

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1646/2011
 (22) Anmeldetag: 08.11.2011
 (45) Veröffentlicht am: 15.01.2015

(51) Int. Cl.: **F02N 11/08** (2006.01)
B60W 20/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 DE 10042414 A1
 EP 1247979 A2
 DE 102006034933 A1
 DE 10305058 B3
 EP 1676738 A2

(73) Patentinhaber:
 AVL LIST GMBH
 8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
 KAUP CARSTEN DIPL.ING.
 COESFELD (DE)
 SCHÄFER TOBIAS DIPL.ING.
 COESFELD (DE)

(74) Vertreter:
 BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.
 WIEN

(54) VERFAHREN ZUR VERWALTUNG ELEKTRISCHER ENERGIE IN EINEM FAHRZEUG

(57) Ein Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE), der mit einem Startergenerator (SG) gekoppelt ist. Die vom Startergenerator (SG) erzeugte Energie in einem Startenergiespeicher (ES) einspeicherbar. Das Verfahren umfasst: Bestimmen eines Soll-Energieniveaus (E_D) des Startenergiespeichers (ES) abhängig von wenigstens einem Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s), wobei das Ist-Energieniveau (E_C) des Startenergiespeichers (ES) dem Soll-Energieniveau (E_D) nachgeführt wird; Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Fahren, so dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendes Startfähigkeits-Energieniveau (E_{D}^{Start}) ist; Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau (E_{D}^{Start}) ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau (E_C) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau (E_{D}^{Start}) entspricht.

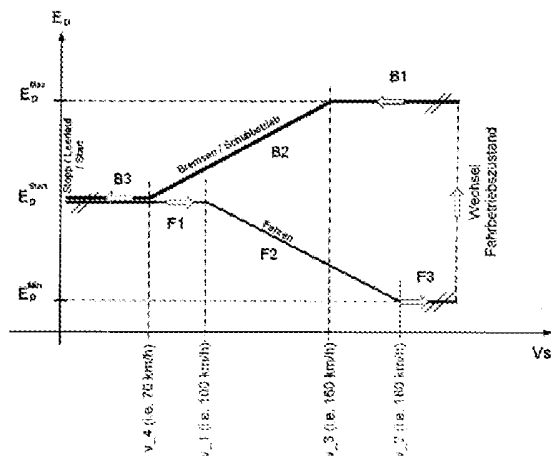


FIG. 3

Beschreibung

VERFAHREN ZUR VERWALTUNG ELEKTRISCHER ENERGIE IN EINEM FAHRZEUG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, der mit einem Startergenerator gekoppelt ist, wobei die vom Startergenerator erzeugte Energie in einem Startenergiespeicher einspeicherbar ist, wobei ein Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers abhängig von wenigstens einem Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt wird, wobei das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers dem Soll-Energieniveau nachgeführt wird, mit folgenden Schritten:

- [0002]** • Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Fahren, so dass es kleiner als ein Bezugsenergieniveau ist,
- [0003]** • Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubetrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Bezugsenergieniveau ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0004] Der Verbrennungsmotor eines Fahrzeugs wird herkömmlich mit einem konventionellen Einspur-Starter ("Anlasser") gestartet. In neuerer Zeit gibt es auch Vorschläge, zum Starten eine elektrische Maschine zu verwenden, die als Generator und Motor betrieben werden kann. Der Starter wird von einem Energiespeicher gespeist. Er kann den Verbrennungsmotor nur starten, wenn die Energie im Energiespeicher zum Start des Verbrennungsmotors ausreicht. Die zum Start benötigte Energiemenge ist dabei jeweils nicht etwa ein konstanter Wert, sondern kann beispielsweise von der Außentemperatur abhängig sein.

[0005] Nach dem Start wird der Energiespeicher üblicherweise durch einen Generator (bei dem es sich um einen gesonderten Generator oder die dann generatorisch betriebene elektrische Maschine handeln kann) wieder geladen. Der Generator deckt auch den Bedarf während des laufenden Betriebs. Erhöht sich nun der Energiebedarf im Fahrzeug, beispielsweise durch Einschalten der Klimaanlage, Heizung, und/oder einen anderer großen elektrischer Verbraucher, liefert der Generator entsprechend mehr elektrische Leistung, soweit der Bedarf noch im Rahmen seiner Nominalleistung liegt. Im allgemeinen ist hierdurch sichergestellt, dass die gespeicherte Energie für den nächsten Start des Verbrennungsmotors mit der elektrischen Maschine genügt.

[0006] Aus der EP 1257036 A2 ist es bekannt, den Ladevorgang eines elektrischen Energiespeichers eines Kraftfahrzeugs so zu steuern, dass sich dessen Ladezustand zwischen einer zum Starten des Verbrennungsmotors ausreichender Mindestladung und einer Maximalladung befindet; und andere Entnahmen aus dem Energiespeicher als diejenige zum Starten des Motors unterbunden werden, wenn der Ladezustand des Kondensators niedriger als die zum Starten ausreichende Mindestladung sein sollte.

[0007] Die EP 1136311 A2 betrifft ein Hybridfahrzeug, dessen Generator den Verbrennungsmotor unter Entnahme elektrischer Energie aus einem Energiespeicher antriebsmäßig unterstützen kann. Der Ladungszustand des Energiespeichers wird abhängig vom Fahrzustand prädiiziert. Der Ladungssollwert des Energiespeichers wird in Abhängigkeit von dem prädiizierten Wert eingestellt. EP 0933245 A2 betrifft ein Steuersystem zum Steuern eines Hybridfahrzeugs. Das Hybridfahrzeug hat einen Verbrennungsmotor, einen Elektromotor zum antriebsmäßigen Unterstützen des Verbrennungsmotors und zur Bremsenergieerückgewinnung, einen Energiespeicher für die vom Elektromotor erzeugten Energie, ein Restkapazitätserfassungsmittel für den Energiespeicher und ein Verzögerungsregenerativsteuermittel zum Ermitteln eines zu rekupeierenden Energiebetrags. Das Verzögerungssteuermittel berechnet den zu rekupeierenden Energiebetrag basierend auf einem Basisbetrag und einem Zunahmekorrekturkoeffizienten,

wobei der Basisbetrag zunimmt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit höher wird. Der Zunahmekorrekturkoeffizient ist abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Restkapazität des Energiespeichers.

[0008] Die DE 100 42 414 A1 beschreibt ein System zum Betreiben von elektrischen Traktionskomponenten in einem mit einer Brennkraftmaschine und wenigstens einer Elektromaschine ausgestatteten Kraftfahrzeug. Das System weist zumindest eine Batterie und zumindest einen Hochleistungskondensator auf. Die Ladung des Hochleistungskondensators aus der Batterie und die Rückführung von in dem Hochleistungskondensator gespeicherter elektrischer Energie in die Batterie erfolgt in Abhängigkeit des Ladezustandes des Hochleistungskondensators und in Abhängigkeit wenigstens einer bevorstehenden Energiebereitstellung oder einen bevorstehenden Energiebedarf der Elektromaschine ankündigenden Kenngröße.

[0009] Die EP 1 247 979 A2 beschreibt ein System zur Speicherung von elektrischer Energie, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Energiespeichersystems für ein Kraftfahrzeug. Dabei wird die Arbeitsspannung einer Steuereinrichtung von der momentanen Geschwindigkeit des Fahrzeuges abhängig gemacht. Bei hoher Geschwindigkeit werden die Kondensatorspeicher auf einer niedrigen Arbeitsspannung gehalten. Bei Unterschreitung einer bestimmten Grenzhgeschwindigkeit wird die Arbeitsspannung auf einem Wert nahe der bei der momentanen Temperatur maximal zulässigen Spannung eingestellt, damit für das Starten des Verbrennungsmotors und/oder den Beschleunigungsvorgang genug Energie zur Verfügung steht.

[0010] Aus der DE 103 05 058 B3 ist eine Energieversorgungsschaltung für ein Kraftfahrzeug-Bordnetz bekannt, welche einen Starter-Generator, eine Leistungselektronik, mindestens eine Batterie, mindestens einen dynamischen Energiespeicher und einen DC/DC-Wandler aufweist. Über eine Steuereinrichtung wird die Energieentnahme bzw. Energiezufuhr von/zu den Energiespeicher und/oder der Batterie bedarfsgerecht gesteuert.

[0011] Weiters offenbart die EP 1 676 738 A2 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben eines Hybridenergiespeichers in einem Fahrzeug mit einem Hybridantriebssystem. Dabei werden mittels eines Steuergerätes Betriebsparameter des Hybridantriebssystems und dynamische Parameter des Hybridenergiespeichers erfasst. Das Steuergerät bewirkt in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter und den dynamischen Parametern ein Absenken einer Spannung eines Kondensatorspeichers auf ein Spannungsniveau einer Batterie und ein Schließen eines Schalters, so dass die Batterie über die elektrische Verbindung über den geschlossenen Schalter aufgeladen wird. Vor einem Starten des Hybridantriebssystems ist in dem Kondensatorspeicher eine Energiemenge gespeichert, die ausreicht, um die Elektromaschine motorisch zu betreiben und hierdurch den Verbrennungsmotors zu starten. Ist die im Kondensator gespeicherte Energiemenge hierfür nicht ausreichend, so kann vor dem Starten Energie aus der Batterie in den Kondensatorspeicher übertragen werden oder ein Teil der zum Starten des Verbrennungsmotors benötigten Energie aus der Batterie entnommen werden.

[0012] Aus der DE 10 2006 034 933 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Hybridantriebs bekannt, wobei der Sollladezustand der Fahrzeugbatterie in Abhängigkeit von der ermittelten Fahrzeuggeschwindigkeit definiert wird. Dabei ergibt sich, dass der Sollladezustand umso geringer ist, je schneller das Fahrzeug fährt. Ein Lastanhebungsbetrieb bei höheren Geschwindigkeiten wird auf diese Weise vermieden. Die kinetische Energie wird erst beim Verzögern des Fahrzeuges zurückgewonnen. Die DE 10 2006 034 933 A1 beschreibt, dass das Solienergieniveau im Fahrbetrieb verringert wird, so dass es kleiner als ein Bezugsniveau wird. Weiters geht aus dieser Veröffentlichung hervor, dass das Soll-Ergieniveau im Bremsbetrieb geändert wird, dass es gleich oder größer als den Bezugsniveau ist. Die DE 10 2006 034 933 A1 gibt aber keinen Hinweis darauf, dass dieses Bezugsniveau einem für den Start des Verbrennungsmotors ausreichenden Startfähigkeitsenergieniveau zugeordnet wird.

[0013] Die DE 10 2007 002 272 A1 beschreibt ein Verfahren zu Betreiben eines KFZ-Generators, wobei ein im Bordnetz angeschlossener Zusatz-Energiespeicher in unterschiedlichen Fahrzuständen in verschiedenen Betriebsarten betrieben wird. Im ersten Fahrbetrieb wird der Zusatz-Energiespeicher möglichst stark geladen, was beispielsweise durch Rekuperation im

Schubbetrieb erfolgt. Der Zusatz-Energiespeicher wird in Stoppphasen genutzt, um elektrische Verbraucher mit elektrischer Leistung zu versorgen. In der zweiten Betriebsart wird der Zusatz-Energiespeicher derart betrieben, dass die elektrischen Verbraucher bereits im Fahrbetrieb aus dem Zusatz-Energiespeicher mit elektrischer Leistung versorgt werden. Das Neuaufladen des Zusatz-Energiespeichers erfolgt in der nächsten Schubphase.

[0014] Die DE 10 2007 002 272 A1 gibt keinen Hinweis, dass der Zusatz-Energiespeicher zum Starten des Verbrennungsmotors verwendet wird. Neben dem Zusatz-Energiespeicher ist eine Batterie zur Bereitstellung einer Netzspannung von 14 Volt vorgesehen, welche Steuergeräte und Zündanlage mit Energie versorgt und möglicherweise auch zum Starten des Verbrennungsmotors verwendet wird. Somit geht auch aus der DE 10 2007 002 272 A1 nicht explizit hervor, dass das Sollenergieniveau im Betriebszustand Fahren kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendes Startenergieniveau ist.

[0015] Aus keiner der Druckschriften ist es somit bekannt, dass das Sollenergieniveau im Fahrbetriebszustand Fahren so geändert wird, dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendes Startfähigkeitsenergieniveau ist, und dass das Sollenergieniveau im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb derart geändert wird, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeitsniveau ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers wenigstens dem Startfähigkeitsenergieniveau entspricht.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor, der mit einem Startergenerator gekoppelt ist. Die vom Startergenerator erzeugte elektrische Energie ist in einem Startenergiespeicher einspeicherbar. Das Verfahren umfasst das Bestimmen eines Soll-Energieniveaus des Startenergiespeichers, das von einem Fahrbetriebszustand oder der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängig ist, wobei das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers dem Soll-Energieniveau nachgeführt wird; das Ändern des Soll-Energieniveaus im Fahrbetriebszustand Fahren, so dass es ein Startfähigkeits-Energieniveau des Startenergiespeichers unterschreitet, welches für den Start des Verbrennungsmotors ausreicht; das Ändern des Soll-Energieniveaus im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb, so dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau des Startenergiespeichers ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau entspricht.

[0017] Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Bezugsenergieniveau einen für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendem Startfähigkeits-Energieniveau zugeordnet wird, wobei im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau entspricht, und dass das Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers das Startfähigkeits-Energieniveau im Fahrbetriebszustand Fahren weniger unterschreitet, als es das Startfähigkeits-Energieniveau bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb überschreitet.

[0018] Weitere Aspekte und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der beigefügten Zeichnung und der nachfolgenden Beschreibung allgemeiner Art und bevorzugter Ausführungsbeispiele.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0019] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0020] Fig. 1 eine schematische Darstellung der relevanten Fahrzeugkomponenten;

- [0021] Fig. 2 ein schematisches Ablaufdiagramm für die Steuerung des Betriebs des Startergenerators und die Steuerung des Energieaustausches zwischen einem Startenergiespeicher und einem Energiespeicher des Fahrzeugs;
- [0022] Fig. 3 das Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers für verschiedene Fahrtriebszustände abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit;
- [0023] Fig. 3A die zeitliche Abhängigkeit des Soll-Energieniveaus des Startenergiespeichers aus Fig.3 für eine beispielhafte Fahrt;
- [0024] Fig. 4 einen Energiefluss aus dem Startenergiespeicher in den Energiespeicher;
- [0025] Fig. 5 ein schematisches Diagramm zur Bestimmung der Zielspannung beim Energieaustausch aus Fig. 4;
- [0026] Fig. 6 das Energieniveau des Startenergiespeichers während einer anderen beispielhaften Fahrt in zeitlicher Abhängigkeit;
- [0027] Fig. 7 einen Energiefluss vom Startergenerator zum Startenergiespeicher bzw. Energiespeicher;
- [0028] Fig. 8 einen Energiefluss aus dem Energiespeicher in den Startenergiespeicher;
- [0029] Fig. 9 einen Start des Verbrennungsmotors mit Energiespeisung des Startergenerators aus dem Startenergiespeicher;
- [0030] Fig. 10 einen Start des Verbrennungsmotors mit (zusätzlicher) Energiespeisung des Startergenerators aus dem Energiespeicher; und
- [0031] Fig. 11 ein schematisches Diagramm zur Bestimmung der Ladeenergie des Startenergiespeichers.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0032] Fig. 1 zeigt schematisch die Architektur eines Fahrzeugs mit den für die vorliegende Erfindung relevanten Komponenten. Vor einer detaillierten Beschreibung der Fig. 1 und der konkreten Ausführungsbeispiele werden zunächst einige allgemeine Aspekte der Erfindung und ihrer Ausgestaltungen und Weiterbildungen erläutert.

[0033] Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug werden allgemein auch als "Energiemanagement" bezeichnet. Ein wesentlicher Aspekt des Energiemanagements liegt in der Erzeugung und Verwaltung derjenigen Energie, die eine elektrische Maschine - der sog. Startergenerator - für das Starten des Verbrennungsmotors benötigt. Hierbei ist sicherzustellen, dass in einem entsprechenden Startenergiespeicher zumindest die für den Startvorgang benötigte elektrische Energie verfügbar ist.

[0034] Der Startergenerator ist als elektrischer Motor, als Generator oder im Leerlaufbetrieb (sog. "Standby-Betrieb") betreibbar. Die im generatorischen Betrieb erzeugte elektrische Energie wird im Startenergiespeicher gespeichert. Beim Start des Verbrennungsmotors mit Hilfe des Startergenerators entnimmt der Startergenerator im motorischen Betrieb dem Startenergiespeicher dort gespeicherte Energie. Der Startenergiespeicher kann ein Hochleistungsenergiespeicher, bspw. ein Hochleistungskondensator sein.

[0035] Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Energiemanagement steuert die Erzeugung, die Speicherung und den Verbrauch der elektrischen Energie im Fahrzeug derart, so im Startenergiespeicher bei Stopp bzw. Starts des Fahrzeugs das Energieniveau zumindest dem Energieniveau entspricht, das für ein Starten des Verbrennungsmotors durch den Startergenerator - dem sog. Startfähigkeits- Energieniveau nötig ist. Damit wird sichergestellt, dass jeder Start des Verbrennungsmotors mit einer definierten Leistung erfolgt. Allerdings wurde erkannt, dass es nicht notwendig ist, eine zumindest dem Startfähigkeitsniveau entsprechende Energie auch während der gesamten Fahrdauer eines Kraftfahrzeugs vorzuhalten. Da während Brems- und Schubbetriebsphasen dem Fahrzeug kinetische Energie entnommen wird, ist es

möglich, den Startenergiespeicher in regenerativer Weise mit dieser Energie aufzufüllen. Während der Fahrt lässt sich daher die im Startenergiespeicher gehaltene Energie anderweitig verwenden, so dass nicht nur eine Verbesserung der Startenergieerzeugung, sondern auch des Energieeinsatzes im Fahrzeug insgesamt möglich ist.

[0036] Die Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie wird erfindungsgemäß so gesteuert, dass das Energiemanagement ein Soll-Energieniveau für den Startenergiespeicher vorgibt. Dieses Soll-Energieniveau entspricht im Sinne einer Zielfunktion oder Vorgabe derjenigen Energie, die im Startenergiespeicher eingespeichert anzustreben ist. Das tatsächlich im Startenergiespeicher vorhandene Energieniveau, das sog. Ist-Energieniveau, wird entsprechend dem Soll-Energieniveau nachgeführt. Hierzu werden beide, Soll- und Ist-Energieniveau beispielsweise kontinuierlich oder zu diskreten Zeitpunkten miteinander verglichen. Die dafür notwendige Ermittlung des Ist-Energieniveaus oder Soll-Energieniveaus erfolgt beispielsweise durch Messung des Spannungspegels des Startenergiespeichers.

[0037] Liegt das Ist-Energieniveau unter dem vom Energiemanagement vorgegebenen Soll-Energieniveau, wird der Startergenerator als Generator betrieben und erzeugt elektrische Energie, die im Startenergiespeicher speicherbar ist und dort eingespeichert wird. Das Ist-Energieniveau wird damit erhöht und so dem höheren Soll-Energieniveau nachgeführt.

[0038] Liegt umgekehrt das Energieniveau im Startenergiespeicher höher als das Soll-Energieniveau, wird der Startergenerator im Leerlaufbetrieb betrieben und erzeugt demgemäß keine elektrische Energie. Die Energiemenge, die der Differenz zwischen Energieniveau und Soll-Energieniveau entspricht, steht grundsätzlich für andere Zwecke zur Verfügung. Sie wird beispielsweise in einen (weiteren) Energiespeicher für den Betrieb des Bordnetzes des Fahrzeugs ausgespeichert. Ebenfalls ist grundsätzlich denkbar, dass der Startenergiespeicher direkt andere Verbraucher des Fahrzeugbordnetzes mit Energie versorgt. Sinkt das Ist-Energieniveau im Startenergiespeicher erneut unter das vom Energiemanagement vorgegebene Soll-Energieniveau (nämlich durch Heraufsetzen des Soll-Energieniveaus, oder auch durch etwaiges tatsächliches Absinken des Ist-Energieniveaus), wechselt der Startergenerator wiederum in den Generatorbetrieb und erzeugt elektrische Energie. Diese wird in den Startenergiespeicher eingespeichert und führt somit zum Anstieg des Ist-Energieniveaus.

[0039] Erfindungsgemäß hängt das Soll-Energieniveau zumindest vom Fahrbetriebszustand und/oder von der Fahrzeuggeschwindigkeit ab. Die Fahrbetriebszustände hängen im Allgemeinen von den Positionen von Brems, Gas und Kupplungspedal, von der Fahrzeuggeschwindigkeit (Geschwindigkeit = 0, Geschwindigkeit > 0 oder größer als weitere, vorbestimmte Geschwindigkeitswerte, bspw. > 100 km/h) und der Rotorgeschwindigkeit des Startergenerators ab. Darüber hinaus ist es auch denkbar, die Fahrbetriebszustände in Abhängigkeit von der Stellung der Drosselklappe des Verbrennungsmotors, von Beschleunigungssensoren, Bremsdrucksensoren und/oder Getriebesensoren festzustellen. Folgende Fahrbetriebszustände sind definierbar:

- [0040]** Aus: der Verbrennungsmotor ist abgeschaltet;
- [0041]** Stopp: der Verbrennungsmotor wird abgeschaltet;
- [0042]** Start: der Verbrennungsmotor wird gestartet;
- [0043]** Leerlauf: der Verbrennungsmotor läuft und das Getriebe des Fahrzeugs ist in Leerlaufstellung, der Kraftschluss zwischen Verbrennungsmotor und Antriebsachse ist also getrennt;
- [0044]** Fahren: das Fahrzeug fährt mit konstanter Geschwindigkeit oder beschleunigt;
- [0045]** Bremsen: die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird durch Betätigung einer Bremsvorrichtung vermindert;

[0046] Schubbetrieb: der Verbrennungsmotor des Fahrzeugs wird im Schubbetrieb betrieben, der Kraftschluss zwischen Verbrennungsmotor und Antriebsachse ist also nicht getrennt, während die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ohne Betätigung der Bremsvorrichtung vermindert wird.

[0047] Im Fahrbetriebszustand Start wird der Verbrennungsmotor gestartet. Dazu wird beispielsweise das Fahrpedal und bei eingelegtem Gang des Getriebes auch das Kupplungspedal (sofern es sich bei dem Fahrzeug nicht mit einem Automatikgetriebe ausgestattet ist) betätigt. Der Zustand Start dauert solange an, bis der Verbrennungsmotor die nominelle Leerlaufdrehzahl erreicht.

[0048] Im Fahrbetriebszustand Stopp wird der Verbrennungsmotor gerade ausgeschaltet. Dazu wird der Startergenerator mit maximalem Drehmoment auf den Verbrennungsmotor geschaltet um die Drehzahl des Verbrennungsmotors so schnell und schwingungsarm wie möglich auf null zu führen. Dieser Ausschaltvorgang kann zudem durch das gezielte Ansteuern der Drosselklappe positiv beeinflusst werden.

[0049] In den Fahrbetriebszuständen Leerlauf, Fahren, Bremsen und Schubbetrieb läuft der Verbrennungsmotor autark und stabil. Er darf mechanischen Belastungen unterworfen werden.

[0050] Im Fahrbetriebszustand Leerlauf läuft der Verbrennungsmotor ohne Antriebslast und es ist beispielsweise kein Gang des Getriebes des Fahrzeugs eingelegt, so dass der Kraftschluss zwischen Verbrennungsmotor und Antriebsachse getrennt ist.

[0051] Im Fahrbetriebszustand Fahren bewegt sich das Fahrzeug beschleunigt oder mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Das Betätigen des Fahrpedals oder eine automatische Geschwindigkeitsregelung wird die Fahrzeuggeschwindigkeit erhöht oder unverändert belassen. Das Bremspedal ist nicht betätigt. Das Kupplungspedal wird betätigt, um den Getriebegang zu verändern.

[0052] Im Fahrbetriebszustand Bremsen wird das Fahrzeug durch Betätigen des Bremspedals abgebremst. Das Bremspedal wird entweder bis zum endgültigen Stopp des Fahrzeugs betätigt oder bereits vor dem Stillstand des Fahrzeugs wieder zurück in Nullstellung gebracht.

[0053] Im Fahrbetriebszustand Schubbetrieb wird weder das Bremspedal noch das Fahrpedal betätigt. Die Motorsteuerung steuert den Verbrennungsmotor so, dass ihm keine oder nur eine minimale Kraftstoffmenge zugeführt und keine Antriebskraft erzeugt wird.

[0054] Im Fahrbetriebszustand Aus ist der Verbrennungsmotor vollständig abgeschaltet. Brems- bzw. Kupplungspedal sind beispielsweise in Nullstellung oder vollständig durchgedrückt.

[0055] Dem vorliegenden Energiemanagement liegt die Annahme zugrunde, dass der Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb üblicherweise auf den Fahrbetriebszustand Fahren folgt. Auf die Fahrbetriebszustände Bremsen oder Schubbetrieb schließt sich der Fahrbetriebszustand Stopp oder erneut der Fahrbetriebszustand Fahren an. Davon abgesehen existieren im tatsächlichen Betrieb des Fahrzeugs weitere Folgen und Wechsel der o.g. Fahrbetriebszustände wie etwa Aus → Start, Start → Leerlauf, Leerlauf → Stopp, Stopp → Aus usw., die vorliegend nicht näher betrachtet werden.

[0056] Allgemein geht die Erfindung davon aus, dass im Fahrbetriebszustand Fahren kinetische Energie des Fahrzeugs in den Startenergiespeicher einspeicherbar ist und demnach sein Ist-Energieniveau reduziert und frei verwendbar für andere Zwecke wird. In den Fahrzuständen Bremsen und Schubbetrieb wird diese Einspeicherung in den Startenergiespeicher dann tatsächlich durchgeführt, so dass bei einem etwaigen Stopp des Fahrzeugs das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers zumindest dem vordefinierten Startfähigkeits-Energieniveau entspricht.

[0057] Diese Anpassung des Ist-Energieniveaus wird erfindungsgemäß durch die Zielfunktion des Soll-Energieniveaus erreicht. Diese ist derart gestaltet, dass das Soll-Energieniveaus in Situationen, in denen der Startenergiespeicher bis zu einem Stopp des Fahrzeugs noch durch

Umwandlung von kinetischer Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie auffüllbar ist (nämlich im Fahrbetriebszustand Fahren und/oder bei Bewegungen des Fahrzeugs mit einer bestimmten Geschwindigkeit), das Sollenergieniveau auf einen vergleichsweise niedrigen Wert gesetzt wird. Das Ist-Energieniveau wird dann aufgrund der Nachführung nicht weiter erhöht und ggf. - z.B. bei anderweitigem Energiebedarf im Fahrzeug - reduziert. Es kann dabei vorgesehen sein, dass es ein minimal zulässiges Energieniveau des Startenergiespeichers nicht unterschreitet.

[0058] Bei Verringerung der im Fahrzeug verfügbaren kinetischen Energie, d.h. beim Bremsen oder Schubtrieb und sich damit verringernder Fahrzeuggeschwindigkeit, wird das Soll-Energieniveau erhöht, und zwar zumindest auf den Wert des Startfähigkeits-Energieniveaus des Startenergiespeichers oder auf einen höheren Wert. Es kann vorgesehen sein, dass es ein maximal zulässiges Energieniveau des Startenergiespeichers nicht überschreitet.

[0059] Die Energiedifferenz zwischen Soll-Energieniveau und Startfähigkeits-Energieniveau im Fahrbetriebszustand Fahren ist vorzugsweise so gewählt, dass sie durch das Erhöhen des Soll-Energieniveaus und dem entsprechenden Nachführen des Ist-Energieniveaus in den Fahrbetriebszuständen Bremsen und Schubtrieb zumindest wieder ausgeglichen werden kann. Durch Einspeichern von Energie liegt die im Startenergiespeicher gespeicherte Energie dann in den Fahrbetriebszuständen Stopp bzw. Start wenigstens auf dem Startfähigkeits-Energieniveau. Hierzu entspricht beispielsweise jeweils bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit die Differenz zwischen Startfähigkeits-Energieniveau und Soll-Energieniveau im Fahrbetriebszustand Fahren der Differenz zwischen Soll-Energieniveau und Startfähigkeits-Energieniveau im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb. Mit anderen Worten liegt das Soll-Energieniveau für eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit im Fahrbetriebszustand Fahren bspw. um den gleichen Betrag unter dem Startfähigkeits-Energieniveau wie es im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb darüber liegt. Somit wird sichergestellt, dass die Rückgewinnung von Energie während des Bremsens oder im Schubtrieb die zuvor während des Fahrens entnommene Energie wieder ausgleicht. Alternativ ist erstgenannte Differenz kleiner als die zweitgenannte, wodurch das Ist-Energieniveau während des Fahrens weniger stark absinkt als es während des Bremsens oder im Schubtrieb erhöht wird.

[0060] Durch eine derartige Variation des Ist-Energieniveaus mit Hilfe der Zielvorgabe des Soll-Energieniveaus wird eine auf den Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit angepasste Energiereserve im Startenergiespeicher gehalten. In Zeiten verfügbarer kinetischer Energie wird die Energiereserve nicht erhöht, sondern ggf. reduziert und für andere Zwecke verwendet. In Zeiten schwindender kinetischer Energie wird sichergestellt, dass bei einem Stopp des Fahrzeugs die notwendige Energiereserve für das (Wieder-)Starten des Fahrzeugs aufgebaut und vorhanden ist. Dies gewährleistet eine effiziente Energieerzeugung, -speicherung und -verwendung. Insbesondere ist es durch die regenerative Nutzung der kinetischen Fahrzeugenergie im Allgemeinen nicht notwendig, den Startenergiespeicher unter zusätzlichem Verbrauch von Kraftstoff aufzuladen.

[0061] Würde die Energie im Startenergiespeicher wie im Stand der Technik stets auf dem Startfähigkeits-Energieniveau gehalten, wäre zudem bei Beginn des Fahrbetriebszustands Bremsen oder Schubtrieb nur sehr viel weniger freie Kapazität im Startenergiespeicher vorhanden, die dazu benutzt werden könnte beispielsweise Rekuperationsenergie in den Startenergiespeicher einzuspeichern. Je stärker das Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers unterhalb dessen Startfähigkeits-Energieniveau liegt, umso effizienter ist die Energieausbeute. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, ist es möglich die beim Bremsen oder Schubtrieb rekuperierte Energie größtenteils oder gar vollständig im Startenergiespeicher abzuspeichern. Somit wird ein großer Anteil der vom Startergenerator erzeugten Energie eingespeichert; die im Startenergiespeicher gespeicherte Energie ist dann für Startvorgänge oder Bordnetzverbraucher nutzbar.

[0062] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es zudem, bei Bedarf auch aufeinanderfolgende Starts durch den aus dem Startenergiespeicher gespeisten Startergenerator durchzuführen. Dies ist dann der Fall, wenn die Speicherkapazität des Startenergiespeichers und das

Startfähigkeits-Energieniveau so bemessen sind, dass sie für mehrere aufeinanderfolgende Starts des Verbrennungsmotors ausreichen.

[0063] Dem beschriebenen Startfähigkeits-Energieniveau kommt insbesondere dann eine zentrale Rolle zu, wenn das Fahrzeug über eine Start/Stopp-Automatik verfügt. Dementsprechend ist bei manchen Ausgestaltungen das Fahrzeug mit einer Start/Stopp-Automatik ausgerüstet. In diesem Fall wird der automatische Start oder Wiederstart des Verbrennungsmotors mit dem Startergenerator ausgeführt. Die dazu benötigte Energie wird dem Startenergiespeicher entnommen. Bei manchen Fortbildungen der Erfindung wird der Kaltstart des Verbrennungsmotors mit einem konventionellen Starter durchgeführt, der aus dem genannten weiteren Energiespeicher gespeist wird. Bei anderen Ausprägungen erfolgt dagegen auch der Kaltstart mit Hilfe des Startergenerators und der im Startenergiespeicher vorgehaltenen Energie.

[0064] Bei manchen Ausgestaltungen der Erfindung wird das Soll-Energieniveau auch innerhalb eines Fahrbetriebszustands variiert, und zwar in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit. So wird es beispielsweise in einigen Ausführungen derart gesteuert, dass es im Fahrbetriebszustand Fahren das Startfähigkeits-Energieniveau mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit nicht nur unterschreitet, sondern mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit umso niedriger gesetzt wird. Dabei kann es bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten einen definierten Minimalwert einnehmen, der beispielsweise einem minimal zulässigen Energieniveau des Startenergiespeichers entspricht.

[0065] Bei manchen Ausprägungen der Erfindung ist die Funktion des Soll-Energieniveaus so definiert, dass es für manche Bereiche der Fahrzeuggeschwindigkeit schneller hoch- oder heruntergesetzt wird als für andere Fahrzeuggeschwindigkeiten. Mit anderen Worten, eine Änderung des Soll-Energieniveaus erfolgt je nach Fahrzeuggeschwindigkeit schneller oder langsamer; der Gradient des Soll-Energieniveaus variiert in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit.

[0066] Für die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen und Schubbetrieb sind bei manchen Ausgestaltungen Teilbereiche oder -zustände definiert. Das Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers wird in diesen Teilbereichen unterschiedlich gesteuert. Die genannten Teilbereiche oder -zustände lassen sich vor allem in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit definieren. Das Soll-Energieniveau wird dadurch in definierten Fahrzeuggeschwindigkeitskorridoren in bestimmter Weise gesteuert, beispielsweise auf einen jeweils innerhalb eines Korridors konstanten, diskreten Wert gesetzt. Alternativ nimmt es innerhalb eines Korridors mit einer festgelegten Steigung zu oder ab. Beispielsweise wird das Soll-Energieniveau für einen Teilbereich mit niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit (z.B. 10-30 km/h) auf das Startfähigkeits-Energieniveau bestimmt, während es für Teilbereiche mit mittlerer Geschwindigkeit (z.B. 30-60 km/h) auf einen Wert unter dem Startfähigkeits-Energieniveau gesetzt wird.

[0067] Bei anderen Ausgestaltungen ist das Soll-Energieniveau auch unabhängig vom Fahrbetriebszustand für Teilbereiche oder -abschnitte der Fahrzeuggeschwindigkeit abschnittsweise definiert. Innerhalb dieser Teilbereiche wird es wiederum jeweils auf einen festen Wert oder auf von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängige Werte gesetzt.

[0068] Bei manchen Ausgestaltungen wird Energie zwischen dem Startenergiespeicher und einem weiteren Energiespeicher ausgetauscht. Bei diesem weiteren Energiespeicher handelt es sich beispielsweise um den Speicher des Bordnetzwerks (im Folgenden wird mit "Energiespeicher" der weitere Energiespeicher bezeichnet, während mit "Startenergiespeicher" derjenige Speicher benannt wird, aus dem der Startergenerator - im Allgemeinen beim Start des Verbrennungsmotors - gespeist wird). Dieser Energiespeicher ist ein Energiepufferspeicher oder Akkumulator. Der Energiefluss zwischen den beiden Speichern ist bidirektional. Vom Startenergiespeicher in den Energiespeicher ausgespeicherte Energie wird - beispielsweise von elektrischen Verbrauchern des Fahrzeugbordnetzes - verbraucht. Andererseits wird bei Bedarf auch Energie vom Energiespeicher zurück in den Startenergiespeicher abgespeichert.

[0069] In manchen Ausprägungen der Erfindung umfasst das Nachführen des Ist-Energie-

niveaus des Startenergiespeichers in dem Fall, dass es über dem Soll- Energieniveau liegt (also bspw. im Fahrbetriebszustand Fahren oder bei ansteigender Fahrgeschwindigkeit) den Betrieb des Startergenerators im Leerlauf. So wird der Startenergiespeicher nicht (weiter) aufgeladen, sondern verbleibt zumindest auf dem jeweils aktuellen Energieniveau.

[0070] Bei weiteren Ausgestaltungen umfasst das Nachführen im beschriebenen Fall zudem einen Transfer von im Startenergiespeicher gespeicherter Energie in den Energiespeicher. Die im Startenergiespeicher gespeicherte Energie wird dadurch reduziert. Der Energietransfer erfolgt beispielsweise solange, bis das Ist-Energieniveau an das Soll-Energieniveau angeglichen ist.

[0071] Bei manchen Ausführungen wird bei dem Ausspeichern vom Startenergiespeicher in den Energiespeicher auch der Ladezustand des Energiespeichers berücksichtigt.

[0072] Der Energietransfer erfolgt beispielsweise nur in dem Fall, in dem der Energiespeicher nicht voll geladen ist. Zudem wird nur so viel Energie ausgespeichert, bis der Energiespeicher vollständig geladen ist, auch wenn das Ist-Energieniveau das Soll-Energieniveau noch nicht erreicht hat. Das Nachführen des Ist-Energieniveaus führt also nicht notwendigerweise dazu, dass es auf die Vorgabe des Soll-Energieniveaus absinkt. Vielmehr kann das Nachführen bei einem niedrigeren Soll-Energieniveau auch lediglich darin bestehen, das Ist-Energieniveau nicht weiter zu steigern.

[0073] Das beanspruchte Verfahren (Energiemanagement) wird in einer Steuereinrichtung des Fahrzeugs implementiert. Sie ist in manchen Ausgestaltungen sowohl für die Steuerung des Startenergiespeichers, des weiteren Energiespeichers als auch für die Start/Stopp-Automatik oder für andere Steuerungen zuständig. Bei anderen Ausführungen ist eine separate Steuereinrichtung vorgesehen, die speziell für die Steuerung des hierin beschriebenen Energiemanagement (also die Energieerzeugung durch den Startergenerator, die Einspeicherung in den Startenergiespeicher, das Bestimmen des Soll-Energieniveaus und das Nachführen des Ist-Energieniveaus) verantwortlich ist. Die Steuereinrichtung umfasst einen Computer, z.B. in Form eines Mikrocontrollers. Das Verfahren selbst ist vorzugsweise in Form von Software, d.h. eines in einem dem Computer zugeordneten nicht-flüchtigen Speicher gespeicherten Computerprogramms bereitgestellt, welches durch den Computer ausgeführt wird. Das in den Vorrichtungsansprüchen genannte „Eingerichtetsein“ der Steuereinrichtung zur Durchführung des durch Verfahrensschritte definierten Verfahrens bedeutet also z.B., dass der Computer so programmiert ist, dass er bei Ausführung des genannten Computerprogramms die besagten Verfahrensschritte durchführt bzw. veranlasst. Das so definierte Fahrzeug unterscheidet sich zumindest durch diese besondere Programmierung (d.h. Speicherung des besonderen Computerprogramms) von hardwaremäßig gleichen Fahrzeugen, deren Steuereinrichtung jedoch nicht zur Durchführung des besagten Verfahrens eingerichtet, also nicht hierzu programmiert ist (d.h. nicht das besondere Computerprogramm gespeichert hat).

[0074] In manchen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Fahrzeugs handelt es sich dabei um ein Hybridfahrzeug, d.h. ein Fahrzeug sowohl mit Verbrennungs- und Elektromotor. Dabei sind unterschiedliche Varianten eines Hybridfahrzeugs umfasst. Bei einem "echten" Hybridfahrzeug dient nicht nur der Verbrennungsmotor, sondern auch der Elektromotor dem direkten Antrieb des Fahrzeugs. Bei einem "unechten" Hybridfahrzeug wird der Elektromotor dagegen nur zur Unterstützung des Verbrennungsmotors verwendet, eine direkte Kraftübertragung vom Elektromotor auf die Antriebsachse des Fahrzeugs findet nicht statt. Bei anderen Ausprägungen ist das Fahrzeug kein Hybridfahrzeug, sondern weist lediglich einen Verbrennungsmotor, aber keinen Elektromotor für seinen Antrieb auf.

[0075] Nun zurückkehrend zu Fig. 1, zeigt diese beispielhaft ein Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor ICE (= Internal Combustion Engine) als Antriebskraft. Die Antriebskraft des Verbrennungsmotors ICE wird über eine Kupplung C (= Clutch) und ein Getriebe MT (Manual Transmission) auf die Räder W (Wheels) des Fahrzeugs übertragen.

[0076] Der Verbrennungsmotor ICE wird von einer Motorsteuerung ECU (Engine Control Unit)

gesteuert. Zwischen Motorsteuerung ECU und Verbrennungsmotor ICE findet ein Austausch I/O (Input/Output) von steuerungsrelevanten Daten statt. Die zur Steuerung des Verbrennungsmotors ICE benötigten Daten werden an der Motorsteuerung ECU bereitgestellt, beispielsweise von einem CAN-Bus. Über diesen werden auch Daten von anderen Komponenten des Fahrzeugs, sowie von einer Steuereinrichtung HCU (Hybrid Control Unit) transportiert. Während in Fig. 1 die Motorsteuerung ECU und die Steuereinrichtung HCU als getrennte Einheiten dargestellt sind, ist es ebenfalls denkbar, die Funktionen beider in einer gemeinsamen Einheit, einem gemeinsamen Fahrzeugcontroller, zusammenzufassen.

[0077] Die Steuereinrichtung HCU steuert einen Startergenerator SG, einen Gleichrichter PI (Power Inverter), einen DC/DC-Wandler DCC (Direct Current Converter) und weitere Komponenten des Fahrzeugs. In einem Ausführungsbeispiel ist das erfindungsgemäße Verfahren, das Energiemanagement, in der Steuereinrichtung HCU implementiert. Die Steuereinrichtung HCU stellt auch Hybridfunktionen des Fahrzeugs zur Verfügung, beispielsweise die Erzeugung von Rekuperationsenergie beim Bremsen des Fahrzeugs, Start oder Stopp des Verbrennungsmotors, Start/Stopp-Automatik, Bremsmomentregelung für den Startergenerator SG, etc.

[0078] Der Startergenerator SG ist eine elektrische Maschine und ist mit dem Verbrennungsmotor ICE gekoppelt FEAD (Front Engine Accessory Drive). Der Startergenerator SG ist beispielsweise ein Riemen-Startergenerator, der über einem Riemen als Kopplung FEAD, beispielsweise einen Zahn- oder Keilriemen, mit dem Verbrennungsmotor ICE gekoppelt ist. Die Untersetzung der Kopplung beim Riemenstartergenerator beträgt beispielsweise 2,5. Der Startergenerator SG ist z.B. eine Asynchronmaschine, wobei auch andere Drehfeldmaschinen geeignet sind. In diesem Ausführungsbeispiel ersetzt der Startergenerator SG die Lichtmaschine des Fahrzeugs.

[0079] Der Startergenerator SG ist sowohl als Generator, im Leerlaufmodus oder als elektrischer Motor betreibbar. Im Betrieb als Generator oder im Leerlauf läuft der Startergenerator SG mit dem Verbrennungsmotor ICE mit. Als Generator erzeugt der Startergenerator Wechselstrom AC (Alternating Current); im Leerlauf läuft er ohne Last. Im Betrieb als elektrischer Motor wird dem Startergenerator SG Wechselstrom zugeführt. Der vom Startergenerator SG erzeugte wie der ihm zugeführte Wechselstrom ist beispielsweise ein Dreiphasenwechselstrom.

[0080] Im Betrieb als Generator wandelt der Startergenerator SG kinetische Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie um. Der dabei erzeugte Wechselstrom AC wird vom Gleichrichter PI in Gleichstrom DC (Direct Current) umgewandelt und in einem Startenergiespeicher ES (gespeichert. Dazu steuert die Steuereinrichtung HCU über den Gleichrichter PI sowohl die Richtung des Energieflusses vom Startergenerator SG zum Startenergiespeicher ES, als auch die Energiemenge der zu speichernden elektrischen Energie.

[0081] Soll die vom Gleichrichter PI umgewandelte elektrische Energie auch im Energiespeicher B (Battery) gespeichert werden, wandelt der DC/DC-Wandler DCC diese weiter in eine Energie um, die der Spannung des Energiespeichers B entspricht. Der DC/DC-Wandler DCC ist ein Spannungsrichter für Gleichspannung DC. Über ihn steuert die Steuereinrichtung HCU sowohl den Energieaustausch zwischen Startenergiespeicher ES und Energiespeicher B, als auch den Energiefluss zwischen Startergenerator SG und Energiespeicher B. Die Leistungskapazität des DC/DC- Wandlers ist im Allgemeinen kleiner als die des Gleichrichters PI.

[0082] Im Betrieb als elektrischer Motor bringt der Startergenerator SG über die Kopplung FEAD ein Drehmoment auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors ICE auf. Die dazu benötigte Energie bezieht der Startergenerator SG aus dem Startenergiespeicher ES. Die Leistung des Startergenerators SG beträgt beispielsweise 4 kW. Bei manchen Ausführungsbeispielen wird der Startergenerator SG als elektrischer Motor nur zum Starten des Verbrennungsmotors ICE des Fahrzeugs eingesetzt, wobei er dabei aus dem Startenergiespeicher ES gespeist wird.

[0083] Der Startenergiespeicher ES hat eine vergleichsweise geringe Speicherkapazität und eine sehr hohen spezifische Leistung. Dies ermöglicht die Speicherung oder Abgabe eines kurzzeitig hohen Stroms in oder aus dem Startenergiespeicher ES. Mit anderen Worten, der Startenergiespeicher ES ist geeignet, temporär eine hohe Energieleistung zu speichern oder

am Startergenerator SG bereitzustellen. Der Startenergiespeicher ES hat die Eigenschaft entla-
deresistent zu sein, so dass ständiges Laden/Entladen des Startenergiespeichers ES dessen
Lebensdauer wenig beeinträchtigt. Der Startenergiespeicher ES ist beispielsweise ein Doppel-
schichtkondensator (in Englisch: "electric double layer capacitor" (EDLC)) oder ein Superkon-
densator, die beide eine hohe Energiedichte, d.h. hohe spezifische Leistung haben. Die Span-
nung im Stromkreis des Startenergiespeichers ES ist veränderlich. Sie hängt von der im Star-
tenergiespeicher ES gespeicherten Energie ab: gespeicherte Energie \sim Spannung².

[0084] Der Energiespeicher B ist beispielsweise ein Akkumulator, dessen nominelle Spannung
12V beträgt. Die Spannung des Energiespeichers B ist meist niedriger als die Spannung des
Startenergiespeichers ES. Aus dem Energiespeicher B werden Verbraucher L (Load) des Fahr-
zeugs versorgt. Diese sind beispielsweise eine Klimaanlage, eine Sitzheizung, die Innenraum-
beleuchtung, elektrische Fensterheber oder andere elektrische Verbraucher des Fahrzeugs.

[0085] Der DC/DC-Wandler DCC als auch der Gleichrichter PI werden von der Steuereinrich-
tung HCU gesteuert. Das in der Steuereinrichtung HCU implementierte Energiemanagement
sorgt dafür, dass Gleichrichter PI, DC/DC-Wandler DCC und Startergenerator SG von der Hyb-
ridsteuerung HCU derart gesteuert werden, dass im Startenergiespeicher ES ausreichende
Energie für einen Start des Verbrennungsmotors ICE mit dem Startergenerator SG gespeichert
ist. Die gespeicherte Energie reicht auch für mehrere hintereinander ausgeführte Starts aus.

[0086] Der Start des Verbrennungsmotors ICE erfolgt grundsätzlich mit einem konventionellen
Starter S oder dem Startergenerator SG des Fahrzeugs. Der Starter S ist beispielsweise ein
Einspurstarter, der den Verbrennungsmotor konventionell mit einem Ritzel startet. Er wird mit
Energie aus dem Energiespeicher B gespeist. Die Steuereinrichtung HCU steuert den Start
über den Starter S, wenn der Verbrennungsmotor ICE nicht mit dem Startergenerator SG ge-
startet werden soll oder kann. Dies ist abhängig von dem Energiemanagement der Steuerein-
richtung HCU und Gegenstand der nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele. Es kann
vorgesehen sein, dass der Kaltstart des Verbrennungsmotors mit dem konventionellen Starter S
erfolgen soll und ein Wiederstart nach einem kurzen Ausschalten des Verbrennungsmotors ICE
oder der Wiederstart im Rahmen einer Start/Stop-Automatik mit dem Startergenerator SG
durchgeführt wird.

[0087] Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes Ablaufdiagramm für die Steuerung des Betriebs des
Startergenerators SG einerseits und für die Steuerung des Energieaustausches zwischen dem
Startenergiespeicher SG und dem Energiespeicher B andererseits. Der Energiefluss, die Ener-
giemenge als auch die Steuerung des Betriebs des Startergenerators SG erfolgt gemäß dem in
der Steuereinrichtung HCU integrierten Energiemanagement.

[0088] Zunächst wird in einem Schritt S1 der Fahrbetriebszustand des Fahrzeugs erfasst.

[0089] Es handelt sich dabei wie oben beschrieben um einen der Zustände Start, Stopp, Leer-
lauf, Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb. Die Fahrbetriebszustände, insbesondere die Fahrbe-
triebszustände Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb umfassen in einem Ausführungsbeispiel
auch Teilbereiche. (Eine detaillierte Erklärung der Teilbereiche der Fahrbetriebszustände folgt
in Fig. 3.)

[0090] In den bevorzugten Ausführungsbeispielen werden die Fahrbetriebszustände Start und
Stopp (auch) von einer Start/Stop-Automatik initiiert. In einem ersten Beispiel für eine
Start/Stop-Automatik bei einem Fahrzeug mit manuellem Getriebe MT wird der Verbrennungs-
motor ICE bei Fahrzeugstillstand gestartet oder wiedergestartet, wenn der Gang eingelegt, das
Kupplungspedal betätigt ist und das Bremspedal losgelassen wird. Der Verbrennungsmotor ICE
wird bei Fahrzeugstillstand gestoppt, wenn der Gang eingelegt, das Kupplungspedal betätigt
und das Bremspedal betätigt ist. Dieses erste Beispiel der Start/Stop-Automatik umfasst beim
Start auch ein vollständiges Durchtreten des Kupplungspedals oder auch das nur teilweise
Durchtreten der Kupplung bis zum Schleifpunkt, wobei das Fahrzeug gestartet wird, wenn das
Bremspedal vollständig losgelassen ist oder sich im letzten Drittel der Rückbewegung aus der
vollständig durchgetretenen Position befindet. Beim Stopp soll das Kupplungspedal vollständig

durchgetreten sein. Der Fahrzeugstillstand ist dann gegeben, wenn das Fahrzeug steht oder sich mit kleiner Geschwindigkeit, beispielsweise 5 km/h bewegt. Dieses erste Beispiel der Start/Stopp-Automatik umfasst auch, dass nicht überprüft wird, ob ein Gang eingelegt ist.

[0091] In einem zweiten Beispiel für eine Start/Stopp-Automatik bei einem Fahrzeug mit manuellem Getriebe wird der Verbrennungsmotor bei Fahrzeugstillstand gestartet oder wiedergestartet, wenn die Gangschaltung in Neutralstellung ist und das Kupplungspedal betätigt ist. Der Verbrennungsmotor wird bei Fahrzeugstillstand gestoppt, wenn der Gang in Neutralstellung ist und das Kupplungspedal frei ist. Dieses zweite Beispiel der Start/Stopp-Automatik umfasst beim Start auch ein vollständiges Durchtreten des Kupplungspedals oder das nur teilweise Durchtreten der Kupplung bis zum Schleifpunkt, wobei das Fahrzeug gestartet wird. Beim Stopp soll das Kupplungspedal vollständig frei sein. Der Fahrzeugstillstand ist dann gegeben, wenn das Fahrzeug steht oder sich mit kleiner Geschwindigkeit, beispielsweise 5 km/h bewegt.

[0092] Des Weiteren können verschiedenste Mischformen dieser beiden Beispiele von Start/Stopp-Automatiken zum Einsatz kommen.

[0093] In Abhängigkeit vom Fahrbetriebszustand und von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s wird in Schritt S2 ein Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES bestimmt. Die genaue Definition des Soll-Energieniveaus E_D des Startenergiespeichers ES wird unten anhand von Fig. 3 erläutert.

[0094] In Schritt S3 wird das Soll-Energieniveau E_D mit dem Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES verglichen. Das Energieniveau E des Startenergiespeichers ES kann unter oder über dem vom Energiemanagement bestimmten Soll-Energieniveau E_D liegen. Das Ist-Energieniveau E_C entspricht der tatsächlich im Startenergiespeicher ES gespeicherten Energie.

[0095] Abhängig vom Vergleich in Schritt S3 steuert die Hybridsteuerung HCU gemäß dem Energiemanagement in Schritt S4 die Betriebsart des Startergenerators SG, d.h. ob der Startergenerator SG als Generator, im Leerlauf oder als elektrischer Motor betrieben wird. Bei einer Veränderung des Fahrbetriebszustands oder der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s werden diese in Schritt S1 erneut erfasst.

[0096] Auch abhängig vom Vergleich in Schritt S3 steuert die Hybridsteuerung HCU gemäß dem Energiemanagement in Schritt S5, ob ein Energieaustausch zwischen dem Startenergiespeicher ES und dem Energiespeicher B stattfindet. Wenn kein Energieaustausch erfolgen soll, wird in Schritt S1 der Fahrbetriebszustand und die Fahrzeuggeschwindigkeit V_s erneut erfasst.

[0097] Falls ein Energieaustausch erfolgen soll, wird in Schritt S6 von der Steuereinrichtung HCU die Richtung des Energieflusses und in Schritt S7 die auszutauschende Energiemenge geregelt. Bei einer Veränderung des Fahrbetriebszustands oder der Fahrzeuggeschwindigkeit werden diese in Schritt S1 erneut erfasst.

[0098] Der Betrieb des Startergenerators SG als Motor, Generator oder im Leerlauf hängt somit vom Fahrbetriebszustand (Stopp, Start, Leerlauf, Fahren, Bremsen, Schubbetrieb) und der im Startenergiespeicher ES gespeicherten Energiemenge ab. Auch der Energieaustausch, der eine effiziente Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie ermöglicht, hängt vom Fahrbetriebszustand (Stopp, Start, Leerlauf, Fahren, Bremsen, Schubbetrieb) und von der im Startenergiespeicher ES gespeicherten Energiemenge ab.

[0099] Fig. 3 zeigt beispielhaft das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES in verschiedenen Fahrbetriebszuständen abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s . Für jeden Fahrbetriebszustand Start, Stopp, Leerlauf, Fahren, Bremsen, Schubbetrieb ist ein Soll-Energieniveau E_D definiert. Die angegebenen Fahrzeuggeschwindigkeiten v_1 bis v_4 sind nur beispielhaft. Sie werden für das Fahrzeug kalibriert, so dass ein Optimum zwischen maximaler Entladung des Startenergiespeichers ES und dem Einspeichern von Energie zum Erreichen des Startfähigkeits-Energieniveaus E_D^{Start} im Startenergiespeicher gewährleistet ist.

[00100] Das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ist kein fester Wert, sondern

verändert sich abhängig vom Fahrbetriebszustand und der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s , wie in Fig. 3 beispielhaft gezeigt. Abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s ändert sich das Soll-Energieniveau E_D zusätzlich auch in Teilbereichen der Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb.

[00101] Im Fahrbetriebszustand Stopp, Start oder Leerlauf liegt das Soll-Energieniveau E_D im Bereich des Startfähigkeits-Energieniveaus E_D^{Start} . Entspricht im Fahrbetriebszustand Stopp das im Startenergiespeicher ES gespeicherte Ist-Energieniveau E_C genau dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} , oder liegt darüber, so ist sichergestellt, dass die Energie im Startenergiespeicher ES ausreicht, um den Verbrennungsmotor ICE mit dem Startergenerator SG zu starten. Diese kann auch für wiederholte Starts des Verbrennungsmotors mit dem Startergenerator SG ausreichen. Das Energiemanagement bestimmt das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} als Soll-Energieniveau E_D schon vor dem Stopp des Verbrennungsmotors ICE bei niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit. Damit ist sichergestellt, dass die Energie im Startenergiespeicher ES schon vor dem Stopp dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entspricht.

[00102] Nach dem Start und bei sich erhöhender Geschwindigkeit V_s befindet sich das Fahrzeug im Fahrbetriebszustand Fahren. Dieser Fahrbetriebszustand setzt sich aus mehreren Teilbereichen F1, F2, F3 zusammen, die abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit definiert sind. Das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES ist im Teilbereich F1 des Fahrbetriebszustandes Fahren bis zu einer Fahrzeuggeschwindigkeit von v_1 (beispielsweise 100 km/h) als gleich dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} definiert. Bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten V_s , also im Teilbereich F2 bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit oberhalb v_1 und unterhalb v_2 (beispielsweise 180 km/h) ist das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES so definiert, dass es linear abfällt und das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} so mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit V_s immer weiter unterschreitet. Im Teilbereich F3 mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit größer als v_2 ist es dagegen wiederum konstant und entspricht z.B. dem minimalen Soll-Energieniveau E_D^{Min} des Start-Energiespeichers ES. Hierbei handelt es sich um dasjenige Energieniveau, welches nicht unterschritten werden sollte, um eine lange Lebensdauer des Startenergiespeichers ES zu erreichen.

[00103] Beim Betrieb des Fahrzeugs wird das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES an das Soll-Energieniveau E_D angepasst. Das bedeutet, dass das Ist-Energieniveau E_C nach dem Start zunächst an das möglicherweise höhere Soll-Energieniveau E_D herangeführt wird. In Fig. 6 ist das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES im Vergleich zum Soll-Energieniveau E_D für ein Fahrbeispiel gezeigt. Wie dort erkennbar ist, sinkt das Ist-Energieniveau E_C beim Startvorgang beispielsweise ab, so dass es bei Beginn einer Fahrt unter dem Soll-Energieniveau E_C und damit unter Start-Fähigkeitsniveau E_D^{Start} liegt. Ab einer bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeit sinkt das Soll-Energieniveau E_D und mit ihm das Ist-Energieniveau E_C , so dass es dann unter das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} fällt. Bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten oberhalb v_2 wird der Start-Energiespeicher nahezu vollständig entleert. Der Fahrbetriebszustand wechselt von Fahren auf Bremsen oder Schubbetrieb durch Betätigen des Bremspedals bzw. durch Nichtbetätigen des Fahrpedals. In Fig.3 ist ein solcher Wechsel oberhalb der Fahrzeuggeschwindigkeit v_2 dargestellt. Das Fahrzeug wechselt vom Fahrbetriebszustand Fahren in den Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb. Ein solcher Wechsel kann verständlicherweise jederzeit bei jeder Fahrzeuggeschwindigkeit V_s stattfinden.

[00104] Im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb wird das Soll-Energieniveau E_D des Energiespeichers ES deutlich über das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} heraufgesetzt. Die Fahrbetriebszustände Bremsen und Schubbetrieb weist im bezeichneten Ausführungsbeispiel ebenfalls mehrere Teilbereiche B1, B2, B3 auf, die abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit definiert sind.

[00105] Im Teilbereich B1 der Fahrbetriebszustände Bremsen und Schubbetrieb oberhalb der Fahrzeuggeschwindigkeit v_3 (beispielsweise 160 km/h) setzt das Energiemanagement das Soll-Energieniveau E_D auf einen Wert, der dem maximalen Soll-Energieniveau E_D^{Max} des Startenergiespeichers ES entspricht. Hierbei handelt es sich um diejenige Energiemenge, die ma-

ximal im Startenergiespeicher ES einspeicherbar ist. Im Teilbereich B2 mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit unterhalb v_3 und oberhalb v_4 (beispielsweise 70 km/h) ist das Soll-Energieniveau E_D so definiert, dass es sich mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit V_s linear dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} annähert. Bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit v_4 entspricht es dann dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} und bleibt im Teilbereich B3 mit Fahrzeuggeschwindigkeiten kleiner als v_4 konstant auf dem dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entsprechenden Wert.

[00106] Das Ist-Energieniveau E_C wird wiederum dem Soll-Energieniveau E_D nachgeführt (vgl. Beispielfahrt gemäß Fig. 6). Damit wird ein reproduzierbares Startverhalten beim Starten des Verbrennungsmotors ICE mittels des Startergenerators SG erreicht, weil die im Startenergiespeicher ES tatsächlich gespeicherte (Ist-)Energie vor dem Abschalten des Verbrennungsmotors ICE beim Abbremsen des Fahrzeugs und der weiteren Annäherung an den Fahrbetriebszustand Stopp immer weiter dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} angenähert wird und selbigem beim tatsächlichen Stopp des Fahrzeugs wenigstens entspricht. Die gezeigten Geschwindigkeitsgrenzen sind nur beispielhaft. Sie werden für jeden Fahrzeugtyp festgelegt und für jedes Fahrzeug kalibriert, um ein Optimum zwischen maximal möglichem Rekuperationspotential und reproduzierbarem Startverhalten zu finden. Ziel ist es, beim Abbremsen des Fahrzeugs oder im Schubbetrieb möglichst viel Rekuperationsenergie zu speichern und am Ende des Fahrbetriebszustands Bremsen bzw. Schubbetrieb vor dem Fahrbetriebszustand Stopp im Startenergiespeicher ES zumindest ein dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entsprechendes Ist-Energieniveau E_C vorzuhalten.

[00107] Das durch das Energiemanagement definierte Soll-Energieniveau E_D ermöglicht einerseits somit einen effizienten Umgang mit der vom Startergenerator SG erzeugten Energie und andererseits, dass zu Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} im Startenergiespeicher ES erreicht ist. Durch die Definition des Soll-Energieniveaus E_D kleiner als das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} im Teilbereich F2 des Fahrbetriebszustands Fahren ist ein Entladen des Startenergiespeichers ES weit unter das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} möglich. Das Energiemanagement bestimmt das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES derart, dass im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb soviel Energie durch Rekuperation gespeichert werden kann, dass trotz einer Entladung auf das minimale Soll-Energieniveau E_D^{Min} das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} schon bei Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp oder, wie in Fig. 3 definiert, schon während des Fahrbetriebszustands Bremsen oder Schubbetrieb im Teilbereich B3 erreicht wird.

[00108] Wird ein solches Energiemanagement in einem Fahrzeug verwendet, geht praktisch keine Rekuperationsenergie beim Bremsen verloren, weil diese Energie im Startenergiespeicher ES gespeichert wird. Ein weiterer Vorteil ist die optimale Nutzung der Energie des Startenergiespeichers ES und das optimale Speichern von Energie im Energiespeicher B wie in Fig. 4 und 5 noch detailliert beschrieben wird.

[00109] Der Funktionsverlauf des Soll-Energieniveaus E_D ist in Fig. 3 nur beispielhaft zur Veranschaulichung dargestellt. In der Praxis kommen andere Verläufe, die den o.g. Grundlagen folgen, zum Einsatz. Unter anderem ist es bspw. denkbar, in den Fahrbetriebszuständen Bremsen und Schubbetrieb das Soll-Energieniveau auch bei geringeren Geschwindigkeiten von weniger als 160 km/h auf dem maximalen Wert zu belassen und/oder es erst bei geringeren Geschwindigkeiten von kleiner als 70 km/h auf den Wert des Startfähigkeits-Energieniveaus E_D^{Start} zurückzuführen. Es ist ebenfalls denkbar, das Soll-Energieniveaus E_D in den Fahrbetriebszuständen Bremsen und Schubbetrieb bei geringeren Geschwindigkeiten überhaupt nicht auf das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} zurückzuführen, sondern es auf dem Maximalwert oder einem Wert größer als das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} zu belassen, so dass es bspw. auch beim Fahrbetriebszustands-Wechsel Leerlauf \rightarrow Fahren zu einem "Sprung" des Soll-Energieniveaus E_D kommt.

[00110] Fig. 3A zeigt den zeitlichen Verlauf des Soll-Energieniveaus E_D des Startenergiespeichers ES aus Fig. 3, wobei hier folgende beispielhafte Fahrt angenommen wurde: der Verbren-

nungsmotor des Fahrzeugs wird zu einer Zeit t_0 gestartet. Das Fahrzeug wird beschleunigt und fährt zum Zeitpunkt t_1 mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h. Bis zu einer Zeit t_2 wird das Fahrzeug weiter beschleunigt bis auf 130 km/h. Dann fährt es mit dieser Geschwindigkeit bis zu einer Zeit t_3 . Danach wird es weiter auf eine Geschwindigkeit von 170 km/h beschleunigt, die es den Zeitpunkt t_4 erreicht. Hier beginnt der Bremsvorgang, der bis zu einer Zeit t_7 andauert. Während des Bremsvorgangs beträgt die Fahrzeuggeschwindigkeit zum Zeitpunkt t_5 160 km/h und zum Zeitpunkt t_6 70 km/h. Im Zeitpunkt t_7 beginnt das Abschalten des Verbrennungsmotors.

[00111] Vor dem Zeitpunkt t_0 befindet sich das Fahrzeug im Fahrbetriebszustand Stopp. Das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES liegt auf dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} aus Fig. 3. Im Zeitpunkt t_0 wird das Fahrzeug gestartet; es wechselt in den Fahrbetriebszustand Start. Das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES entspricht weiterhin dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} aus Fig. 3.

[00112] Im darauffolgenden Fahrbetriebszustand Fahren beschleunigt das Fahrzeug beschleunigt bzw. fährt mit konstanter Fahrzeuggeschwindigkeit. Im Teilbereich F1 wird das Fahrzeug zunächst beschleunigt und erreicht zum Zeitpunkt t_1 die Fahrzeuggeschwindigkeit von v_1 (100 km/h) aus Fig. 3. Das Soll-Energieniveau E_D entspricht in diesem Zeitintervall demnach dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} . Danach tritt das Fahrzeug in den Teilbereich F2 ein, indem es das Fahrzeug auf eine Fahrzeuggeschwindigkeit von 130 km/h beschleunigt, die es nach einer Zeit t_2 erreicht. Hier verringert das Energiemanagement mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit das Soll-Energieniveau E_D nach und nach auf Werte unter dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} . Bis zum Zeitpunkt t_3 hält das Fahrzeug die Geschwindigkeit, so dass auch das Soll-Energieniveau E_D auf einem konstanten Wert bleibt (gemäß Fig. 3). Mit erneut zunehmender Geschwindigkeit im Teilbereich F2 nimmt das Soll-Energieniveau E_D nochmals weiter ab. Zum Zeitpunkt t_4 liegt das Soll-Energieniveau E_D schließlich auf einem Wert, der in diesem Fahrbeispiel noch über dem minimalen Soll-Energieniveau E_D^{Min} aus Fig. 3 liegt.

[00113] Nun wechselt das Fahrzeug in den Fahrbetriebszustand Bremsen. Das Soll-Energieniveau E_D wird durch das Energiemanagement sofort auf seinen definierten maximalen Wert E_D^{Max} aus Fig. 3 heraufgesetzt. Auf diesem Wert bleibt das Soll-Energieniveau E_D im Teilbereich B1, bis die Fahrzeuggeschwindigkeit unter v_3 (160 km/h) aus Fig. 3 sinkt. Dies ist zum Zeitpunkt t_5 der Fall. Im Teilbereich B2 des Fahrbetriebszustands Bremsen nimmt die Fahrzeuggeschwindigkeit weiter ab, bis sie im Zeitpunkt t_6 die Fahrzeuggeschwindigkeit v_4 (70 km/h) aus Fig. 3 unterschreitet.

[00114] Das Soll-Energieniveau E_D nimmt in diesem Zeitintervall linear ab, bis es wieder das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} erreicht. Im folgenden Teilbereich B3 verharrt es dann bis zum Zeitpunkt t_7 konstant auf dem dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entsprechenden Wert. Im dann folgenden Fahrbetriebszustand Stopp, beginnend im Zeitpunkt t_7 , bleibt das Soll-Energieniveau E_D unverändert.

[00115] Fig. 3A zeigt, dass das Soll-Energieniveau E_D vom Fahrbetriebszustand abhängig veränderlich ist. Die einzelnen Fahrbetriebszustände, in diesem Beispiel insbesondere die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubtrieb, setzen sich aus Teilbereichen zusammen, die je nach Fahrzeuggeschwindigkeit zeitlich unterschiedlich definiert sein können. Beispielsweise unterscheidet sich der Teilbereich F2 zwischen der Zeit t_2 und t_3 im Fahrbetriebszustand Fahren von den anderen Teilbereichen F2 des Fahrbetriebszustands Fahren dadurch, dass hier bei konstanter Fahrzeuggeschwindigkeit auch das Soll-Energieniveau E_D zeitlich konstant ist.

[00116] Das Fahrbeispiel aus Fig. 3A ist aus Darstellungsgründen einfach gehalten. Das normale Fahrverhalten im Straßenverkehr führt realistischerweise zu einem mehrfachen Wechsel zwischen den Fahrbetriebszuständen. Jedoch würden auch für ein solches nicht dargestelltes Fahrbeispiel die Energieerzeugung und der Energieverbrauch gemäß dem Energiemanagement effizient geregelt, so dass beim Start des Verbrennungsmotors ICE mit dem Startergenerator SG die Energie im Startenergiespeicher ES dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entspricht.

[00117] Das Nachführen des Ist-Energieniveaus E_C bei Herabsetzen des Soll-Energieniveaus E_D z.B. im Fahrbetriebszustand Fahren umfasst in einem Ausführungsbeispiel einen Energiefluss vom Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B (Fig. 4). Bei manchen Ausführungsformen ist ein derartiger Energieaustausch zwischen dem Startenergiespeicher ES und dem Energiespeicher B in jedem Fahrbetriebszustand möglich. Beim Start speist der Startenergiespeicher ES den Startergenerator SG mit elektrischer Energie, die vom Gleichrichter PI in Wechselspannung AC umgewandelt wird. Der DC/DC-Wandler DCC ist dabei in manchen Ausführungsbeispielen und Situationen ausgeschaltet, so dass in dieser Situation kein Energieaustausch über den DC/DC-Wandler DCC und somit zwischen Startenergiespeicher ES und Energiespeicher B möglich ist; es wird ausschließlich mittels Energie aus dem Startenergiespeicher ES gespeichert. In anderen Ausführungsbeispielen und Situationen ist der DC/DC-Wandler DCC jedoch aktiv, so dass das Starten auch unter Zuhilfenahme von Energie aus dem Energiespeicher B erfolgt (vgl. auch Fig. 10).

[00118] Liegt also in einem Fahrbetriebszustand (bis auf den Fahrbetriebszustand Start) das Ist-Energieniveau E_C im Startenergiespeicher ES über dem Soll-Energieniveau E_D , steuert die Steuereinrichtung HCU den DC/DC-Wandler DCC so an, dass Energie vom Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B fließt. Der Startergenerator SG läuft dabei im Leerlaufbetrieb.

[00119] Durch diese Energieentnahme sinkt das Ist-Energieniveau E_C im Startenergiespeicher ES und erreicht das definierte Soll-Energieniveau E_D . Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise Rekuperationsenergie, die z.B. durch starkes Bremsen erzeugt und im Startenergiespeicher ES gespeichert wurde, in den Energiespeicher B ausgespeichert wird. Der Startenergiespeicher ES ist dann "entleert" für einen weiteren Bremsvorgang, während die zuvor "gewonnene" Rekuperationsenergie im Bordnetz des Fahrzeugs verwendet wird.

[00120] Das Ausspeichern von Energie vom Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B gemäß Fig. 4 erfolgt bei manchen Ausführungsformen u.a. in Abhängigkeit des Ladezustands SOC ("state of charge") des Energiespeichers B. Ist bspw. der Energiespeicher B bei einem Herabsetzen des Soll-Energieniveaus E_D unter das Ist-Energieniveau E_C vollständig aufgeladen, so findet kein Energiefluss aus dem Startenergiespeicher ES statt. In diesem Fall besteht das Nachführen des Ist-Energieniveaus E_C lediglich darin, es durch Leerlaufbetrieb des Startergenerators SG nicht weiter zu erhöhen. Sinkt der Ladezustand SOC des Energiespeichers B dann zu einem späteren Zeitpunkt ab, so veranlasst das Energiemanagement das Ausspeichern gemäß Fig. 4 zu diesem späteren Zeitpunkt, sofern das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES weiterhin über dem Soll-Energieniveau E_D liegt. Umgekehrt wird das begonnene Ausspeichern vorzeitig beendet, wenn der Energiespeicher B vollständig aufgeladen ist, obwohl das Ist-Energieniveau E_C noch immer höher als das Soll-Energieniveau E_D ist.

[00121] Bei manchen Ausführungsformen hängt auch die Geschwindigkeit des Ausspeicherns (d.h. die Menge der in den Energiespeicher B fließenden Energie pro Zeiteinheit) vom Ladezustand SOC des Energiespeichers B ab. Bei einem niedrigen Ladezustand speichert das Energiemanagement schneller aus als bei einem höheren Ladezustand des Energiespeichers B. Das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers sinkt dann bei niedrigerem Ladezustand des Energiespeichers B schneller als bei einem höheren Ladezustand.

[00122] Beim Bremsen wird der Startergenerator SG als Generator betrieben. Er wird mit einem hohen Drehmoment beaufschlagt und wandelt kinetische in elektrische Energie um. Die Speicherung dieser elektrischen Energie und der Energiefluss zwischen Startergenerator SG und Startenergiespeicher ES sind in Fig. 7 gezeigt.

[00123] Das Ausspeichern gemäß Fig. 4 wird bei manchen Ausführungsformen anhand einer Zielspannung V des Bordnetzes durchgeführt (s. Fig. 5). Hierbei handelt es sich um diejenige Spannung, mit der der Energiespeicher B geladen wird. Sie repräsentiert den gewünschten Strom zur Aufladung des Energiespeichers B. Die Zielspannung V im Bordnetz ist bei manchen Ausführungsbeispielen konstant, bei anderen Ausführungsbeispielen variabel steuerbar und dann bspw. wiederum abhängig vom Fahrbetriebszustand oder von der Fahrzeuggeschwindigkeit.

[00124] Die vom DC/DC-Wandler DCC beim Ausspeichern gemäß Fig. 4 erzeugte Zielspannung V hängt beispielsweise von einer Spannung V_x und den Korrekturfaktoren K_{ES} , K_B , K_t ab. Die Spannung V_x ist beispielsweise abhängig vom Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES, vom Ladezustand SOC des Energiespeichers B, von der Temperatur T , und/oder von der Zeit t , die seit dem Start des Verbrennungsmotors ICE vergangen ist. Damit ergibt sich für die Zielspannung V folgende Gleichung:

$$V = V_x (E, T, SOC, t) * K_{ES} * K_B * K_t$$

[00125] Die drei Korrekturfaktoren K_{ES} , K_B , und K_t sorgen für eine zusätzliche Anpassung der Zielspannung V an bestimmte Zustände des Ist-Energieniveaus E_C , des Ladezustands SOC und der Zeit t . Der Korrekturfaktor K_{ES} hängt vom Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES, bzw. von dessen Spannung ab. Er ist minimal bei minimalem Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES und steigt mit zunehmendem Energieniveau auf einen maximalen Wert. Der Korrekturfaktor K_B hängt vom Ladezustand SOC des Energiespeichers ab. Er ist bei minimalem SOC maximal und nimmt mit zunehmendem SOC ab, bis er einen minimalen Wert erreicht. Der Korrekturfaktor K_t ist so gewählt, dass die Zielspannung V nach dem Start des Verbrennungsmotors für eine gewisse Zeitspanne erhöht wird.

[00126] Die Zielspannung V soll eine maximal zulässige Zielspannung nicht überschreiten und eine minimal zulässige Zielspannung nicht. Beispielsweise ist die Zielspannung V beträgt Fahrbetriebszustand Bremsen 12,9 V bis 15,9 V, im Fahrbetriebszustand Schubbetrieb 11,3 V bis 14,4 V, im Fahrbetriebszustand liegt sie Leerlauf zwischen 12,2 V und 15,2 V und im Fahrbetriebszustand Fahren zwischen 12,1 V und 14,9 V. Liegt die Zielspannung V außerhalb dieser beispielhaften Intervalle, so wird sie von der Steuereinrichtung HCU auf den jeweils zulässigen maximalen oder minimalen Wert gesetzt.

[00127] Die Steuerung des Soll-Energieniveaus E_D und das Nachführen des Ist-Energieniveaus E_C veranschaulicht Fig. 6 nochmals anhand einer zweiten beispielhaften Fahrt des Fahrzeugs.

[00128] Das Ist-Energieniveau E_C und das Soll-Energieniveau E_D des Startenergiespeichers ES werden hier wiederum in zeitlicher Abhängigkeit t in den Fahrbetriebszuständen Stopp, Start, Fahren und Bremsen gezeigt. Das Ist-Energieniveau E_C ist durch eine durchgezogene Linie, das Soll-Energieniveau E_D mit einer gestrichelten Linie dargestellt.

[00129] Zunächst befindet sich das Fahrzeug im Fahrbetriebszustand Stopp. Der Verbrennungsmotor ICE wird sodann gestartet, womit das Fahrzeug in den Fahrbetriebszustand Start eintritt. Beim Start wird dem Startenergiespeicher ES Energie entnommen, wodurch das Ist-Energieniveau E_C unter das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} absinkt (eine detaillierte Beschreibung des Startvorgangs erfolgt unten anhand der Fig. 9 und 12).

[00130] Im Teilbereich c1 des Fahrbetriebszustands Fahren findet kein Energiefluss vom Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B statt, da das Ist-Energieniveau E_C im Startenergiespeicher ES nicht über dem Soll-Energieniveau E_D für diesen Teilbereich c1 liegt. Im Gegenteil, das Ist-Energieniveau E_C liegt hier aufgrund des zuvor erfolgten Startvorgangs unter dem Soll-Energieniveau E_D , welches hier dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entspricht. Entsprechend erzeugt der Startergenerator SG zunächst elektrische Energie, die im Startenergiespeicher ES gespeichert wird, so dass sich dessen Ist-Energieniveau E_C erhöht und so dem Soll-Energieniveau E_D nachgeführt wird. Dies gewährleistet, dass das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} auch bei kleinen Geschwindigkeiten, beispielsweise unterhalb der Fahrzeuggeschwindigkeit von 100 km/h (Fig. 3), erreicht wird. Sobald das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} erreicht, bleibt das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers zunächst konstant. Dies ist in Fig. 6 im Teilbereich c2 des Fahrbetriebszustands Fahren der Fall.

[00131] Mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit im Teilbereich c3 des Fahrbetriebszustands Fahren, beispielsweise größer als 100 km/h, setzt das Energiemanagement das Soll-Energieniveau E_D herab, so dass es unter dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} liegt und dieses

mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit immer weiter unterschreitet. Das Ist-Energieniveau E_C liegt dadurch über dem Soll-Energieniveau E_D . Die überschüssige Energie im Startenergiespeicher ES wird in den Energiespeicher B ausgespeichert (vgl. obige Ausführungen zu Fig. 4 und 5).

[00132] Zu Beginn des Teilbereichs c4 des Fahrbetriebzustands Fahren ist das Ist-Energieniveau E_C durch Ausspeichern in den Energiespeicher E soweit abgesunken, dass es wieder dem Soll-Energieniveau E_D entspricht. In diesem Fall sorgt das Energiemanagement dafür, dass keine weitere Energie aus dem Startenergiespeicher ES entnommen wird; das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES verbleibt dann bei konstanter Fahrgeschwindigkeit im Teilbereich c4 auf dem Wert des gleich bleibenden Soll-Energieniveaus E_D .

[00133] Mit Eintritt in den Fahrbetriebzustand Bremsen wird das Soll-Energieniveau E_D auf einen hohen Wert hinaufgesetzt. Das Soll-Energieniveau E_D entspricht dem maximalen Soll-Energieniveau E_D^{Max} . Im Teilbereich d1 des Fahrbetriebzustands Bremsen wird das Soll-Energieniveau mit sich verringernder Fahrzeuggeschwindigkeit wieder herabgesetzt. Gleichzeitig wird Rekuperationsenergie im Startenergiespeicher ES gespeichert, bis das Ist-Energieniveau E_C das Soll-Energieniveau E_D erreicht. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zudem vorgesehen, Rekuperationsenergie auch über den DC/DC-Wandler DCC direkt in den Energiespeicher B einzuspeichern (vgl. Fig. 7). Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn die maximale Speicherkapazität des Startenergiespeichers ES erreicht ist oder im Bordnetz des Fahrzeugs ein erhöhter Energiebedarf besteht. Im Teilbereich d2 des Fahrbetriebzustands Bremsen liegt das Ist-Energieniveau E_C dann schließlich auf dem Soll-Energieniveau $E_D = \text{Startfähigkeits-Energieniveau } E_D^{\text{Start}}$, wie vom Energiemanagement vorgesehen.

[00134] Sollte gegen Ende des Fahrbetriebszustands Bremsen das Ist-Energieniveau E_C noch über dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} liegen, wird bei manchen Ausführungsformen diese überschüssige Energie im Startenergiespeicher ES auch im Fahrbetriebszustand Stopp in den Energiespeicher B ausgespeichert. Im gezeigten Fahrbeispiel ist das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} schon vor Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp erreicht. Wie bereits ausgeführt, handelt es sich bei dem Stopp des Fahrzeugs unter Umständen auch um einen Stopp im Rahmen einer Start/Stopp-Automatik.

[00135] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 6 steuert das Energiemanagement die Speicherung von Energie im Startenergiespeicher ES und im Energiespeicher B so effizient, dass die möglichst viel Rekuperationsenergie beim Bremsvorgang im Startenergiespeicher ES oder im Energiespeicher B gespeichert werden konnte. Die im Startenergiespeicher ES gehaltene Energie wird während der Fahrt für eine Verwendung im Bordnetz bereitgestellt. Der Startenergiespeicher ES verfügt jedoch trotz "Entleerung" im Fahrbetriebszustand Fahren zu Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp über das für den Start des Verbrennungsmotors ICE vom Startergenerator SG benötigte Ist-Energieniveau $E_C = \text{Startfähigkeits-Energieniveau } E_D^{\text{Start}}$.

[00136] Im dargestellten Fahrbeispiel wurde auf die Angabe der Fahrzeuggeschwindigkeit in den Fahrbetriebszuständen verzichtet. Auch wurde bei der Zeitskala auf der X-Achse auf eine konkrete Zeitdarstellung verzichtet. Die sich somit ergebenden Steigungen von Ist-Energieniveau E_C und des Soll-Energieniveaus E_D sind daher kein Maß für die Zeit des Auflade- oder Entladevorgangs für den Startenergiespeicher ES oder den Energiespeicher B.

[00137] Fig. 7 zeigt neben der Einspeicherung der vom Startgenerator SG erzeugten Energie in den Startenergiespeicher ES auch einen Energiefluss vom Startergenerator SG in den Energiespeicher B. Bei der Erhöhung des Ist-Energieniveaus E_C im Startenergiespeicher ES ist der Spannungswandler DCC in der Regel abgeschaltet, so dass keine Energie über den DC/DC-Wandler DCC zum Energiespeicher B fließt. Bei Bedarf ist es jedoch möglich, einen Teil der vom Startergenerator SG erzeugten elektrischen Energie auch direkt in den Energiespeicher B zu transferieren. Dazu ist der DC/DC-Wandler DCC eingeschaltet und steuert den Energiefluss in den Energiespeicher B. Bezüglich der Zielspannung V , mit der Energie in den Energiespeicher B gespeichert wird, gelten die obigen Ausführungen zu Fig. 5. Demnach erfolgt ein Speichern von Energie in den Energiespeicher B in Abhängigkeit von der Zielspannung V , wie oben

beschrieben.

[00138] Die mit dem Energiespeicher B verbundenen Verbraucher L beziehen Energie aus dem Energiespeicher B unabhängig vom Startenergiespeicher ES oder dessen Ist-Energieniveau E_C . Wird dem Energiespeicher B viel Energie durch an ihn angeschlossene Verbraucher entzogen, so dass er nur noch die minimale Energiemenge aufweist, kann eine direkte Einspeicherung von erzeugter Energie in den Energiespeicher B vorteilhaft sein. In solch einem Fall sorgt das Energiemanagement durch Steuerung des DC/DC-Wandlers DCC und der Zielspannung V dafür, dass sowohl der Startenergiespeicher ES das Soll-Energieniveau E_D erreicht, als auch Energie im Energiespeicher B abgespeichert wird.

[00139] Die Leistungskapazität des Gleichrichters PI und des DC/DC-Wandlers DCC ist so gewählt, dass der Gleichrichter PI eine schnelle Speicherung einer großen Energiemenge im Startenergiespeicher ES oder eine schnelle Einspeisung einer großen Energiemenge in den Startergenerator SG ermöglicht. Über den DC/DC-Wandler DCC fließt beispielsweise eine geringere Energiemenge.

[00140] Bei manchen Ausführungsformen nimmt das Energiemanagement neben der Ausspeicherung von Energie aus dem Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B (vgl. oben Fig. 4) in bestimmten Situationen auch umgekehrt eine Einspeicherung von Energie aus dem Energiespeicher B in den Startenergiespeicher ES vor (Fig. 8). Wie beschrieben ist es grundsätzlich Aufgabe des Energiemanagements, dafür Sorge zu tragen, dass das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers ES in den verschiedenen Fahrbetriebszuständen und deren Teilbereichen dem Soll-Energieniveau E_D nachzuführen, es insbesondere auf das Soll-Energieniveau E_D zu erhöhen, so dass es beim Stopp des Fahrzeugs zumindest dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} entspricht. Um dies zu erreichen, lässt sich - wie in Fig. 8 dargestellt - auch Energie aus dem Energiespeicher B in den Startenergiespeicher ES transferieren.

[00141] Ein solcher Energietransfer findet beispielsweise dann statt, wenn sich der Startergenerator SG im Leerlaufbetrieb befindet und deshalb keine elektrische Energie erzeugt, sondern - sogar im Gegenteil - das Ist-Energieniveau E_C des Startenergie-Speichers ES abnimmt. Es ist beispielsweise denkbar, dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau E_C trotz vorheriger Einspeicherung von Energie in den Startenergiespeicher ES unter dem Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} liegt, etwa aufgrund mehrerer erfolglos durchgeführter Startversuche, die welche das Ist-Energieniveau E_C abgesunken ist oder einer gewissen Entladung des Startenergiespeichers aufgrund sehr langer Standzeit des Fahrzeugs. Eine Speisung des Startenergiespeichers ES aus dem Energiespeicher B erfolgt in diesen Situationen bspw. im Fahrbetriebszustand Stopp (etwa nach den genannten erfolglosen Startversuchen), im Fahrbetriebszustand Leerlauf (nach einem erfolgreichen Start) und/oder im Fahrbetriebszustand Fahren (z.B. gleich zu Beginn der Fahrt).

[00142] Um ein solches Wiederaufladen des Startenergiespeichers ES auf das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} sicherzustellen, wird demnach über den DC/DC-Wandler DCC Energie vom Energiespeicher B in den Startenergiespeicher ES übertragen, bis das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} des Startenergiespeichers ES erreicht ist oder die im Energiespeicher B verbleibende Energie unter einen minimalen Ladezustand SOC fällt.

[00143] Bei einem Start des Verbrennungsmotors ICE mit dem Startergenerator SG wird - wie oben ausgeführt - der Startergenerator SG als Elektromotor betrieben. Die zum Start benötigte elektrische Energie entnimmt der Startergenerator SG aus dem Startenergiespeicher ES (Fig. 9).

[00144] Der Startergenerator SG beaufschlagt die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors ICE über die Kopplung FEAD mit einem Drehmoment. Die Leistung des Startergenerators SG beträgt beispielsweise 4 kW. Die hohe spezifische Leistung des Startenergiespeichers ES ermöglicht die Abgabe eines kurzzeitig hohen Stroms aus dem Startenergiespeicher ES. Der Gleichstrom aus dem Startenergiespeicher ES wird durch den Gleichrichter PI in Wechselstrom umgewandelt, den der Startenergiespeicher SG zum Starten des Verbrennungsmotors ICE ver-

braucht.

[00145] Um mehrere aufeinanderfolgende Startversuche mit dem Startergenerator SG durchführen zu können, ist bei manchen Ausführungsformen vorgesehen, dass der Startergenerator SG den Verbrennungsmotor ICE auch dann startet, wenn das Ist-Energieniveau E_C unter das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} sinkt und beispielsweise zwischen zwei Startversuchen nur eine kurze Zeitspanne liegt, z.B. 30 Sekunden. Wie oben in Zusammenhang mit Fig. 8 beschrieben, wird in einer derartigen Situation bei manchen Ausführungsformen der Startenergiespeicher ES mit Energie aus dem Energiespeicher B wieder aufgefüllt.

[00146] Bei weiteren Ausführungsformen wird die für den Startvorgang benötigte Energie nicht ausschließlich aus dem Startenergiespeicher ES, sondern zusätzlich oder alternativ aus dem Energiespeicher B entnommen (Fig. 10). Dies ist beispielsweise in dem o.g. Notfall mehrerer aufeinanderfolgender erfolgloser Startversuche sinnvoll, wenn das Ist-Energieniveau E_C des Startenergiespeichers unter das Startfähigkeits-Energieniveau E_D^{Start} abgesunken oder gar bereits den Minimalwert erreicht hat. Hierzu verfügt der DC/DC-Wandler DCC über die entsprechenden elektrischen Eigenschaften. Er ist ein Spannungsrichter für Gleichspannung DC und wandelt die niedrige Spannung aus dem Energiespeicher B in eine vom Startergenerator SG benötigte Energie höherer Spannung um. In diesem Fall ist die Leistungskapazität des DC/DC-Wandlers vergleichbar mit der des Gleichrichters PI.

[00147] Fig. 11 zeigt ein schematisches Diagramm zur Bestimmung der Ladeleistung des Startenergiespeichers ES. Diese ist als eine Funktion des Ladestroms I definiert. Letzterer wird bei manchen Ausführungsformen aus Komfortgründen begrenzt, insbesondere um das Drehmoment SGT des Startergenerators SG auf einem für den Fahrer des Fahrzeugs akzeptablen Niveau zu halten. Damit ergibt sich eine maximale Ladeleistung des Startenergiespeichers ES. Die Begrenzung des Ladestroms I hängt beispielsweise vom eingelegten Gang GS des Getriebes MT, von der Fahrzeuggeschwindigkeit V_s und von der Rotordrehzahl RS des Startergenerators SG ab.

[00148] Die beschriebenen Ausführungsbeispiele zeigen, wie ein Startergenerator in einem Fahrzeug so gesteuert werden kann, dass eine effiziente Nutzung der erzeugten Energie erreicht werden kann und der Kraftstoffverbrauch reduziert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE), der mit einem Startergenerator (SG) gekoppelt ist, wobei die vom Startergenerator (SG) erzeugte Energie in einem Startenergiespeicher (ES) einspeicherbar ist, wobei ein Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) abhängig von wenigstens einem Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s) bestimmt wird, wobei das Ist-Energieniveau (E_C) des Startenergiespeichers (ES) dem Soll-Energieniveau (E_D) nachgeführt wird, mit folgenden Schritten:
 - Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Fahren, so dass es kleiner als ein Bezugsenergieniveau ist,
 - Ändern des Soll-Energieniveaus (E_D) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Bezugsenergieniveau ist.

gekennzeichnet dadurch, dass das Bezugsenergieniveau einen für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendem Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) zugeordnet wird, wobei im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau (E_C) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) entspricht, und dass das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) das Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) im Fahrbetriebszustand Fahren weniger unterschreitet, als es das Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Fahrzeug mit einer Start-Stopp-Automatik ausgerüstet ist, ein automatischer Wiederstart durch den Startergenerator (SG) ausgeführt wird und die dazu benötigte Energie dem Startenergiespeicher (ES) entnommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Soll-Energieniveau (E_D) innerhalb eines Fahrbetriebszustands in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s) geändert wird.
4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) im Fahrbetriebszustand Fahren mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s) verringert wird.
5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei beim Wechsel des Fahrbetriebszustands von Fahren zu Bremsen oder von Fahren zu Schubtrieb das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) erhöht wird, so dass es höher als das Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) ist.
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s) erniedrigt wird, wobei es größer als das oder gleich dem Startfähigkeits-Energieniveau (E_D^{Start}) ist.
7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Gradient des Soll-Energieniveaus (E_D) des Startenergiespeichers (ES) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit variiert.
8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubtrieb jeweils wenigstens einen Teilbereich aufweisen, in dem das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit (V_s) verändert wird.
9. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubtrieb jeweils wenigstens einen Teilbereich umfassen, in dem das Soll-Energieniveau (E_D) des Startenergiespeichers (ES) nicht verändert wird.

10. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Nachführen des Ist-Energieniveaus (E_C) des Startenergiespeichers (ES) in dem Fall, dass es unter dem Soll-Energieniveau (E_D) liegt, dadurch erreicht wird, dass der Startergenerator (SG) als Generator betrieben und die dadurch erzeugte Energie in den Startenergiespeicher (ES) eingespeichert wird.
11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Nachführen des Ist-Energieniveaus (E_C) des Startenergiespeichers (ES) in dem Fall, dass es über dem Soll-Energieniveau (E_D) liegt, ein Betreiben des Startergenerators (SG) im Leerlaufbetrieb umfasst.
12. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Fahrzeug einen weiteren Energiespeicher (B) zur Versorgung des Fahrzeugbordnetzes aufweist und zwischen dem Startenergiespeicher (ES) und dem Energiespeicher (B) elektrische Energie ausgetauscht wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Nachführen des Ist-Energieniveaus (E_C) des Startenergiespeichers (ES) in dem Fall, dass es über dem Soll-Energieniveau (E_D) liegt, einen Energiefluss vom Startenergiespeicher (ES) in den Energiespeicher (B) umfasst.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Energiefluss vom Startenergiespeicher (ES) in den Energiespeicher (B) in Abhängigkeit des Ladungszustands des Energiespeichers (B) erfolgt.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

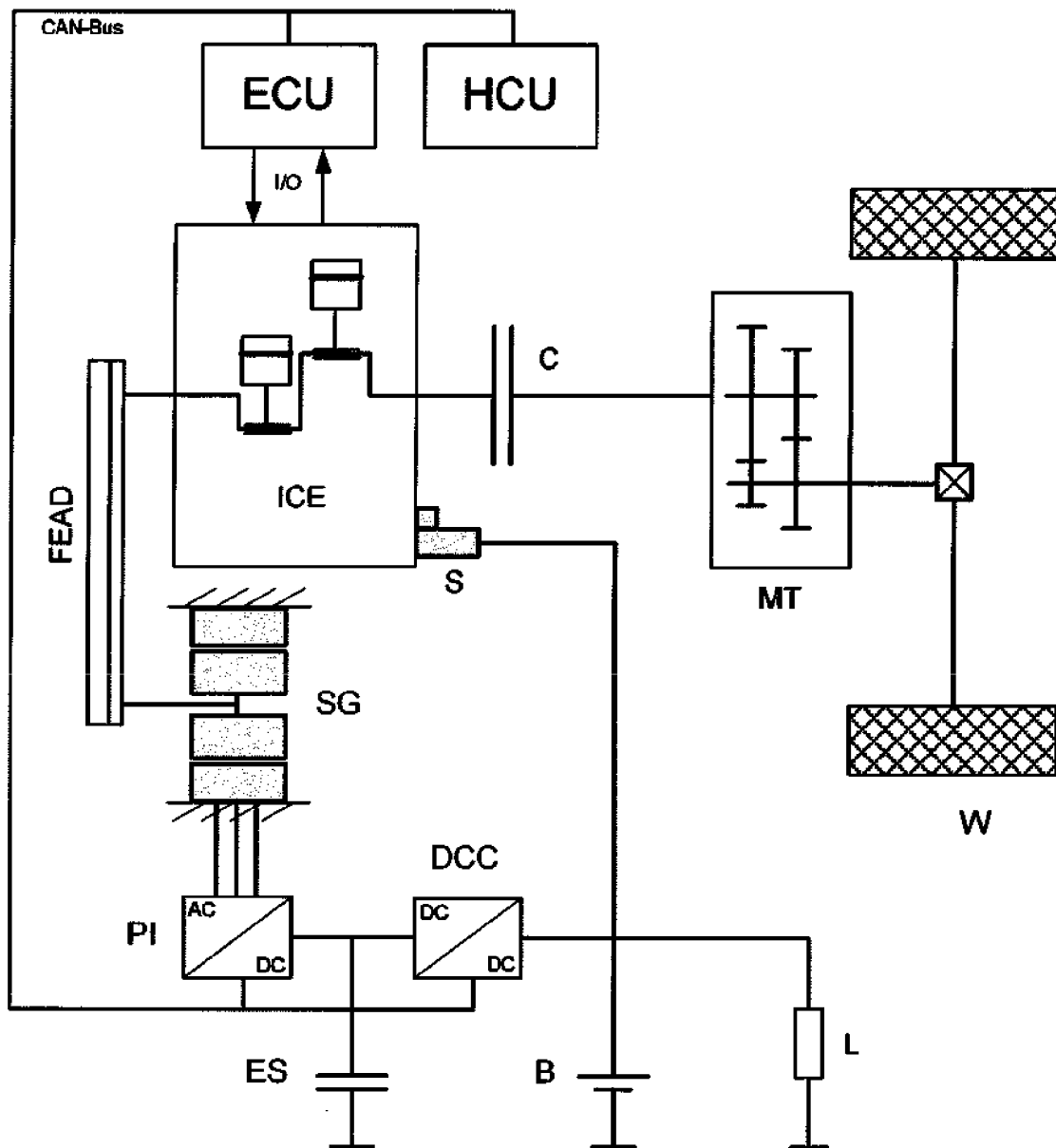


FIG. 1

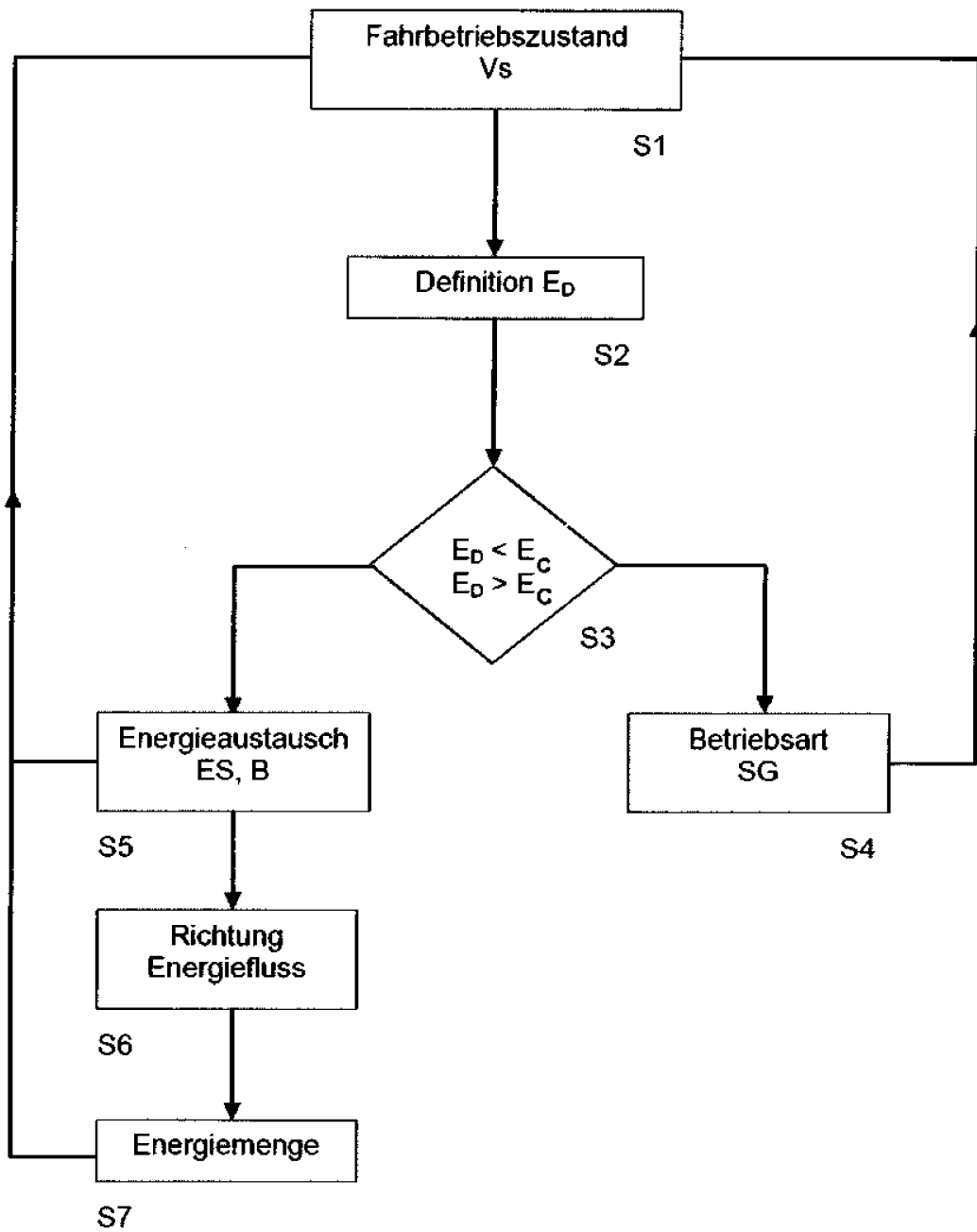


Fig. 2

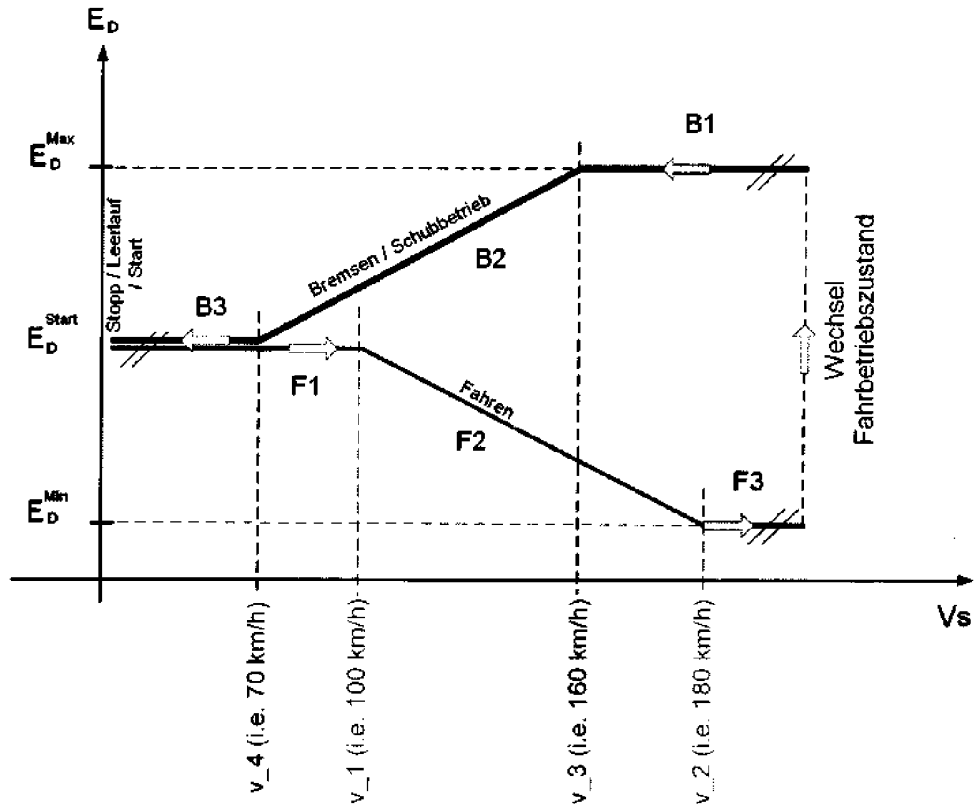


FIG. 3

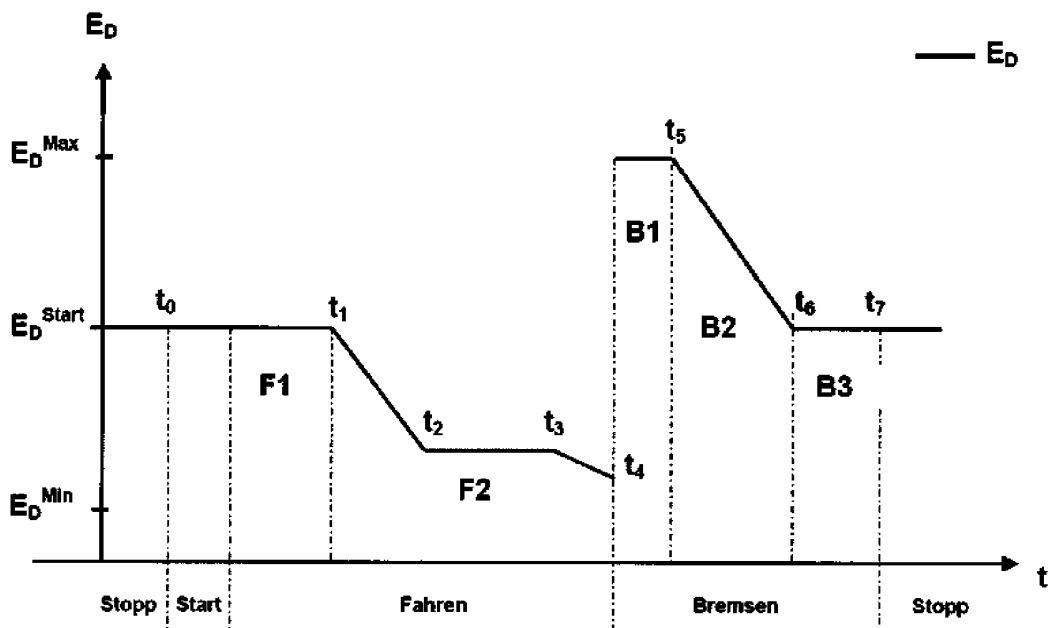


Fig. 3A

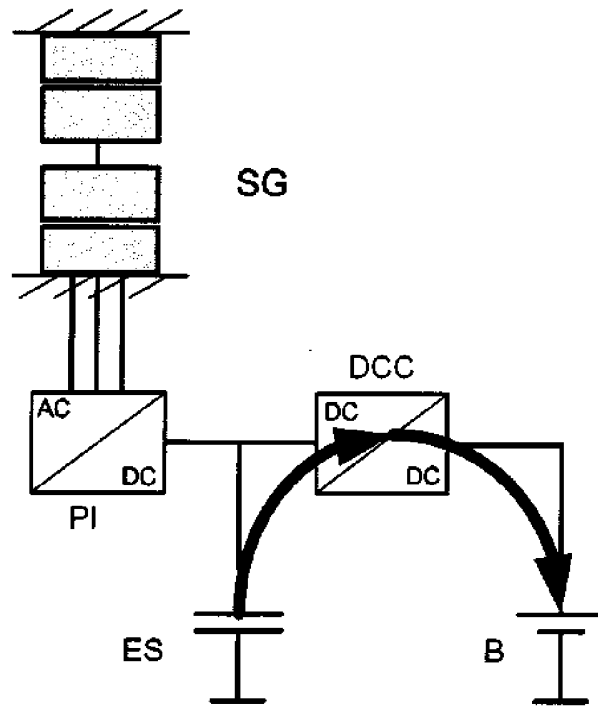


Fig. 4

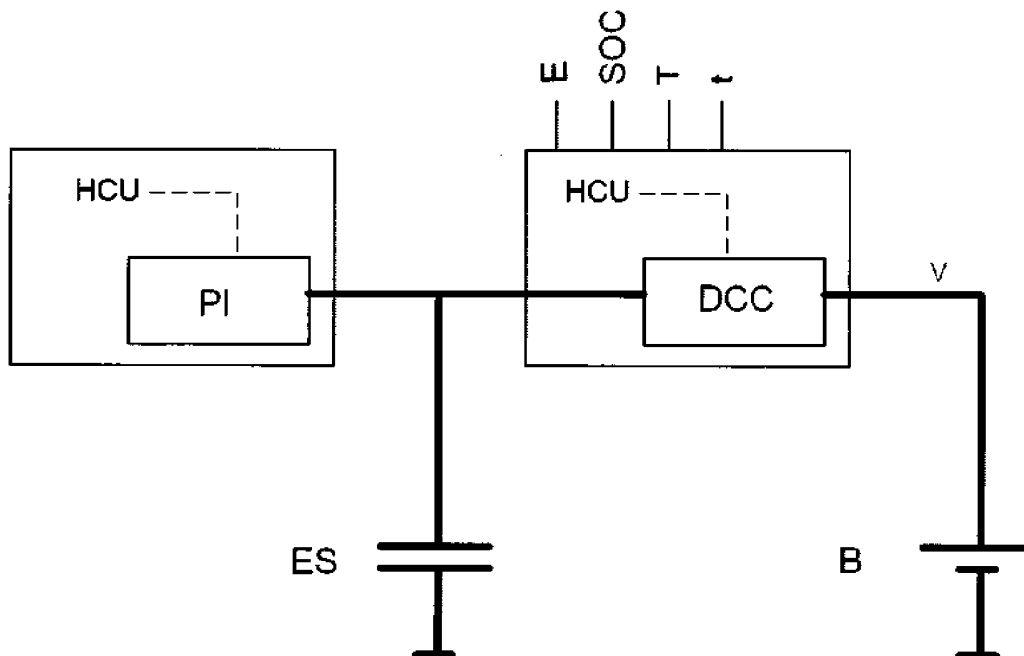


FIG. 5

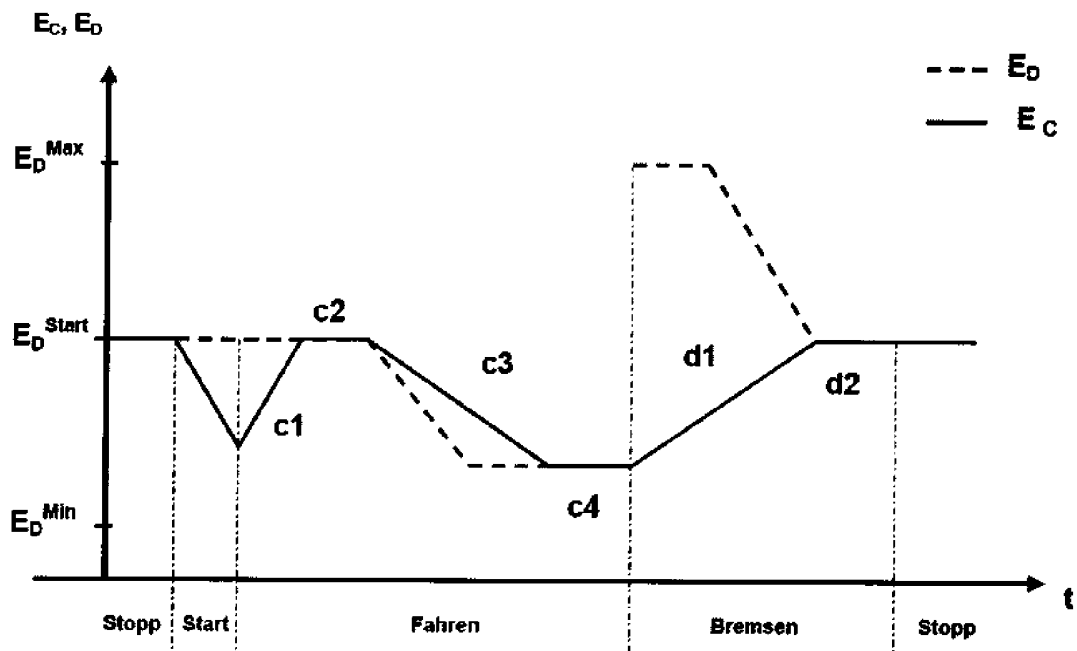


FIG. 6

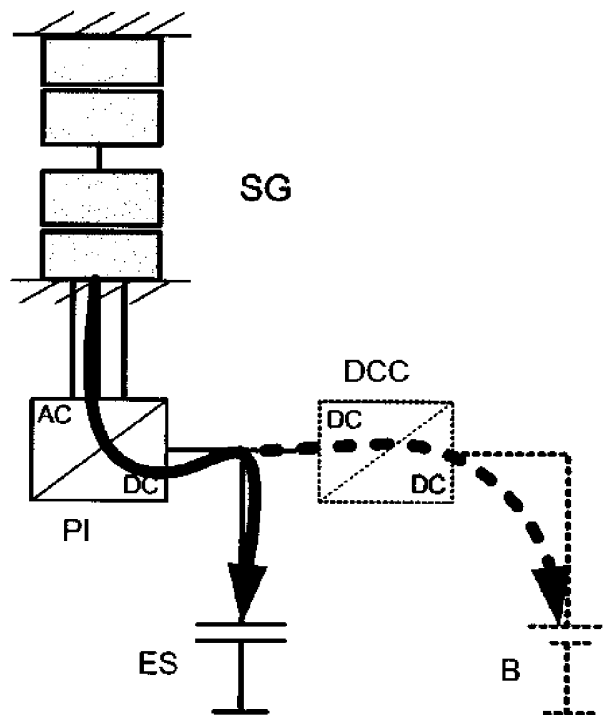


FIG. 7

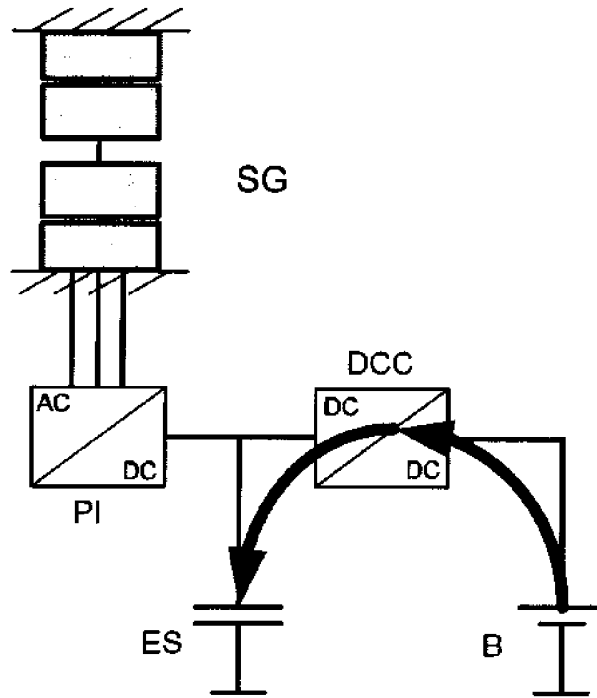


FIG. 8

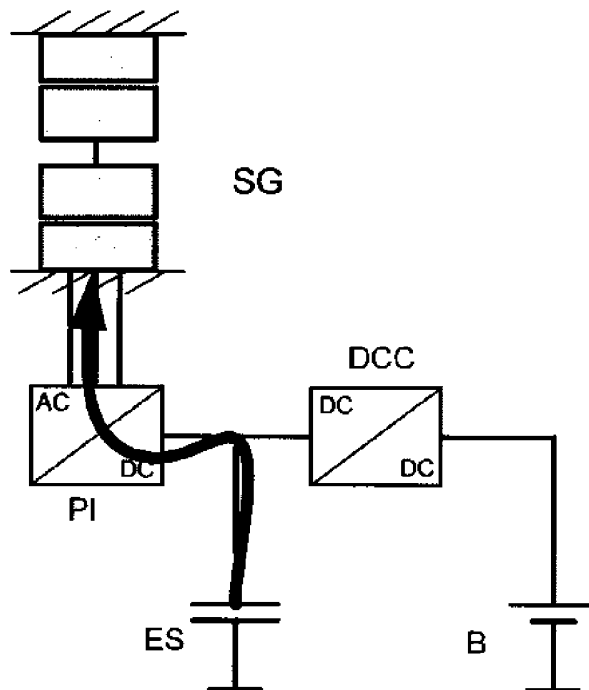


FIG. 9

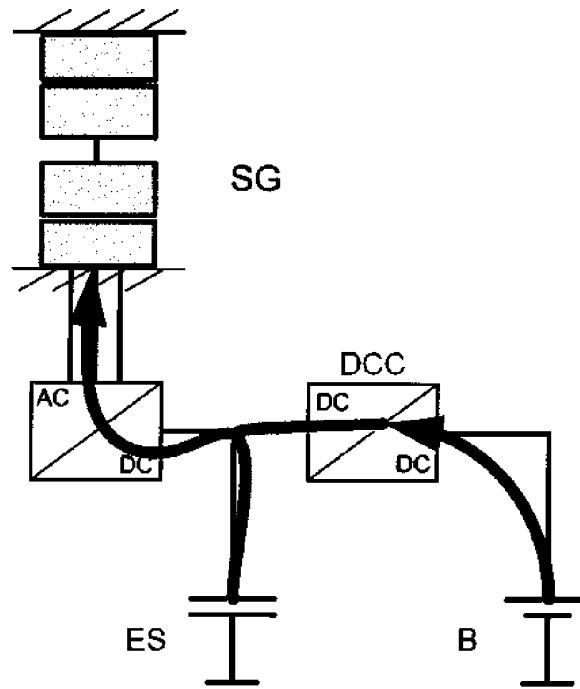


FIG. 10

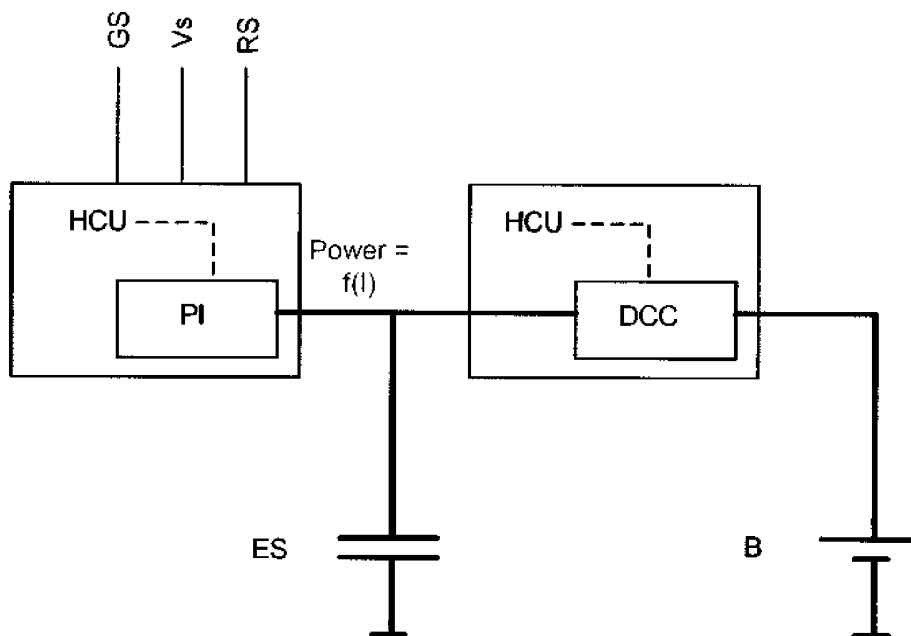


FIG. 11