



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.01.2010 Patentblatt 2010/04**

(51) Int Cl.:  
**F02N 11/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09100294.9**

(22) Anmeldetag: **26.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **24.07.2008 DE 102008040681**

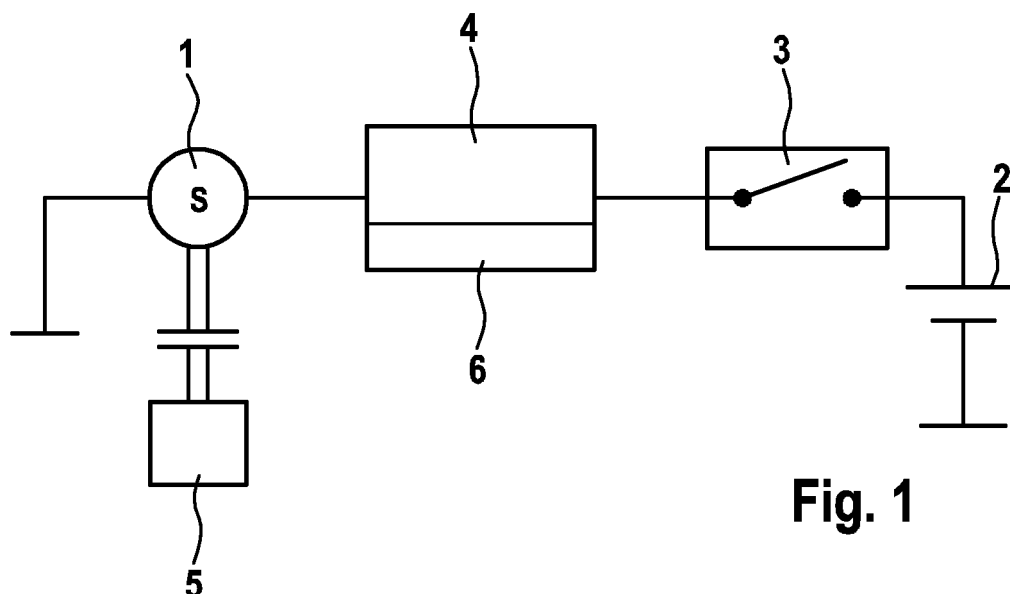
(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70469 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Gross, Juergen**  
**70327, Stuttgart (DE)**  
• **Merkle, Michael**  
**70192, Stuttgart (DE)**  
• **Abele, Marcus**  
**71701, Schwieberdingen (DE)**

(54) **Verfahren und Startersteuerung zum Starten einer Brennkraftmaschine mittels eines Starters**

(57) Es wird ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (5) eines Fahrzeugs mittels eines Starters (1) und einer daran angeschlossenen Startersteuerung (4) beschrieben. Um einen Starter (1) mit hoher Leistung

und mit einer geringen mechanischen elektrischen Belastung effizienter beim Start einer Brennkraftmaschine einzusetzen, wird ein Starterstrom (I) im Startvorgang von der Startersteuerung (4), die elektronische Bauteile umfasst, definiert geregelt.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs mittels eines Starters und einer daran angeschlossenen Startersteuerung. Die Erfindung bezieht sich ferner auf ein Computerprogrammprodukt, auf eine Startersteuerung mit einer Steuerelektronik für einen Starter zum Starten einer Brennkraftmaschine in einem Fahrzeug, wobei insbesondere in der Startersteuerung ein erfindungsgemäßes Verfahren, bevorzugt mittels eines Computerprogrammprodukts ausgeführt wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Bordnetz für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten konstanten niederen Spannungsteilnetz für einen Verbraucher und/oder Energiespeicher und einem zweiten variablen Hochspannungsteilnetz für zumindest einen Mehrspannungsgenerator.

**[0002]** Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine Bordnetzmodulvorrichtung für ein Kraftfahrzeug mit einem DC/DC-Wandler, einer Steuerung für einen Mehrspannungsgenerator und einem elektrischen Energiespeicher mit einer Hochspannung.

**[0003]** Es ist bekannt, eine Brennkraftmaschine mittels eines Starters zu starten. Der Starter ist herkömmlicher Weise als Gleichstrommaschine ausgebildet und liegt direkt an der Batterie mit einer Spannung zwischen 12 und 14 V, je nach Ladungszustand, an. Der Starter wird durch einen einfachen Schalter mittels eines Steuerrelais entweder durch Drehen des Zündschlüssels manuell gesteuert oder elektronisch durch eine Startknopfsteuerung.

**[0004]** Es ist bekannt, insbesondere bei Hybridfahrzeugen, Starter in einem Bordnetz mit einer Spannung größer als 14 V zu betreiben. Ferner sind Start-Stopp- und Rekuperationssysteme aus Hybridfahrzeugen bekannt, die mindestens einen Mehrspannungsgenerator (Multi-Voltage-Generator), Doppelschichtkondensatoren (DLC) und einen Gleichstrom/Gleichstrom-Wandler (DC/DC-Wandler) umfassen. Der Starter ist eine elektrische Maschine, der auch als Generator arbeiten kann und als integrierter Startergenerator einsetzbar ist. Der integrierte Startergenerator ist in einem Teilnetz mit einer höheren Spannung z. B. 14 - 32 V für Kraftfahrzeuge und 14 - 42 V für Nutzfahrzeuge angeordnet. Ein solches Mehrspannungsbordnetz wird beispielsweise in der DE 103 30 703 A1 beschrieben. Ferner ist folgender Stand der Technik bekannt.

**[0005]** Die DE 41 38 943 C1 beschreibt eine Spannungsversorgung für ein Fahrzeug mit zwei Spannungs speichern, wobei ein Starter nur von einem Spannungspeicher versorgt wird. Während des Startvorgangs wird der Starter mit Hilfe eines Lade-/ Trennmoduls vom übrigen Bordnetz abgetrennt.

**[0006]** Die DE 10 2005 051 433 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung eines Generators in einem Zwei-Spannungs-Bordnetz eines Kraftfahrzeugs mit einem ersten Spannungskreis, dem der Generator mit einem Kondensator zugeordnet ist und

dessen Spannungsniveau innerhalb eines Spannungsintervalls abhängig von den Betriebsbedingungen des Fahrzeugs variabel geregelt wird und mit einem zweiten Spannungskreis, dessen Spannungsniveau an der unteren Grenze des Spannungsintervalls liegt und dem eine Batterie zugeordnet ist.

**[0007]** Die DE 102 31 517 B4 beschreibt ein Bordnetz und ein Verfahren zum Betreiben eines Bordnetzes für ein Kraftfahrzeug mit mindestens einem ersten und zweiten Spannungsniveau und einem Generator. Das erste und das zweite Spannungsniveau sind über eine Koppelungsvorrichtung miteinander gekoppelt, die einen Längsregler umfasst, zu dem ein DC/DC-Wandler parallel geschaltet ist.

**[0008]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren, ein Computerprogrammprodukt, eine Startersteuerung, ein Bordnetz und eine Bordnetzmodulvorrichtung der eingangsgenannten Art derart weiterzubilden, um einen Starter mit hoher Leistung und mit einer geringen mechanischen elektrischen Belastung effizienter beim Start einer Brennkraftmaschine einzusetzen.

**[0009]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch den Gegenstand der Ansprüche 1, 6, 7, 8 und 10 gelöst. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0010]** Ein Erfindungsgedanke ist, den Starterstrom im Startvorgang zu steuern und nicht direkt an die Batterie oder an einen Energiespeicher anzuschließen. Es wird stattdessen im Gegensatz zum Stand der Technik eine Startersteuerung zwischen Batterie und Starter geschaltet.

**[0011]** Die Aufgabe wird mittels des Verfahrens dadurch gelöst, dass ein Starterstrom im Startvorgang von der Startersteuerung, die elektronische Bauteile umfasst, definiert geregelt wird. Somit wird vermieden, dass Starter mit einem sehr hohen Starterstrom, der beispielsweise 800 bis 1000 Ampere groß ist, im Startvorgang belastet wird. Der Starterstrom wird vorzugsweise durch die Startersteuerung auf einen kleineren Starterstrom reduziert.

**[0012]** Die Aufgabe wird mittels einer Startersteuerung für einen Starter zum Starten einer Brennkraftmaschine in einem Fahrzeug dadurch gelöst, dass die Startersteuerung eine Stromregelungseinrichtung umfasst mit der der Starterstrom um einen definierten Stromwert regelbar ist. Dies hat den Vorteil, dass die Lebensdauer des Starters durch die Stromregelung und eventuell durch eine zusätzliche Spannungsregelung sich deutlich erhöht. Der Startkomfort ist durch eine Stromspannungsregelung verbessert, da Geräusche des Starters und Vibrationen reduziert werden. Außerdem wird ein Spannungseinbruch beim Bordnetz während eines Warmstarts beispielsweise bei einem Start-Stopp-Betrieb besser vermieden. Außerdem verbessert sich die Startgeschwindigkeit der Brennkraftmaschine bei einem Start-Stopp-Betrieb bei einer Bestromung des Starters um einen definierten Stromwert über einen längeren Zeitraum im Startvorgang, da die Arbeitstakte mit oberen Tot-

punkten in der Brennkraftmaschine durch eine schnellere Kurbelbewegung früher erreicht werden.

**[0013]** Gemäß einer die Erfindung weiterbildenden Verfahren wird der Starterstrom von der Startersteuerung des Starters getaktet, so dass der Starter um einen definierten Stromwert beim Startvorgang betrieben wird. Der Starterstrom treibt den Starter in den ersten Bruchteilen einer Sekunde im Startvorgang beispielsweise mit einem nahezu konstanten Stromwert zwischen 400 und 600 Ampere an. Durch die Reduktion des Starterstroms sinkt der Verschleiß an den Bürsten und am Kommutator. Das Geräusch des Starters ist auch niedriger. Der Starterstrom wird getaktet an den Starter geleitet, so dass der Starterstrom in einem Toleranzband um den vorher festgelegten Stromwert betrieben wird. Übersteigt die Stromaufnahme des Starters einen festgelegten Stromwert des Toleranzbands, so setzt die Taktung ein, den Strom zu unterbrechen. Wird ein Stromabfall an der unteren Schwelle des Toleranzbandes beim Starterstrom detektiert, so wird die Unterbrechung aufgehoben und der Starter wieder mit Strom beaufschlagt.

**[0014]** Um aus einem herkömmlichen Starter einen Leistungsgewinn zu erzielen, wird der Starter von der Startersteuerung mit einer variablen einstellbaren Starterspannung definiert beaufschlagt. Die Spannung am Starter kann somit deutlich höher als die übliche Batteriespannung von 12 bis 14 V liegen.

**[0015]** Gemäß einem weiter bevorzugten Verfahren wird die Stromleistung zum Start des Starters durch Regelung mittels der Startersteuerung aus mindestens zwei Energiespeichern, insbesondere technisch verschieden aufgebauten Energiespeichern, besonders bevorzugt einer Batterie und/oder mindestens einem Kondensator, entnommen. Erfindungsgemäß kann somit die Startersteuerung die elektrische Energie von zwei verschiedenen Energiespeichern steuern und diese dem Starter zuführen. Die Startersteuerung entscheidet dabei je nach Ladungszustand aus welchem Energiespeicher elektrische Energie entnommen wird. Beispielsweise ist der eine Energiespeicher der Batterie mit einer Spannung zwischen 12 und 14 V und der zweite Energiespeicher mindestens ein Kondensator, besonders bevorzugt ein Doppelschichtkondensator mit einer Spannung von beispielsweise bis zu 42 V. Sollte der Kondensator genügend elektrische Energie aufweisen, um mit Hilfe des Starters die Brennkraftmaschine zu starten, so wird die Startersteuerung nur den Kondensator entladen. Wenn ein Fahrzeug nach einem längeren Stillstand gestartet werden soll, weist der Kondensator häufig eine nicht ausreichende Energie auf, so dass entweder der Starter direkt von der Batterie gespeist wird, was die Startersteuerung regelt. In einem alternativen Verfahren lädt die Batterie erst den Kondensator auf, so dass der Starter wieder mit der Energie des Kondensators die Brennkraftmaschine startet. Die Energiezufuhr im Starter steuert erfindungsgemäß die Startersteuerung. Es kann auch vorkommen, dass die elektrische Energie für den Startvorgang aus dem Kondensator und der Batterie kombiniert

wird. Beispielsweise wird zum Anlauf des Starters die Energie zuerst dem Kondensator entzogen und anschließend, wenn der Kondensator geleert ist, wird die Energie aus der Batterie zugeführt.

**[0016]** Um die elektrische Energie für den Starter möglichst effizient einzusetzen, werden nach einem bevorzugten Verfahren von der Startersteuerung Informationen an Schnittstellen aufgenommen und verarbeitet, so dass mindestens der Starterstrom und/oder die Starterspannung in Abhängigkeit der Informationen geregelt wird. Es können beispielsweise Signale über ein Bussystem wie beispielsweise den LIN-Bus oder an Klemme 50 Informationen über die Temperaturen, Zustandsgrößen von Komponenten, beispielsweise die Kurbelwelldrehzahl und von einer Schnittstelle mit der Motorsteuerung aufgenommen werden, so dass der Starterstrom in Abhängigkeit dieser Parameter entsprechend angesteuert wird. Hierfür sind beispielsweise Kennlinien in der Startersteuerung hinterlegt, gemäß denen der Starter mittels der Startersteuerung betrieben wird.

**[0017]** Beispielsweise sind bei einem Warmstart die Ladezustände und die Temperaturen anders, als bei einem Kaltstart, so dass auch die benötigte elektrische Energiemenge verschieden ist.

**[0018]** Die Startersteuerung kann durch ausschließlich elektronische Bauteile ausgebildet sein. Bevorzugt weist die Startersteuerung einen Mikroprozessor mit einem Programmspeicher auf.

**[0019]** Der Aufgabe wird mittels eines Computerprogrammprodukts dadurch gelöst, dass sie in einen Programmspeicher mit Programmbefehlen ladbar ist, um alle Schritte des oben beschriebenen Verfahrens auszuführen, wenn das Programm in einer Startersteuerung ausgeführt wird. Dies hat den Vorteil, dass die Startersteuerung an verschiedene Starter bzw. Brennkraftmaschinen variabel anpassbar ist. Ferner ist eine Feineinstellung bzw. nachträgliche Verbesserung des Verfahrens durch verbesserte, beispielsweise empirisch ermittelte Parameterwerte leicht möglich.

**[0020]** Gemäß einer die Erfindung weiterbildenden Ausführungsform umfasst die Stromregelungsvorrichtung in der Startersteuerung einen DC/DC-Wandler. Dies hat den Vorteil, dass der Starter auch mit höheren Spannungen als die übliche Batteriespannung betrieben werden kann, so dass die Startgeschwindigkeit im Start-Stopp-Betrieb sich aufgrund einer solchen Spannungserhöhung in einer Leistungssteigerung des Starters auswirkt. Somit werden obere Totpunkte an zündbaren Zylindern der Brennkraftmaschine früher erreicht, so dass die Brennkraftmaschine schneller gestartet werden kann.

**[0021]** Die Aufgabe wird durch ein Bordnetz dadurch gelöst, dass mindestens ein Drittes unabhängiges, variables Teilnetz zur Regelung mindestens eines Verbrauchers und/oder Energiespeichers ausgebildet ist. Dadurch, dass der Starter als Verbraucher in einem dritten unabhängigen variablen Teilnetz geschaltet werden kann, kann der Starter effizient eingesetzt werden, es

können Spannungseinbrüche vermieden werden und der Starter kann sowohl von einem Energiespeicher einer Hochspannung d. h. größer 14 Volt als auch von einem Energiespeicher mit einer zwischen 12 und 14 V variabel und kombinierbar mit elektrischer Energie gespeist werden. Somit reduziert sich die Verlustleistung eines Bordnetzes, da die elektrische Energie hocheffizient als Hochspannung in Energiespeichern, wie beispielsweise Doppelschichtkondensatoren eine bestimmte Zeit gepuffert werden kann.

**[0022]** Gemäß einer die Erfindung weiterbildenden Ausführungsform ist mindestens ein Viertes unabhängiges Teilnetz mit mindestens einem Verbraucher und/oder Energiespeicher ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise ein Doppelschichtkondensator als separater Energiespeicher mit einer größeren Spannung bzw. Hochspannung in einem unabhängigen Teilnetz ausgebildet sein kann und eine Steuerung Energie aus sowohl dem vierten Teilnetz als auch dem ersten Teilnetz mindestens einem Verbraucher in dem dritten oder ersten Teilnetz zuführen kann.

**[0023]** Um Spannungseinbrüche noch besser zu vermeiden, ist gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform die Batterie für ein Niederenergievoltnetz im ersten Teilnetz und ein Verbraucher für Niedervolt in einem fünften Teilnetz ausgebildet.

**[0024]** Die Aufgabe wird mittels einer Bordnetzmodulvorrichtung für ein Fahrzeug danach gelöst, dass der DC/DC-Wandler, als Teil einer insbesondere oben beschriebenen Startersteuerung ausgebildet ist, um mindestens zwei verschiedene Teilnetze, ein erstes Teilnetz für den Mehrspannungsgenerator mit einer Mehrspannung und mindestens ein zweites Teilnetz für einen Starter unabhängig voneinander zu regeln. Dies hat den Vorteil, dass ein DC/DC-Wandler, der in der Bordnetzmodulvorrichtung aufgrund des Mehrspannungsgenerators in Kombination mit zwei elektrischen Energiespeichern, einmal für eine Hochspannung und einmal für eine niedrige, konstante Spannung von 12 Volt bis 14 Volt, angeordnet ist mit einer zweiten Funktion ausgefüllt werden kann. Wenn der DC/DC-Wandler im Startvorgang der Brennkraftmaschine sowieso nicht arbeitet, kann der DC/DC-Wandler die Funktion übernehmen, eine variable Spannung an den Starter abzugeben, um die Leistung des Starters zu erhöhen, wobei der Starterstrom um einen bestimmten Stromwert definiert geregelt wird und dadurch eine Beschleunigung der Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine zeitlich schneller ausführt, so dass die zündbaren oberen Totpunkte (OT) in Zylindern der Brennkraftmaschine früher erreicht werden, als ein herkömmlicher Starter ohne einen geregelten d. h. einen ungeregelten Starterstrom. Der Starter und der mindestens eine Energiespeicher sind durch die definierte Regelung des Starterstroms weniger als in herkömmlicher Weise belastet. Die Lebensdauer beider Komponenten steigt. Der DC/DC-Wandler muss zur Regelung des Starterstroms nur geringfügig modifiziert und erweitert werden. Wesentliche Teile des DC/DC-Wandlers können so-

wohl zur Regelung des Starterstroms als auch zur Regelung von Ladeströmen für mindestens einen Energiespeicher in dieser Doppelfunktion vorteilhaft eingesetzt werden.

**[0025]** Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich entsprechend ebenso vorteilhaft bei einem Hybridfahrzeug einsetzen, bei dem beispielsweise der Starter und der Mehrspannungsgenerator als eine elektrische Maschine ausgebildet sind.

**[0026]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar sind.

15 Kurzbezeichnung der Figuren

**[0027]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20

Fig. 1 einen schematischen Schaltplan eines Starters mit einer Startersteuerung,

25

Fig. 2 einen schematischen Schaltplan eines erfindungsgemäßen Bordnetzes gemäß einer ersten Ausführungsform,

30

Fig. 3 einen Schaltplan des Bordnetzes gemäß einer zweiten Ausführungsform und

35

Fig. 4 ein Zeit-Strom-Diagramm.

40

**[0028]** Die Fig. 1 zeigt schematisch und abstrahiert den elektrischen Schaltplan eines Starters 1 zum Starten einer Brennkraftmaschine 5. Der Starter 1 wird von einer Batterie 2 gespeist und wird von einem Schalter 3 ein- bzw. ausgeschaltet. Der Schalter 3 ist bei herkömmlichen Fahrzeugen ein Taster, der im Zündschloss verbaut ist und beim Drehen des Zündschlüssels um Zündschloss betätigt wird. Der Taster 3 kann in einer alternativen Ausführungsform eine Startersteuerung 4 aktivieren und beispielsweise als separater Startknopf ausgebildet sein.

45

**[0029]** Erfindungsgemäß weist die Startersteuerung 4 eine Stromregelungseinrichtung auf, mit der ein Starterstrom  $I$  um einen definierten Stromwert  $I_W$  regelbar ist. Somit wird der Starter 1 nicht mehr mit der vollständigen Ladung der Batterie 2 beaufschlagt, sondern der Strom  $I$  am Starter 1 wird definiert in einem Toleranzband um den Stromwert  $I_W$  geregelt. Dies hat den Vorteil, dass der Starter 1 elektrisch und mechanisch weniger beansprucht wird und die Starterleistung zunimmt, so dass die mit dem Starter 1 in mechanischer Wirkverbindung stehende Brennkraftmaschine 5 schneller angedreht werden kann, wie zur Fig. 4 beschrieben wird.

50

**[0030]** Um am Starter 1 die Leistung zu erhöhen, umfasst die Stromregelungseinrichtung in der Startersteuerung 4 bevorzugt einen DC/DC-Wandler 6, der einen definierten, geregelten Starterstrom  $I$  mit einer variablen

und höheren Starterspannung  $U_s$  bereitstellen kann. Hierfür ist der DC/DC-Wandler 6 mit einer entsprechenden Elektronik erweitert ausgebildet.

**[0031]** Die Fig. 2 zeigt einen schematischen Schaltplan eines erfindungsgemäßen Bordnetzes 7 mit einer Bordnetzmodulvorrichtung 8. Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 kann auch als Bordnetzmanagementmodul bezeichnet werden, dass elektrischen Verbrauchern Energie aus Energiespeichern zuführt und von mindestens einem elektrischen Generator elektrische Energie in die Energiespeicher wiederum zuführt. Das Bordnetz 7 hat ein erstes Teilnetz 9 mit einer konstanten Spannung von 12 bis ca. 14 Volt, die vom Ladezustand einer Batterie 2 abhängt. Im Bordnetz 7 sind eine Vielzahl von Verbrauchern angeordnet. Im ersten Teilnetz 9 sind parallel zur Batterie 2 Verbraucher 16 geschaltet, die auf eine konstante, niedrige Spannung zwischen 12 und 14 Volt ausgelegt sind. Das Bordnetz 7 umfasst ein zweites Teilnetz 10 das für eine variable Spannung, größer als 14 Volt vorgesehen ist. Die Spannung wird von einem Mehrspannungsgenerator 11, auch Multi-Voltage-Generator genannt, erzeugt.

**[0032]** Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 umfasst einen DC/DC-Wandler 6, der die variable Spannung von über 14 Volt auf die konstante Spannung des ersten Teilnetzes 9 umwandelt. An der Bordnetzmodulvorrichtung 8 ist in einem dritten Teilnetz 12 der Starter 1 geschaltet. Dies hat den Vorteil, dass der Starter 1 sowohl mit einer konstanten Spannung von bis zu 14 Volt von der Batterie 2 aus dem ersten Teilnetz 9 betrieben werden kann, als auch mit der Energie mit einer höheren Spannung aus einem Kondensator, insbesondere einem Doppelschichtkondensator (DLC) 13, der in einem vierten Teilnetz 12 an der Bordnetzmodulvorrichtung 8 angeschlossen ist. Der DC/DC-Wandler 6 mit einer erweiterten Schaltung hat die zusätzliche vorteilhafte Funktion eine, wie zur Fig. 1 beschrieben, integrierte Startersteuerung 4 darzustellen.

**[0033]** Der Starter 1 wird mittels des DC/DC-Wandlers 6 mit einem geregelten Starterstrom  $I_w$  beaufschlagt. Die dafür notwendige Energie wird primär dem Doppelschichtkondensator 13 entzogen, der eine höhere Spannung als 14 Volt aufweist. Der Doppelschichtkondensator 13 wird durch eine entsprechende Steuerung von der Bordnetzmodulvorrichtung 8 direkt vom Mehrspannungsgenerator 11 aus dem zweiten Teilnetz 10 geladen. Ist der Doppelschichtkondensator 13 aufgeladen, so kann anschließend, oder gegebenenfalls parallel getaktet die Batterie 2 durch den Mehrspannungsgenerator 11 aufgeladen werden, wobei die Spannung des Mehrspannungsgenerators 11 in eine konstante Spannung für die Batterie 2 durch den DC/DC-Wandler 6 umgewandelt wird. Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 übernimmt somit die Regelung der Ladezustände von der Batterie 2 und dem Doppelschichtkondensator 13.

**[0034]** Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 weist ferner Schnittstellen 15 auf, um Signale in Form von Informa-

tionen über Temperaturen und Zustandsgrößen von Komponenten, wie beispielsweise die Kurbelwellendrehzahl aufzunehmen, zu verarbeiten und dementsprechend die Regelung der Ladezustände aber auch die Ansteuerung des Starters 1 angepasst zu übernehmen. Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 ist somit über die Schnittstelle 15, die beispielsweise eine Bus-Schnittstelle wie LIN oder CAN oder die Klemme 50 sein kann, informiert, ob der Starter 1 einen Kaltstart ausführen muss, weil das Fahrzeug längere Zeit abgestellt war oder ob ein Warmstart bevorsteht, da eine Start-Stopp-Betriebsstrategie ausgeführt wurde. Je nach Situation kann die Zuführung des Starterstroms  $I$  angepasst werden und verschieden sein. In einem Speicher unterstützen niedergelegte Kennlinien die Steuerung des Starterstroms  $I$ . **[0035]** Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 übernimmt ferner auf Basis von Messgrößen des Stroms  $I$ , der Spannung  $U$  am Doppelschichtkondensator 13 und der Batterie 2 sowie unter zu Hilfenahme einer Temperaturmessung die Aufgabe der Schätzung des Ladezustands, der Leistungsfähigkeit wie der Alterung der Energiespeicher. Damit kann die Steuerung der Verbraucher und Energiespeicher in den mindestens vier verschiedenen Teilnetzen effizient umgesetzt werden.

**[0036]** Aufgrund des erfindungsgemäßen Bordnetzes 7 mit der Bordnetzmodulvorrichtung 8 ergeben sich viele Vorteile. Die Lebensdauer des Starters 1 ist verlängert, da der Starter 1 beim Anlauf des Starters 1 mit einem geringeren mittleren Anlaufstrom und geringeren impulsförmigen mechanischen Belastungen beaufschlagt wird. Deshalb kann der Starter 1 kostengünstiger, einfacher und gegebenenfalls kleiner ausgebildet sein. Das dritte Teilnetz 12 mit dem Starter 1 ist vom ersten Teilnetz 9, an dem Verbraucher 16 mit einer konstanten niedrigen Spannung der Batterie 2 angeordnet sind, durch den Einbau und Zwischenschaltung des DC/DC-Wandlers 6 in der Bordnetzmodulvorrichtung 8 entkoppelt. Somit erkennt der Fahrer auch bei häufigen Start-Stopp-Betriebsstrategien Spannungseinbrüche nicht mehr.

**[0037]** Durch den Einsatz eines Mehrspannungsgenerators 11 über einen hohen variablen Spannungsbereich beispielsweise zwischen 14 bis 42 Volt und mehr und mindestens eines Doppelschichtkondensators 13 oder ähnlichen Hochleistungskondensatoren ist das Rekupe-  
rationspotential gegenüber herkömmlichen Bordnetzsystemen mit einem herkömmlichen Generator in einem deutlich kleineren und konstantem Spannungsbereich deutlich verbessert. Der Wirkungsgrad des Mehrspannungsgenerators ist signifikant auf über 80% erhöht.

**[0038]** Ein weiterer Vorteil ist, dass die Batterie 2 im Bordnetz 7 durch den gesteuerten Anlauf des Starters 1 und der reduzierten Starterströme  $I$  in der Größe gegenüber herkömmlichen Kfz-Bordnetzen reduziert ist, da eine Batterie 2 herkömmlicherweise auf die Anforderungen eines Starts der Brennkraftmaschine bei tiefen Temperaturen ausgelegt ist und einen entsprechend großen Starterstrom gewöhnlich bereitstellen muss.

**[0039]** Somit ergeben sich Kostenvorteile durch eine

Größenreduktion der Batterie 2 und aufgrund eines geringeren Verschleißes, beispielsweise der Bürsten oder des Kommutators beim Starter 1 aufgrund von geringeren Starterströmen I beim Anlauf. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist, dass Schaltelemente, wie der DC/DC-Wandler 6, der wegen einem Mehrspannungsgenerator 11 und dazugehörigen Doppelschichtkondensatoren 13 in der Bordnetzmodulvorrichtung 8 integriert ist, mitgenutzt und in geeigneter Weise erweitert eingesetzt ist, um den Starterstrom I im Startvorgang der Brennkraftmaschine 5 um einen definierten Stromwert  $I_W$  zu regeln, in dem der Starterstrom I getaktet wird. Somit ist keine zusätzliche separate Leistungselektronik zur Steuerung des Starterstroms I für den Starter 1 erforderlich. Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 umfasst die Startersteuerung 4 und hat zusätzlich wichtige Schalt- und Ladefunktionen.

**[0040]** Außerdem ist die Lebensdauer der Batterie 2 durch Unterstützung von mindestens einem Doppelschichtkondensator 13 deutlich verlängert, da die Batterie 2 einer deutlich geringeren Belastung ausgesetzt ist.

**[0041]** Die Fig. 3 zeigt den Schaltplan eines Bordnetzes 7 in einer zweiten besonderen Ausführungsform. Bei dieser Ausführungsform ist die Batterie 2 im Gegensatz zur ersten Ausführungsform gemäß der Fig. 2 vom Bordnetz 7 mit einer Spannung von ca. 12 Volt bis 14 Volt durch die Bordnetzmodulvorrichtung 8 entkoppelt. Die Batterie 2 befindet sich somit im ersten Teilnetz 9 und die Verbraucher des Bordnetzes 16 mit konstanter Niedrigspannung sind in einem fünften Teilnetz 17 angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass das fünfte Teilnetz 17 von Spannungseinbrüchen im ersten Teilnetz 9 entkoppelt ist, so dass der Komfort verbessert wird und gegebenenfalls Spannungseinbrüche sehr schnell, bzw. für die Fahrzeuginsassen nicht merklich, beispielsweise durch den Doppelschichtkondensator 13 in Verbindung mit dem DC/DC-Wandler 6 ausgeglichen werden. Die Trennung des fünften Teilnetzes 17 mit den Verbrauchern 16 mit konstanter Bordnetzspannung hat zudem den Vorteil, dass die Batterie 2 sicherer geladen bzw. entladen werden kann und Aussagen über die Batterie 2 des Ladezustands und der Alterung qualitativ hochwertiger realisierbar sind.

**[0042]** Die Fig. 4 zeigt ein Zeit-Strom-Diagramm eines Starters 1 beim Anlauf des Starters 1, um eine Brennkraftmaschine 5 zu starten. Eine gestrichelte Zeit-Strom-Kennlinie H zeigt den Verlauf des Starterstroms bei einer herkömmlichen Schaltung des Starters 1 gemäß der Fig. 1 ohne eine erfindungsgemäß eingebaute Startersteuerung 4. Der Starterstrom I steigt in den ersten Bruchteilen einer Sekunde auf 800 bis 1000 Ampere oder noch mehr an, je nach Startertyp und Typ der Brennkraftmaschine und fällt dann sehr stark ab. Dabei gibt es jeweils "Berg"-Spitzen am ersten, zweiten und jedem weiteren zündbaren Totpunkten 1. OT, 2. OT eines jeden einzelnen Zylinders der Brennkraftmaschine, bis die Brennkraftmaschine selbst startet. Der hohe Starterstrom I beim Starteranlauf führt zu einem Verschleiß und einem Geräusch des Starters 1. Das Geräusch entsteht durch ein hohes

Anlaufmoment.

**[0043]** Aufgrund der Startersteuerung 4, die in der Bordnetzmodulvorrichtung 8 integriert ist, wird der Starterstrom I um einen definierten Stromwert  $I_W$ , beispielsweise bei 600 Ampere, über den ersten zündbaren Totpunkt, 1. OT zumindest bis kurz nach dem zweiten oberen zündbaren Totpunkt, 2. OT, der Brennkraftmaschine 5 geregelt. Dies ist durch die Zeit-Strom-Kennlinie E mit einer durchgezogenen vollen Linie dargestellt. Der Starterstrom I wird zur Regelung um den Stromwert von 600 Ampere getaktet. Es wird also in einer bestimmten Bandbreite um den zu regelnden Stromwert  $I_W$  ein Strom I dem Starter 1 zugeführt. Übersteigt der Strom I am Starter 1 einen bestimmten ersten Wert  $I_{W1}$ , so wird die Stromzuführung so lang unterbrochen, bis der Strom I unter einen bestimmten zweiten Wert  $I_{W2}$  fällt, so dass dem Starter 1 wieder Strom I zugeführt wird. Die Fig. 3 zeigt die Brandbreite und die Schwankungen des Stroms I um den Stromwert  $I_W$  aus Gründen der Vereinfachung lediglich als eine gerade Linie E.

**[0044]** Durch die Änderung der Zeit-Strom-Kennlinie von H zu E ist eine erhöhte Leistung aus dem Starter 1 erzielbar, was durch die schraffierte Fläche 18 zwischen der Kennlinie E und H dargestellt ist. Der Starter 1 hat somit ein höheres Drehmoment und erreicht den ersten und zweiten und alle weiteren oberen Totpunkte 1. OT, 2. OT der Brennkraftmaschine 5 früher. Es ergibt sich somit eine Startzeitverkürzung t der Brennkraftmaschine 5, was insbesondere bei einer Start-Stopp-Strategie von Vorteil ist und von dem Fahrer als positiv empfunden wird. Außerdem werden die Emissionen gesenkt, da aufgrund einer kürzeren Startzeit vermieden wird, den übrigen Verkehr aufzuhalten und zu behindern. Die Zeit-Strom-Kennlinie E ist aufgrund des DC/DC-Wandlers 6 realisierbar, der im Starter 1 den Strom I mit einer höheren Spannung zuführen kann.

**[0045]** Um den Energieverlust möglichst gering zu halten, wird der Starter 1 deshalb bevorzugt gemäß eines ersten Startverfahrens mittels eines Kondensators, insbesondere dem Doppelschichtkondensator 13, in der ersten Startphase und mit einem geregelten Starterstrom I und einer höheren Spannung, die über 14 Volt ist, beaufschlagt und in einer zweiten Phase, sollte die Energie vom Doppelschichtkondensator 13 zum vollständigen Start der Brennkraftmaschine nicht ausreichen, von der Batterie 2 gespeist.

**[0046]** Gemäß einem zweiten Betriebsmodus wird gemäß der Kennlinie E die Energie ausschließlich aus der Batterie 2 dem Starter 1 zugeführt, wenn beispielsweise das Fahrzeug länger abgestellt wurde und der Doppelschichtkondensator 13 noch nicht aufgeladen wurde.

**[0047]** Gemäß einem weiteren, dritten Startverfahren wird der Doppelschichtkondensator 13 kurz vor dem Start der Brennkraftmaschine 5 mittels der Bordnetzmodulvorrichtung 8 von der Batterie 2 aufgeladen, so dass der Starter 1 wiederum mit der Energie des Doppelschichtkondensators 13 in der ersten Startphase versorgt wird. Die Bordnetzmodulvorrichtung 8 regelt somit

mit integrierter Startersteuerung 4 die Energiezufuhr aus zwei technisch verschieden aufgebauten Energiespeichern, der Batterie 2 und dem Doppelschichtkondensator 13 zum Start des Starters 1. Aufgrund der Doppelfunktion des DC/DC-Wandlers 6 und der Aufspaltung des Bordnetzes 7 in mehrere, mindestens drei Teilnetze, werden elektrische Komponenten effizient, insbesondere die elektrische Maschine 1 als Starter mit verlängerter Lebensdauer eingesetzt.

[0048] Alle Figuren zeigen lediglich schematische nicht maßstabsgerechte Darstellungen. Im Übrigen wird insbesondere auf die zeichnerischen Darstellungen für die Erfindung als wesentlich verwiesen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Brennkraftmaschine (5) eines Fahrzeugs mittels eines Starters (1) und einer daran angeschlossenen Startersteuerung (4), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Starterstrom ( $I$ ) im Startvorgang von der Startersteuerung (4), die elektronische Bauteile umfasst, definiert geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Starterstrom ( $I$ ) von der Startersteuerung (4) des Starters (1) getaktet wird, so dass der Starter (1) um einen definierten Stromwert ( $I_W$ ) betrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Starter (1) von der Startersteuerung (4) mit einer variabel einstellbaren Starterspannung ( $U_S$ ) definiert beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromleistung zum Start des Starters (1) durch Regelung mittels der Startersteuerung (4) aus mindestens zwei Energiespeichern, insbesondere technisch verschieden aufgebauten Energiespeichern, besonders bevorzugt einer Batterie (2) und/oder mindestens einem Kondensator, entnommen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Startersteuerung (4) Informationen an Schnittstellen (15) aufgenommen und verarbeitet werden, so dass mindestens der Starterstrom ( $I_S$ ) und/oder die Starterspannung ( $U_S$ ) in Abhängigkeit der Informationen geregelt wird.
6. Computerprogrammprodukt, das in einem Programmspeicher mit Programmbefehlen ladbar ist, um alle Schritte eines Verfahrens nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5 auszuführen, wenn das Programm in einer Startersteuerung (4) ausgeführt

wird.

7. Startersteuerung (4) mit einer Steuerelektronik, für einen Starter (1) zum Starten einer Brennkraftmaschine (5) in einem Fahrzeug, wobei in der Startersteuerung insbesondere ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bevorzugt mittels eines Computerprogrammprodukts gemäß Anspruch 6 ausgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Startersteuerung (4) eine Stromregelungseinrichtung umfasst, mit der der Starterstrom ( $I$ ) um einen definierten Stromwert ( $I_W$ ) regelbar ist.
8. Startersteuerung (4) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stromregelungseinrichtung einen DC/DC-Wandler (6) umfasst.
9. Bordnetz (7) für ein Kraftfahrzeug mit einem ersten konstanten niederen Spannungsteilnetz (9) für einen Verbraucher und/oder Energiespeicher und einem zweiten Hochspannungsteilnetz (10), für zumindest einen Mehrspannungsgenerator (11) und einen Energiespeicher für Hochspannung und mit einer Ladesteuerung, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein drittes, unabhängiges, variables Teilnetz (12) zur Regelung mindestens eines Verbrauchers (16) und/oder Energiespeichers ausgebildet ist.
10. Bordnetz (7) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein viertes, unabhängiges Teilnetz (14) mit mindestens einem Verbraucher (16) und/oder Energiespeicher ausgebildet ist.
11. Bordnetzmodulvorrichtung (8) für ein Kraftfahrzeug, mit einem DC/DC-Wandler (6), einer Steuerung für einen Mehrspannungsgenerator (11) und mit mindestens einem elektrischen Energiespeicher für eine Hochspannung und mit einem elektrischen Energiespeicher mit einer niedrigen Spannung, **dadurch gekennzeichnet, dass** der DC/DC-Wandler (6) als Teil einer Startersteuerung (49, insbesondere nach Anspruch 7 oder 8 ausgebildet ist, um mindestens zwei verschiedene Teilnetze, ein erstes Teilnetz (9) für den Mehrspannungsgenerator (11) mit einer Mehrspannung und mindestens ein zweites Teilnetz (10) für einen Starter (1), unabhängig von einander zu regeln.

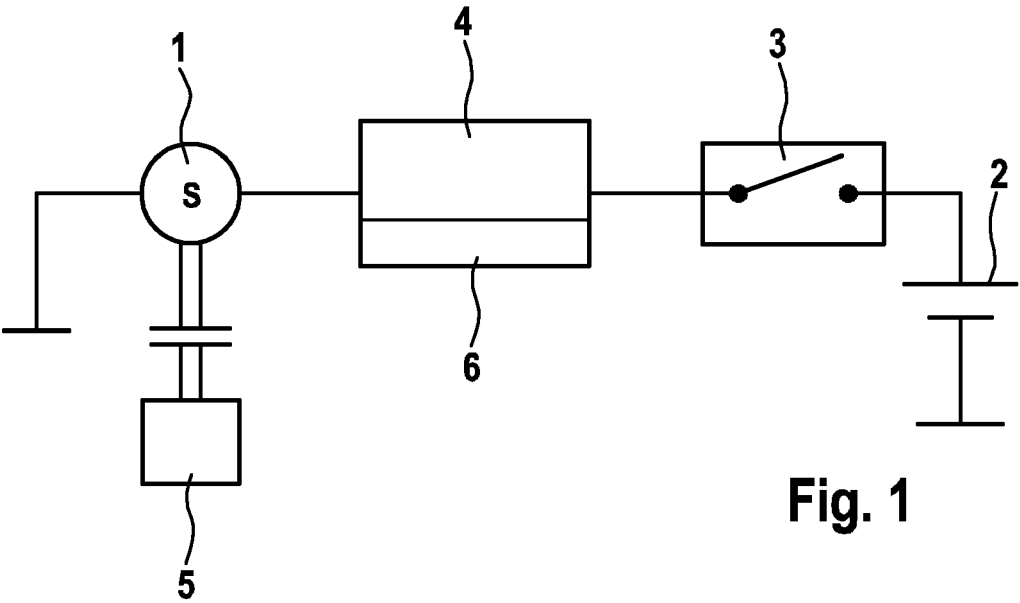


Fig. 1

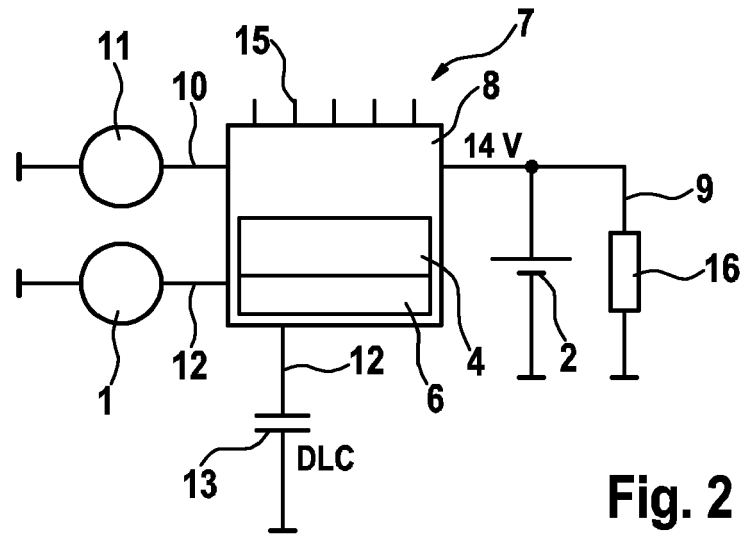


Fig. 2

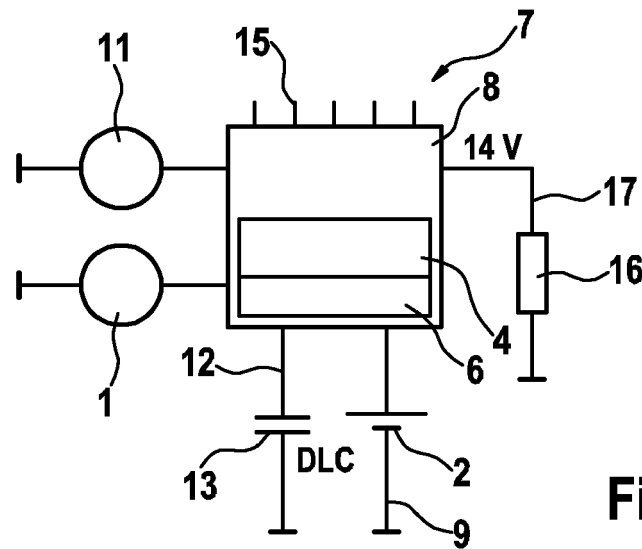


Fig. 3

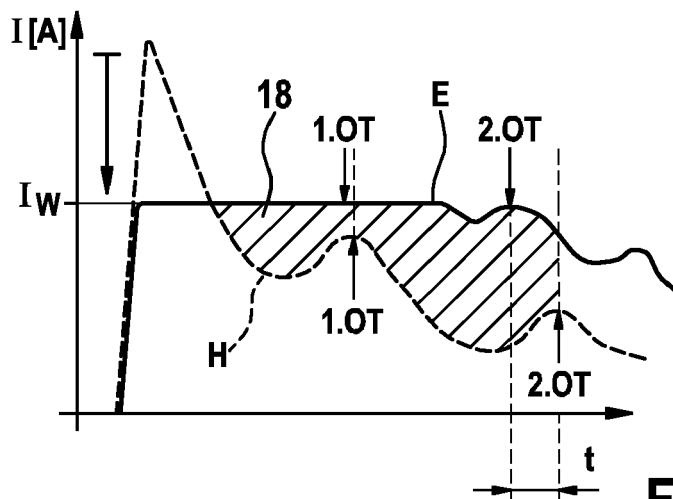


Fig. 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 10330703 A1 [0004]
- DE 4138943 C1 [0005]
- DE 102005051433 A1 [0006]
- DE 10231517 B4 [0007]