



(10) **DE 10 2015 118 809 B4** 2020.03.12

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 118 809.0**

(22) Anmeldetag: **03.11.2015**

(43) Offenlegungstag: **19.05.2016**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **12.03.2020**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04029 (2016.01)**

**H01M 8/04701 (2016.01)**

**B60L 58/33 (2019.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2014-231826 14.11.2014 JP**

(73) Patentinhaber:  
**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(74) Vertreter:  
**KUHNEN & WACKER Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,  
DE**

(72) Erfinder:  
**Yamada, Takashi, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Nada,  
Mitsuhiro, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Maruo,  
Tsuyoshi, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2005 058 687</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 011 308</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 651 761</b>	<b>B1</b>

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem, Brennstoffzellenfahrzeug und Steuerverfahren für ein Brennstoffzellensystem**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellensystem, das in einem Brennstoffzellenfahrzeug (10) befestigt ist, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:

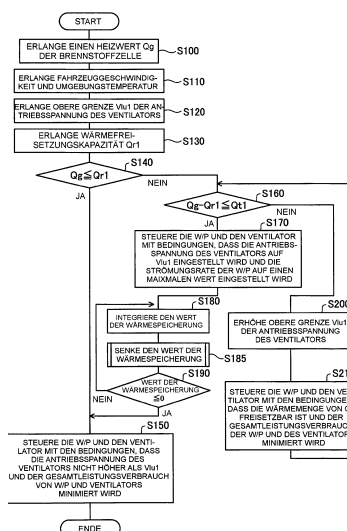
eine Brennstoffzelle (100);

einen Kühlsystemkreislauf (300), der einen Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310) enthält, der dazu eingerichtet ist, der Brennstoffzelle (100) eine Kühlflüssigkeit zuzuführen, einen Radiator (350), der dazu eingerichtet ist, die Kühlflüssigkeit abzukühlen, einen Radiatorventilator (360) und eine Kühlflüssigkeitspumpe (370), die in dem Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310) angeordnet ist, um der Brennstoffzelle (100) Kühlflüssigkeit zuzuführen;

eine Steuervorrichtung (200); und

ein Geschwindigkeitsmessgerät (120), das dazu eingerichtet ist, eine Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) zu erlangen, wobei

die Steuervorrichtung (200) in der Lage ist, eine erste Kühlsteuerung durchzuführen, die einen oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) festlegt und eine Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) reguliert, um die Brennstoffzelle (100) abzukühlen, und wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung (200) einen Wärmefreisetzungs-kapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators ...



**Beschreibung****HINTERGRUND****FACHGEBIET**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, ein Brennstoffzellenfahrzeug und ein Steuerverfahren für das Brennstoffzellensystem.

**VERWANDTER STAND DER TECHNIK**

**[0002]** Ein in JP 2009-140696 A offenbartes Brennstoffzellensystem enthält eine Brennstoffzelle, einen Kühlmittelströmungspfad, der dazu eingerichtet ist, ein Kühlmittel einem Brennstoffzellenstapel zuzuführen, eine Kühlmittelzirkulationspumpe, die dazu eingerichtet ist, das Kühlmittel zu der Brennstoffzelle und zu einem Radiator zu zirkulieren, und einen Kühlventilator, der dazu eingerichtet ist, die Luft zu dem Radiator zu blasen und dadurch das Kühlmittel abzukühlen.

**[0003]** Der Kühlventilator weist einen niedrigen Leistungsverbrauch auf. Die Erhöhung der Drehgeschwindigkeit des Kühlventilators zur Erhöhung der Windmenge, die auf den Radiator angewendet wird, stellt dementsprechend eine höhere Kühleffizienz und einen besseren Brennstoffverbrauch im Vergleich mit einer Erhöhung der Drehgeschwindigkeit der Kühlmittelzirkulationspumpe zur Erhöhung der Strömungsrate des dem Radiator zugeführten Kühlmittels sicher. Der Kühlventilator weist im Allgemeinen ein größeres Geräusch und größere Vibration auf (nachstehend als NV abgekürzt) als die Kühlmittelzirkulationspumpe. Dies führt zu einer Schwierigkeit, sowohl einer Reduktion des Brennstoffverbrauchs als auch der Unterdrückung von Geräuschen und Vibration gerecht zu werden. Brennstoffzellensysteme und Kühlsysteme hierfür sind zudem Gegenstand der Druckschrift US 6,651,761 B1, der Druckschrift DE 10 2005 058 687 A1 sowie der Druckschrift DE 10 2008 011 308 A1, die den nächstkomenden Stand der Technik darstellt.

**ZUSAMMENFASSUNG**

**[0004]** Um das Vorstehende zumindest teilweise zu erzielen, schafft die vorliegende Erfindung verschiedene nachstehend beschriebene Aspekte.

(1) Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem geschaffen, das in einem Brennstoffzellenfahrzeug befestigt ist. Das Brennstoffzellensystem weist auf: eine Brennstoffzelle; einen Kühlsystemkreislauf, der einen Kühlfüssigkeitsversorgungspfad enthält, der dazu eingerichtet ist, eine Kühlfüssigkeit der Brennstoffzelle zuzuführen, einen Radiator, der dazu eingerichtet ist, die Kühlfüssigkeit abzukühlen, einen Radiatorventilator und eine Kühl-

flüssigkeitspumpe, die in dem Kühlfüssigkeitsversorgungspfad geschaffen ist, um der Brennstoffzelle Kühlfüssigkeit zuzuführen; eine Steuervorrichtung; und ein Geschwindigkeitsmessgerät, das dazu eingerichtet ist, eine Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs zu erlangen. Die Steuervorrichtung ist in der Lage, eine erste Kühlsteuerung durchzuführen, die einen oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs einstellt und eine Strömungsrate der Kühlfüssigkeitspumpe oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiators reguliert, um die Brennstoffzelle abzukühlen. Die Erhöhung einer Fahrzeuggeschwindigkeit in einem Brennstoffzellenfahrzeug erhöht im Allgemeinen Geräusche und Vibration (NV), z.B. Windgeräusche, Straßengeräusche und Vibration, die durch Reibung der Räder gegen die Straßenoberfläche verursacht wird, und Geräusche und Vibration eines Motors. Die Erhöhung solcher Geräusche und Vibration bewirkt, dass durch einen Radiatorventilator verursachte Geräusche und Vibration nicht wahrnehmbar werden. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts führt die erste Kühlsteuerung durch, die eine obere Grenze des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs einstellt und eine Strömungsrate der Kühlfüssigkeitspumpe oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators unterhalb des oberen Grenzwerts reguliert, um die Brennstoffzelle abzukühlen. Dies erzielt sowohl eine Unterdrückung von Geräuschen Vibration als auch eine Reduktion des Leistungsverbrauchs (Verbesserung des Leistungsverbrauchs).

(2) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt in der ersten Kühlsteuerung, wobei die Steuervorrichtung einen Heizwert der Brennstoffzelle aus einer Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle berechnen und die Strömungsrate der Kühlfüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators regulieren kann, so dass der Heizwert freigesetzt wird, beim gleichzeitigen Minimieren des Gesamtleistungsverbrauchs der Kühlfüssigkeitspumpe und des Radiatorventilators. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts erzielt sowohl eine Unterdrückung der Geräusche und Vibration als auch eine Reduktion des Leistungsverbrauchs (Verbesserung des Leistungsverbrauchs).

(3) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig aus dem Kühlsystemkreislauf freisetzbar ist, die

Steuervorrichtung veranlassen kann, dass eine Wärmemenge, die einer Differenz der Subtraktion des Wärmefreisetzungswerts von dem Heizwert entspricht, in der Kühlflüssigkeit gespeichert wird, und sogar nachdem der Heizwert niedriger als der Wärmefreisetzungswert wird, kann die Steuervorrichtung die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators beibehalten, bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf eine vorbestimmte Temperatur oder unterhalb dieser sinkt. In dem Brennstoffzellensystem dieses Aspekts wird in der Kühlflüssigkeit ein Heizwert gespeichert, um die Temperatur der Kühlflüssigkeit zu erhöhen. Wenn der Heizwert niedriger als der Wärmefreisetzungswert ist, sinkt die Temperatur der Kühlflüssigkeit. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts hält das Antriebsausmaß der Kühlflüssigkeitspumpe bei, bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf die vorbestimmte Temperatur oder unterhalb dieser sinkt. Dies beschleunigt die Senkung der Temperatur der Brennstoffzelle. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts hält die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators bei, bis die gespeicherte Wärmemenge einem vorbestimmten Wert gleich oder niedriger als dieser wird. Dies unterdrückt eine Überkühlung durch eine verzögerte Temperaturantwort und daraus resultierende Erhöhung des Leistungsverbrauchs.

(4) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn die in der Kühlflüssigkeit gespeicherte Wärmemenge in der ersten Kühlsteuerung freigesetzt wird, die Steuervorrichtung ein niedrigeres Antriebsausmaß einstellen kann, das niedriger als der obere Grenzwert ist, der gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs eingestellt ist, und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators beibehalten kann, während sie das niedrigere Antriebsausmaß als eine obere Grenze verwendet, bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf eine vorbestimmte Temperatur oder unterhalb dieser sinkt. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts hält die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß der Radiatorventilators basierend auf der Temperatur der Kühlflüssigkeit bei. Dieser Aufbau muss dementsprechend die gespeicherte Wärmemenge nicht berechnen.

(5) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig aus dem Kühlsystemkreislauf freisetzbar ist, die Steuervorrichtung veranlassen kann, dass eine Wärmemenge, die einer Differenz der Subtraktion des Wärmefreisetzungswerts von dem

Heizwert entspricht, in der Kühlflüssigkeit gespeichert wird, und sogar nachdem der Heizwert niedriger als der Wärmefreisetzungswert wird, kann die Steuervorrichtung die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators beibehalten, bis die gespeicherte Wärmemenge auf einen vorbestimmten Wert oder unterhalb dieses sinkt. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts beschleunigt die Abkühlung der Brennstoffzelle.

(6) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der in der Kühlflüssigkeit gespeicherte Heizwert freigesetzt wird, die Steuervorrichtung ein niedrigeres Antriebsausmaß einstellen kann, das niedriger als der obere Grenzwert ist, der gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs eingestellt ist, und kann die Kühlflüssigkeitspumpe und den Radiatorventilator unter gleichzeitiger Verwendung des niedrigeren Antriebsausmaßes als eine obere Grenze antreiben, bis die gespeicherte Wärmemenge auf einen vorbestimmten Wert oder unterhalb dieses sinkt.

(7) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist und eine gespeicherte Wärmemenge durch Speichern einer Differenz der Subtraktion eines Wärmefreisetzungswerts von dem Heizwert in der Kühlflüssigkeit höher als die vorbestimmte Wärmemenge ist, kann die Steuervorrichtung in der Lage sein, eine zweite Kühlsteuerung durchzuführen, die den gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs eingestellten oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators auf ein höheres Antriebsausmaß ändern, und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators unter gleichzeitiger Verwendung des höheren Antriebsausmaßes als einen neuen oberen Grenzwert regulieren kann, um die Brennstoffzelle abzukühlen. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts räumt der Kühlung der Brennstoffzelle eine Priorität ein.

(8) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist und die Temperatur der Kühlflüssigkeit höher als eine vorbestimmte Temperatur ist, die Steuervorrichtung in der Lage ist, eine zweite Kühlsteuerung durchzuführen, die den gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs eingestellten oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators auf ein höheres Antriebsausmaß ändert, und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators un-

ter gleichzeitiger Verwendung des höheren Antriebsausmaßes als einen neuen oberen Grenzwert reguliert, um die Brennstoffzelle abzukühlen. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts räumt der Kühlung der Brennstoffzelle eine Priorität ein, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist und die Temperatur der Kühlflüssigkeit höher als die vorbestimmte Temperatur ist.

(9) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung einen Wärmefreisetzungskapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators spezifiziert ist, in zumindest zwei Abschnitte unterteilen kann und eines ändert, die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators, bei gleichzeitiger Fixierung des anderen, um einen Wärmefreisetzungswert in jedem der zumindest zwei Abschnitte durch minimale elektrische Leistung zu erzielen. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts steuert lediglich eines, die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators bei gleichzeitiger Fixierung des anderen. Dies erleichtert die Steuerung.

(10) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt kann ferner aufweisen: eine Umgehungsverrohrung, die dazu eingerichtet ist, eine Strömung der Kühlflüssigkeit, die aus der Brennstoffzelle ausgelassen wird, zu veranlassen, den Radiator zu umgehen und der Kühlflüssigkeitspumpe zugeführt zu werden; und ein strömungsaufteilendes Ventil, das dazu eingerichtet ist, die Strömung der Kühlflüssigkeit, die aus der Brennstoffzelle in den Radiator und in die Umgehungsverrohrung ausgelassen wird, aufzuteilen, wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung einen Heizwert der Brennstoffzelle aus einer Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle berechnen kann und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe, das Antriebsausmaß des Radiatorventilators und eine Strömungsaufteilungsrate unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators regulieren kann, so dass der Heizwert freigesetzt wird, während gleichzeitig der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe und des Radiatorventilators minimiert wird. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts weist ferner die Umgehungsverrohrung und das strömungsaufteilende Ventil auf und führt eine Kühlsteuerung durch zusätzliche Verwendung der Strömungsaufteilungsrate durch.

(11) Brennstoffzellensystem gemäß vorstehendem Aspekt, wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung einen Wärmefrei-

setzungskapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe, das Antriebsausmaß des Radiatorventilators und die Strömungsaufteilungsrate des strömungsaufteilenden Ventils spezifiziert ist, in zumindest zwei Abschnitte aufteilen kann und eines ändern kann, die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe, das Antriebsausmaß des Radiatorventilators und die Strömungsaufteilungsrate des strömungsaufteilenden Ventils, um einen Wärmefreisetzungswert in jedem der zumindest zwei Abschnitte durch minimale elektrische Leistung zu erzielen. Das Brennstoffzellensystem dieses Aspekts steuert lediglich eines, die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe, das Antriebsausmaß des Radiatorventilators und die Strömungsaufteilungsrate des strömungsaufteilenden Ventils, bei gleichzeitiger Fixierung der verbleibenden beiden. Dies erleichtert die Steuerung.

**[0005]** Die Erfindung kann durch verschiedene andere Aspekte als das vorstehend beschriebene Brennstoffzellensystem, beispielsweise ein Brennstoffzellenfahrzeug und ein Verfahren für ein Brennstoffzellensystem, umgesetzt werden.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist ein Diagramm, das ein Brennstoffzellenfahrzeug mit einer darin befestigten Brennstoffzelle veranschaulicht.

**Fig. 2** ist ein Diagramm, das die Brennstoffzelle und einen Kühlsystemkreislauf für die Brennstoffzelle veranschaulicht.

**Fig. 3** ist ein Steuerblockdiagramm, das die Steuervorrichtung zur Steuerung der Kühlflüssigkeitspumpe und des Radiatorventilators veranschaulicht.

**Fig. 4** ist ein Graph, der Abweichungen der freisetzbaren Wärmemenge und ein Betriebsmuster bezüglich einer Drehgeschwindigkeit der Kühlflüssigkeitspumpe und der Antriebsspannung des Radiatorventilators zeigt.

**Fig. 5** ist eine Tabelle, die die Beziehung des Wärmefreisetzungswerts zu der Strömungsaufteilungsrate, der Drehgeschwindigkeit der Kühlwasserpumpe und der Antriebsspannung des Radiatorventilators zeigt.

**Fig. 6** sind Graphen, die die Beziehung des Wärmefreisetzungswerts zu der Strömungsaufteilungsrate, der Drehgeschwindigkeit der Kühlwasserpumpe und der Antriebsspannung des Radiatorventilators zeigen.

**Fig. 7** ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Steuerungsablaufs gemäß dieser Ausführungsform zeigt.

**Fig. 8** ist ein Graph, der ein Beispiel der Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der oberen Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators bezüglich verschiedener Heizwerte der Brennstoffzelle zeigt.

**Fig. 9** ist ein Flussdiagramm, das die Details der Verarbeitung des Schrittes **S185** in der **Fig. 7** zeigt.

**Fig. 10** ist ein Graph, der ein Beispiel einer Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und einer oberen Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators bezüglich verschiedener Heizwerte der Brennstoffzelle zeigt.

**Fig. 11** ist ein Diagramm, das eine Brennstoffzelle und einen Kühlsystemkreislauf für die Brennstoffzelle gemäß einer Modifikation veranschaulicht.

## BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

### Erste Ausführungsform:

**[0006]** **Fig. 1** ist ein Diagramm, das ein Brennstoffzellenfahrzeug **10** (auf das nachstehend einfach als „Fahrzeug **10**“ Bezug genommen werden kann) mit einer darin befestigten Brennstoffzelle veranschaulicht. Das Fahrzeug **10** enthält eine Brennstoffzelle **100**, eine Steuervorrichtung **200** (auch ECU (elektronische Steuereinheit)), ein Geschwindigkeitsmessgerät **120**, eine Sekundärbatterie **130**, eine Steuerung für die elektrische Leistungsaufteilung **140**, einen Antriebsmotor **150**, eine Antriebswelle **160**, ein Leistungsaufteilungsgetriebe **170**, Räder **180** und einen Umgebungstemperatursensor **190**.

**[0007]** Die Brennstoffzelle **100** ist eine Leistungserzeugungsvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, elektrische Leistung durch eine elektrochemische Reaktion eines Brennstoffgases und eines oxidierenden Gases zu erzeugen und auszugeben. Die Steuervorrichtung **200** steuert die Betriebe der Brennstoffzelle **100**, der Sekundärbatterie **130** und der Steuervorrichtung der elektrischen Leistungsaufteilung **140**. Die Steuervorrichtung **200** verwendet die Brennstoffzelle **100** als eine Hauptleistungsquelle des Fahrzeugs **10**, aber kann auch die Sekundärbatterie **130** als elektrische Leistungsquelle zum Antreiben des Fahrzeugs **10** in dem Fall verwenden, bei dem die Brennstoffzelle **100** eine geringe Ausgangsleistung aufweist, z.B. unmittelbar nach dem Starten des Fahrzeugs **10**. Für die Sekundärbatterie **130** kann eine Nickel-Hydrid-Batterie oder eine Lithium-Ionen-Batterie angewendet werden. Die Sekundärbatterie **130** kann direkt mit der elektrischen Ausgangsleistung der Brennstoffzelle **100** geladen werden oder kann mit der elektrischen Leistung geladen werden, die aus der kinetischen Energie des Fahrzeugs **10** durch den Antriebsmotor **150** während eines Abbremsens des Fahrzeugs **10** regeneriert wird. Die Steuervorrichtung für elektrische

Leistungsaufteilung **140** empfängt eine Anweisung von der Steuervorrichtung **200** und steuert die Aufteilung in eine elektrische Leistung, die von der Brennstoffzelle **100** an den Antriebsmotor **150** ausgegeben werden soll, und eine elektrische Leistung die von der Sekundärbatterie **130** an den Antriebsmotor **150** ausgegeben werden soll. Die Steuervorrichtung für elektrische Leistungsaufteilung **140** empfängt auch eine Anweisung von der Steuervorrichtung **200** während des Abbremsens des Fahrzeugs **10** und gibt eine elektrische Leistung, die durch den Antriebsmotor **150** regeneriert wird, an die Sekundärbatterie **130** aus. Der Antriebsmotor **150** dient als ein Motor zum Antreiben des Fahrzeugs **10**. Der Antriebsmotor **150** dient als ein Generator während des Abbremsens des Fahrzeugs **10**, um elektrische Energie aus der kinetischen Energie des Fahrzeugs **10** zu regenerieren. Die Antriebswelle **160** überträgt die Antriebskraftausgabe von dem Antriebsmotor **150** auf das Leistungsaufteilungsgetriebe **170**. Das Leistungsaufteilungsgetriebe **170** teilt die Antriebskraft auf das linke und rechte Rad **180** auf. Das Geschwindigkeitsmessgerät **120** misst die Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10**. Der Umgebungstemperatursensor **190** misst die Temperatur der Umgebungsluft.

**[0008]** **Fig. 2** ist ein Diagramm, das die Brennstoffzelle **100** und einen Kühlsystemkreislauf **300** für die Brennstoffzelle **100** veranschaulicht. Ein Brennstoffzellensystem, das die Brennstoffzelle **100** enthält, weist zusätzlich zu dem Kühlsystemkreislauf **300** einen Versorgungs- und Auslasskreislauf für ein oxidierendes Gas und einen Versorgungs- und Auslasskreislauf für ein Brennstoffgas auf. Nachstehendes beschreibt den Kühlsystemkreislauf **300**, während die Beschreibung des Versorgungs- und Auslasskreislaufs für ein oxidierendes Gas und des Versorgungs- und Auslasskreislaufs für ein Brennstoffgas hierin ausgelassen wird.

**[0009]** Der Kühlsystemkreislauf **300** enthält eine Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310**, eine Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320**, eine Umgehungsverrohrung **330**, ein strömungaufteilendes Ventil **340**, einen Radiator **350**, einen Radiatorventilator **360** (auf den nachstehend einfach als „Ventilator **360**“ Bezug genommen werden kann), eine Kühlflüssigkeitspumpe **370** und Temperatursensoren **380** und **390**. Diese Ausführungsform verwendet Wasser als Kühlflüssigkeit. Dementsprechend wird die Kühlflüssigkeit auch „Kühlwasser“ genannt, und die Kühlflüssigkeitspumpe **370** wird auch als „Kühlwasserpumpe **370**“ oder „Wasserpumpe (W/P) **370**“ genannt. In den Zeichnungen ist die Kühlflüssigkeitspumpe **370** als „W/P“ gezeigt.

**[0010]** Die Kühlflüssigkeit wird durch die Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** der Brennstoffzelle **100** zugeführt, während sie aus der Brennstoffzelle **100** zu der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung

rung **320** ausgelassen wird. Die Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** wird auch als der „Kühlflüssigkeitsversorgungspfad“ genannt. Der Radiator **350** ist mit der Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** und der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** verbunden. Die Umgehungsverrohrung **330** ist auch mit der Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** und der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** verbunden, um die Strömung der Kühlflüssigkeit zum Umgehen des Radiators **350** zu veranlassen. Das strömungsaufteilende Ventil **340** ist an einem Verbindungspunkt der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** mit der Umgehungsverrohrung **330** geschaffen, um die Strömung der Kühlflüssigkeit durch die Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** in den Radiator **350** und in die Umgehungsverrohrung **330** aufzuteilen. Der Radiator **350** ist mit dem Radiatorventilator **360** versehen. Der Radiatorventilator **360** dient zum Blasen der Luft zu dem Radiator **350** und zum Abkühlen der durch den Radiator **350** hindurch strömenden Kühlflüssigkeit. Die Kühlflüssigkeitspumpe **370** ist stromabwärts von dem Radiator **350** angeordnet, um der Brennstoffzelle **100** die Kühlflüssigkeit zuzuführen. Der Temperatursensor **380** ist an der Radiator 350-Seite eines Verbindungspunkts der Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** und der Umgehungsverrohrung **330** angeordnet, und der Temperatursensor **390** ist an der Brennstoffzelle **100** befestigt. Der Temperatursensor **380** misst die Temperatur der Kühlflüssigkeit, die der Brennstoffzelle **100** zugeführt wird. Der Temperatursensor **390** misst die Temperatur der Brennstoffzelle **100**. In einem modifizierten Aufbau kann der Temperatursensor **390** an einer Stelle in der Nähe der Brennstoffzelle **100** in der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** angeordnet sein, um die Temperatur der Kühlflüssigkeit zu messen, die aus der Brennstoffzelle **100** ausgelassen wird. Die aus der Brennstoffzelle **100** ausgelassene Kühlflüssigkeit wird durch die Brennstoffzelle **100** erwärmt und kann somit als eine Wärmequelle zum Erwärmen des Inneren des Fahrzeugs **10** verwendet werden. Die Kühlflüssigkeit kann für einen Zwischenkühler des Brennstoffgases als auch für die Brennstoffzelle **100** verwendet werden. Diese Anwendung ist hierin nicht speziell beschrieben.

**[0011]** Gemäß dieser Ausführungsform wird die Kühlflüssigkeitspumpe **370** angetrieben, um die Kühlflüssigkeit von der Kühlflüssigkeitsversorgungsverrohrung **310** der Brennstoffzelle **100** zuzuführen. Die Kühlflüssigkeit wird aus der Brennstoffzelle **100** zu der Kühlflüssigkeitsauslassverrohrung **320** ausgelassen, nachdem sie die Brennstoffzelle **100** abgekühlt hat. Die Strömung der Kühlflüssigkeit wird durch das strömungsaufteilende Ventil **340** in den Radiator **350** und in die Umgehungsverrohrung **330** aufgeteilt. Die aufgeteilte Strömung der Kühlflüssigkeit in den Radiator **350** wird durch den Radiator **350** abgekühlt, während die aufgeteilte Strömung der Kühlflüssigkeit in die Umgehungsverrohrung **330** nicht ab-

gekühlt wird. Die Steuervorrichtung **200** regelt die Strömungsrate (Strömungsaufteilungsrate) der Kühlflüssigkeit, die durch den Radiator **350** strömt und der Kühlflüssigkeit, die durch die Umgehungsverrohrung **330** strömt, die Drehgeschwindigkeit (Antriebsspannung) des Radiatorventilators **360** und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe **370**, um die Temperatur der Kühlflüssigkeit zu steuern und die Kühlung der Brennstoffzelle **100** zu steuern.

**[0012]** Fig. 3 ist ein Steuerblockdiagramm, das die Steuervorrichtung **200** zur Steuerung der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** veranschaulicht. Die Steuervorrichtung **200** enthält eine Heizwertberechnungsvorrichtung **210**, eine Wärmefreisetzungs-kapazitätsberechnungsvorrichtung **240**, eine Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250**, eine Ventilatorsteuervorrichtung **260** und eine Kühlflüssigkeitspumpensteuervorrichtung **270** (W/P-Steuervorrichtung in Fig. 3). Die Heizwertberechnungsvorrichtung **210** berechnet eine Menge an Wärmeerzeugung oder einen Heizwert der Brennstoffzelle **100** aus einer Ausgabe (Strom und Spannung), die durch die Brennstoffzelle **100** erzeugt wird. Genauer gesagt verwendet die Heizwertberechnungsvorrichtung **210** eine I-V-Eigenschaft der Brennstoffzelle **100**, einen höheren Heizwert (HHV) und einen niedrigeren Heizwert (LHV), um den Heizwert der Brennstoffzelle **100** zu berechnen. Der Heizwert kennzeichnet einen Wert zwischen dem HHV und dem LHV. Der „HHV“ kennzeichnet hierin eine Wärmemenge, die der erzeugten Ausgabe in dem Fall entspricht, bei dem flüssiges Wasser durch vollständiges Umwandeln des Brennstoffgases in elektrische Leistung erzeugt wird. Der „LHV“ kennzeichnet hierin eine Wärmemenge, die der erzeugten Ausgabe in dem Fall entspricht, bei dem Wasserdampf durch vollständiges Umwandeln des Brennstoffgases in elektrische Leistung erzeugt wird. Der LHV ist ein Wert, der durch Subtrahieren der latenten Kondensationswärme des Wasserdampfes von dem HHV erlangt wird.

**[0013]** Die Wärmefreisetzungs-kapazitätsberechnungsvorrichtung **240** berechnet eine Wärmemenge, die von dem Kühlsystemkreislauf **300** freisetzbar ist (auch als „Wärmefreisetzungs-kapazität“ genannt). Die freisetzbare Wärmemenge wird durch die Verwendung der Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs **10** und der Umgebungstemperatur berechnet. Eine Senkung der Umgebungstemperatur führt zu einer Senkung der Temperatur der Luft, die dem Radiator **350** zugeführt wird und erhöht dadurch die freisetzbare Wärmemenge. Der Radiator **350** empfängt den Wind, der durch das Fahren des Fahrzeugs **10** erzeugt wird, zusätzlich zu der Luft, die durch den Radiatorventilator **360** geblasen wird. Eine Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit führt zu einer Erhöhung der Windmenge und dadurch erhöht sie die freisetzbare Wärmemenge.

**[0014]** Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** bestimmt ein Betriebsmuster des strömungsaufteilenden Ventils **340**, des Radiatorventilators **360** und der Kühlflüssigkeitspumpe **370** unter Verwendung des Heizwerts, der durch die Heizwertberechnungsvorrichtung **210** berechnet wird, und der freisetzbaren Wärmemenge, die durch die Wärmefreisetzungskapazitätsberechnungsvorrichtung **240** berechnet wird. Das Betriebsmuster kann im Voraus durch ein Experiment oder dergleichen bestimmt werden. Ein konkretes Beispiel eines Betriebsmusters wird nachstehend beschrieben. Die Ventilatorsteuervorrichtung **260** steuert die Antriebsmenge des Radiatorventilators **360**, und die Kühlflüssigkeitspumpensteuervorrichtung **270** steuert den Betrieb der Kühlflüssigkeitspumpe **370**. Die Antriebsmenge des Radiatorventilators **360** wird durch Regulieren der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** gesteuert.

**[0015]** Fig. 4 ist ein Graph, der Abweichungen der freisetzbaren Wärmemenge **Q** und eines Betriebsmusters bezüglich einer Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** zeigt. Nachstehendes beschreibt zuerst einen allgemeinen Betrieb. Eine Menge an Wärmefreisetzung oder ein Wärmefreisetzungswert aus dem Radiator **350** entspricht im Allgemeinen (Oberflächentemperatur des Radiators **350** - Lufttemperatur), (Strömungsrate der Luft) und (Strömungsrate der Kühlflüssigkeit). Die Oberflächentemperatur des Radiators **350** kann als gleich mit der Temperatur der Kühlflüssigkeit in dem Radiator **350** angenommen werden. Die Strömungsrate der Luft wird durch die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** und die Windmenge bestimmt. Die Windmenge wird durch die Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt. Die Strömungsrate der Kühlflüssigkeit durch die Kühlflüssigkeitspumpe **370** ist proportional zu der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370**. Unter der Annahme, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Umgebungstemperatur und die Oberflächentemperatur des Radiators **350** jeweils konstant sind, wird die freisetzbare Wärmemenge dementsprechend durch die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** bestimmt. Eine Erhöhung der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** oder eine Erhöhung der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** resultiert in einer Erhöhung der freisetzbaren Wärmemenge. Dies erhöht jedoch den Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360**. Erhöhen der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360**, ohne die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** zu erhöhen, reduziert die Wärmeaustauscheffizienz zwischen der Kühlflüssigkeit in dem Radiator **350** und der Luft. Dies resultiert in einer Absenkung des Wärmefreisetzungswerts von dem Radia-

tor **350**. Es ist dementsprechend wünschenswert, die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** begleitet von einer Erhöhung der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** zu erhöhen. Gemäß dieser Ausführungsform wird das Betriebsmuster so bestimmt, dass eine, die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360**, abwechselnd fixiert wird, während die andere variiert wird. Das Betriebsmuster der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** weisen dementsprechend eine stufenartige Änderung auf. Dies vereinfacht die Steuerung bei gleichzeitiger Reduktion der Abweichungen der Stellglieder, wie z.B. der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360**, und der Unterdrückung der NV (Geräusche und Vibration), die durch Abweichungen in den Stellgliedern verursacht werden. Eine Feinsteuerung der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** dehnt das Abbildungsvolumen zum Speichern des Betriebsmusters aber ermöglicht eine Steuerung, die durch eine sanfte Kurve einer gestrichelten Linie approximiert wird.

**[0016]** Fig. 5 ist eine Tabelle, die die Beziehungen des Wärmefreisetzungswerts **Q** zu der Strömungsaufteilungsrate **dr**, der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlwasserpumpe **370** und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** zeigt. Fig. 6 sind Graphen, die die Beziehung des Wärmefreisetzungswerts **Q** zu der Strömungsaufteilungsrate **dr**, der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlwasserpumpe **370** und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** zeigen. In Fig. 5 und Fig. 6 sind die Mengen der Wärmefreisetzung **Q0** bis **Q6** nicht Null, aber sie sind Werte, die sich in dieser Reihenfolge allmählich erhöhen. Die Drehgeschwindigkeiten **rw1** bis **rw3** sind nicht Null aber erfüllen die Beziehung von  $rw1 < rw2 < rw3$ . Die Antriebsspannungen **Vo1** bis **Vo3** sind nicht Null aber erfüllen die Beziehung von  $Vo1 < Vo2 < Vo3$ . Ein in Fig. 5 und Fig. 6 gezeigtes Betriebsmuster wird bestimmt, um den Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** bei gleichzeitiger Unterdrückung von Geräuschen und Vibration zu minimieren. Dieses Betriebsmuster wird dementsprechend nicht verwendet, wenn es einen geringen Bedarf an Unterdrückung von Geräuschen und Vibration gibt, beispielsweise wenn der Wärmefreisetzung vor der Unterdrückung von Geräuschen und Vibration Priorität eingeräumt wird.

(1) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $0 \leq Q < Q0$ :

In diesem Fall ist die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** gleich 0, so dass die Kühlflüssigkeit nicht zirkuliert wird und die Brennstoffzelle **100** kaum abgekühlt wird. In der

Beschreibung hiervon kennzeichnet der Wärmefreisetzungswert **Q** eine Wärmemenge, die freigesetzt werden soll, die aus dem Hitzewert berechnet wird.

(2) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_0 \leq Q < Q_1$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw1** ein, um die Kühlflüssigkeit zu zirkulieren, stellt die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf 0 ein, und reguliert die Strömungsaufteilungsrate **dr** in dem Bereich von 0 bis 1 gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q** ein. Sogar wenn der Radiatorventilator **360** nicht angetrieben wird, kann die Kühlflüssigkeit durch natürliche Kühlung und den Wind, der auf den Radiator **350** durch das Fahren des Fahrzeugs **10** angewendet wird, abgekühlt werden. Die Steuervorrichtung **200** muss nicht notwendigerweise die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw1** fixieren, sondern kann die Drehgeschwindigkeit **rw** in dem Bereich von 0 bis **rw1** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q** regulieren.

(3) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_1 \leq Q < Q_2$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Strömungsaufteilungsrate **dr** auf 1 ein, stellt die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf 0 ein, und reguliert die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** in dem Bereich von **rw1** bis **rw2**. Das strömungsaufteilende Ventil **340** das in einer spezifizierten Stellung fixiert ist, verbraucht keine elektrische Leistung. Das Einstellen der Strömungsaufteilungsrate **dr** auf 1 bewirkt, dass die Kühlflüssigkeit vollständig zu dem Radiator **350** strömt und es somit einfacher macht, die Kühlflüssigkeit abzukühlen. Die Brennstoffzelle **100** kann somit sogar bei der niedrigen Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** abgekühlt werden. Der Vorteil dieses Falls besteht darin, dass der Radiatorventilator **360** nicht angetrieben wird und somit keine Geräusche und Vibration verursacht. Wenn der Wärmefreisetzungswert **Q** gleich **Q1** oder höher als dieser ist, wird die Strömungsaufteilungsrate **dr** auf 1 fixiert. Dementsprechend beschreibt Nachstehendes lediglich die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360**.

(4) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_2 \leq Q < Q_3$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw2** ein und reguliert die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in dem Bereich von 0 bis **Vo1** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q**.

(5) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_3 \leq Q < Q_4$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw2** ein und reguliert die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in dem Bereich von **Vo1** bis **Vo2** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q**. Mit anderen Worten, wenn der Wärmefreisetzungswert **Q** gleich **Q2** oder höher als dieser und niedriger als **Q4** ist, wird die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in dem Bereich von 0 bis **Vo2** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q** reguliert, während die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw2** fixiert ist.

(6) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_4 \leq Q < Q_5$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf **Vo2** ein und reguliert die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** in dem Bereich von **rw2** bis **rw3** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q**.

(7) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_5 \leq Q < Q_6$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw3** und reguliert die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in dem Bereich von **Vo2** bis **Vo3** gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q**.

(8) In dem Fall, bei dem der Wärmefreisetzungswert **Q** erfüllt  $Q_6 \leq Q$ :

stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw3** und stellt die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf **Vo3**.

**[0017]** Gemäß dieser Ausführungsform, wird die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in vier Stufen geändert, d.h. 0, **Vo1**, **Vo2** und **Vo3**, und die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** wird in vier Stufen geändert, d.h. 0, **rw1**, **rw2** und **rw3**. Gemäß einer Modifikation kann die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** oder die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** in einer größeren Anzahl von Stufen ändern,



um so eine feinere Steuerung des Betriebsmusters zu ermöglichen.

**[0018]** Gemäß dieser Ausführungsform wird der Wärmefreisetzungswert **Q** in mehrere Abschnitte unterteilt. In jedem Abschnitt fixiert die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** zwei von Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** (Antriebsmenge des Radiatorventilators **360**), Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und die Ventilstellung des strömungaufteilenden Ventils **340** und reguliert den verbleibenden einen Parameter gemäß dem Wärmefreisetzungswert **Q**. Dementsprechend gibt es lediglich einen Steuerparameter in jedem Abschnitt. Dies vereinfacht die Steuerung und ermöglicht eine Wärmefreisetzung in jedem Abschnitt bei minimaler elektrischer Leistung.

**[0019]** Wenn gemäß dieser Ausführungsform der Heizwert nicht höher als die maximale Wärmefreisetzungskapazität ist, führt die Steuervorrichtung **200** eine Kühlsteuerung durch, um den Wärmefreisetzungswert **Q** gleich dem Hitzewert zu machen, so dass der Brennstoffverbrauch verbessert wird. Diese Steuerung wird erste Kühlsteuerung genannt. Wenn auf der anderen Seite der Hitzewert höher als die maximale Wärmefreisetzungskapazität ist, treibt die Steuervorrichtung **200** den Radiatorventilator **360** und die Kühlflüssigkeitspumpe **370** dermaßen an, dass keine wesentlichen Geräusche und Vibration verursacht werden. In diesem Fall wird eine Differenz (Hitzewert - Wärmefreisetzungswert) in der Kühlflüssigkeit gespeichert. Die Steuervorrichtung **200** integriert die Wärmespeicherung. Nachdem zumindest eins erfüllt ist, ein großer Wert der Wärmespeicherung und/oder eine hohe Temperatur der Kühlflüssigkeit, erhöht die Steuervorrichtung **200** die obere Grenze des Antriebsausmaßes (Antriebsspannung) des Radiatorventilators **360**, um der Kühlung Priorität einzuräumen. Diese Steuerung wird zweite Kühlsteuerung genannt. In dem Fall, bei dem der Hitzewert höher als der Wärmefreisetzungswert **Q** in einer Zeitdauer zur Speicherung von Wärme ist, wird, sogar nachdem der Hitzewert niedriger als der Wärmefreisetzungswert **Q** ist, wird die Kühlung bis zum Wegfall der Wärmespeicherung fortgesetzt. Die Steuervorrichtung **200** bestimmt basierend auf dem integrierten Wert der Wärmespeicherung oder der Temperatur der Kühlflüssigkeit, ob eine Wärmespeicherung weggefallen ist. Wenn der Hitzewert niedriger als der Wärmefreisetzungswert **Q** wird, kann die Steuervorrichtung **200** die obere Grenze des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators **360** absenken, um Geräusche und Vibration zu reduzieren. Nachstehendes beschreibt detaillierter ein Beispiel eines solchen Steuerablaufs.

**[0020]** Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Steuerungsablaufs gemäß dieser Ausführungsform zeigt.

**[0021]** Im Schritt **S100** berechnet die Heizwertberechnungsvorrichtung **210** einen Heizwert **Qg** der Brennstoffzelle **100** aus dem elektrischen Strom und der Spannung der Brennstoffzelle **100**.

**[0022]** Im Schritt **S110** erlangt die Wärmefreisetzungskapazitätsberechnungsvorrichtung **240** die Fahrzeuggeschwindigkeit des Fahrzeugs **10** und die Umgebungstemperatur. Im Schritt **S120** erlangt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** eine obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360**. Diese obere Grenze **Vlu1** wird, wie nachstehend beschrieben, bestimmt. Im Allgemeinen hängen die Geräusche und Vibration des Fahrzeugs **10** von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10** ab, und die Geräusche und Vibration des Radiatorventilators **360** hängen von dem Antriebsausmaß (Antriebsspannung) des Radiatorventilators **360** ab. Die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** wird dementsprechend auf eine solche Antriebsspannung bestimmt, die die Geräusche und Vibration des Radiatorventilators **360** durch die Geräusche und Vibration des Fahrzeugs **10** weniger wahrnehmbar macht. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** kann eine Abbildung speichern, die eine Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der oberen Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators speichern kann.

**[0023]** Im Schritt **S130** berechnet die Wärmefreisetzungskapazitätsberechnungsvorrichtung **240** eine Wärmefreisetzungskapazität **Qr1** des Kühlsystemkreislaufs **300** unter der Bedingung, dass die Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** die obere Grenze **Vlu1** nicht übersteigt.

**[0024]** Im Schritt **S140** vergleicht die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** den Heizwert **Qg** mit der Wärmefreisetzungskapazität **Qr1**. Wenn der Heizwert **Qg** der Wärmefreisetzungskapazität **Qr1** gleich oder niedriger als diese ist, schreitet die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** zum Schritt **S150** voran, um einen Betriebspunkt auf dem in Fig. 4 gezeigten Betriebsmuster zu spezifizieren, der die Bedingungen erfüllt, dass die Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** nicht höher als der obere Grenzwert **Vlu1** und der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** minimiert wird. Wenn beispielsweise die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventils **360**, die gemäß der Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10** bestimmt wird, **Vo3** ist, und der Heizwert **Qg** erfüllt  $Q5 \leq Qg < Q6$ , stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** als Betriebspunkt die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw3** und reguliert die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** in dem Bereich von **Vo2** bis **Vo3**, um eine Antriebsspannung zu spezifizieren, die einen Heizwert ermöglicht, der dem Heizwert **Qg**

entspricht, der freigesetzt werden soll. In diesem Betriebspunkt ist der Heizwert gleich dem Wärmefreisetzungs-  
 wert. In einem weiteren Beispiel, wenn die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiator-  
 ventilators **360**, die gemäß der Geschwindigkeit des  
 Fahrzeugs **10** bestimmt wird, **Vo2** ist, und der Heiz-  
 wert  $Q_g$  erfüllt  $Q_4 \leq Q_g < Q_5$ , stellt die Betriebsmus-  
 terberechnungsvorrichtung **250** als Betriebspunkt die  
 Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf  
**Vo2** und reguliert die Drehgeschwindigkeit **rw** der  
 Kühlflüssigkeitspumpe **370** in dem Bereich von **rw2**  
 bis **rw3**, um eine Drehgeschwindigkeit zu spezifizie-  
 ren, die eine Wärmemenge ermöglicht, die dem Heiz-  
 wert  $Q_g$  entspricht, der freigesetzt werden soll. In die-  
 sem Betriebspunkt ist der Heizwert gleich dem Wärmef-  
 reisetzungswert. Die Betriebsmusterberechnungs-  
 vorrichtung **250** veranlasst dann die Ventilatorsteuer-  
 vorrichtung **260** und die Kühlflüssigkeitspumpensteu-  
 ervorrichtung **270** jeweils den Radiatorventilator **360**  
 bzw. die Kühlflüssigkeitspumpe **370** in dem spezifi-  
 zierten Betriebspunkt zu steuern, um den Heizwert  
 dem Wärmefreisetzungs-  
 wert gleichzusetzen.

**[0025]** Wenn die Wärmefreisetzungs-  
 kapazität **Qr1** niedriger als der Heizwert  $Q_g$  im Schritt **S140** ist,  
 schreitet die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung  
**250** zum Schritt **S160** voran, um zu bestimmen, ob eine  
 Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) der Subtraktion der Wärmefrei-  
 setzungskapazität **Qr1** von dem Heizwert  $Q_g$  einem  
 vorbestimmten Kriteriumswert **Qt1** gleich oder niedri-  
 ger als dieser ist. Wenn die Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) dem  
 Kriteriumswert **Qt1** gleich oder niedriger als dieser  
 ist, schreitet die Betriebsmusterberechnungsvorrich-  
 tung **250** zum Schritt **S170** voran, um einen Betrieb-  
 spunkt zu spezifizieren, der die Bedingungen erfüllt,  
 dass die Antriebsspannung des Radiatorventilators  
**360** auf die obere Grenze **Vlu1** eingestellt ist und die  
 Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe  
**370** auf ihren maximalen Wert eingestellt ist. Wenn  
 die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des  
 Radiatorventilators **360**, die gemäß der Geschwindig-  
 keit des Fahrzeugs **10** bestimmt wird, **Vo2** ist, und der  
 Heizwert  $Q_g$  erfüllt  $Q_4 \leq Q_g < Q_5$ , spezifiziert die Be-  
 triebsmusterberechnungsvorrichtung **250** einen Be-  
 triebspunkt, der die Bedingungen erfüllt, dass die An-  
 triebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** auf  
**Vo2** eingestellt ist und die Drehgeschwindigkeit  
**rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** auf **rw3** einge-  
 stellt ist. In diesem Betriebspunkt ist ein Heizwert  
 freisetzbar, der mit der Wärmefreisetzungs-  
 kapazität **Qr1** identisch ist. Der Heizwert  $Q_g$  ist jedoch höher  
 als die Wärmefreisetzungs-  
 kapazität **Qr1**, wobei die  
 Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) in der Kühlflüssigkeit gespeichert  
 wird, um die Temperatur der Kühlflüssigkeit zu er-  
 höhen. Die Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) ist dem vorbestimm-  
 ten Kriteriumswert **Qt1** gleich oder niedriger als die-  
 ser, so dass es unwahrscheinlich ist, dass die Tem-  
 peratur der Brennstoffzelle **100** drastisch ansteigt.  
 In diesem Fall kann der Betrieb der Brennstoffzelle  
**100** fortgesetzt werden. Das Steuern des Radiator-

ventilators **360** und der Kühlflüssigkeitspumpe **370** in  
 diesem spezifizierten Betriebspunkt erhöht den Leis-  
 tungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370**, aber  
 unterdrückt immer noch Geräusche und Vibration.  
 Im Schritt **S180** integriert die Betriebsmusterberech-  
 nungsvorrichtung **250** den Wert der Wärmespeiche-  
 rung.

**[0026]** Im folgenden Schritt **S185** führt die Betriebs-  
 musterberechnungsvorrichtung **250** eine Reihe von  
 Verarbeitungen durch, wenn der Heizwert **Qg** nied-  
 riger als die Wärmefreisetzungs-  
 kapazität **Qr1** wird. Wenn der Heizwert **Qg** niedriger als die Wärmefrei-  
 setzungskapazität **Qr1** wird, wird der Wert der Wär-  
 mespeicherung reduziert. Die Details der Verarbei-  
 tung, wenn der Heizwert **Qg** niedriger als die Wärmef-  
 reisetzungskapazität **Qr1** wird, werden nachstehend  
 beschrieben. Wenn im Schritt **S190** bestimmt wird,  
 dass der Wert der Wärmespeicherung gleich 0 oder  
 kleiner als dieser ist, schreitet die Betriebsmuster-  
 berechnungsvorrichtung **250** zum Schritt **S150** vor-  
 an. Beispielsweise durch Messen der Temperatur  
 der Kühlflüssigkeit ist es bestimmbar, ob der Wert  
 der Wärmespeicherung gleich 0 oder kleiner als die-  
 ser wird. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung  
**250** kann bestimmen, dass der Wert der Wärmespei-  
 cherung gleich oder kleiner als 0 wird, wenn die Tem-  
 peratur der Kühlflüssigkeit gleich einer vorbestimm-  
 ten Kriteriumstemperatur oder kleiner als diese wird.  
 In diesem Fall wird der Heizwert kleiner als der Wärmef-  
 reisetzungswert, so dass der Wert der Wärmespei-  
 cherung durch Integrieren der Differenz (negativer  
 Wert) zwischen dem Heizwert und dem Wärmefrei-  
 setzungswert berechnet werden kann.

**[0027]** Wenn die Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) der Subtrakti-  
 on der Wärmefreisetzungs-  
 kapazität **Qr1** von dem Hit-  
 zewert  $Q_g$  höher als der vorbestimmte Kriteriums-  
 wert **Qt1** im Schritt **S160** ist, wird die Temperatur der  
 Brennstoffzelle **100** wahrscheinlich drastisch steigen  
 und den erlaubten Betriebstemperaturbereich über-  
 steigen. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung  
**250** bestimmt dementsprechend ein Betriebsmuster,  
 das die Kühlung der Brennstoffzelle **100** beschleunigt,  
 ohne Geräusche und Vibration zu berücksich-  
 tigen. Genauer gesagt schreitet die Betriebsmuster-  
 berechnungsvorrichtung **250** zum Schritt **S200** vor-  
 an, um den oberen Grenzwert **Vlu1** der Antriebsspan-  
 nung des Radiatorventils **360**, der im Schritt **S120**  
 unter Berücksichtigung von Geräuschen und Vibra-  
 tion bestimmt wird, zu erhöhen. Es ist jedoch wün-  
 schenswert, dass die Antriebsspannung des Radia-  
 torventilators **360** seinen Nennwert nicht überschrei-  
 tet. Im Schritt **S210** spezifiziert die Betriebsmusterbe-  
 rechnungsvorrichtung **250** einen Betriebspunkt, der  
 die Bedingungen erfüllt, dass eine Wärmemenge,  
 die dem Hitzewert  $Q_g$  entspricht, freisetzbar ist, und  
 dass der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssig-  
 keitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** mi-  
 nimiert wird. Die Betriebsmusterberechnungsvorrich-

tung **250** veranlasst dann, dass die Ventilatorsteuervorrichtung **260** und die Kühlflüssigkeitspumpensteuervorrichtung **270** jeweils den Radiatorventilator **360** bzw. die Kühlflüssigkeitspumpe **370** an dem spezifizierten Betriebspunkt steuern. In diesem Fall wird das in **Fig. 4** bis **Fig. 6** gezeigte Betriebsmuster nicht angewendet. Das Steuern des Radiatorventilators **360** und der Kühlflüssigkeitspumpe **370** an diesem spezifizierten Betriebspunkt erlaubt dem Heizwert **Qg** der Brennstoffzelle **100** freigesetzt zu werden und unterdrückt einen Temperaturanstieg der Brennstoffzelle **100**, obwohl es Geräusche und Vibration erhöht. Diese Ausführungsform wählt den Ablauf als Fortsetzung zum Schritt **S170** und anschließende Schritte oder die Fortsetzung der Schritte **S200** und **S210** basierend auf der Differenz der Subtraktion der Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** von dem Heizwert **Qg**. Eine Modifikation kann die Fortsetzung der Schritte **S160** und **S170** überspringen, aber die Verarbeitung der Schritte **S200** und **S210** durchführen, wenn der Heizwert **Qg** höher als die Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** ist. Wenn es keinen Betriebspunkt gibt, der die Bedingung erfüllt, dass eine Wärmemenge, die einem Heizwert **Qg** entspricht, freisetzbare ist, kann die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Antriebsspannung des Radiatorventils **360** maximieren, um die Wärmefreisetzungs-kapazität im Schritt **S210** zu maximieren. In diesem Fall wird die verbleibende Wärme, die nicht freigesetzt wird, in der Kühlflüssigkeit gespeichert. Sogar nachdem der Heizwert **Qg** gesenkt wird, kann die Kühlung bis zum Weglassen der Wärmespeicherung fortgesetzt werden. Wenn der Heizwert **Qg** gesenkt wird, kann die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** absenken und der Unterdrückung von Rauschen und Vibration Priorität einräumen.

**[0028]** **Fig. 8** ist ein Graph, der ein Beispiel der Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** und der oberen Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bezüglich verschiedener Heizwerte der Brennstoffzelle **100** zeigt. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** kann die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bestimmen, indem sie den Heizwert der Brennstoffzelle **100** zusätzlich zu der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** berücksichtigt. Der obere Grenzwert **Vlu1** der Antriebsspannung des Ventilators **360** wird von **Vo3** auf **Vo4** bei einer Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** des Fahrzeugs **10** auf **v2** erhöht. Wenn die Brennstoffzelle **100** einen niedrigen Heizwert aufweist (der durch die durchgezogene Linie gezeigt ist), wird die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** von **Vo4** auf **Vo5** bei einer Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** auf **v6** erhöht. Wenn auf der anderen Seite die Brennstoffzelle **100** einen hohen Heizwert aufweist (gezeigt durch die Einpunkt-Kettenlinie), wird bei der Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v**

auf **v4** ( $v4 < v6$ ) die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** von **Vo4** auf **Vo5** erhöht. Unter Berücksichtigung von Geräuschen und Vibration, ist es wünschenswert die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** einzustellen, dass sie bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit **v** niedriger als **v6** niedriger als **Vo5** ist. Wenn die Brennstoffzelle **100** einen höheren Heizwert aufweist (gezeigt durch eine Einpunkt-Kettenlinie), berücksichtigt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** nicht Geräusche und Vibration. In diesem Fall wird bei einer Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** auf **v4** die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vo5** erhöht. Dies räumt der Kühlung der Brennstoffzelle **100** Priorität ein, obwohl es Geräusche und Vibration, die durch den Radiatorventilator **360** verursacht werden, bezüglich der Geräusche und Vibration basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** wahrnehmbar macht.

**[0029]** In dem Fall der Senkung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v**, wenn die Brennstoffzelle **100** einen niedrigen Heizwert aufweist (gezeigt durch Strichlinie), wird gemäß dieser Ausführungsform die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** lediglich nach einer Senkung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** auf **v5** ( $v5 < v6$ ) auf **Vo4** gesenkt. Wenn auf der anderen Seite die Brennstoffzelle **100** einen höheren Heizwert aufweist (gezeigt als Zweipunkt-Kettenlinie), wird lediglich nach einer Senkung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** auf **v3** ( $v3 < v4 < v5$ ) die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vo3** gesenkt. Auf diese Weise kann eine Hysterese zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** und der oberen Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** geschaffen sein. Dies unterdrückt das Nachlaufphänomen, dass die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Ventilators **360** sogar bei einer kleinen Schwankung der Fahrzeuggeschwindigkeit **v** variiert wird.

**[0030]** **Fig. 9** ist ein Flussdiagramm, das die Details der Verarbeitung des Schrittes **S185** in der **Fig. 7** zeigt. Nach dem Schritt **S180** in **Fig. 7** schreitet die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** zum Schritt **S300** voran, um zu bestimmen, ob der Heizwert **Qg** niedriger als die Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** ist. Wenn der Heizwert **Qg** der Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** gleich oder höher als diese ist, wird der Wert der Wärmespeicherung in der Kühlflüssigkeit nicht gesenkt. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** schreitet dementsprechend zum Schritt **S160** in **Fig. 7** voran. Wenn auf der anderen Seite der Heizwert **Qg** niedriger als die Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** im Schritt **S300** ist, stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** im Schritt **S310** die obere Grenze der Antriebsspannung des Ventilators **360** auf **Vlu2**. Diese obe-

re Grenzspannung **Vlu2** ist niedriger als die obere Grenzspannung **Vlu1**, die basierend auf den Geräuschen und Vibration (Fahrzeuggeschwindigkeit) bestimmt wird.

**[0031]** Fig. 10 ist ein Graph, der ein Beispiel einer Beziehung zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  und der oberen Grenze **Vlu2** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bezüglich verschiedener Heizwerte der Brennstoffzelle **100** zeigt. Gemäß einem Vergleich mit dem Graphen der Fig. 8 ist die obere Grenze **Vlu2** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bei einer in Fig. 10 gezeigten Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  niedriger als die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bei derselben Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ , die in Fig. 8 gezeigt ist.

**[0032]** Im folgenden Schritt **S320** in Fig. 9 spezifiziert die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** einen Betriebspunkt, der die drei Bedingungen erfüllt, dass die Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** nicht höher als die obere Grenze **Vlu2** ist, der Heizwert  $Q_g$  niedriger als die Wärmefreisetzungs-kapazität **Qr1** ist und der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** minimiert wird. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** veranlasst dann die Ventilatorsteuervorrichtung **260** und die Kühlflüssigkeitspumpensteuervorrichtung **270** jeweils den Radiatorventilator **360** bzw. die Kühlflüssigkeitspumpe **370** in dem spezifizierten Betriebspunkt zu steuern. Wenn die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360**, die gemäß der Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10** bestimmt wird, beispielsweise **Vo3** ist, stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die obere Grenze **Vlu2** der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vo2**, d.h. niedriger als **Vo3** ein. Wenn der freisetzbare Heizwert  $Q_r$  erfüllt  $Q_4 \leq Q_r < Q_5$ , stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vo2** und reguliert die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370**, um einen Betriebspunkt zu spezifizieren. Dies macht eine Wärmemenge, die dem Heizwert  $Q_g$  entspricht, freisetzbar, während gleichzeitig der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** reduziert wird. Dies unterdrückt auch eine Überkühlung durch verzögerte Temperaturantwort und resultierende Erhöhung des Leistungsverbrauchs.

**[0033]** Gemäß dieser Ausführungsform stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** im Schritt **S310** in Fig. 9 die obere Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vlu2** ein. Gemäß einer Modifikation, kann die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die obere Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** bei **Vlu1** beibehalten und die Strömungsrate beibehalten. Dies

beschleunigt die Wärmefreisetzung im Vergleich mit der Einstellung der oberen Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** auf **Vlu2**.

**[0034]** Wie vorstehend beschrieben, stellt gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** basierend auf der Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10** und berechnet den Heizwert der Brennstoffzelle **100** aus der Menge der Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle **100**. Die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** steuert auch die Drehgeschwindigkeit **rw** (Strömungsrate) der Kühlflüssigkeitspumpe **370**, die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360**, und die Strömungsaufteilungsrate  $dr$  des strömungsaufteilenden Ventils **340**, um die Bedingungen zu erfüllen, dass eine Wärmemenge, die dem Heizwert entspricht, freisetzbar ist und der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** unterhalb der oberen Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360** minimiert wird. Dies erzielt sowohl eine Unterdrückung von Geräuschen und Vibration als auch eine Reduktion des Leistungsverbrauchs. Wenn die Differenz der Subtraktion des Wärmefreisetzungswerts von dem Heizwert gleich einem vorbestimmten Kriteriumswert oder höher als dieser ist, steuert die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und die Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** ohne die obere Grenze der Antriebsspannung des Radiatorventilators **360**, um die Bedingungen zu erfüllen, dass eine Wärmemenge, die dem Heizwert entspricht, freisetzbar ist und der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe **370** und des Radiatorventilators **360** minimiert wird. Dies räumt der Kühlung der Brennstoffzelle **100** die Priorität über die Unterdrückung von Geräuschen und Vibration.

**[0035]** Gemäß dieser Ausführungsform stellt die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** die obere Grenze **Vlu1** der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** basierend auf der Geschwindigkeit des Fahrzeugs **10** ein und berechnet den Heizwert der Brennstoffzelle **100** aus der Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle **100**. Gemäß einer Modifikation kann die Betriebsmusterberechnungsvorrichtung **250** eine Abbildung speichern, die eine Beziehung zwischen dem Wärmefreisetzungswert und der Antriebsspannung **Vo** des Radiatorventilators **360** und der Drehgeschwindigkeit **rw** der Kühlflüssigkeitspumpe **370** darstellt, um bezüglich verschiedenen Fahrzeuggeschwindigkeiten den Gesamtleistungsverbrauch zu minimieren.

## Modifikation:

**[0036]** Fig. 11 ist ein Diagramm, das eine Brennstoffzelle und einen Kühlsystemkreislauf für die Brennstoffzelle gemäß einer Modifikation veranschaulicht. Der Kühlsystemkreislauf der Fig. 11 unterscheidet sich von dem Kühlsystemkreislauf 300 der Fig. 2 durch Weglassen der Umgehungsverrohrung 330 und des strömungsaufteilenden Ventils 340. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf Fig. 5 und Fig. 6 beschrieben, wenn der Wärmefreisetzungs Wert höher als  $Q_1$  ist, wird die Strömungsaufteilungsrate auf 1 eingestellt (d.h. die Kühlflüssigkeit wird vollständig in den Radiator 350 strömen). Die Umgehungsverrohrung 330 und das strömungsaufteilende Ventil 340 können somit weggelassen werden. In diesem modifizierten Aufbau wird die Temperatur der Kühlflüssigkeit durch Regulieren des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators 360 und der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe 370 gesteuert. Die Steuerung in diesem modifizierten Aufbau ist äquivalent zu der Steuerung in dem Aufbau der Ausführungsform, bei der die Strömungsaufteilungsrate auf 1 eingestellt wird, wenn der Wärmefreisetzungs Wert höher als  $Q_1$  ist. Gemäß einer weiteren Modifikation kann lediglich das strömungsaufteilende Ventil 340 aus dem Aufbau der Fig. 2 ausgelassen werden. Die Steuerung in diesem modifizierten Aufbau ist äquivalent zu der Steuerung in dem Aufbau der Ausführungsform, bei der die Strömungsaufteilungsrate auf einen festen Wert in dem Bereich von 0 bis 1 eingestellt wird. In diesem modifizierten Aufbau wird die Temperatur der Kühlflüssigkeit auch durch Regulieren des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators 360 und der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe 370 gesteuert.

## Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem, das in einem Brennstoffzellenfahrzeug (10) befestigt ist, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:  
 eine Brennstoffzelle (100);  
 einen Kühlsystemkreislauf (300), der einen Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310) enthält, der dazu eingerichtet ist, der Brennstoffzelle (100) eine Kühlflüssigkeit zuzuführen, einen Radiator (350), der dazu eingerichtet ist, die Kühlflüssigkeit abzukühlen, einen Radiatorventilator (360) und eine Kühlflüssigkeitspumpe (370), die in dem Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310) angeordnet ist, um der Brennstoffzelle (100) Kühlflüssigkeit zuzuführen;  
 eine Steuervorrichtung (200); und  
 ein Geschwindigkeitsmessgerät (120), das dazu eingerichtet ist, eine Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) zu erlangen, wobei die Steuervorrichtung (200) in der Lage ist, eine erste Kühlsteuerung durchzuführen, die einen oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) festlegt und eine

Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) reguliert, um die Brennstoffzelle (100) abzukühlen, und wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung (200) einen Wärmefreisetzungs-kapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) spezifiziert ist, in zumindest zwei Abschnitte unterteilt und eines von der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und dem Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) ändert, während gleichzeitig das andere fixiert wird, um einen Wärmefreisetzungs Wert in jedem der zumindest zwei Abschnitte durch minimale elektrische Leistung zu erzielen.

2. Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung (200) in der ersten Kühlsteuerung einen Heizwert der Brennstoffzelle (100) aus einer Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle (100) berechnet und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) unter den oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) reguliert, so dass der Heizwert freigesetzt wird, während der Gesamt Leistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und des Radiatorventilators (360) minimiert wird.

3. Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 2, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig aus dem Kühlsystemkreislauf (300) freisetztbar ist, die Steuervorrichtung (200) veranlasst, dass eine Wärmemenge, die einer Differenz ( $Q_g - Q_{r1}$ ) aus der Subtraktion des Wärmefreisetzungs Werts ( $Q_{r1}$ ) von dem Heizwert ( $Q_g$ ) entspricht, in der Kühlflüssigkeit gespeichert wird, und wenn die in der Kühlflüssigkeit gespeicherte Wärmemenge in der ersten Kühlsteuerung freigesetzt wird, die Steuervorrichtung (200) ein niedrigeres Antriebsausmaß einstellt, das niedriger als der obere Grenzwert ist, der gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) eingestellt ist, und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) beibehält, während sie das niedrigere Antriebsausmaß als eine obere Grenze verwendet, bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf oder unter eine vorbestimmte Temperatur sinkt.

4. Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 3, wobei, sogar nachdem der Heizwert niedriger als der Wärmefreisetzungs Wert wird, die Steuervorrichtung (200) die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) beibehält, bis die Temperatur der Kühlflüs-

sigkeit auf oder unter eine vorbestimmte Temperatur sinkt.

5. Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 2, wobei, wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist und die Temperatur der Kühlflüssigkeit höher als eine vorbestimmte Temperatur ist, die Steuervorrichtung (200) in der Lage ist, eine zweite Kühlsteuerung durchzuführen, die den gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) eingestellten oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) auf ein höheres Antriebsausmaß ändert, und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) unter gleichzeitiger Verwendung des höheren Antriebsausmaßes als einen neuen oberen Grenzwert reguliert, um die Brennstoffzelle (100) abzukühlen.

6. Brennstoffzellensystem gemäß jedem der Ansprüche 1 bis 5, das ferner aufweist: eine Umgehungsverrohrung (330), die dazu eingerichtet ist, eine Strömung der Kühlflüssigkeit, die aus der Brennstoffzelle (100) ausgelassen wird, zu veranlassen, den Radiator (350) zu umgehen und der Kühlflüssigkeitspumpe (370) zugeführt zu werden; und ein strömungsaufteilendes Ventil (340), das dazu eingerichtet ist, die Strömung der Kühlflüssigkeit, die aus der Brennstoffzelle (100) in den Radiator (350) und in die Umgehungsverrohrung ausgelassen wird, aufzuteilen, wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung (200) einen Heizwert der Brennstoffzelle (100) aus einer Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle (100) berechnet und die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370), das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) und eine Strömungsaufteilungsrate unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) reguliert, so dass der Heizwert freigesetzt wird, während der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und des Radiatorventilators (360) minimiert wird.

7. Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 6, wobei in der ersten Kühlsteuerung die Steuervorrichtung (200) einen Wärmefreisetzungskapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370), das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) und die Strömungsaufteilungsrate des strömungsaufteilenden Ventils spezifiziert ist, in zumindest zwei Abschnitte aufteilt und eines von der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370), dem Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) und der Strömungsaufteilungsrate des strömungsaufteilenden Ventils ändert, um einen Wärmefreisetzungswert in jedem der zumindest zwei Abschnitte durch minimale elektrische Leistung zu erzielen.

8. Ein Brennstoffzellenfahrzeug (10), das das Brennstoffzellensystem gemäß jedem der Ansprüche 1 bis 7 aufweist, das in ihm befestigt ist.

9. Steuerverfahren für ein Brennstoffzellensystem, das in einem Brennstoffzellenfahrzeug (10) befestigt ist, wobei das Brennstoffzellensystem eine Brennstoffzelle (100); einen Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310), der dazu eingerichtet ist, eine Kühlflüssigkeit der Brennstoffzelle (100) zuzuführen; einen Radiator (350), der dazu eingerichtet ist, die Kühlflüssigkeit abzukühlen; einen Radiatorventilator (360); eine Kühlflüssigkeitspumpe (370), die in dem Kühlflüssigkeitsversorgungspfad (310) geschaffen ist, um der Brennstoffzelle (100) Kühlflüssigkeit zuzuführen; und ein Geschwindigkeitsmessgerät (120) aufweist, wobei das Steuerverfahren aufweist: in der Lage zu sein, eine erste Kühlsteuerung durchzuführen, die einen oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) einstellt, und eine Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) oder das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) unterhalb des oberen Grenzwerts des Antriebsausmaßes des Radiators (350) reguliert, um die Brennstoffzelle (100) abzukühlen, wobei in der ersten Kühlsteuerung ein Wärmefreisetzungskapazitätsbereich, der durch die Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und das Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) spezifiziert ist, in zumindest zwei Abschnitte unterteilt wird und eines von der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und dem Antriebsausmaß des Radiatorventilators (360) geändert wird, während gleichzeitig das andere fixiert wird, um einen Wärmefreisetzungswert in jedem der zumindest zwei Abschnitte durch minimale elektrische Leistung zu erzielen.

10. Steuerverfahren für das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 9, wobei das Steuerverfahren ferner aufweist: in der ersten Kühlsteuerung, Berechnen eines Heizwerts der Brennstoffzelle (100) aus einer Menge an Leistungserzeugung durch die Brennstoffzelle (100); und Regulieren der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360) unter den oberen Grenzwert des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360), so dass der Heizwert freigesetzt wird, während der Gesamtleistungsverbrauch der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und des Radiatorventilators (360) minimiert wird.

11. Steuerverfahren für das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 10, wobei das Steuerverfahren ferner aufweist: wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist,

Veranlassen, dass eine Wärmemenge, die einer Differenz aus der Subtraktion des Wärmefreisetzungs-werts von dem Heizwert entspricht, in der Kühlflüs-sigkeit gespeichert wird; und  
 wenn in der ersten Kühlsteuerung der in der Kühlflüs-sigkeit gespeicherte Heizwert freigesetzt wird,  
 Einstellen eines niedrigeren Antriebsausmaßes, das niedriger als der obere Grenzwert ist, der gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) eingestellt ist; und  
 Beibehalten der Strömungsrate der Kühlflüssigkeits-pumpe (370) und des Antriebsausmaßes des Ra-diatorventilators (360) bei gleichzeitiger Verwendung des niedrigeren Antriebsausmaßes als ein oberer Grenzwert, bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf oder unter eine vorbestimmte Temperatur sinkt.

12. Steuerverfahren für das Brennstoffzellensys-tem gemäß Anspruch 11, wobei das Steuerverfahren ferner aufweist: sogar nachdem der Heizwert niedri-ger als der Wärmefreisetzungswert wird, Beibehalten der Strömungsrate der Kühlflüssigkeitspumpe (370) und des Antriebsausmaßes des Radiatorventilators (360), bis die Temperatur der Kühlflüssigkeit auf oder unter eine vorbestimmte Temperatur sinkt.

13. Steuerverfahren für das Brennstoffzellensys-tem gemäß Anspruch 10, wobei das Steuerverfahren ferner aufweist:  
 wenn in der ersten Kühlsteuerung der Heizwert nicht vollständig freisetzbar ist und die Temperatur der Kühlflüssigkeit höher als eine vorbestimmte Tempe-ratur ist,  
 in der Lage zu sein, eine zweite Kühlsteuerung durch-zuführen, die den oberen Grenzwert des Antriebs-ausmaßes des Radiatorventilators (360), der gemäß der Geschwindigkeit des Brennstoffzellenfahrzeugs (10) eingestellt ist, auf einen höheren Antriebswert ändert; und  
 Regulieren der Strömungsrate der Kühlflüssigkeits-pumpe (370) und des Antriebsausmaßes des Ra-diatorventilators (360) bei gleichzeitiger Verwendung des höheren Antriebsausmaßes als ein neuer oberer Grenzwert, um die Brennstoffzelle (100) abzukühlen.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

Fig.1

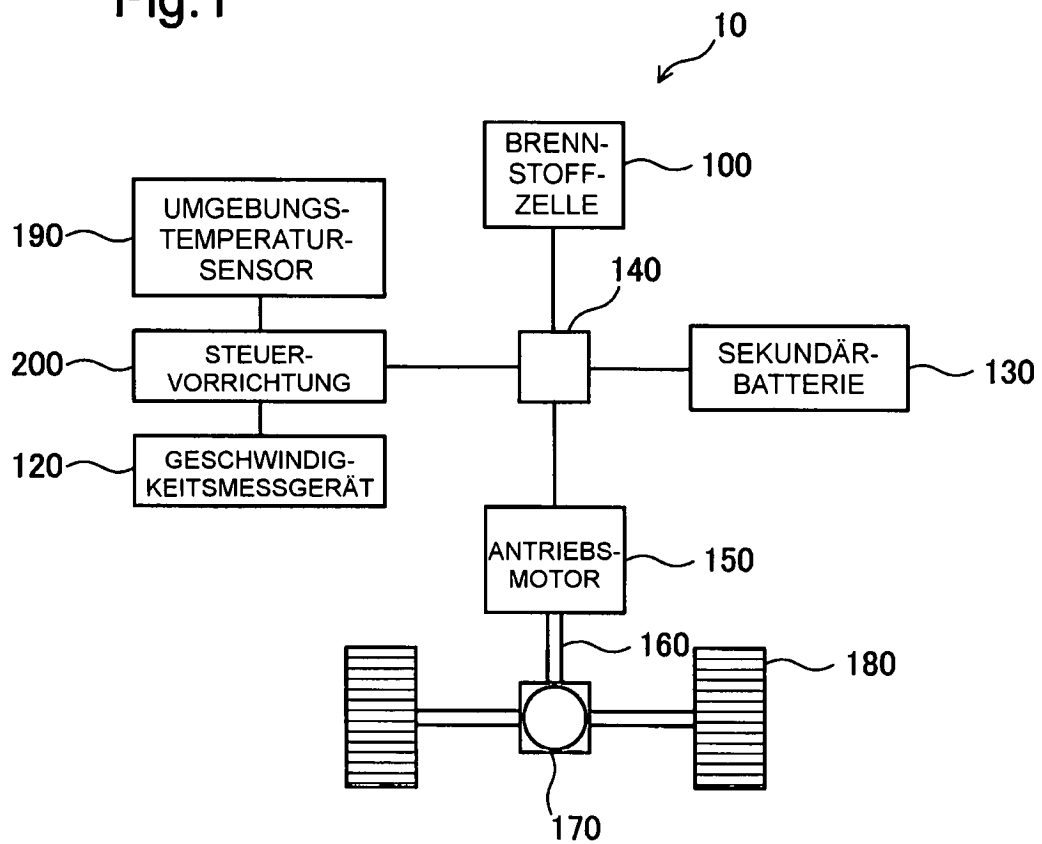


Fig.2

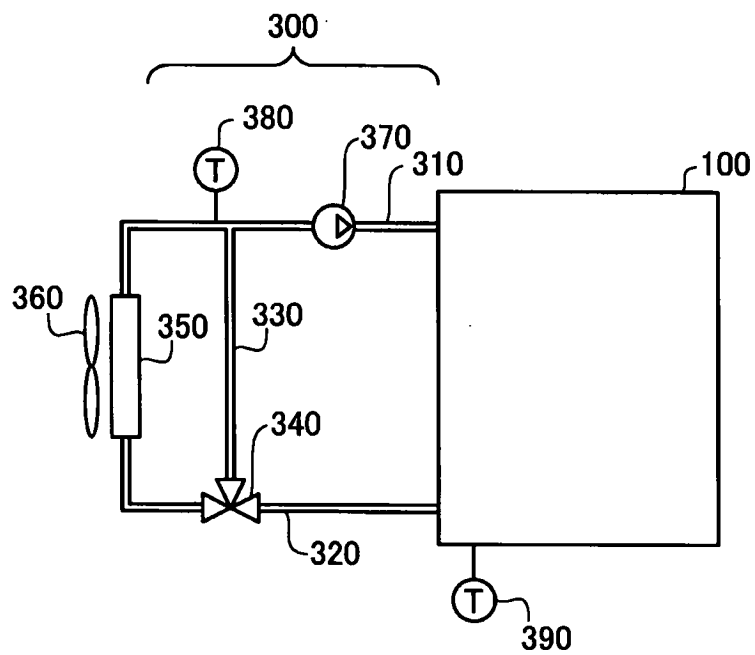




Fig.3

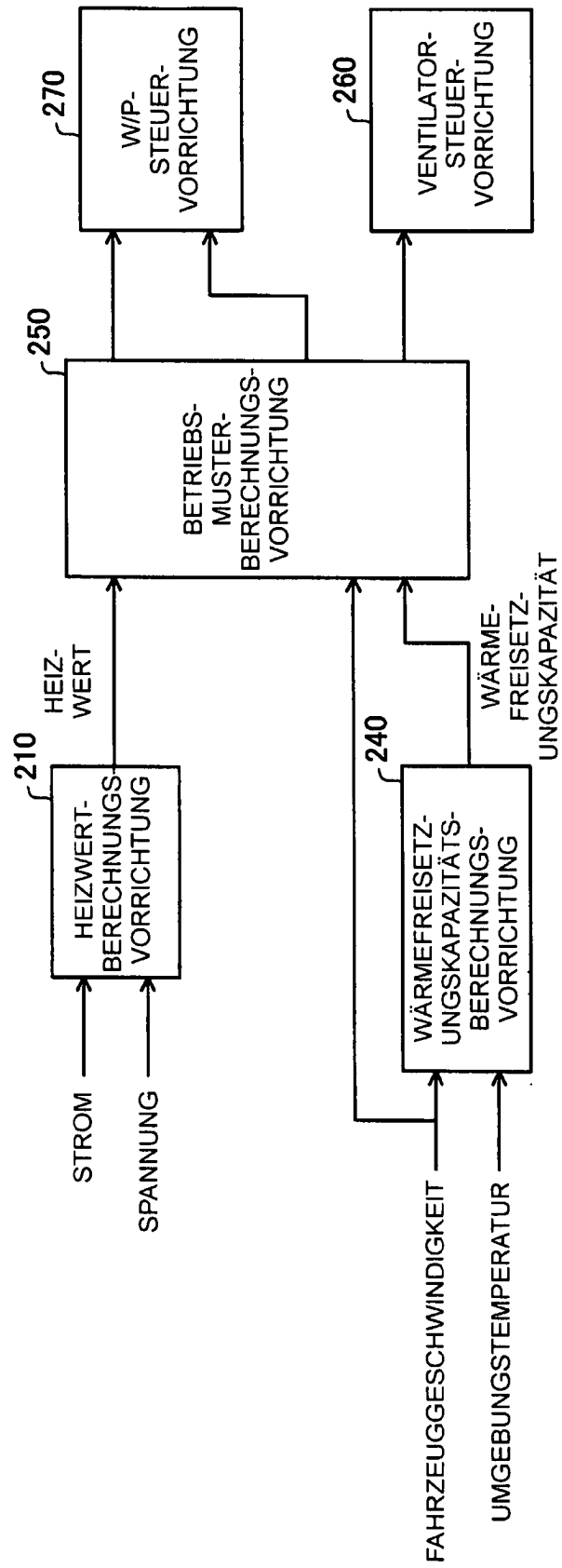


Fig.4

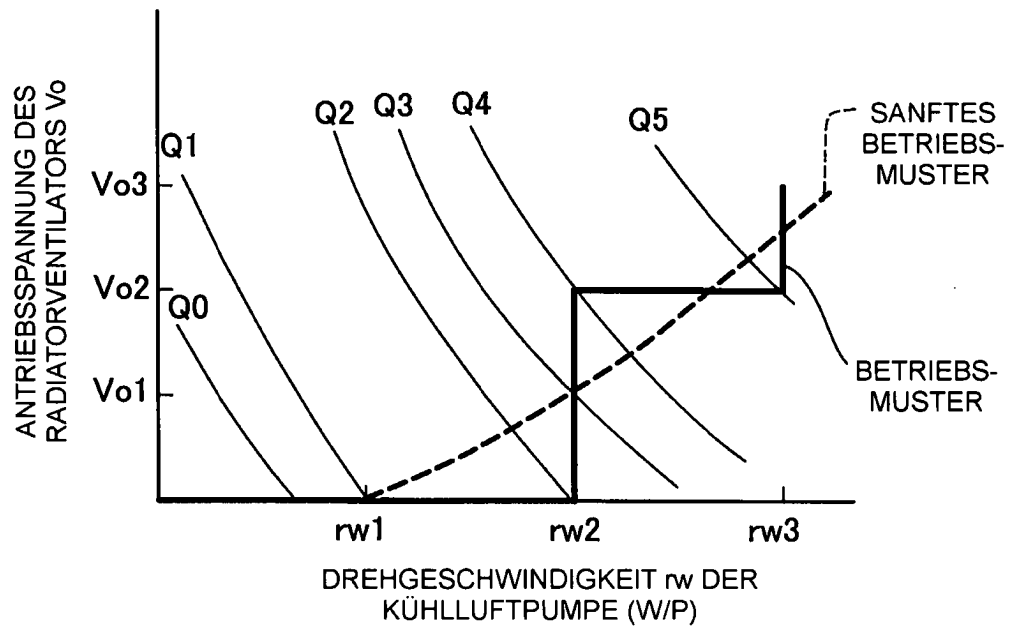


Fig.5

WÄRME-FREI-SETZ-UNGS-WERT Q	STRÖMUNGS-AUFTEIL-UNGS-RATE $dr$ (RATE DER AUFTEILUNGS-STRÖMUNG IN DEN RADIATOR)	DREHGE-SCHWINDIG-KEIT $rw$ DER W/P	ANTRIEBSSPANNUNG $V_o$ DES RADIATOR-VENTILATORS
$\sim Q0$	0	0	0
$Q0 \sim Q1$	$0 \sim 1$	$rw1$	0
$Q1 \sim Q2$	1	$rw1 \sim rw2$	0
$Q2 \sim Q3$	1	$rw2$	$0 \sim V_{o1}$
$Q3 \sim Q4$	1	$rw2$	$V_{o1} \sim V_{o2}$
$Q4 \sim Q5$	1	$rw2 \sim rw3$	$V_{o2}$
$Q5 \sim Q6$	1	$rw3$	$V_{o2} \sim V_{o3}$

Fig.6

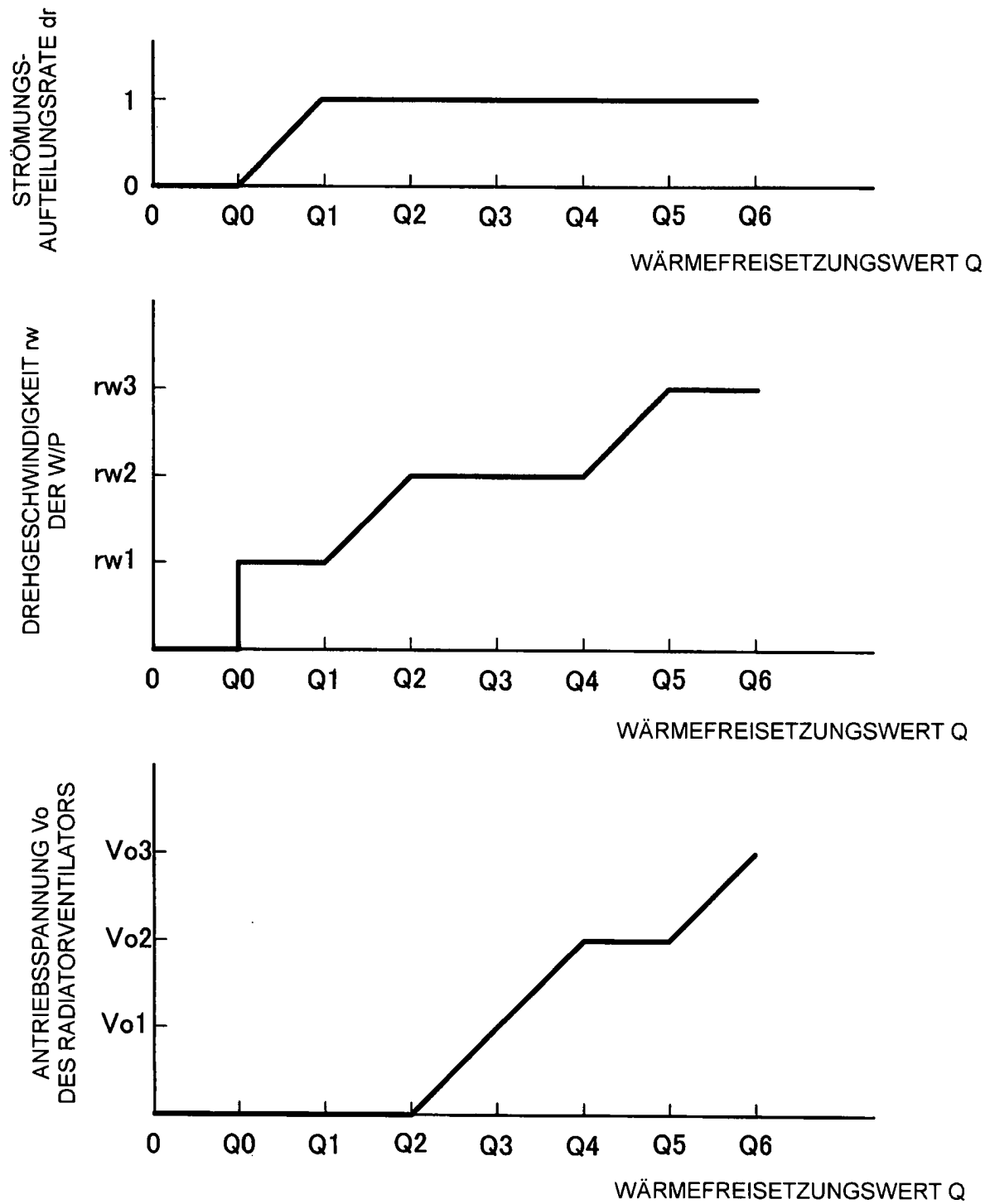


Fig.7

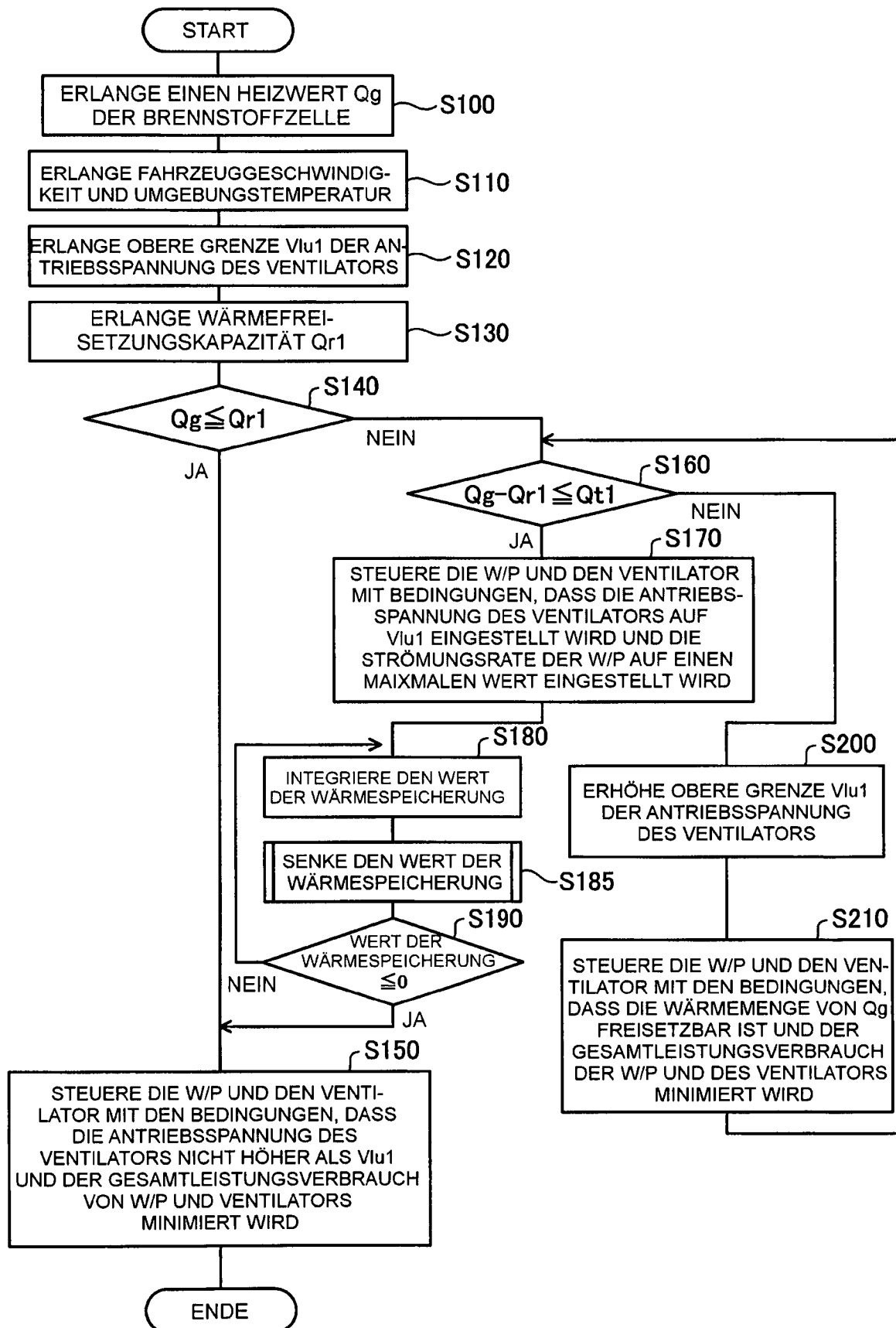


Fig.8

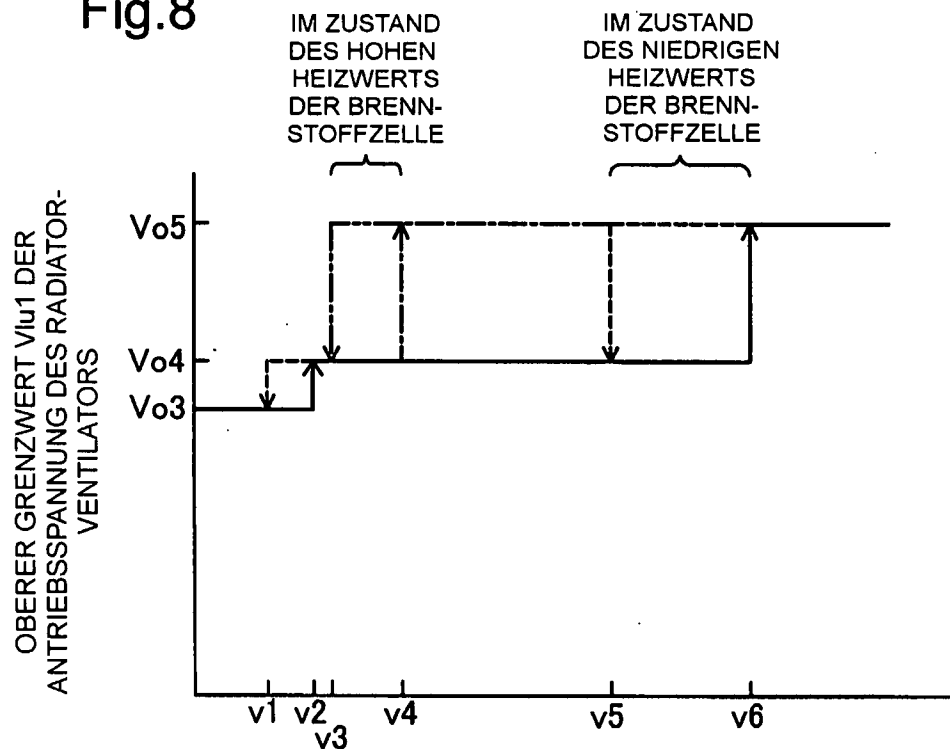


Fig.9

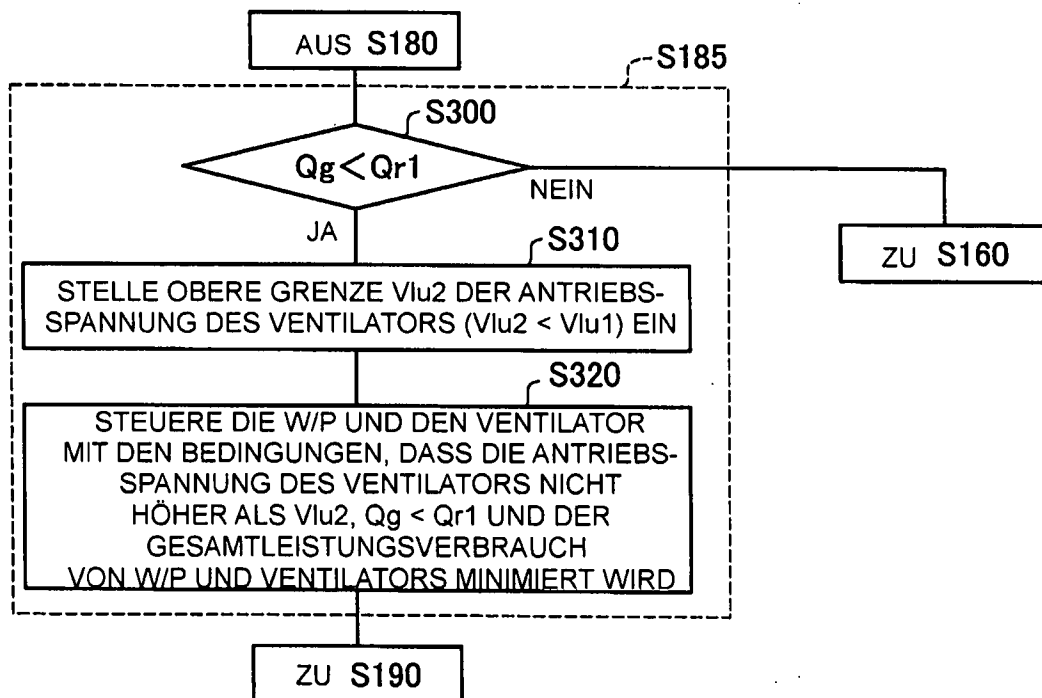


Fig.10

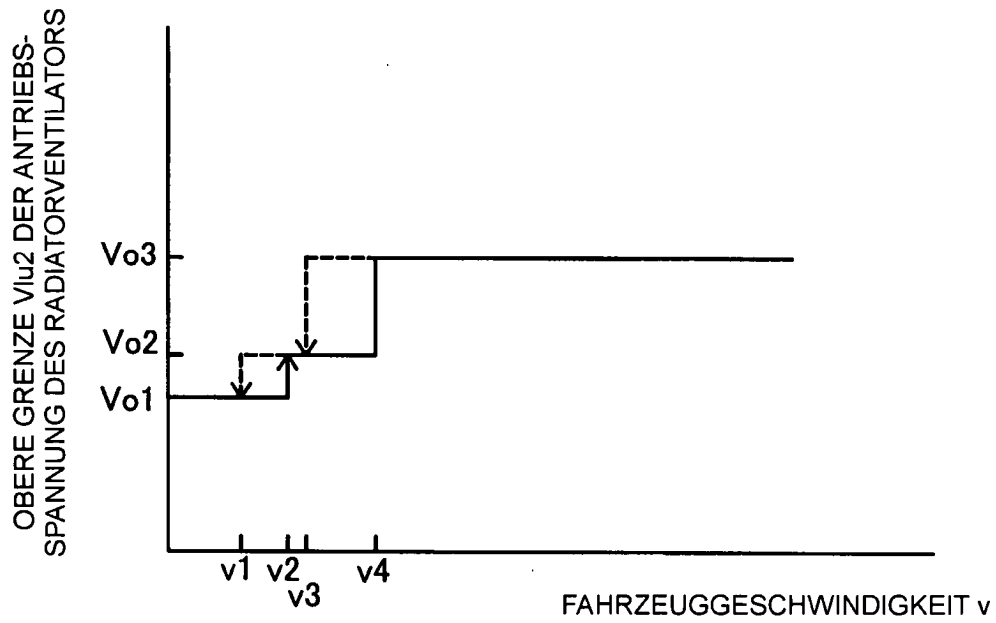


Fig.11

