. Die Lichtkurve 3 setzt sich wiederum aus einer periodischen Abfolge eines Segmentes  $S_B$ , das der Farbe Blau zugeordnet ist, eines Segmentes  $S_R$ , das der Farbe Rot zugeordnet ist und eines Segmentes  $S_G$ , das der Farbe Grün zugeordnet ist, zusammen. Das Zeitintervall  $t_B$ ,  $t_R$ ,  $t_G$  jedes Segmentes unterteilt sich vorliegend in drei Zeitintervalle eines langen Zeitintervalls  $t_{1B}$ ,  $t_{1R}$ ,  $t_{1G}$  zu Beginn jeden Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  und zweier kurzer Zeitintervalle  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  jeweils zum Ende jedes Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$ . Während der kurzen Zeitintervalle  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  ist der Lichtfluss der Lichtkurve 3 und somit der Wechselstrom durch die Gasentladungslampe stufenweise abgesenkt. Beispielfhaft sei hier das Segment  $S_B$ , das der Farbe Blau zugeordnet ist, beschrieben. Während dem Zeitintervall  $t_{B1}$  beträgt die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 110%. In dem Zeitintervall  $t_{B2}$ , das direkt auf das Zeitintervall  $t_{B1}$  folgt, beträgt die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 55%, während der Wert der Lichtkurve 3 in dem an das Zeitintervall  $t_{B2}$  anschließenden Zeitintervall  $t_{B3}$  auf ca. 30% abgesenkt ist. Das Zeitintervall  $t_{B1}$  weist eine Dauer von ca. 1300  $\mu$ s auf, während die Zeitintervalle  $t_{B2}$  und  $t_{B3}$  jeweils eine Dauer von ca. 10  $\mu$ s aufweisen. Die restlichen Segmente  $S_R$ ,  $S_G$  der Lichtkurve sind identisch aufgebaut, wie das Segment  $S_B$ , das der Farbe Blau zugeordnet ist. Die Absenkung der Lichtkurve 3 während der kurzen Zeitintervalle  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  dient dazu, die Farbtiefe des Displaysystems, in dem die Beleuchtungseinrichtung Verwendung findet, zu verbessern.

[75] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15G** zeigt die beiden anhand der **Figuren 15E und 15F** bereits erläuterten Lichtkurvenformen gemeinsam in einer Lichtkurve 3, wie sie auch in einer Beleuchtungseinrichtung Anwendung  
5 finden kann. Die Beschreibung der kurzen Segmente  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  zum Ende jedes Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  der **Figur 15F** ist hierbei auch für die kurzen Zeitintervalle  $t_{B2}$ ,  $t_{B3}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G1}$ ,  $t_{G2}$ ,  $t_{G3}$  der **Figur 15G** gültig, während die Niveaus der Lichtkurve 3 während des langen  
10 Zeitintervallen  $t_{B1}$ ,  $t_{R2}$ ,  $t_{G3}$  jedes Segmentes  $S_R$ ,  $S_G$ ,  $S_B$  dem Wert gemäß der Lichtkurve 3 der **Figur 15E** entspricht.

[76] Die Stromstärke-Beleuchtungsstärke-Kennlinie des Ausführungsbeispiels gemäß der **Figur 16** ist annähernd linear. Sie gibt auf der y-Achse eine Stromstärke in  
15 Prozent an und auf der x-Achse ein Lichtlevel in Prozent.

[77] Mittels der Stromstärke-Beleuchtungsstärke-Kennlinie, die ebenfalls in dem Betriebsgerät 2 der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 gespeichert sein kann, ist es möglich, dass bei veränderten Lampenbetriebsparametern, wie etwa der Stromstärke, die Helligkeit der Lichtquelle 1, 1R, 1G, 1B der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 auf der von der Lichtkurve 3 vorgegebenen Beleuchtungsstärke gehalten wird. Durch die Korrelation über die Kennlinie kann die Vorgabe in der Lichtkurve direkt in  
20 einen Wechselstrom für die Gasentladungslampe umgewandelt werden. Die verschiedenen Plateaus der Lichtkurve werden dabei in jeweilige Teilhalbwellen umgewandelt, wobei die Kommutierungsstellen von dem Betriebsgerät 2 anhand von Synchronisationsvorgaben einer Videoelektronik in der  
30 Beleuchtungsvorrichtung 10 ausgewählt werden.

[78] Die in **Fig. 17** dargestellte Schaltung stellt ein Beispiel für eine Schaltungsanordnung 21 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar, die einen Teil des Betriebsgerätes 2 bildet. Diese Schaltungsanordnung 21 gliedert sich in die folgenden Blöcke: Spannungsversorgung SV, Vollbrücke VB, Zündung Z, und Steuerungsteil C. Die Blöcke SV, VB, C und Z können identisch wie entsprechende Blöcke in herkömmlichen Schaltungsanordnungen aufgebaut sein. Die Spannungsversorgung regelt die Leistung der Gasentladungslampe, wobei sich hierüber die Lampenspannung einstellt. Die Lampenleistung mit der entsprechenden Lampenspannung wird an die Vollbrücke angelegt, die daraus eine rechteckförmige Lampenleistung erzeugt, die an die Gasentladungslampe angelegt wird. Gestartet wird die Gl mittels einer Resonanzzündung durch die beiden Lampendrosseln L2 und L3 und den Kondensator C2, die damit gleichzeitig die Zündeinheit Z bilden. Die Ausführung in **Fig. 17** ist lediglich beispielhaft. Der Steuerungsteil C, der die Vollbrücke und die Spannungsversorgung ansteuert, kann als analoge Steuerung aufgebaut sein, bevorzugt ist der Steuerungsteil C jedoch ein digitaler Regler, der besonders bevorzugt einen Mikrocontroller aufweist.

[79] Das Schaltbild ist lediglich Schematisch und es sind nicht alle Steuer- und Sensorleitungen gezeigt.

[80] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüche beinhaltet auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht

explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

### Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe (LP) mit einem Gasentladungslampensbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode (52, 54), wobei die Elektroden (52, 54) vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampensbrenner aufweisen, der mit der Lampenspannung korreliert ist, **folgende Schritte umfassend:**
  - a) Prüfen, ob eine Sperrzeit (OT), die der Zeitdauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen entspricht, abgelaufen ist,
  - b) wenn die Sperrzeit (OT) abgelaufen ist, Auslassen von Kommutierungen oder Anlegen von Pseudokommutierungen für eine vorbestimmte Zeitdauer (VT), die von der Lampenspannung abhängt, dergestalt, dass für jede Lampenspannung eine Zeitdauer (VT) des Auslassens von Kommutierungen/Anlegens von Pseudokommutierungen vorbestimmt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Zeitdauer (VT) abhängig von der Lampenspannung zwischen 2ms und 500ms lang ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der vorbestimmte Zeitdauer (VT) ein Lampenstrom lediglich in eine Richtung fließt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lampenstrom während der vorbestimmte Zeit-

- 46 -

dauer (VT) lediglich in eine Richtung fließt und während einer darauffolgenden vorbestimmten Zeitdauer (VT) in die andere Richtung fließt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der vorbestimmte Zeitdauer (VT) der Lampenstrom anteilig in beide Richtungen fließt, wobei die zeitlichen Anteile des Stromflusses gleichverteilt sein können oder die Verteilung zugunsten einer Stromflußrichtung erfolgen kann.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrzeit (OT) abhängig von der Lampenspannung ist.
- 15 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrzeit (OT) je nach Lampenspannung zwischen 180s und 900s, besonders bevorzugt zwischen 180s und 600s beträgt.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Zeitdauer (VT) durch eine Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphasen bestimmt ist.
- 25 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Maximalwert einer Änderung der Lampenspannung (VP) während der Gleichspannungsphasen von der Lampenspannung vor dem Anlegen der Gleichspannungsphasen abhängt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gasentladungslampe

(LP) mit einem Wechselstrom betrieben wird, und auf die Halbwellen (HW) des Wechselstromes mindestens ein Puls höherer Stromstärke (MP) aufmoduliert wird, der zwischen 50  $\mu$ s und 1500  $\mu$ s lang ist.

- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Halbwelle (HW) des angelegten Wechselstroms aus mehreren Teilhalbwellen besteht, wobei ein Teil der Kommutierungen oder alle Kommutierungen zwischen zwei Halbwellen (HW) durch  
10 eine kurz darauf erfolgende weitere Kommutierung wieder rückgängig gemacht wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verschiedenen Teilhalbwellen einer Halbwelle (HW) unterschiedliche Stromstärken an die Gasentladungslampe anlegen.  
15
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es während des Hochlaufs der Gasentladungslampe ausgeführt wird, wobei die Sperrzeit (OT) auch deutlich kleiner als 180 s sein  
20 kann.
14. Elektronisches Betriebsgerät, aufweisend ein Zündgerät (Z), einen Wechselrichter (VB) und eine Steuerung (C), **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-13  
25 ausführt.
15. Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung eines

Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist.

16. Projektor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,  
5 dass der Projektor das Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-13 kurz nach dem Start des Projektors ausführt.

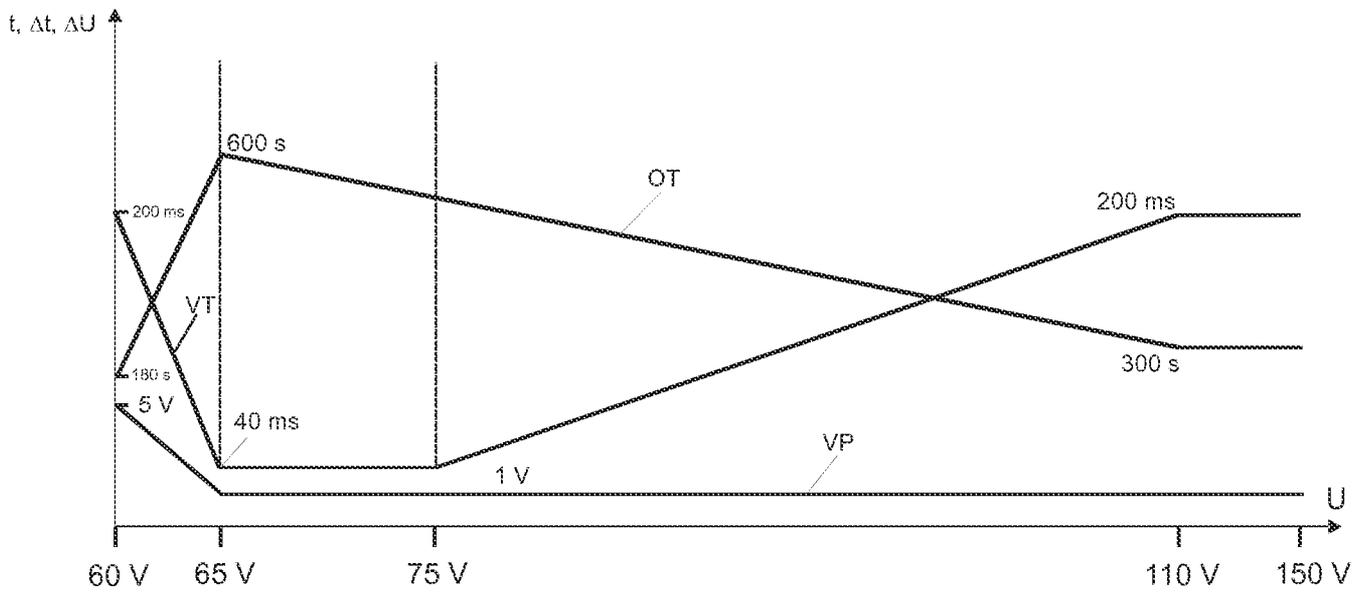


FIG 1

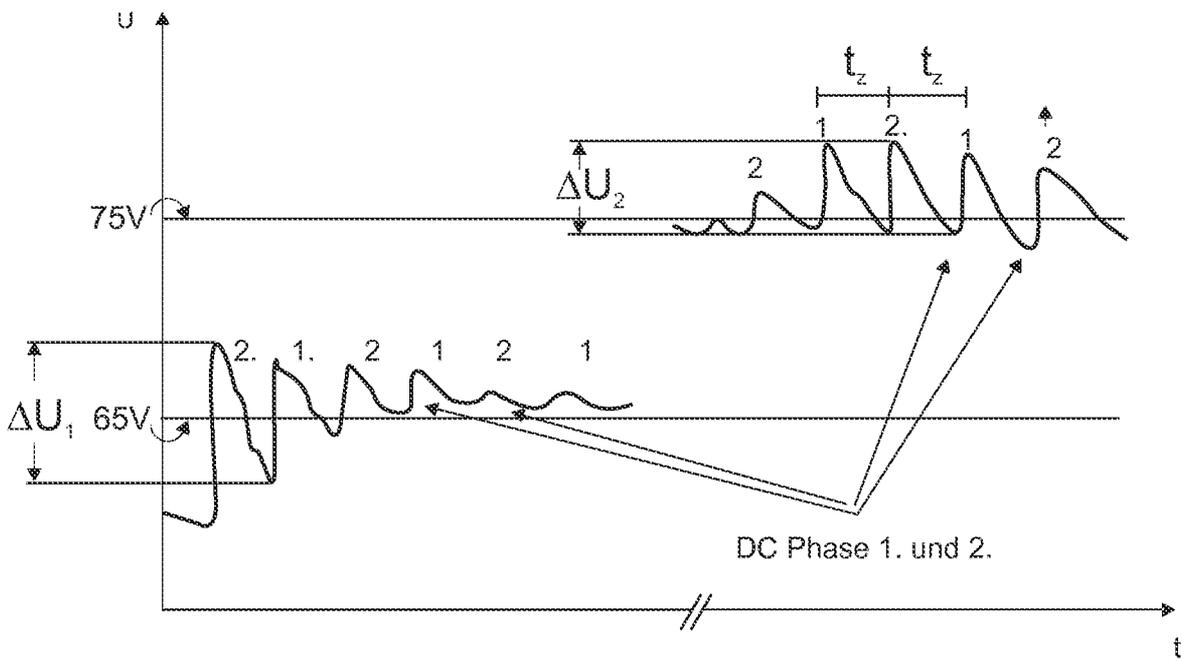


FIG 2

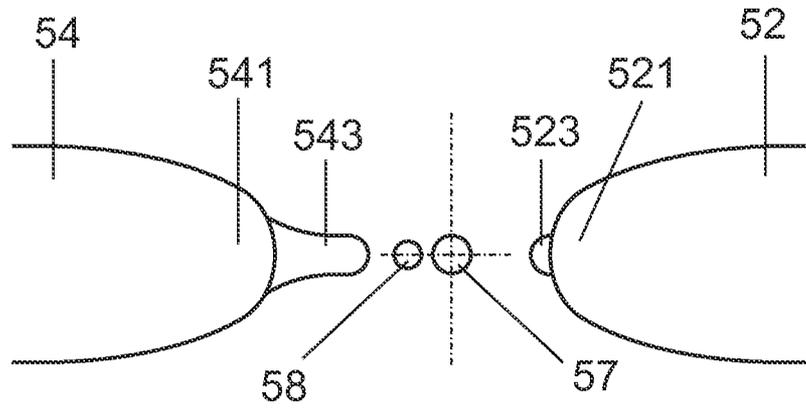


FIG 3a

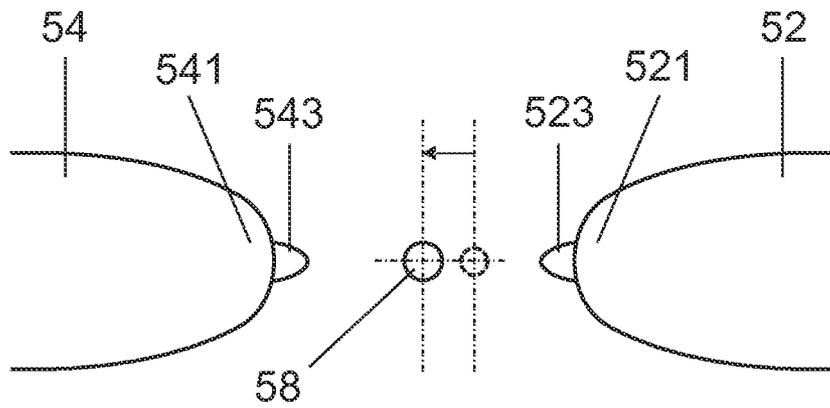


FIG 3b

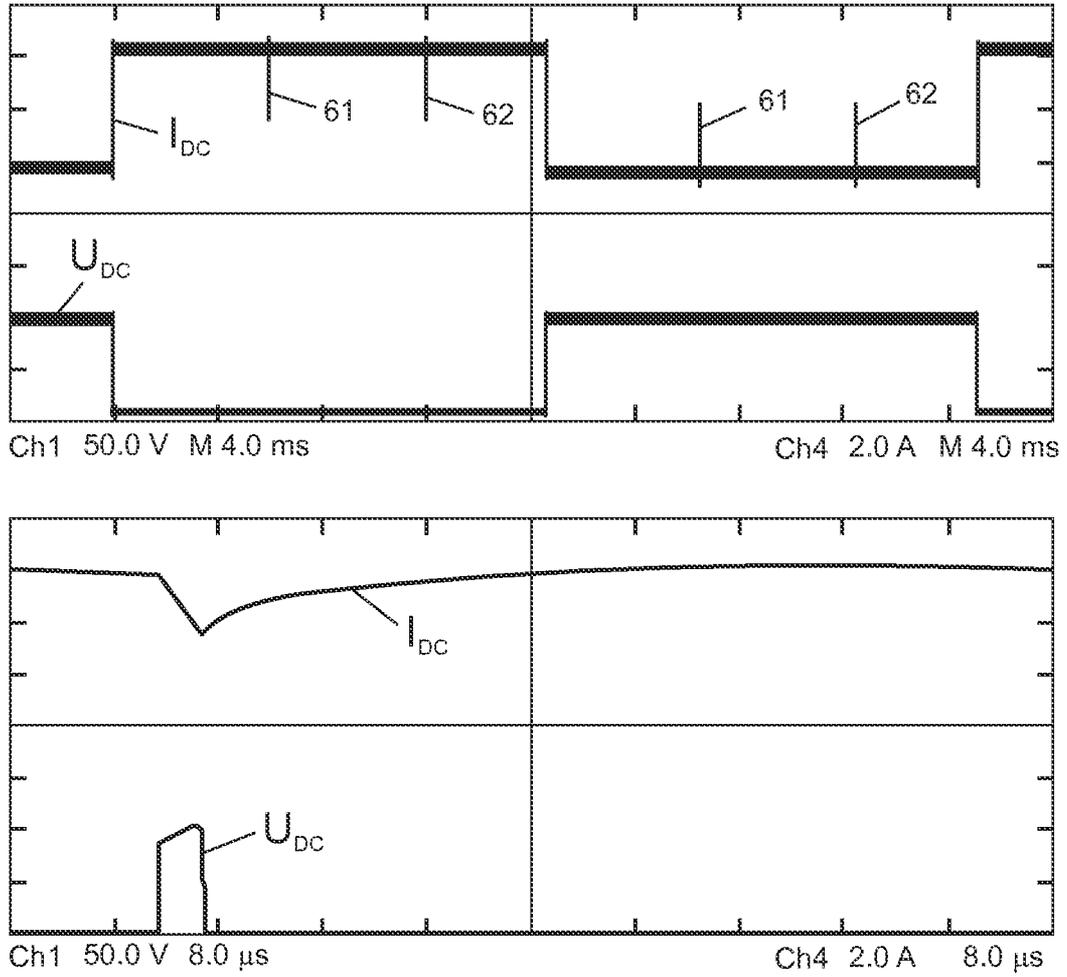


FIG 4

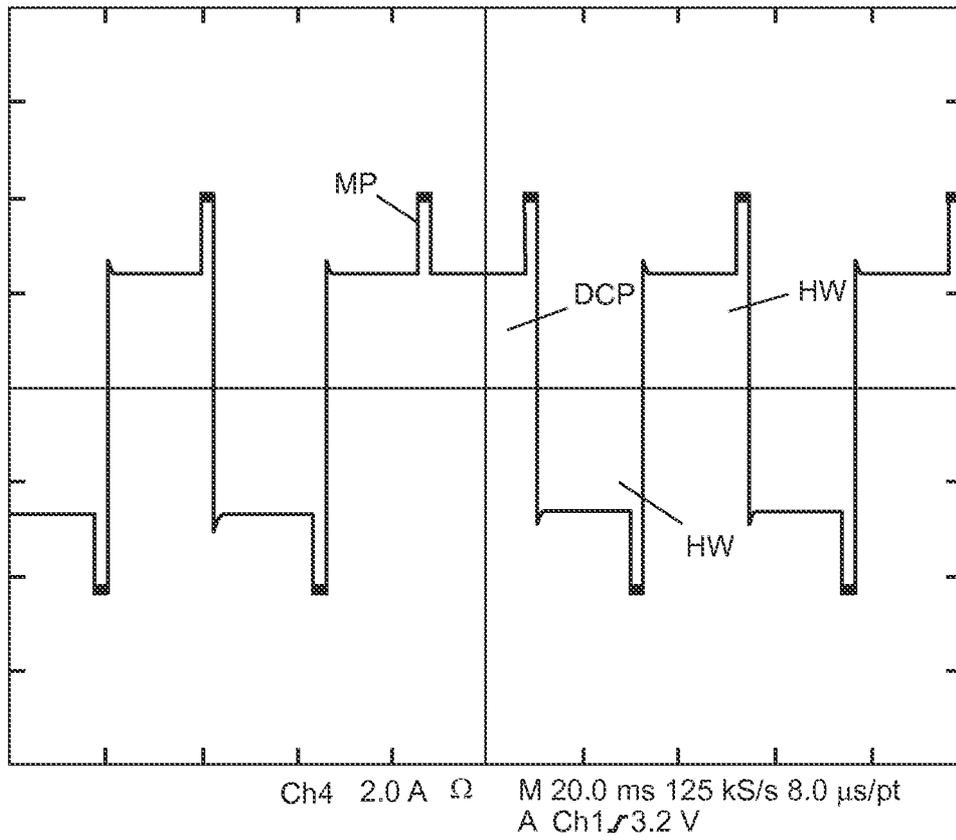


FIG 5

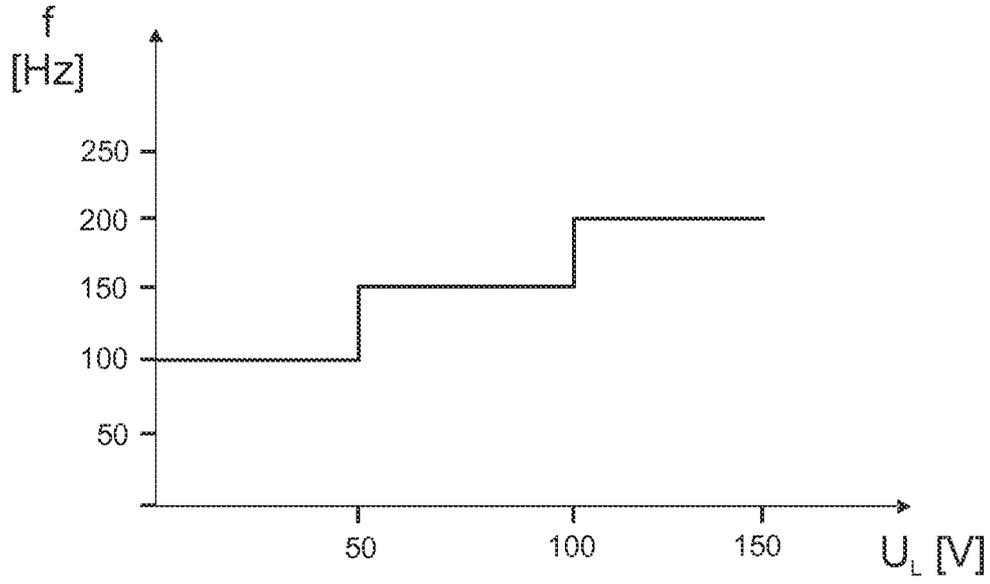


FIG 6a

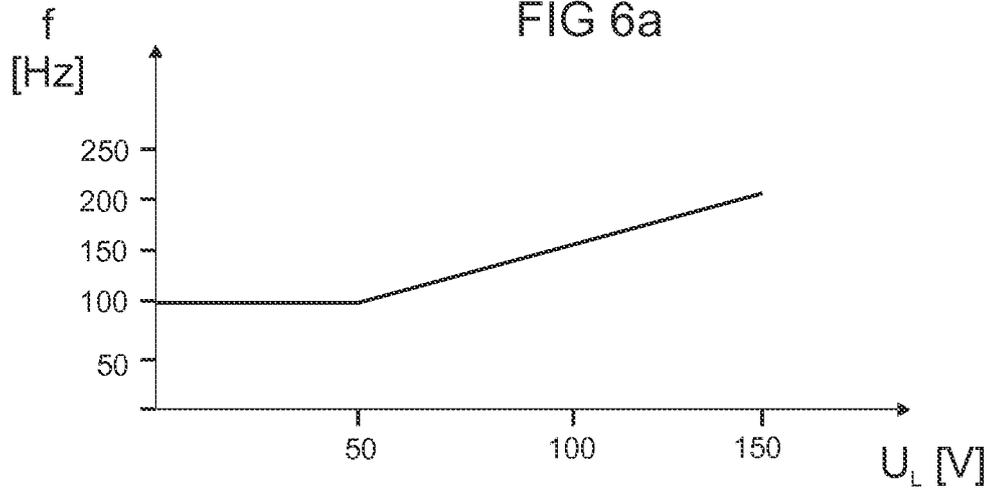


FIG 6b

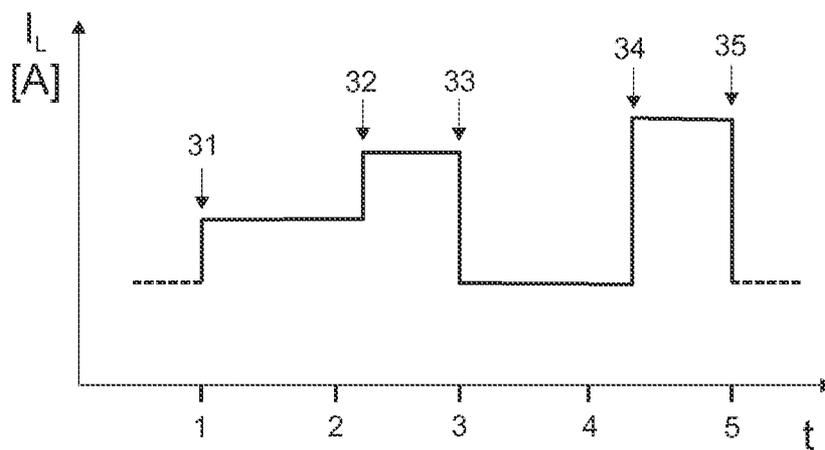


FIG 6c

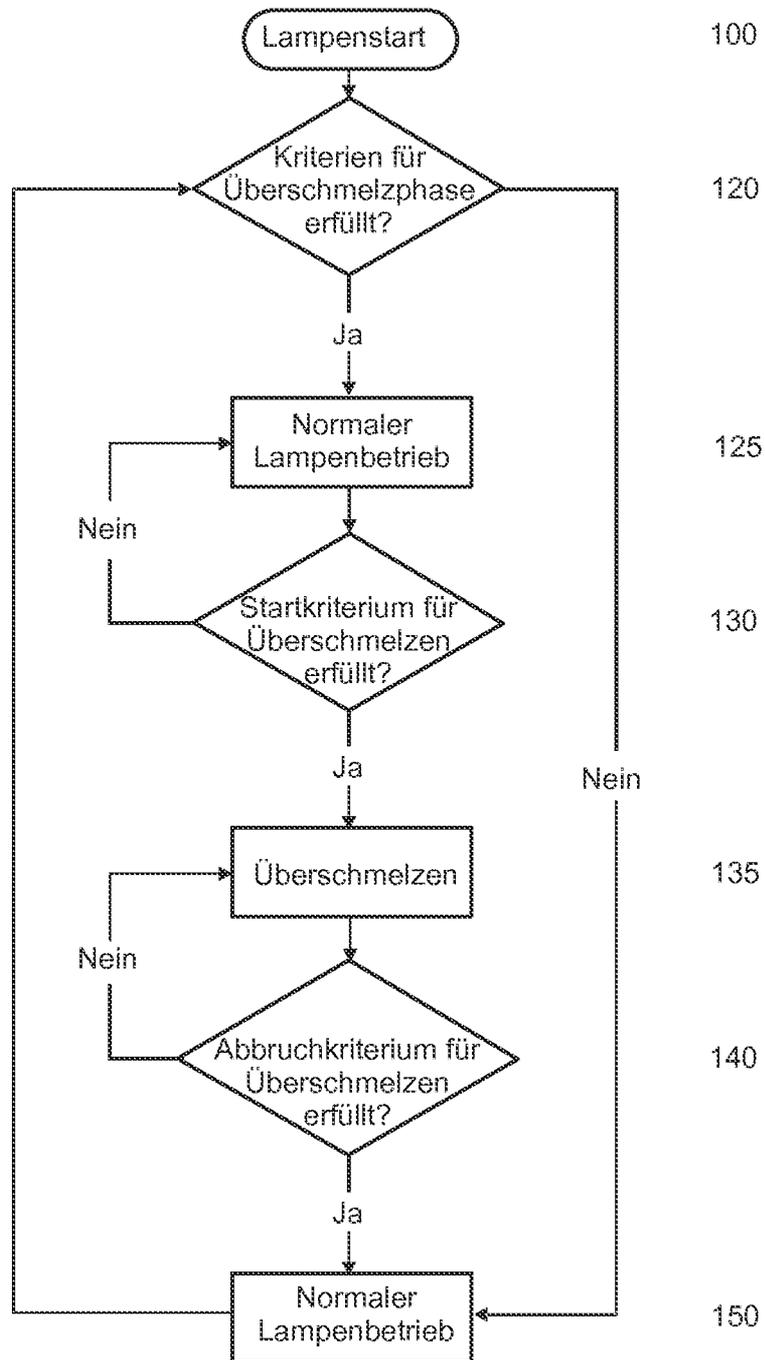


FIG 7

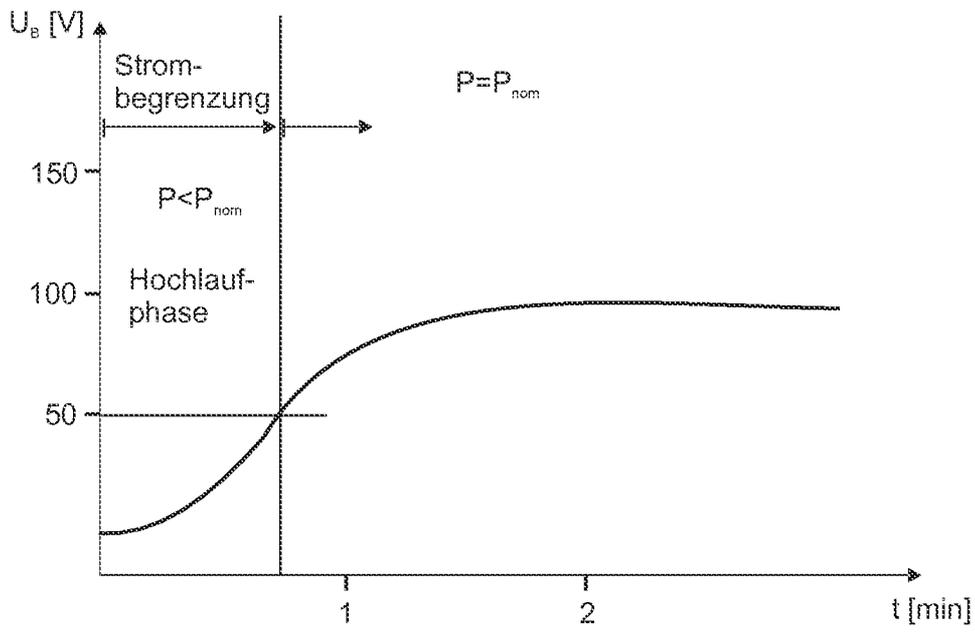


FIG 8

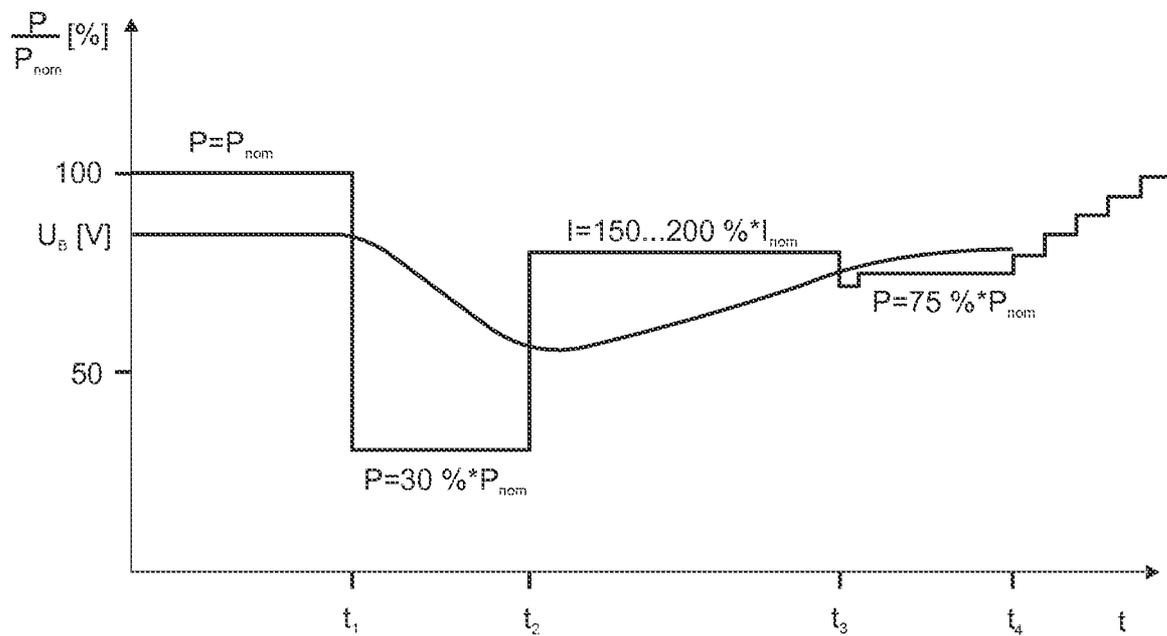
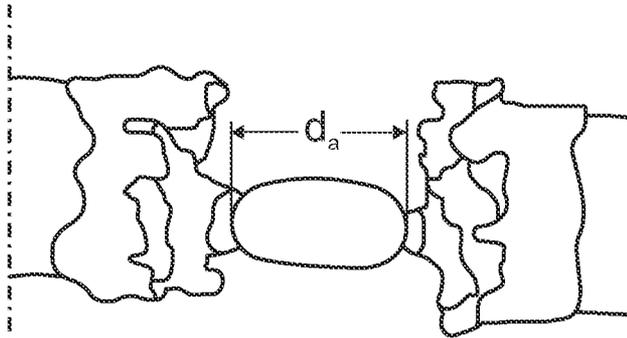
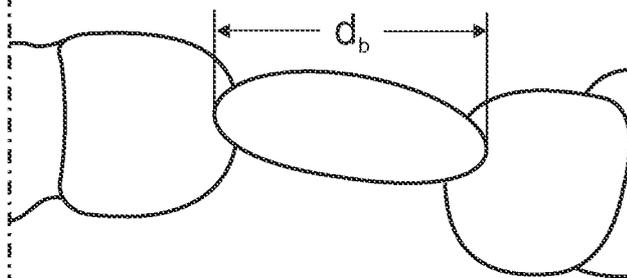


FIG 9



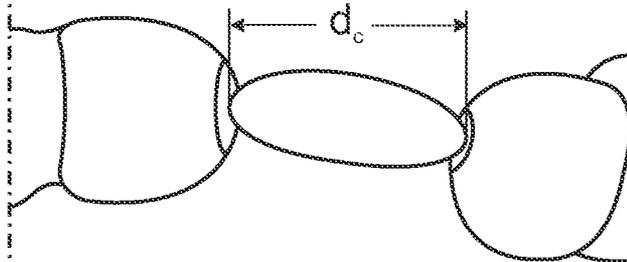
$d_a$

FIG 10a



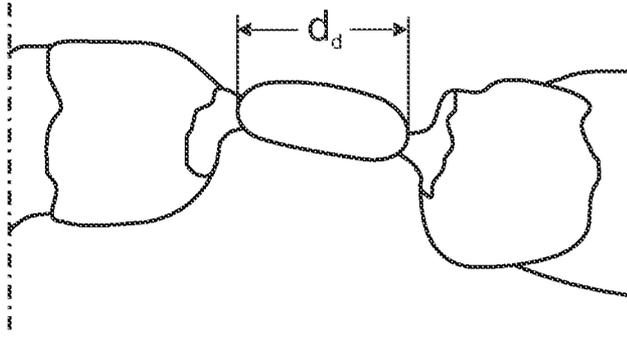
$d_a < d_b$

FIG 10b



$d_a < d_c < d_b$

FIG 10c



$d_d < d_a < d_c < d_b$

FIG 10d

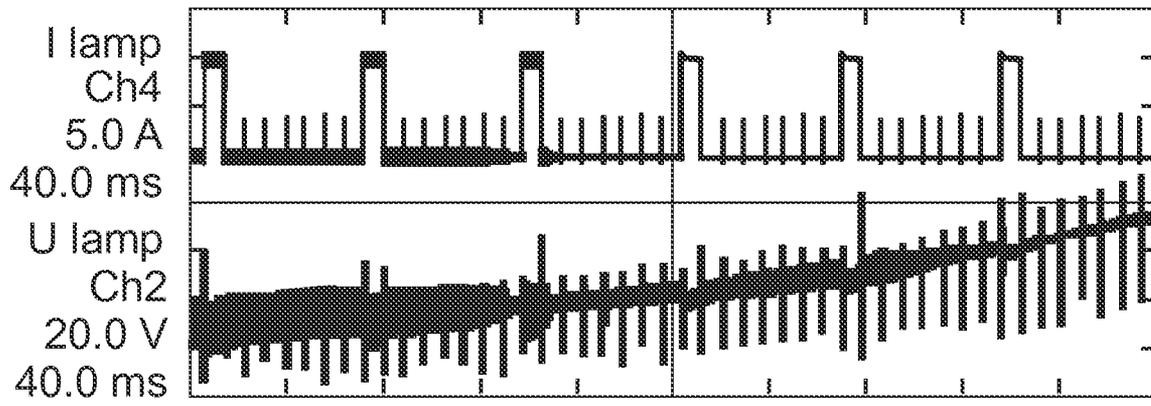


FIG 11

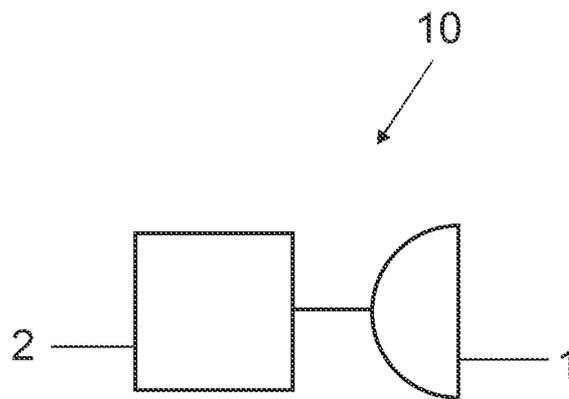


FIG 12

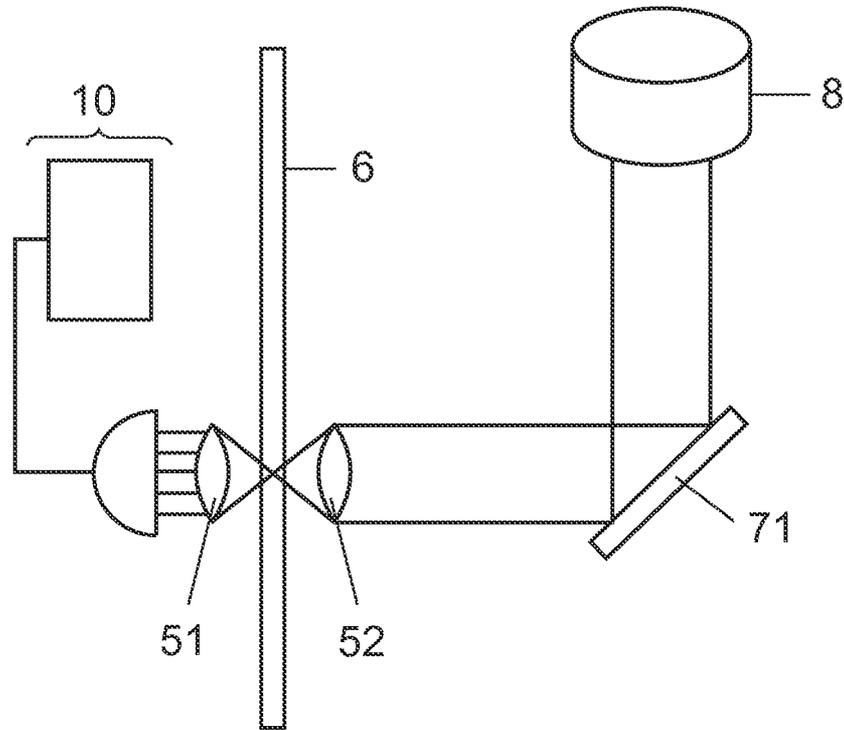


FIG 13

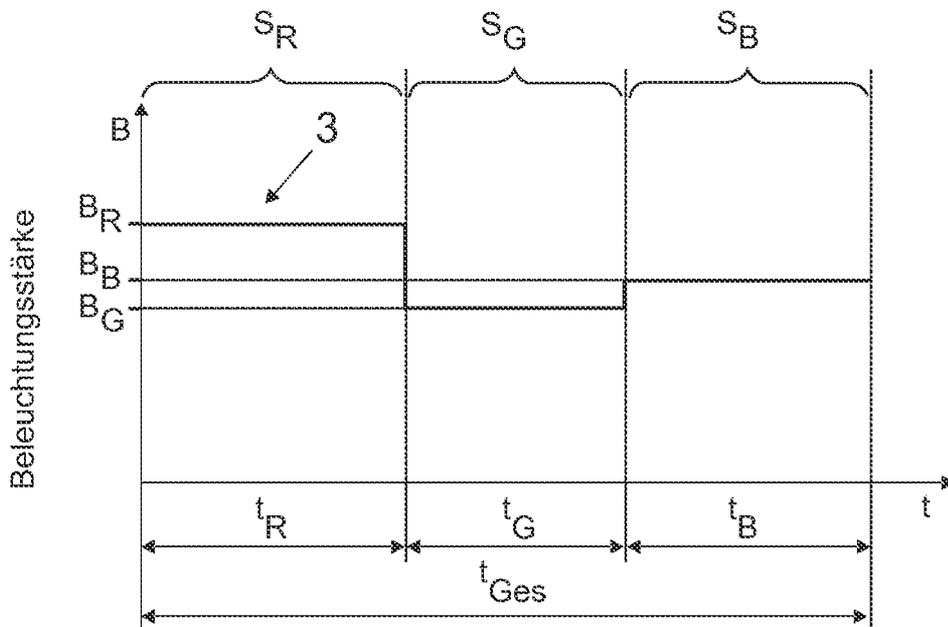


FIG 14

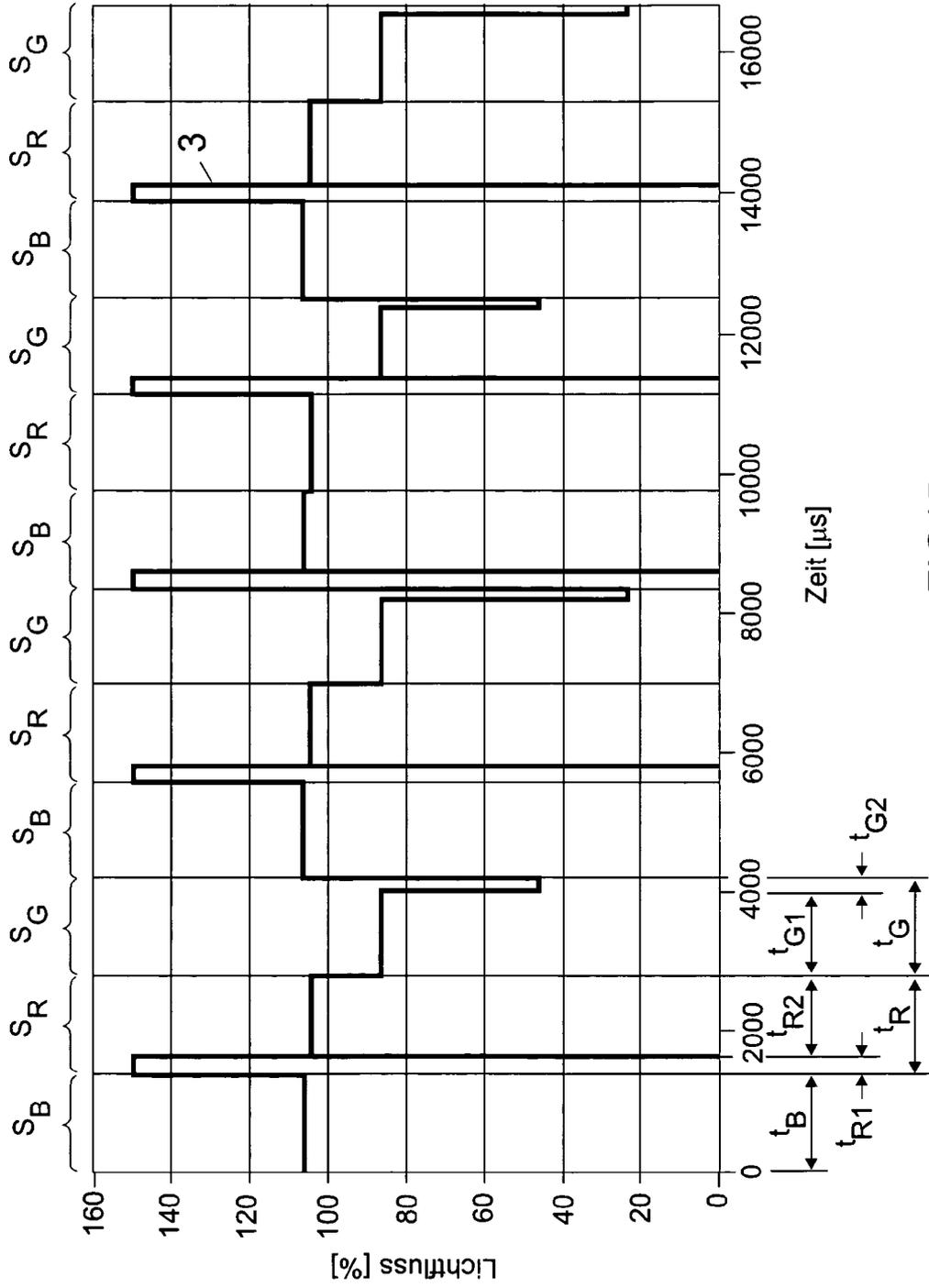


FIG15a

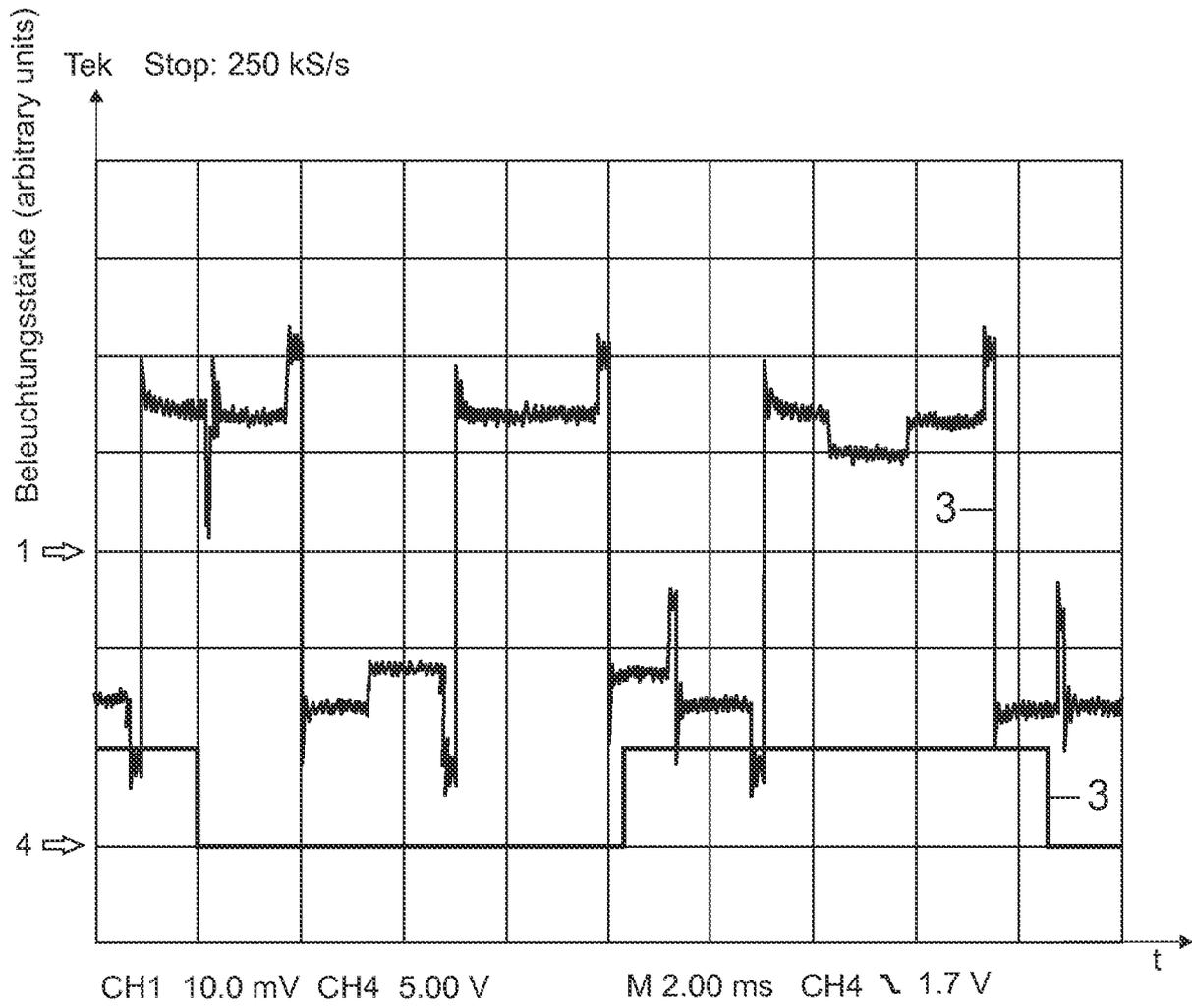


FIG 15b

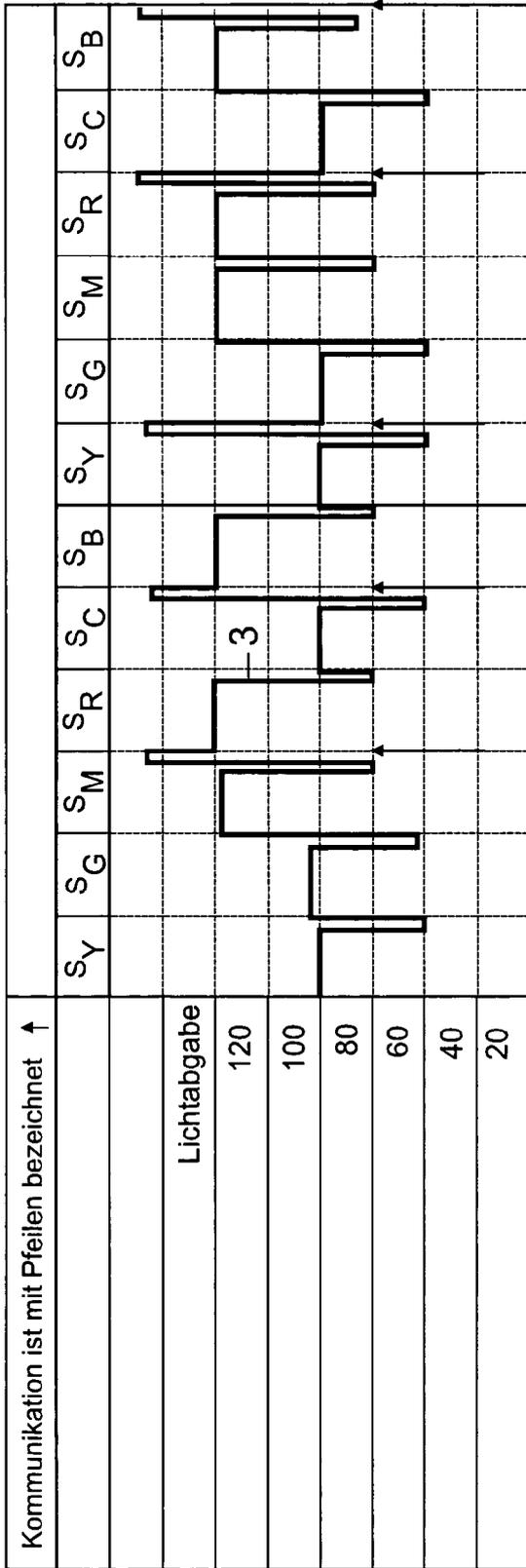


FIG 15c

| Segmentgröße (*)                 | $S_Y$ | $S_G$ | $S_M$ | $S_R$ | $S_C$ | $S_B$ | $S_G$ | $S_Y$ | $S_G$ | $S_M$ | $S_R$ | $S_C$ | $S_B$ |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kommunikation (nach dem Segment) | 60    | 60    | 40    | 70    | 62    | 68    | 60    | 60    | 40    | 40    | 70    | 62    | 68    |
| Segmentlichtfluss (%)            | 80    | 80    | 120   | 120   | 80    | 120   | 80    | 80    | 120   | 120   | 120   | 80    | 120   |
| Lichtfluss im negativen Puls (%) | 40    | 40    | 60    | 60    | 40    | 60    | 40    | 40    | 60    | 60    | 60    | 40    | 60    |

FIG 15d



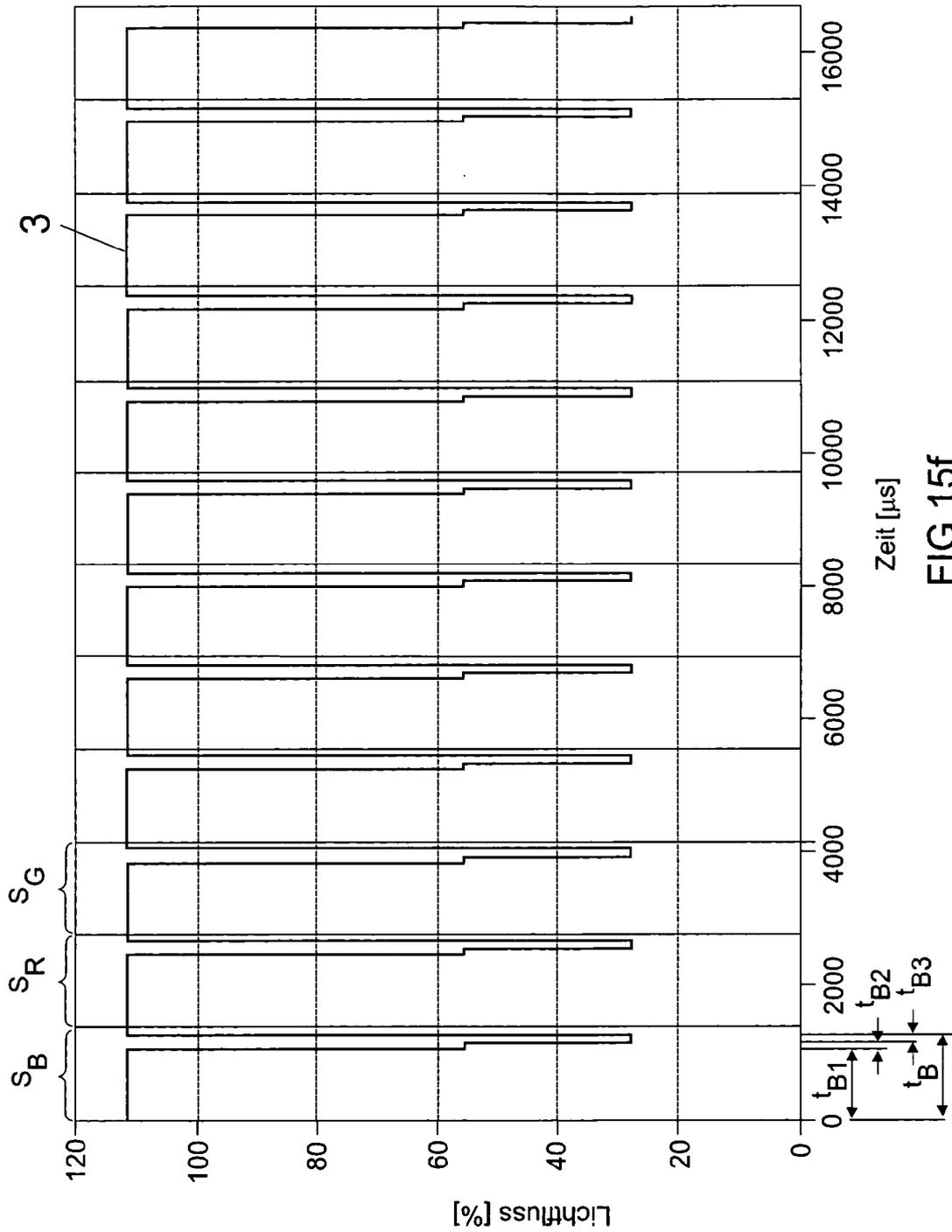


FIG 15f

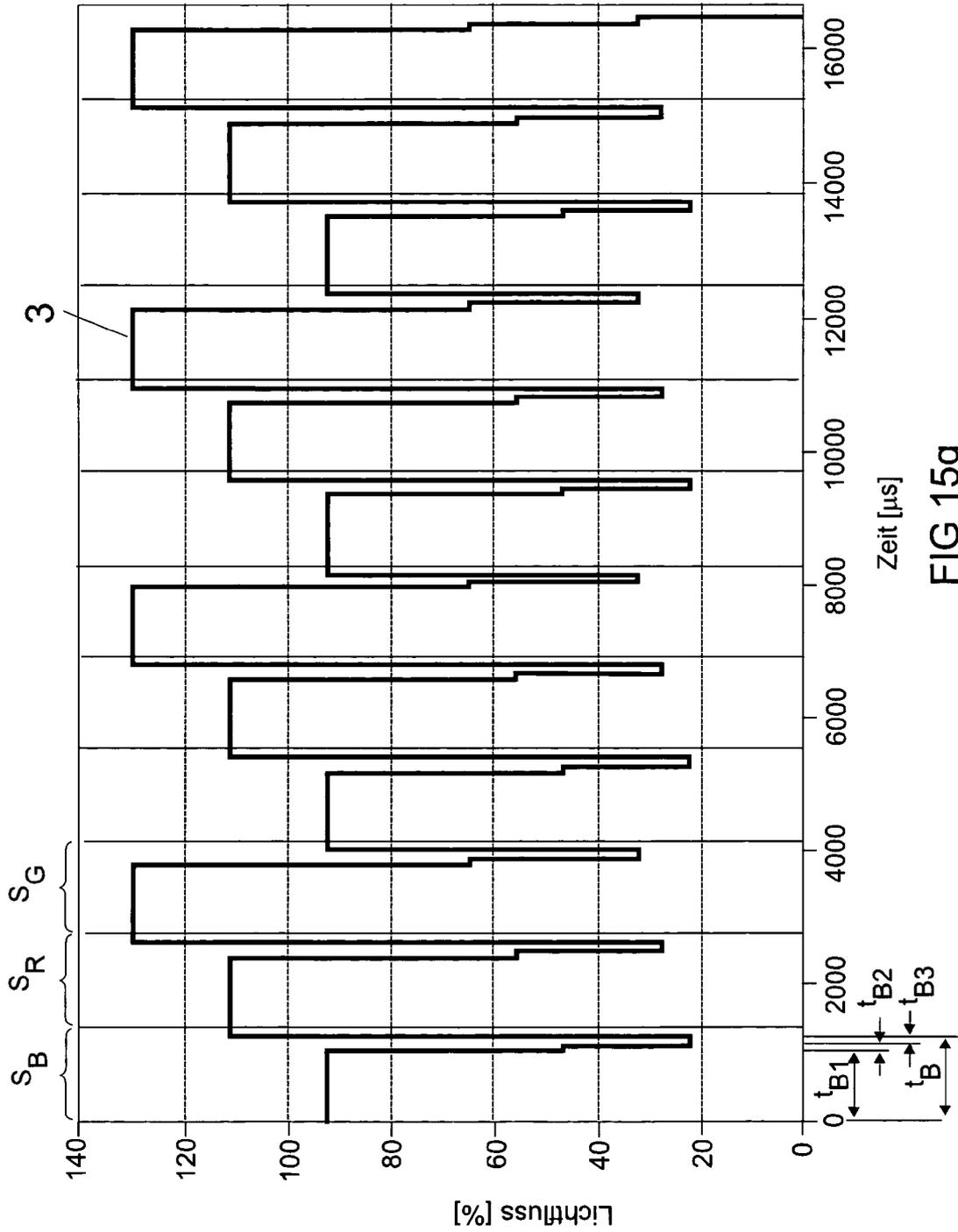


FIG 15g

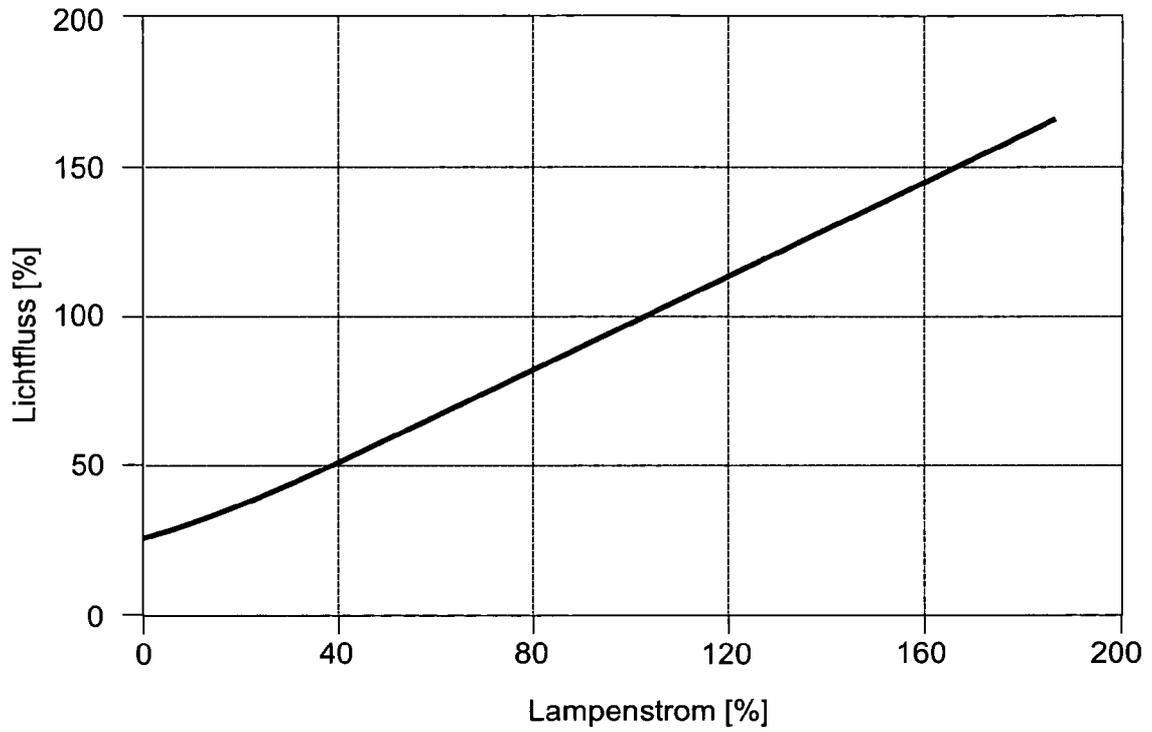


FIG16

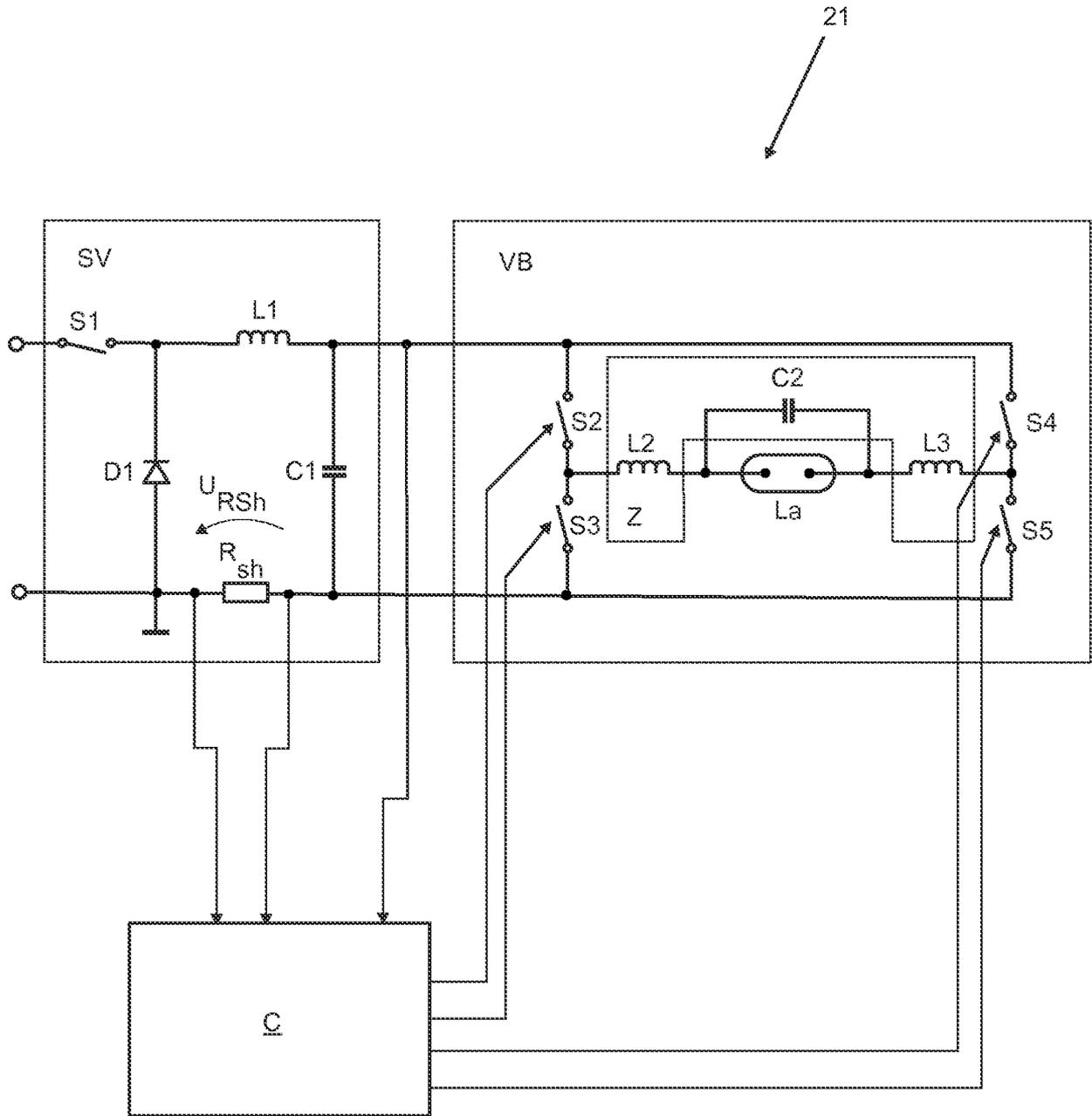


FIG17

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/050311

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H05B41/292

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X         | WO 2008/151669 A1 (OSRAM GMBH [DE]; BREUER CHRISTIAN [DE]; BRUECKEL MARTIN [DE]; REITER B) 18 December 2008 (2008-12-18)<br>page 3, line 21 - page 12, line 2; figures 1-5 | 1-16                  |
| X         | WO 2008/053428 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; VAN DEN BERGH JOHN-JOHN P J [BE])<br>8 May 2008 (2008-05-08)<br>page 4, line 23 - page 8, line 16; figures 1-5     | 1-6,<br>14-16         |
| E         | EP 2 152 048 A2 (SEIKO EPSON CORP [JP])<br>10 February 2010 (2010-02-10)<br>paragraphs [0006] - [0017], [0 39] - [0061]; figures 1-6                                       | 1-6, 10,<br>14-16     |

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 March 2010

Date of mailing of the international search report

08/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Albertsson, Gustav

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/050311

| Patent document cited in search report | Publication date | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| WO 2008151669 A1                       | 18-12-2008       | CA               | 2690558 A1              | 18-12-2008       |
|  |                  | EP               | 2156712 A1              | 24-02-2010       |
| WO 2008053428 A1                       | 08-05-2008       | EP               | 2092803 A1              | 26-08-2009       |
|  |                  | US               | 2010066262 A1           | 18-03-2010       |
| EP 2152048 A2                          | 10-02-2010       | CN               | 101646294 A             | 10-02-2010       |
|  |                  | JP               | 2010040442 A            | 18-02-2010       |
|  |                  | US               | 2010033105 A1           | 11-02-2010       |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2010/050311

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
INV. H05B41/292  
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
H05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | WO 2008/151669 A1 (OSRAM GMBH [DE]; BREUER CHRISTIAN [DE]; BRUECKEL MARTIN [DE]; REITER B) 18. Dezember 2008 (2008-12-18)<br>Seite 3, Zeile 21 - Seite 12, Zeile 2;<br>Abbildungen 1-5 | 1-16               |
| X          | WO 2008/053428 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; VAN DEN BERGH JOHN-JOHN P J [BE])<br>8. Mai 2008 (2008-05-08)<br>Seite 4, Zeile 23 - Seite 8, Zeile 16;<br>Abbildungen 1-5     | 1-6,<br>14-16      |
| E          | EP 2 152 048 A2 (SEIKO EPSON CORP [JP])<br>10. Februar 2010 (2010-02-10)<br>Absätze [0006] - [0017], [0 39] - [0061];<br>Abbildungen 1-6   | 1-6, 10,<br>14-16  |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

|   |  |
|---|--|
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 31. März 2010                                       | 08/04/2010   |

|  |   |
|--|---|
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016 | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Albertsson, Gustav |
|--|---|

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/050311

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie                     | Datum der<br>Veröffentlichung          |
|--|-------------------------------|---|--|
| WO 2008151669 A1                                   | 18-12-2008                    | CA 2690558 A1<br>EP 2156712 A1                        | 18-12-2008<br>24-02-2010               |
| WO 2008053428 A1                                   | 08-05-2008                    | EP 2092803 A1<br>US 2010066262 A1                     | 26-08-2009<br>18-03-2010               |
| EP 2152048 A2                                      | 10-02-2010                    | CN 101646294 A<br>JP 2010040442 A<br>US 2010033105 A1 | 10-02-2010<br>18-02-2010<br>11-02-2010 |