

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1646/2011  
(22) Anmeldetag: 08.11.2011  
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2013

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

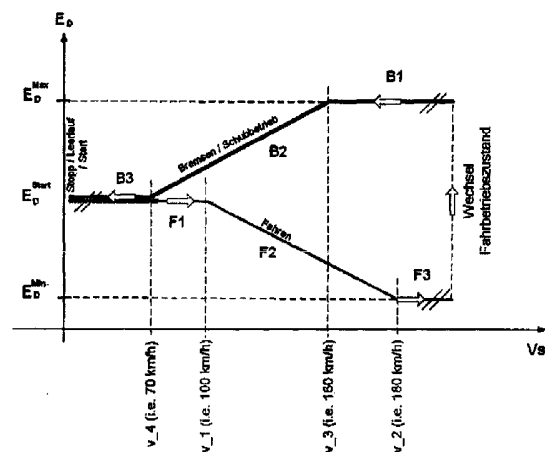
(56) Entgegenhaltungen:  
DE 10042414 A1 EP 1247979 A2  
DE 102006034933 A1  
DE 10305058 B3 EP 1676738 A2

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

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

(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**



## ZUSAMMENFASSUNG

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 ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist; Ändern des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubetrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) entspricht.

Fig. 3



## **VERFAHREN ZUR VERWALTUNG ELEKTRISCHER ENERGIE IN EINEM FAHRZEUG**

### **GEBIET DER ERFINDUNG**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Verwaltung und des Einsatzes elektrischer Energie in einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, der mit einer elektrischen Maschine gekoppelt ist.

### **HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

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.

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.

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.

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 prädiziert. Der Ladungssollwert des Energiespeichers wird in Abhängigkeit von dem prädizierten 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 Bremsenergierekuperation, einen Energiespeicher für die vom Elektromotor erzeugten Energie, ein Restkapazitätserfassungsmittel für den Energiespeicher und ein Verzögerungsregenerativsteuermitel zum Ermitteln eines zu rekuperierenden Energiebetrags. Das Verzögerungssteuermitel berechnet den zu rekuperierenden 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.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Nach einem ersten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung 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.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor, der mit einem Startergenerator gekoppelt ist. Die vom Startergenerator erzeugte Energie ist in einem Startenergiespeicher einspeicherbar. Die Steuerungseinrichtung ist dazu eingerichtet, ein Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers abhängig von wenigstens dem Fahrbetriebszustand oder der Fahrzeuggeschwindigkeit zu bestimmen und das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers dem Soll-Energieniveau nachzuführen. Sie ist ferner dazu eingerichtet, das Soll-Energieniveau im Fahrbetriebszustand Fahren so zu ändern, dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendes Startfähigkeits-Energieniveau ist, und es im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb so zu ändern, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau des Startenergiespeichers wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau entspricht.

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

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

Fig. 1 eine schematische Darstellung der relevanten Fahrzeugkomponenten;

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;

Fig. 3 das Soll-Energieniveau des Startenergiespeichers für verschiedene Fahrbetriebszustände abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit;

Fig. 3A die zeitliche Abhängigkeit des Soll-Energieniveaus des Startenergiespeichers aus Fig.3 für eine beispielhafte Fahrt;

4 A3999013ATP00Lp

Fig. 4 einen Energiefluss aus dem Startenergiespeicher in den Energiespeicher;

Fig. 5 ein schematisches Diagramm zur Bestimmung der Zielspannung beim Energieaustausch aus Fig. 4;

Fig. 6 das Energieniveau des Startenergiespeichers während einer anderen beispielhaften Fahrt in zeitlicher Abhängigkeit;

Fig. 7 einen Energiefluss vom Startergenerator zum Startenergiespeicher bzw. Energiespeicher;

Fig. 8 einen Energiefluss aus dem Energiespeicher in den Startenergiespeicher;

Fig. 9 einen Start des Verbrennungsmotors mit Energiespeisung des Startergenerators aus dem Startenergiespeicher;

Fig. 10 einen Start des Verbrennungsmotors mit (zusätzlicher) Energiespeisung des Startergenerators aus dem Energiespeicher; und

Fig. 11 ein schematisches Diagramm zur Bestimmung der Ladeenergie des Startenergiespeichers.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

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.

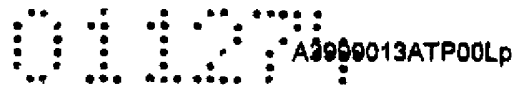
Verfahren zur Steuerung der Erzeugung elektrischer Energie in einem Fahrzeug werden allgemein auch als "Energiemanagement" bezeichnet. Ein wesentlicher Aspekt des Energiemanagements liegt in der Erzeugung und Verwaltung derjenigen Energie, die eine elektrische Maschine – der sog. Startergenerator – für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

5  A3999013ATP00Lp

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.

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.

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.



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.

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-Energieniveaus (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.

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:

- Aus: der Verbrennungsmotor ist abgeschaltet;
- Stopp: der Verbrennungsmotor wird abgeschaltet;
- Start: der Verbrennungsmotor wird gestartet;



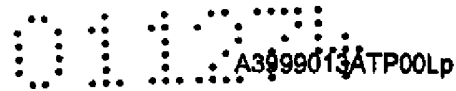
- Leerlauf:** der Verbrennungsmotor läuft und das Getriebe des Fahrzeugs ist in Leerlaufstellung, der Kraftschluss zwischen Verbrennungsmotor und Antriebsachse ist also getrennt;
- Fahren:** das Fahrzeug fährt mit konstanter Geschwindigkeit oder beschleunigt;
- Bremsen:** die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird durch Betätigung einer Bremsvorrichtung vermindert;
- 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.

Im Fahrbetriebszustand Start wird der Verbrennungsmotor gestartet. Dazu wird beispielsweise das Fahrpedal und bei eingelegtem Gang des Getriebes auch das Kuppelpedal (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.

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.

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

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.



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.

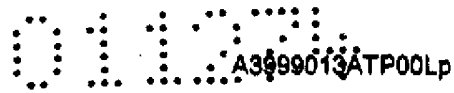
Im Fahrbetriebszustand Bremsen wird das Fahrzeug durch Betätigen des Bremspedals abgebremst. Das Bremspedal wird entweder bis zum endgültigen Stopp des Fahrzeugs betätigt oder bereits vor dem Stillstand des Fahrzeugs wieder zurück in Nullstellung gebracht.

Im Fahrbetriebszustand Schubetrieb 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.

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

Dem vorliegenden Energiemanagement liegt die Annahme zugrunde, dass der Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubetrieb üblicherweise auf den Fahrbetriebszustand Fahren folgt. Auf die Fahrbetriebszustände Bremsen oder Schubetrieb 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.

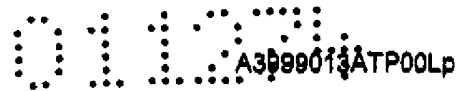
Allgemein geht die Erfindung davon aus, dass im Fahrbetriebszustand Fahren kinetische Energie des Fahrzeugs in den Startenergiespeicher einspeicherbar ist und demnach sein Ist-Energieniveau reduziert und frei verwendbar für andere Zwecke wird. In den Fahrzuständen Bremsen und Schubetrieb wird diese Einspeicherung 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.



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 Bewegen 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.

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.

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 Schubbetrieb erhöht wird.

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.

Würde die Energie im Startenergiespeicher wie im Stand der Technik stets auf dem Startfähigkeits-Energieniveau gehalten, wäre zudem bei Beginn des Fahrbetriebszustands Bremsen oder Schubbetrieb 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 Schubbetrieb 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.

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.

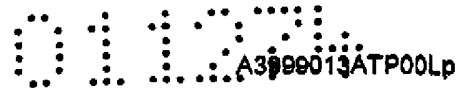


Dem beschriebenen Startfähigkeits-Energieniveau kommt insbesondere dann eine zentrale Rolle zu, wenn das Fahrzeug über eine Start/Stopp-Automatik verfügt. Dementsprechend ist bei manchen Ausgestaltungen das Fahrzeug mit einer Start/Stopp-Automatik ausgerüstet. In diesem Fall wird der automatische Start 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.

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.

Bei manchen Ausprägungen der Erfindung ist die Funktion des Soll-Energieniveaus so definiert, dass es für manche Bereiche der Fahrzeuggeschwindigkeit schneller hoch- oder heruntersetzt 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.

Für die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen und Schubetrieb 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



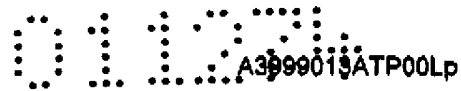
gesetzt. Alternativ nimmt es innerhalb eines Korridors mit einer festgelegten Steigung zu oder ab. Beispielsweise wird das Soll-Energieniveau für einen Teilbereich mit niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit (z.B. 10-30 km/h) auf das Startfähigkeits-Energieniveau bestimmt, während es für Teilbereiche mit mittlerer Geschwindigkeit (z.B. 30-60 km/h) auf einen Wert unter dem Startfähigkeits-Energieniveau gesetzt wird.

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.

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.

In manchen Ausprägungen der Erfindung umfasst das Nachführen des Ist-Energieniveaus 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.

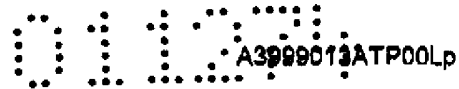
Bei weiteren Ausgestaltungen umfasst das Nachführen im beschriebenen Fall zudem einen Transfer von im Startenergiespeicher gespeicherter Energie in den Energie-



speicher. Die im Startenergiespeicher gespeicherte Energie wird dadurch reduziert. Der Energietransfer erfolgt beispielsweise solange, bis das Ist-Energieniveau an das Soll-Energieniveau angeglichen ist.

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

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/Stop-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 „Eingerichtetein“ 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).



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.

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.

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.

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



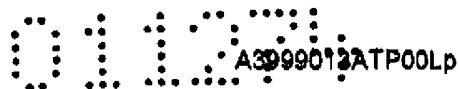
Fahrzeugs, Start oder Stopp des Verbrennungsmotors, Start/Stop-Automatik, Bremsmomentregelung für den Startergenerator SG, etc.

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.

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.

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.

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



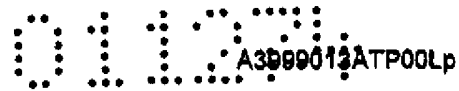
Startergenerator SG und Energiespeicher B. Die Leistungskapazität des DC/DC-Wandlers ist im Allgemeinen kleiner als die des Gleichrichters PI.

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.

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 entladeresistent zu sein, so dass ständiges Laden/Entladen des Startenergiespeichers ES dessen Lebensdauer wenig beeinträchtigt. Der Startenergiespeicher ES ist beispielsweise ein Doppelschichtkondensator (in Englisch: "electric double layer capacitor" (EDLC)) oder ein Superkondensator, die beide eine hohe Energiedichte, d.h. hohe spezifische Leistung haben. Die Spannung im Stromkreis des Startenergiespeichers ES ist veränderlich. Sie hängt von der im Startenergiespeicher ES gespeicherten Energie ab: gespeicherte Energie ~ Spannung<sup>2</sup>.

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 Fahrzeugs versorgt. Diese sind beispielsweise eine Klimaanlage, eine Sitzheizung, die Innenraumbelichtung, elektrische Fensterheber oder andere elektrische Verbraucher des Fahrzeugs.

Der DC/DC-Wandler DCC als auch der Gleichrichter PI werden von der Steuereinrichtung HCU gesteuert. Das in der Steuereinrichtung HCU implementierte Energiemanagement sorgt dafür, dass Gleichrichter PI, DC/DC-Wandler DCC und Starterge-



nerator SG von der Hybridsteuerung 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.

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 gestartet werden soll oder kann. Dies ist abhängig von dem Energiemanagement der Steuereinrichtung 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.

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 Energiemenge als auch die Steuerung des Betriebs des Startergenerators SG erfolgt gemäß dem in der Steuereinrichtung HCU integrierten Energiemanagement.

Zunächst wird in einem Schritt S1 der Fahrbetriebszustand des Fahrzeugs erfasst. Es handelt sich dabei wie oben beschrieben um einen der Zustände Start, Stopp, Leerlauf, Fahren, Bremsen oder Schubtrieb. Die Fahrbetriebszustände, insbesondere die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubtrieb umfassen in einem Ausführungsbeispiel auch Teilbereiche. (Eine detaillierte Erklärung der Teilbereiche der Fahrbetriebszustände folgt in Fig. 3.)

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



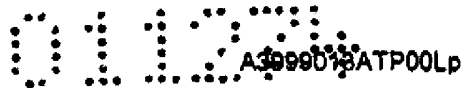
der Verbrennungsmotor ICE bei Fahrzeugstillstand gestartet oder wiedergestartet, wenn der Gang eingelegt, das Kupplungspedal betätigt ist und das Bremspedal losgelassen wird. Der Verbrennungsmotor ICE wird bei Fahrzeugstillstand gestoppt, wenn der Gang eingelegt, das Kupplungspedal betätigt und das Bremspedal 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/Stop-Automatik umfasst auch, dass nicht überprüft wird, ob ein Gang eingelegt ist.

In einem zweiten Beispiel für eine Start/Stop-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/Stop-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.

Des Weiteren können verschiedenste Mischformen dieser beiden Beispiele von Start/Stop-Automatiken zum Einsatz kommen.

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.

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.

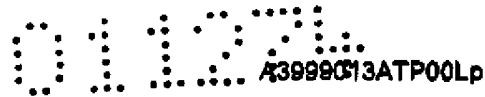
Abhängig vom Vergleich in Schritt S3 steuert die Hybridsteuerung HCU gemäß dem Energiemanagement in Schritt S4 die Betriebsart des Startergenerators SG, d.h. ob der Startergenerator SG als Generator, im Leerlauf oder als elektrischer Motor betrieben wird. Bei einer Veränderung des Fahrbetriebszustands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

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.

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.

Der Betrieb des Startergenerators SG als Motor, Generator oder im Leerlauf hängt somit vom Fahrbetriebszustand (Stopp, Start, Leerlauf, Fahren, Bremsen, Schubetrieb) 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, Schubetrieb) und von der im Startenergiespeicher ES gespeicherten Energiemenge ab.

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, Schubetrieb 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

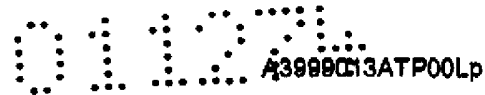


dem Einspeichern von Energie zum Erreichen des Startfähigkeits-Energieniveaus  $E_D^{\text{Start}}$  im Startenergiespeicher gewährleistet ist.

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 Schubetrieb.

Im Fahrbetriebszustand Stopp, Start oder Leerlauf liegt das Soll-Energieniveau  $E_D$  im Bereich des Startfähigkeits-Energieniveaus  $E_D^{\text{Start}}$ . Entspricht im Fahrbetriebszustand Stopp das im Startenergiespeicher ES gespeicherte Ist-Energieniveau  $E_C$  genau dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$ , 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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  entspricht.

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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Min}}$  des Startenergiespeichers ES. Hierbei handelt es sich um dasjenige Energieniveau, welches

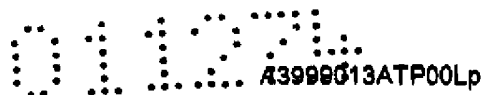


nicht unterschritten werden sollte, um eine lange Lebensdauer des Startenergiespeichers ES zu erreichen.

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  $E_D^{\text{Start}}$  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-Energieniveaus  $E_D^{\text{Start}}$  fällt. Bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten oberhalb  $v_2$  wird der Start-Energiespeicher nahezu vollständig entleert. Der Fahrbetriebszustand wechselt von Fahren auf Bremsen oder Schubetrieb 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 Schubetrieb. Ein solcher Wechsel kann verständlicherweise jederzeit bei jeder Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_s$  stattfinden.

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

Im Teilbereich B1 der Fahrbetriebszustände Bremsen und Schubetrieb 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  $E_D^{\text{Max}}$  des Startenergiespeichers ES entspricht. Hierbei handelt es sich um diejenige Energiemenge, die maximal 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  $E_D^{\text{Start}}$  annähert. Bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_4$  entspricht es dann dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  und bleibt im Teilbereich B3 mit Fahrzeuggeschwindigkeiten kleiner als  $v_4$  konstant auf dem dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  entsprechenden Wert.

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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  entsprechendes Ist-Energieniveau  $E_C$  vorzuhalten.

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  $E_D^{\text{Start}}$  im Startenergiespeicher ES erreicht ist. Durch die Definition des Soll-Energieniveaus  $E_D$  kleiner als das Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  im Teilbereich F2 des Fahrbetriebszustands Fahren ist ein Entladen des Startenergiespeichers ES weit unter das Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Min}}$  das Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  schon bei Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp oder, wie in

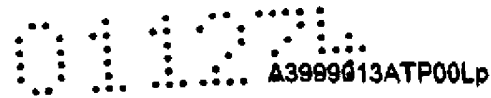
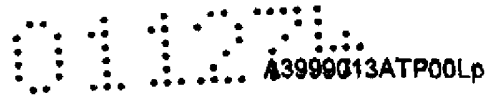


Fig. 3 definiert, schon während des Fahrbetriebszustands Bremsen oder Schubbetrieb im Teilbereich B3 erreicht wird.

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.

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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  zurückzuführen, sondern es auf dem Maximalwert oder einem Wert größer als das Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  zu belassen, so dass es bspw. auch beim Fahrbetriebszustands-Wechsel Leerlauf  $\rightarrow$  Fahren zu einem "Sprung" des Soll-Energieniveaus  $E_D$  kommt.

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 Verbrennungsmotor 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.



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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  aus Fig. 3.

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  $E_D^{\text{Start}}$ . Danach tritt das Fahrzeug in den Teilbereich F2 ein, indem es 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  $E_D^{\text{Start}}$ . 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 Fahrtbeispiel noch über dem minimalen Soll-Energieniveau  $E_D^{\text{Min}}$  aus Fig. 3 liegt.

Nun wechselt das Fahrzeug in den Fahrbetriebszustand Bremsen. Das Soll-Energieniveau  $E_D$  wird durch das Energiemanagement sofort auf seinen definierten maximalen Wert  $E_D^{\text{Max}}$  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. Das Soll-Energieniveau  $E_D$  nimmt in diesem Zeitintervall linear ab, bis es wieder das Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  erreicht. Im folgenden Teilbereich B3 verharrt es dann bis zum Zeitpunkt  $t_7$  konstant auf dem dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  entsprechenden Wert. Im dann folgenden Fahrbetriebszustand Stopp, beginnend im Zeitpunkt  $t_7$ , bleibt das Soll-Energieniveau  $E_D$  unverändert.

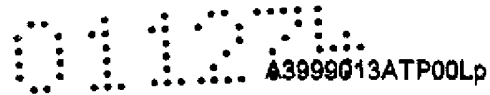
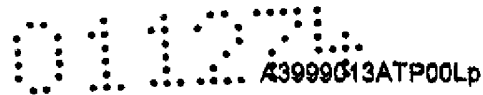


Fig. 3A zeigt, dass das Soll-Energieniveau  $E_D$  vom Fahrbetriebszustand abhängig veränderlich ist. Die einzelnen Fahrbetriebszustände, in diesem Beispiel insbesondere die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb, setzen sich aus Teilbereichen zusammen, die je nach Fahrzeuggeschwindigkeit 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.

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  $E_D^{\text{Start}}$  entspricht.

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).

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

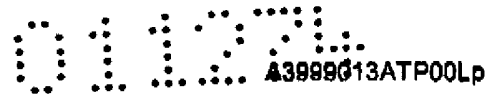


vom Startenergiespeicher ES in den Energiespeicher B fließt. Der Startergenerator SG läuft dabei im Leerlaufbetrieb.

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.

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 Startgenerators 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.

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.



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.

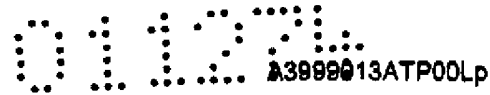
Das Ausspeichern gemäß Fig. 4 wird bei manchen Ausführungsformen anhand einer Zielspannung  $V$  des Bordnetzes durchgeführt (s. Fig. 5). Hierbei handelt es sich um diejenige Spannung, mit der der Energiespeicher B geladen wird. Sie repräsentiert den gewünschten Strom zur Aufladung des Energiespeichers 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.

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:

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

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.

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



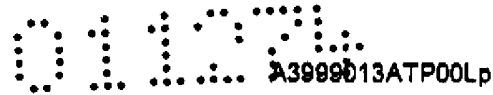
Schubbetrieb 11,3 V bis 14,4 V, im Fahrbetriebszustand liegt sie Leerlauf zwischen 12,2 V und 15,2 V und im Fahrbetriebszustand Fahren zwischen 12,1 V und 14,9 V. Liegt die Zielspannung  $V$  außerhalb dieser beispielhaften Intervalle, so wird sie von der Steuereinrichtung HCU auf den jeweils zulässigen maximalen oder minimalen Wert gesetzt.

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.

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.

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  $E_D^{\text{Start}}$  absinkt (eine detaillierte Beschreibung des Startvorgangs erfolgt unten anhand der Fig. 9 und 12).

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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  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  $E_D^{\text{Start}}$  erreicht,



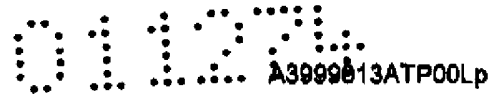
bleibt das Ist-Energieniveau  $E_C$  des Startenergiespeichers zunächst konstant. Dies ist in Fig. 6 im Teilbereich c2 des Fahrbetriebszustands Fahren der Fall.

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  $E_D^{\text{start}}$  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).

Zu Beginn des Teilbereichs c4 des Fahrbetriebszustands 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  $E_D$ .

Mit Eintritt in den Fahrbetriebszustand Bremsen wird das Soll-Energieniveau  $E_D$  auf einen hohen Wert hinaufgesetzt. Das Soll-Energieniveau  $E_D$  entspricht dem maximalen Soll-Energieniveau  $E_D^{\text{Max}}$ . Im Teilbereich d1 des Fahrbetriebszustands 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 Fahrbetriebszustands 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.

Sollte gegen Ende des Fahrbetriebszustands Bremsen das Ist-Energieniveau  $E_C$  noch über dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{start}}$  liegen, wird bei manchen Aus-

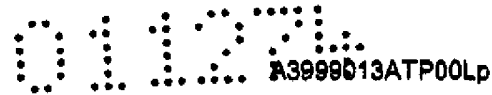


föhrungsformen diese überschüssige Energie im Startenergiespeicher ES auch im Fahrbetriebszustand Stopp in den Energiespeicher B ausgespeichert. Im gezeigten Fahrbeispiel ist das Startfähigkeiten-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  schon vor Beginn des Fahrbetriebszustands Stopp erreicht. Wie bereits ausgeführt, handelt es sich bei dem Stopp des Fahrzeugs unter Umständen auch um einen Stopp im Rahmen einer Start/Stopp-Automatik.

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  $E_C = \text{Startfähigkeiten-Energieniveau } E_D^{\text{Start}}$ .

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.

Fig. 7 zeigt neben der Einspeicherung der vom Startergenerator 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



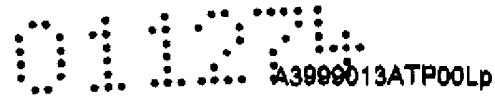
Speichern von Energie in den Energiespeicher B in Abhängigkeit von der Zielspannung  $V$ , wie oben beschrieben.

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.

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.

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 Fahrzeuges zumindest dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{start}}$  entspricht. Um dies zu erreichen, lässt sich – wie in Fig. 8 dargestellt – auch Energie aus dem Energiespeicher B in den Startenergiespeicher ES transferieren.

Ein solcher Energie transfer 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-



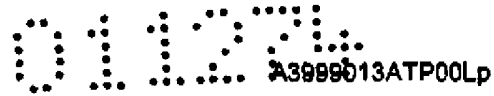
speichers ES abnimmt. Es ist beispielsweise denkbar, dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau  $E_C$  trotz vorheriger Einspeicherung von Energie in den Startenergiespeicher ES unter dem Startfähigkeits-Energieniveau  $E_D^{\text{Start}}$  liegt, etwa aufgrund mehrerer erfolglos durchgeführter 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).

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

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).

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 verbraucht.

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  $E_D^{\text{Start}}$  sinkt und beispiels-

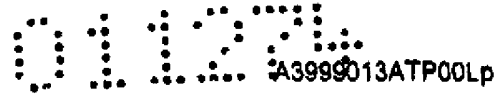


weise zwischen zwei Startversuchen nur eine kurze Zeitspanne liegt, z.B. 30 Sekunden. Wie oben in Zusammenhang mit Fig. 8 beschrieben, wird in einer derartigen Situation bei manchen Ausführungsformen der Startenergiespeicher ES mit Energie aus dem Energiespeicher B wieder aufgefüllt.

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  $E_D^{\text{Start}}$  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.

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.

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 das Verfahren Folgendes 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 ( $E_D^{\text{start}}$ ) ist,

Ändern des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubetrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{start}}$ ) ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{start}}$ ) entspricht.

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 Schubetrieb das



Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) erhöht wird, so dass es höher als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) 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 ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist.

7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) im Fahrbetriebszustand Fahren weniger unterschreitet, als es das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb überschreitet.

8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Gradient des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit variiert.

9. 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.

10. 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.

11. 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.



12. 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.

13. 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.

14. Verfahren nach Anspruch 13, 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.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Energiefluss vom Startenergiespeicher (ES) in den Energiespeicher (B) in Abhängigkeit des Ladungszustands des Energiespeichers (B) erfolgt.

16. Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE), der mit einem Startergenerator (SG) gekoppelt ist, wobei die vom Startergenerator (SG) erzeugte Energie in einem Startenergiespeicher (ES) einspeicherbar ist,

eine Steuereinrichtung (HCU) dazu eingerichtet ist, ein Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) abhängig von wenigstens einem Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V_s$ ) zu bestimmen und das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) dem Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) nachzuführen,

die Steuereinheit (HCU) dazu eingerichtet ist, das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Fahren so zu ändern, dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors (ICE) ausreichendes Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, und es im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb so zu ändern, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, so dass im



Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) entspricht.

17. Fahrzeug nach Anspruch 16, das mit einer Start-Stopp-Automatik ausgerüstet ist, dazu eingerichtet, einen automatischen Wiederstart durch den Startergenerator (SG) auszuführen und die dazu benötigte Energie dem Startenergiespeicher (ES) zu entnehmen.

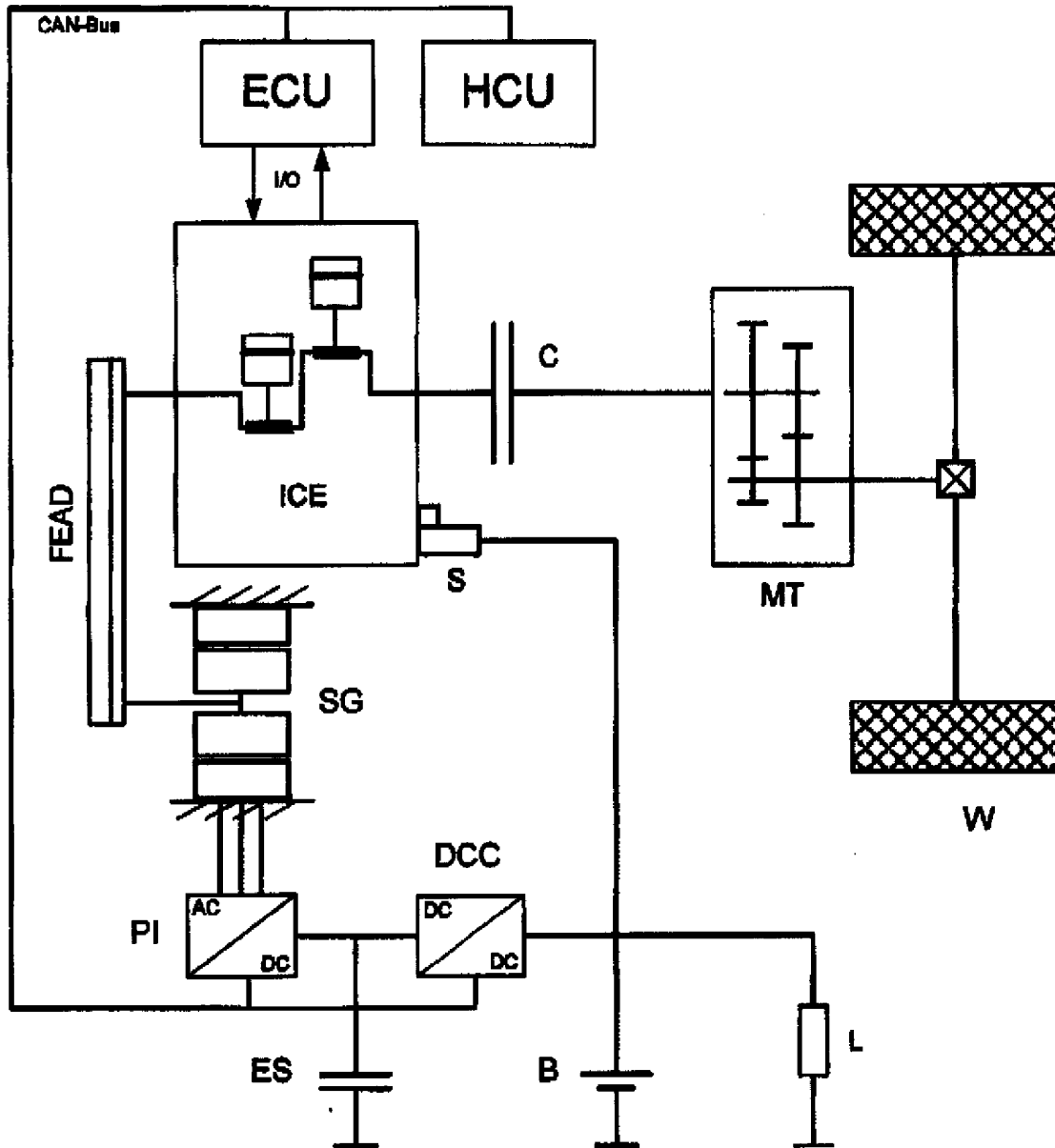


FIG. 1

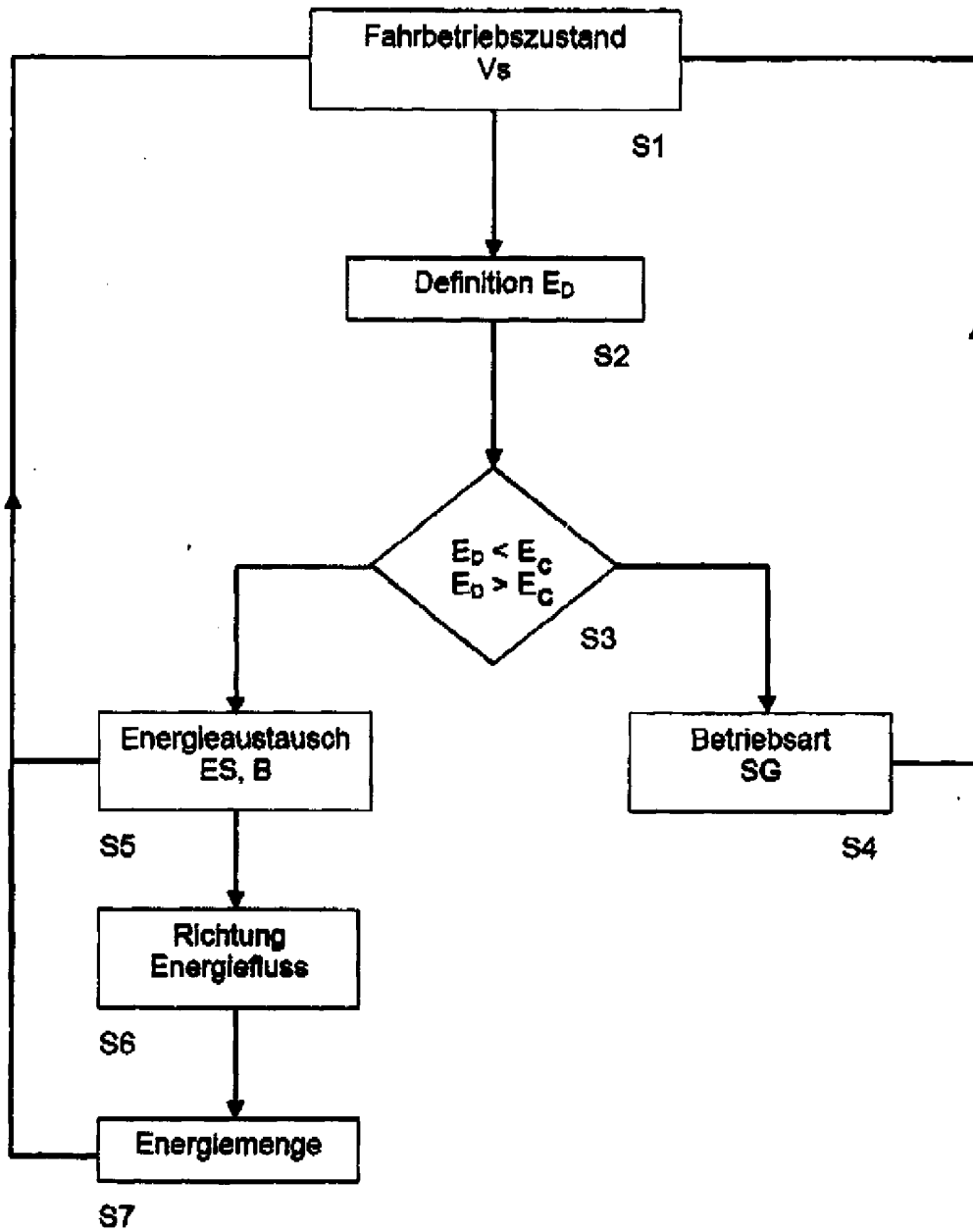


Fig. 2

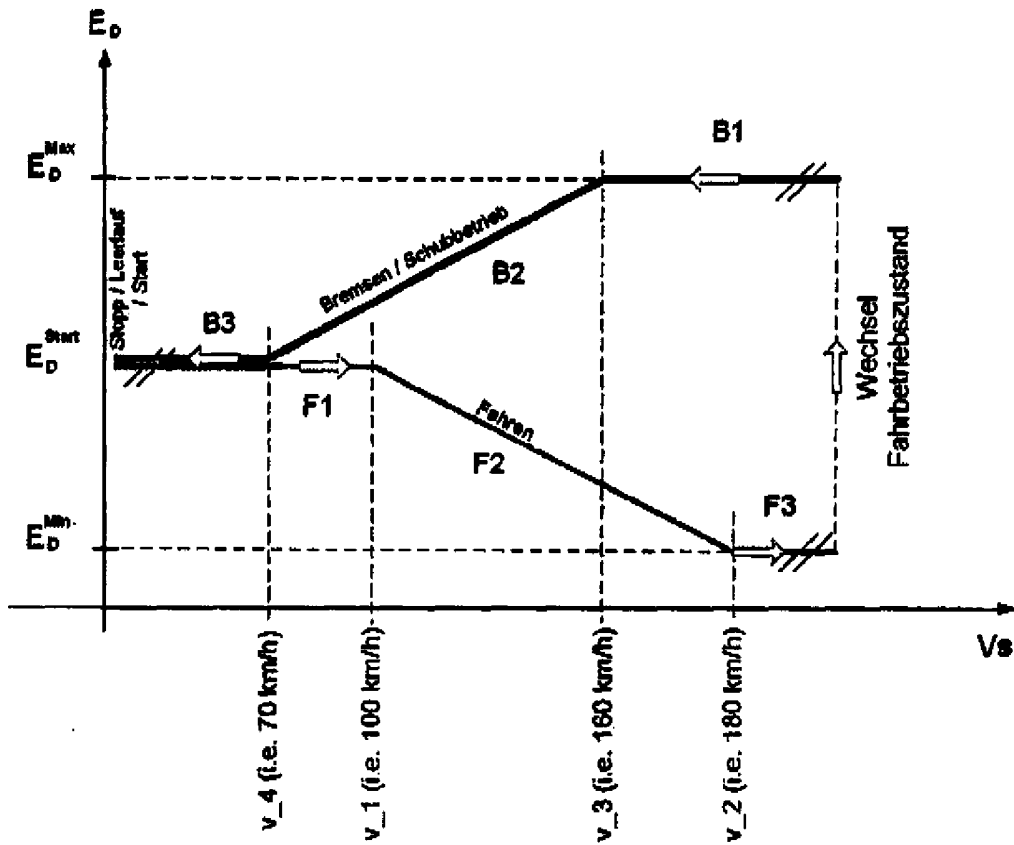


FIG. 3

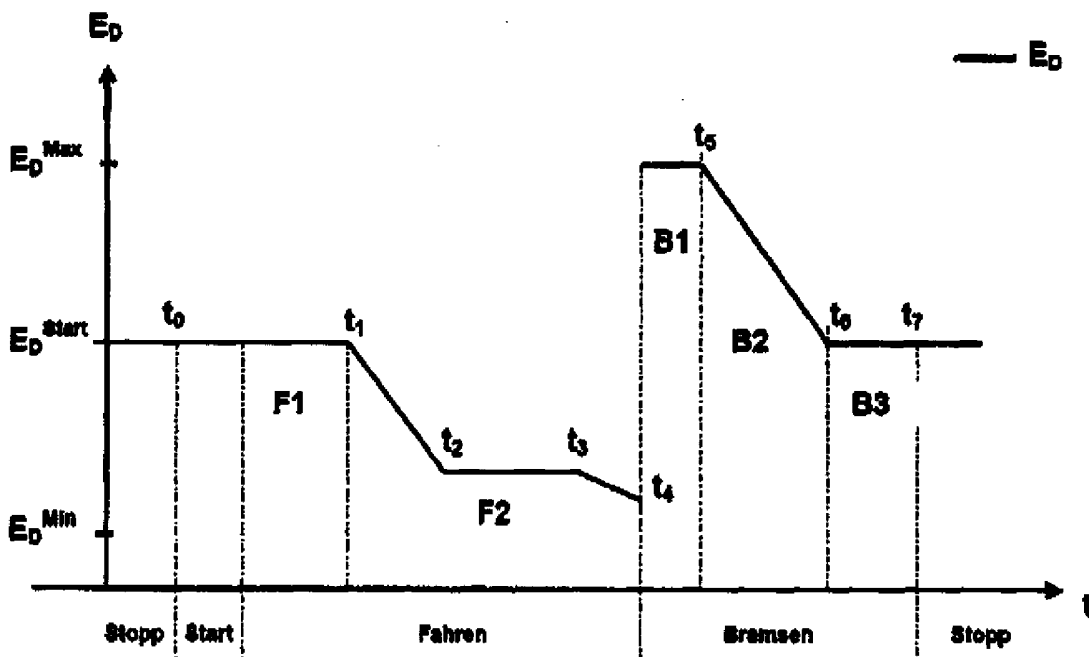


Fig. 3A

Seite 4/7

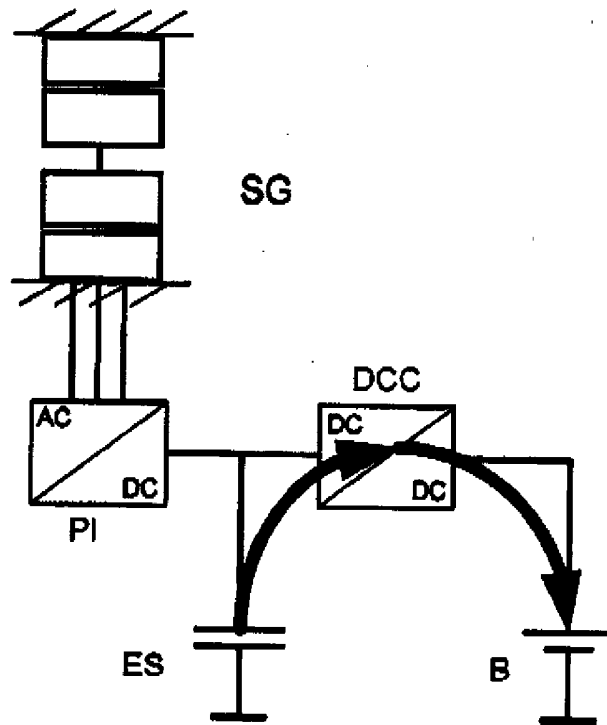


Fig. 4

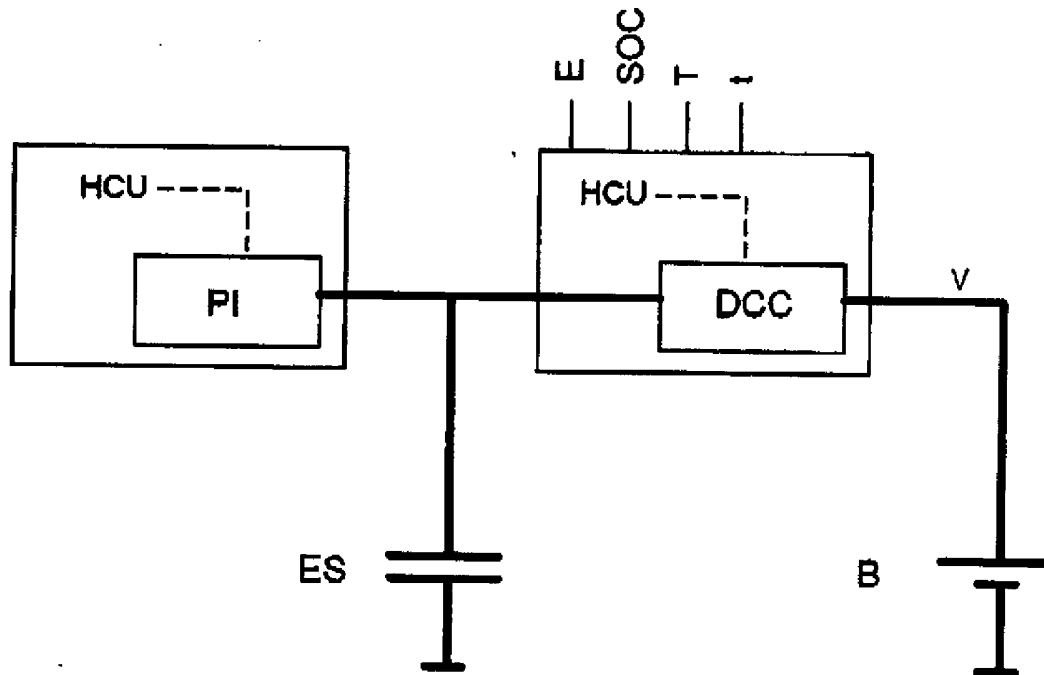
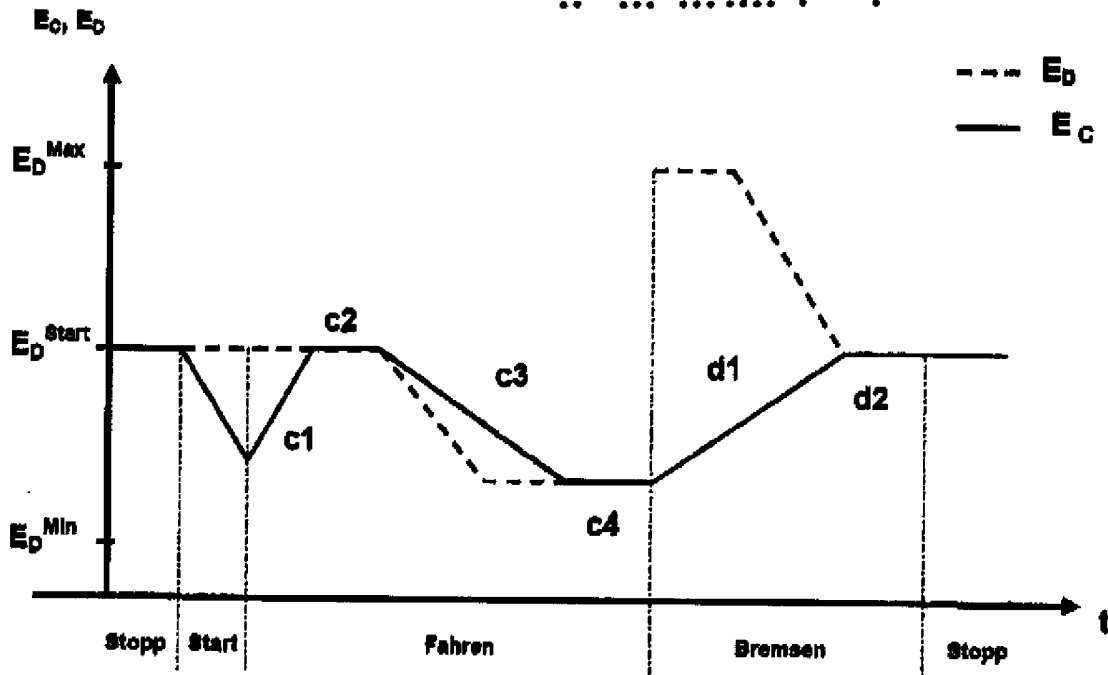
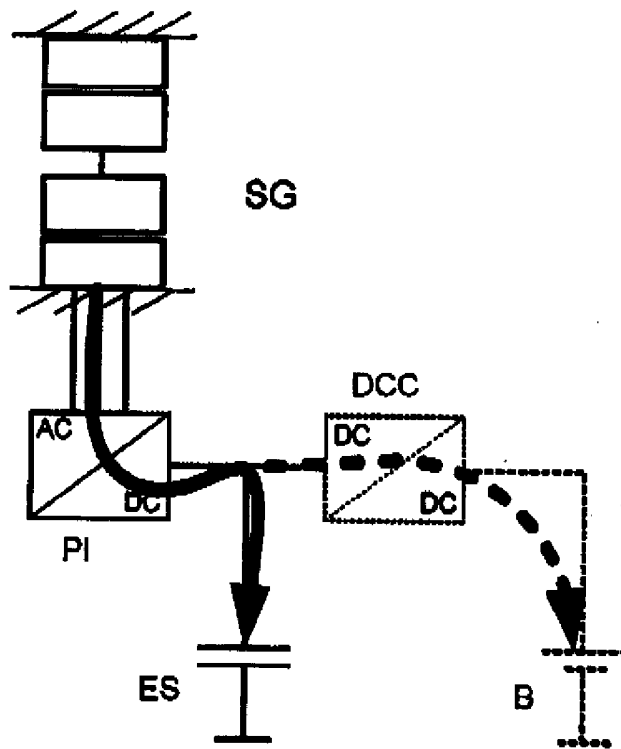


FIG. 5

Seite 5 / 7



**FIG. 6**



**FIG. 7**

Seite 6/7

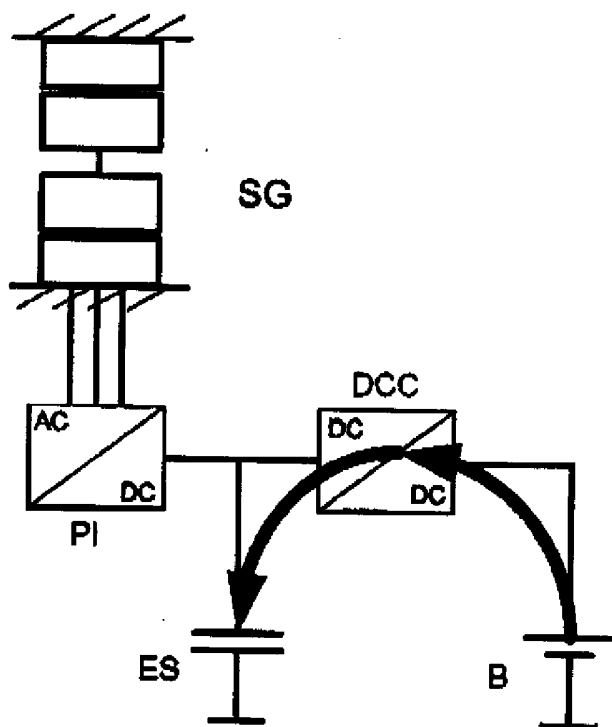


FIG. 8

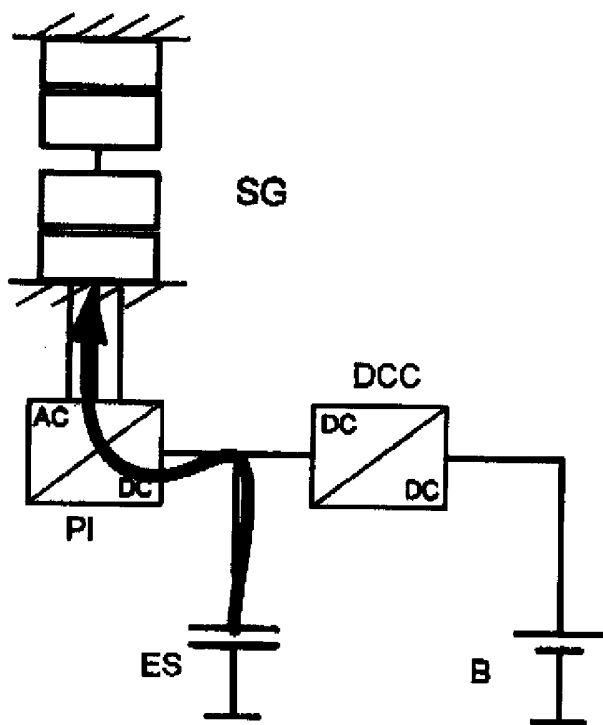


FIG. 9

Seite 7/7

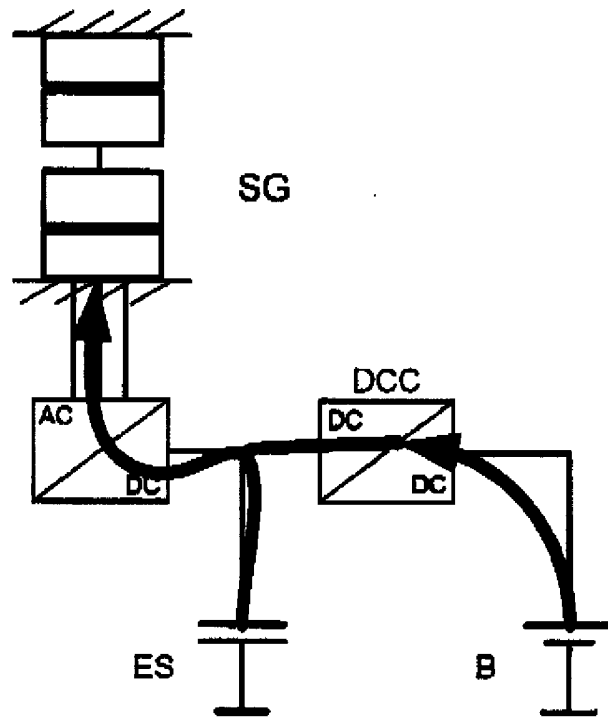


FIG. 10

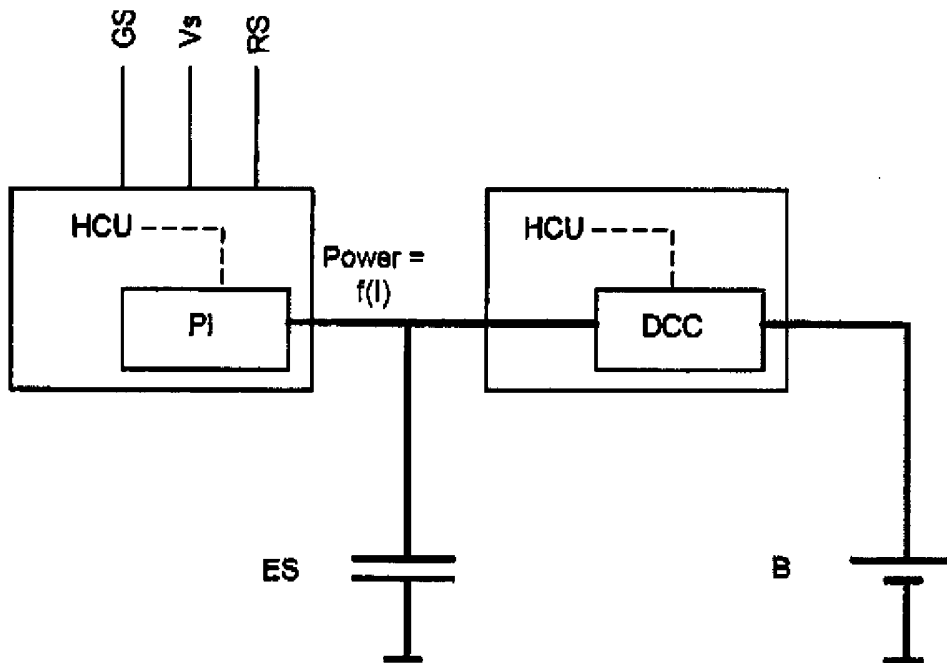


FIG. 11

## ( n e u e ) P A T E N T A N S P R Ü C H E

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, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - Ändern des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Fahren, so dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors ausreichendes Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist,
  - Ändern des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubtrieb derart, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) entspricht.
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

NACHGEREICHT

5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei beim Wechsel des Fahrbetriebszustands von Fahren zu Bremsen oder von Fahren zu Schubbetrieb das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) erhöht wird, so dass es höher als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist.
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V_s$ ) erniedrigt wird, wobei es größer als das oder gleich dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist.
7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) im Fahrbetriebszustand Fahren weniger unterschreitet, als es das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) bei gleicher Fahrzeuggeschwindigkeit im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubbetrieb überschreitet.
8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei der Gradient des Soll-Energieniveaus ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit variiert.
9. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb jeweils wenigstens einen Teilbereich aufweisen, in dem das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V_s$ ) verändert wird.
10. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei die Fahrbetriebszustände Fahren, Bremsen oder Schubbetrieb jeweils wenigstens einen Teilbereich umfassen, in dem das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) nicht verändert wird.
11. 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.

**NACHGEREICHT**

12. 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.
13. 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.
14. Verfahren nach Anspruch 13, 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.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Energiefluss vom Startenergiespeicher (ES) in den Energiespeicher (B) in Abhängigkeit des Ladungszustands des Energiespeichers (B) erfolgt.
16. Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE), der mit einem Startergenerator (SG) gekoppelt ist, wobei
- die vom Startergenerator (SG) erzeugte Energie in einem Startenergiespeicher (ES) einspeicherbar ist,
- eine Steuereinrichtung (HCU) dazu eingerichtet ist, ein Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) des Startenergiespeichers (ES) abhängig von wenigstens einem Fahrbetriebszustand und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit ( $V_s$ ) zu bestimmen und das Ist-Energieniveau ( $E_C$ ) des Startenergiespeichers (ES) dem Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) nachzuführen, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (HCU) dazu eingerichtet ist, das Soll-Energieniveau ( $E_D$ ) im Fahrbetriebszustand Fahren so zu ändern, dass es kleiner als ein für den Start des Verbrennungsmotors (ICE) ausreichendes Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, und es im Fahrbetriebszustand Bremsen oder Schubetrieb so zu ändern, dass es gleich dem oder größer als das Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) ist, so dass im Fahrbetriebszustand Stopp das Ist-Energieniveau ( $E_C$ )

des Startenergiespeichers (ES) wenigstens dem Startfähigkeits-Energieniveau ( $E_D^{\text{Start}}$ ) entspricht.

17. Fahrzeug nach Anspruch 16, das mit einer Start-Stopp-Automatik ausgerüstet ist, dazu eingerichtet, einen automatischen Wiederstart durch den Startergenerator (SG) auszuführen und die dazu benötigte Energie dem Startenergiespeicher (ES) zu entnehmen.

2012 10 30

Fu/St

NACHGEREICHT

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: F02N 11/08 (2006.01); B60W 20/00 (2006.01)
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß ECLA: F02N 11/08P2; B60W 20/00B
Recherchierter Prüfstoﬀ (Klassifikation): B60W, F02N
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 8. November 2011 eingereichten Ansprüchen 1-17 erstellt.

Kategorie <sup>7</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 10042414 A1 (DAIMLERCHRYSLER AG) 14. März 2002 (14.03.2002) Fig und Beschreibung; Absatz 0038	1-17
X	EP 1247979 A2 (TEMIC AUTOMOTIVE ELECTRIC MOTORS GMBH) 09. Oktober 2002 (09.10.2002) Fig 2a und Beschreibung; Absatz 0024	1-17
X	DE 10305058 B3 (DAIMLERCHRYSLER AG) 25. März 2004 (25.03.2004) Fig 2 und Beschreibung; Absatz 0022	1-17
X	EP 1676738 A2 (VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT, SKODA AUTO A.S) 05. Juli 2006 (05.07.2006) Fig 1 und Beschreibung; Absatz 0029	1-17
X	DE 102006034933 A1 (DR.ING.H.C. F. PORSCHE AG) 31. Jänner 2008 (31.01.2008) Fig 1 und Beschreibung; Absatz 0042	1, 16

Datum der Beendigung der Recherche: 25. Mai 2012	<input checked="" type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): SCHLECHTER B.
---	--	------------------------------

<sup>7</sup> Kategorien der angeführten Dokumente:	
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.	A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.	P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
	E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
	& Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.