

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 307/2016 (51) Int. Cl.: **H05B 45/375** (2020.01)  
(22) Anmeldetag: 16.12.2016 **H02M 3/158** (2006.01)  
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.05.2022  
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2022

(30) **Priorität:**  
11.11.2016 DE 102016222162.0 beansprucht.  
02.12.2016 DE 102016223998.8 beansprucht.

(56) **Entgegenhaltungen:**  
US 2008224625 A1  
US 2016276945 A1  
US 2005258814 A1  
US 2012187928 A1

(73) **Gebrauchsmusterinhaber:**  
Tridonic GmbH & Co KG  
6850 Dornbirn (AT)

(74) **Vertreter:**  
Barth Alexander Dipl.-Ing. (FH)  
6850 Dornbirn (AT)

(54) **Synchroner Abwärtswandler zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln, dazugehöriges Verfahren und Betriebsgerät**

(57) Die Erfindung betrifft einen synchronen Abwärtswandler (11) zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln (13), wobei der synchrone Abwärtswandler (11) ausgestaltet ist, in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben zu werden, wobei in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers (11) durch den synchronen Abwärtswandler fließender Strom ( $i_2$ ) abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler (11) fließenden Stroms ( $i_2$ ) über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln (13) und ein Betriebsgerät (1), das den synchronen Abwärtswandler aufweist und zum Betreiben von dem einen oder von den mehreren Leuchtmitteln ausgestaltet ist.

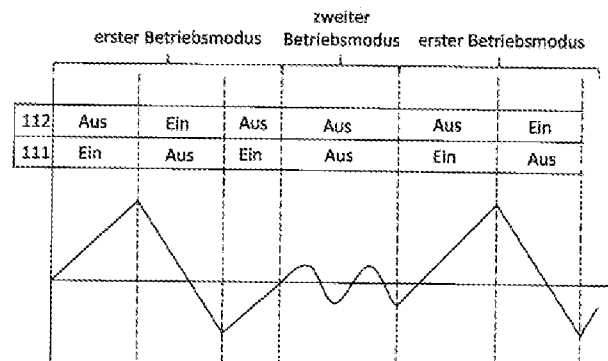


Fig. 2

## Beschreibung

### SYNCHRONER ABWÄRTSWANDLER ZUM BETREIBEN VON EINEM ODER MEHREREN LEUCHTMITTELN, DAZUGEHÖRIGES VERFAHREN UND BETRIEBSGERÄT

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen synchronen Abwärtswandler zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln, ein Verfahren zum Betreiben eines synchronen Abwärtswandlers zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln und ein Betriebsgerät zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln. Das eine oder die mehreren Leuchtmittel umfassen z.B. eine oder mehrere Leuchtdioden (LEDs).

**[0002]** Synchroner Abwärtswandler sind allgemein bekannt. Im Vergleich zu einem Standard- oder herkömmlichen Abwärtswandler ist in einem synchronen Abwärtswandler die Diode durch einen Schalter ersetzt, sodass der synchrone Abwärtswandler neben dem primären Schalter einen zweiten Schalter aufweist. Da der synchrone Abwärtswandler aus zwei schaltbaren Schaltern aufgebaut ist, muss der zweite Schalter im Gegentakt zu dem primären bzw. ersten Schalter betätigt werden. Wird der erste Schalter leitend, so öffnet der zweite, und umgekehrt.

**[0003]** Da eine Diode in Durchlassrichtung stets einen Spannungsabfall verursacht, treten an dieser und damit an einem Standard- oder herkömmlichen Abwärtswandler nicht unerhebliche Verluste auf. Synchroner Abwärtswandler hingegen haben deutlich geringere Verluste, weshalb die Ausführung eines Abwärtswandlers als synchronen Abwärtswandlers bzw. als Synchronwandlers den Wirkungsgrad verbessern kann.

**[0004]** Ein weiterer Vorteil des synchronen Abwärtswandlers ist das Fehlen des diskontinuierlichen (lückenden) Betriebs. Bei einem Standard- oder herkömmlichen Abwärtswandler wird bei geringem Mittelwert des Ausgangsstroms der Strom durch die Induktivität periodisch zu null, und die Diode sperrt. In diesem diskontinuierlichen Betriebsbereich hängt die Ausgangsspannung nicht mehr linear von der Eingangsspannung und dem Pulsweitenverhältnis ab, was die Regelung erschwert. Bei einem synchronen Abwärtswandler hingegen steigt der Strom aufgrund der Rückwärtsleitfähigkeit der Schalter nach seinem Nulldurchgang negativ an, Energie fließt von der Ausgangskapazität zurück zum Eingang, wodurch die Linearität und somit leichte Regelbarkeit unabhängig von der Last gegeben sind. Ein weiterer Vorteil dieser Betriebsweise ist, dass der negative Strombereich das zeitliche Mittel des Stroms absenkt.

**[0005]** Obwohl in einem synchronen Abwärtswandler der Strom im zeitlichen Mittel abgesenkt werden kann, sinkt auch die Amplitude des Stroms relativ stark. Es entsteht durch das starke Absinken des Stroms eine hohe Stromamplitude. Die Schaltfrequenz des synchronen Abwärtswandlers ist dabei verhältnismäßig niedrig.

**[0006]** Auch wenn eine hohe Stromamplitude, wie sie durch das Sinken des Stroms im synchronen Abwärtswandler entsteht, den Vorteil hat, dass sie durch kurzzeitige Bursts im Signal nicht beeinflusst wird, besteht das Problem bei einem synchronen Abwärtswandler, der ein oder mehrere Leuchtmittel betreibt, dass bereits eine geringe zeitliche Abweichung oder Schwankungen beim Ein- und Ausschalten der Schalter aufgrund der hohen Stromamplitude zu einem optisch sichtbaren Flackern des einen oder der mehreren Leuchtmittel (z.B. einer oder mehrere LEDs) führen kann, die über den synchronen Abwärtswandler mit Strom versorgt wird.

**[0007]** Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Zuführen des Stroms einem oder mehreren Leuchtmitteln zu ermöglichen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche geben weitere Ausbildungen der Erfindung an.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung beruht insbesondere auf der Idee, die Präsenz der hohen Amplituden in dem synchronen Abwärtswandler durch ein Einführen eines weiteren Betriebsmodus zu verringern, in dem die Amplituden beim Ansteigen und Sinken des Stroms und insbesondere beim Sinken des Stroms verringert sind. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird in dem zweiten Betriebsmodus ein Ausschwingen des Stromflusses implementiert.

**[0010]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Synchroner Abwärtswandler zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln bereitgestellt, wobei der synchrone Abwärtswandler ausgestaltet ist, in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben zu werden, wobei in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers durch den synchronen Abwärtswandler fließender Strom abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler fließenden Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt.

**[0011]** Gemäß einer Ausführungsform beim Sinken des Stroms im ersten Betriebsmodus sinkt der Strom zunächst Richtung Null und fließt anschließend in eine Negativrichtung.

**[0012]** Gemäß einer Ausführungsform ist der synchrone Abwärtswandler ausgestaltet, von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und Nulllinie erreicht oder wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und einen vorbestimmten Abstand zu der Nulllinie aufweist.

**[0013]** Gemäß einer Ausführungsform ist der synchrone Abwärtswandler ausgestaltet, nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeitdauer von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus zu wechseln.

**[0014]** Gemäß einer Ausführungsform ist die vorbestimmte Zeitdauer durch eine vorbestimmte Anzahl von Ausschwingzyklen vorbestimmt.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsform steigt nach einem Wechsel von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus der durch den synchronen Abwärtswandler fließende Strom an.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform weist der synchrone Abwärtswandler einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter zum Steuern des Stromflusses des durch den synchronen Abwärtswandler fließenden Stroms auf.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform ist der synchrone Abwärtswandler derart ausgestaltet, dass in dem ersten Betriebsmodus der durch den synchronen Abwärtswandler fließende Strom durch ein Einschalten des ersten Schalters und ein Ausschalten des zweiten Schalters ansteigt und durch ein Ausschalten des ersten Schalters und ein Einschalten des zweiten Schalters sinkt.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform ist der synchrone Abwärtswandler derart ausgestaltet, dass in dem zweiten Betriebsmodus der erste Schalter und der zweite Schalter ausgeschaltet sind.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform wird der erste Schalter beim Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus ausgeschaltet.

**[0020]** Gemäß einer Ausführungsform wird der erste Schalter beim Wechsel von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus eingeschaltet.

**[0021]** Gemäß einer Ausführungsform steigt der durch den synchronen Abwärtsschalter fließende Strom in dem ersten Betriebsmodus bis zu einem ersten Grenzwert an und/oder sinkt bis zu einem zweiten Grenzwert.

**[0022]** Gemäß einer Ausführungsform steigt der durch den synchronen Abwärtsschalter fließende Strom in dem ersten Betriebsmodus bis zum Ablauf einer ersten Zeitperiode an und/oder sinkt bis zum Ablauf einer zweiten Zeitperiode.

**[0023]** Gemäß einer Ausführungsform ist der synchrone Abwärtswandler mit dem einen oder mit den mehreren Leuchtmitteln verbindbar ausgestaltet und ist beim Vorliegen einer Verbindung zu dem einen oder zu den mehreren Leuchtmitteln ausgestaltet, das eine oder die mehreren Leuchtmittel mit dem durch den synchronen Abwärtswandler fließenden Strom zu versorgen.

**[0024]** Gemäß einer Ausführungsform umfassen das eine oder die mehreren Leuchtmittel eine oder mehrere Leuchtioden, LEDs.

**[0025]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben eines synchronen Abwärtswandlers bereitgestellt, der zum Betreiben von einem oder mehreren Leucht-

mitteln ausgestaltet ist, wobei das Verfahren aufweist ein Betreiben des synchronen Abwärtswandlers in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus, wobei in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers durch den synchronen Abwärtswandler fließender Strom abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler fließenden Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt.

**[0026]** Gemäß einer Ausführungsform weist das Betriebsgerät einen synchronen Abwärtswandler zum Betreiben von dem einem oder den mehreren Leuchtmitteln auf, und der synchrone Abwärtswandler ist ein synchroner Abwärtswandler wie oben angegeben und/oder wie im Nachfolgenden detaillierter dargestellt.

**[0027]** Gemäß einer Ausführungsform weist das Betriebsgerät eine Steuerung auf, die zum Ansteuern des synchronen Abwärtswandlers ausgestaltet ist.

**[0028]** Gemäß einer Ausführungsform steuert die Steuerung den Betrieb des synchronen Abwärtswandlers in dem ersten Betriebsmodus und in dem zweiten Betriebsmodus, einen Wechsel des Betriebs des synchronen Abwärtswandlers von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus und einen Wechsel des Betriebs des synchronen Abwärtswandlers von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus an.

**[0029]** Durch die vorliegende Erfindung wird die Höhe der Stromamplituden im Schnitt reduziert. Dadurch wird das Flackern an Leuchtmitteln wie z.B. LEDs, welches optisch sichtbar ist (insbesondere bei niedrigen Dimm-Werten), vermieden oder zumindest deutlich reduziert. Auf diese Weise wird ein verbessertes Zuführen des Stroms einem oder mehreren Leuchtmitteln durch einen synchronen Abwärtswandler verwirklicht, da der Strom einen stabileren Wechsel der Strompegel aufweist.

**[0030]** Weitere Merkmale, Vorteile und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung sollen nunmehr anhand der Figuren der begleitenden Zeichnungen und der detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen erläutert werden. Hierbei zeigt

**[0031]** Fig. 1 eine Ausgestaltung eines Betriebsgeräts zum Betreiben von Leuchtmitteln gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

**[0032]** Fig. 2 einen beispielhaften Stromverlauf durch einen synchronen Abwärtswandler in zwei Betriebsmodi des synchronen Abwärtswandlers gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0033]** Im Nachfolgenden werden Komponenten mit gleichen oder ähnlichen Funktionen in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, dass die hierin erläuterten Ausführungsformen mit einander kombinierbar sind, es sei denn, eine Kombination ist explizit ausgeschlossen.

**[0034]** Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung eines Betriebsgeräts 1 zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln 13 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0035]** Das eine oder die mehreren Leuchtmittel umfassen gemäß einer Ausführungsform eine oder mehrere Leuchtdioden (LEDs). Die LEDs können verschieden ausgestaltet sein, und die vorliegende Erfindung ist auf keine bestimmte Ausgestaltung der LEDs beschränkt. Gemäß einer Ausführungsform umfassen die LEDs anorganische und/oder organische LEDs. Auch die Anordnung der LEDs ist auf verschiedene Weisen gestaltbar. So sind die LEDs gemäß einer Ausführungsform in Serie geschaltet, während gemäß einer weiteren Ausführungsform die LEDs parallel geschaltet sind. Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die LEDs in komplexeren Anordnungen verschaltet, beispielsweise in mehreren zueinander parallel geschalteten Reihenschaltungen. In Fig. 1 sind beispielhaft drei Leuchtmittel, z.B. LEDs 13 dargestellt. Die vorliegende Erfindung ist allerdings nicht auf dieses Beispiel beschränkt und erlaubt das Verwenden einer beliebigen Anzahl von Leuchtmitteln wie z.B. LEDs 13, d.h. das Verwenden mindestens eines Leuchtmittels (z.B. mindestens einer LED).

**[0036]** Das Betriebsgerät 1 bzw. die Betriebsschaltung 1 dient dem Betrieb des eines oder der mehreren Leuchtmittel 13 (z.B. LEDs). Insbesondere dient das Betriebsgerät 1 der Versorgung des eines oder der mehreren Leuchtmittel 13 wie z.B. LEDs mit Strom. Dem Betriebsgerät 1 wird eine Versorgungsspannung  $V_{in}$  zugeführt. Die Versorgungsspannung  $V_{in}$  ist beispielsweise eine Gleichspannung oder eine gleichgerichtete Wechselspannung. Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Betriebsgerät eine Leistungsfaktorkorrekturschaltung (nicht gezeigt), welche die Versorgungsspannung  $V_{in}$  bereitstellt.

**[0037]** Das Betriebsgerät 1 bzw. die Betriebsschaltung 1 weist einen synchronen Abwärtswandler 11 (auch als „Tiefstellregler“, „Abwärtsregler“, „Buck Converter“ oder „Step Down-Converter“ bekannt) als Konverter auf. Der Abwärtswandler 11 senkt die Spannung von dem Eingang bis zum Ausgang des Abwärtsreglers 11. Der Strom wird von dem Eingang bis zum Ausgang des Abwärtsreglers 11 erhöht.

**[0038]** Der synchrone Abwärtswandler 11 weist einen ersten Schalter 111 und einen zweiten Schalter 112 auf, wobei der zweite Schalter 112 die Diode des herkömmlichen oder Standard-Abwärtswandlers ersetzt. Der erste und der zweite Schalter 111, 112 sind steuerbar. Gemäß weiterer Ausführungsformen, sind der erste und/oder der zweite Schalter 111, 112 als Leistungsschalter, Feldeffekttransistor, Bipolartransistor oder Transistor mit isolierter Gateelektrode ausgestaltet. Die vorliegende Erfindung erlaubt verschiedene geeignete Ausgestaltungsformen des ersten und des zweiten Schalters 111, 112 des synchronen Abwärtswandlers 11. Durch das Schalten des ersten und des zweiten Schalters 111, 112 wird über den synchronen Abwärtswandler 11 Strom  $i_L$  von der Versorgungsspannung  $V_{in}$  zu dem wenigstens einen Leuchtmittel 13 (z.B. LED) transferiert. Der synchrone Abwärtswandler 11 weist Energiespeicher auf: eine Spule 113 und ggf. einen Kondensator 114, welche die Versorgung des wenigstens eines Leuchtmittels 13 (z.B. LED) mit Strom  $i_L$  in den Phasen des Betriebs des synchronen Abwärtswandlers 11 sicherstellen, in denen der erste Schalter 111 eingeschaltet bzw. geöffnet ist.

**[0039]** Üblicher Weise fließt der Strom  $i_L$  im eingeschalteten Zustand des ersten Schalters 111 durch das wenigstens eine Leuchtmittel 13 (z.B. LED) und durch die Spule 113, die dadurch magnetisiert wird. Die Spule 113 wird dabei mit Energie geladen. Der zweite Schalter 112 ist üblicher Weise in diesem Zustand ausgeschaltet. Nach dem Ausschalten des ersten Schalters 111 wird der zweite Schalter 112 eingeschaltet, und die Spule 113 treibt den durch sie fließenden Strom  $i_L$  weiter durch das wenigstens eine Leuchtmittel (z.B. LED) 13 und den zweiten Schalter 112. Die im Magnetfeld der Spule 113 gespeicherte Energie entlädt sich. Parallel dazu kann am Beginn des Einschaltens des ersten Schalters 111 der Kondensator 114 geladen werden. Während der Ausschaltphase des ersten Schalters 111, kann sich der Kondensator 114 entladen und trägt zum Stromfluss durch das wenigstens eine Leuchtmittel 13 (z.B. LED) bei. Bei geeigneter Dimensionierung des Kondensators 114 kann dies zu einer Glättung des Stroms durch das wenigstens eine Leuchtmittel 13 (z.B. LED) führen.

**[0040]** In der Ausführungsform der Fig. 1 sind der erste Schalter 111 und die Spule 113 in Reihe zwischen dem Eingang und den Ausgang des synchronen Abwärtswandlers 11 geschaltet. Wenn das wenigstens eine Leuchtmittel 13 (z.B. LED) mit dem synchronen Abwärtswandler 11 verbunden ist, sind der erste Schalter 111, die Spule 113 und das wenigstens eine Leuchtmittel 13 (z.B. LED) gemäß der vorliegenden Ausführungsform in Reihe geschaltet. Der Kondensator 114 ist parallel zu dem wenigstens einen Leuchtmittel 13 (z.B. LED) und der Spule 113 geschaltet (wenn der zweite Schalter 112 geschlossen ist). Der Kondensator 114 ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform parallel zu den Ausgangsanschlüssen 115, 116 geschaltet, so dass der Kondensator 114 parallel zu dem wenigstens einen Leuchtmittel (z.B. LED) geschaltet ist. Der Kondensator 114 ist ein optionales Element des synchronen Abwärtswandlers 11. Der Kondensator 114 kann durch die Zuleitungsleitung zum Leuchtmittel 13 gebildet werden oder kann auf einem LED-Modul integriert sein.

**[0041]** Das Betriebsgerät 1 weist darüber hinaus eine Steuerung bzw. eine Steuerschaltung 12 auf, welche zum Ansteuern des synchronen Abwärtswandlers 11 ausgestaltet ist. Insbesondere ist die Steuerung 12 ausgestaltet, den ersten und den zweiten Schalter 111, 112 des synchronen

Abwärtswandlers 11 anzusteuern, was in Fig. 1 durch die von der Steuerung 12 zu den Schaltern 111, 112 führenden Pfeilen dargestellt ist.

**[0042]** Gemäß einer Ausführungsform betreibt die Steuerung 12 den ersten und den zweiten Schalter 111, 112 des synchronen Abwärtswandlers 11 in einem gepulsten Betrieb, so dass jeweils ein Ausgangsstrom in Form von Pulspaketen bereitgestellt wird. Beispielsweise werden in dieser Ausführungsform bei kleineren Dimm-Levels Pulspakete erzeugt, um die gemittelte Stromstärke und somit die vom Auge wahrgenommene Helligkeit einzustellen.

**[0043]** Die vorliegende Erfindung erlaubt verschiedene Ausgestaltungen der Steuerung 12. So z.B. ist die Steuerung 12 gemäß einer Ausführungsform eine integrierte Halbleiterschaltung oder umfasst eine integrierte Halbleiterschaltung. Gemäß weiterer Ausführungsformen ist die Steuerung 12 als ein Prozessor, ein Mikroprozessor, ein Controller, ein Mikrocontroller, eine anwendungsspezifische Spezialschaltung (ASIC, „Application Specific Integrated Circuit“) oder eine Kombination der genannten Einheiten ausgestaltet.

**[0044]** Der synchrone Abwärtswandler 11 ist ausgestaltet in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben zu werden. In dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers 11 steigt und sinkt der durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließende Strom  $i_L$ . Das Sinken und das Ansteigen des Stroms  $i_L$  geschehen abwechselnd. Gemäß einer Ausführungsform sinkt der Strom  $i_L$  beim Sinken zunächst Richtung Null und fließt anschließend in eine Negativrichtung. Wenn der Strom  $i_L$  in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und die Nulllinie erreicht oder wenn der Strom  $i_L$  in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und einen vorbestimmten Abstand zu der Nulllinie aufweist, wird gemäß der Ausführungsform ein Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus vorgenommen. Gemäß einer weiteren Ausführungsform erfolgt dies nach einer vorbestimmten Anzahl des Sinkens oder Ansteigens des Stroms  $i_L$  in dem ersten Betriebsmodus.

**[0045]** In dem zweiten Betriebsmodus schwingt der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließenden Stroms  $i_L$  über eine vorbestimmte Zeitdauer aus. Gemäß einer Ausführungsform ist diese vorbestimmte Zeitdauer durch eine vorbestimmte Anzahl von Ausschwingzyklen vorbestimmt. Nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeitdauer wechselt der Betrieb des synchronen Abwärtswandlers 11 von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus.

**[0046]** Der erfindungsgemäße Betrieb des synchronen Abwärtswandlers 11 wird in Fig. 2 durch das Veranschaulichen der verschiedenen Stromverläufe in den zwei Betriebsmodi des synchronen Abwärtswandlers 11 gezeigt.

**[0047]** Fig. 2 zeigt einen beispielhaften Stromverlauf durch den synchronen Abwärtswandler 11 in den zwei Betriebsmodi des synchronen Abwärtswandlers 11 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es ist anzumerken, dass die Anzahl und Dauer der verschiedenen Phasen in den jeweiligen Betriebsmodi lediglich beispielhaft ist und dem besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung dienen.

**[0048]** In Fig. 2 wird durch die horizontale Achse der zeitliche Ablauf dargestellt und durch die vertikale Achse die Höhe oder der Pegel des Stroms angezeigt. Die horizontale Achse schneidet die vertikale Achse in der Ausführungsform der Fig. 2 an einem Nullpunkt. Damit entspricht die horizontale Achse in Fig. 2 auch einer Nulllinie.

**[0049]** Der Stromverlauf im ersten Betriebsmodus ist in Fig. 2 beispielhaft in drei Phasen unterteilt, wobei die vorliegende Erfindung auf diese beispielhafte Einteilung nicht beschränkt ist. Die erste und die zweite Phase des ersten Betriebsmodus zeigen das abwechselnde Ansteigen und Sinken des durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließenden Stroms  $i_L$ .

**[0050]** In der ersten Phase des ersten Betriebsmodus steigt der durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließende Strom  $i_L$  an. Dies wird durch das Einschalten des ersten Schalters 111 und durch das Ausschalten des zweiten Schalters 112 erreicht. Das Einschalten und das Ausschalten der Schalter 111, 112 wird entsprechend durch die Steuerung 12 angesteuert. Gemäß einer Ausführungsform steigt der Strom  $i_L$  solange an, bis ein oberer Grenzwert bzw. Schwellenwert, auch

als obere Abschaltswelle bezeichnet, erreicht worden ist. Gemäß einer anderen Ausführungsform steigt der Strom  $i_L$  solange an, bis eine vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen ist. Wurde der obere Grenzwert erreicht oder ist die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen, wird der Fluss des Stroms  $i_L$  abgesenkt (siehe die zweite Periode des ersten Betriebsmodus in Fig. 2). Dies wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform dadurch erreicht, dass der erste Schalter 111 ausgeschaltet wird und der zweite Schalter 112 eingeschaltet wird.

**[0051]** Wie bereits erwähnt, erfolgt das Ansteuern des ersten und des zweiten Schalters 111, 112 gemäß der vorliegenden Ausführungsform durch die Steuerung 12. Im Hinblick auf den ersten Betriebsmodus ist die Steuerung 12 ausgestaltet zu prüfen, ob der ansteigende Strom  $i_L$  den oberen Grenzwert erreicht hat oder ob die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen ist. Ist der obere Grenzwert durch den ansteigenden Strom  $i_L$  erreicht worden oder ist die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen, steuert die Steuerung 12 den synchronen Abwärtsrichter 11 an, die Stromrichtung in dem ersten Betriebsmodus zu wechseln. Z.B. steuert die Steuerung 12 den ersten Schalter 111 so an, dass der erste Schalter 111 eingeschaltet wird, und den zweiten Schalter 112 so an, dass der zweite Schalter 112 ausgeschaltet wird.

**[0052]** In der zweiten Phase des ersten Betriebsmodus sinkt der durch den synchronen Abwärtsrichter 11 fließende Strom  $i_L$ . Dies wird durch das Ausschalten des ersten Schalters 111 und durch das Einschalten des zweiten Schalters 112 erreicht. Wie erläutert, wird das Einschalten und das Ausschalten der Schalter 111, 112 durch die Steuerung 12 angesteuert. Gemäß einer Ausführungsform sinkt der Strom  $i_L$  solange, bis ein unterer Grenzwert bzw. Schwellenwert, auch als untere Abschaltswelle bezeichnet, erreicht worden ist. Gemäß einer anderen Ausführungsform sinkt der Strom  $i_L$  solange, bis eine vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen ist. Wurde der untere Grenzwert erreicht oder ist die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen, wird der Fluss des Stroms  $i_L$  zum Ansteigen gebracht (siehe die dritte Periode des ersten Betriebsmodus in Fig. 2). Dies wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform dadurch erreicht, dass der erste Schalter 111 eingeschaltet wird und der zweite Schalter 112 ausgeschaltet wird.

**[0053]** Wie bereits erwähnt, erfolgt das Ansteuern des ersten und des zweiten Schalters 111, 112 gemäß der vorliegenden Ausführungsform durch die Steuerung 12. Im Hinblick auf den ersten Betriebsmodus und auf den sinkenden Stromverlauf ist die Steuerung 12 ausgestaltet zu prüfen, ob der sinkende Strom  $i_L$  den unteren Grenzwert erreicht hat oder ob die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen ist. Ist der untere Grenzwert durch den sinkenden Strom  $i_L$  erreicht worden oder ist die vorbestimmte Zeitperiode abgelaufen, steuert die Steuerung 12 den synchronen Abwärtsrichter 11 an, die Stromrichtung in dem ersten Betriebsmodus zu wechseln. Z.B. steuert die Steuerung 12 den ersten Schalter 111 so an, dass der erste Schalter 111 eingeschaltet wird, und den zweiten Schalter 112 so an, dass der zweite Schalter 112 ausgeschaltet wird.

**[0054]** Das Ansteigen und das Sinken des Stroms  $i_L$ , wie durch die erste Phase und die zweite Phase des ersten Betriebsmodus in Fig. 2 veranschaulicht, kann eine vorbestimmte Anzahl an Malen (z.B. N Male, wobei N ein positiver Integer ist) wiederholt werden. Wenn die vorbestimmte Anzahl an wiederholtem Ansteigen und Sinken des Stroms im ersten Betriebsmodus erreicht wurde, wird der Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus vorgenommen. Dies kann ebenfalls durch die Ansteuerung 12 erfolgen. Die Ansteuerung 12 prüft, z.B. ob die vorbestimmte Anzahl an wiederholtem Ansteigen und Sinken des Stroms im ersten Betriebsmodus erreicht wurde, und veranlasst beim Erreichen der vorbestimmten Anzahl den Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus.

**[0055]** Von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus wird gewechselt, wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und die Nulllinie erreicht oder wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und einen vorbestimmten Abstand zu der Nulllinie aufweist.

**[0056]** Dies kann ebenfalls durch die Steuerung 12 erfasst werden. Ist die Nulllinie erreicht oder weist der ansteigende Strom einen vorbestimmten Abstand zu der Nulllinie auf, wird in den zweiten Betriebsmodus gewechselt (siehe in Fig. 2 den Übergang von der dritten Phase des ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus). In dem zweiten Betriebsmodus schwingt der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtsrichter 11 fließenden Stroms über eine vorbe-

stimmte Zeitdauer aus. Damit der synchrone Abwärtswandler 11 in dem zweiten Betriebsmodus betrieben wird, wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform der erste Schalter 111 ausgeschaltet und der zweite Schalter 112 wird ausgeschaltet oder ausgeschaltet gelassen. Die entsprechende Ansteuerung der Schalter 111, 112 wird z.B. durch die Steuerung 12 vorgenommen. Ferner ist die Steuerung 12 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgestaltet zu prüfen, ob die vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen ist. Die vorbestimmte Zeitdauer ist z.B. durch eine vorbestimmte Anzahl von Ausschwingzyklen vorbestimmt. Ist die vorbestimmte Zeitdauer abgelaufen (z.B. ist die vorbestimmte Anzahl von Ausschwingzyklen erreicht), was ebenfalls durch die Steuerung 12 feststellbar ist, wird ein Wechsel von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus vorgenommen. Dies ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform ebenfalls durch die Steuerung 12 steuerbar.

**[0057]** Um in den Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu vollziehen, wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform der erste Schalter 111 eingeschaltet, während der zweite Schalter 112 ausgeschaltet wird oder ausgeschaltet bleibt. Die entsprechende Ansteuerung der Schalter 111, 112 erfolgt gemäß der vorliegenden Ausführungsform durch die Steuerung 12.

**[0058]** Der weitere Verlauf des ersten Betriebsmodus und der anschließende Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus und zurück werden weiterhin wie oben erörtert vorgenommen.

**[0059]** Der erste Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers 11 ist gemäß einer Ausführungsform ein synchroner Grenzwertmodus, auch als „synchronous borderleine mode“ bezeichnet.

**[0060]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der erste Schalter 111 in der Phase des ersten Betriebsmodus, in der der Wechsel von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus erfolgen wird (siehe in Fig. 2 die dritte Phase des ersten Betriebsmodus mit eingeschalteten ersten Schalter 111 und ausgeschalteten zweiten Schalter 112) eingeschaltet. Bleibt der erste Schalter 111 geöffnet, wird der negative Stromfluss (mit dem Abnehmen der Amplitude in der dritten Phase des ersten Betriebsmodus) über eine Body-Diode des Schalters 111 übernommen, wenn der Schalter 111 als ein Feldeffekttransistor (FET) ausgestaltet ist.

**[0061]** Gemäß einer Ausführungsform wird das Betreiben des synchronen Abwärtswandlers in den zwei Betriebsmodi bei niedrigen Dimm-Werten für die eine oder mehreren LEDs (z.B. eine LED-Strecke) verwendet, da in diesem Bereich die Helligkeitsschwankungen besonders auffällig sind. Bei niedrigen Dimm-Werten reagiert das Auge oft besonders sensitiv auf Helligkeitsschwankungen. Ferner ist die bei einer Veränderung um eine Taktrate entsprechende relative Helligkeitsänderung bei niedrigen Dimm-Werten oft größer als bei höheren Dimm-Werten.

**[0062]** Wie vorstehend dargestellt, betrifft die vorliegende Erfindung einen synchronen Abwärtswandler 11 zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln 13, wobei der synchrone Abwärtswandler 11 ausgestaltet ist, in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben zu werden, wobei in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers 11 durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließender Strom abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler 11 fließenden Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln 13 und ein Betriebsgerät 1, das den synchronen Abwärtswandler 11 aufweist und zum Betreiben von dem einen oder von den mehreren Leuchtmitteln 13 ausgestaltet ist.

## LISTE DER REFERENZZEICHEN

- 1 Betriebsgerät
- 11 Synchroner Abwärtswandler
- 111 erster Schalter
- 112 zweiter Schalter
- 113 Spule
- 114 Kondensator
- 115 Ausgangsanschluss
- 116 Ausgangsanschluss
- 12 Steuerung
- 13 ein oder mehrere Leuchtmittel (z.B. LEDs)

## Ansprüche

1. Synchroner Abwärtswandler (11) zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln, (13) wobei der synchrone Abwärtswandler ausgestaltet ist, in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus betrieben zu werden,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers (11) durch den synchronen Abwärtswandler fließender Strom ( $i_L$ ) abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler (11) fließenden Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt.
2. Synchroner Abwärtswandler nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
im ersten Betriebsmodus beim Sinken des Stroms der Strom zunächst Richtung Null sinkt und anschließend in eine Negativrichtung fließt.
3. Synchroner Abwärtswandler nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der synchrone Abwärtswandler (11) ausgestaltet ist, von dem ersten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und Nulllinie erreicht oder wenn der Strom in dem ersten Betriebsmodus ansteigt und einen vorbestimmten Abstand zu der Nulllinie aufweist.
4. Synchroner Abwärtswandler nach einem der vorstehende Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der synchrone Abwärtswandler (11) ausgestaltet ist, nach dem Ablauf der vorbestimmten Zeitdauer von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus zu wechseln
5. Synchroner Abwärtswandler nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die vorbestimmte Zeitdauer durch eine vorbestimmte Anzahl von Ausschwingzyklen vorbestimmt ist.
6. Synchroner Abwärtswandler nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
nach einem Wechsel von dem zweiten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus der durch den synchronen Abwärtswandler fließende Strom ( $i_L$ ) ansteigt.
7. Synchroner Abwärtswandler nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der synchrone Abwärtswandler (11) einen ersten Schalter (111) und einen zweiten Schalter (112) zum Steuern des Stromflusses des durch den synchronen Abwärtswandler (11) fließenden Stroms ( $i_L$ ) aufweist.
8. Synchroner Abwärtswandler nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der synchrone Abwärtswandler (11) derart ausgestaltet ist, dass in dem ersten Betriebsmodus der durch den synchronen Abwärtswandler (11) fließende Strom ( $i_L$ ) durch ein Einschalten des ersten Schalters und ein Ausschalten des zweiten Schalters (112) ansteigt und durch ein Ausschalten des ersten Schalters (112) und ein Einschalten des zweiten Schalters (112) sinkt.
9. Verfahren zum Betreiben eines synchronen Abwärtswandlers, der zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln ausgestaltet ist, wobei das Verfahren aufweist ein Betreiben des synchronen Abwärtswandlers in einem ersten Betriebsmodus oder in einem zweiten Betriebsmodus,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
in dem ersten Betriebsmodus des synchronen Abwärtswandlers durch den synchronen Abwärtswandler fließender Strom abwechselnd ansteigt und sinkt und wobei in dem zweiten Betriebsmodus der Stromverlauf des durch den synchronen Abwärtswandler fließenden

Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer ausschwingt.

10. Betriebsgerät zum Betreiben von einem oder mehreren Leuchtmitteln, (13) wobei das Betriebsgerät einen synchronen Abwärtswandler (11) zum Betreiben von dem einem oder den mehreren Leuchtmitteln (13) aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der synchrone Abwärtswandler ein synchroner Abwärtswandler (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ist.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

1/2

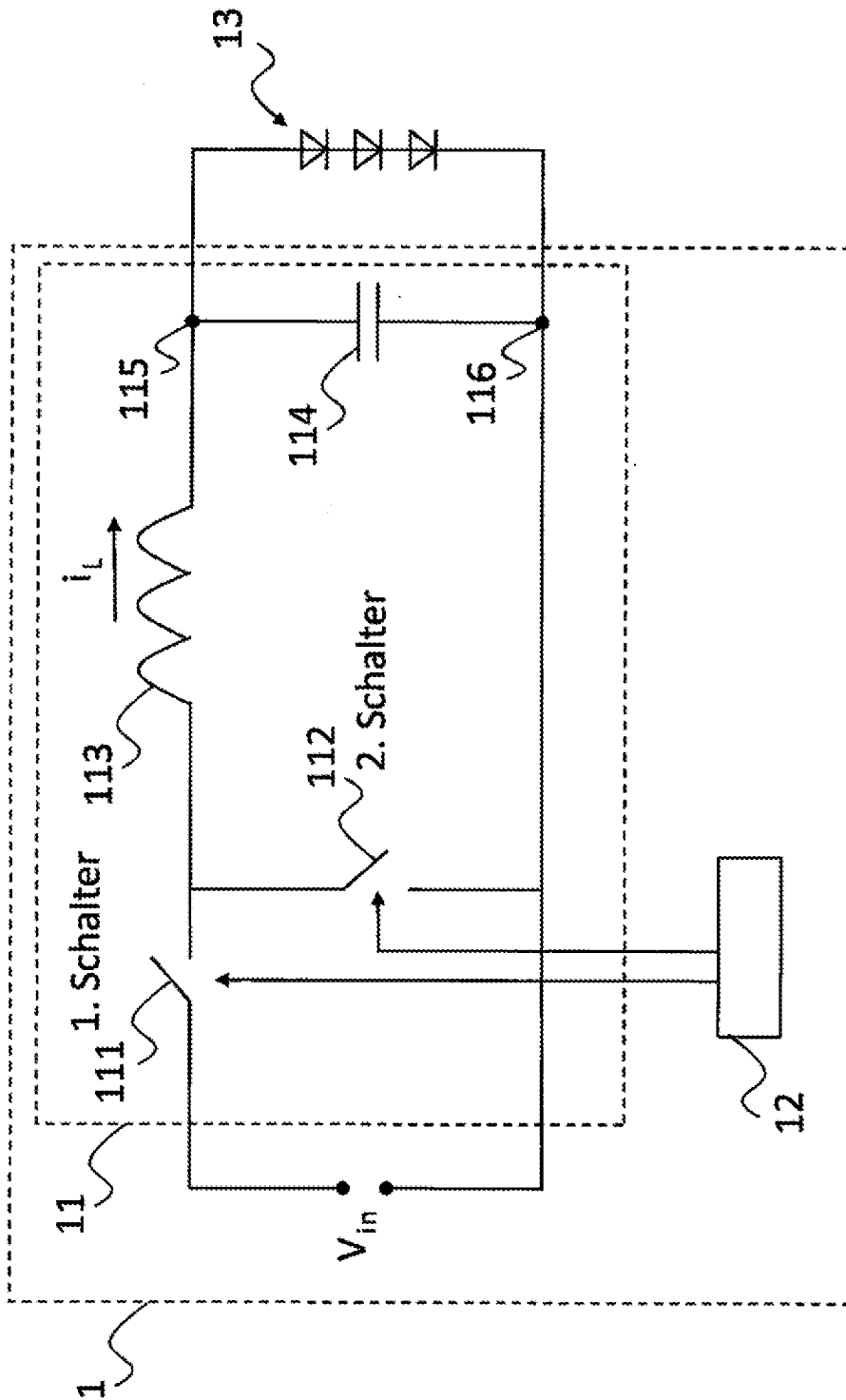


Fig. 1

2/2

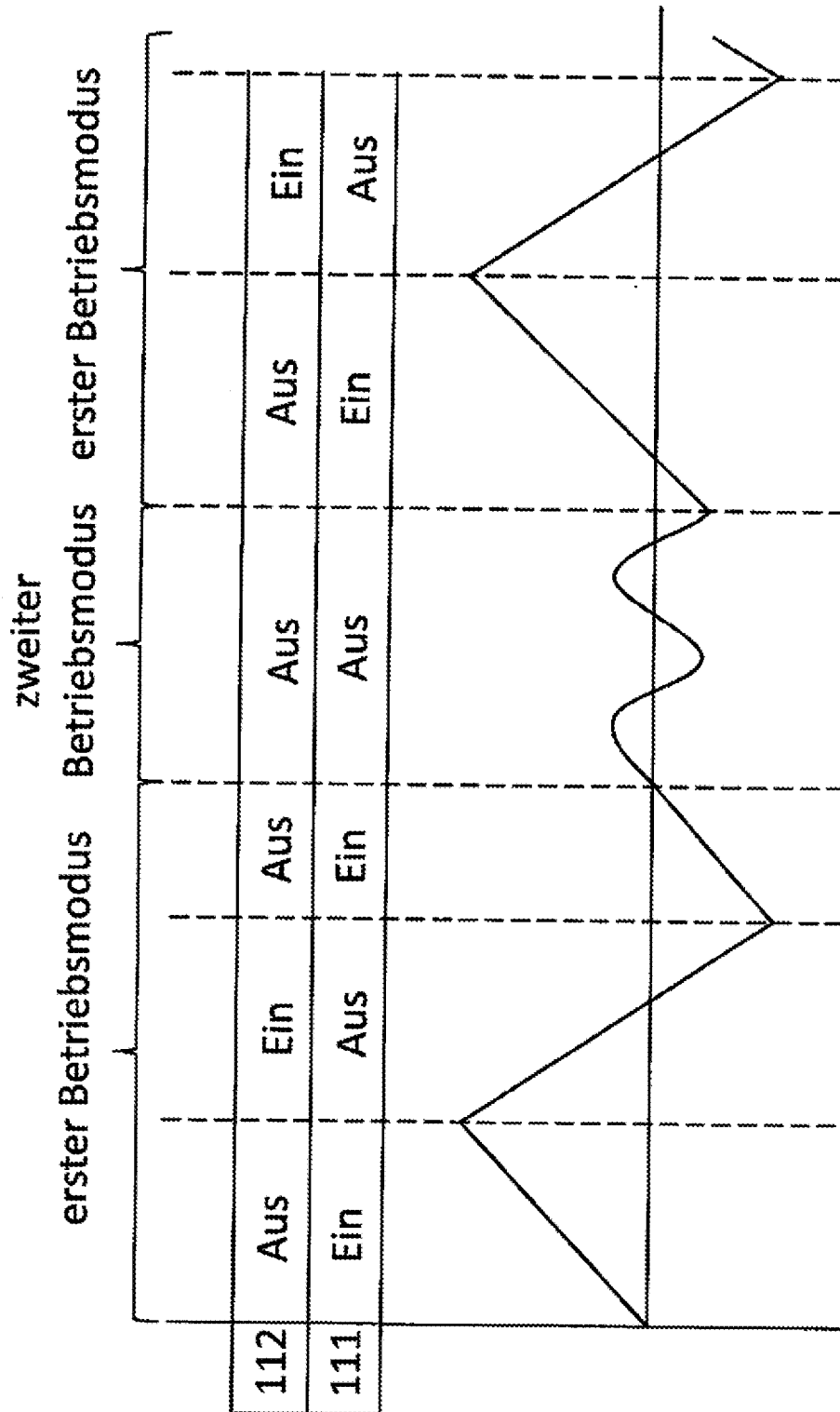


Fig. 2

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: <b>H05B 45/375</b> (2020.01); <b>H02M 3/158</b> (2006.01)
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: <b>H05B 45/375</b> (2020.01); <b>H02M 3/1588</b> (2013.01); <b>Y02B 70/10</b> (2020.08)
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H05B, H02M, Y02B
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPIAP, PATENW, PATDEW
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am <b>16.12.2016</b> eingereichten Ansprüchen <b>1-10</b> erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	US 2008224625 A1 (GREENFELD, F.) 18. September 2008 (18.09.2008)  Zusammenfassung, Fig. 2A-2C; Absätze [0023]-[0034].	1-4, 6-10
Y	US 2016276945 A1 (YAN, C. et al.) 22. September 2016 (22.09.2016)  Zusammenfassung, Fig. 1, 2A, 7A, 7B; Absätze [0005]-[0027], [0057], [0102]-[0111].	1-4, 6-10
A	US 2005258814 A1 (CHEN, J. et al.) 24. November 2005 (24.11.2005)  Zusammenfassung, Fig. 1-10; Absätze [0018]-[0033].	1-10
A	US 2012187928 A1 (PARTO, P. et al.) 26. Juli 2012 (26.07.2012)  Zusammenfassung, Fig. 1-3; Absätze [0005]-[0009], [0035].	1-10

Datum der Beendigung der Recherche: 29.10.2021	Seite 1 von 1	Prüfer(in): LOIBNER Klaus
---	---------------	------------------------------

*) <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.	<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien <b>X</b> oder <b>Y</b> ), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie <b>X</b> ), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.
--	---