



LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,  
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

## **LEISTUNGSSTEUERUNGSSCHALTUNG, LEISTUNGSSTEUERUNGSVERFAHREN**

### **BESCHREIBUNG**

5 Die Erfindung betrifft eine Leistungssteuerungsschaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es kann sich um eine landläufig als "Dimmer" bezeichnete Schaltung handeln. Sie kann den Leistungsfluss von einer Quelle zu einem Verbraucher wie etwa Leuchten, Motoren oder ähnliches steuern. Die Quelle kann Netz-Wechselspannung sein, also beispielsweise 230 V bei 50 Hz, 110 V bei 60 Hz oder ähnliches.

10

Leistungssteuerungsschaltungen der eingangs genannten Art haben Nennleistungen, können also Leistungen innerhalb bestimmter Grenzen schalten. Die Begrenzung kann sich aus einem maximal zulässigen Strom im angeschalteten (niederohmigen Zustand) der Dimmerschaltung ergeben, da dieser Laststrom zusammen mit dem Spannungsabfall

15

längs des Schalters in der Leistungssteuerungsschaltung Verlustleistung erzeugt, die sich als Wärme manifestiert. Hohe Ströme können zu hohen Temperaturen führen, und wenn letztere zu hoch werden, kann die Schaltung beschädigt werden. Dies bedeutet, dass nicht ein einheitlicher Dimmer für alle möglichen Aufgaben herangezogen werden kann.

20

Vielmehr müssen sie entsprechend ihren Nennleistungen und anderer Größen in unterschiedlichen Bauarten vorgehalten und schließlich verbaut werden.

Gleichwohl ist es wünschenswert, Leistungssteuerungsschaltungen variabel verwenden zu können und insbesondere auch für die Steuerung von Leistungen verwenden zu können,

die höher als die Nennleistungen der jeweiligen Schaltung sind. Eine einfache Parallel-

25

schaltung zweier Dimmer ist nicht möglich, da dann mögliche Fehlmontagen kurzschluss-ähnliche Zustände (zwischen unterschiedlichen Phasen eines Drehstromnetzes) erzeugen können und die Sollwertvorgabe und die Schaltsynchronität der einzelnen Leistungssteuerungsschaltungen nicht automatisch gegeben sind.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Leistungssteuerungsschaltung und ein Leistungssteuerungsverfahren anzugeben, die den kombinierten Einsatz mehreren Leistungssteuerungsschaltungen erlauben.

5

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Allgemein werden erfindungsgemäß mindestens zwei Leistungssteuerungsschaltungen parallel in der Weise geschaltet, dass sie gemeinsam den Strom durch eine Last steuern.

10

Die Last kann beispielsweise durch eine Vielzahl von Lampen gebildet sein, die große Räume erleuchten, oder ähnliches. Die zu steuernde Leistung ist Wechselspannung mit bspw. 230 V oder 110 V. Die Frequenz kann 50 Hz oder 60 Hz sein.

15

Eine bzw. jede der verkoppelten Leistungssteuerungsschaltung ist zum Einschleifen (Einschalten) in eine erste elektrische Leitung ausgelegt, die elektrische Leistung von einer Quelle zu einem Verbraucher führt. Sie kann dann mit Halbleiterschaltern oder ähnlichem den Stromfluss in der Leitung steuern, insbesondere periodisch zwischen An und Aus umschalten. Über eine Signalleitung kommuniziert sie mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung. Sie weist eine Betriebssteuerungsvorrichtung auf, die eine Initialisie-

20

rungsphase und danach eine Steuerungsphase einsteuert. Während der Initialisierungsphase kann die Betriebsart der Leistungssteuerungsschaltung abgefragt werden und die anliegende Leistung untersucht werden, insbesondere dahingehend, ob es sich um eine induktive oder um eine nicht-induktive (ohmsche/kapazitive) Last handelt. In der Initialisierungsphase wird die Phasenlage der anliegenden elektrischen Leistung überprüft und

25

diesbezüglich mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung wenigstens ein Signal sendend und/oder empfangend ausgetauscht. In der Steuerungsphase wird die Leistung nach Maßgabe der vorherigen Überprüfungen und Signalisierungen gesteuert.

Im kombinierten Betrieb mehrerer Leistungssteuerungsschaltung werden diese teils unterschiedliche Vorgänge ausführen, und für den Steuerungsbetrieb wird eine (der sog. "Master") für eine oder mehrere anderen (sog. "Slaves") Vorgaben erzeugen.

- 5 Auf diese Weise ist es möglich, Fehlmontagen und unsynchronisiertes Schalten der Einzelschaltungen weitgehend zu unterdrücken. Eine einzelne Leistungssteuerungsschaltung kann für die Betriebsart "Master" oder für die Betriebsart "Slave" ausgelegt sein. Sie kann als zwischen den zwei Arten umschaltbar ausgelegt sein oder kann fest für die eine oder die andere Art gebaut sein. Eine als Master ausgelegte Leistungssteuerungsschaltung
- 10 kann auch für den Einzelbetrieb als Universaldimmer ausgelegt sein. Sie kann zur Leistungssteuerung für induktive und nicht-induktive Lasten (Phasenanschnitt/Phasenabschnitt) ausgelegt sein. Ob eine Leistungssteuerungsschaltung als Master oder als Slave arbeiten soll, kann ihr in geeigneter Weise zu einem geeigneten Zeitpunkt elektronisch oder digital für die weitere Verwendung abfragbar eingeschrieben
- 15 werden, etwa durch Einstellung bei der Herstellung der Leistungssteuerungsschaltung oder durch Einstellung bei der Montage oder durch elektronisches Setzen im Betrieb.

- Wenn die Leistungssteuerungsschaltung auf die Betriebsart "Master" gesetzt (z. B. für sie gebaut) ist, kann sie dazu ausgelegt sein, in der Initialisierungsphase ein Signal zu empfangen oder zu senden, das die Phasenlage einer anliegenden Leistung (Wechselspannung) widerspiegelt. Insbesondere kann sie ein Signal aussenden, das die Phasenlage der an der eigenen Leistungssteuerungsschaltung anliegenden elektrischen Leistung widerspiegelt, indem etwa Impulse bei Nulldurchgängen ausgesandt werden, dann z. b. bei jedem Nulldurchgang und dann mit doppelter Frequenz (100, 120 Hz), oder es kann ein
- 20 Signal empfangen werden, das die Phasenlage einer an einer Leistungssteuerungsschaltung anliegenden elektrischen Leistung widerspiegelt, das auch wieder die beschriebenen Impulse aufweisen kann.
- 25

Weiter kann in der Master-Schaltung untersucht werden, ob die anliegende Last (also der Verbraucher der zu steuernden Leistung) ein induktiver oder ein nicht-induktiver (ohmscher/kapazitiver) Verbraucher ist. In Abhängigkeit davon kann der Leistungssteuerungsmodus gesetzt werden, insbesondere als Phasenanschnitt für induktive Lasten oder als  
5 Phasenabschnitt für nicht-induktive Lasten. Der mit einem Slave verkoppelte Betrieb des Masters erfolgt vorzugsweise nur für nicht-induktive Lasten im Phasenabschnitt, da für die Phasenabschnittssteuerung die Synchronisation zwischen Master und Slave einfacher ist, indem nur eine einzige Leitung benötigt wird. Die Ansteuerung induktiver Lasten im Phasenanschnitt erfolgt vorzugsweise im Einzelbetrieb der Schaltung.

10

In der Steuerungsphase wird in der Master-Leistungssteuerungsschaltung das Schaltersteuerungssignal für die eigene elektronische Schaltvorrichtung nach Maßgabe des eingestellten Leistungssteuerungsmodus (also etwa Phasenanschnitt, Phasenabschnitt) und eines vorgegebenen Sollwerts erzeugt und für die Ansteuerung des elektronischen Schal-  
15 ters verwendet. Es kann ein An/Aus-Signal für einen Leistungshalbleiter sein.

Außerdem wird nach Maßgabe des Schaltersteuerungssignals ein Schaltsignal an dem fünften Anschluss angelegt, über den es ausgegeben und an den fünften Anschluss einer weiteren Slave-Leistungssteuerungsschaltung weitergegeben wird, die dann ihrerseits als  
20 Slave ihr Schaltersteuerungssignal nach Maßgabe des an ihrem fünften Anschluss empfangenen Schaltsignals erzeugt.

In der Master-Schaltung kann das Schaltsignal am fünften Anschluss zeitlich gleich dem Schaltersteuerungssignal sein und kann entsprechend gegebener Notwendigkeiten ein  
25 anders eingepegelt Signal sein. Es kann hier insbesondere eine galvanische Trennung vorgesehen sein. Wenn allerdings Lauf- und Schaltzeiten in der Signalisierung vom Master zum Slave und Verarbeitungszeiten im Slave nicht vernachlässigbar und deshalb zu berücksichtigen sind, können diese im Master durch eine Verzögerung zwischen Schaltsignal

am fünften Anschluss (kommt früher) und Schaltersteuerungssignal (kommt später) nachgebildet werden, so dass Master und Slave gleichzeitig schalten. Die Dauer der Verzögerung im Master kann empirisch ermittelt und kann fest gesetzt sein. Es kann sich um Größenordnungen zwischen 1  $\mu$ s und 1 ms handeln. Die Verzögerung kann digital oder im  
5 analogen Signalzweig des Masters implementiert sein.

Wenn als Betriebsart für die Leistungssteuerungsschaltung "Slave" gesetzt (z. B. sie als Slave gebaut) ist, kann in der Initialisierungsphase ein die Phasenlage einer an der Masterschaltung anliegenden elektrischen Leistung charakterisierendes Signal empfangen  
10 oder gesendet werden. Wenn eine Master-Leistungssteuerungsschaltung ein solches Signal sendet, ist die Slave-Leistungssteuerungsschaltung dazu ausgelegt, ein solches Signal zu empfangen und mit dem selbst erzeugten entsprechenden Signal zu vergleichen. Wenn anders herum die Master-Leistungssteuerungsschaltung dazu ausgelegt ist, ein Phasensignal zu empfangen, wird die Slave-Leistungssteuerungsschaltung das entsprechende  
15 Signal aussenden und der Vergleich wird in der Master-Leistungssteuerungsschaltung vorgenommen. Es kann sich um die schon beschriebenen Impulsfolgen entsprechend Nulldurchgängen der Wechselspannung handeln.

Der Vergleich kann umfassen, die beschriebenen Impulse der jeweiligen Impulsfolgen auf  
20 hinreichende zeitliche Koinzidenz zu überprüfen. Es kann so festgestellt werden, ob die verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen an die gleiche elektrische Phase oder an unterschiedlichen elektrischen Phasen eines Drehstromsystems angeschlossen sind. Wenn sie an unterschiedliche Phasen angeschlossen sind, unterscheidet sich ihre Phasenlage in herkömmlichen Drehstromsystemen signifikant, insbesondere um  $2/3 \pi$  im landläufigen Drehstromsystem entsprechend 6,67 ms bei 50 Hz bzw. 3,33 ms bei Frequenzverdoppelung nach Vollwellengleichrichtung/Nulldurchgangsmessung. Eine Parallelschaltung muss dann unterbunden werden, da dies zu Kurzschlüssen führen würde. Eine Divergenz der Phasenlagen ist dann ein Fehlerkriterium für den Parallelbetrieb, aber nicht  
25

notwendigerweise für den Einzelbetrieb des Masters. Der Vergleich benötigt einige Halbwellen des Wechselsignals und kann bspw. länger als 20 oder 40 ms und kürzer als 500 oder 200 ms dauern.

- 5 Nach der Überprüfung der Phasenlagen der angeschlossenen Wechselspannungen kann im Master die Art der angeschlossenen Last (induktiv oder nicht induktiv) überprüft werden. Auch dies kann einige Halbwellen des Wechselsignals benötigen und kann bspw. länger als 50 oder 100 ms und kürzer als 500 oder 200 ms dauern. In Abhängigkeit von dieser Überprüfung kann der Steuerungsmodus (Phasenanschnitt/Phasenabschnitt) gesetzt werden.
- 10

- Eine Slave-Leistungssteuerungsschaltung wird in der Steuerungsphase vom fünften Anschluss her das Schaltsignal von der Master-Leistungssteuerungsschaltung empfangen und dementsprechend das eigene Schaltersteuerungssignal erzeugen. Es kann direkt durchgereicht werden oder kann eine Impedanzwandlung und ggf. eine Potenzialtrennung durchlaufen oder kann geeignet skaliert werden. Die zeitliche Lage der relevanten Signalteile kann direkt durchgereicht werden, also bspw. die Flanke eines Gate-Signals für einen FET.
- 15

- 20 Eine Leistungssteuerungsschaltung kann einen sechsten Anschluss aufweisen, mittels dessen sie mit einer übergeordneten Steuerung kommunizieren kann. Die übergeordnete Steuerung kann zum Anstoßen der Initialisierungsphase und der Steuerungsphase der Leistungssteuerungsschaltung dienen, kann Fehlersignale empfangen, auswerten und entsprechende Steuerungssignale an die einzelnen Leistungssteuerungsschaltungen
- 25 senden, insbesondere ein Unterbrechungssignal, um im Falle eines Fehlers das Durchschalten von Leistung zu unterbrechen bzw. zu unterbinden.



In der Parallelschaltung sind dann die parallel geschalteten Leistungssteuerungsschaltungen nicht mehr vollständig symmetrisch. Vielmehr wird eine der Schaltungen wesentliche Steuerungsaufgaben und Steuerungsschritte durchführen, sie wird dann als Master angesprochen, und eine oder mehrere andere werden wenigstens teilweise Ergebnisse und  
5 Signale der Master-Leistungssteuerungsschaltung übernehmen, solche Leistungssteuerungsschaltungen werden dann als Slave beschrieben.

Eine Leistungssteuerungsschaltung kann eine Betriebsartsetzeinrichtung aufweisen, mittels derer eine elektronisch abfragbare Betriebsartfestlegung gesetzt werden kann. Es  
10 kann sich dabei um einen einstellbaren elektrischen Wert handeln, etwa ein Potential an einer bestimmten Schaltungsstelle, um einen Widerstand oder ähnliches. Es kann sich auch in einer digitalen Steuerung um ein in einem digitalen Register gesetzten Wert handeln, der mehr oder minder fest bzw. überschreibbar vorgegeben sein kann. Anhand der so gesetzten Festlegung kann elektronisch abgefragt werden, in welchem der mindestens  
15 zwei möglichen Arten die Leistungssteuerungsschaltung arbeiten soll und wird.

Neben den Betriebsarten "Master" und "Slave" ist als dritte Betriebsart ein unabhängiger Betrieb möglich, also ein Betrieb, in dem die Leistungssteuerungsschaltung weder Master noch Slave ist, sondern ausschließlich für sich alleine wirkt. Es kann dann zum Beispiel  
20 jegliche Signalisierung zum fünften Anschluss hin unterbunden sein und/oder es können Signale von dort her ignoriert werden.

Die Betriebsartfestlegung auf Master oder Slave oder ggf. auch unabhängig kann bei der Herstellung und/oder beim Verbau und oder während des Betriebs der Leistungssteuerungsschaltung einstellbar sein.  
25

Die Leistungssteuerungsschaltung kann eine Steuerungsmodussetzeinrichtung zum Setzen einer elektronisch abfragbaren Steuerungsmodusfestlegung aufweisen. Hier kann als

Steuerungsmodus beispielsweise zwischen Phasenanschnitt und Phasenabschnitt unterschieden werden, abhängig davon, ob die Last induktiv ist (dann Phasenanschnitt) oder ob sie nicht-induktiv (kapazitiv/ohmisch) ist (dann Phasenabschnitt). Das Setzen dieses Wertes kann als Ergebnis der Untersuchung der angeschlossenen elektrischen Last erfolgen. Sie kann lediglich im Master vorgenommen werden, so dass dann im Master die entsprechenden Festlegungen zur Erzeugung der benötigten Schaltersteuerungssignale getroffen werden. An die Slave-Leistungssteuerungsschaltung(en) werden dann die entsprechenden Signale mittels des Schaltsignals lediglich durchgereicht.

- 5
- 10 Eine Leistungssteuerungsschaltung kann eine Wähleinrichtung aufweisen, die als Schaltersteuerungssignal für die elektronische Schaltvorrichtung entweder ein selbst generiertes Signal wählt oder ein nach Maßgabe des Schaltsignals vom fünften Anschluss her erzeugtes Signal wählt. Die erstgenannte Wahl kann im Master erfolgen, die letztgenannte Wahl im Slave. Die Wahl kann somit nach Maßgabe der Festlegung in der Betriebsart-
- 15 setzeinrichtung erfolgen.

Die Leistungssteuerungsschaltung kann eine Kombination aus digitalen und analogen Komponenten aufweisen. Sie kann eine digitale Steuerungsvorrichtung aufweisen, die mittels digitaler Signalverarbeitung insbesondere nach Maßgabe eines oder mehrerer

20 Steuerungsprogramme eine oder mehrere der folgenden Vorgänge einsteuert:

- Allgemein das Erzeugen zu sendender und/oder das Auswerten empfangener Signale. Empfangsseitig können empfangene Analogsignale einer A/D-Wandlung unterworfen worden sein. Sendeseitig können zu sendende Signale einer D/A-Wandlung unterworfen werden.
  - Die Kommunikation mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung hinsichtlich Zeitpunkt, Priorisierung, verwendetem Kommunikationsstandard etc.
  - Die Kommunikation mit einer übergeordneten externen Steuerungsvorrichtung.
- 25

- Veranlassen und Steuern und Auswerten der Lastprüfung in der Initialisierungsphase. insbesondere im Master.

- Steuerung des Auslesens der Betriebsartfestlegung und/oder der Steuerungsmodusfestlegung, gegebenenfalls auch Steuerung des Einschreibens dieser Festlegungen.

5       • Phasenvergleich durch Vergleichen der Ergebnisse der selbst vorgenommenen Untersuchung der anliegenden Leistung und des durch das Signal am fünften Anschluss reflektierten Untersuchungsergebnisses der anliegenden Leistung der verbundenen Leistungssteuerungsschaltung. Dies kann insbesondere im Slave durchgeführt werden. In Abhängigkeit von der Überprüfung können Signalisierungen vorgenommen werden, etwa

10 Fehlermeldungen an eine andere Leistungssteuerungsschaltung, an eine übergeordnete Steuerung oder ähnliches.

- Das Freigeben oder das Unterbrechen der Leistungssteuerung, insbesondere nötigenfalls das Ausschalten von Leistung durch Setzen der elektronischen Schaltvorrichtung auf hochohmig. Dies kann nach Maßgabe selbst bestimmter Signale geschehen oder nach

15 Maßgabe von von externer Seite erhaltener Signale, etwa von der verbundenen Leistungssteuerungsschaltung oder von der übergeordneten Steuerung.

- Weitere Prüfungen, etwa Anschlussprüfung auf Zweidrahtanschluss oder Dreidrahtanschluss und Vornahme ggf. nötiger Einstellungen.

20 Bei der elektronischen Steuerungsvorrichtung kann es sich um einen kleinen Rechner bzw. Mikrocomputer bzw. Prozessor handeln, der geeignet geschaltete Firmware oder Software ausführt und so computerübliche Verarbeitungen vornehmen kann. Soweit nötig sind Analog/Digital- und Digital/Analog-Wandlungen, Speicher (Register, RAM, ROM), Schnittstellen etc. vorhanden.

25

Eine Leistungssteuerungsschaltung kann Drahtloskoppler aufweisen, um Signale mit anderen Leistungssteuerungsschaltungen und/oder mit einer übergeordneten Steuerung auszutauschen. Insbesondere können Drahtloskoppler am fünften Anschluss liegen, um

entkoppelt mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung kommunizieren zu können, und/oder am sechsten Anschluss, um drahtlos bzw. entkoppelt mit einer übergeordneten Steuerung kommunizieren zu können, und/oder am vierten Anschluss, um gegebenenfalls entkoppelt/drahtlos Sollwertsignale von einer übergeordneten Steuerung empfangen zu können. Die Drahtloskoppler können unterschiedliche Schutzklassen aufweisen. Insbesondere kann der Drahtloskoppler am sechsten Anschluss strengeren Schutzanforderungen entsprechen als der Drahtloskoppler am fünften Anschluss. Ein Drahtloskoppler kann beispielsweise ein Optokoppler sein oder eine andere geeignete Drahtloskopplungseinrichtung.

10

Der Signalaustausch bzw. die Kommunikation von Leistungssteuerungsschaltungen untereinander (über den fünften Anschluss) oder zwischen Leistungssteuerungsschaltung und übergeordneter Steuerung (über den sechsten Anschluss) kann entsprechend einem geeigneten Protokoll erfolgen, etwa I2C-Protokoll oder gemäß UART.

15

Die Leistungssteuerungsschaltung kann einen vierten Anschluss aufweisen für die Sollwerteingabe, also die Eingabe des Werts, auf den die Leistung gesteuert werden soll. Der Sollwert kann ein Anteil des maximal möglichen Leistungswerts sein und kann deshalb als relative/prozentuale Angabe bezogen auf die maximal mögliche Leistung verstanden

20

werden. Im einfachen Fall kann der vierte Anschluss ein mechanischer Anschluss sein, etwa die Drehachse eines Drehreglers/Potentiometers, oder der Schieber eines Schiebereglers, um ein Potentiometer einstellen zu können. Der vierte Anschluss kann aber auch eine elektrische Leitung von einer anderen Steuerung her aufweisen, die entsprechend Sollwerte eingibt. Der vierte Anschluss kann auch beide Möglichkeiten nebenei-

25

einander aufweisen. Die Sollwerteingabe kann aber auch von der für Steuerungszwecke vorgesehenen übergeordneten Steuerung über den sechsten Anschluss erfolgen. Der vierte Anschluss kann dann ggf. entfallen. Der Kommunikationsstandard am sechsten und/oder am vierten Anschluss kann dem UART-Standard folgen.

Die Leistungssteuerungsschaltung kann auch einen dritten Anschluss aufweisen, mittels derer sie über eine Stichleitung an die andere, den Stromkreis schließende elektrische Leitung anschließbar ist, die dem Verbraucher elektrische Leistung zuführt. Wenn dieser

- 5 Anschluss an die andere elektrische Leitung angeschlossen ist, liegt der sogenannte Dreidrahtanschluss vor, ansonsten der Zweidrahtanschluss. Ersterer hat Vorteile hinsichtlich interner Energieversorgung, Synchronisation und ähnlichem. In der Initialisierung kann eine Detektion auf Zweidraht- oder Dreidrahtanschluss und dann ggf. das Vornehmen zugehöriger interner Einstellungen vorgesehen sein.

10

Die elektronisch gesteuerte Schaltvorrichtung kann einen oder mehrere Transistoren, Leistungshalbleiter, IGBTs, FETs aufweisen. Sie können zum Einschalten und zum Ausschalten ausgelegt sein.

- 15 Die Leistungssteuerungsschaltung kann eine Fehlerbehandlungseinrichtung aufweisen, die mindestens dazu ausgelegt ist, fehlerhafte Situationen zu erkennen. Insbesondere kann dies die nicht übereinstimmende Phasenlage der elektrischen Leistungen an miteinander verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen sein. Betreffend Phasenlagen wird in einer der verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen dies anhand der eigenen Phasenlage verglichen mit der kommunizierten Phasenlage der gekoppelten Leistungssteuerungsschaltung erkannt. Wenn Phasenabweichung vorliegt, ist dies jedenfalls für den
- 20 gekoppelten Betrieb ein Fehlerhinweis.

- Die Fehlerbehandlungseinrichtung kann dann ein Fehlersignal ausgeben. Das Fehlersignal
- 25 kann intern zur Unterbindung der Leistungszufuhr verwendet werden und/oder kann nach extern kommuniziert werden, beispielsweise zur verbundenen Leistungssteuerungsschaltung, die ihrerseits dann die Leistungszufuhr unterbindet, und/oder zu einer überlagerten Steuerung, die dann die gekoppelten Leistungssteuerungsschaltungen zur Unter-

brechung der Leistungszufuhr veranlasst. Die Fehlerbehandlungseinrichtung kann insbesondere ein Unterbrechungssignal erzeugen, das unmittelbar mit dem Fehlersignal korreliert. Oder das Unterbrechungssignal kann in Reaktion auf ein Signal von einer anderen Leistungssteuerungsschaltung her oder von einer überlagerten Steuerung her erzeugt werden.

Die Betriebssteuerungsvorrichtung der Leistungssteuerungsschaltung kann dazu ausgelegt sein, die Initialisierungsphase einzusteuern, wenn elektrische Leistung an die Leistungssteuerungsschaltung angelegt wird (also nach erstem Verbau bzw. nach Stromunterbrechung) und/oder kann sie wiederholt zeitgesteuert oder von einer übergeordneten Steuerung veranlasst durchführen, und/oder kann sie ereignisgesteuert durchführen, etwa wenn vom vierten Anschluss her ein Anschaltvorgang als Soll vorgegeben wird.

Ein Leistungssteuerungsschaltungssystem weist mehrere miteinander verbundene Leistungssteuerungsschaltungen auf. Sie können wie oben beschrieben ausgebildet sein. Einer arbeitet als Master, und wenigstens ein weiterer arbeitet als Slave wie oben beschrieben. Die mehreren Leistungssteuerungsschaltungen können in mehrere unterschiedliche erste elektrische Leitungen eingeschaltet sein oder können parallel geschaltete erste und zweite Anschlüsse haben und mit diesen in ein und dieselbe erste elektrische Leitung eingeschaltet/eingeschleift sein.

Nachfolgend werden Bezug nehmend auf die Zeichnungen Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es zeigen:

- 25 Fig. 1 ein Übersichtsdiagramm von Verschaltungsmöglichkeiten mehrerer Leistungssteuerungsschaltungen,  
Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Leistungssteuerungsschaltung,  
Fig. 3 Signalisierungen über der Zeit,

Fig. 4 eine Wahlvorrichtung, und

Fig. 5 qualitativ die Verschaltung mehrerer Leistungssteuerungsschaltungen.

- 5 Fig. 1 zeigt qualitativ eine typische Gebäudeinstallationssituation. Mit 4 ist allgemein eine Energiequelle bezeichnet. Es kann sich um einen verfügbaren Drehstromanschluss handeln mit einem Neutralleiter N und drei Phasen L1, L2 und L3 (nicht gezeigt), die beispielsweise jeweils zum Neutralleiter 230 V Wechselspannung einer Frequenz von 50 Hz haben können. Die drei Phasen L1, L2 und L3 sind gegeneinander um  $120^\circ$  phasenversetzt  
10  $(2/3 \pi)$  und sind mindestens im Schaltschrank, aber oft auch direkt in vielen Räumlichkeiten zusammen mit dem Neutralleiter N verfügbar. Mit 3 sind Verbraucher angedeutet. Es kann sich hier beispielsweise um viele parallel geschaltete Verbraucher handeln, etwa viele Lampen. Sie können beispielsweise längliche Korridore oder große Räumlichkeiten oder Hallen beleuchten. Gemeinsam sind sie jedenfalls am Neutralleiter N angeschlossen.  
15 Über die gestrichelte Verbindung 1c können auch die jeweils anderen Enden der Verbraucher/Leuchten 3 miteinander gekoppelt sein, so dass diese tatsächlich parallel geschaltet und nicht einzeln schaltbar sind.

- Die gemeinsam von den Verbrauchern 3 gezogene Leistung kann so groß sein, dass eine  
20 einzelne in die Leitung 1, 1a, 1b eingeschleifte Leistungssteuerungsschaltung 10 sie nicht mehr bewältigt. Es können aber mehrere Leistungssteuerungsschaltungen 10M, 10S miteinander verkoppelt betrieben werden. Die Verkopplung erfolgt über eine Leitung 21, die sich zwischen den Leistungssteuerungsschaltungen 10 erstreckt. Jede der Leistungssteuerungsvorrichtungen 10 kann die sie durchlaufende Leistung von einem Maximalwert  
25 anteilig bis hinunter zu 0 steuern bzw. regeln, indem Schalter in der jeweiligen Leistungssteuerungsschaltung 10 geeignet zwischen leitend/niederohmig/an und nichtleitend/hochohmig/aus getastet werden. Der Betrieb kann bei Wechselstromsteuerung als Phasenanschnittsteuerung oder Phasenabschnittsteuerung erfolgen. Die als elektroni-

sche Schaltvorrichtung 12 ausgebildeten internen Schalter werden durch eine interne Steuerung 15 entsprechend dem gewünschten Phasenanschnitt bzw. -abschnitt angesteuert. Dies kann einen gewünschten Anteil bzw. Phasenwinkel  $\alpha$  der jeweils beschalteten Halbwelle durchschalten und den Rest am Anfang (Phasenanschnitt) oder am Ende (Phasenabschnitt) abschneiden. Über die Leitung 21 kommunizieren die internen Steuerungen 15 miteinander. 13 in Figur 2 symbolisiert die Energieversorgung der Leistungssteuerungsschaltungen 10. Sie kann intern in jeder der Leistungssteuerungsschaltungen 10 vorgesehen sein. Die Steuerungen können durch geeignete digitale Schaltungen implementiert sein, etwa als Microcomputer  $\mu C1$  und  $\mu C2$  in Figur 1.

10

Wenn wie in Fig. 1 gezeigt die Verbraucher 3 vollständig parallel geschaltet sind (also Leitung 1c auch die Anschlüsse der Verbraucher 3, die nicht am Neutralleiter N liegen, parallel schließt), müssen die Leitungen 1a an der gleichen Phase des Drehstromsystems liegen, im gezeigten Beispiel L1. Andernfalls würde sich ein Kurzschluss zwischen unterschiedlichen Phasen, bspw. L und L2, ergeben. Anders ausgedrückt ist dann der Anschluss der Leistungssteuerungsschaltungen 10 an unterschiedliche Phasen ein Installationsfehler, soweit der parallele Betrieb der Schaltungen 10 gewünscht ist.

15

Gleichzeitig entsteht die Aufgabe, bei Parallelschaltung mehrerer Verbraucher die Schalter in den einzelnen Leistungssteuerungsschaltungen hinreichend synchron zu betreiben, so dass auch nicht zeitweise ein einzelner der Schalter die gesamte Leistung führen muss. Es ist somit also für Schaltsynchronität der verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen 10 zu sorgen. Außerdem muss eine mögliche Fehlinstallation erkannt werden (Anschluss verkoppelter Leistungssteuerungsschaltungen 10 an unterschiedliche Phasen, beispielsweise L1 und L2).

20

25

Die beiden Zielsetzungen Fehlinstallationserkennung und Schaltsynchronisierung werden mittels der Leitung 21 zwischen den verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen 10



und eine geeignete Steuerung der Systemkomponenten bzw. des Gesamtsystems erreicht.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Leistungssteuerungsschaltung 10, von denen mindestens zwei miteinander verkoppelt sein können, wie es schematisch in Fig. 1 gezeigt ist und wie es auch in Fig. 2 mittels der kleinen weiteren Leistungssteuerungsschaltung 10 am rechten Rand der Figur angedeutet ist.

Fig. 2 zeigt die Leistungssteuerungsschaltung 10, die landläufig beispielsweise als Dimmer angesprochen werden kann. Sie ist in eine erste elektrische Leitung 1 eingeschaltet (eingeschleift) und ist deshalb mit deren beiden offenen Enden 1a, 1b verbunden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Leitungen 1a und 1b nicht tatsächlich aufgetrennte Enden einer ehemals verbundenen Leitung sein müssen. Die erste elektrische Leitung 1 leitet elektrische Leistung von einer Quelle 4 zum Verbraucher 3. Die Quelle 4 kann eine Wechselstromquelle sein, insbesondere eine Phase gegenüber dem Nullleiter bzw. Neutralleiter eines Drehstromsystems. Eine zweite elektrische Leitung 2 schließt den Stromkreis.

Wenigstens die Teile 1a und 1b der ersten elektrischen Leitung 1 sind an einen ersten Anschluss 11-1 und einen zweiten Anschluss 11-2 der Steuerungsschaltung 10 angeschlossen. Es kann über eine Stichleitung 2a auch die zweite elektrische Leitung 2 an einen dritten Anschluss 11-3 der Leistungssteuerungsschaltung 10 angeschlossen sein. Man spricht dann von einem Dreidrahtanschluss. Wenn die Stichleitung 2a oder der dritte Anschluss 11-3 nicht vorhanden ist, spricht man vom Zweidrahtanschluss. Der Dreidrahtanschluss hat für die interne Energieversorgung und für die Schaltsynchronisierung Vorteile und erlaubt dann auch weitere Bereiche der einsteuerbaren elektrischen Leistung.

Mit 12 ist eine elektronische Schaltung bezeichnet. Es kann sich um einen einzelnen oder um mehrere Transistoren, IGBTs und/oder FETs, MOSFETs handeln. Mehrere

von ihnen können in Serie oder parallel geschaltet sein und zusammen betrieben werden. Die elektronische Schaltvorrichtung 12 liegt zwischen dem ersten Anschluss 11-1 und dem zweiten Anschluss 11-2 und dient dazu, die Verbindung zwischen den beiden Anschlüssen entweder möglichst hochohmig zu blockieren oder möglichst niederohmig durchzuschalten. Die elektronische Schaltvorrichtung kann für Wechselstrom nach Art einer Phasenanschnittssteuerung oder nach Art einer Phasenabschnittssteuerung bzw. kann für alle diese Steuerungsarten ausgelegt sein. Die Halbleiter bzw. Transistoren können Leistungshalbleiter bzw. Leistungstransistoren sein.

10 Eine Steuerungsvorrichtung 15 der Leistungssteuerungsschaltung 10 erzeugt ein Schaltersteuerungssignal S, mittels derer die Schaltvorgänge der elektronischen Schaltvorrichtung 12 gesteuert werden. Wie schon angesprochen, kann demnach das Schaltersteuerungssignal S Phasenanschnitt einsteuern oder Phasenabschnitt.

15 Die Steuerungsvorrichtung 15 weist eine Schaltvorrichtungsteuerungsschaltung 15-2 auf, die das Schaltersteuerungssignal S erzeugt und ausgibt. Sie weist auch eine Betriebssteuerungsvorrichtung 15-1 auf, die interne Vorgänge der Leistungssteuerungsschaltung 10 und insbesondere der Steuerungsvorrichtung 15 anstößt und in ihrem Ablauf steuert. Die Steuerungsvorrichtung 15 weist auch eine Betriebsartsetzeinrichtung 23 und eine Steuerungsmodussetzeinrichtung 24 auf.

Ebenso vorgesehen sind eine interne Energieversorgung 13 und eine Synchronisierungsschaltung 14 der Leistungssteuerungsschaltung 10. Die interne Energieversorgung 13 erzeugt die nötigen Potentiale zum Betrieb der Steuerungsvorrichtung 15 und zum Betrieb der elektronischen Schaltvorrichtung 12. Im Dreidrahtanschluss kann sie in einfacher Weise die benötigte Energie aus der Wechselspannungsquelle 4 ziehen. Im Zweidrahtanschluss kann sie Energie aus dem Spannungsabfall längs des Schalters 12, wenn dieser offen, also hochohmig ist, ziehen. Gegebenenfalls kann eine Prüfvorrichtung 16 vorgese-

hen sein, die prüft, ob Zweidrahtanschluss oder Dreidrahtanschluss vorliegt und die dementsprechend unterschiedliche interne Einstellungen vornimmt.

Die Leistungssteuerungsvorrichtung 10 kann einen vierten Anschluss 11-4 aufweisen,  
5 über den ein Steuerungssollwert etwa als Soll-Phasenwinkel  $\alpha$  empfangen werden kann. Der vierte Anschluss 11-4 kann im einfachen Fall ein mechanischer Anschluss sein, etwa die Drehachse eines Potentiometers bzw. der Schieber eines Schiebereglers. Es kann sich aber auch um eine elektronische Schnittstelle handeln, um von übergeordneten Steuerungen Leistungssollwerte zu empfangen. Die Leistungssteuerungsvorrichtung 10 kann  
10 auch beide Sollwerteingaben aufweisen, also elektronisch und mechanisch manuell von einem Nutzer her.

Ein fünfter Anschluss 11-5 der Leistungssteuerungsschaltung 10 dient zum Anschluss einer Signalleitung 21, mittels derer die Leistungssteuerungsschaltung 10 mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung 10 Signale austauschen kann. Eine der beiden arbeitet  
15 dann als Master, die andere als Slave. Die weitere Leistungssteuerungsschaltung 10 ist dazu vorgesehen, parallel mit der detailliert ausgeführten Leistungssteuerungsschaltung 10 zu arbeiten und ist deshalb parallel zu ihr in die erste Leitung 1 eingeschaltet. Insbesondere können die zwei Leistungssteuerungsschaltungen 10 parallel geschaltete erste  
20 Anschlüsse 11-1 und parallel geschaltete zweite Anschlüsse 11-2 (und gegebenenfalls auch parallel geschaltete dritte Anschlüsse 11-3) aufweisen. Nur aus Gründen der Übersichtlichkeit der Zeichnung ist dies in Fig. 2 nicht ausgeführt.

Über einen sechsten Anschluss 11-6 kann die Leistungssteuerungsschaltung 10 mit einer  
25 übergeordneten Steuerung 50 kommunizieren und von ihr Signale empfangen bzw. an sie Signale abgeben. Es kann hierzu eine Leitung 22 vorgesehen sein. Allgemein können die Signalisierungen am vierten Anschluss 11-4 und/oder am fünften Anschluss 11-5 und/oder am sechsten Anschluss 11-6 analog oder digital vorliegen. Sie können einem

Standard folgend verfasst sein, beispielsweise gemäß I2C oder gemäß UART, letzteres insbesondere am sechste Anschluss 11-6. Auch über den sechsten Anschluss 11-6 kann der Leistungssteuerungsschaltung 10 von der übergeordneten Steuerung 50 her ein Steuerungssollwert etwa als Soll-Phasenwinkel  $\alpha$  vorgegeben werden.

5

Mit 17 ist ein Gehäuse der Leistungssteuerungsschaltung 10 angedeutet. Häufig werden die beschriebenen Leistungssteuerungsschaltungen 10 für den Einsatz in einem Schaltschrank ausgebildet sein. In ihrer geometrischen Dimensionierung können sie bzw. ihr Gehäuse 17 dann flach scheibenartig geformt sein. Sie können aber auch für den Einbau in Unterputzdosen ausgelegt und dann dementsprechend geometrisch dimensioniert sein.

10

Die Betriebsartsetzeinrichtung 23 hält einen elektronisch abfragbaren, digitalen oder analogen Wert, der angibt, ob die Leistungssteuerungsschaltung 10 als Master oder als Slave arbeiten soll. Es kann sich hier um einen umlegbaren Schalter handeln, der beispielsweise unterschiedliche Potentiale bewirkt und der einmalig bei der Montage bedient werden kann. Oder es kann sich um ein schon bei der Herstellung der Leistungssteuerungsschaltung verbautes Element handeln, etwa einen Widerstand, dessen Auswirkung angibt, ob die Leistungssteuerungsschaltung als Master oder als Slave arbeiten soll, oder es kann sich um ein digital setzbares Register handeln, das gegebenenfalls auch nach der Herstellung oder der Montage umgeschaltet werden kann.

15

20

Die Steuerungsmodussetzeinrichtung 24 kann ein digitales Register sein. Es kann beispielsweise zwischen zwei Steuerungsmoden umschaltbar sein, die zwei Moden können Phasenanschnittsteuerung und Phasenabschnittsteuerung sein. Die Steuerungsmodusfestlegung kann zu Beginn des Betriebs anhand einer internen Prüfung der anliegenden Last 3 erfolgen.

25

Mit 18-1, 18-2 und 18-3 sind Drahtloskoppler angesprochen, die dazu dienen, die Leistungssteuerungsschaltung 10 galvanisch von anderen Komponenten zu trennen. Insbesondere kann ein Drahtloskoppler am fünften Eingang 11-5 liegen und einer am sechsten Eingang 11-6. Der Drahtloskoppler 18-2 am sechsten Anschluss 11-6 hin zur übergeordneten Steuerung 50 kann eine höhere Schutzklasse haben als der Drahtloskoppler 18-1 am  
5      fünften Anschluss 11-5 hin zur weiteren Leistungssteuerungsschaltung 10. Wenn Drahtloskoppler hin zur übergeordneten Steuerung 50 notwendig sind, können diese aber auch dort vorgesehen sein und dann in der Leistungssteuerungsschaltung 10 entfallen.

- 10      Der fünfte Anschluss 11-5 kann doppelt derart ausgeführt sein, dass an ihn zwei oder mehrere weitere Leistungssteuerungsschaltungen 10 parallel über jeweils eigene Leitungen 21 angeschlossen werden können, was zu der in Figur 5 gezeigten Verbindungsstruktur führen kann. Die Signalleitung 21 kann zum Führen analoger Signale ausgelegt sein. Die Leitung 22 hin zur übergeordneten Steuerung 50 kann zum Führen digitaler Signale  
15      insbesondere nach dem UART-Standard ausgelegt sein.

Die Leistungssteuerungssollwertvorgabe kann auch von der übergeordneten Steuerung 50 her erfolgen. Sie kann also über den beschriebenen sechsten Anschluss 11-6 der Leistungssteuerungsvorrichtung 10 in der Betriebsphase eingegeben werden. Es kann dann  
20      ein eigener Anschluss 11-4 für die Sollwertvorgabe entfallen. Er kann aber parallel trotzdem vorgesehen sein, etwa als nur mechanischer Anschluss (Schieber, Drehknopf), der z. B. mit Poti ein analoges Signal erzeugt).

Bezugnehmend auf Fig. 3 werden Abläufe/Verfahrensschritte und dementsprechend  
25      Auslegungen der Komponenten der Leistungssteuerungsschaltung 10, insbesondere deren Steuerungsvorrichtung 15, beschrieben. Die mit 10M markierte Zeile zeigt die Aktivitäten einer als Master arbeitenden Leistungssteuerungsschaltung 10, die mit 10S markierte Zeile zeigt die Aktivitäten einer als Slave arbeitenden Leistungssteuerungsschal-

tung 10. Die mit 50 markierte Zeile zeigt die Aktivitäten einer übergeordneten Steuerung 50. Die mit 21 markierte Zeile zeigt Signale auf der Signalleitung 21 zwischen zwei Leistungssteuerungsschaltung 10. Die mit 22 markierte Zeile zeigt Signale auf der Leitung 22 zwischen einer Leistungssteuerungsschaltung 10 und einer übergeordneten Steuerung 50.

5

Der Betrieb einer Leistungssteuerungsschaltung 10 kann sowohl bei einem Master 10M als auch bei einem Slave 10S in eine Initialisierungsphase 31 und in eine sich daran anschließende Steuerungsphase 32 unterteilt sein. Die Initialisierungsphase kann einige Halbwellen dauern, zusammen bspw. länger als 100 oder 200 ms und z. B. kürzer als 1s.

10 Die Steuerungsphase 32 danach ist der reguläre Betrieb beliebiger Dauer.

In der Steuerungsphase 32 wird zur elektronischen Schaltvorrichtung 12 hin an sich bekannte Leistungssteuerung nach Art von Phasenanschnittsteuerung oder Phasenabschnittsteuerung vorgenommen. Das Schaltersteuerungssignal S steuert in an sich be-

15 kannter Weise die elektronische Schaltvorrichtung 12 an. In Fig. 3 ist dies als die Pulsfolge S in den Zeilen 10M und 10S als Tätigkeit der Leistungssteuerungsschaltung 10M, 10S, insbesondere derer Schaltvorrichtungsteuerungsschaltung 15-2 gezeigt.

Es unterscheidet sich aber zwischen einer als Master arbeitenden Leistungssteuerungsschaltung 10M und einer als Slave arbeitenden Leistungssteuerungsschaltung 10S die Art und Weise, wie das Schaltersteuerungssignal S erzeugt werden, und es gibt auch unterschiedliche Aktivitäten in der vorgelagerten Initialisierungsphase 31.

20 Die Initialisierungsphase 31 wie auch die Steuerungsphase 32 können von extern veranlasst werden, beispielsweise durch Signalisierung von der übergeordneten Steuerung 50 her. In Fig. 3 ist dies durch Signale X1 und X2 angedeutet, die beispielsweise von der Steuerungsschaltung 50 über Leitung 22 an alle Leistungssteuerungsschaltungen 10M, 10S gesendet werden und dann dort die Initialisierungsphase 31 bzw. die Steuerungspha-

25

se 32 anstoßen. Der Anstoß dieser Phasen kann aber anders erfolgen, für die Initialisierungsphase 31 beispielsweise in einer Masterschaltung 10M durch einen Anschaltvorgang, also durch Erhöhen des Leistungssollwerts vom vierten Anschluss 11-4 oder vom sechsten Anschluss 11-6 her aus 0 heraus, oder bei erster Energieversorgung der Leistungssteuerungsversorgung 10. Die Steuerungsphase 32 kann – statt wie gezeigt durch ein Signal X2 von der übergeordneten Steuerung 50 her - nach einem "Fertig"-Signal aus der Initialisierungsphase 31 heraus oder nach einer vorgegebenen Zeit angestoßen werden. Die übergeordneten Steuerung 50 und die Steuerungen 15 können dazu ausgelegt sei, die Steuerungsphase abubrechen oder nicht anzufangen, wenn ein Fehler aufgetreten ist, etwa ein Phasefehler oder ein Lastfehler.

Zu Beginn der Initialisierungsphase, also beispielsweise auf das Signal X1 hin, können, falls nötig, alle Leistungssteuerungsvorrichtungen 10 ihre Betriebsart abfragen, was durch "M/S?" in Zeitblöcken 31-1 angedeutet ist. Es wird hierbei insbesondere die Betriebsartsetzeinrichtungen 23 dahingehend abgefragt, ob sie jeweils auf Master oder auf Slave gesetzt sind. Ein nicht digital lesbarer Marker wird in ein digital lesbares Format übertragen. Abhängig davon kann sich dann der nachfolgende Betrieb unterscheiden, etwa indem Softwareverzweigungen im Master anders als im Slave genommen werden. Insbesondere wird dann die Betriebssteuerungsvorrichtung 15-1 unterschiedlich in Abhängigkeit davon arbeiten, ob die Leistungssteuerungsschaltung 10 als Master oder als Slave arbeitet. Die anfänglich explizite Abfrage der Betriebsart kann aber unnötig sein und wegfallen bzw. durch Abfragen wenn nötig ersetzt sein, wenn z. B. gleich anfänglich ein digital lesbarer Marker gesetzt ist.

Nach der ggf. vorhandenen Abfrage 31-1 der Betriebsart (Master oder Slave) oder nach dem Anschalten oder nach dem Befehl X1 von der Steuerung 50 her können die Master-Steuerungsvorrichtung 10M und die Slave-Steuerungsvorrichtung 10S eine Phasenuntersuchung 31-2 einleiten bzw. jeweils ein Phasensignal erzeugen, das die Phasenlage der

anliegenden elektrischen Leistung widerspiegelt, um einen Phasenvergleich vornehmen zu können, um festzustellen, ob sie in einem Drehstromsystem an die gleiche Phase oder an unterschiedliche Phasen angeschlossen sind. Dies ist in Zeilen 10M und 10S durch die Impulsfolgen 31-2M und 31-2S symbolisiert. Jede der gekoppelten Leistungssteuerungsschaltungen 10 kann eine solche Impulsfolge erzeugen, insbesondere entsprechend den  
5 Nulldurchgängen der anliegenden Wechselspannung.

Bei richtiger Installation für den gekoppelten Betrieb der Leistungssteuerungsschaltungen 10 liegen die mindestens zwei verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen 10 an der gleichen Phase, beispielsweise L1 in Fig. 1, und die Impulse der Impulsfolgen 31-2M und 31-2S werden deshalb zeitgleich liegen. Wenn die Leistungssteuerungsschaltungen 10 dagegen versehentlich an unterschiedliche Phasen angeschlossen wurden, beispielsweise eine der Leistungssteuerungsschaltungen 10 an L1, die andere an L2, wird die Phasenlage um 1/3 der Periodendauer abweichen, bei 50 Hz also um  $\pm 6,7$  ms. Bei Periodenverdopplung bei Betrachtung aller Nulldurchgänge sind es  $\pm 3,3$  ms.  
10  
15

Der Master 10M kann die von ihm ermittelte Impulsfolge 31-2M über den fünften Anschluss 11-5 und Signalleitung 21 als Phasensignal 31-2X geeignet skaliert und formatiert und gegebenenfalls über den Drahtloskoppler einem Slave 10S zuführen. Ein Slave 10S kann die vom fünften Anschluss 11-5 her empfangene Impulsfolge 31-2X mit der selbst erzeugten Impulsfolge 31-2S vergleichen. Dies und eine ggf. nachfolgende Verarbeitung sind in Zeile 10S durch Block 31-3 symbolisiert. Bevorzugt wird das Phasensignal vom Master XP zum Slave 10S bzw. zu allen Slaves, wenn mehrere vorhanden sind, übertragen und dort jeweils einzeln mit dem jeweiligen Slave-Phasensignal verglichen. Die Phasensignale 31-2M, 31-2X, 31-2X können also Folgen kurzer Impulse bei jeweils detektierten Nulldurchgängen sein, die dann in einer der Schaltungen auf hinreichende zeitliche Koinzidenz überprüft werden können.  
20  
25



Bei Übereinstimmung kann eine weitere Signalisierung unterbleiben oder es kann eine Positivsignalisierung erfolgen. Bei Nichtübereinstimmung, also Phasenabweichung, kann ein Fehlersignal XF erzeugt werden und kann gegebenenfalls auch an andere Komponenten, etwa andere Leistungssteuerungsschaltungen 10 oder die übergeordnete Steuerung 5 50 ausgegeben werden. Das Fehlersignal XF kann im Slave auch zur direkten internen Unterbindung der Leistungsdurchschaltung verwendet werden, um Kurzschlüsse zu verhindern. Für die weitere Auswertung 31-6 und ggf. Signalisierung kann es auch der übergeordneten Steuerung 50 zugeführt werden, die dann beispielsweise andere Leistungssteuerungsschaltungen 10 informieren und gegebenenfalls abschalten kann. Auch höher- 10 rangigere Alarme können generiert werden, so dass beispielsweise Installateurseingriff angefordert wird.

Nach der Phasenuntersuchung kann im Master 10M eine Lastabfrage 31-4 bzw. Lastuntersuchung beginnen, um festzustellen, ob die anliegende Last 3 induktiv oder nicht- 15 induktiv (kapazitiv oder ohmsch) ist. Eine Slave-Leistungssteuerungsvorrichtung 10S kann dies auch tun, muss es aber nicht. Sie kann hier passiv/untätig bleiben. Die Untersuchung der Lastart erfolgt durch geeignete testweise Spannungsbeaufschlagung der angeschlossenen Last über die elektronische Schaltvorrichtung 12 und Auswertung der sich einstellenden Ströme. Insbesondere kann im Phasenabschnitt überprüft werden, ob sich beim 20 Ausschalten (Abschneiden der Phase bzw. Halbwelle) Induktionsspitzen einstellen, was ein Hinweis auf eine induktive Last und bei Nicht-Vorhandensein ein Hinweis auf eine ohmsche oder kapazitive Last ist. Im Ergebnis kann dadurch die Steuerungsschaltung 15 der Leistungssteuerungsschaltung 10 eben die Lastart (induktiv oder nicht-induktiv (kapazitiv, ohmsch)) ermitteln und dementsprechend eine geeignete Steuerungsmodus setzen. 25 Es kann sich hierbei insbesondere um Phasenanschnittsteuerung (im Fall induktiver Lasten) oder Phasenabschnittsteuerung (im Fall kapazitiver oder ohmscher Lasten) handeln. Der Master 10M kann dann dementsprechend seine Steuerungsmodussetzeinrichtung 24 geeignet setzen. Der Setzwert legt eben fest, ob beispielsweise im Phasen-

schnitt (bei induktiver Last) oder im Phasenabschnitt (ohmsche, kapazitive Last) gearbeitet werden soll.

Die Gesamtschaltung kann auch dazu ausgelegt sein zu überprüfen, ob eine ausgangsseitige Parallelschaltung von Verbrauchern 3 gegeben ist, also ob zwischen den Leitungen 1b  
5 der einzelnen Verbraucher die Leitung 1c geschaltet wurde, so dass neben dem gemeinsamen eingangsseitigen Anschluss der Verbraucherleitungen 2 an N auch deren Ausgangsseite mit Leitung 1c parallel geschlossen ist.

10 Die Lasterkennung, in der der Master 10M eine Überprüfung veranlasst, ob eine ohmsch/kapazitive oder eine induktive Last angeschlossen ist, kann sich über einige (bspw. mehr als 5, mehr als 10), weniger als 50) Halbwellen erstrecken und kann starten, indem im Master 10M mit anfänglich kleinen und dann bspw. von Halbwelle zu Halbwelle größer werdenden Phasenwinkeln Leistung einschaltet und im Phasenabschnitt wieder  
15 abschaltet, also z. B. von anfänglich 5% der Halbwelldauer (500  $\mu$ s bei 50 Hz) sukzessive Erhöhung auf bspw. 6%, 7%, 8% ... bis höchstens z. B. 30% oder 50% der Halbwelldauer. Es wird dann überprüft, ob beim Abschalten induktiv erzeugte Induktionsspitzen entstehen. Insbesondere kann dies im Slave 10S gemessen werden, der zu diesem Zeitpunkt selbst nicht schaltet, etwa indem die Spannung von der Last her mit einem geeigneten  
20 Schwellenwert verglichen wird.

Die derartige Überprüfung im Slave 10S kann dann zwei Qualitäten abfragen bzw. feststellen, nämlich (1) ob die verschiedenen Verbraucher auch ausgangsseitig parallelgeschaltet sind, also ob die gestrichelt gezeichnete Leitung 1c auf der linken Seite der Verbraucher vorhanden und damit eine Parallelschaltung von Verbrauchern gegeben ist,  
25 denn nur dann teilt sich überhaupt Schaltergebnisse vom Master 10M her dem Slave 10S mit, und (2) wie schon erläutert anhand der sich ggf. einstellenden Induktionsspitzen ob die Last induktiv bzw. nicht-induktiv ist. Der Slave 10S kann sein Messergebnis geeignet

der überlagerten Steuerung 50 mitteilen, die dann weitere Veranlassungen trifft. Anfänglich wird nur mit kleinen Phasenwinkeln geschaltet, damit bei induktiven Lasten keine großen Induktionsspitzen entstehen. Auch der Master 10M kann in dieser Phase geeignete Schwellenwerte überwachen und so beim Phasenabschnitt Induktionsspitzen und  
5 damit ggf. eine induktive Last erkennen.

Im laufenden Betrieb bei Parallelschaltung wird das Ausschaltsignal des Masters an den Slave über die Signalleitung 21 weitergegeben. Im getrennten Betrieb wird kein Signal auf Leitung 21 übertragen.

10

Mit 31-5 ist gegebenenfalls die Überprüfung der Anschlussart der Leistungssteuervorrichtung 10 symbolisiert. Es kann auf Zweidrahtanschluss oder Dreidrahtanschluss abgefragt werden und nach Maßgabe des Abfrageergebnisses können interne Einstellungen vorgenommen werden.

15

Nach Beendigung der Vorgänge in der Initialisierungsphase 31 beginnt, wie schon weiter oben angesprochen, die Steuerungsphase 32. Ein Master 10M wird dabei die Schaltersteuerungssignale S in mehr oder minder herkömmliche Weise erzeugen, indem sie nach Maßgabe von Sollwertvorgaben vom vierten Anschluss 11-4 her geeignete Schaltersteuerungssignale S erzeugt, mittels derer die eigene elektronische Schaltvorrichtung 12 angesteuert werden kann. Wie schon gesagt, kann hier auch die Lastart bzw. die Steuerungsart (Phasenanschnitt, Phasenabschnitt) berücksichtigt werden. Gleichbleibender Sollwert vorausgesetzt (beispielsweise 60% der maximal möglichen Leistung) werden die Schaltersteuerungssignale S in der Regel eine periodische interne Impulsfolge sein, mittels derer  
20 die elektronische Schaltvorrichtung 12 angesteuert, insbesondere bspw. ein MOSFET an- und ausgeschaltet wird.

25

Eine Master-Leistungssteuerungsschaltung 10M wird entsprechend oder nach Maßgabe des eigenen Schaltersteuerungssignals S aber auch ein Schaltsignal XS über den fünften Anschluss 11-5 und die Signalleitung 21 an den verbundenen Slave 10S ausgeben. Ein Slave 10S wird seinerseits von seinem fünften Anschluss 11-5 her das Schaltsignal XS empfangen und wird das Schaltersteuerungssignal S für die elektronische Schaltung 12 des Slaves nach Maßgabe des empfangenen Schaltsignals XS erzeugen.

Hinsichtlich der Zeitlage kann insbesondere der Master 10M sein Schaltersteuerungssignal S unmittelbar an den Slave 10S durchreichen, ggf. jedoch über die Drahtloskopplung hinweg, wobei wiederum der Slave 10S sein internes Schaltersteuerungssignal S direkt dem empfangenen Schaltsignal XS folgend erzeugen kann.

Wenn kritischen Signallauf- und Verarbeitungszeiten als Verzögerungen in der Signalisierung hin zum Slave 10S vorliegen, kann im Master eine interne Verzögerungsschaltung vorgesehen sein, die die Verzögerung bei der Übertragung zum Slave 10S nachbildet. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die beiden verkoppelten Leistungssteuerungsschaltungen 10 zeitsynchron arbeiten und insbesondere zeitsynchron schalten. Empirisch zeigt sich, dass eine solche Verzögerung im Master im Bereich von etwa 100 ms liegen kann, also bspw. größer als 10 oder 20 oder 50 ms und kleiner als 500 oder 200 ms.

Ein Sollwert für die Leistungssteuerung wird nur in der Master-Leistungssteuerungsvorrichtung 10M empfangen bzw. verarbeitet. Auch das Ergebnis der Lasterkennung 31-4 wird nur in der Master-Leistungssteuerungsvorrichtung 10M verarbeitet, indem als Steuerungsmodus Phasenanschnitt oder Phasenabschnitt eingesteuert wird. Die Slave-Leistungssteuerungsvorrichtung 10S nimmt an diesen Festlegungen teil, indem an sie das Schaltersteuerungssignal S des Masters 10M direkt durchgereicht wird.

Der Signalfluss auf der Signalleitung 21 kann unidirektional ausgelegt sein, etwa nur vom Master 10M zum Slave 10S. Die Signaltrennung über den Drahtloskoppler kann dann einfacher (in eine Richtung) ausgeführt werden. Es kann aber auch gewünscht sein, dass der Slave 10S Signale an den Master 10M sendet. Dann muss ggf. auch der Drahtloskoppler bidirektional ausgelegt sein. Die Leitung 22 zwischen einer Leistungssteuerungsschaltung 10 und einer übergeordneten Steuerung 50 kann bidirektional ausgelegt sein.

Fig. 4 zeigt höchst schematisch und stark vereinfacht eine Wahlvorrichtung 41 für die Auswahl der Art der Erzeugung der Schaltersteuerungssignale S. Die Wahlvorrichtung 41 ist als Teil dessen zu verstehen, was schon schematisch in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist. Mit 41 ist ein Umschalter angedeutet, der allerdings logisch ausgebildet sein kann, indem auf digitaler Seite eine von zwei möglichen Verarbeitungsweisen gewählt wird. Der Schalter 41 ist also primär symbolisch zu verstehen und wird häufig nicht real implementiert sein. 23 ist die schon beschriebene Betriebsartsetzeinrichtung, die angibt, ob eine Leistungssteuerungsvorrichtung 10 als Master oder als Slave arbeitet. Sie wird die Auswahl mittels Schalter 41 beeinflussen. Im Slave 10S wird das Schaltersteuerungssignal S nach Maßgabe des vom fünften Anschluss 11-5 empfangenen Signals her erzeugt. Anders dagegen wird im Master 10M das Schaltersteuerungssignal S nach Maßgabe der Sollwertvorgabe vom vierten Anschluss 11-4 her erzeugt.

20

Fig. 5 zeigt ein Leistungssteuerungsschaltungssystem mit mehreren Leistungssteuerungsschaltungen 10M, 10S. Eine von ihnen 10M arbeitet als Master, die anderen 10S1, 10S2, ..., 10S6 arbeiten als Slaves. Sie sind sternartig miteinander in der Weise verbunden, dass die Slaves 10S in gleicher und paralleler Weise Signale, insbesondere also Phasensignal 31-2X, Schaltsignale XS, von der Master-Schaltung 10M empfangen und dann wie beschrieben arbeiten. Jede der Schaltungen 10 kann aber eine eigene Verbindung hin zu einer übergeordneten Steuerung 50 aufweisen. Der Master 10M kann für jeden ange-

25

schlossenen Slave 10S einen eigenen Drahtloskoppler 18-1 aufweisen, so dass die Slaves 10S nicht nur vom Master 10M, sondern auch untereinander isoliert sind.

In ihrer Hardwareausstattung und/oder Softwareausstattung kann eine Master-

- 5 Leistungssteuerungsschaltung 10M identisch mit einer Slave-Leistungssteuerungsschaltung 10S ausgelegt sein. Unterschiede ergeben sich dann nur anhand der Festlegungen auf Betriebsart Master oder Betriebsart Slave mittels der Betriebsartsetzeinrichtung 23. Falls dies keine digital abfragbare Information ist, kann sie einmal anfänglich abgefragt und in ein digital abfragbares Format übertragen werden,  
10 was dann im weiteren Verlauf z. B. für die Softwaresteuerung verwendet werden kann.

Es können die Master-Leistungssteuerungsschaltung 10M und die Slave-

Leistungssteuerungsschaltung 10S aber auch teilweise unterschiedlich ausgebildet sein.

- Beispielsweise kann bei sonst gleicher Bauart und gleicher Softwareausstattung nur der  
15 Master 10M einen oder mehrere Drahtloskoppler 18-1 hin zu dem oder den Slaves 10S aufweisen. Statt im Master 10M kann ein Drahtloskoppler 18-1 aber auch im Slave 10S vorgesehen sein. Der fünfte Anschluss 11-5 kann im Master 10M lediglich als Ausgang, im Slave 10S lediglich als Eingang ausgelegt und verschaltet sein. Ein Slave 10S hat womöglich keinen vierten Anschluss 11-4 für die Sollwertvorgabe. Nur im Master kann eine mit  
20 Software oder als Hardware implementierte Verzögerungsvorrichtung zur Verzögerung des Schaltersteuerungssignals (S) für den eigenen Halbleiterschalter vorgesehen sein.

Auch die Softwareausstattung von Master 10M und Slave 10S kann unterschiedlich sein.

Lasterkennungssoftware kann nur im Master oder im Master anders als im Slave aufge-

- 25 spielt sein. Phasenvergleichssoftware kann nur im Slave oder nur im Master aufgespielt sein.

Die oben beschriebene Technik kann auch als Leistungssteuerungsverfahren zur Steuerung der Leistung in einer elektrischen Last angesehen werden, bei dem mindestens zwei Leistungssteuerungsschaltungen 10 parallel zueinander in eine elektrische Leitung eingeschaltet werden und über eine Signalleitung 21 untereinander Signale derart austauschen, dass in einer Initialisierungsphase zwischen den Leistungssteuerungsschaltungen Phaseninformation ausgetauscht und nötigenfalls ein Fehlersignal erzeugt wird und in einer Steuerungsphase, wenn kein Fehler vorliegt, in einer als Slave arbeitenden Leistungssteuerungsschaltung deren Schaltersteuerungssignal nach Maßgabe der Vorgaben von einer als Master arbeitenden Leistungssteuerungsschaltung erzeugt wird.

10

Ein Aspekt der Erfindung ist auch ein Leistungssteuerungssystem mit einer als Master konfigurierten bzw. gebauten Leistungssteuerungsschaltung wie oben beschrieben und einer oder mehreren als Slave konfigurierten bzw. gebauten Leistungssteuerungsschaltungen wie oben beschrieben mit je einer Signalleitung 21 zwischen Master 10M und je einem Slave 10S. Auch die übergeordnete Steuerung kann Teil des Systems sein. Für die Phasendetektion, die Parallelschaltungsdetektion und die Detektion der Lastart können sie wie beschrieben zusammenwirken.

15

20

Merkmale, die in dieser Beschreibung oder in den Patentansprüchen beschrieben oder in den Figuren gezeigt sind, sollen auch dann als miteinander und untereinander kombinierbar angesehen werden, wenn ihre Kombination nicht ausdrücklich beschrieben ist, soweit ihre Kombination technisch möglich ist. Merkmale, die in einem bestimmten Kontext, in einer Ausführungsform, in einer Figur oder in einem Patentanspruch beschrieben sind, sollen auch als aus diesem Anspruch, Kontext, dieser Ausführungsform oder Figur herauslösbar verstanden werden und sollen als mit jeder anderen Figur, jedem anderen Anspruch, Kontext oder jeder anderen Ausführungsform kombinierbar verstanden werden, soweit es technisch möglich ist. Ausführungsformen und Figuren sollen nicht als notwendigerweise gegeneinander ausschließlich verstanden werden. Beschreibungen von Ver-

25

fahren oder Vorgehensweisen oder Verfahrensschritten oder Vorgehensweiseschritten sollen auch als Beschreibung von Einrichtungen und/oder möglicherweise von Programmmanweisungen ausführbaren Codes auf einem Datenträger verstanden werden, die zur Implementierung der angesprochenen Verfahren oder Vorgehensweisen oder Verfahrensschritten oder Vorgehensweiseschritten geeignet sind, und umgekehrt.

### Bezugszeichenliste

|    |               |                                             |
|----|---------------|---------------------------------------------|
|    | 1, 1a, 1b     | erste elektrische Leitung                   |
| 10 | 2             | zweite elektrische Leitung                  |
|    | 3             | Last, Verbraucher                           |
|    | 4             | Leistungsquelle                             |
|    | 10            | Leistungssteuerungsschaltung                |
|    | 10M           | Master-Leistungssteuerungsschaltung, Master |
| 15 | 10S           | Slave-Leistungssteuerungsschaltung, Slave   |
|    | 11-1 bis 11-6 | erster bis sechster Anschluss               |
|    | 12            | elektronische Schaltvorrichtung             |
|    | 13            | interne Energieversorgung                   |
|    | 14            | Synchronisationsschaltung                   |
| 20 | 15            | Steuerungsvorrichtung                       |
|    | 15-1          | Betriebssteuerungsvorrichtung               |
|    | 15-2          | Schaltvorrichtungsteuerungsvorrichtung      |
|    | 16            | Anschlusserkennungsschaltung                |
|    | 17            | Gehäuse                                     |
| 25 | 18            | Drahtloskoppler                             |
|    | 21            | Signalleitung                               |
|    | 22            | Leitung                                     |
|    | 31            | Initialisierungsphase                       |



|   |      |                         |
|---|------|-------------------------|
|   | 31-1 | Betriebsartüberprüfung  |
|   | 31-2 | Lastüberprüfung         |
|   | 31-3 | Phasenüberprüfung       |
|   | 31-4 | Phasenauswertung        |
| 5 | 31-5 | Anschlussprüfung        |
|   | 32   | Steuerungsphase         |
|   | 41   | Wähleinrichtung         |
|   | 50   | übergeordnete Steuerung |

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Leistungssteuerungsschaltung (10) mit

5 a. einem ersten und einem zweiten Anschluss (11-1, 11-2) zum Anschließen der  
zwei Enden (1a, 1b) einer aufgetrennten, elektrischen Leistung von einer Quelle zu einem  
Verbraucher führenden ersten elektrischen Leitung (1),

b. einem fünften Anschluss (11-5) zum Anschließen einer Signalleitung (21) zu ei-  
ner weiteren Leistungssteuerungsschaltung (10),

10 c. einer zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (11-1, 11-2) liegenden  
elektronischen Schaltvorrichtung (12) zum Schalten der elektrischen Leistung in der ers-  
ten elektrischen Leitung (1) nach Maßgabe eines Schaltersteuerungssignals (S),

d. einer Steuerungsvorrichtung (15), mit

d1 einer Schaltvorrichtungsteuerungsschaltung (15-2) zum Ansteuern der elekt-  
ronischen Schaltvorrichtung (12), und

15 d2 einer Betriebssteuerungsvorrichtung (15-1) zum Einsteuern folgender Vor-  
gänge:

d2-1 eine Initialisierungsphase (31), während derer

- die Phasenlage der an der Leistungssteuerungsschaltung (10) anlie-  
genden elektrischen Leistung ausgewertet wird,

20 • über den fünften Anschluss (11-1) mit der weiteren Leistungssteue-  
rungsschaltung (10) wenigstens ein Phasensignal (31-2X) kommuniziert wird,

und

d2-2 nach der Initialisierungsphase (31) eine Steuerungsphase (32), während de-  
rer die Leistung in Abhängigkeit von der erfragten Betriebsart mittels der Schaltvorrich-

25 tungssteuerungsschaltung (15-2) und der Schaltvorrichtung (12) gesteuert wird.

2. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach Anspruch 1, bei der die Betriebssteuervorrichtung (15-1) für die Betriebsart als Master zum Einsteuern folgender Vorgänge ausgelegt ist:

In der Initialisierungsphase (31)

- 5
- bei der Auswertung der Phasenlage der anliegenden Leistung Kommunikation eines die Phasenlage der anliegenden Leistung widerspiegelndes Phasensignals (31-2X) über den fünften Anschluss (11-5),
  - Signalisierung zur Untersuchung der an die Leistungssteuerungsschaltung (10) angeschlossenen Last (3) und Einstellen des Leistungssteuerungsmodus nach Maßgabe des Untersuchungsergebnisses,
- 10

in der Steuerungsphase (32)

- In der Schaltvorrichtungsteuerungsschaltung (15-2) Erzeugen des Schaltersteuerungssignals (S) für die Schaltvorrichtung (12) nach Maßgabe des eingestellten Leistungssteuerungsmodus und eines vorgegebenen Sollwerts,
- 15
- Anlegen eines Schaltsignals (XS) an den fünften Anschluss (11-5) entsprechend dem Schaltersteuerungssignal.

3. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Betriebssteuervorrichtung (15-1) für die Betriebsart Slave zum Einsteuern folgender Vorgänge ausgelegt ist:

20

In der Initialisierungsphase (31)

- bei der Auswertung der anliegenden Leistung Empfangen des Phasensignals (31-2X) vom fünften Anschluss (11-5),
  - Vergleichen eines die Phasenauswertung der anliegenden elektrischen Leistung widerspiegelndes Signals (31-2S) mit dem empfangenen Phasensignal (31-2X) und gegebenenfalls Erzeugen eines Fehlersignals (XF),
- 25

in der Steuerungsphase (32)

- Empfangen des Schaltsignals (XS) vom fünften Anschluss (11-5),
- In der Schaltvorrichtungsteuerungsschaltung (15-2) Erzeugen des Schaltersteuerungssignals (S) nach Maßgabe des empfangenen Schaltsignals.

5           4. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einem sechsten Anschluss (11-6) für eine Signalleitung (22) zu einer externen Steuerungsvorrichtung (50), wobei die Initialisierungsphase (31) und optional die Steuerungsphase (32) durch Signale (X1, X2) vom sechsten Anschluss (11-6) ausgelöst werden.

10           5. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einer Betriebsartsetzeinrichtung (23) zum Setzen einer elektronisch abfragbaren Betriebsartfestlegung zur Festlegung der Betriebsart Master oder Slave, wobei die Betriebsartfestlegung bei der Herstellung und/oder beim Verbau und/oder während des Betriebs der Leistungssteuerungsschaltung (10) setzbar ist.

15           6. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einer Steuerungsmodussetzeinrichtung (24) zum Setzen einer elektronisch abfragbaren Steuerungsmodusfestlegung in der Initialisierungsphase (31) zur Festlegung des Phasenabschnittsteuerungsmodus oder des Phasenabschnittsteuerungsmodus nach Maßgabe  
20 des Ergebnisses der Untersuchung der an die Leistungssteuerungsschaltung (10) angeschlossenen Last (3).

              7. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einer digitalen Steuerungsvorrichtung, die die Steuerungsvorrichtung (15) ganz oder  
25 teilweise implementieren kann, zur Steuerung eines oder mehrerer der folgenden Vorgänge:

- Erzeugen zu sendender und/oder Auswerten empfangener Signale (S, I, X),

- Kommunikation mit einer weiteren Leistungssteuerungsschaltung (10),
- Kommunikation mit einer übergeordneten externen Steuerungsvorrichtung (50), insbesondere Senden von Signalen an sie oder Empfangen von Signalen von ihr,
- Steuerung der Lastprüfung nach einem vorgegebenen Ablauf,
- Steuerung des Auslesens der Betriebsartfestlegung und/oder der Steuerungsmodusfestlegung
- Vergleichen eines selbst ermittelten Phasensignals mit einem empfangenen Phasensignal,
- Freigeben oder Unterbrechen der Leistungssteuerung.

8. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einem ersten Drahtloskoppler am fünften Anschluss (11-5) zur galvanischen Entkopplung des Signals am fünften Anschluss (11-5), der Teil einer standardisierten Schnittstelle sein kann oder ein Analogsignal übermitteln kann, und/oder mit einem zweiten Drahtloskoppler am sechsten Anschluss (11-6) zur galvanischen Entkopplung des Signals am sechsten Anschluss (11-6), wobei der sechste Anschluss (11-6) Teil einer UART-Schnittstelle sein kann.

9. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einem vierten Anschluss (11-4) für die Eingabe eines Leistungssteuerungssollwerts und optional einem dritten Anschluss (11-3) zum Anschließen einer die elektrische Leistung von der Quelle zum Verbraucher führenden zweiten elektrischen Leitung (2).

10. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach Anspruch 9 mit einer Wähleinrichtung (41) zum Wählen der Erzeugung des Schaltsteuerungssignals (S) entweder nach

Maßgabe des Signals (XS) am fünften Anschluss (11-1) oder nach Maßgabe des Signals vom vierten oder sechsten Anschluss (11-4, 11-6).

11. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
5 bei der die elektronisch gesteuerte Schaltvorrichtung (12) einen oder mehrere FETs, MOSFETs, Transistoren oder IGBTs aufweist.

12. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
mit einer Fehlerbehandlungseinrichtung, die dazu ausgelegt ist, einen Fehler zu erkennen,  
10 insbesondere nicht übereinstimmende Phasen in den ersten Leitungen (1) an den über den fünften Anschluss (11-1) miteinander verbundenen Leistungssteuerungsschaltungen (10), und dann ein Fehlersignal auszugeben, und wobei die Betriebssteuerungsvorrichtung dazu ausgelegt ist, auf ein Unterbrechungssignal hin die Leistungszufuhr zu unterbinden, wobei das Unterbrechungssignal das Fehlersignal sein kann oder auf ein ausgegebenes Fehlersignal hin intern oder extern erzeugt werden kann.  
15

13. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
bei der die Betriebssteuerungsvorrichtung (15-1) dazu ausgelegt ist, die Initialisierungsphase (31) einzusteuern, wenn elektrische Leistung an die Leistungssteuerungsschaltung  
20 (10) angelegt wird und/oder wiederholt zeitgesteuert und/oder ereignisgesteuert, insbesondere beim Anschalten der Leistungssteuerungsschaltung (10) oder auf ein von extern empfangenes Signal (X1) hin.

14. Leistungssteuerungsschaltung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche,  
25 mit einer mit Software oder als Hardware implementierten Verzögerungsvorrichtung zur Verzögerung des Schaltersteuerungssignals (S) für den Halbleiterschalter.

15. Leistungssteuerungsschaltungssystem mit mehreren Leistungssteuerungsschaltungen (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, von denen eine einzige für den Betrieb als Master und die übrigen für den Betrieb als Slave eingestellt und/oder angelegt sind, und wobei die Leistungssteuerungsschaltungen (10) in galvanisch nicht verbundene  
5 erste elektrische Leitungen (1) von Verbrauchern eingeschaltet sind oder parallel geschaltete erste und zweite Anschlüsse (11-1, 11-2) haben, mittels derer sie in eine erste elektrische Leitung (1) eingeschaltet sind.

16. Leistungssteuerungsverfahren zur Steuerung der Leistung in einer elektrischen  
10 Last (3), bei dem mindestens zwei Leistungssteuerungsschaltungen (10) parallel zueinander in eine aufgetrennte, elektrische Leistung von einer Quelle zu einem Verbraucher führenden ersten elektrischen Leitung (1) eingeschaltet werden und über eine Signalleitung (21) untereinander Signale derart austauschen, dass  
in eine Initialisierungsphase (31) zwischen den Leistungssteuerungsschaltungen  
15 (10) wenigstens ein einphasiges Informationstragendes Signal kommuniziert und in einer der Leistungssteuerungsschaltungen (10) eine Phasenbeziehung geprüft wird, und  
in einer Steuerungsphase (32) nach der Initialisierungsphase (31) in einer der Leistungssteuerungsschaltungen (10) die Leistung nach Maßgabe eines von der anderen der Leistungssteuerungsschaltungen (10) über die Signalleitung (21) kommunizierten  
20 Schaltsignals gesteuert wird.

The diagram illustrates a power distribution system with two parallel power modules. Each module contains a transformer (11-1, 11-2), a microcontroller (μC 1, μC 2), and a switch (11-4, 11-5). The modules are connected to a common bus (3) and a power source (50) via galvanic isolation (18-1, 18-2). The system is powered by a three-phase supply (L1, L2, N) through a switch (4).



Fig.2

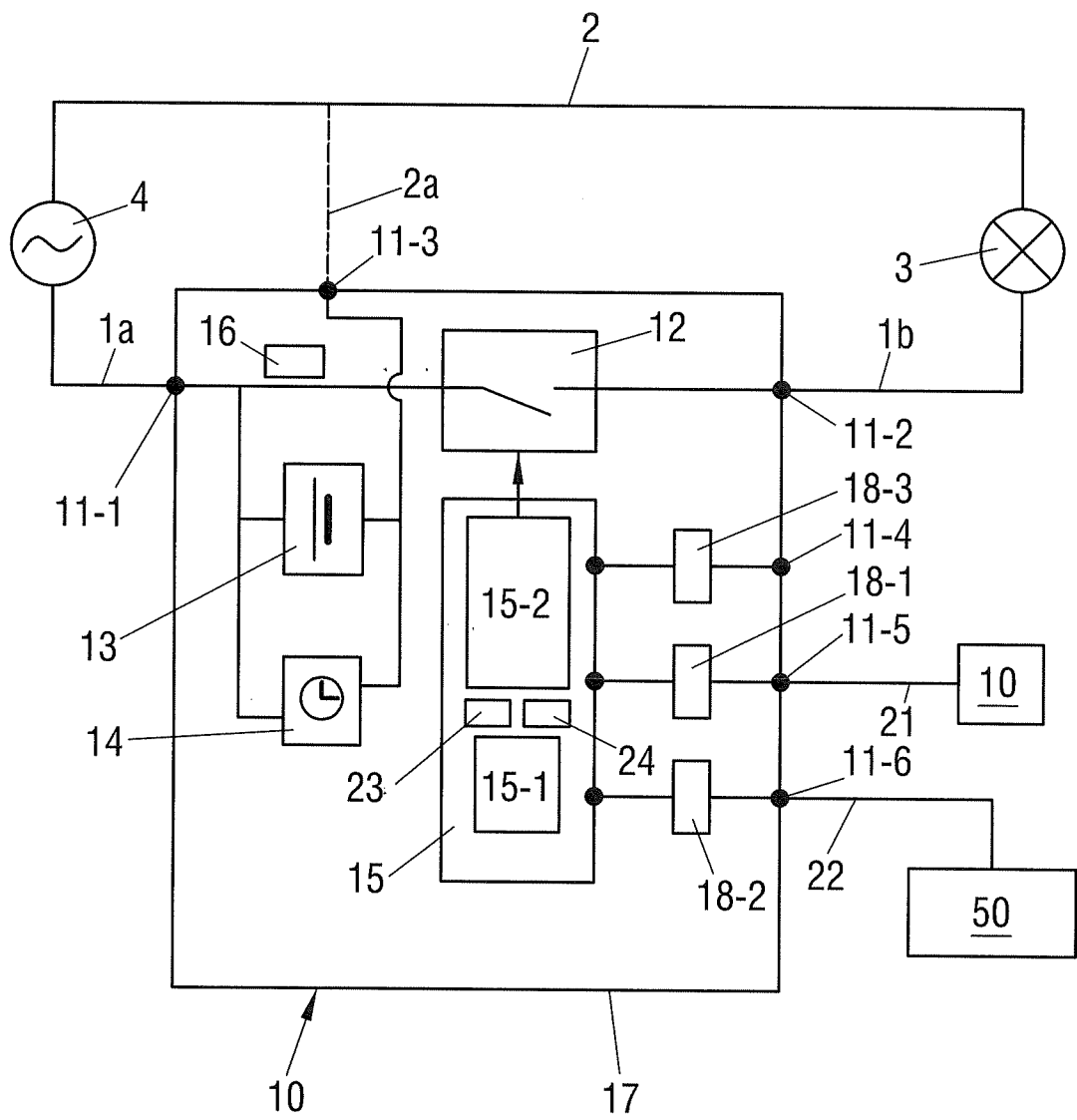


Fig. 3

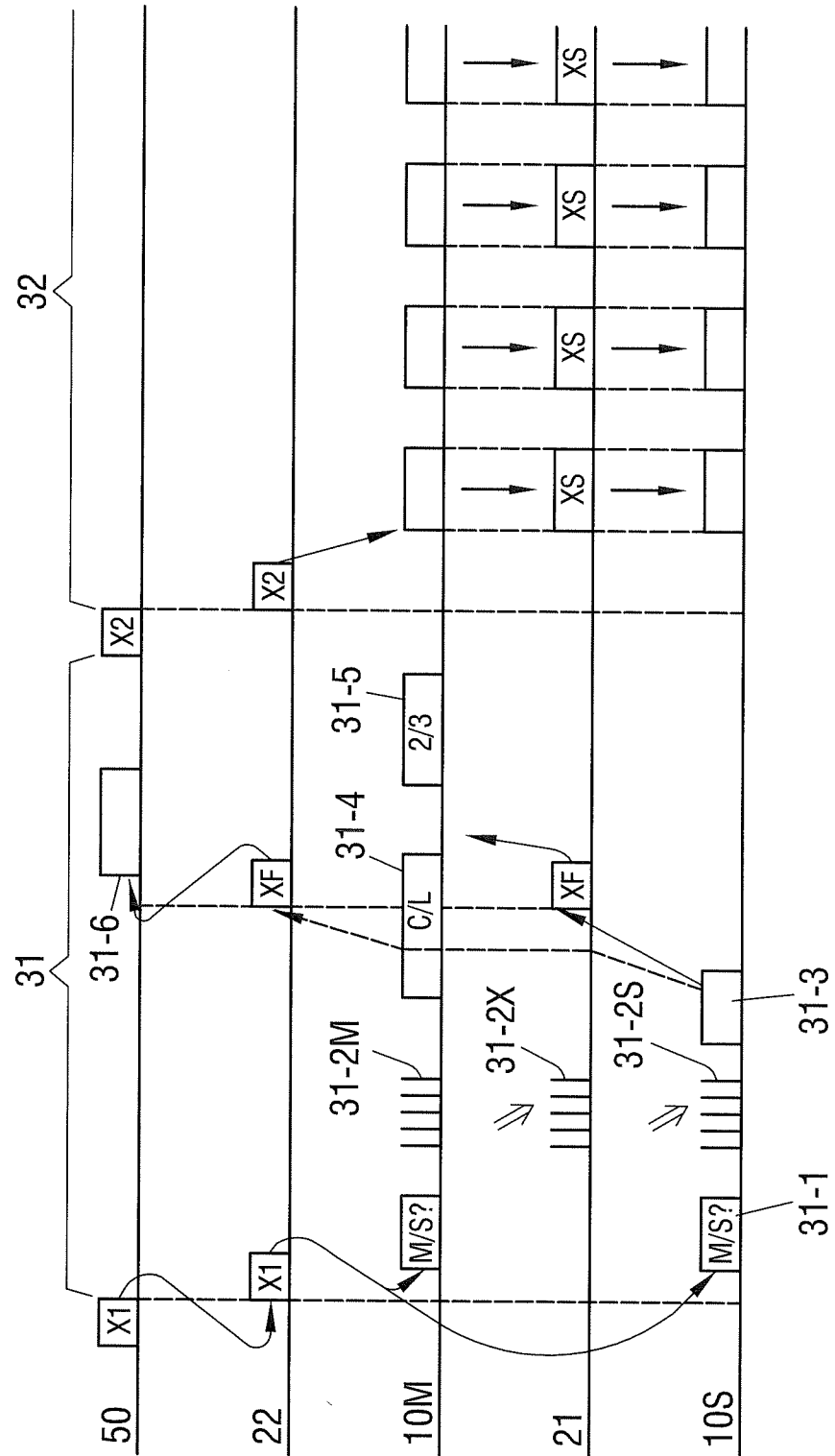


Fig.4

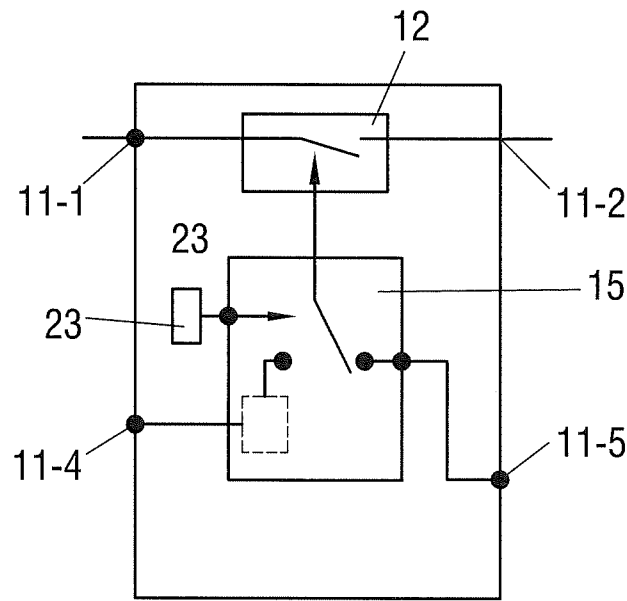
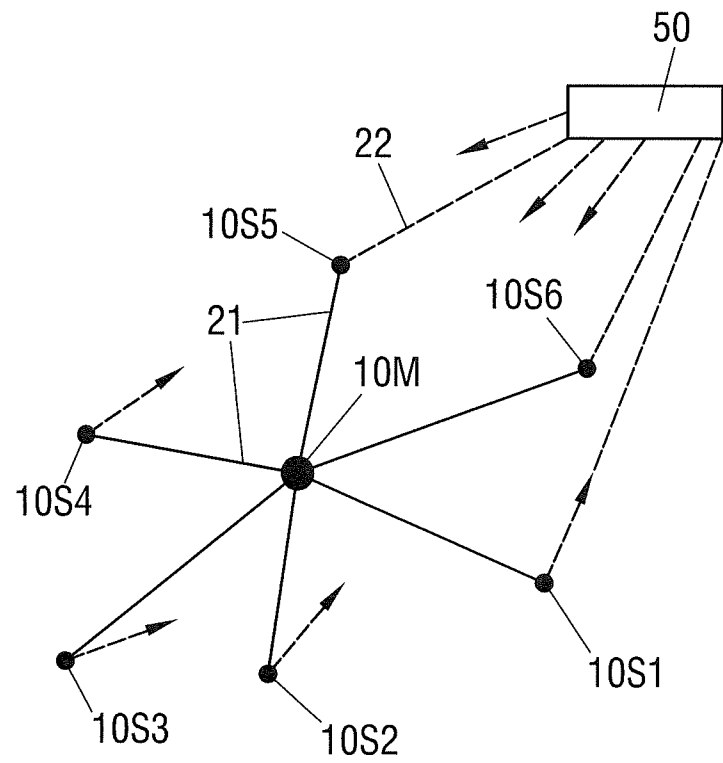


Fig.5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/055197

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H05B 47/10**(2020.01)i; **H05B 45/31**(2020.01)i

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 practicable, 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         | DE 102006013518 B3 (SIEMENS AG [DE]) 27 September 2007 (2007-09-27)<br>paragraph [0030] - paragraph [0050]; figures 1-3       | 1-16                  |
| X         | DE 102017213888 B3 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 31 October 2018 (2018-10-31)<br>paragraph [0022] - paragraph [0029]; figures 1-3 | 1,15,16               |
| X         | DE 102016209278 B3 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 10 August 2017 (2017-08-10)<br>paragraph [0020] - paragraph [0035]; figure 1     | 1,15,16               |



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 application or patent 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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 2021

Date of mailing of the international search report

27 May 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Plamann, Tobias

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2021/055197**

| Patent document<br>cited in search report |              |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|--------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| DE                                        | 102006013518 | B3 | 27 September 2007                    | NONE                    |              |    |                                      |
| DE                                        | 102017213888 | B3 | 31 October 2018                      | CN                      | 111279795    | A  | 12 June 2020                         |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102017213888 | B3 | 31 October 2018                      |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3666045      | A1 | 17 June 2020                         |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2020367343   | A1 | 19 November 2020                     |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2019029910   | A1 | 14 February 2019                     |
| DE                                        | 102016209278 | B3 | 10 August 2017                       | DE                      | 102016209278 | B3 | 10 August 2017                       |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3253182      | A1 | 06 December 2017                     |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H05B47/10 H05B45/31  
 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          | DE 10 2006 013518 B3 (SIEMENS AG [DE])<br>27. September 2007 (2007-09-27)<br>Absatz [0030] - Absatz [0050]; Abbildungen<br>1-3       | 1-16               |
| X          | DE 10 2017 213888 B3 (SIEMENS SCHWEIZ AG<br>[CH]) 31. Oktober 2018 (2018-10-31)<br>Absatz [0022] - Absatz [0029]; Abbildungen<br>1-3 | 1,15,16            |
| X          | DE 10 2016 209278 B3 (SIEMENS SCHWEIZ AG<br>[CH]) 10. August 2017 (2017-08-10)<br>Absatz [0020] - Absatz [0035]; Abbildung 1         | 1,15,16            |



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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Mai 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/05/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Plamann, Tobias

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/055197

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102006013518 B3                                 | 27-09-2007                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102017213888 B3                                 | 31-10-2018                    | CN 111279795 A                    | 12-06-2020                    |
|                                                    |                               | DE 102017213888 B3                | 31-10-2018                    |
|                                                    |                               | EP 3666045 A1                     | 17-06-2020                    |
|                                                    |                               | US 2020367343 A1                  | 19-11-2020                    |
|                                                    |                               | WO 2019029910 A1                  | 14-02-2019                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102016209278 B3                                 | 10-08-2017                    | DE 102016209278 B3                | 10-08-2017                    |
|                                                    |                               | EP 3253182 A1                     | 06-12-2017                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |