

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 293/2016
(22) Anmeldetag: 29.11.2016
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.01.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: **H05B 45/375** (2020.01)
H05B 45/10 (2020.01)

(30) Priorität:
31.10.2016 DE 102016221398.9 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2015373805 A1
WO 2009138908 A1
JP 2014127376 A
US 2008224625 A1

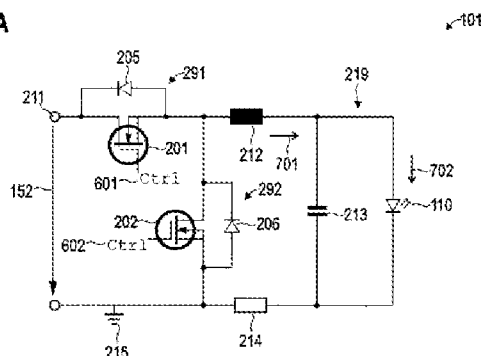
(73) Gebrauchsmusterinhaber:
Tridonic GmbH & Co KG
6850 Dornbirn (AT)

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

(54) **Abwärtswandler für eine Leuchtdiode**

(57) Ein Abwärtswandler (101) für eine Leuchtdiode (110) umfasst einen ersten Schalter (201, 205, 291) und einen zweiten Schalter (202, 206, 292), der zwischen einem Versorgungsspannungsanschluss (211) und Masse (215) in Serie mit dem ersten Schalter (201, 205, 291) geschaltet ist. Der Abwärtswandler (101) umfasst auch eine Speicherdrossel (212), die zwischen dem Versorgungsspannungsanschluss (211) und einem Ausgangsanschluss (219) mit dem ersten Schalter (201, 205, 291) in Serie geschaltet ist. Der Abwärtswandler (101) umfasst auch den Ausgangsanschluss (219), der eingerichtet ist, um basierend auf einem Drosselstrom (701) durch die Speicherdrossel (212) einen Laststrom (702) an die Leuchtdiode (110) auszugeben. Der Abwärtswandler (101) umfasst auch eine Steuerung, die eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) und den zweiten Schalter (202, 206, 292) in Abhängigkeit von einem Dimmsignal alternierend und periodisch im leitenden Zustand zu betreiben.

FIG. 2A



Beschreibung

ABWÄRTSWANDLER FÜR EINE LEUCHTDIODE

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Verschiedene Beispiele der Erfindung betreffen allgemein einen Abwärtswandler für eine Leuchtdiode mit einem ersten Schalter und einem zweiten Schalter, die von einer Steuerung alternierend und periodisch im leitenden Zustand betrieben werden. Verschiedene Beispiele der Erfindung betreffen insbesondere einen Abwärtswandler, bei welchem die Steuerung den ersten Schalter und den zweiten Schalter in Abhängigkeit von einem Dimmsignal betreibt.

HINTERGRUND

[0002] Zum Betreiben von Leuchtdioden weisen Leuchten typischerweise ein Betriebsgerät auf. Das Betriebsgerät beinhaltet typischerweise einen Abwärtswandler (engl. buck converter), welcher eingerichtet ist, um eine DC-Versorgungsspannung in der Amplitude zum Betreiben der Leuchtdiode herabzusetzen. Darüber hinaus kann der Abwärtswandler eingerichtet sein, um den Betrieb der Leuchtdiode in Abhängigkeit von einem Dimmsignal, welches die gewünschte Helligkeit der Leuchte indiziert, zu verändern.

[0003] Herkömmliche Abwärtswandler weisen typischerweise einen Schalter auf, der zwischen einem Versorgungsspannungsanschluss und einem Ausgangsanschluss in Serie mit einer Speicherdrossel geschaltet ist. Während einer An-Zeit des Schalters - d.h. während welcher der Schalter im leitenden Zustand betrieben wird -, fließt ein Drosselstrom durch die Speicherdrossel, der durch die Versorgungsspannung gespeist wird, und Energie wird in der Speicherdrossel gespeichert. Während einer Aus-Zeit des Schalters - während welcher der Schalter im nicht-leitenden Zustand betrieben wird -, fließt ein Drosselstrom, der durch die zuvor in der Speicherdrossel gespeicherten Energie gespeist wird.

[0004] Dabei sind grundsätzlich unterschiedliche Betriebsarten des Abwärtswandlers bekannt. Beispielsweise kann in einer als lückender Betrieb (engl. discontinuous mode) bezeichneten Betriebsart der Drosselstrom während der Aus-Zeit des Schalters bis auf null absinken. Bei einer als kontinuierlicher Betrieb (engl. continuous mode) bezeichneten Betriebsart sinkt der Drosselstrom während der Aus-Zeit des Schalters nicht bis auf null ab. Dazwischen existiert noch der sogenannte Grenzbetrieb (engl. borderline mode), der den Übergang zwischen dem lückenden Betrieb und dem kontinuierlichen Betrieb entspricht.

[0005] Bei Referenzimplementierungen von Abwärtswandlern kann es erforderlich sein, in Abhängigkeit von dem Dimmsignal den lückenden Betrieb zu aktivieren. Insbesondere kann es im Zusammenhang mit einer geringen gewünschten Helligkeit der Leuchte notwendig sein, den lückenden Betrieb mit einer besonders langen Aus-Zeit des Schalters zu aktivieren. Dann wird die Helligkeit der Leuchte mit einer vergleichsweise geringen Frequenz moduliert. Die Leuchtdiode wird typischerweise zwischenzeitlich ausgeschaltet, d.h. der Laststrom kann bis auf null sinken. Manchmal wird ein solcher Betrieb der Leuchte auch als Pulsbreitenmodulation bezeichnet. Dies kann diverse negative Effekte auf das Umfeld der Leuchte haben: beispielsweise können Interferenzen mit optischen Geräten auftreten.

[0006] Bei Referenzimplementierungen von Abwärtswandlern kann es weiterhin erforderlich sein, in Abhängigkeit von dem Dimmsignal zwischen dem lückenden Betrieb und dem Grenzbetrieb zu wechseln. Insbesondere kann dies bedeuten, dass in Abhängigkeit von dem Dimmsignal ein besonders starker Sprung in der Frequenz auftritt, mit welcher der Schalter geschaltet wird. Dies kann eine komplizierte und aufwendige Regelungstechnik erfordern.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Deshalb besteht ein Bedarf für verbesserte Abwärtswandler und Techniken zum Abwärtswandeln einer Versorgungsspannung für eine Leuchtdiode. Insbesondere besteht ein Be-

darf für solche Techniken, die zumindest einige der oben genannten Nachteile und Einschränkungen beheben.

[0008] Diese Aufgabe wird von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die Merkmale der abhängigen Patentansprüche definieren Ausführungsformen.

[0009] In einem Beispiel umfasst ein Abwärtswandler für eine Leuchtdiode einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter. Der zweite Schalter ist zwischen einem Versorgungsspannungsanschluss und Masse in Serie mit dem ersten Schalter geschaltet. Der Abwärtswandler umfasst auch eine Speicherdrossel. Die Speicherdrossel ist - beispielsweise zwischen dem Versorgungsspannungsanschluss und einem Ausgangsanschluss - mit dem ersten Schalter in Serie geschaltet. Der Ausgangsanschluss ist eingerichtet, um basierend auf einem Drosselstrom durch die Speicherdrossel einen Laststrom an die Leuchtdiode auszugeben. Der Abwärtswandler umfasst auch eine Steuerung. Die Steuerung ist eingerichtet, um den ersten Schalter und den zweiten Schalter in Abhängigkeit von einem Dimmsignal alternierend und periodisch im leitenden Zustand zu betreiben.

[0010] In manchen Beispielen wird ein Abwärtswandler mit einem ersten Schalter und einem zweiten Schalter gemäß dem obigen Beispiel auch als Synchronwandler bezeichnet.

[0011] Manchmal wird der erste Schalter auch als high-side Schalter bezeichnet, weil er auf Potenzial angeordnet ist. Entsprechend wird der zweite Schalter manchmal auch als low-side Schalter bezeichnet, weil er zwischen Potenzial und Masse angeordnet ist. Beispielsweise wäre es möglich, dass der erste Schalter und/oder der zweite Schalter durch ein Halbleiter-Schaltelement implementiert wird. Beispiele für solche Halbleiter-Schaltelemente umfassen: ein Transistor; ein Bipolartransistor; ein Feldeffekt-Transistor; ein Metall-Oxid-Feldeffekt-Transistor; ein Isolierschicht-Feldeffekttransistor.

[0012] Beispielsweise kann eine Seite der Speicherdrossel mit einem Punkt verbunden sein, der zwischen dem ersten Schalter und dem zweiten Schalter angeordnet ist. Die zweite Seite der Speicherdrossel kann mit dem Ausgangsanschluss verbunden sein. Die Speicherdrossel kann als Spule mit mehreren Wicklungen implementiert sein. Die Speicherdrossel kann eine Induktivität bereitstellen. Basierend auf dem Induktionsgesetz kann damit die Spannung über die Speicherdrossel (Drosselspannung) gleich der Induktivität der Speicherdrossel multipliziert mit der zeitlichen Änderung des Drosselstroms sein. In anderen Worten kann die Speicherdrossel besonders schnellen Änderungen des Drosselstroms entgegenwirken.

[0013] Der Ausgangsanschluss kann beispielsweise einen Glättungskondensator umfassen, der bewirkt, dass der Laststrom, welcher an die Leuchtdiode ausgegeben wird, einem Zeitmittelwert des Drosselstroms entspricht. Dadurch kann der Drosselstrom geglättet werden und es kann eine gleichmäßigere Helligkeit der Leuchtdiode erreicht werden. Der Ausgangsanschluss könnte beispielsweise weiterhin einen Steckkontakt, Lötkontakt, Klemmkontakt etc. aufweisen, um eine elektrische Verbindung der Leuchtdiode herzustellen.

[0014] Die Steuerung kann beispielsweise als applikationsspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC) oder als Mikrocontroller implementiert sein. Die Steuerung könnte auch als FPGA oder Prozessor implementiert sein. Die Steuerung könnte auch zumindest teilweise durch eine Anlogschaltung implementiert sein. Die Steuerung könnte das Dimmsignal beispielsweise über eine Kommunikationsschnittstelle empfangen.

[0015] Durch die Verwendung des ersten Schalters und des zweiten Schalters zum Erzeugen des Laststroms, kann die Helligkeit der Leuchtdiode flexibel in Abhängigkeit von dem Dimmsignal gesteuert werden. Insbesondere kann es entbehrlich sein, den lückenden Betrieb bei geringen Helligkeiten der Leuchtdiode zu aktivieren. Beispielsweise wäre es möglich, dass ein kontinuierlicher Betrieb durchgängig - d.h. für alle Helligkeitslevel des Dimmsignals - aktiviert wird.

[0016] Zum Beispiel wäre es möglich, dass die Steuerung eingerichtet ist, um den zweiten Schalter für eine An-Zeit im leitenden Zustand zu betreiben. Die An-Zeit des zweiten Schalters kann dabei derart dimensioniert sein, dass die Polarität des Drosselstroms von positiv auf negativ

wechselt und die Spannung am Mittelpunkt der beiden Schalter (Mittelpunktspannung) umschwingt, d.h. z.B. von positive auf negative Polarität oder in Bezug auf eine andere Referenzspannung, wie beispielsweise eine Busspannung. Dies kann bedeuten, dass der zweite Schalter so lange im leitenden Zustand betrieben wird, bis sich die Richtung des Drosselstroms umkehrt. Beispielsweise könnte der Drosselstrom mit negativer Polarität durch Entladung eines Kondensators des Ausgangsanschlusses gespeist werden.

[0017] Indem der Drosselstrom zumindest zeitweise eine negative Polarität aufweist, kann ein besonders klein dimensionierter Zeitmittelwert des Drosselstroms erzielt werden. Dadurch kann wiederum ein klein dimensionierter Laststrom an die Leuchtdiode ausgegeben werden. Dadurch können auch geringe Helligkeiten für entsprechende Dimmsignale für die Leuchtdiode erzielt werden. Insbesondere können geringe Helligkeiten ohne Unterbrechung des Betriebs der Leuchtdiode gemäß dem Pulsweiten-Modulationsverfahren erzielt werden. Ein diskontinuierlicher Modus kann vermieden werden. Störeinflüsse auf die Umgebung - d.h. beispielsweise ein Flackern der Leuchtdiode - können reduziert bzw. vermieden werden.

[0018] In manchen Beispielen kann die Steuerung eingerichtet sein, um eine Totzeit zu implementieren, während welcher der erste Schalter und der zweite Schalter im nichtleitenden Zustand betrieben werden. Beispielsweise kann durch die Totzeit ein gewisser Sicherheitsbereich bereitgestellt werden, so das Kurzschlüsse vermieden werden. Beispielsweise kann zunächst der erste Schalter in den nicht-leitenden Zustand geschaltet werden, bevor der zweite Schalter in den leitenden Zustand geschaltet wird (engl. "break before make"). Eine entsprechende Totzeit kann besonders kurz dimensioniert werden und zum Beispiel im Bereich von 100 ns bis 1000 ns liegen.

[0019] In weiteren Beispielen kann es erstrebenswert sein, dass die Totzeit verlängert wird bzw. vergleichsweise lang dimensioniert wird. Beispielsweise könnte die Totzeit nicht kleiner als 5 % der An-Zeit des zweiten Schalters sein, optional nicht kleiner als 10 % der An-Zeit des zweiten Schalters, weiter optional nicht kleiner als 25 % der An-Zeit des zweiten Schalters. Derart kann erreicht werden, dass nach Schalten des zweiten Schalters in den nicht-leitenden Zustand - und dem fortwährenden Betreiben des ersten Schalters im nicht-leitenden Zustand - der Drosselstrom abnimmt und schließlich verschwindet. Dann ist es möglich, dass die Steuerung eingerichtet ist, um den ersten Schalter zeitsynchronisiert mit dem Umschwingung der Mittelpunktspannung vom nichtleitenden Zustand in den leitenden Zustand zu schalten (engl. zero voltage switching, ZVS). Derart kann optional ein stromfreies Schalten des ersten Schalters erfolgen (engl. zero current switching). Ein solches stromfreies Schalten des ersten Schalters weist den Vorteil einer geringen Verlustleistung auf. Dadurch kann der Energieverbrauch des Abwärtswandlers reduziert werden.

[0020] Es wäre möglich, dass ein geregelter Betrieb des ersten Schalters und des zweiten Schalters durch die Steuerung implementiert wird. Dies bedeutet, dass die Steuerung einen Regelkreis implementieren könnte. Dadurch kann erreicht werden, dass die Helligkeit der Leuchtdiode durch Erzeugen des Laststroms besonders genau und stabil eingestellt werden kann.

[0021] Zum Beispiel könnte die Steuerung eingerichtet sein, um den ersten Schalter und den zweiten Schalter geregelt zu betreiben. Dabei kann der entsprechende Regelkreis den Zeitmittelwert des Drosselstroms als Regelgröße berücksichtigen. Alternativ oder zusätzlich wäre es auch möglich, den Laststrom als Regelgröße zu berücksichtigen. Der entsprechende Regelkreis könnte auch eine Führungsgröße berücksichtigen, die basierend auf dem Dimmsignal bestimmt wird. Beispielsweise wäre es möglich, mittels einer Nachschlagetabelle die Führungsgröße basierend auf dem Dimmsignal derart zu bestimmen, dass diese unmittelbar mit dem Laststrom als Regelgröße verglichen werden kann. Derart kann es möglich sein, besonders genau die gewünschte Helligkeit gemäß dem Dimmsignal einzustellen.

[0022] Zum Beispiel könnte die Steuerung eingerichtet sein, um den ersten Schalter und den zweiten Schalter geregelt zu betreiben. Dabei kann der entsprechende Regelkreis zumindest einen Spitzenwert des Drosselstroms als Stellgröße berücksichtigen. Beispielsweise könnte der Spitzenwert des Drosselstroms bei positiver Polarität als Stellgröße berücksichtigt werden. Alternativ oder zusätzlich wäre es auch möglich, den Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität als Stellgröße zu berücksichtigen, wodurch der Betrieb in einem besonders guten Be-

triebspunkt erreicht werden kann. Alternativ oder zusätzlich wäre es zum Beispiel möglich, den Tastgrad der An-Zeit des ersten Schalters und / oder des zweiten Schalters als Stellgröße zu berücksichtigen. Alternativ oder zusätzlich wäre es zum Beispiel auch möglich, die An-Zeit des ersten Schalters und/oder des zweiten Schalters als Stellgröße zu berücksichtigen. Alternativ oder zusätzlich wäre es zum Beispiel auch möglich, die Aus-Zeit des ersten Schalters und/oder des zweiten Schalters als Stellgröße zu berücksichtigen.

[0023] Manchmal kann es erstrebenswert sein, den Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität konstant zu halten. Damit kann ein stromfreies Schalten des ersten Schalters erzielt werden - und gleichzeitig die Totzeit vergleichsweise gering und fix dimensioniert werden.

[0024] Damit kann erreicht werden, dass die Spannung am Mittelpunkt der beiden Schalter umschwingen kann und ein spannungsfreies Einschalten des ersten Schalters gewährleistet ist.

[0025] In manchen Beispielen kann es erstrebenswert sein, dass die Steuerung eingerichtet ist, um den ersten Schalter und den zweiten Schalter geregelt zu betreiben, wobei der Spitzenwert des Drosselstroms bei positiver Polarität als Stellgröße berücksichtigt wird, jedoch der Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität konstant gehalten wird. Bei einem festen Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität kann erreicht werden, dass das spannungsfreie Schalten des ersten Schalters besonders einfach implementiert werden kann. Insbesondere kann eine Zeitdauer zwischen den Schalten des zweiten Schalters vom leitenden Zustand in den nicht-leitenden Zustand und dem Schalten des ersten Schalters vom nicht-leitenden in den leitenden Zustand bei einem festen Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität auch konstant gehalten werden.

[0026] Für einen geregelten Betrieb kann der Abwärtswandler beispielsweise eine Sensorschaltung aufweisen. Mittels der Sensorschaltung kann es möglich sein, ein Messsignal zu erhalten, welches indikativ für die Regelgröße ist. Beispielsweise könnte das Messsignal indikativ für den Drosselstrom sein. Beispielsweise könnte das Messsignal indikativ für den Zeitmittelwert des Drosselstroms sein: Dazu könnte beispielsweise ein Tiefpassfilter in der Sensorschaltung vorgesehen sein. Es wäre aber alternativ oder zusätzlich auch möglich, dass das Messsignal indikativ für den Drosselstrom mit einer großen Bandbreite, die der Änderung des Drosselstroms aufgrund des Induktionsgesetzes basierend auf der Induktivität der Speicherdrossel entspricht, ist. Alternativ oder zusätzlich wäre es darüber hinaus möglich, dass das Messsignal indikativ für eine Drosselspannung über die Speicherdrossel ist. Die Sensorschaltung kann beispielsweise eingerichtet sein, um einen Nullpunktversatz zwischen dem Messsignal und dem Drosselstrom zu bewirken. Dadurch kann erreicht werden, dass das Messsignal lediglich positive oder lediglich negative Polarität aufweist. Ein Nulldurchgang des Messsignals kann - trotz des Nulldurchgangs des Drosselstroms - vermieden werden. Ein solcher Nullpunktversatz kann zum Beispiel durch das Vorsehen einer weiteren Stromquelle, die einen Referenzstrom bereitstellt, implementiert werden. Ein solcher Nullpunktversatz könnte zum Beispiel auch durch einen geeigneten Spannungsteiler erreicht werden. Indem das Messsignal nur positive Polarität oder nur negative Polarität aufweist, kann eine besonders einfache Regelung auf Grundlage des Messsignals implementiert werden.

[0027] In einem weiteren Beispiel umfasst ein Betriebsgerät für eine Leuchte den Abwärtswandler gemäß der verschiedenen hierin beschriebenen Beispiele. Noch ein weiteres Beispiel betrifft die Leuchte mit dem Betriebsgerät, welches den Abwärtswandler aufweist.

[0028] Zum Beispiel könnte das Betriebsgerät weiterhin einen AC/DC-Wandler aufweisen. Der AC/DC-Wandler kann eingerichtet sein, um eine AC-Versorgungsspannung in die DC-Versorgungsspannung zu wandeln, die anschließend dem Abwärtswandler zugeführt wird. In anderen Beispielen wäre es aber auch möglich, dass das Betriebsgerät direkt die DC-Versorgungsspannung empfängt.

[0029] In einem weiteren Beispiel umfasst ein Verfahren das Empfangen eines Dimmsignals für eine Leuchtdiode. Das Verfahren umfasst weiterhin, in Abhängigkeit von dem Dimmsignal, das alternierende und periodische Betreiben eines ersten Schalters eines Abwärtswandlers und eines

zweiten Schalters des Abwärtswandlers im leitenden Zustand. Dabei ist der zweite Schalter — beispielsweise zwischen einem Versorgungsspannungsanschluss des Abwärtswandlers und Masse - in Serie mit dem ersten Schalter geschaltet. Das Verfahren umfasst auch das Ausgeben eines Laststroms an die Leuchtdiode über einen Ausgangsanschluss des Abwärtswandlers. Dies erfolgt basierend auf einem Drosselstrom einer Speicherdrossel des Abwärtswandlers. Die Speicherdrossel ist zwischen dem Versorgungsspannungsanschluss und dem Ausgangsanschluss mit dem ersten Schalter in Serie geschaltet.

[0030] Für ein solches Verfahren können Effekte erzielt werden, die vergleichbar sind mit den Effekten, die für einen Abwärtswandler gemäß verschiedene hierin beschriebener Beispiele erzielt werden können.

[0031] Die oben dargelegten Merkmale und Merkmale, die nachfolgend beschrieben werden, können nicht nur in den entsprechenden explizit dargelegten Kombinationen verwendet werden, sondern auch in weiteren Kombinationen oder isoliert, ohne den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

- [0032]** FIG. 1 illustriert schematisch ein Betriebsgerät einer Leuchte mit einem Abwärtswandler gemäß verschiedener Ausführungsformen.
- [0033]** FIGs. 2A und 2B illustrieren schematisch den Abwärtswandler mit einem ersten Schalter und einem zweiten Schalter und einer Speicherdrossel gemäß verschiedener Ausführungsformen.
- [0034]** FIG. 3 illustriert schematisch das Betreiben des ersten Schalters und des zweiten Schalters alternierend und periodisch im leitenden Zustand gemäß verschiedener Ausführungsformen.
- [0035]** FIG. 4 illustriert schematisch das Betreiben des ersten Schalters und des zweiten Schalters alternierend und periodisch im leitenden Zustand gemäß verschiedener Ausführungsformen, wobei in dem Beispiel der FIG. 4 eine Totzeit vorgesehen ist.
- [0036]** FIGs. 5A und 5B illustrieren schematisch den Abwärtswandlern mit einem ersten Schalter und einem zweiten Schalter und einer Speicherdrossel und einer Sensorschaltung gemäß verschiedener Ausführungsformen.
- [0037]** FIG. 6 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Ausführungsformen.
- [0038]** FIG. 7 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Ausführungsformen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0039] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0040] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Elemente. Die Figuren sind schematische Repräsentationen verschiedener Ausführungsformen der Erfindung. In den Figuren dargestellte Elemente sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu dargestellt. Vielmehr sind die verschiedenen in den Figuren dargestellten Elemente derart wiedergegeben, dass ihre Funktion und genereller Zweck dem Fachmann verständlich wird. Funktionale Einheiten können als Hardware, Software oder eine Kombination aus Hardware und Software implementiert werden.

[0041] Nachfolgend werden Techniken in Bezug auf das Wandeln einer DC-Versorgungsspannung beschrieben. Die hierin beschriebenen Techniken betreffen insbesondere das Herabsetzen der DC-Versorgungsspannung, d.h. das Abwärtswandeln. Die hierin beschriebenen Techniken können insbesondere im Zusammenhang mit dem Betreiben von Leuchtdioden eingesetzt werden. In anderen Beispielen wäre es aber auch möglich, dass die hierin beschriebenen Techniken in anderen Anwendungsgebieten eingesetzt werden. Beispiele betreffen zum Beispiel Ladungsspeicher, Netzgeräte für elektronische Geräte, oder andere Formen von Leuchtmitteln, etc.

[0042] In verschiedenen Beispielen wird die Versorgungsspannung in Abhängigkeit eines Dimmsignal für die Leuchtdiode gewandelt. Das Dimmsignal kann indikativ für eine gewünschte Helligkeit der Leuchtdiode sein. Das Wandeln kann dabei einen bestimmten Laststrom an die Leuchtdiode ausgeben, wobei der Laststrom größer (geringer) für größere (geringere) gewünschte Helligkeiten sein kann.

[0043] Die verschiedenen hierin beschriebenen Techniken werden insbesondere in Bezug auf eine bestimmte Architektur des Abwärtswandlers beschrieben: Dieser Architektur des Abwärtswandlers verwendet einen ersten Schalter, der auf Potenzial angeordnet ist, sowie einen zweiten Schalter, der zwischen Potenzial und Masse angeordnet ist. Im Vergleich zu anderen Architekturen von Abwärtswandlern, die anstatt des zweiten Schalters lediglich eine Diode einsetzen, kann derart ein besonders energieeffizienter Betrieb erreicht werden: insbesondere kann der Spannungsabfall über die Diode durch das Verwenden des zweiten Schalters vermieden werden.

[0044] Die hierin beschriebenen Techniken ermöglichen es, unterschiedliche Helligkeiten für die Leuchtdiode ohne Verwendung einer Pulsbreitenmodulation umzusetzen. Dadurch kann das vermieden werden, dass die Leuchtdiode bei geringen Helligkeiten flackert. Außerdem können die hierin beschriebenen Techniken eine einfache Regelung ermöglichen, bei der nicht zwischen einem kontinuierlichen Betrieb bzw. einem Grenzbetrieb des Abwärtswandlers und einem lückenden Betrieb des Abwärtswandlers umgeschaltet werden muss.

[0045] FIG. 1 illustriert Aspekte in Bezug auf ein Betriebsgerät 100 für eine Leuchtdiode 110. Beispielsweise könnte das Betriebsgerät 100 Teil einer Leuchte sein. Die Leuchte könnte weiterhin ein Gehäuse, Kühlkörper, eine Notstrombatterie, etc. umfassen.

[0046] Das Betriebsgerät 100 umfasst einen AC/DC-Wandler 104, der eingerichtet ist, um eine AC-Versorgungsspannung 151 in eine DC-Versorgungsspannung 152 zu wandeln. Die AC-Versorgungsspannung 151 wird über einen Netzanschluss 153 empfangen. Beispielsweise könnte die AC-Versorgungsspannung 151 eine Amplitude im Bereich von 100 V bis 300 V aufweisen. Beispielsweise könnte der AC/DC-Wandler 104 eine Gleichrichter-Brückenschaltung aufweisen (in FIG. 1 nicht dargestellt). Der AC/DC-Wandler 104 ist optional: in anderen Beispielen könnte das Betriebsgerät 100 direkt eine DC-Versorgungsspannung empfangen.

[0047] Das Betriebsgerät 100 umfasst auch einen DC/DC-Wandler 101. Der DC/DC-Wandler 101 ist eingerichtet, um die DC-Versorgungsspannung 152 zu wandeln. Insbesondere ist der DC/DC-Wandler 101 eingerichtet, um die DC-Versorgungsspannung abwärts zu wandeln. Deshalb wird auf den DC/DC-Wandler 101 nachfolgend als Abwärtswandler 101 Bezug genommen. Basierend auf der DC-Versorgungsspannung wird die Leuchtdiode 110 betrieben. Dazu kann ein Laststrom vom Abwärtswandler 101 bereitgestellt werden und an die Leuchtdiode 110 ausgegeben werden.

[0048] Der Abwärtswandler 101 wird durch eine Steuerung 102 angesteuert. Die Steuerung 102 könnte beispielsweise einen geregelten Betrieb des Abwärtswandlers 101 implementieren. Dadurch kann der Betrieb der Leuchtdiode 110 stabilisiert werden. Außerdem kann der Betrieb der Leuchtdiode 110 durch externe Vorgaben gesteuert werden.

[0049] In dem Beispiel der FIG. 1 empfängt die Steuerung 102 ein Dimmsignal 161 über eine Kommunikationsschnittstelle 103. In dem Beispiel der FIG. 1 wird das Dimmsignal 161 über ein dediziertes Übertragungsmedium 162 empfangen, z.B. eine DALI-Schnittstelle. In anderen Beispielen wäre es jedoch auch möglich, dass das Dimmsignal 161 über den Netzanschluss 153 empfangen wird (in FIG. 1 nicht dargestellt). Beispielsweise könnte das Dimmsignal 161 auf die

AC-Versorgungsspannung 151 moduliert werden. Ein Beispiel wäre eine Phasenschnitt-Modulation.

[0050] Die Steuerung 102 kann den Betrieb der Leuchtdiode 110 in Abhängigkeit von dem Dimmsignal 161 als externe Vorgabe bzw. Steuergröße steuern. Beispielsweise könnte die Steuerung 102 den Abwärtswandlern 101 derart ansteuern, dass der Laststrom je nach Dimmsignal 161 unterschiedliche Werte annimmt.

[0051] Das Dimmsignal kann beispielsweise auch durch einen an das Betriebsgerät 100 angeschlossenen Widerstand vorgegeben werden, wobei vorzugsweise der Widerstandswert den Nennstrom der Leuchtdiode vorgibt. Es könnte dabei auch ein Potentiometer als veränderbarer Widerstand angeschlossen werden, womit auch eine Änderung oder Einstellung des Nennstromes ermöglicht wäre.

[0052] FIG. 2A und 2B illustrieren Aspekte in Bezug auf den Abwärtswandler 101. Insbesondere illustriert FIG. 2A den Abwärtswandler 101 in größerem Detail. FIG. 2A ist ein Schaltungsdiagramm des Abwärtswandlers 101.

[0053] Der Abwärtswandler 101 ist eingerichtet, um über einen Versorgungsspannungsanschluss 211 die DC-Versorgungsspannung 152 zu empfangen. Ein Feldeffekttransistor 201 mit einer Freilaufdiode 205 implementiert einen Schalter 291. Ein Feldeffekttransistor 202 mit einer Freilaufdiode 206 implementiert einen Schalter 292. Der Schalter 291 und der Schalter 292 sind zwischen dem Versorgungsspannungsanschluss 211 und Masse 215 in Serie geschaltet.

[0054] Der Abwärtswandlern 101 umfasst auch eine Speicherdrossel 212. Die Speicherdrossel 212 und der Schalter 291 sind zwischen dem Versorgungsspannungsanschluss 211 und einem Ausgangsanschluss 219 zur Leuchtdiode 110 in Serie geschaltet. In FIG. 2a ist auch ein Drosselstrom 701 durch die Speicherdrossel 212 illustriert. Eine Orientierung des Drosselstrom 701 in Richtung des Ausgangsanschlusses 219 (wie durch den entsprechenden Pfeil in FIG. 2a dargestellt) wird nachfolgend als positive Polarität des Drosselstroms 701 bezeichnet.

[0055] Der Ausgangsanschluss 219 weist einen Glättungskondensator 213 mit Widerstand 214 auf. Deshalb entspricht der Laststrom 702, der basierend auf dem Drosselstrom 701 der Leuchtdiode 110 bereitgestellt wird, einem Zeitmittelwert des Drosselstroms 701.

[0056] In FIG. 2A ist ferner dargestellt, dass ein Steuersignal 601 an einem Steuerkontakt des Feldeffekttransistors 201 des Schalters 291 anliegt. Mittels des Steuersignals 601 ist es möglich, den Schalter 291 wahlweise im leitenden Zustand oder im nicht-leitenden Zustand zu betreiben. Ferner ist es möglich, den Schalter 291 vom leitenden Zustand in den nicht-leitenden Zustand zu schalten und vom nicht-leitenden Zustand in den leitenden Zustand zu schalten. Beispielsweise kann das Steuersignal 601 von der Steuerung 102 erzeugt werden. Dadurch kann die Steuerung 102 den Schalter 291 wahlweise im leitenden Zustand oder im nicht-leitenden Zustand betreiben.

[0057] In FIG. 2a ist auch dargestellt, dass ein Steuersignal 602 an einem Steuerkontakt des Feldeffekttransistors 202 und somit Schalters 292 anliegt. Mittels des Steuersignals 602 ist es möglich, den Schalter 292 wahlweise im leitenden Zustand oder im nicht-leitenden Zustand zu betreiben. Ferner ist es möglich, den Schalter 292 vom leitenden Zustand in den nicht-leitenden Zustand zu schalten und vom nicht-leitenden Zustand in den leitenden Zustand zu schalten. Beispielsweise kann das Steuersignal 602 von der Steuerung 102 erzeugt werden. Dadurch kann die Steuerung 102 den Schalter 292 wahlweise im leitenden Zustand oder nicht-leitenden Zustand betreiben.

[0058] In manchen Beispielen ist die Steuerung 102 eingerichtet, um den Schalter 291 und den Schalter 292 in Abhängigkeit von dem Dimmsignals 161 alternierend und periodisch im leitenden Zustand zu betreiben.

[0059] Fig. 2B zeigt eine alternative Implementierung eines Abwärtswandlers. Bei der Fig.2B ist im Gegensatz zur Fig. 2A die Leuchtdiode 110 mit dem parallelen Kondensator 213 nicht gegen den Massepunkt 215, sondern gegen den Versorgungsspannungsanschlusses 211 verschaltet. Die Speicherdrossel 212 wird während der An-Zeit des Schalters 292 aufmagnetisiert. Die Zeit-

phase des positiven Anstiegs des Drosselstromes 701 ist die An-Zeit des Schalters 292. Die Freilaufphase, also die Phase der Entmagnetisierung der Speicherdrossel 212, erfolgt über den Schalter 291. Die Zeitphase des negativen Anstiegs des Drosselstromes 701 ist die An- Zeit des Schalters 291.

[0060] FIG. 3 illustriert Aspekte in Bezug auf das Betreiben der Schalter 291, 292 alternierend und periodisch im leitenden Zustand. FIG. 3 illustriert schematisch den Zeitverlauf des Steuersignals 601 sowie des Steuersignals 602. FIG. 3 illustriert ferner schematisch den daraus resultierenden Zeitverlauf des Drosselstroms 701.

[0061] Aus FIG. 3 ist ersichtlich, dass der Schalter 291 während wiederholten An-Zeiten 651 im leitenden Zustand betrieben wird. Der Schalter 291 wird während wiederholten Aus- Zeiten 652 im nicht-leitenden Zustand betrieben. Der Schalter 292 wird entsprechend während wiederholten An-Zeiten 661 im leitenden Zustand betrieben. Der Schalter 292 wird während wiederholten Aus-Zeiten 662 im nicht-leitenden Zustand betrieben. In dem Beispiel der FIG. 3 ist die Periodendauer 670, mit welcher die Schalter 291, 292 periodisch im leitenden Zustand betrieben werden, dargestellt.

[0062] Aus FIG. 3 ist ferner ersichtlich, dass sich der Schalter 292 immer dann im leitenden Zustand befindet, wenn sich der Schalter 291 im nicht-leitenden Zustand befindet. Außerdem befindet sich der Schalter 291 immer dann im leitenden Zustand, wenn sich der Schalter 292 im nicht-leitenden Zustand befindet. Entsprechend werden die Schalter 291, 292 alternierend im leitenden Zustand betrieben.

[0063] Insbesondere ist die An-Zeit 661 des Schalters 292 der dimensioniert, dass die Polarität des Drosselstroms 701 zum Zeitpunkt 755 von positiv auf negativ wechselt. Durch das implementieren des Drosselstroms 701 mit einer zumindest zeitweise negativen Polarität kann erreicht werden, dass der Zeitmittelwert 712 (horizontale gestrichelte Linie in FIG. 3) des Drosselstroms 701 - und damit der Laststrom 702 - besonders geringe Werte nahe bei null annimmt. Dadurch können geringe Helligkeiten der Leuchtdiode 110 erzielt werden.

[0064] In dem Beispiel der FIG. 3 könnte es möglich sein, eine Totzeit zwischen dem Schalten der Schalter 291, 292 vorzusehen (in FIG. 3 nicht dargestellt). Eine solche Totzeit kann Kurzschlüsse vermeiden. Eine solche Totzeit zur Vermeidung von Kurzschlüssen kann besonders kurz dimensioniert werden: Insbesondere erfolgt das Schalten der Schalter 291, 292 im Wesentlichen bei denselben Werten des Drosselstroms 701. In dem Beispiel der FIG. 3 entsprechen diese Werte des Drosselstroms 701, bei welchen die Schalter 291, 292 geschaltet werden, Spitzenwerten 751, 752 des Drosselstroms 701 (vergleiche vertikale gestrichelte Linien in FIG. 3). In manchen Beispielen kann es auch möglich sein, eine längere Totzeit vorzusehen.

[0065] FIG. 4 illustriert Aspekte in Bezug auf das Betreiben der Schalter 291, 292 alternierend und periodisch im leitenden Zustand. Das Beispiel der FIG. 4 entspricht dabei grundsätzlich dem Beispiel der FIG. 3. Jedoch wird in dem Beispiel der FIG. 4 eine vergleichsweise lange Totzeit 671 vorgesehen. In dem Beispiel der FIG. 4 beträgt die Totzeit 671 in etwa 25 % der An-Zeit 661 und ca. 20 % der Aus-Zeit 652. Während der Totzeit 671 werden sowohl der Schalter 291, als auch der Schalter 292 im nichtleitenden Zustand betrieben. Deshalb wird der Schalter 292 bei einem anderen Wert des Drosselstroms 701 vom leitenden Zustand in den nicht-leitenden Zustand geschaltet, als der Schalter 291, der vom nicht-leitenden Zustand in den leitenden Zustand geschaltet wird. Insbesondere wird der Schalter 291 zeitsynchronisiert mit dem Umschwingung der Mittelpunktspannung beider Schalter 291 und 292 vom nicht-leitenden Zustand in den leitenden Zustand geschaltet. Alternativ oder zusätzlich kann der Schalter 291 zeitsynchronisiert mit einem Nulldurchgang 753 des Drosselstroms 701 vom nicht-leitenden Zustand in den leitenden Zustand geschaltet werden. Zwischen der An-Zeit 651 und der Aus-Zeit 652 liegt optional ebenfalls eine Totzeit (in FIG. 4 nicht dargestellt). Diese Totzeit zwischen dem Ausschalten des Schalters 291 und dem Einschalten des Schalters 292 kann dimensioniert werden, um einen Kurzschluss durch beide Schalter 291 und 292 zu vermeiden.

[0066] Der Betrieb der Schalter 291, 292 - zum Beispiel entsprechend den Implementierungen

der FIGs. 3 und 4 - kann in manchen Beispielen geregelt erfolgen. Zum Beispiel könnte der Zeitmittelwert 712 des Drosselstroms 701 als Regelgröße berücksichtigt werden, da dieser direkt proportional zum Laststrom 702 sein kann. Beispielsweise könnte das Dimmsignal 161 oder eine daraus abgeleitete Größe als Führungsgröße berücksichtigt werden. Dann kann durch geeignetes Betreiben 291, 292 eine Abweichung zwischen der Führungsgröße und der Regelgröße minimiert werden.

[0067] Grundsätzlich könnten unterschiedliche Stellgrößen bei einer entsprechenden Regelung berücksichtigt werden. Zum Beispiel könnte der Tastgrad für den Betrieb des Schalters 291 im leitenden Zustand und/oder für den Betrieb des Schalters 292 im leitenden Zustand als Stellgröße berücksichtigt werden. Zum Beispiel könnte der Spitzenwert 751 des Drosselstroms 701 bei positiver Polarität und/oder der Spitzenwert 752 des Drosselstroms 701 bei negativer Polarität als Stellgröße berücksichtigt werden. In manchen Beispielen kann es erstrebenswert sein, dass der Spitzenwert 752 des Drosselstroms 701 bei negativer Polarität auf einen konstanten Wert geregelt wird, um die Totzeit 671 zu reduzieren und gleichzeitig stromloses Schalten des Schalters 291 zu ermöglichen.

[0068] Die FIGs. 5A und 5B illustrieren Aspekte in Bezug auf den Abwärtswandler 101. Die Beispiele der FIGs. 5A und 5B entsprechen grundsätzlich dem Beispiel der FIG. 2.

[0069] In dem Beispiel der FIG. 5A ist weiterhin eine Sensorschaltung 301, sowie eine Sensorschaltung 311 dargestellt. Die Sensorschaltung 301 ist eingerichtet, um am Anschluss 302 ein Messsignal auszugeben, welches indikativ für einen aktuellen Wert des Drosselstroms 701 ist. Die Erfassung des Drosselstromes 701 erfolgt mittels des Widerstandes 214. Die Sensorschaltung 301 ist weiterhin eingerichtet, um am Anschluss 303 ein Messsignal auszugeben, welches indikativ für Zeitmittelwert 712 des Drosselstroms 701 ist: dazu ist ein Tiefpassfilter vorgesehen. Optional wäre es möglich, dass die Sensorschaltung 301 eingerichtet ist, um einen Nullpunktversatz zwischen dem Messsignal am Anschluss 302 und dem Drosselstrom 701) zu bewirken. Dadurch kann erreicht werden, dass das Messsignal nicht - entsprechend dem Drosselstrom 701 - wechselnde Polaritäten aufweist: dies kann das Ermitteln der Spitzenwerte 751, 752 und/oder eine Implementierung des Regelkreises vereinfachen.

[0070] Der Nullpunktversatz kann beispielsweise mittels einer Stromquelle realisiert werden, die vorzugsweise in die Steuerung integriert werden kann. Dieses Beispiel ist in der Fig. 5A dargestellt. Alternativ kann beispielsweise der Nullpunktversatz mittels eines Hochziehwiderstandes (manchmal auch als Pull-up Widerstand bezeichnet) realisiert werden, der vorzugsweise mit einer Versorgungsspannung wie beispielsweise der Versorgungsspannung V_{cc} des Betriebsgerätes verbunden ist. Dieses Beispiel ist in der Fig. 5B dargestellt.

[0071] Die Sensorschaltung 311 umfasst eine Spule, die induktiv mit der Speicherdrossel 212 gekoppelt ist. Die Sensorschaltung 311 ist eingerichtet, um am Anschluss 312 ein Messsignal auszugeben, welches indikativ für die Drosselspannung und somit auch für die Spannung am Mittelpunkt der beiden Schalter 291 und 292 ist. Alternativ kann beispielsweise auch die Mittelpunktspannung der beiden Schalter 291 und 292 über einen Spannungsteiler, der die Spannung am Mittelpunkt der beiden Schalter 291 und 292 abgreift, gemessen werden. Im Beispiel der Fig. 5A schwingt die Spannung am Mittelpunkt der beiden Schalter 291 und 292 auf die Spannung des Versorgungsspannungsanschlusses 211 um. Bei dem Beispiel der Fig. 2B kann die Mittelpunktspannung der beiden Schalter 291 und 292 gegen die Spannung am Massepunkt 215 umschwingen.

[0072] FIG. 6 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Beispiele. Zunächst wird in Block 1001 ein Dimmsignal empfangen. Das Dimmsignal kann indikativ für eine gewünschte Helligkeit einer Leuchtdiode einer Leuchte sein. Das Dimmsignal kann beispielsweise in analoger Form oder digitaler Form empfangen werden. Beispielsweise könnte das Dimmsignal durch Phasenschnittmodulation einer AC-Versorgungsspannung empfangen werden.

[0073] Anschließend werden ein erster Schalter und ein zweiter Schalter eines Abwärtswandlers alternierend und periodisch im leitenden Zustand betrieben. Dabei wäre es optional möglich, Tot-

zeiten vorzusehen, während welcher sowohl der erste Schalter, als auch der zweite Schalter im nicht-leitenden Zustand betrieben werden.

[0074] Zum Beispiel wäre es möglich, dass stromfreies Schalten des ersten Schalters und/oder stromfreies Schalten des zweiten Schalters auf Grundlage einer entsprechenden Dimensionierung der Totzeiten erzielt wird.

[0075] Durch das Schalten der Schalter kann ein Drosselstrom durch eine Speicherdrossel des Abwärtswandlers modifiziert werden. Insbesondere kann durch das Schalten der Schalter die Speicherdrossel abwechselnd geladen und entladen werden.

[0076] Anschließend erfolgt in Block 1003 das Ausgeben eines Laststroms an die Leuchtdiode. Der Laststrom kann zum Beispiel einem Mittelwert des Drosselstroms entsprechen. Der Laststrom wird alternierend durch die Versorgungsspannung und die Speicherdrossel gespeist.

[0077] FIG. 7 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß verschiedener Beispiele. FIG. 7 illustriert Details in Bezug auf den geregelten Betrieb des ersten Schalters und des zweiten Schalters. Zum Beispiel könnte das Verfahren gemäß FIG. 7 als Teil von Block 1002 ausgeführt werden. Zunächst erfolgt in Block 1011 das Bestimmen einer Führungsgröße basierend auf dem Dimmsignal.

[0078] Dann erfolgt in Block 1012 das Bestimmen eines Zeitmittelwertes des Drosselstroms als Regelgröße. Alternativ oder zusätzlich könnte auch der Laststrom als Regelgröße berücksichtigt werden.

[0079] Es ist dann möglich, die Regelgröße mit der Führungsgröße zu vergleichen. Ziel der Regelung kann es sein, Abweichungen zwischen der Regelgröße und der Führungsgröße zu minimieren. Dazu können ein oder mehrere Stellgrößen verändert werden. Zum Beispiel könnte der Spitzenwert des Drosselstroms bei positiver Polarität als Stellgröße verändert werden. Alternativ oder zusätzlich könnte auch der Spitzenwert des Drosselstroms bei negativer Polarität als Stellgröße verändert werden. Dies erfolgt in Block 1013.

[0080] Selbstverständlich können die Merkmale der vorab beschriebenen Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale nicht nur in den beschriebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder für sich genommen verwendet werden, ohne das Gebiet der Erfindung zu verlassen.

Ansprüche

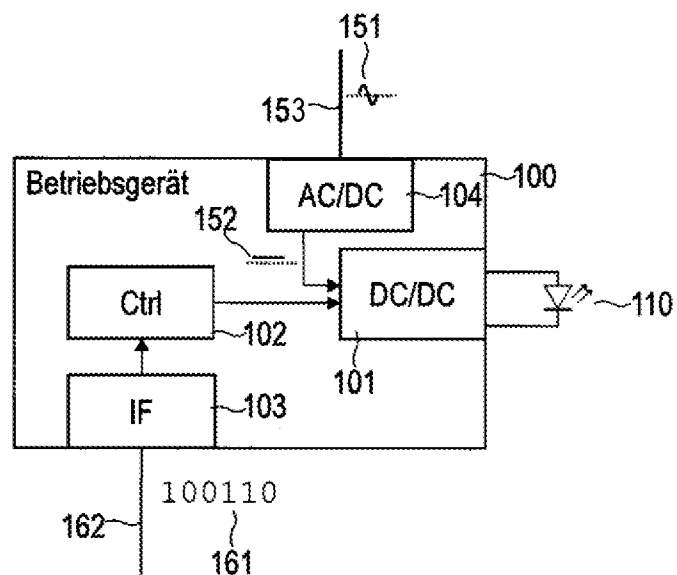
1. Abwärtswandler (101) für eine Leuchtdiode (110), der umfasst:
 - einen ersten Schalter (201, 205, 291),
 - einen zweiten Schalter (202, 206, 292), der zwischen einem Versorgungsspannungsanschluss (211) und Masse (215) in Serie mit dem ersten Schalter (201, 205, 291) geschaltet ist,
 - eine Speicherdrossel (212), die mit dem ersten Schalter (201, 205, 291) in Serie geschaltet ist,
 - einen Ausgangsanschluss (219), der eingerichtet ist, um basierend auf einem Drosselstrom (701) durch die Speicherdrossel (212) einen Laststrom (702) an die Leuchtdiode (110) auszugeben, und
 - eine Steuerung (102), die eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) und den zweiten Schalter (202, 206, 292) in Abhängigkeit von einem Dimmsignal (161) alternierend und periodisch im leitenden Zustand zu betreiben.
2. Abwärtswandler (101) nach Anspruch 1, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um den zweiten Schalter (202, 206, 292) für eine An-Zeit (661) im leitenden Zustand zu betreiben, wobei die An-Zeit (661) des zweiten Schalters (202, 206, 292) derart dimensioniert ist, dass die Polarität des Drosselstroms (701) von positiv auf negativ wechselt.
3. Abwärtswandler (101) nach Anspruch 2, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um eine Totzeit zu implementieren, während welcher der erste Schalter und der zweite Schalter im nicht-leitenden Zustand betrieben werden.
4. Abwärtswandler (101) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) zeitsynchronisiert mit dem Umschwung einer Mittelpunktspannung zwischen dem ersten Schalter (201, 205, 291) und dem zweiten Schalter (202, 206, 292) vom nichtleitenden Zustand in den leitenden Zustand zu schalten.
5. Abwärtswandler (101) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) und den zweiten Schalter (202, 206, 292) geregelt zu betreiben mit dem Zeitmittelwert des Drosselstroms (701) als Regelgröße und mit einer basierend auf dem Dimmsignal (161) bestimmten Führungsgröße.
6. Abwärtswandler (101) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) und den zweiten Schalter (202, 206, 292) geregelt zu betreiben mit zumindest einem Spitzenwert des Drosselstroms (701) als Stellgröße.
7. Abwärtswandler (101) nach Anspruch 6, wobei die Steuerung (102) eingerichtet ist, um den ersten Schalter (201, 205, 291) und den zweiten Schalter (202, 206, 292) geregelt zu betreiben mit dem Spitzenwert des Drosselstroms (701) bei positiver Polarität als Stellgröße und mit einem konstanten Spitzenwert des Drosselstroms (701) bei negativer Polarität.
8. Abwärtswandler (101) nach einem der voranstehenden Ansprüche, der weiterhin umfasst:
 - eine Sensorschaltung (301), die eingerichtet ist, um ein Messsignal auszugeben, das indikativ für den Drosselstrom (701) ist, wobei die Sensorschaltung eingerichtet ist, um einen Nullpunktversatz zwischen dem Messsignal und dem Drosselstrom (701) zu bewirken.
9. Verfahren, das umfasst:
 - Empfangen eines Dimmsignals (161) für eine Leuchtdiode (110),
 - in Abhängigkeit von dem Dimmsignal (161): alternierendes und periodisches Betreiben eines ersten Schalters (201, 205, 291) eines Abwärtswandlers (101) und eines zweiten

- Schalters (202, 206, 292) des Abwärtswandlers (101), der zwischen einem Versorgungs-
spannungsanschluss (211) und Masse (215) in Serie mit dem ersten Schalter (201, 205,
291) geschaltet ist, im leitenden Zustand, und
- basierend auf einem Drosselstrom (701) einer Speicherdrossel (212), die mit dem ersten
Schalter (201, 205, 291) in Serie geschaltet ist: Ausgeben eines Laststroms (702) an die
Leuchtdiode (110) über einen Ausgangsanschluss (219).
10. Verfahren nach Anspruch 9,
wobei das Verfahren von dem Abwärtswandler (101) nach einem der Ansprüche 1-8 ausge-
führt wird.

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen

1/8

FIG. 1



2/8

FIG. 2A

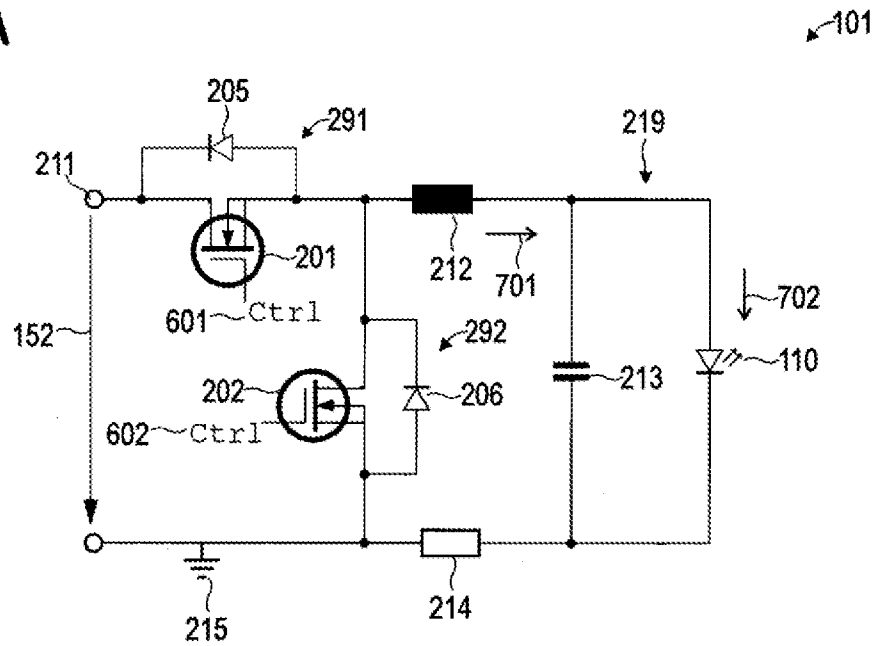
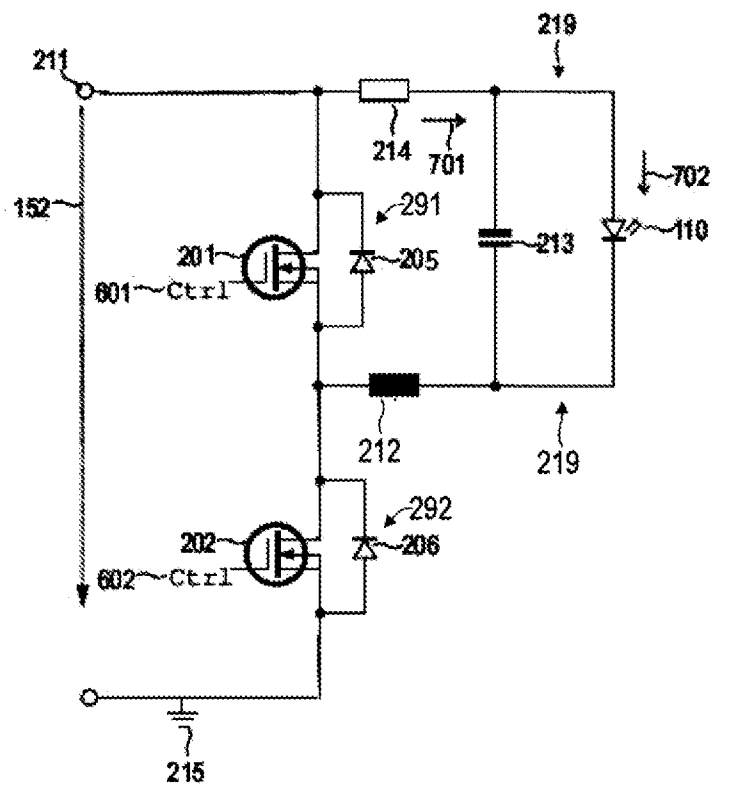
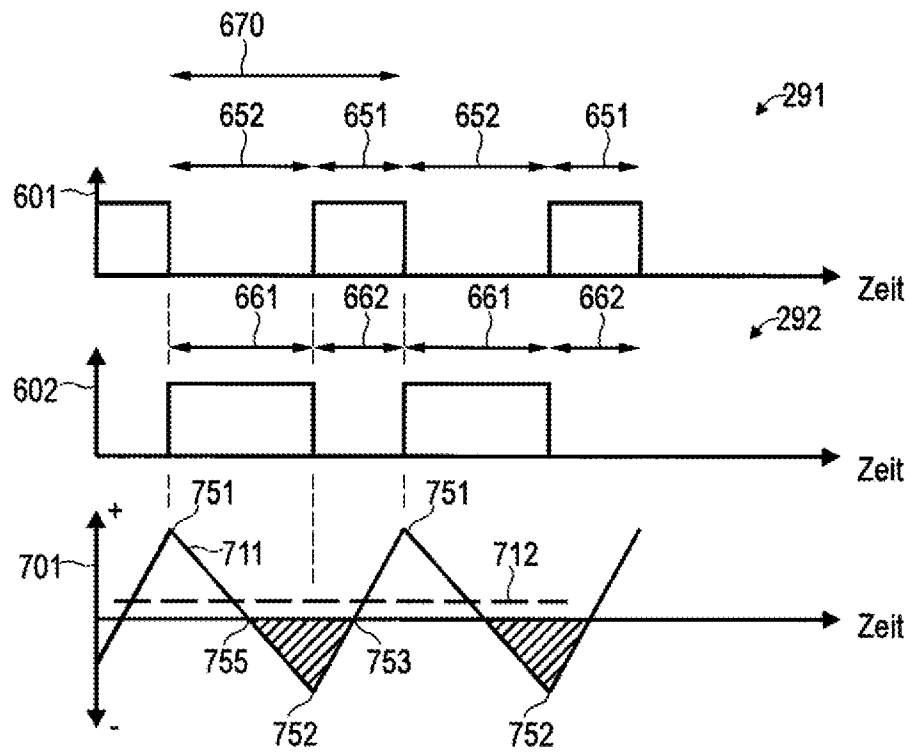


FIG. 2B



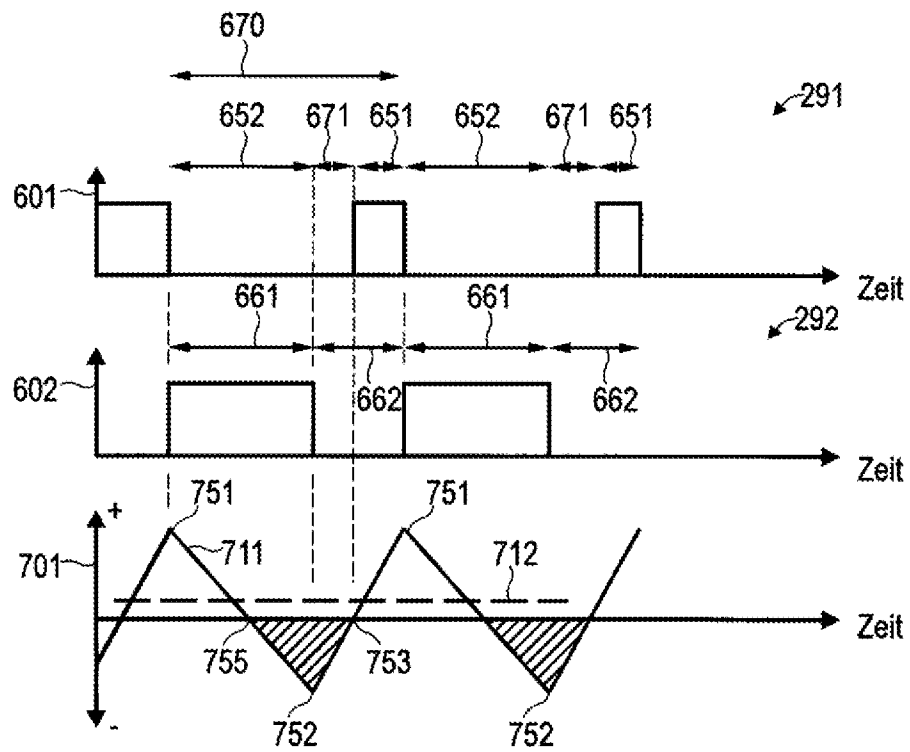
3/8

FIG. 3



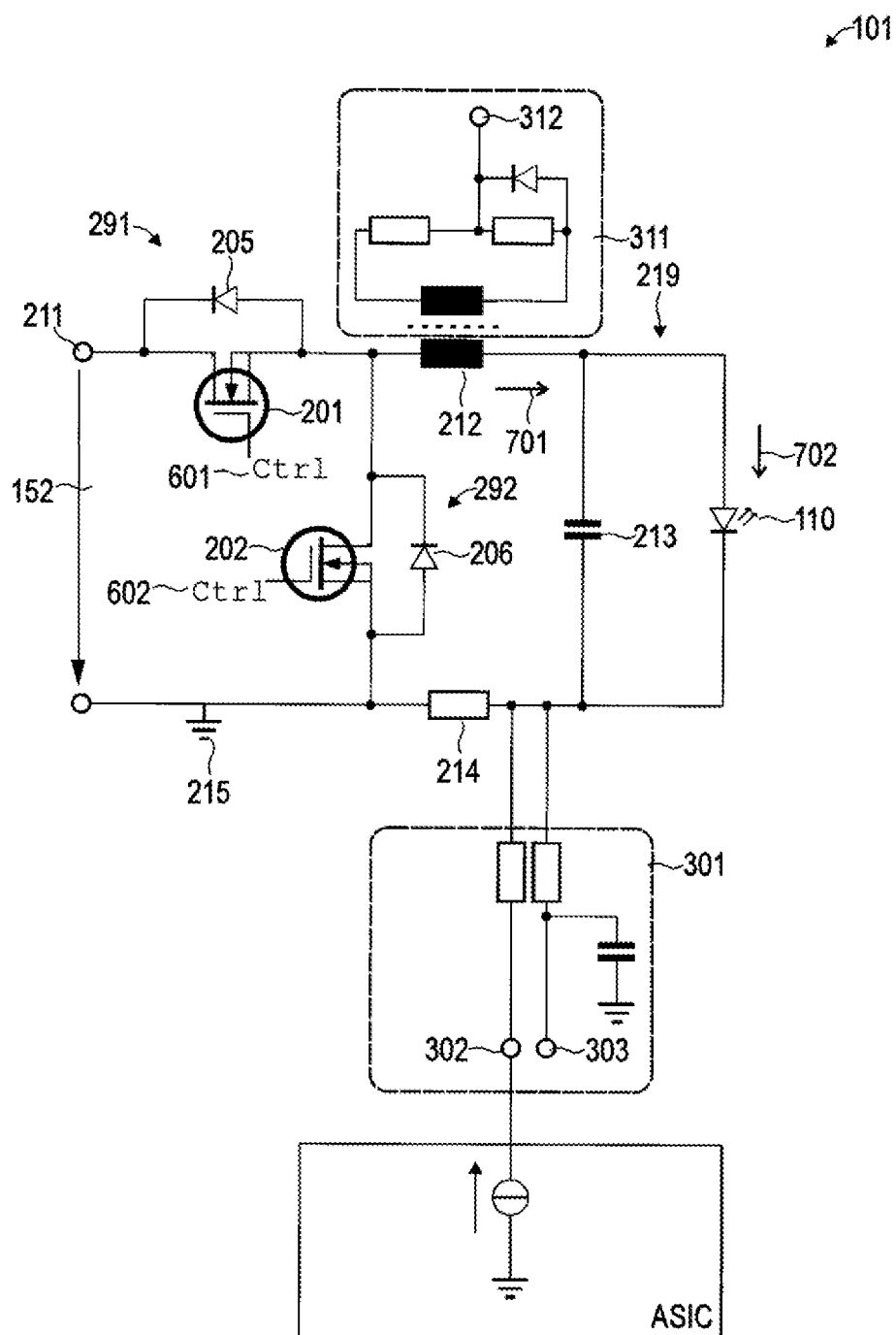
4/8

FIG. 4



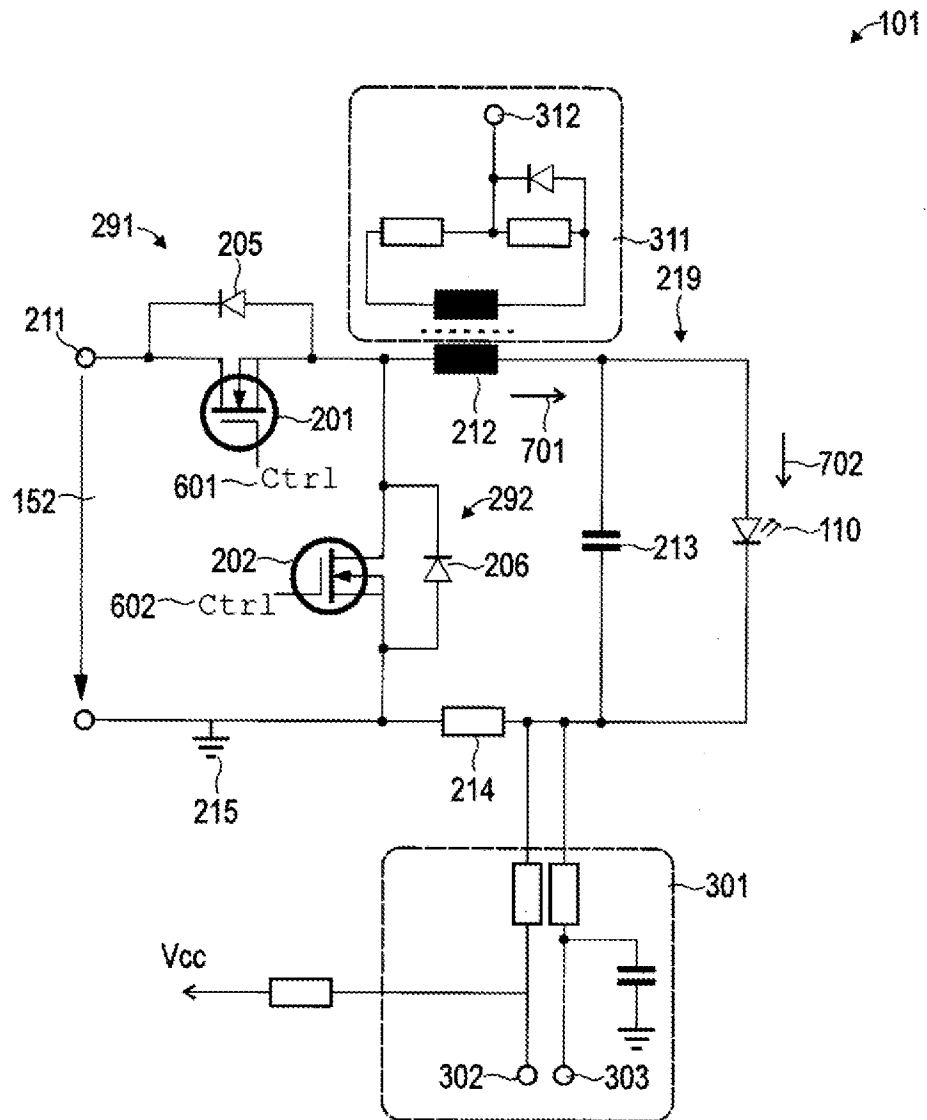
5/8

FIG. 5A



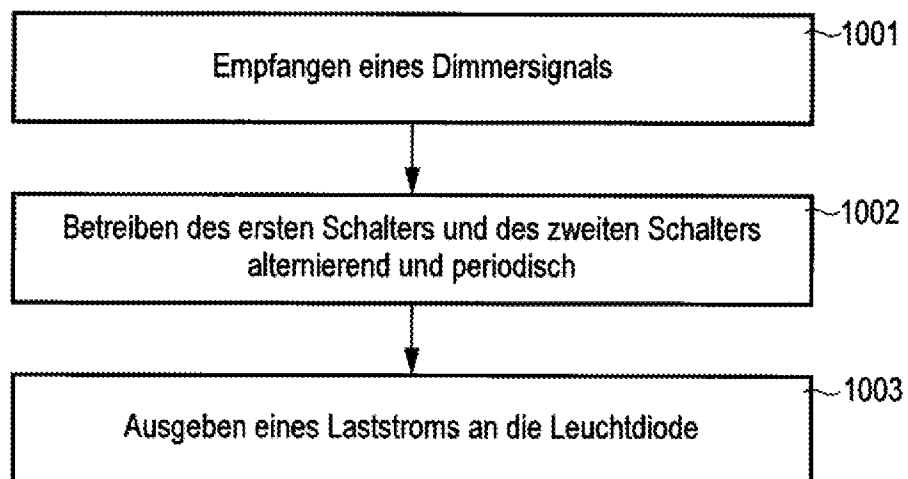
6/8

FIG. 5B



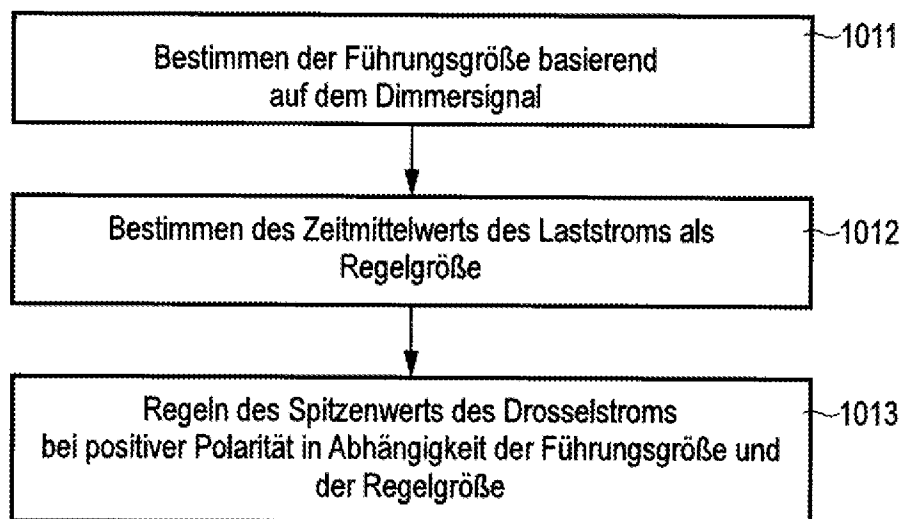
7/8

FIG. 6



8/8

FIG. 7



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H05B 45/375 (2020.01); H05B 45/10 (2020.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: H05B 45/375 (2020.01); H05B 45/10 (2020.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H05B		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPIAP		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 29.11.2016 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.		
Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2015373805 A1 (LIAN, L.) 24. Dezember 2015 (24.12.2015) Zusammenfassung, Fig. 3-4B, Absätze [0004]-[0006], [0030]-[0038].	1, 9, 10
Y		2-8
Y	WO 2009138908 A1 (NXP BV) 19. November 2009 (19.11.2009) Zusammenfassung, Fig. 3-6d; Seite 26, Zeile 16 - Seite 29, Zeile 9; Seite 30, Zeile 3 - Seite 32, Zeile 9.	2, 3, 6, 8
Y	JP 2014127376 A (HITACHI APPLIANCES INC) 07. Juli 2014 (07.07.2014) Zusammenfassung, Fig. 1-5; Absätze [0011]-[0029].	4, 7
Y	US 2008224625 A1 (GREENFELD FRED) 18. September 2008 (18.09.2008) Zusammenfassung, Fig. 2A-2C; Absätze [0010], [0011], [0023]-[0037]; Anspruch 13.	5
Datum der Beendigung der Recherche: 28.06.2021		
Seite 1 von 1		
Prüfer(in): LOIBNER Klaus		
^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : 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 Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		