

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer:	A 156/2024	(51) Int. Cl.:	F02D 19/08	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	28.10.2024		F02D 41/00	(2006.01)
(43) Veröffentlicht am:	15.05.2025		F02M 21/02	(2006.01)
			F02D 19/06	(2006.01)

(30) **Priorität:**
31.10.2023 US 18/498,557 beansprucht.

(71) **Patentanmelder:**
Cummins Power Generation Inc.
55432 Minneapolis (US)

(74) **Vertreter:**
Häupl & Ellmeyer KG, Patentanwaltskanzlei
1070 Wien (AT)

(54) **SPALTEN VON AMMONIAK FÜR MEHRSTOFFMOTOREN**

(57) Ein Fahrzeug (100) umfasst einen Motor (104) zum Aufnehmen eines Spaltgasgemischs. Ein Spalter (110) des Fahrzeugs (100) kann Ammoniak und Energie empfangen, das Ammoniak spalten, um das Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas zu bilden, und das Wasserstoffgas zum Motor (104) leiten. Eine Steuerung (102) für das Fahrzeug (100) kann eine vordefinierte Route für das Fahrzeug (100) empfangen. Die Steuerung (102) kann eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs (100) beruhend auf der vordefinierten Route vorhersagen. Die Steuerung (102) kann eine Strömungsrate des dem Spalter (110) zugeführten Ammoniaks beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anpassen.

Ein Fahrzeug umfasst einen Motor zum Aufnehmen eines Spaltgasgemischs. Ein Spalter des Fahrzeugs kann Ammoniak und Energie empfangen, das Ammoniak spalten, um das Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas zu bilden, und das Wasserstoffgas zum Motor leiten. Eine Steuerung für das Fahrzeug kann eine vordefinierte Route für das Fahrzeug empfangen. Die Steuerung kann eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs beruhend auf der vordefinierten Route vorhersagen. Die Steuerung kann eine Strömungsrate des dem Spalter zugeführten Ammoniaks beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anpassen.

-42-

4058-4463-8445.1

SPALTEN VON AMMONIAK FÜR MEHRSTOFFMOTOREN

HINTERGRUND

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft im Allgemeinen Systeme, Vorrichtungen, Verfahren und computerlesbare Speichermedien zur Verwendung mit Mehrstoffmotoren. Genauer betrifft die vorliegende Offenbarung das Spalten von Ammoniak zur Verwendung in Mehrstoffmotoren, wie etwa Fahrzeugen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0002] Eine Ausführungsform betrifft ein Fahrzeug, welches einen Motor, der dazu ausgelegt ist, ein Spaltgasgemisch aufzunehmen, einen Spalter, eine Energiespeichervorrichtung und eine Steuerung umfasst. Der Spalter kann Ammoniak von einem Ammoniakspeicherbehälter und Energie von einer Energiequelle empfangen; das Ammoniak spalten, um Spaltgas zu bilden, welches Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst; und das Wasserstoffgas zum Motor leiten. Die Energiespeichervorrichtung kann die Energie für den Spalter bereitstellen. Die Steuerung kann eine vordefinierte Route für das Fahrzeug empfangen; eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs beruhend auf der vordefinierten Route vorhersagen; und eine Strömungsrate des dem Spalter zugeführten Ammoniaks beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anpassen.

[0003] In einigen Ausführungsformen umfasst die Energiequelle eine Batterie und Abwärme, und das Spaltgasgemisch umfasst einen Kohlenwasserstoffbrennstoff. In einigen Ausführungsformen ist die Steuerung dazu ausgelegt, die Batterie beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung aufzuladen. In einigen Ausführungsformen ist die Batterie dazu ausgelegt, die Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen. In einigen Ausführungsformen umfasst die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe.

[0004] In einigen Ausführungsformen ist das Fahrzeug eine Lokomotive aus einer Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivverbands, der ein verteiltes Leistungssystem verwendet; und die zukünftige Lastanforderung beruht auf einer Verteilung von Leistung auf die Vielzahl von Lokomotiven durch das verteilte Leistungssystem.

[0005] In einigen Ausführungsformen ist der Motor dazu ausgelegt, das Ammoniak aufzunehmen; umfasst das Fahrzeug einen Wasserstoffspeicherbehälter für das Wasserstoffgas zwischen dem Spalter und dem Motor; und ist die Steuerung dazu ausgelegt, eine Strömungsrate des vom Motor aufgenommenen Ammoniaks beruhend auf der Menge des Wasserstoffgases im Wasserstoffspeicherbehälter anzupassen.

[0006] Eine Ausführungsform betrifft ein Verfahren zur Verwendung eines Ammoniakspalters in einem Fahrzeug. Das Verfahren kann das Empfangen einer vordefinierten Route durch eine Steuerung des Fahrzeugs umfassen. Das Verfahren kann das Vorhersagen einer zukünftigen Lastanforderung des Fahrzeugs durch die Steuerung beruhend auf der vordefinierten Route umfassen. Das Verfahren kann das Anpassen einer Strömungsrate von dem Spalter des Fahrzeugs zugeführten Ammoniak durch das Fahrzeug beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung umfassen. Das Verfahren kann das Empfangen von Ammoniak mit der angepassten Strömungsrate von einem Ammoniakspeicherbehälter und von Energie von einer Energiequelle im Spalter umfassen. Das Verfahren kann das Spalten des Ammoniaks durch den Spalter umfassen, um ein Spaltgas zu bilden, das ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst. Das Verfahren kann das Leiten des Wasserstoffgases durch den Spalter zu einem Motor umfassen. Das Verfahren kann das Verbrennen eines Spaltgasgemischs, welches das Wasserstoffgas umfasst, durch den Motor umfassen.

[0007] In einigen Ausführungsformen umfasst die Energiequelle Abwärme und eine Batterie, welche dazu ausgelegt ist, Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen, und das Spaltgasgemisch umfasst einen Kohlenwasserstoffbrennstoff. In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren das Laden der Batterie beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung und anschließend das Leiten der Energie von der Batterie zu einem Widerstandselement, das thermisch mit einem Reaktor des Spalters gekoppelt ist. In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren das Trennen des Wasserstoffgases vom Spaltgas durch den Spalter. In einigen Ausführungsformen umfasst die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe, und das Verfahren umfasst das Bestimmen einer Position des Fahrzeugs relativ zur vordefinierten Route und das Anpassen einer durch den Motor erzeugten Leistung als Antwort auf die Position.

[0008] In einigen Ausführungsformen kann das Verfahren das Empfangen, von einem verteilten Leistungssystem, einer Angabe über eine Verteilung von Leistung auf eine Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivenverbands umfassen. Das Verfahren kann das Bestimmen der zukünftigen Lastanforderung beruhend auf der Verteilung der Leistung umfassen. In einigen Ausführungsformen kann das Verfahren das Verbrennen des Ammoniaks durch den Motor; das Speichern des Wasserstoffgases in einem Wasserstoffgasspeicherbehälter zwischen dem Spalter und dem Motor beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung; und das Anpassen der Strömungsrate des Ammoniaks beruhend auf der Menge des gespeicherten Wasserstoffgases und einem Zustand der Energiequelle umfassen.

[0009] Eine Ausführungsform betrifft ein nichtflüchtiges computerlesbares Medium. Das Medium umfasst Befehle, welche bewirken, dass ein Prozessor eine vordefinierte Route empfängt. Die Befehle können Befehle zum Vorhersagen einer zukünftigen Lastanforderung des Fahrzeugs beruhend auf der vordefinierten Route umfassen. Die Befehle können Befehle zum Bestimmen einer angepassten Strömungsrate von dem Spalter des Fahrzeugs zugeführten Ammoniak beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung umfassen. Die Befehle können Befehle umfassen, die bewirken, dass der Spalter das Ammoniak bei der angepassten Strömungsrate spaltet.

[0010] In einigen Ausführungsformen können die Befehle Befehle zum Aufladen der Batterie beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung umfassen. In einigen Ausführungsformen können die Befehle Befehle umfassen, die bewirken, dass der Spalter das Ammoniak spaltet, um ein Spaltgas zu bilden, welches ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst. In einigen Ausführungsformen können die Befehle Befehle umfassen, die bewirken, dass der Spalter das Wasserstoffgas zu einem Motor leitet. In einigen Ausführungsformen können die Befehle Befehle umfassen, die bewirken, dass der Motor das Wasserstoffgas zusammen mit einem Kohlenwasserstoffbrennstoff verbrennt.

[0011] In einigen Ausführungsformen können die Befehle Befehle zum Erzeugen von Energie zum Laden der Batterie von einem Traktionsmotor umfassen. In einigen Ausführungsformen umfasst die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe.

[0012] In einigen Ausführungsformen ist ein Motor dazu ausgelegt, das Ammoniak aufzunehmen, umfasst das Fahrzeug einen Wasserstoffspeicherbehälter für Wasserstoff zwischen dem Spalter und dem Motor; und umfasst das Medium Befehle zum Anpassen einer Strömungsrate des vom Motor aufgenommenen Ammoniaks beruhend auf der Menge des Wasserstoffs im Wasserstoffspeicherbehälter.

[0013] Diese Zusammenfassung dient lediglich der Veranschaulichung und ist in keiner Weise als einschränkend zu verstehen. Weitere Aspekte, Merkmale der Erfindung und Vorteile der hier beschriebenen Vorrichtungen oder Verfahren gehen aus der nachstehenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen hervor, wobei sich die Bezugszeichen auf gleiche Elemente beziehen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] FIG. 1 ist ein Blockdiagramm eines Fahrzeugs, welches einen Motor umfasst, der mit einem Wasserstoffeinspritzsystem gekoppelt ist, gemäß einigen Ausführungsformen.

[0015] FIG. 2 ist ein Energie-Flussdiagramm für ein Fahrzeug, wie etwa das Fahrzeug von FIG. 1, gemäß einigen Ausführungsformen.

[0016] FIG. 3 ist ein Mindesttemperaturdiagramm für verschiedene Strömungsraten eines Spalters gemäß einigen Ausführungsformen.

[0017] FIG. 4 ist ein Routendiagramm für ein Fahrzeug, wie etwa das Fahrzeug von FIG. 1, gemäß einigen Ausführungsformen.

[0018] FIG. 5 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben des Fahrzeugs von FIG. 1 gemäß einigen Ausführungsformen.

[0019] FIG. 6 ist ein Blockdiagramm, das eine Architektur für ein Computersystem zeigt, welches verwendet werden kann, um Elemente der hier beschriebenen und gezeigten Systeme und Verfahren zu implementieren.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0020] Nachstehend folgen detaillierte Beschreibungen verschiedener Konzepte in Bezug auf und Umsetzungen von Verfahren, Vorrichtungen und Systemen für einen Mehrstoffmotor. Bevor auf die Figuren eingegangen wird, die bestimmte beispielhafte Ausführungsformen im Detail veranschaulichen, wird darauf hingewiesen, dass die vorliegende Beschreibung nicht auf die Details oder Vorgangsweise beschränkt ist, welche in der Beschreibung ausgeführt oder in den Figuren gezeigt sind. Ferner versteht es sich, dass die hier verwendete Terminologie lediglich der Beschreibung dient und nicht als Einschränkung anzusehen ist.

[0021] Allgemein auf die Figuren bezugnehmend, beziehen sich die verschiedenen hier offenbarten Ausführungsformen auf Systeme, Vorrichtungen, Verfahren und computerlesbare Speichermedien zur Verwendung mit Mehrstoffmotoren. Einige Ausführungsformen umfassen mitunter das Vorhersagen einer zukünftigen Last eines Fahrzeugs, das Anpassen eines aktuellen Vorgangs verschiedener Energiequellen oder -senken des Fahrzeugs zur Verringerung des Gesamtbrennstoffverbrauchs, des Wartungsaufwands, der Kosten, Treibhausgasemissionen, Fahrzeugleistungsfähigkeit oder dergleichen. In einigen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Beschreibung kann sich eine Lokomotive entlang einer Route bewegen, die eine(n) vordefinierte(n) Bewegungspfad, Geschwindigkeit, Erhebung oder dergleichen umfasst. Die Lokomotive kann einen Motor umfassen, der durch ein Spaltgasgemisch angetrieben wird (der z. B. dazu ausgelegt ist, dieses aufzunehmen). Das Spaltgasgemisch kann einen Ausstoß des Spalters umfassen, welcher als Spaltgas bezeichnet werden kann und Wasserstoff umfasst. In einigen Ausführungsformen kann das Spaltgasgemisch einen Stickstoff- oder Ammoniakdampf des Spaltgases umfassen, oder der Stickstoff- oder Ammoniakdampf kann daraus entfernt worden sein. Das Spaltgasgemisch kann einen weiteren Brennstoff umfassen, der dem Spalterausstoß zugegeben wird, wie etwa Ammoniak oder ein Kohlenwasserstoff (z. B. Diesel, einschließlich Biodiesel, hydrobehandeltes Pflanzenöl (HVO), Benzin oder Erdgas) in verschiedenen Konzentrationen, Kombinationen davon und dergleichen, doch ist dies nicht zwingend erforderlich. Beispielsweise kann eine Mehrstoff-Lokomotive eine Kombination aus Erdgas, Diesel und Wasserstoff verwenden, wobei Erdgas und Diesel Bestandteile des Spaltgasgemischs sind und entsprechend einer Wertfunktion zusammen mit dem Wasserstoff verbrannt werden. Die verschiedenen Bestandteile des Spaltgasgemischs können über ein oder

mehrere Brennstoffsysteme bereitgestellt werden. Beispielsweise kann jedes aus Diesel, Erdgas und Wasserstoffgas ein gesondertes Brennstoffsystem zur Zufuhr des Brennstoffs zum Motor umfassen.

[0022] In verschiedenen Ausführungsformen können die verschiedenen Brennstoffe, wie etwa Wasserstoff, Ammoniak oder Diesel, vor dem Eintreten in den Motor oder währenddessen miteinander in Kontakt gelangen. Beispielsweise können verschiedene einzelne Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten des Spaltgasgemischs in einer Brennstoffleitung, einem Saugrohr, einem Eingangsanschluss, einer Verbrennungskammer usw. miteinander in Kontakt gelangen. Die Zusammensetzung des Spaltgasgemischs kann entlang eines Brennstoffzufuhrsystems oder je nach -stelle variieren. Beispielsweise kann das Spaltgasgemisch an einem Spalterausgang Wasserstoffgas, Stickstoffgas und Ammoniakdampf umfassen. Diesel, Ammoniak usw. können mitunter danach zum Spaltgasgemisch zugegeben werden. Ebenso können verschiedene Bestandteile, wie Ammoniakdampf oder Stickstoffgas, aus dem Spaltgasgemisch entfernt werden.

[0023] Der Motor kann Wasserstoffgas (H_2) in verschiedenen Konzentrationen aufnehmen. Beispielsweise kann das Fahrzeug einen Spalter zum Spalten von Wasserstoff aus Ammoniak umfassen, der eine durch eine oder mehrere Schwellen definierte Betriebstemperatur aufweist. Eine Steuerung der Lokomotive kann eine zukünftige Lastanforderung der Lokomotive vorhersagen und einen aktuellen Betriebspunkt der Lokomotive beruhend auf der vorhergesagten zukünftigen Last anpassen. Beispielsweise kann eine Lokomotive, die sich einem Gefälle nähert, eine Drossel an eine höhere Leistungsstufe anpassen, um die für den Spalter verfügbare Wärmeenergie auf einen gewünschten Betriebspunkt zu erhöhen (z. B. über Widerstandselemente oder heiße Abgase, die durch die Motoranordnung erzeugt werden), sodass, wenn die Lokomotive das Gefälle erreicht, eine geeignete Wasserstoffgasreserve oder -erzeugungsrate verfügbar ist. Ein Teil der Leistung kann zum Laden einer Energiespeichervorrichtung verwendet werden. Die hier beschriebenen Ausführungsformen empfangen eine Route, sagen eine zukünftige Last voraus und passen den Betrieb der Lokomotive beruhend auf der vorhergesagten Last an.

[0024] Wie in FIG. 1 gezeigt, umfasst ein Mehrstoff-Fahrzeug 100 einen Motor 104, einen Spalter 110, eine Energiequelle und eine Steuerung 102. Der Motor 104 ist dazu ausgelegt, ein Spaltgasgemisch aufzunehmen. Der Spalter 110 ist dazu ausgelegt, Ammoniak von einem Ammoniakspeicherbehälter und Energie von einer Energiequelle zu empfangen. Der Spalter 110 ist dazu ausgelegt, das Ammoniak zu spalten, um Spaltgas zu bilden, das ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst. Der Spalter ist dazu ausgelegt, das Wasserstoffgas zum Motor 104 zu leiten. Die Energiequelle ist dazu ausgelegt, die Energie für den Spalter 110 bereitzustellen. Die Steuerung 102 ist dazu ausgelegt, eine vordefinierte Route für das Fahrzeug 100 zu empfangen. Die Steuerung 102 ist dazu ausgelegt, eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs 100 beruhend auf der vordefinierten Route vorherzusagen. Die Steuerung 102 ist dazu ausgelegt, eine Strömungsrate des dem Spalter zugeführten Ammoniaks beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anzupassen.

[0025] Der Spalter 110 kann über eine Fluidkopplung mit einem Ammoniakspeicherbehälter gekoppelt sein. Beispielsweise kann die Fluidkopplung ein Zufuhrsystem für das Ammoniak umfassen, welches mit der Steuerung 102 wirkgekoppelt ist. Der Spalter 110 kann über eine Fluidkopplung mit dem Motor 104 gekoppelt sein. Beispielsweise kann die Fluidkopplung ein Zufuhrsystem für Wasserstoffgas oder Ammoniak (z. B. Ammoniakdampf) umfassen. Das Zufuhrsystem kann Wasserstoffgas oder Ammoniak zum Motor 104 leiten, etwa zu einer Verbrennungskammer desselben. Die Energiequelle kann über eine Energiekopplung mit dem Spalter 110 gekoppelt sein. Beispielsweise kann die Energiekopplung eine elektrische Kopplung für eine elektrische Energiequelle, wie etwa eine Batterie oder einen Generator, umfassen. Die Energiekopplung kann eine Wärmekopplung mit einem Abgassystem 112 des Motors, etwa über einen Wärmetauscher, umfassen. Die Steuerung 102 kann über eine zusammenwirkende Kopplung mit dem Spalter 110 gekoppelt sein. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine Wirkverbindung (z. B. Erzeugung eines Steuersignals) zu einem Ventil zum Steuern einer Strömungsrate von Ammoniak oder einer Strömungsrate von Abgas umfassen. In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 ein Steuersignal für eine Steuerschaltung für dem Spalter 110 bereitgestellte elektrische Leistung erzeugen.

[0026] Das Fahrzeug 100 kann eine Steuerung umfassen oder mit einer solchen verbunden sein, um Vorgänge zur Verwaltung der Leistungsfähigkeit der hier beschriebenen Systeme und

Verfahren auszuführen. Ein Motor 104 kann Zugkraft und elektrische Leistung erzeugen. Ein Routenplaner 106 kann eine Route bestimmen. Ein Lastvorhersageelement 108 kann eine zukünftige Last (z. B. Wasserstoffbedarf) beruhend auf der Route vorhersagen. Ein Spalter 110 kann Ammoniak spalten. Ein Abgassystem 112 kann durch den Motor 104 erzeugte Wärme leiten. Das Abgassystem 112 kann Abgase vom Motor 104 wegleiten. Die Wärme der Abgase kann Wärme für den Spalter 110 bereitstellen. Das Fahrzeug 100 kann eine Energiespeichervorrichtung 114 zum Speichern der verschiedenen Energiequellen des Fahrzeugs 100 und ein Datenarchiv 120, welches Daten mit oder zwischen den verschiedenen Komponenten des Fahrzeugs 100 austauschen und speichern kann, umfassen oder damit verbunden sein. Beispielsweise kann die Energiequelle eine Batterie und Abwärme umfassen.

[0027] Bei dem Fahrzeug 100 kann es sich um einen beliebigen Typ von Straßen- oder Geländefahrzeug handeln, einschließlich, aber nicht eingeschränkt auf, Radlader, Gabelstapler, LKW, mittelschwere LKW (z. B. Pick-up-Trucks usw.), Limousinen, Coupés, Panzer, Flugzeuge, Boote und sonstige Fahrzeugtypen. Beispielsweise kann es sich bei dem Fahrzeug um eine Lokomotive handeln, die dazu ausgelegt ist, sich entlang eines festgelegten Bewegungspfads zu bewegen. Das Fahrzeug 100 kann durch einen Insassen desselben oder einen davon entfernten Bediener betrieben werden, oder es kann ein autonomes Fahrzeug sein (z. B. vollautonom oder teilautonom).

[0028] Die Steuerung 102, der Motor 104, der Routenplaner 106, das Lastvorhersageelement 108, der Spalter 110, das Abgassystem 112 oder die Energiespeichervorrichtung 114 können jeweils zumindest eine Verarbeitungseinheit oder sonstige Logikvorrichtung umfassen oder mit einer solchen verbunden sein, wie etwa ein(en) Programmierbare-Logische-Anordnung-Motor oder -Modul, der/das dazu ausgelegt ist, mit einem Datenarchiv 120 der einer Datenbank zu kommunizieren. Die Steuerung 102, der Motor 104, der Routenplaner 106, das Lastvorhersageelement 108, der Spalter 110, das Abgassystem 112, die Energiespeichervorrichtung 114 oder das Datenarchiv 120 können separate Komponenten, eine einzelne Komponente oder Teil des Fahrzeugs 100 sein. Das Fahrzeug 100 und verschiedene Komponenten desselben können Hardware-Elemente, wie etwa einen oder mehrere Prozessoren, Logikvorrichtungen oder Schaltungen, umfassen. Beispielsweise kann das Fahrzeug eine oder

mehrere Komponenten oder Strukturen der Funktionalität der in FIG. 6 gezeigten Rechenvorrichtungen umfassen.

[0029] Das Datenarchiv 120 kann eine oder mehrere lokale oder verteilte Datenbanken umfassen und kann ein Datenbankverwaltungssystem umfassen. Das Datenarchiv 120 kann Computerdatenspeicher oder einen Speicher umfassen und kann eines oder mehrere aus Routendaten 122 oder Spalterparametern 124 speichern. Die Routendaten 122 können einen Bewegungspfad, Befehle zum Befahren des Bewegungspfads oder Fahrzeugeigenschaften, die dem Bewegungspfad zugeordnet sind, umfassen. Der Bewegungspfad kann eine Abstufung eines Pfads, eine Erhebung, Weichen, eine Strom- oder vorhergesagte Wetterbedingung von einem oder mehreren Abschnitten des Bewegungspfads oder andere Fahrzeuge entlang des Pfads umfassen, die auf eine Veränderung im Vergleich mit einem zuvor bestimmten Bewegungspfad hindeuten können (z. B. ein Hinweis, dass ein Bewegungspfad über ein Nebengleis verläuft usw.). Der Bewegungspfad kann verschiedene Geschwindigkeitseinschränkungen oder Hinweise darauf, wie etwa eine Angabe eines Zustands des Pfads (z. B. Schienenrauheit), umfassen. Die Befehle zum Befahren des Pfads können geschätzte Geschwindigkeiten, Geschwindigkeitseinschränkungen, die Sichtbarkeit oder Position von anderen Fahrzeugen oder Hindernissen, die mitunter für den Fahrzeugbetrieb relevant sind (die z. B. ein Beschleunigen oder Bremsen bedingen können), umfassen. Befehle zum Befahren des Pfads können Emissionsgrenzen umfassen (z. B. NO_x, Treibhausgase, hörbare Geräusche oder dergleichen). Beispielsweise können die Grenzen geo-eingezäunte Bereiche wie diverse Gemeinden, Luftqualitätszonen oder dergleichen betreffen. Attribute des Fahrzeugs 100, die für die Route relevant sind, können eine von diesem gezogene Last umfassen (z. B. ein Tonnengehalt oder eine Anzahl von Waggons oder ein Attribut von sonstigen Fahrzeugen in einem Verband, wie etwa Leistung oder Position). Beispielsweise kann es sich bei dem Fahrzeug um eine Lokomotive aus einer Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivverbands handeln, der ein verteiltes Leistungssystem verwendet. Die zukünftige Lastanforderung kann auf einer Verteilung von Leistung auf die Vielzahl von Lokomotiven durch das verteilte Leistungssystem beruhen.

[0030] Die Spalterparameter 124 können die Menge von verfügbarem Ammoniak, verschiedene Zieltemperaturen oder -wirkungsgrade, darauf beruhenden Reaktionsabschluss oder eine Strömungsrate/Energie-Bilanz umfassen. Die Strömungsrate/Energie-Bilanz kann eine

Eingangsenergie mit einem Ausstoß einer Menge von erzeugtem Wasserstoffgas in Verbindung setzen. Beispielsweise kann für einen gegebenen Reaktor (z. B. Geometrie, Katalysator, Volumen, Ausgestaltung und dergleichen) jede Wasserstoffeinheit eine Eingangsleistung, die als Funktion der Gesamtenergie, welche für das Ammoniak bereitgestellt wird, ausgedrückt wird, oder eine Menge elektrischer Energie, die für den Spalter 110 bereitgestellt wird, als Funktion der Abgastemperatur, eine Menge von Wasserstoff, der für eine gegebene Abgastemperatur oder Eingangsenergie erzeugt wird, usw. erfordern. Der Betrieb des Spalters 110 kann Modelle abhängig von Umweltbedingungen, wie etwa Temperatur, Druck, Fahrzeug- oder Windgeschwindigkeit und dergleichen, umfassen. Beispielsweise können die Spalterparameter 124 ein oder mehrere Spalterbetriebsmodelle umfassen, die dazu dienen, die Wasserstoffproduktion beruhend auf einem eingehenden Abgas oder eingehender elektrischer Energie oder einer Menge an Energie, die zum Erzeugen einer Menge von Wasserstoff eingesetzt wird, vorherzusagen.

[0031] Das Fahrzeug kann zumindest eine Steuerung 102 umfassen oder mit einer solchen verbunden sein. Die Steuerung 102 kann einen oder mehrere Prozessoren und einen Speicher umfassen oder mit solchen verbunden sein. Der Prozessor kann als Prozessor mit spezifischem Zweck, als anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine oder mehrere feldprogrammierbare Gatteranordnungen (FPGA), als Gruppe von Verarbeitungskomponenten oder sonstige geeignete elektronische Verarbeitungskomponenten implementiert sein. Die Prozessoren und der Speicher können unter Verwendung von einer oder mehreren Vorrichtungen, wie etwa Vorrichtungen in einer Client-Server-Implementation implementiert sein. Der Speicher kann eine oder mehrere Vorrichtungen (z. B. Direktzugriffsspeicher (RAM), Festwertspeicher (ROM), Flash-Speicher, Festplattenspeicher) zum Speichern von Daten und Computercode zum Fertigstellen der verschiedenen hier beschriebenen Vorgänge umfassen. Der Speicher kann flüchtigen Speicher oder nichtflüchtigen Speicher umfassen und kann Datenbankkomponenten, Objektcodekomponenten, Skriptkomponenten oder jegliche andere Art von Informationsstruktur zum Unterstützen der verschiedenen Aktivitäten und Informationsstrukturen der vorliegenden Beschreibung umfassen. Der Speicher kann kommunikativ mit dem Prozessor verbunden sein und Computercode oder Befehlsmodule zum Ausführen von einem oder mehreren der hier beschriebenen Prozessen umfassen. Der Speicher

kann verschiedene Schaltungen, Softwaremotoren und/oder Module umfassen, die bewirken, dass der Prozessor die hier beschriebenen Systeme und Verfahren ausführt.

[0032] Die Steuerung 102 kann Kommunikationselektronik umfassen oder mit einer solchen verbunden sein. Die Kommunikationselektronik kann drahtgebundene oder drahtlose Kommunikation durchführen. Beispielsweise kann die Kommunikationselektronik einen oder mehrere drahtgebundene (z. B. Ethernet-, PCIe-, AXI- oder CAN-) oder drahtlose Sendempfänger (z. B. einen Wi-Fi-Sende-Empfänger, einen Bluetooth-Sende-Empfänger, einen NFC-Sende-Empfänger oder einen Mobilfunk-Sende-Empfänger) umfassen. Die Steuerung 102 kann einen oder mehrere offenbarte Vorgänge bewirken, etwa durch Einsetzen eines anderen Elements des Fahrzeugs 100. Beispielsweise können durch andere Elemente des Fahrzeugs offenbarte Vorgänge initiiert, geplant oder auf sonstige Weise durch die Steuerung 102 gesteuert werden.

[0033] Die Steuerung 102 ist strukturiert, um den Betrieb des Motors 104 und der zugeordneten Systeme, wie etwa des Spalters 110, des Abgassystems 112 oder der Energiespeichervorrichtung 114, zumindest teilweise zu steuern. Kommunikation zwischen den Komponenten kann über eine Anzahl von drahtgebundenen oder drahtlosen Verbindungen erfolgen. In einer Ausführungsform stellt ein Steuerbereichsnetzwerk- (CAN-) Bus den Austausch von Signalen, Informationen und/oder Informationen bereit. Der CAN-Bus umfasst eine beliebige Zahl von drahtgebundenen und drahtlosen Verbindungen. Die Steuerung 102 kann eine oder mehrere elektronische Steuereinheiten (ECU) sein, umfassen oder mit solchen verbunden sein. Weil die Steuerung 102 kommunikativ mit den Systemen und Komponenten von FIG. 1 gekoppelt ist, ist die Steuerung 102 strukturiert, um Informationen von einer oder mehreren der in FIG. 1 gezeigten Komponenten zu empfangen.

[0034] Die Steuerung 102 kann die Brennstoffzufuhr für das Fahrzeug beruhend auf einer Lastanforderung anpassen. Beispielsweise kann die Steuerung 102 ein Substitutionsverhältnis von Dieseldieselbrennstoff bei verschiedenen Lasten variieren. Das Substitutionsverhältnis kann beispielsweise ein Verhältnis von Dieseldieselbrennstoff zu einer Gesamtbrennstoffmenge für den Dieseldieselbrennstoff und einen Gasbrennstoff, der Wasserstoffgas oder Ammoniak umfasst, sein. In verschiedenen Ausführungsformen kann das Substitutionsverhältnis eine Fraktion, Menge, Rate

usw. von einem oder mehreren Brennstoffen umfassen oder auf diesen beruhen. Das Substitutionsverhältnis kann beruhend auf Brennstoffmassenströmungen, Brennstoffvolumenströmungen oder Brennstoffenergieströmen beruhend auf den niedrigeren Heizwerten und Strömungsraten der Brennstoffe definiert sein. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 bei geringen Lasten eine relativ große Dieselfraktion mit Wasserstoffgas oder Ammoniak substituieren, um Brennstoffkosten oder Motoremissionen zu reduzieren, etwa 30 %, 50 % oder 90 %. Die Steuerung 102 kann einen geringeren Dieselanteil bei einer anderen Last substituieren, um die Gesamtleistungserzeugung zu erhöhen (z. B. 10 %). Die Steuerung 102 kann ferner eine Erhöhung oder Verringerung des Energiespeichers einer Batterie, Wasserstoffspeichers oder sonstiger Energiespeichervorrichtung 114 bewirken. Beispielsweise kann die Steuerung 102 die verschiedenen hier beschriebenen Systeme und Verfahren betätigen, initiieren, einsetzen oder anpassen.

[0035] Die Steuerung 102 kann Befehle eines nichtflüchtigen computerlesbaren Mediums, einschließlich der darauf gespeicherten Befehle, ausführen. Die Befehle können bewirken, dass ein (z. B. ein oder mehrere) Prozessor der Steuerung 102 eine vordefinierte Route empfängt. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs 100 beruhend auf der vordefinierten Route vorhersagt. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor eine angepasste Strömungsrate von einem Spalter 110 des Fahrzeugs 100 zugeführtem Ammoniak beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung bestimmt. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor bewirkt, dass der Spalter 110 Ammoniak mit der angepassten Strömungsrate empfängt.

[0036] Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor bewirkt, dass der Spalter 110 das Ammoniak spaltet, um ein Spaltgas zu bilden, welches ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor bewirkt, dass der Spalter 110 das Wasserstoffgas zu einem Motor leitet. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor bewirkt, dass der Motor das Wasserstoffgas zusammen mit einem Kohlenwasserstoffbrennstoff verbrennt. In einigen Ausführungsformen können die Befehle bewirken, dass der Prozessor Energie erzeugt, um die Batterie von einem Traktionsmotor aufzuladen.

[0037] In einigen Ausführungsformen umfasst die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor die zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs beruhend auf der Steigung und der Geschwindigkeit vorhersagt. In einigen Ausführungsformen handelt es sich bei dem Fahrzeug 100 um eine Lokomotive aus einer Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivverbands, der ein verteiltes Leistungssystem verwendet. Die Befehle können bewirken, dass der Prozessor die zukünftige Lastanforderung beruhend auf einer Verteilung von Leistung auf die Vielzahl von Lokomotiven durch das verteilte Leistungssystem vorhersagt.

[0038] In einigen Ausführungsformen sind die Befehle dazu ausgelegt, mit einem Motor 104 verbunden zu sein, der dazu ausgelegt ist, Ammoniak aufzunehmen. Das Fahrzeug 100 kann einen Wasserstoffspeicherbehälter für Wasserstoff zwischen dem Spalter 110 und dem Motor 104 umfassen. Die Befehle können Befehle zum Anpassen einer Strömungsrate des vom Motor 104 aufgenommenen Ammoniaks beruhend auf der Menge an Wasserstoff im Wasserstoffspeicherbehälter umfassen.

[0039] Das Fahrzeug kann zumindest einen Motor 104 umfassen. Der Motor 104 kann einen beliebigen Verbrennungsmotor umfassen, der dazu ausgelegt ist, Wasserstoffgas zusammen mit einem Spaltgasgemisch aufzunehmen. Das Spaltgasgemisch kann Ammoniak umfassen. Das Spaltgasgemisch kann einen Kohlenwasserstoffbrennstoff umfassen. Beispielsweise kann der Kohlenwasserstoffbrennstoff Benzin, Erdgas oder Diesel umfassen. Der Motor kann ein Hybrid-Motor (z. B. eine Kombination eines Verbrennungsmotors und eines Elektromotors) oder ein anderer geeigneter Motor, wie etwa ein Turbinen-, Stirling- oder Freikolbenmotor, sein. Beispielsweise kann der Motor 104 einen mit Diesel betriebenen Selbstzündungsmotor oder einen Ammoniak-Erdgas-Diesel-Mehrstoff-Motor umfassen, welcher dazu ausgelegt ist, als H₂ empfangenen Wasserstoff zusammen mit dem Spaltgasgemisch, das Ammoniak, Erdgas oder Diesel umfasst, welche mitunter jeweils durch ein separates Brennstoffsystem zugeführt werden, zu verbrennen. In einigen Ausführungsformen kann der Motor dazu ausgelegt sein, Ammoniak aufzunehmen. Beispielsweise kann der Motor das Ammoniak in einer Verbrennungskammer, einem Zylinder, einem Saugrohr, einem Einlassanschluss, einem Kompressoreingang, einem Nachkühler, einem Mischer oder dergleichen aufnehmen. Der Motor kann Abgas erzeugen, welches zum Abgassystem 112 über ein Druckgefälle dazwischen geleitet werden kann. Der

Motor 104 kann eine Lichtmaschine, die mit dem Motor gekoppelt ist, um beruhend auf einer davon empfangenen mechanischen Drehung elektrische Energie zu erzeugen, oder einen Lineargenerator, der mit einem Freikolbenmotor gekoppelt ist, um elektrische Energie daraus zu erzeugen, umfassen. Beispielsweise kann die Lichtmaschine eine Hauptlichtmaschine oder eine andere Lichtmaschine einer Lokomotive sein. Eine Lokomotive kann einen Traktionsmotor umfassen, der dazu ausgelegt ist, elektrische Leistung aus einer mechanischen Drehung desselben zu erzeugen (z. B. eine dynamische Bremse), die weiter elektrische Energie erzeugen kann.

[0040] Das Fahrzeug kann zumindest einen Routenplaner 106 umfassen oder mit einem solchen verbunden sein. Der Routenplaner 106 kann eine Route (z. B. eine vordefinierte Route) für das Fahrzeug empfangen, erzeugen, speichern oder weiterleiten. Beispielsweise kann die Route einen Bewegungspfad, angegebene Geschwindigkeit und sonstige Routeninformationen, wie etwa atmosphärischen Bedingungen (z. B. Temperatur, Druck, relative Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und -richtung und Niederschlag), umfassen, welche mit der Leistung oder dem Wirkungsgrad des Motors 104 in Verbindung stehen können, etwa durch Variieren einer Luftdichte, die der Verbrennungskammer desselben zugeführt wird, oder eine Abgastemperatur desselben, oder welche mit dem Betrieb des Fahrzeugs in Verbindung stehen können, wie etwa verringerte Fahrgeschwindigkeit aufgrund von Niederschlag. Beispielsweise können eine Abgastemperatur oder andere Motorbetriebseigenschaften entlang einer Route je nach Gefälle, Drehwinkel, Schienenrauheit, Luftverfügbarkeit (z. B. Tunnelbetrieb) oder dergleichen variieren.

[0041] Der Routenplaner 106 kann eine Position des Fahrzeugs 100 relativ zur (vordefinierten) Route empfangen oder bestimmen. Beispielsweise kann der Routenplaner 106 eine Position beruhend auf einer verstrichenen Zeit, einer Bedienereingabe in eine Benutzeroberfläche, einer Nachricht von einem anderen Abschnitt des Fahrzeugsteuersystems oder einem drahtgebundenen oder drahtlosen Signal (z. B. Schienensignalgebung, Mobilfunksignal oder Global Positioning System (GPS)) bestimmen. Der Routenplaner 106 kann dieselbe oder eine andere Quelle eine Geschwindigkeit des Fahrzeugs 100 relativ zur Position bestimmen. Der Routenplaner 106 kann beruhend auf den Routendaten 122, wie etwa dem Fahrzeug-Tonnengehalt oder der Streckenlänge, eine Route, einschließlich einer zukünftigen Position oder einem solchen Attribut

(z. B. Gefälle), an das Lastvorhersageelement 108 weiterleiten. Der Routenplaner 106 kann eine Zeit bis zum Erreichen eines anderen Punkts entlang der Route bestimmen, wie etwa beruhend auf einer oder mehreren aktuellen oder vorhergesagten Geschwindigkeiten.

[0042] Das Fahrzeug 100 kann zumindest ein Lastvorhersageelement 108 umfassen oder mit zumindest einem solchen verbunden sein. Das Lastvorhersageelement 108 kann eine zukünftige Lastanforderung eines Fahrzeugs 100 beruhend auf der vordefinierten Route (z. B. den verschiedenen Routendaten 122) vorhersagen. Beispielsweise kann das Lastvorhersageelement 108 eine erhöhte Leistungsanforderung beruhend auf einer erhöhten Steigung der Route, einer erhöhten Geschwindigkeit der Route oder einer vorhergesagten Handlung einer anderen Lokomotive in einem Verband (z. B. beruhend auf einer Verteilung von Leistung auf die Vielzahl von Lokomotiven durch das verteilte Leistungssystem) vorhersagen. Umgekehrt kann das Lastvorhersageelement 108 eine verringerte Leistungsanforderung beruhend auf einer verringerten Steigung der Route, einer verringerten Geschwindigkeit der Route oder einer vorhergesagten Handlung einer anderen Lokomotive in einem Verband vorhersagen. Das Lastvorhersageelement 108 kann eine Beendigung der Lastanforderung (z. B. in Verbindung mit einer Ankunft am Ziel) oder ein Beginnen der Lastanforderung (z. B. in Verbindung mit einem Motorstarten) vorhersagen. Das Lastvorhersageelement 108 kann einen Bedarf beruhend auf den Routendaten 122, wie etwa der von einer Lokomotive gezogene Tonnengehalt, Reibungsverluste oder Gefälle, bestimmen.

[0043] Das Lastvorhersageelement 108 kann einen zukünftigen Wasserstoffbedarf, Ammoniakbedarf oder Dieselbedarf eines Motors beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung vorhersagen. Die Lastanforderung kann ein vorbestimmtes Substitutionsverhältnis von Wasserstoff oder Ammoniak beruhend auf dem Bedarf oder beruhend auf verschiedenen Fahrzeugattributen (z. B. Abgastemperatur, Batteriezustand, ein geo-eingezäunter Bereich oder dergleichen) umfassen. Beispielsweise kann das Lastvorhersageelement 108 vor dem Starten eines Motors eine Wasserstoffanforderung (z. B. erhöhter Bedarf zur Verringerung von Startemissionen oder verringerter Bedarf als Antwort auf ein Verbot des Spaltens von Ammoniak innerhalb des geo-eingezäunten Bereichs) bestimmen. Eine Versorgung mit Wasserstoff, Ammoniak oder dergleichen kann an einen Bedarf daran angepasst sein. Eine (vorhergesagte) zukünftige Versorgung mit Wasserstoff, Ammoniak, elektrischer Energie, Abgas oder

Motorkühlmittelmenge oder Temperatur oder dergleichen kann den (vorhergesagten) zukünftigen Bedarf übersteigen oder darunter liegen, woraufhin die Steuerung 102 den Betrieb des Fahrzeugs 100 anpassen kann, etwa durch Anpassen eines Energieflusses durch Aufladen oder Entladen einer Batterie, Anpassen eines Substitutionsverhältnisses von Dieselmotortreibstoff oder dergleichen. Das System kann eine Verlustfunktion auf Vorhersagemodelle desselben anwenden, beruhend auf einer Differenz zwischen gemessenen und detektierten Werten, was eine darauffolgende Vorhersage entlang desselben oder eines anderen Pfads verbessern kann. Der angepasste Energiefluss kann eine Anzahl von Betriebszyklen eines Spalters 110 zwischen Betriebs- und Nichtbetriebszuständen verringern, was den Spalterwirkungsgrad erhöhen, den Verschleiß des Spalters 110 oder die Wartung reduzieren kann oder dergleichen.

[0044] Das Fahrzeug 100 kann zumindest einen Spalter 110 umfassen. Der Spalter 110 kann Ammoniak von einem Ammoniakspeicherbehälter und Energie von einer Energiespeichervorrichtung empfangen. Der Spalter 110 kann einen Wärmetauscher zum Erhitzen des Ammoniaks umfassen, etwa um flüssiges Ammoniak zu verdampfen oder die Temperatur eines Ammoniakgases zu erhöhen. Beispielsweise kann der Wärmetauscher Wärme mit Umgebungsluft, die wärmer als mindestens -30 °C ist, Motorkühlmittel (z. B. flüssiges Kühlmittel) oder Abgastemperatur, wie etwa Abgas mit mehr als 200 °C , wie etwa 400 °C , etwa 500 °C oder dergleichen, tauschen.

[0045] Der Spalter 110 kann eine Reaktionskammer umfassen, um das Ammoniak in Bestandteile aus Wasserstoffgas und Stickstoffgas zu scheiden. Der Ausstoß des Spalters, der als Spaltgas bezeichnet wird, kann das Wasserstoffgas und das Stickstoffgas zusammen mit teilweise gespaltenem Ammoniak (z. B. als Dampf) umfassen. Die Menge und der Anteil dieses Ausstoßes kann beruhend auf der Spaltertemperatur variieren. Die Reaktionskammer kann einen Katalysator umfassen, um die Rate dieser Reaktion zu erhöhen, wie etwa Ruthenium, Kobalt, Eisen, Nickel, Legierungen davon oder dergleichen. Die Reaktionskammer kann mit einem oder mehreren Widerstandselemente zum Erhitzen der Reaktionskammer thermisch gekoppelt sein. Beispielsweise können die Widerstandselemente mit dem Wärmetauscher kombiniert sein, um eine Temperatur des Spalters 110 auf eine Betriebstemperatur zu erhöhen. Weil das Spalten von Ammoniak endotherm ist, kann der Spalter 110 im Wesentlichen mehr Energie aufnehmen als erforderlich ist, um die Temperatur des Ammoniaks zu Beginn auf die Reaktionstemperatur zu

erhöhen. Diese Energie kann durch eine beliebige Kombination von Abgas und Widerstandselementen bereitgestellt werden. Beispielsweise kann in einigen Ausführungsformen ein Wärmetauscher das Ammoniak auf oder beinahe auf die Reaktionstemperatur vorerhitzen, und die Widerstandselemente können die Temperatur der Reaktionskammer aufrechterhalten. Derselbe oder ein zusätzlicher Wärmetauscher kann Wärme aus erzeugtem Wasserstoff oder Stickstoffgas auf das eintretende Ammoniak übertragen.

[0046] Der Spalter 110 kann Energie aus Energiequellen, die Abgase oder sonstige Quellen umfassen, empfangen. Beispielsweise kann der Spalter 110 Energie von einer Energiespeichervorrichtung 114 empfangen, wie etwa elektrische Energie zur Zufuhr zu den Widerstandselementen, um eine Reaktortemperatur aufrechtzuerhalten. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine gemessene Temperatur von einem Temperatursensor oder einer vermuteten Temperatur aus einem Modell (z. B. beruhend auf einer Strömungsrate des Ammoniaks) empfangen und einen Strom erhöhen oder verringern, um eine Temperatur auf einer Solltemperatur oder innerhalb eines Sollbereichs zu halten. Der Spalter 110 kann das Ammoniak spalten, um Spaltgas zu bilden, welches Wasserstoffgas und Stickstoffgas umfasst. In einigen Ausführungsformen kann der Spalter 110 eine Membran oder ein anderes Trennelement umfassen, um den Stickstoff vom Wasserstoff zu trennen. In einigen Ausführungsformen kann das System dazu ausgelegt sein, Ammoniak aus dem Wasserstoff-Ammoniakgas abzuscheiden. Der Spalter 110 kann das Wasserstoffgas über ein oder mehrere Elemente, wie etwa eine Pumpe, einen Einspritzer, einen Behälter, eine Leitung oder dergleichen, zu einer Verbrennungskammer des Motors 104 leiten. Beispielsweise kann das weitergeleitete Wasserstoffgas im Wesentlichen frei von Stickstoffgasen sein oder Stickstoffgas als Inertgas umfassen. Gleichmaßen kann das Wasserstoffgas im Wesentlichen frei von Ammoniak sein oder ein wenig Ammoniak umfassen, etwa abhängig von einer Spaltertemperatur.

[0047] Obwohl es sich bei einigen Abgasen um Verlustwärme handeln kann, kann die Abgastemperatur durch verschiedene (z. B. Harnstoff-) Nachbehandlungssysteme oder sonstige Emissionskontrollsysteme, Turbos, Gebläse oder dergleichen eingesetzt werden. Die Abwärme kann vor der Nachbehandlung oder nach der Nachbehandlung vom Abgassystem 112 empfangen werden. Somit kann der Auspuff mehrere Heizelemente umfassen, sodass die Abgastemperatur nicht Verlustwärme aus dem Motor ist. Beispielsweise können Widerstandsheizelemente des

Abgassystems 112 einen Oxidationskatalysator vorerhitzen. Ferner ist die Abgas- oder Motorkühlmitteltemperatur oder das -volumen mitunter nicht geeignet, um eine Betriebstemperatur des Spalters 110 aufrechtzuerhalten, sodass elektrische Leistung bereitgestellt wird, um eine Temperatur desselben aufrechtzuerhalten. Diese elektrische Leistung kann einen Widerstand gegen die Rotation der Lichtmaschine erhöhen, was bewirkt, dass der Motor zusätzlichen Brennstoff verbraucht. Darüber hinaus kann der Wärmetauscher mitunter den Motor 104 mit Gegendruck belasten, was den Brennstoffwirkungsgrad weiter verringert. Somit kann der Betrieb des Spalters 110 bei niedriger oder Null-Last einen erhöhten Brennstoffeinsatz bewirken. Die Steuerung 102 kann den Spalter 110 in einen Betriebs- bzw. einen Nichtbetriebszustand versetzen, um einen Gesamtbrennstoffwirkungsgrad oder das Emissionsprofil des Fahrzeugs zu erhöhen.

[0048] Das Versetzen des Spalters 110 zwischen Betriebs- und Nichtbetriebszuständen kann die Einheit belasten (z. B. aufgrund von Temperaturwechseln), was Wartungsintervalle erhöhen oder den Wirkungsgrad verringern kann (z. B. über Energieverbrauch beim Erhitzen oder Kühlen der Reaktionskammer). Daher kann die Steuerung 102 eine Strömungsrate von Ammoniak anpassen, um einen Betriebs- oder Nichtbetriebszustand des Fahrzeugs zu verlängern. Beispielsweise kann die Steuerung 102 bewirken, dass der Spalter 110 für einen Zeitraum $2T$ bei einer Strömungsrate von 1 Einheit arbeitet, anstatt für einen Zeitraum $1T$ bei einer Strömungsrate von 2 Einheiten, beruhend auf dem vom Lastvorhersageelement 108 vorhergesagten Bedarf (z. B. um den Betrieb des Spalters 110 während eines kurzen Stopps, etwa Abbremsen auf einem Nebengleis, fortzusetzen). Die Steuerung 102 kann einem Starten oder Stoppen des Spalters 110 ein Gewicht zuweisen, welches mit einem Gewicht verglichen werden kann, das dem Brennstoffverbrauch (z. B. pro Gallone oder Dollar Brennstoff) oder Emissionen (z. B. pro Tonne CO_2 , NO_x , Feinstaub oder damit verbundenem Dollarpreis) zugeordnet ist, um einen Betrieb des Fahrzeugs beruhend auf Emissionen, Brennstoffverbrauch und Spalterbetriebszyklen zu bestimmen.

[0049] Das Fahrzeug 100 kann zumindest ein Abgassystem 112 umfassen. Das Abgassystem 112 kann einen oder mehrere Abgasströmungspfade umfassen, um die Abgase durch Turbolader, Emissionskontrollsysteme, Wärmetauscher und dergleichen zu leiten, bevor die Abgase in eine Umgebungsluft ausgelassen werden. Ein Abgasströmungspfad kann ein

Nachbehandlungssystem umfassen, welches ein Heizelement umfassen kann. Das Heizelement kann eine beliebige Art von externer Wärmequelle sein, die strukturiert ist, um die Temperatur von hindurchtretendem Abgas zu erhöhen, wodurch wiederum die Temperatur von Komponenten im Nachbehandlungssystem erhöht. Beispielsweise kann das Heizelement ein elektrisches Heizelement umfassen, welches Leistung aus einer Batterie des Motors 104 (oder einer anderen elektrischen Quelle, wie einer Lichtmaschine, einem Superkondensator usw.) bezieht, was den Umwandlungswirkungsgrad eines Nachbehandlungssystem erhöhen kann. Das Heizelement kann durch die Steuerung 102 gesteuert werden (z. B. Einschalten, Ausschalten, Umschalten auf verschiedene Leistungsgrade, um die Ausgangsleistung des Heizelements zu verändern usw.). Das Heizelement kann neben einer gewünschten Komponente positioniert sein, um die Komponente (z. B. DPF) durch Leiten (und möglicherweise Konvektion und/oder Abstrahlen) zu erhitzen. Multiple Heizelemente können mit dem Abgas-Nachbehandlungssystem verwendet werden und jeweils gleich oder unterschiedlich strukturiert sein (z. B. Leiten, Konvektion, Abstrahlen usw.).

[0050] Wie oben beschrieben kann das Abgassystem 112 einen oder mehrere Wärmetauscher zum Erhitzen des Ammoniaks vor dem Eintreten in die Reaktionskammer eines Spalters 110 umfassen. Der Abgasströmungspfad kann kontinuierlich oder selektiv durch diese Wärmetauscher verlaufen (z. B. gemäß der Position von verschiedenen Entlüftungsöffnungen, Umlenkblechen, Lufträumen oder dergleichen in Reaktion auf Befehle der Steuerung 102).

[0051] Das Fahrzeug kann zumindest eine Energiespeichervorrichtung 114 umfassen. Eine Energiespeichervorrichtung 114 kann einen Speicherbehälter (z. B. Brennstofftank) zum Speichern von Kohlenwasserstoff (z. B. Diesel) umfassen. Verschiedene Speichertanks werden mitunter auch als Brennstofftanks bezeichnet. Der Speichertank kann einen Brennstoffsensor, wie etwa einen Schwimmer, einen kapazitiven Sensor oder einen sonstigen Sensor umfassen, um die Menge Dieseldieselbrennstoff im Speichertank zu bestimmen. In einigen Ausführungsformen kann der Sensor die Menge von vom Motor 104 verbrauchtem Diesel abfühlen oder annehmen und darauf beruhend eine verbleibende Menge bestimmen. Die zumindest eine Energiespeichervorrichtung 114 kann einen Speichertank zum Speichern von Ammoniak umfassen. Ein Sensor kann eine Menge von Ammoniakbrennstoff im Speichertank bestimmen. Die Energiespeichervorrichtung 114 kann ein Wasserstoffreservoir umfassen. Ein Druck-,

Temperatur- oder anderer Sensor kann die Menge von Wasserstoff im Reservoir bestimmen. Eine Energiespeichervorrichtung 114 kann eine Batterie, einen Superkondensator und dergleichen zum Speichern von elektrischer Energie umfassen. Ein Sensor (z. B. ein Spannungssensor, Stromsensor usw.) kann einen Batterieladezustand bestimmen. Die verschiedenen Sensoren, die den Energiespeichervorrichtungen 114 zugeordnet sind, können kommunikativ mit der Steuerung gekoppelt 102 und dazu ausgelegt sein, eine Angabe über die darin gespeicherte Energie weiterzuleiten (z. B. beruhend auf der Brennstoffmenge). Der Betrieb des Fahrzeugs kann verschiedene Übertragungen von Energie zwischen den Energiespeichervorrichtungen 114 umfassen, was in Bezug auf das Energie-Flussdiagramm von FIG. 2 weiter beschrieben wird. Beispielsweise kann die Energiespeichervorrichtung dazu ausgelegt sein, Energie für den Spalter bereitzustellen.

[0052] Bezugnehmend auf FIG. 2, ist ein Energie-Flussdiagramm 200 für ein Fahrzeug 100, wie etwa das Fahrzeug 100 von FIG. 1, gemäß einigen Ausführungsformen bereitgestellt. Jedes aus einem Dieselmotortank 202 und einem Ammoniakspeicherbehälter 204 (Brennstofftank) kann entlang einer oder mehrerer Brennstoffleitungen (z. B. über Brennstoffeinspritzung in einen Saugrohranschluss oder eine Verbrennungskammer, über eine oder mehrere Pumpen, Einspritzer, Vergaser, Mischer oder dergleichen) einem Motor Brennstoff zuführen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können bestimmte Brennstoffe weggelassen, ersetzt oder modifiziert werden. Beispielsweise kann, wie oben ausgeführt, der Dieselmotortank durch Ammoniak oder verschiedene Kohlenwasserstoffbrennstoffe wie etwa HVO, Biodiesel, Dimethylether (DME) usw. ersetzt werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann ein Fahrzeug eine Ammoniak-Einspritzung weglassen oder vorzugsweise Wasserstoff relativ zu Ammoniak zuführen. Beispielsweise kann das Fahrzeug die Verbrennung oder die Ausgangsleistung mit einem oder mehreren Sensoren (z. B. einem Zylinderdrucksensor, Flammgeschwindigkeitssensor, optischen Sensor, Ionisierungssensor, magnetostriktiven Sensor, Vibrationssensor oder RPM-Sensor) überwachen und das Verhältnis der Brennstoffe als Antwort auf die Verbrennung anpassen. Der Ammoniakspeicherbehälter 204 kann ferner dem Spalter 110 Ammoniak zuführen, welcher andere empfangene Energie zum Spalten verwenden kann oder das Ammoniak teilweise spalten kann, um Spaltgas zu bilden, das Wasserstoff oder eine Kombination von Wasserstoff und Ammoniak (z. B. Ammoniakdampf) umfasst.

[0053] Wie oben beschrieben, kann der Motor 208 dazu ausgelegt sein, einen Kohlenwasserstoffbrennstoff und ein Wasserstoffgas in einer Verbrennungskammer desselben aufzunehmen. Beispielsweise kann der Kohlenwasserstoffbrennstoff über Direkteinspritzung, Saugrohreinspritzung in einen Saugrohranschluss, vor dem Turbolader usw. zugeführt werden. Der Motor 208 kann dazu ausgelegt sein, Ammoniak in der Verbrennungskammer aufzunehmen. Beispielsweise kann der Motor 208 Ammoniak, Diesel oder Wasserstoff (alleine oder eine Kombination aus diesen) aufnehmen, um eine mechanische Kraft zu erzeugen. Beispielsweise kann der Motor eine lineare Kraft durch eine Seitwärtsbewegung einer Vielzahl von Kolben erzeugen, die Querkraft in eine Rotationskraft einer Kurbelwelle übersetzen (z. B. über eine dazwischen gekoppelte Kolbenstange). Die Kurbelwelle kann über verschiedene Zahnräder, Antriebswellen, Ketten, Riemen oder dergleichen gekoppelt sein, um mit einer oder mehreren Lichtmaschinen 210 verbunden zu sein, um Elektrizität zu erzeugen. Der Motor 208 kann nach der Verbrennung entstandene Gase, welche, wie in Bezug auf FIG. 1 beschrieben, Energie für den Spalter 110 bereitstellen können, zusammen mit verschiedenen Behandlungssystemen, Turbos, Gebläsen oder dergleichen über das Abgassystem 112 auslassen. Beispielsweise können die Abgase die Ammoniaktemperatur im Spalter 110 relativ zu Umgebungstemperaturen (z. B. über den Wärmetauscher) erhöhen.

[0054] Die Lichtmaschine 210 kann mit Sammelschienen, Kabeln oder dergleichen gekoppelt sein, um Energie mit verschiedenen Lokomotivenschaltungen zu weiterzuleiten, um Leistung für Instrumente, Sensoren, Steuerungen 102 oder dergleichen bereitzustellen. Insbesondere kann die durch die Lichtmaschine 210 erzeugte Energie zu einem Traktionsmotor 212 geleitet werden, um Zugkraft zum Bewegen des Fahrzeugs 100 entlang der Route zu erzeugen. Das Fahrzeug 100 kann einen Traktionsmotor 212 als Bremse (z. B. regeneratives Bremsen) oder zum Erzeugen von Energie daraus (z. B. dynamische Bremse) verwenden. Diese Energie kann zu einer oder mehreren Batterien 216, wie etwa einer mit der Lichtmaschine 210 oder Fahrerkabinelektronik verbundenen Batterie 216 oder einer anderen Batterie 216, geleitet werden oder kann zu einem Widerstandsgitter (nicht gezeigt) geleitet und dadurch dissipiert werden (z. B. wobei eine Batterie 216 etwa bei längerem Bergabfahren vollständig geladen wird). Gleichmaßen kann dieselbe oder eine andere Batterie 216 Energie für den Traktionsmotor 212 zuführen, um das Fahrzeug anzutreiben.

[0055] Die Energie, die von einem aus der Lichtmaschine 210, dem Traktionsmotor 212 oder der Batterie 216 erzeugt wird, kann zum Spalter 110 geleitet werden. Beispielsweise kann der Spalter 110 eine Reaktionskammer zum Spalten von Ammoniak, die thermisch mit Widerstandselementen gekoppelt ist, umfassen, wodurch den Widerstandselementen elektrische Energie zugeführt wird. Die Reaktionskammer kann verschiedene Katalysatoren (z. B. Ruthenium, Kobalt, Eisen, Nickel, Legierungen davon oder dergleichen) umfassen, welche das Ammoniak bei verschiedenen entsprechenden Temperaturen spalten können. Die Reaktionskammer, Widerstandselemente, Ummantelungen oder sonstiges damit gekoppeltes Material können eine thermische Masse aufweisen, die eine Temperatur beibehält. Die Steuerung 102 kann Energie von der Batterie 216 zu einem Widerstandselement, das thermisch mit dem Reaktor des Spalters gekoppelt ist, leiten. Das Spalten selbst ist endotherm, sodass die Temperatur der Kammer während einer Reaktion entsprechend der Strömungsrate von Ammoniak im Reaktor, zusammen mit Wärme, die vom Reaktor abgestrahlt oder weggeleitet wird, abfallen kann. Somit kann die Menge von Wasserstoff, die durch den Spalter 110 erzeugt wird, durch verfügbare Energie, Wärmeenergie (z. B. eines Wärmetauschers), eine Strömungsrate von Ammoniak und dergleichen begrenzt werden. Darüber hinaus kann die Steuerung 102 Aus-Zyklen des Spalters 110 (z. B. zum Verringern von Verschleiß oder Erhöhung des Wirkungsgrads, wie oben beschrieben) minimieren, sodass die Steuerung 102 den Spalter 110 in einem Betriebs- oder Nichtbetriebszustand halten kann, um Übergänge dazwischen zu minimieren.

[0056] Das Fahrzeug kann ein Wasserstoffreservoir 206 (das auch als Wasserstoffspeicherbehälter bezeichnet werden kann) für das Wasserstoffgas umfassen. Der Wasserstoffspeicherbehälter kann zwischen dem Spalter 110 und dem Motor 208 angeordnet sein. Das Wasserstoffreservoir 206 kann Hochdruck-Wasserstoffbrennstoffleitungen zwischen dem Spalter 110 und dem Motor 208 umfassen, wobei die Menge des Wasserstoffs entsprechend einem/einer darin gespeicherten Druck und Temperatur variieren kann. Ein Kompressor kann den Wasserstoff im Wasserstoffreservoir 206 druckbeaufschlagen, und ein Ventil kann ein Strömen von Wasserstoff aus dem Wasserstoffreservoir 206 steuern. Ein(e) separate(s) Wasserstoffleitung, Überdruckventil dergleichen kann die Pumpe umgehen, um den Druck des Wasserstoffreservoirs 206 im Falle eines Leistungsabfalls derselben oder aus einem anderen

Grund, weshalb dies von Vorteil sein könnte, aufrechtzuerhalten. Das Wasserstoffreservoir 206 kann einen über einen Druckregler mit den Hochdruck-Wasserstoffbrennstoffleitungen gekoppelten Speicherbehälter umfassen, sodass der Wasserstoffdruck zwischen den Brennstoffleitungen und dem Reservoir 206 variiert werden kann. Das Wasserstoffreservoir 206 kann eine Kapazität zum Aufnehmen einer im Wesentlichen geringeren Masse oder Energie relativ zum Ammoniakspeicherbehälter 204 umfassen. Beispielsweise kann der Ammoniakspeicherbehälter 204 Masse umfassen, die um zumindest eine Größenordnung größer ist als jene des Wasserstoffreservoirs. Somit kann das Fahrzeug 100 eine relative große Menge Ammoniak umfassen, das mit einer hohen volumetrischen Energiedichte befördert werden kann. Das Fahrzeug kann eine relative geringe Menge Wasserstoff umfassen, die nach Bedarf erzeugt werden kann, und kann ein Reservoir 206 zum Puffern von Ungleichgewichten von Nachfrage/Versorgung umfassen. Das Reservoir 206 kann jedoch weggelassen werden oder aufgrund bestimmter Nachfrage/Versorgungs-Ungleichgewichten geleert worden sein, was bewirken kann, dass der Spalter 110 häufig zwischen Betriebs- und Nichtbetriebszuständen wechselt, oder den Betrieb des Fahrzeugs auf sonstige Weise beeinträchtigen kann, etwa durch Leistungsverringerung, Erhöhung der Treibhausgasemissionen oder Schadstoffe, oder Anstieg des Brennstoffverbrauchs. Daher kann die Steuerung 102 verschiedene Anpassungen der darin bereitgestellten Energieströmungen bewirken.

[0057] Die Steuerung 102 kann verschiedene Energieströmungen als Antwort auf einen aktuellen oder zukünftigen Bedarf anpassen. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine Vorhersage über einen zukünftigen Leistungsbedarf eines Motors oder einen zukünftigen Wasserstoffbedarf für den Motor vom Lastvorhersageelement 108 empfangen. Der Wasserstoffbedarf kann positiv oder negativ mit der Leistungsanforderung korrelieren. Beispielsweise kann ein Leistungsanstieg mit einem niedrigeren Substitutionsverhältnis verbunden sein und somit weniger Wasserstoff verbrauchen oder vermehrt Wasserstoff zur Erzeugung der zusätzlichen Leistung verbrauchen. Als Antwort auf einen zukünftigen Wasserstoffbedarf kann das Lastvorhersageelement 108 vorhersagen eine zukünftige erzeugte Motorleistung vorhersagen, was einen Anstieg der elektrischen Energie zusammen mit einem Anstieg der Abgase bewirken kann. Das Lastvorhersageelement 108 kann bestimmen, dass die Traktionsmotoren oder sonstigen Fahrzeugschaltungen (z. B. Fahrerkabinenelektronik)

elektrische Energie verbrauchen können. Die Steuerung 102 kann eine aktuelle Angabe über den Ladezustand der Batterie 216 empfangen. Die Steuerung 102 kann bewirken, dass der Motor 208 noch vor der Lastanforderung mehr Leistung erzeugt, um elektrische Energie zu erzeugen, die von der Batterie 216 gespeichert und anschließend während eines Hochlastzustands für den Spalter 110 (z. B. zum Spalten von Ammoniak, welches durch die Abgase erhitzt wurde) bereitgestellt wird. Beispielsweise kann die Steuerung 102 die Energiemenge, welche zukünftig benötigt wird, beruhend einer vorhergesagten zukünftigen Abgas- oder Motorkühlmitteltemperatur bestimmen (z. B. kann sie gemäß verschiedenen Ausgestaltungen des Spalters eine Energiemenge beruhend auf einer höheren Temperatur des in einem Reaktor des Spalters 110 empfangenen Ammoniaks verringern oder eine Energiemenge beruhend auf einer größeren Menge des dem Reaktor bei einer Vor-Reaktions-Temperatur bereitgestellten Ammoniaks erhöhen).

[0058] Die Steuerung 102 kann ein Ausmaß eines Wasserstoffbedarfs (z. B. Zeitraum oder Menge) bestimmen. Die Steuerung 102 kann das Verhältnis bestimmen, in dem nicht gespaltene Ammoniak dem Motor zugeführt wird, um Verbrennungseigenschaften von einem oder mehreren Brennstoffen in einer Verbrennungskammer desselben zu steuern. Die Steuerung 102 kann eine Ammoniak-Strömungsrate beruhend auf dem Ausmaß des Wasserstoffbedarfs bestimmen. Verschiedene potenzielle Strömungsraten sind in FIG. 3 gezeigt.

[0059] Bezugnehmend auf FIG. 3 ist ein Mindesttemperaturdiagramm 300 für verschiedene Strömungsraten eines Spalters 110 gemäß einigen Ausführungsformen bereitgestellt. Das Mindesttemperaturdiagramm 300 stellt eine Temperaturachse 302 gemäß einem beliebigen Maßstab bereit. Zumindest eine Solltemperatur, wie eine erste Solltemperatur 306 oder ein Solltemperaturbereich, der eine obere Schwelle 308 oder eine untere Schwelle 310 umfasst, sind gezeigt. Die Temperaturwerte können abhängig von Geometrie, Katalysator oder sonstigen Eigenschaften des Spalters 110 variieren. Beispielsweise kann eine Solltemperatur Werte von größer als 400 °C und kleiner als 800 °C umfassen. Die Temperatur des Spalters 110 kann auf einer ersten Solltemperatur 306 oder innerhalb der Grenzen einer oberen Schwelle 308 oder einer unteren Schwelle 310 gehalten werden, indem die elektrische Leistung, die den Widerstandselementen des Spalters 110 zugeführt wird, oder die Strömung oder Temperatur der Abgase variiert wird (z. B. durch Variieren des Betriebs entweder des Motors 208 oder des

Abgassystems 112). Beispielsweise kann ein Umgehungssystem oder ein sonstiges Ventil die Menge an Abgas, das durch einen Wärmetauscher hindurchtritt, steuern.

[0060] Bei geringen Ammoniakströmen kann der Spalter 110 die Kosten oder die Treibhausgase erhöhen, etwa weil der Motor 208 mehr Brennstoff zum Erhitzen des Spalters 110 verbrennt, als durch Substitution gespart wird. Bei einigen Fahrzeugen kann beispielsweise ein Spalterbetrieb bei 1 Liter pro Stunde mehr Energie verbrauchen als gespart wird, weshalb der Spalter 110 im Fall von Null- oder Niedriglastsituationen mitunter abschaltet. Bei hohen Ammoniakströmen ist der Spalter 110 mitunter nicht in der Lage, genug Wärmeenergie über das Abgassystem 112 und Widerstandselemente erhalten, um diese Ströme zu unterstützen. Der Betrieb des Spalters 110 kann ein erstes Band von stationären Strömungsraten umfassen, wobei der Spalter 110 um die erste Solltemperatur 306 kontinuierlich arbeitet und den Motorbetrieb variiert, um die Energiezufuhr für den Spalter 110 aufrechtzuerhalten. Beispielsweise kann die Steuerung 102 die erste Strömungsrate 312 bei der gezeigten ersten Solltemperatur 306 über der Zeit verwenden, wie die Zeitachse 304 durch beliebige Einheiten (z. B. Minuten, Sekunden, Stunden usw.) zeigt.

[0061] In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 eine Ausgangstemperatur des Spalters 110 erhöhen, um eine Ammoniak-Strömungsrate über einem stationären Wert zu erhöhen (z. B. den Spalter 110 entsprechend einer Wärmemasse desselben allmählich zu kühlen), was das Erzeugen von mehr Wasserstoff als während des stationären Betriebs ermöglichen kann (z. B. um die Wasserstoffzufuhr zu einem Motor 208 zu erhöhen oder die Menge von in einem Wasserstoffreservoir gespeicherten Wasserstoff zu erhöhen). Beispielsweise kann die Steuerung 203 die gezeigte erste Strömungsrate 312 auswählen, um eine Temperatur des Spalters 110 auf unterhalb eines Anfangspunkts zu reduzieren. Die Steuerung 102 kann die gezeigte zweite, höhere Strömungsrate 314 auswählen, um eine Strömungsrate auf der ersten Solltemperatur 306 oder innerhalb der Grenzen der oberen Schwelle 308 und unteren Schwelle 310 zu halten. Die Steuerung 102 kann eine dritte, noch höhere Strömungsrate auswählen, um die Temperatur über einen Zeitraum hinweg, der weniger als etwa 8 Zeiteinheiten beträgt, innerhalb des gezeigten Zielbereichs oder über der gezeigten ersten Solltemperatur 306 zu halten, wie gezeigt. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine Angabe darüber empfangen, dass in etwa 8 Zeiteinheiten verfügbare Energie durch die Traktionsmotoren 212 angefordert werden, und eine

maximale Menge Wasserstoff erzeugen, indem die dritte Strömungsrate 316 gewählt wird. In einem weiteren Beispiel kann die Steuerung 102 eine Angabe darüber empfangen, dass der Bedarf an Wasserstoff zurückgehen wird, und somit kann der Spalter 110 abschalten, aber ein Wasserstoffreservoir 206 kann in 8 Zeiteinheiten gefüllt werden, was einen Aus-Zeitraum des Spalters 110 vor einem darauffolgenden Starten verlängern kann. Gleichermäßen kann die Steuerung 102 die vierte Strömungsrate 318 auswählen, um die Temperatur etwa 1 Zeiteinheit lang über der ersten Solltemperatur oder etwa 300 Zeiteinheiten lang über der unteren Schwelle 310 zu halten. Somit kann die Steuerung 102 beruhend auf einer vorhergesagten Länge oder einem vorhergesagten Ausmaß von zukünftigem Wasserstoffbedarf eine aktuelle Ammoniak-Strömungsrate auswählen.

[0062] Bezugnehmend auf FIG. 4 ist gemäß einigen Ausführungsformen ein Routendiagramm 400 für eine Route 402 bereitgestellt. Gemäß dem Routendiagramm 400 ist ein Fahrzeug 100 entlang einer Route 402 angeordnet. Die gezeigte Route 402 zeigt an verschiedenen Punkten entlang der Route 402 ein Gefälle. Verschiedene Routen 402 können weitere Informationen umfassen, wie etwa Gleiszustand, Fahrzeuggeschwindigkeiten oder dergleichen. Solche Informationen werden der Klarheit und Einfachheit des Routendiagramms 400 halber weggelassen. Beispielsweise kann die gezeigte Route 402 vielmehr mit einer vorhergesagten Motorfahrstufe oder Energieströmung als mit einer konkreten Abbildung eines Gefälles in Verbindung stehen. Die Steuerung 102 kann ähnliche Vorgänge wie die hier in Bezug auf vorhergesagte Fahrzeuggeschwindigkeiten, Gleiszustand oder dergleichen beschrieben durchführen. Darüber hinaus können die Routen 402 allmähliche Auf- und Abwärtsgefälle, Kurven und dergleichen anstatt der gezeigten einzelnen Abschnitte einer abfallenden Strecke zeigen. Die Steuerung 102 bei diesen Routen 402 kann ähnliche Vorgänge beruhend auf Lastvorhersagen, die diesen Routen 402 zugeordnet sind, durchführen.

[0063] Ein erster Abschnitt 404 der Route 402 erstreckt sich über eine Strecke, bevor er am ersten Übergang 406 abfällt. Der Routenplaner 106 kann eine Angabe über den ersten Übergang 406 zu einem zweiten Abschnitt 408 empfangen, und darauf beruhend kann das Lastvorhersageelement 108 einen Gesamtleistungsbedarf und einen Abschnitt dieser beruhend auf Diesel, Ammoniak oder Wasserstoff erzeugten Leistung vorhersagen. Beispielsweise kann der Ammoniakbedarf mitunter unter eine Schwelle fallen, sodass der Spalter 110 über einen

längeren Zeitraum hinweg abschalten kann. Vor dem Erreichen des ersten Übergangs 406 kann die Steuerung 102 eine Erhöhung der Ammoniak-Strömungsrate zum Spalter 110 bewirken, um zu bewirken, dass der Spalter 110 Wasserstoff erzeugt, um das Wasserstoffreservoir 206 bis zur vollen Kapazität zu füllen, sodass beim Abschalten des Spalters 110 weiterhin eine maximale Wasserstoffkapazität verwendet werden kann, was gemäß bestimmten Routen 402 die Anzahl von Übergängen eines Spalters zwischen einem Betriebs- und einem Nichtbetriebszustand reduzieren kann.

[0064] Das Fahrzeug 100 kann über den ersten Übergang 406 zum zweiten Abschnitt 408 weiterfahren. Vor dem Erreichen des zweiten Übergangs 410 zu einem dritten Abschnitt 412 der Route 402 kann das Fahrzeug 100 bestimmen, dass der Motor 208 weiteres Abgas oder Abgas höherer Temperatur für das Abgassystem 112 bereitstellen wird, während es sich über den dritten Abschnitt bewegt, und dass der Spalter 110 während des Anstiegs eingesetzt werden kann. Vor dem Erreichen des zweiten Übergangs 410 kann die Steuerung 102 eine Erhöhung der elektrischen Erzeugung bewirken, die in der Batterie 216 gespeichert werden kann, um Ammoniak auf der Route 402 zu spalten oder um den Reaktor vor dem Erreichen des zweiten Übergangspunkts 410 auf eine Betriebstemperatur zu erhitzen.

[0065] Das Fahrzeug 100 kann über den zweiten Übergang 410 zum dritten Abschnitt 412 weiterfahren und den Spalter 110 betreiben, um Wasserstoffgas zu erzeugen und in die Verbrennungskammer des Motors einzuspritzen. Eine Unterbrechung 414 (z. B. Spitzkehre oder Nebengleis) kann einen kurzen Bedarfsrückgang umfassen. Vor dem Erreichen der Unterbrechung 414 kann die Steuerung 102 bewirken, dass der Spalter 110 eine Ammoniak-Strömungsrate anpasst, oder dass der Motor die Wasserstoff-Einspritzrate anpasst. Anschließend kann das Fahrzeug 100, während es die Unterbrechung 414 durchfährt, den Betrieb des Spalters 110 aufrechterhalten. Beispielsweise als Antwort auf eine Entleerung des Wasserstoffreservoirs 206 kann das Fahrzeug das Fahrzeug auf dem gleichen Leistungspegel halten (z. B. Fahrstufe), was ein kontinuierliches Bereitstellen von Abgas für den Spalter 110 bewirken kann, und elektrische Energie, die nicht von den Traktionsmotoren verwendet wurde, zum Aufladen von Batterien einsetzen, etwa wenn die Batterie dazu ausgelegt ist, Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen (z. B. kann die Steuerung 102 dazu ausgelegt sein, die Batterie

beruhend auf einer zukünftigen Lastanforderung aufzuladen), und den Reaktor des Spalters 110 während der Unterbrechung betreiben, um einen Betriebszyklus desselben zu verhindern.

[0066] Bezugnehmend auf FIG. 5 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens 500 zum Betreiben eines Fahrzeug gemäß einigen Ausführungsformen bereitgestellt. Zusammenfassend, empfängt bei einem Vorgang 502 eine Steuerung 102 eine vordefinierte Route 402. Die vordefinierte Route 402 kann eine bekannte oder vorhergesagte Route umfassen. Bei einem Vorgang 504 sagt die Steuerung 102 eine zukünftige Last beruhend auf der vordefinierten Route 402 voraus. Bei einem Vorgang 506 passt die Steuerung 102 eine Strömungsrate von dem Spalter 110 zugeführtem Ammoniak beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung an. Bei einem Vorgang 508 empfängt der Spalter 110 Ammoniak bei der angepassten Strömungsrate von einem Ammoniakspeicherbehälter und Energie von einer Energiequelle. Der Spalter 110 spaltet bei einem Vorgang 510 das Ammoniak, um ein Spaltgas zu bilden, das ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst. Der Spalter 110 kann bei einem Vorgang 512 Wasserstoff zu einem Wasserstoffreservoir 512 leiten. Der Spalter 110 leitet bei einem Vorgang 514 Wasserstoff zum Motor. Beispielsweise kann der Spalter 110 den Wasserstoff zu einer Verbrennungskammer des Motors 104 leiten. Bei einem Vorgang 516 verbrennt der Motor das Wasserstoffgas.

[0067] Die Steuerung 102 kann die Strömungsrate im Vorgang 506 über eine Wirkkopplung zwischen der Steuerung 102 und einem Ammoniakspeicherbehälter anpassen. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine Wirkverbindung umfassen (z. B. ein Steuersignal für ein Ventil erzeugen), um eine Ammoniak-Strömungsrate oder eine Abgas-Strömungsrate zu steuern. In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 ein Steuersignal für eine Steuerschaltung für elektrische Leistung, die der Kopplung bereitgestellt wird, erzeugen. Der Spalter 110 kann das Ammoniak über eine Fluidkopplung empfangen. Der Spalter 110 kann das Ammoniak im Vorgang 508 über eine Fluidkopplung mit einem Ammoniakspeicherbehälter empfangen. Beispielsweise kann die Fluidkopplung ein Zufuhrsystem für das Ammoniak umfassen, das mit der Steuerung 102 wirkverbunden ist. Der Spalter 110 kann über eine Fluidkopplung mit dem Motor 104 gekoppelt sein. Die Fluidkopplung kann ein Zufuhrsystem umfassen, um Wasserstoffgas zum Motor zu leiten. Das Wasserstoffgas kann andere Gase umfassen (kann z. B. Teil eines Spaltgasgemischs sein).

[0068] Die bereitgestellten Vorgänge sind nicht als Einschränkung zu verstehen. Darüber hinaus können gemäß verschiedenen Ausführungsformen weniger oder andere Vorgänge eingesetzt werden. Beispielsweise umfasst in einigen Ausführungsformen der Vorgang des Empfangens der Energie von einer Energiequelle im Spalter 110 das Empfangen von Energie im Spalter von zumindest einer aus Abwärme oder einer Batterie 216, die dazu ausgelegt ist, Energie von einem Traktionsmotor 212 zu empfangen. Der Vorgang kann ferner das Verbrennen des Spaltgasgemischs umfassen, welches einen Kohlenwasserstoffbrennstoff umfasst.

[0069] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren 500 das Laden der Batterie 216 beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung und anschließend das Leiten der Energie von der Batterie 216 zu einem Widerstandselement, das thermisch mit einem Reaktor des Spalters 110 gekoppelt ist.

[0070] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren 500 das Trennen des Wasserstoffgases vom Spaltgas durch den Spalter 110.

[0071] In einigen Ausführungsformen umfasst die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe. Das Verfahren 500 kann das Bestimmen einer Position des Fahrzeugs 100 relativ zur vordefinierten Route umfassen. Das Verfahren 500 kann das Anpassen einer durch den Motor 104 erzeugten Leistung als Antwort auf die Position umfassen.

[0072] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren 500 das Empfangen einer Angabe über eine Verteilung von Leistung auf eine Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivenverbands. Das Verfahren kann das Bestimmen der zukünftigen Lastanforderung beruhend auf der Verteilung der Leistung.

[0073] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren 500 das Verbrennen des Ammoniaks durch den Motor 104. Das Verfahren 500 kann das Speichern des Wasserstoffgases in einem Wasserstoffgasspeicherbehälter 206 zwischen dem Spalter 110 und dem Motor 104 beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung umfassen. Das Verfahren 500 kann das Anpassen der Strömungsrate des Ammoniaks beruhend auf der Menge des gespeicherten Wasserstoffgases und einem Zustand der Energiequelle umfassen.

[0074] Bezugnehmend auf einen Vorgang 502, kann die Steuerung 102 eine vordefinierte Route 402 für das Fahrzeug 100 empfangen. Beispielsweise kann die vordefinierte Route 402 eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe (z. B. Geschwindigkeitsbegrenzung) zusammen mit einer Wegbiegung, Wegstrecke und so weiter spezifizieren oder auf sonstige Weise umfassen. Das bedeutet, dass die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe umfassen kann. Die Steuerung 102 kann die Route 402 von einer anderen Komponente des Fahrzeugs 100, einem anderen Prozessor, der in Netzwerkkommunikation mit der Steuerung 102 (z. B. als Server oder Abfertigungsstelle) steht, usw. empfangen. Eine Drosselstellung, Motorfahrstufe, Pferdestärke oder sonstige Angabe über einen Betrieb des Fahrzeugs kann von der vordefinierten Route 402 umfasst oder von dieser abgeleitet sein. Die Steuerung 102 kann die Route 402 mit einer aktuellen Position des Fahrzeugs 100 vergleichen, um eine Entfernung, Zeit oder sonstige Hinweise über die Strecke zwischen dem Fahrzeug und einem Punkt entlang der Route 402 zu bestimmen.

[0075] Wieder in Bezug auf Vorgang 504 kann die Steuerung 102 eine zukünftige Last beruhend auf der Route 402 vorhersagen. Beispielsweise kann die zukünftige Last eine Leistungsanforderung beruhend auf (z. B. abgeleitet von) Informationen umfassen, die vom Routenplaner 106 empfangen wurden. Das Lastvorhersageelement 108 kann eine Gesamtpferdestärke oder einen Teil davon, der vom Kohlenwasserstoffbrennstoff, von der Ammoniak einspritzung, Wasserstoff einspritzung oder dergleichen abgeleitet wurde, vorhersagen. Das Lastvorhersageelement 108 kann eine Last vorhersagen, die einer Wertfunktion entspricht, welche ein Gewicht für eines oder mehrere aus Brennstoffkosten, Treibhausgasemissionen, Feinstaubausstoß, NO_x-Ausstoß, Flammgeschwindigkeit, Zylinderdruck oder dergleichen entspricht.

[0076] Eine Optimierungsroutine kann einen Satz von Ausgaben bestimmen, die einem Wert der Wertfunktion entsprechen. Beispielsweise kann die Optimierungsroutine einen Gesamtwert oder ein lokales Maximum oder Minimum der Wertfunktion bestimmen. Die Optimierungsroutine kann das Maximum oder Minimum entsprechend einer Regression, einem genetischen Algorithmus oder einer sonstigen Optimierungstechnik bestimmen. Somit kann die Optimierungsroutine eine auf der Wertfunktion beruhende optimierte Lösung z. B. entsprechend

einem besten Kompromiss zwischen Brennstoffkosten, NO_x-Emissionen, Treibhausgasemissionen, hörbaren Geräuschen usw. bestimmen.

[0077] Das Lastvorhersageelement 108 kann einen Wasserstoffbedarf beruhend auf einem Gesamtleistungsbedarf und einem Substitutionsverhältnis vorhersagen. Das Substitutionsverhältnis kann beruhend auf atmosphärischen Bedingungen (z. B. im Motor empfangene Luftdichte), der angeforderten Leistung, einem geo-eingezäunten Bereich oder dergleichen variieren. Das Lastvorhersageelement 108 kann die Last beruhend auf einem aktuellen Zustand des Fahrzeugs vorhersagen. Beispielsweise kann eine aktuell zum Ziehen eines gegebenen Tonnengehalts über ein erstes Gefälle angeforderte Pferdestärke eine Vorhersage über eine zukünftige Pferdestärke zum Ziehen des Tonnengehalts über ein zweites Gefälle ermöglichen. Ferner kann der aktuelle Zustand des Fahrzeugs eine Menge von elektrischer Energie oder Brennstoff (z. B. Wasserstoff, Ammoniak, Diesel), die von der Lokomotive gespeichert ist, umfassen. Beispielsweise kann das Fahrzeug den Betrieb des Spalters als Antwort auf einen Mangel an Ammoniak stoppen oder ein Substitutionsverhältnis als Antwort auf eine begrenzte Dieselmenge erhöhen.

[0078] Wieder bezugnehmend auf Vorgang 506, kann die Steuerung 102 eine Strömungsrate des Spalters 110 anpassen. Beispielsweise kann die Steuerung 102 eine Zufuhr von Ammoniak für den Spalter 110 beruhend dem vorhergesagten Bedarf (z. B. dem zukünftigen Bedarf) erhöhen oder verringern. Verbunden oder zusammen mit der angepassten Strömungsrate kann die Steuerung 102 verschiedene Energieströmungen des Fahrzeugs anpassen. Die Steuerung 102 kann bewirken, dass der Motor 104 und das Abgassystem 112 die Abgastemperatur (z. B. zur Vorbehandlung des Ammoniaks) erhöhen oder verringern. Für einen gegebenen Leistungspegel kann die Steuerung 102 eine Motordrehzahl und einen Drehmomentwert entsprechend ihrem Leistungspegel bestimmen. Das Optimieren des Drehmoments und der Motordrehzahl für einen gegebenen Leistungspegel kann in einem höheren Motorwirkungsgrad, einer höheren Entlüftungsfunktion, wie etwa einer Wertfunktion, die eine Längskomponente über der Zeit umfasst, resultieren. In verschiedenen Ausführungsformen kann die Wertfunktion einen Ausgangswert umfassen, der von verschiedenen Eingangsparametern abhängig ist, die, wie oben ausgeführt, Brennstoffkosten oder einen Ausstoß von NO_x, Treibhausgasen, hörbaren Geräuschen oder dergleichen umfassen können. Die verschiedenen Eingangsparameter können

verschiedene Gewichte umfassen (z. B. Positiv- oder Negativwertgewichte), die gemäß einer Umsetzung oder Anwendung ausgewählt sind, oder die Wertfunktion kann eine kompliziertere Funktion sein, wie etwa eine Kombination aus Polynomen, exponentiellen und trigonometrischen Termen. Letztlich weist die Wertfunktion die Form von „Wert = $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ “ auf. Die Steuerung 102 kann eine Batterie 216 aufladen oder entladen (z. B. zum Modulieren der Motorlast oder zum Erzeugen von elektrischer Energie, die für den Spalter 110 bereitgestellt wird).

[0079] In einigen Ausführungsformen kann die Steuerung 102 ein Ein- oder Ausschalten des Spalters 110 hemmen, etwa beruhend einer zukünftigen Anforderung einer Menge unterhalb einer Schwelle, wobei ein Nutzen aufgrund des Ein- oder Ausschaltens des Spalters 110 mitunter geringer ist als der Nutzen aufgrund des Erhaltens eines durchgehenden Betriebs. Der Nutzen kann eine Verringerung des Brennstoffverbrauchs oder der Schadstoffe oder einen verringerten Verschleiß des Spalters 110, weniger Batteriezyklen oder dergleichen umfassen. Beispielsweise kann die Steuerung 102 Gewichte oder Kosten einer Kostenfunktion vergleichen, um ein gewünschtes Ergebnis in Bezug auf Verschmutzung, Brennstoffverbrauch und Betriebszyklen des Spalters 110 zu bestimmen.

[0080] Wieder bezugnehmend auf Vorgang 508, empfängt der Spalter 110 Ammoniak und Energie. Beispielsweise kann das Ammoniak über den Ammoniakspeicherbehälter 204 an einem Einlass des Spalters 110 und die Energie über Abgase oder elektrische Leistung (die in Widerstandselementen der Lokomotive in Wärme umzuwandeln ist) empfangen werden. Jedes aus den Abgasen oder den Widerstandselementen kann andere Komponenten des Fahrzeugs 100 umfassen oder sich mit diesen überschneiden. Beispielsweise können die Widerstandselemente mit einem dynamischen Bremssystem gekoppelt sein, sodass der Einsatz einer dynamischen Bremse die Erzeugung von Wasserstoff unterstützen kann, oder das Abgas kann verschiedene Heizelemente als Teil eines Nachbehandlungssystems (z. B. selektive katalytische Reduktion (SCR) nach der Behandlung, Katalysator usw.) umfassen. Die Energie kann vom Traktionsmotor 212, der Batterie 216, der Leistung des Motors 104, usw. bezogen werden. Beispielsweise kann der Betrieb des Traktionsmotors 212, der Batterie 216 oder des Motors 104 moduliert werden, um die elektrische Energie zu erzeugen (z. B. kann mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden, oder ein Ladezustand kann nach unten gezogen werden). Die Batterie kann

dazu ausgelegt sein, die Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen. Der Spalter 110 kann das Ammoniak und Energie als Antwort auf Befehle der Steuerung 102 empfangen, welche bewirken, dass der Spalter 110 die Energie oder das Ammoniak „anzieht“ oder dass eine andere Komponente Energie oder Ammoniak zum Spalter 110 „schiebt“. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Spalter 110 Energie gemäß einer beliebigen Kombination von elektrischer Energie für Widerstandselemente oder Wärmeabgasen empfangen. Beispielsweise können einige Ausführungsformen oder Betriebsmodi nur Abgase empfangen, während andere nur elektrische Energie einsetzen können, um das Ammoniak zu spalten. Beispielsweise setzt der Spalter 110 in einem Motor-Aus-Zustand eines Hybridmotors mitunter nur elektrische Energie ein, sodass beim Starten eines Verbrennungsmotors Wasserstoff verfügbar sein kann.

[0081] Wieder bezugnehmend auf Vorgang 510, spaltet der Spalter 110 das Ammoniak, um Spaltgas zu erzeugen, welches Wasserstoffgas und Stickstoffgas umfassen. Beispielsweise kann der Spalter 110 verdampftes Ammoniak über einen erhitzten Katalysator leiten, um die Gase zu erzeugen. In einigen Ausführungsformen kann eine Membran oder ein sonstiges Trennelement das Stickstoffgas vom Wasserstoffgas trennen, sodass ein Gas, das der Verbrennungskammer zugeführt wird, ein molares Verhältnis von mehr als 3:1 Wasserstoff zu Stickstoffgas enthält. Das Spalten des Ammoniaks kann mitunter unvollständig sein, sodass zumindest ein Teil von mit dem Wasserstoffgas mitgeführtem Ammoniak damit weitergeleitet wird, oder der Spalter 110 kann ein Trennelement umfassen, um nicht umgewandeltes Ammoniak in die Atmosphäre auszulassen oder den Ammoniakdampf zum Ammoniakspeicher zurückzuleiten oder das Ammoniak zur Verbrennung zum Motor zu leiten. Beispielsweise kann der Spalter ein größeres Verhältnis von Ammoniak zu Wasserstoff für den Motor bereitstellen als andere Systeme (z. B. Brennstoffzellsysteme) verwenden. Der Spalter 110 kann einen oder mehrere Sensoren umfassen, die die Temperatur des eingelassenen Ammoniaks, des ausgelassenen Gases oder einer Reaktionskammer desselben anzeigen. Die Steuerung 102 kann die dem Spalter 110 zugeführte Energie beruhend auf der Angabe der von diesem empfangenen Temperatur anpassen, wodurch der Betrieb des Spalters 110 in einem gewünschten Temperaturbereich oder auf einer gewünschten Temperatur gehalten werden kann.

[0082] Der Spalter 110 leitet im Vorgang 512 Wasserstoff zu einem Wasserstoffreservoir 206. Beispielsweise kann der Spalter 110 den Wasserstoff zu Wasserstoffleitungen oder einem

Wasserstoffspeichertank 206 leiten. Die Wasserstoffleitungen oder ein Wasserstoffspeichertank 206 können durch einen Kompressor, ein Ventil oder dergleichen vom Spalter 110 beabstandet sein. Beispielsweise kann die Steuerung 102 die Ventile oder den Kompressor betätigen, um einen Solldruckbereich des Wasserstoffreservoirs 206 aufrechtzuerhalten.

[0083] Wieder bezugnehmend auf Vorgang 514, leitet der Spalter 110 das Wasserstoffgas zur Verbrennungskammer des Motors. Beispielsweise kann der Ausgang des Spalters 110 mit dem Eingang des Verbrennungszyinders (z. B. über das Wasserstoffreservoir 206 und Ventile, Kompressors oder dergleichen) gekoppelt sein, sodass die Steuerung 102 das Einspritzen von Wasserstoff in den Zylinder durch Verändern der/des dem Spalter 110 zugeführten Energie oder Ammoniak in Echtzeit oder Beinahe-Echtzeit (z. B. entsprechend der in einer Batterie 216 gespeicherten Energie oder verschiedenen mechanischen Systemen, wie etwa Traktionsmotoren 212) steuern kann. In einigen Ausführungsformen kann die Zuführung von Wasserstoffgas vom Spalter 110 zum Verbrennungszyylinder ein(en) oder mehrere Ventile, Einspritzer oder sonstige, mit der Steuerung 102 wirkverbundene Vorrichtungen umfassen, sodass die Steuerung 102 die Menge des vom Spalter 110 erzeugten Wasserstoffgases getrennt von (z. B. selektiv zeitversetzt, relativ zu) der Verbrennung des Wasserstoffs im Vorgang 516, die nachstehend dargelegt wird, anpassen kann. Mit anderen Worten, die Steuerung 102 kann eine Strömungsrate des dem Motor zugeführten Wasserstoffgases beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anpassen. In einigen Ausführungsformen ist die Steuerung 102 dazu ausgelegt, eine Strömungsrate von im Motor (z. B. in der Verbrennungskammer) aufgenommenem Ammoniak beruhend auf der Menge an Wasserstoff im Wasserstoffreservoir, dem Ladezustand einer Batterie oder der Menge an Ammoniak im Ammoniakspeicherbehälter anzupassen. Die Steuerung 102 kann einen Fluss von Wasserstoff, Ammoniak oder einem Kohlenwasserstoffbrennstoff zum Motor 104 anpassen, um eine Flammgeschwindigkeit oder eine Verbrennungsrate der Verbrennung des Brennstoffs zu steuern.

[0084] Die Steuerung 102 kann die Strömungsrate des dem Motor zugeführten Wasserstoffs beruhend auf zukünftigem Bedarf anpassen. Beispielsweise als Antwort auf einen verringerten zukünftigen Bedarf kann der Motor die Strömungsrate auf ein Minimum verringern, um den Betrieb des Spalters 110 zu verlängern, oder die Strömungsrate, die mit einem höheren Substitutionsverhältnis von Wasserstoffgas bei höherer Last und Geschwindigkeit verbunden ist,

erhöhen. Als Antwort auf einen erhöhten zukünftigen Bedarf kann die Steuerung 102 eine erhöhte Zufuhr von Wasserstoff zum Motor bewirken, um ein Reservoir vor dem erhöhten Bedarf zu leeren, oder eine verringerte Zufuhr bewirken, um Wasserstoffgas für den zukünftigen Bedarf zu bewahren.

[0085] Wieder bezugnehmend auf Vorgang 516, verbrennt der Motor den Wasserstoff. Die Verbrennung des Wasserstoffs (zusammen mit Kohlenwasserstoff oder Ammoniak) kann eine lineare Kraft eines Kolbens erzeugen, die in Rotationsenergie einer mit der Lichtmaschine 210 gekoppelten Kurbelwelle übersetzt wird. Die Verbrennung des Wasserstoffs kann somit weiteres Abgas oder weitere elektrische Energie zur Bereitstellung für den Spalter 110 erzeugen. Darüber hinaus kann die Verbrennung des Wasserstoffs mit weniger Kohlendioxid oder Schadstoffen relativ zum Kohlenwasserstoffbrennstoff (z. B. NO_x, Feinstaub oder dergleichen) verbunden sein. Die Abgastemperatur für das Wasserstoffgas kann sich von Kohlenwasserstoffbrennstoff unterscheiden, sodass die Steuerung 102 eine zukünftige Abgastemperatur oder Abgas-Strömungsrate beruhend auf der Menge von verbranntem Wasserstoff, zusammen mit einer Motordrehzahl, Drehmomentbedarf und so weiter vorhersagen kann.

[0086] FIG. 6 ist ein Blockdiagramm, das eine Architektur für ein Computersystem 600 zeigt, welches eingesetzt werden kann, um Elemente der hier beschriebenen und gezeigten Verfahren zu implementieren. Das Computersystem oder die Rechenvorrichtung 600 kann eine Steuerung 102 oder deren Komponenten und Komponenten des Fahrzeugs umfassen dazu verwendet werden, diese zu implementieren. Das Computersystem 600 umfasst zumindest einen Bus 605 oder eine andere Kommunikationskomponente zum Kommunizieren von Informationen und zumindest eine(n) Prozessor 610 oder Verarbeitungsschaltung, der/die mit dem Bus 605 zum Verarbeiten von Informationen gekoppelt ist. Das Computersystem 600 kann auch eine(n) oder mehrere Prozessoren 610 oder Verarbeitungsschaltungen umfassen, die mit dem Bus zum Verarbeiten von Informationen gekoppelt sind. Das Computersystem 600 umfasst ferner auch einen Hauptspeicher 615, etwa einen Direktzugriffsspeicher (RAM) oder sonstige dynamische Speichervorrichtung, der mit dem Bus 605 gekoppelt ist, um Informationen und Befehle, welche vom Prozessor 610 auszuführen sind, zu speichern. Der Hauptspeicher 615 kann zum Speichern von Informationen verwendet werden, während Befehle vom Prozessor 610 ausgeführt werden. Das Computersystem 600 kann ferner zumindest einen Festwertspeicher (ROM) 620 oder eine

sonstige Speichervorrichtung umfassen, der/die mit dem Bus 605 gekoppelt ist, um statische Informationen und Befehle für den Prozessor 610 zu speichern. Eine Speichervorrichtung 625, wie etwa eine Festkörpervorrichtung, Magnetplatte oder optische Platte, kann mit dem Bus 605 gekoppelt sein, um Informationen und Befehle dauerhaft zu speichern (z. B. für das Datenarchiv 120).

[0087] Das Computersystem 600 kann über den Bus 605 mit einer Anzeige 635, wie etwa einer Flüssigkristallanzeige oder einer Aktivmatrixanzeige, gekoppelt sein. Eine Eingabevorrichtung 630, wie etwa eine Tastatur oder Maus, kann mit dem Bus 605 zum Kommunizieren von Informationen und Befehlen für den Prozessor 610 gekoppelt sein. Die Eingabevorrichtung 630 kann eine Touchscreen-Anzeige 635 umfassen.

[0088] Die hier beschriebenen Prozesse, Systeme und Verfahren können als Antwort auf das Ausführen einer Anordnung von im Hauptspeicher 615 enthaltenen Befehlen durch den Prozessor 610 durch das Computersystem 600 implementiert werden. Diese Befehle können von einem anderen computerlesbaren Medium, wie etwa der Speichervorrichtung 625, in den Hauptspeicher 615 eingelesen werden. Das Ausführen der im Hauptspeicher 615 enthaltenen Anordnung von Befehlen bewirkt, dass das Computersystem 600 die hier beschriebenen veranschaulichenden Prozesse durchführt. Ein oder mehrere Prozessoren in einer Mehr-Prozessoren-Anordnung können ebenfalls eingesetzt werden, um die im Hauptspeicher 615 enthaltenen Befehle auszuführen. Fest verdrahtete Schaltungsanordnungen können anstelle von oder in Kombination mit Software-Befehlen zusammen mit den hier beschriebenen Systemen und Verfahren verwendet werden. Die hier beschriebenen Systeme und Verfahren sind nicht auf spezifische Kombinationen von Hardware-Schaltungsanordnungen und Software beschränkt.

[0089] Obwohl in FIG. 6 ein beispielhaftes Computersystem beschrieben wurde, kann der Gegenstand, der die in dieser Patentschrift beschriebenen Vorgänge umfasst, in anderen Typen von digitaler elektronischer Schaltungsanordnung oder in Computersoftware, Firmware oder Hardware, welche die in dieser Patentschrift offenbarten Strukturen umfasst, und deren strukturellen Äquivalenten oder in Kombinationen von einem oder mehreren von diesen implementiert werden.

[0090] Wie hier verwendet, sind die Begriffe „ungefähr“, „etwa“, „im Wesentlichen“ und ähnliche Begriffe im breiten Sinne und gemäß dem allgemeinen und anerkannten Gebrauch durch Fachleute auf dem Gebiet, dem der Gegenstand dieser Offenbarung angehört, auszulegen. Für Fachleute, die diese Offenbarung begutachten, sollte klar sein, dass diese Begriffe eine Beschreibung von bestimmten hier beschriebenen und beanspruchten Merkmalen ermöglichen sollen, ohne den Schutzzumfang dieser Merkmale auf die konkreten bereitgestellten Zahlenbereiche einzuschränken. Dementsprechend sollten diese Begriffe so ausgelegt werden, dass sie angeben, dass unwesentliche oder unbedeutende Änderungen oder Abwandlungen des hier beschriebenen und beanspruchten Gegenstands innerhalb des Schutzzumfangs der Offenbarung, wie durch die beigefügten Ansprüche definiert, liegen.

[0091] Der Begriff „beispielhaft“ und Varianten davon, wie hier zur Beschreibung verschiedener Ausführungsformen verwendet, sollen angeben, dass diese Ausführungsformen mögliche Beispiele, Darstellungen und Veranschaulichungen möglicher Ausführungsformen sind (und diese Begriffe sollen nicht suggerieren, dass diese Ausführungsformen notwendigerweise außergewöhnliche oder hervorragende Beispiele sind).

[0092] Der Begriff „gekoppelt“ oder Varianten davon, wie hier verwendet, bedeuten das direkte oder indirekte Verbinden von zwei Elementen miteinander. Dieses Verbinden kann stationär (z. B. permanent oder festgelegt) oder bewegbar (z. B. entfernbar oder lösbar) sein. Dieses Verbinden kann durch direktes Koppeln der zwei Elemente miteinander oder durch Koppeln der zwei Elemente unter Verwendung eines oder mehrerer separater Zwischenelemente oder durch Koppeln der zwei Elemente miteinander unter Verwendung eines Zwischenelements, das als Einheitskörper mit einem der zwei Elemente einstückig ausgebildet ist. Wenn „gekoppelt“ oder Varianten davon durch einen zusätzlichen Begriff modifiziert werden (z. B. „direkt gekoppelt“), wird die oben gegebene allgemeine Information von gekoppelt durch den zusätzlichen Begriff gemäß dem allgemeinen Sprachgebrauch modifiziert (z. B. bedeutet „direkt gekoppelt“ das Verbinden von zwei Elementen ohne separates Zwischenelement), was in einer engeren Definition als der allgemeinen Definition von „gekoppelt“, wie oben gegeben, resultiert. Dieses Koppeln kann mechanisch, elektrisch oder fluidisch sein. Beispielsweise kann, dass die Schaltung A kommunikativ mit der Schaltung B „gekoppelt“ ist, bedeuten, dass die Schaltung

direkt mit der Schaltung B kommuniziert (d. h. ohne Zwischenelement) oder indirekt mit der Schaltung B kommuniziert (d. h. über ein oder mehrere Zwischenelemente).

[0093] Verweise hierin auf die Positionen von Elementen (z. B. „oberes“, „unteres“, „oben“, „unten“) werden lediglich verwendet, um die Ausrichtung von verschiedenen Elementen in den Figuren zu beschreiben. Es wird darauf hingewiesen, dass die Ausrichtung von verschiedenen Elementen bei anderen beispielhaften Ausführungsformen abweichen kann und dass diese Abweichungen durch die vorliegende Beschreibung umfasst sind.

[0094] Obwohl die Figuren und die Beschreibung mitunter eine spezifische Ordnung von Verfahrensschritten angeben, kann sich die Ordnung dieser Schritte von dem unterscheiden, was dargestellt und beschrieben wird, sofern oben nichts Gegenteiliges angegeben ist. Ferner können zwei oder mehrere Schritte zeitgleich oder teilweise zeitgleich durchgeführt werden, sofern oben nichts Gegenteiliges angegeben ist. Derartige Abweichungen hängen beispielweise von den gewählten Software- und Hardwaresystemen und von der Wahl der Gestalter ab. Sämtliche dieser Abweichungen liegen innerhalb des Schutzzumfangs der Offenbarung. Gleichmaßen könnten Software-Implementationen der beschriebenen Verfahren mit Standardprogrammierungstechniken mit regelbasierter Logik oder sonstiger Logik durchgeführt werden, um die verschiedenen Verbindungsschritte, Verarbeitungsschritte, Vergleichsschritte und Entscheidungsschritte umzusetzen.

[0095] Aufbau und Anordnung des Fahrzeugs 100, wie sie in den verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen dargelegt sind, dienen lediglich der Veranschaulichung. Ferner können Elemente, die in Bezug auf eine Ausführungsform offenbart wurden, in einer anderen der hier offenbarten Ausführungsformen integriert sein oder verwendet werden. Obwohl oben nur ein Beispiel für ein Element aus einer Ausführungsform, das in einer anderen Ausführungsform integriert sein oder verwendet werden kann, beschrieben wurde, ist festzuhalten, dass andere Elemente der verschiedenen Ausführungsformen in einer der anderen hier offenbarten Ausführungsformen integriert sein oder verwendet werden können.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Mehrstofffahrzeug, umfassend:
 - einen Motor, der dazu ausgelegt ist, ein Spaltgasgemisch aufzunehmen;
 - einen Spalter, der dazu ausgelegt ist:
 - Ammoniak von einem Ammoniakspeicherbehälter und Energie von einer Energiequelle zu empfangen;
 - das Ammoniak zu spalten, um ein Spaltgas zu bilden, das Wasserstoffgas und Stickstoffgas umfasst; und
 - das Wasserstoffgas zum Motor zu leiten;
 - wobei die Energiequelle dazu ausgelegt ist, die Energie für den Spalter bereitzustellen;
 - und
 - eine Steuerung, die dazu ausgelegt ist:
 - eine vordefinierte Route für das Fahrzeug zu empfangen;
 - eine zukünftige Lastanforderung des Fahrzeugs beruhend auf der vordefinierten Route vorherzusagen; und
 - eine Strömungsrate des dem Spalter zugeführten Ammoniaks beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung anzupassen.
2. Fahrzeug nach Anspruch 1, wobei:
 - die Energiequelle eine Batterie und Abwärme umfasst; und
 - das Spaltgasgemisch einen Kohlenwasserstoffbrennstoff umfasst.
3. Fahrzeug nach Anspruch 2, wobei die Steuerung dazu ausgelegt ist, die Batterie beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung aufzuladen.
4. Fahrzeug nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Batterie dazu ausgelegt ist, die Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen.
5. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe umfasst.

6. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei:
 - das Fahrzeug eine Lokomotive aus einer Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivverbands ist, der ein verteiltes Leistungssystem umfasst; und
 - die zukünftige Lastanforderung auf einer Verteilung von Leistung auf die Vielzahl von Lokomotiven durch das verteilte Leistungssystem beruht.

7. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei:
 - der Motor dazu ausgelegt ist, das Ammoniak aufzunehmen;
 - das Fahrzeug einen Wasserstoffspeicherbehälter für das Wasserstoffgas zwischen dem Spalter und dem Motor umfasst; und
 - die Steuerung dazu ausgelegt ist, eine Strömungsrate des vom Motor aufgenommenen Ammoniaks beruhend auf der Menge des Wasserstoffgases im Wasserstoffspeicherbehälter anzupassen.

8. Verfahren zum Betreiben eines Ammoniakspalters in einem Fahrzeug, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
 - Empfangen einer vordefinierten Route durch eine Steuerung des Fahrzeugs;
 - Vorhersagen einer zukünftigen Lastanforderung des Fahrzeugs durch die Steuerung beruhend auf der vordefinierten Route;
 - Anpassen einer Strömungsrate von dem Spalter des Fahrzeugs zugeführten Ammoniak durch das Fahrzeug beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung;
 - im Spalter Empfangen von Ammoniak mit der angepassten Strömungsrate von einem Ammoniakspeicherbehälter und von Energie von einer Energiequelle;
 - Spalten des Ammoniaks durch den Spalter, um ein Spaltgas zu bilden, das ein Wasserstoffgas und ein Stickstoffgas umfasst;
 - Leiten des Wasserstoffgases durch den Spalter zu einem Motor; und
 - Verbrennen eines Spaltgasgemischs, welches das Wasserstoffgas umfasst, durch den Motor.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei:

das Empfangen der Energie von der Energiequelle im Spalter das Empfangen von Energie von zumindest einem aus Abwärme oder einer Batterie, welche dazu ausgelegt ist, Energie von einem Traktionsmotor zu empfangen, umfasst; und

das Verbrennen des Spaltgasgemischs das Verbrennen eines Kohlenwasserstoffbrennstoffs umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Laden der Batterie beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung; und anschließend Leiten der Energie von der Batterie zu einem Widerstandselement, das thermisch mit einem Reaktor des Spalters gekoppelt ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, umfassend:
Trennen des Wasserstoffgases vom Spaltgas durch den Spalter.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die vordefinierte Route eine Steigungs- und Geschwindigkeitsangabe umfasst, und Folgendes umfassend:
Bestimmen einer Position des Fahrzeugs relativ zur vordefinierten Route; und Anpassen einer durch den Motor erzeugten Leistung als Antwort auf die Position.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, umfassend:
Empfangen einer Angabe über eine Verteilung von Leistung auf eine Vielzahl von Lokomotiven eines Lokomotivenverbands; und Bestimmen der zukünftigen Lastanforderung beruhend auf der Verteilung der Leistung.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, umfassend:
Verbrennen des Ammoniaks durch den Motor,
Speichern des Wasserstoffgases in einem Wasserstoffgasspeicherbehälter zwischen dem Spalter und dem Motor beruhend auf der zukünftigen Lastanforderung; und Anpassen der Strömungsrate des Ammoniaks beruhend auf der Menge des gespeicherten Wasserstoffgases und einem Zustand der Energiequelle.

15. Nichtflüchtiges computerlesbares Medium, das darauf gespeicherte Befehle umfasst, welche, wenn sie von einem Prozessor für ein Fahrzeug ausgeführt werden, bewirken, dass der Prozessor:

Steuersignale erzeugt, um zu bewirken, dass ein Fahrzeug ein Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14 ausführt.

ZEICHENERKLÄRUNG

Fig. 1

Steuerung

Motor

Routenplaner

Spalter

Energiespeichervorrichtung

Fahrzeug

Routendaten

Spalterparameter

Lastvorhersageelement

Abgassystem

Fig. 2:

Ammoniak

Spalter

Wasserstoff

Motor

Lichtmaschine

Batterie

Traktionsmotor

Abgassystem

Fig. 3:

Mindesttemperatur (beliebiger Maßstab)

Zeit (beliebiger Maßstab)

Fig. 5:

Empfangen einer vordefinierten Route

Vorhersagen einer zukünftigen Lastanforderung

Anpassen einer Strömungsrate eines Spalters

Empfangen von Ammoniak und Energie

Spalten von Ammoniak

Leiten von Wasserstoff zur Verbrennungskammer

Verbrennen von Wasserstoff in der Verbrennungskammer

Fig. 6:

Anzeige

Eingabevorrichtung

Hauptspeicher

Speichervorrichtung

Prozessor

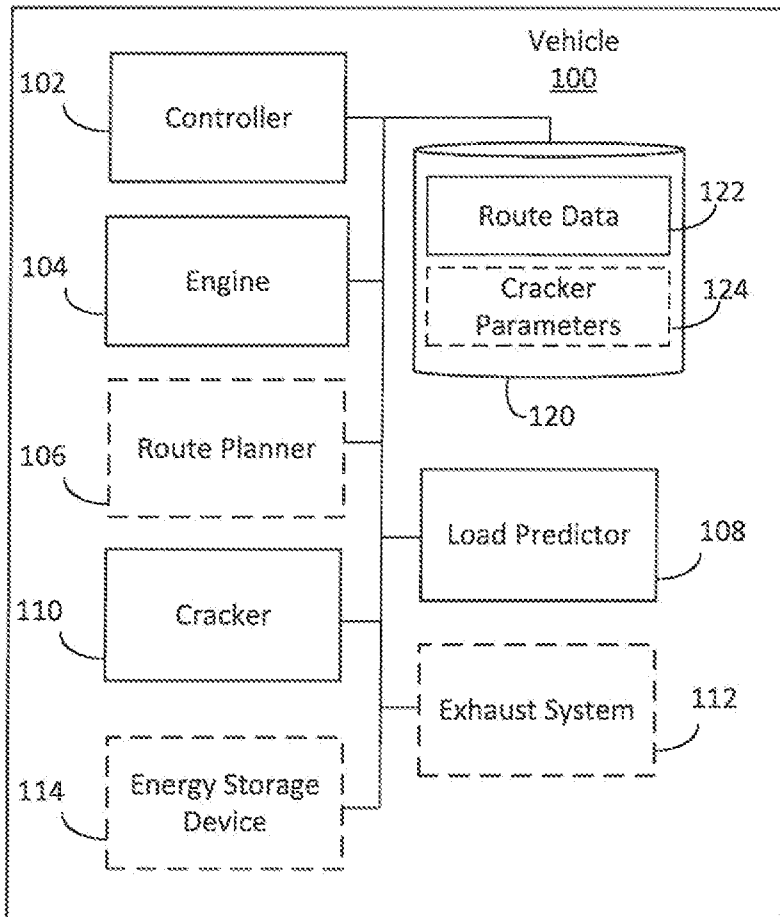


FIG. 1

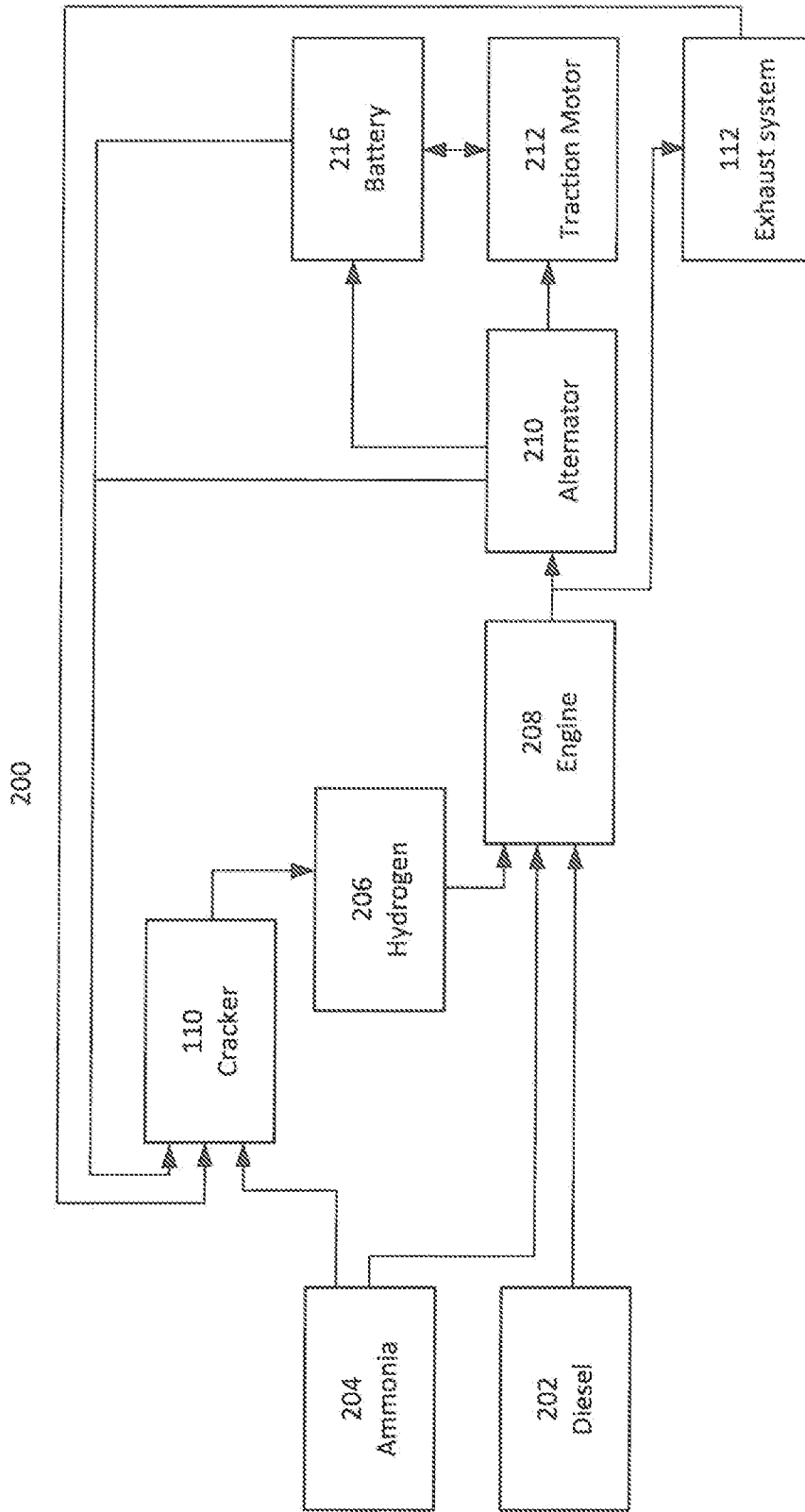


FIG. 2

300

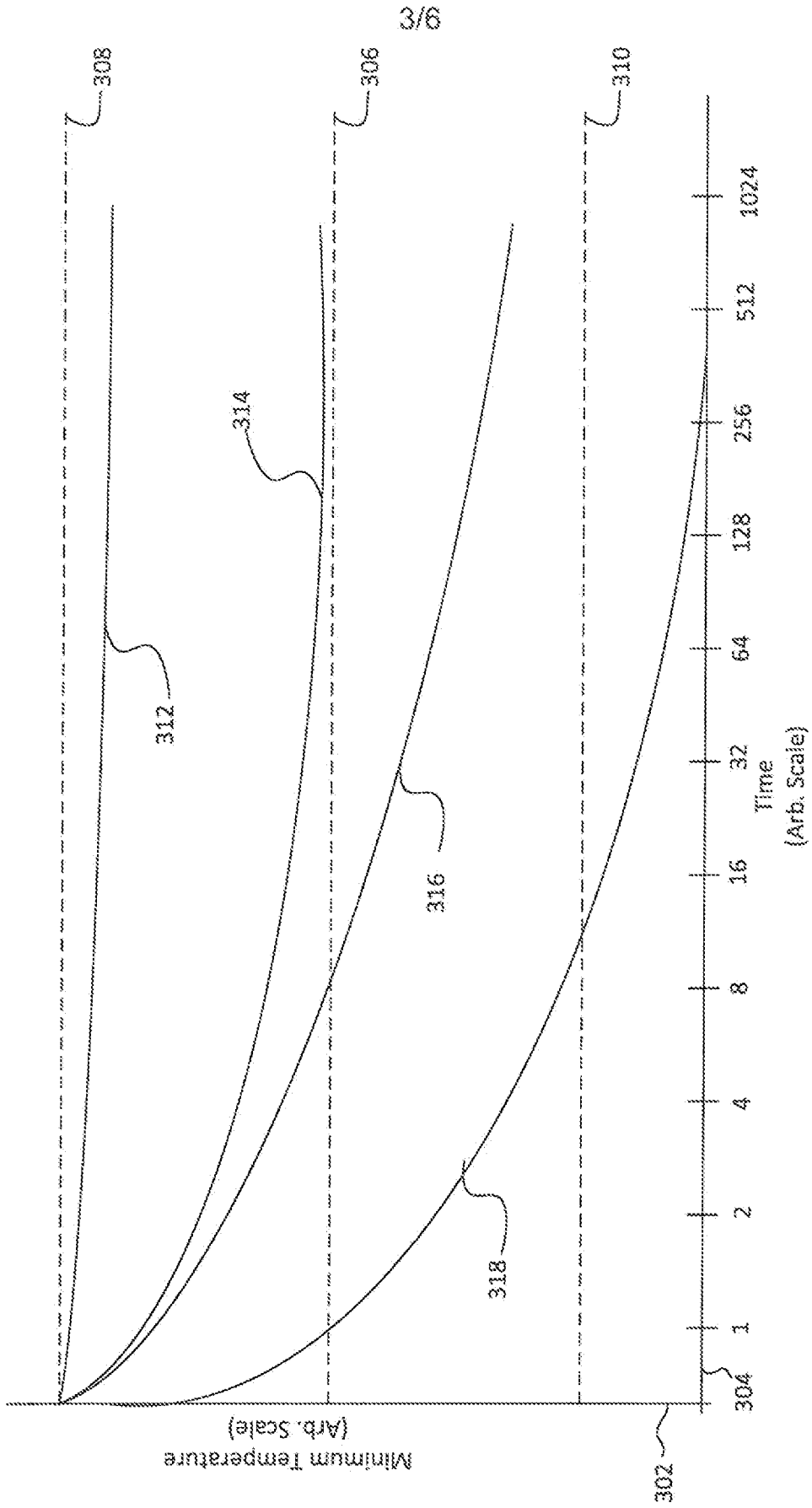


FIG. 3

400

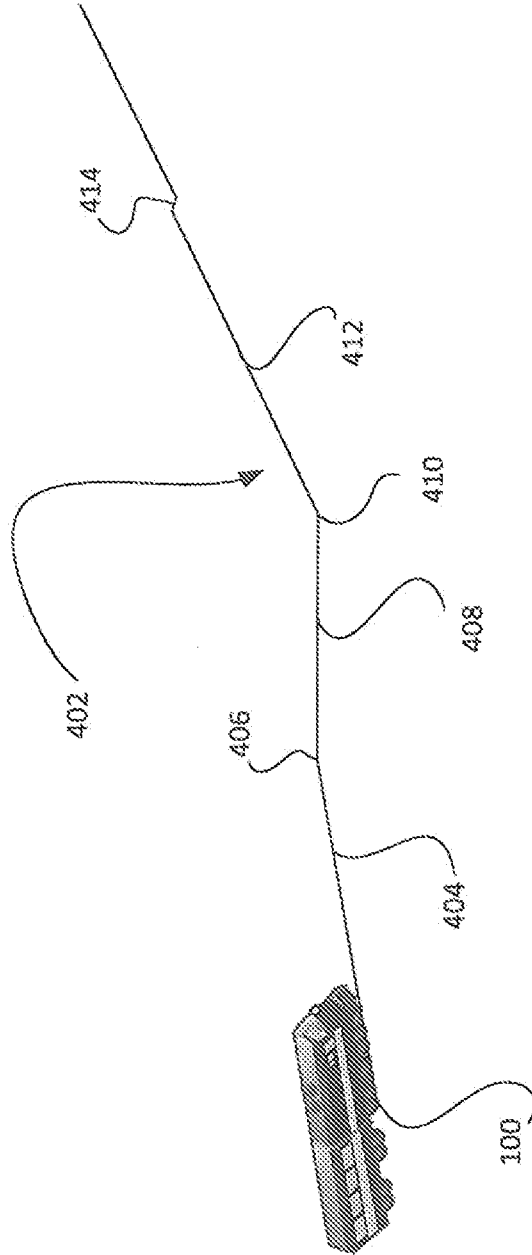


FIG. 4

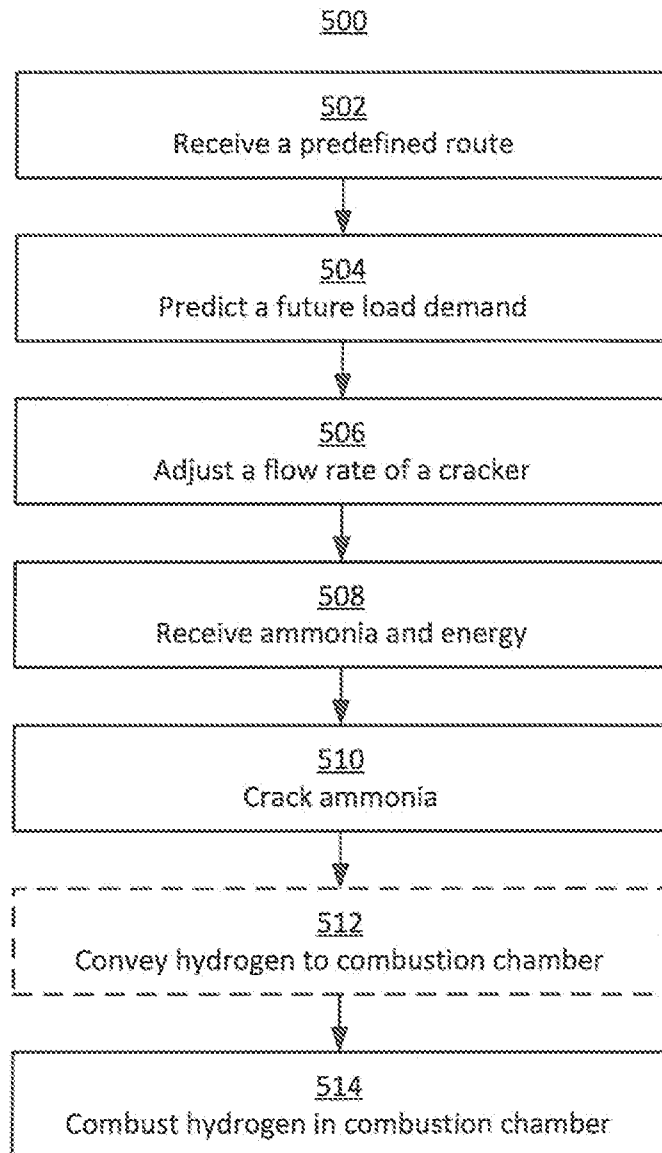


FIG. 5

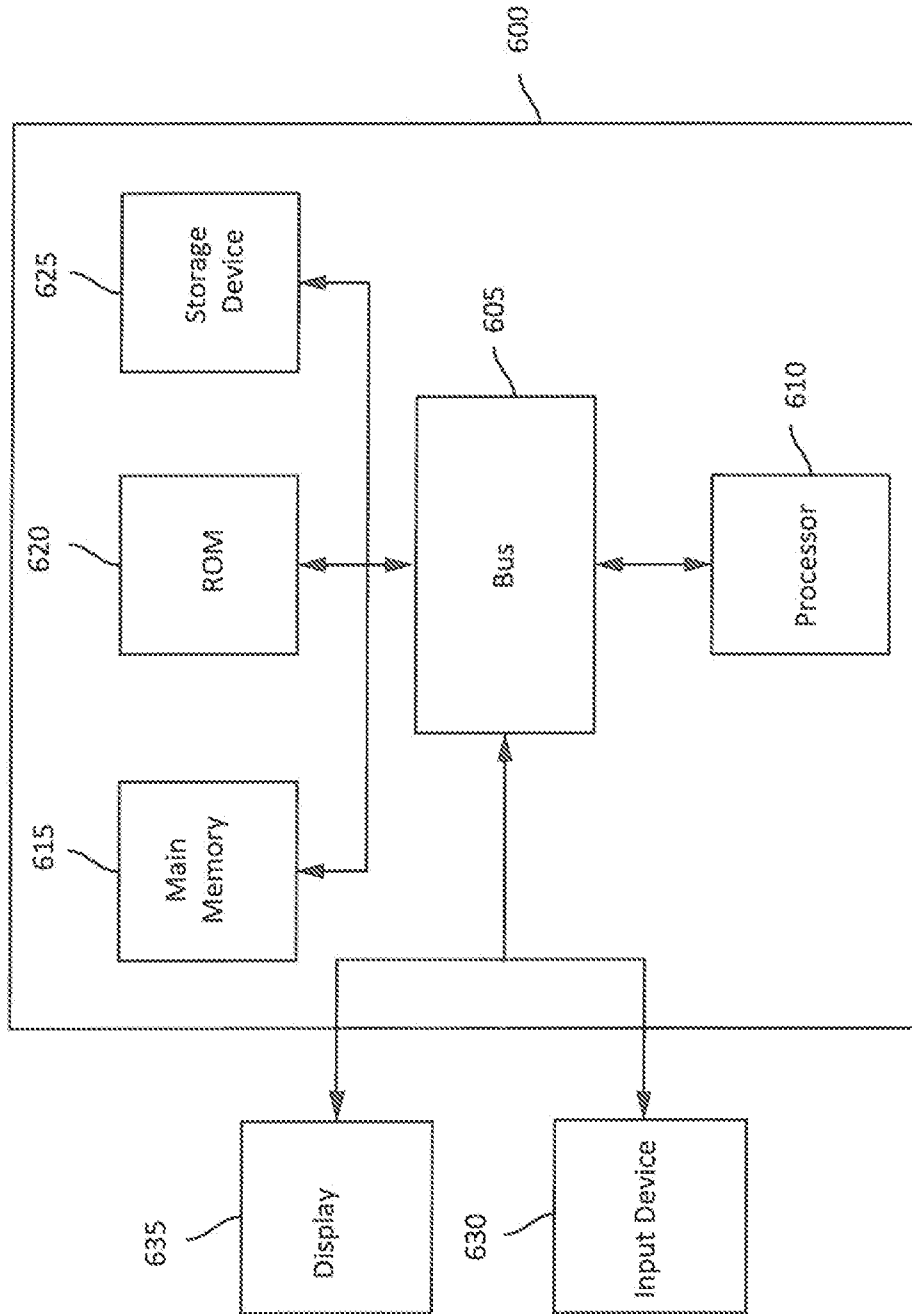


FIG. 6