

Patentschrift

(51) Int. Cl.: **B60L 11/12** (2006.01)

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Benda Vincent Dipl.Ing.
85114 Buxheim (DE)
Ebner Peter Dipl.Ing. Dr.
8042 Graz (AT)
Schneider Richard Dipl.Ing.
8044 Graz (AT)
Sifferlinger Bernhard Dipl.Ing.
8041 Graz (AT)

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

(54) **Range-Extender-System, insbesondere für ein Kraftfahrzeug**

- einen ersten elektromechanischen Energiewandler (2); und
- eine Verbrennungskraftmaschine (3), die mit dem ersten elektromechanischen Energiewandler koppelbar ist,

FIG. 1

Beschreibung

RANGE-EXTENDER-SYSTEM MIT EINEM VERBESSERTEN KÜHLKREISLAUF

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Range-Extender-System, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, vorzugsweise ein Elektrokraftfahrzeug, welches einen ersten elektromechanischen Energiewandler und eine Verbrennungskraftmaschine aufweist, die mit dem elektromechanischen Energiewandler koppelbar ist.

[0002] Als Range-Extender bezeichnet man zusätzliche Aggregate in einem Elektrokraftfahrzeug, die in der Regel aus einem Verbrennungsmotor bestehen, welcher einen Generator antreibt, um eine Energiespeichereinrichtung bzw. einen Elektromotor mit elektrischer Energie zu versorgen. Range-Extender können jedoch auch in Häusern als Blockheizkraftwerke oder als Generatoreinheiten bei mobilen Anwendungen dienen.

[0003] Elektrokraftfahrzeuge sind elektromotorisch angetriebene Fahrzeuge. Zur ihrer Energieversorgung werden üblicherweise Akkumulatoren bzw. Batterien als Energiespeichereinrichtung eingesetzt, welche ortsgebunden über das Stromnetz oder mobil über Range-Extender, oder Solarmodule aufgeladen werden können.

[0004] Im Falle eines Elektrokraftfahrzeugs mit Range-Extender umfasst das Kraftfahrzeug daher in der Regel einen ersten elektromechanischen Energiewandler, welcher Teil des Range-Extenders ist und überwiegend als Generator dient und einen zweiten elektromechanischen Energiewandler, der Teil des Antriebsstrangs ist und überwiegend als Motor dient.

[0005] In der Regel sind die Stromverbraucher (Elektromotoren, Klimaanlage, etc.), die Stromversorger (Generatoren, Solarmodule, etc.) und die Energiespeichereinrichtung des Elektrokraftfahrzeugs über eine Leistungselektronik, insbesondere einen Umrichter, an einen Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen, der die unterschiedlichen Stromsysteme der Versorgerseite von der Verbraucherseite entkoppelt.

[0006] Bei Elektrokraftfahrzeugen mit einem Range-Extender wird die Verbrennungskraftmaschine des Range-Extenders in der Regel während der Fahrt ohne unmittelbare Einwirkung des Fahrers, insbesondere in Abhängigkeit vom Ladezustand der Energiespeichereinrichtung, gestartet und abgestellt. Der elektromechanische Energiewandler, welche in der Regel eine permanent erregte Synchronmaschine ist, weist üblicherweise wenigstens zwei Betriebsmodi auf, welche durch eine entsprechende Steuerungselektronik gesteuert werden: Der Generatormodus ist der Normalbetrieb des Range-Extenders. Umgekehrt kann dieser aber auch im Motormodus betrieben werden, Dieser Motormodus wird üblicherweise genutzt, um die Verbrennungskraftmaschine zu starten.

[0007] Der Antrieb eines Elektrokraftfahrzeugs mit einem Range-Extender erfolgt über mindestens einen zusätzlichen zweiten elektromechanischen Energiewandler, in der Regel auch eine permanent erregte Synchronmaschine, welcher ebenfalls über eine Leistungselektronik, insbesondere einen Umrichter, an den Gleichstromzwischenkreis zur Versorgung angeschlossen ist. Im Betrieb treibt dieser im Motormodus das Elektrokraftfahrzeug an oder rekuperiert Energie über den Generatormodus, z. B. bei der Entschleunigung oder beim Bergabfahren. Sowohl beim Erzeugen der elektrischen Energie, dem Umrichten der elektrischen Energie, dem Speichern der elektrischen Energie als auch beim Umwandeln der elektrischen Energie in mechanische Energie wird dabei Abwärme erzeugt. Diese Abwärme ist ein Energieverlust und geht als effizienzmindernd in den Wirkungsgrad des Antriebs des Elektrokraftfahrzeugs ein.

[0008] Um Hitzeschäden zu vermeiden und die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten des Antriebs aufrecht zu erhalten, muss diese Energie zusätzlich möglichst effizient abgeführt werden.

[0009] Bei der Verbrennungskraftmaschine treten örtlich im Brennraum Spitzentemperaturen von über 2000°C auf. Zur Verhinderung einer thermischen Überlastung der eingesetzten Werkstoffe für, je nach Motorenart, z. B. Zylinderkopf, Ventile, Zündkerzen, Einspritzventil, Vorkam-

mer, Dichtung, Kolben, Kolbenringe, Zylinderrohr und Motorblock muss eine Kühlung der einzelnen Bauteile erfolgen. Dabei wird etwa ein Drittel der eingesetzten Kraftstoffenergie durch Wärmeabgabe an die Kühlung abgeführt.

[0010] Dies geschieht üblicherweise mittels einer Direktkühlung (Luft) oder Medienkühlung (Kühlflüssigkeit), die als Verdampfungskühlung, Thermosiphonkühlung oder als Zwangsumlaufkühlung mit einem Kühlkreislauf ausgeführt ist.

[0011] Als Kühlmedium dient in der Regel Wasser mit einem Kühlmediumzusatz. Das im gesamten Kühlkreislauf befindliche Volumen beträgt etwa das vier- bis sechsfache des Hubvolumens und wird etwa zehnmal je Minute durch eine Kühlkreislaufpumpe umgewälzt. Um das Kühlvolumen beim Starten des Motors in der Warmlaufphase zu beschränken, wird die Temperatur über ein Thermostat geregelt. Im kalten Zustand bleibt zur schnelleren Erwärmung des Motors der Kühlkreislauf zunächst auf dem motorinternen Kreislauf beschränkt. Erst bei Erreichung der Öffnungstemperatur des Thermostats wird der Weg zum Kühlkreislauf freigegeben, so dass die kritische Temperatur der Verbrennungskraftmaschine, unter welcher vermehrt Abnutzungen und schlechte Verbrennungswerte auftreten, schnell überschritten werden.

[0012] Dies bewirkt, dass die Kühlung erst dann einsetzt, wenn sie erforderlich ist, d.h. nicht während der Warmlaufphase. Dadurch wird der Motor schneller warm, was den Kraftstoffverbrauch und die HC- und CO-Emission reduziert.

[0013] Die AT 505 950 offenbart ein Stromerzeugungsaggregat, bei welchem eine Brennkraftmaschine und ein Generator zur Kühlung und zur Reduzierung der Schallabstrahlung in einem kühlluftdurchströmten Gehäuse angeordnet sind.

[0014] Auch die Leistungselektronikeinheit, das sogenannte Power-Inverter-Modul, weiche im Gleichspannungszwischenkreis Energie entnimmt bzw. in diesen einspeist und dabei erhebliche Abwärme erzeugt, wird üblicherweise entweder durch Luftkühlung oder einen Kühlkreislauf gekühlt. Dasselbe gilt für die Energiespeichereinrichtung, z. B. bei einem Lithium-Ionen-Akku.

[0015] Elektrokraftfahrzeuge der neuesten Generation weisen daher in der Regel drei Kühlkreisläufe auf: Zum einen jenen für die Leistungselektronik, jenen für die Energiespeichereinrichtung und jenen für die Verbrennungskraftmaschine des Range-Extenders.

[0016] Dies verursacht erhebliche Kosten, die zu den hohen Anschaffungspreisen der Elektrofahrzeuge mit Range-Extender gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungskraftmaschine beitragen.

[0017] Die DE 10 2009 020 421 A1 offenbart ein Antriebssystem, welches eine Stirlingmaschine sowie einen thermoelektrischen Generator aufweist, die die Wärmeenergie, welche in den Abgasen, die aus der Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs austreten, verarbeiten und mechanische Leistung bzw. elektrischen Strom erzeugen. Ferner weist das Gesamtsystem einen Kühlkreislauf mit einer Kühlmittelpumpe auf, der mit der Stirlingmaschine und/oder dem thermoelektrischen Generator in Wirkkontakt ist, um zumindest den thermoelektrischen Generator nochmals in seiner Effizienz zu steigern.

[0018] Darüber hinaus verfügt die Verbrennungskraftmaschine üblicherweise über einen Ölkreislauf. Dieser ist bei modernen Verbrennungskraftmaschinen eines Range-Extenders in der Regel als Druckumlaufschmierung in einem geschlossenen System ausgebildet. Dabei werden alle relativ zueinander bewegten Motorenbauteile zur Senkung der Reibung geschmiert und die hydraulischen Stellelemente gefüllt. Neben der Schmierung und der Reibungsminderung ist die Wärmeabfuhr und -verteilung eine weitere wesentliche Aufgabe für den Ölkreislauf. Ferner gehört hierzu auch die feine Abdichtung an den Kolbenringen, das Lösen von Verbrennungsrückständen und der Abtransport von Verschleißpartikeln.

[0019] Sind vom Ölkreislauf umfangreiche Kühlungsaufgaben verlangt, wird in den Kreislauf ein Ölkühler eingebaut, der entweder als Wasser/Öl oder als Luft/Öl-Wärmetauscher ausgeführt ist. Auch dieser separate Ölkreislauf verfügt über eigene Pumpen, Überdruckventile, ÖlfILTER, etc..

[0020] Ein Elektrokraftfahrzeug mit Range-Extender vereint die Technologie eines reinen Elektrokraftfahrzeugs mit der einer Verbrennungskraftmaschine. Dies führt zu einer Multiplikation der Systeme, da ein solches Kraftfahrzeug in der Regel alle Elemente eines reinen Elektrokraftfahrzeugs und eines Kraftfahrzeugs mit Verbrennungskraftmaschine aufweist.

[0021] Die Anzahl der potentiellen Fehlerquellen wird vervielfacht, wodurch einerseits mehr Defekte entstehen und andererseits Defekte schwieriger zu finden sind.

[0022] Ein weiterer Nachteil eines Kraftfahrzeugs mit Range-Extender kann darin liegen, dass der elektromechanische Energiewandler beim Startvorgang der Verbrennungskraftmaschine störende Geräusche verursacht, da in der Regel in kurzer Zeit eine hohe Leistung aufgebracht werden muss, um die Verbrennungskraftmaschine zu starten.

[0023] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Range-Extender-System zu schaffen, welches die oben genannten Probleme in einem Kraftfahrzeug mit Range-Extender verringert.

[0024] Diese Aufgabe wird durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den abhängigen Ansprüchen beansprucht.

[0025] Bei dem Range-Extender-System gemäß der Erfindung weisen der erste elektromechanische Energiewandler und die Verbrennungskraftmaschine einen gemeinsamen Kühlkreislauf mit einem Kühlmedium auf.

[0026] Ein elektromechanischer Energiewandler im Sinne der Erfindung dient zur Umformung von elektrischer Energie in mechanische Energie und umgekehrt. Zu diesen zählen insbesondere Elektromotoren und elektrische Generatoren. Je nach Richtung der übertragenen Leistung wird bei den elektromechanischen Energiewandlern zwischen Motorbetrieb, dabei wird Leistung von der elektrischen Seite zu der mechanischen Seite übertragen, und dem Generatorbetrieb mit gegensinnigem Leistungsfluss unterschieden.

[0027] Unter einer Verbrennungskraftmaschine im Sinne der Erfindung sind Wärmekraftmaschinen zu verstehen, die über einen Verbrennungsvorgang chemische Energie eines Kraftstoffs in mechanische Energie umwandeln. Beim Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine wird gewöhnlich durch die Expansion eines Luftbrennstoffgemischs bei der Verbrennung in einer Arbeitskammer ein üblicherweise als Kolben bezeichnetes Antriebselement aus dem Brennraumbereich verdrängt, wodurch dieser eine Antriebswelle in Bewegung, vorzugsweise in Rotation, versetzt.

[0028] Ein Kraftfahrzeug im Sinne der Erfindung ist ein mobiles Verkehrsmittel, das dem Transport von Gütern, Werkzeugen oder Personen dient und maschinell angetrieben wird.

[0029] Unter einem Elektrokraftfahrzeug im Sinne der Erfindung ist bevorzugt ein Kraftfahrzeug zu verstehen, welches mit elektrischer Energie aus einer Energiespeichereinrichtung, vorzugsweise ein elektrochemischer Energiespeicher, ein Akkumulator bzw. eine Batterie, betrieben wird. Ist der Akkumulator bzw. die Batterie entleert, muss er, entweder über das Stromnetz oder eine mobile Versorgungseinrichtung, vorzugsweise ein Range-Extender oder Solarzellen, wiederaufgeladen werden.

[0030] Unter Kühlkreislauf im Sinne der Erfindung ist eine Zwangsumlaufkühlung zu verstehen. Bei dieser wird in einem geschlossenen Kühlkreislauf mittels einer Pumpe ein Kühlmedium aus einem heißen Bereich, insbesondere dem Brennraumbereich der Verbrennungskraftmaschine bzw. dem Induktionsbereich des elektromechanischen Energiewandlers zu einem Wärmetauscher, vorzugsweise einem Kühler, befördert und dort über den Fahrtwind, insbesondere mit der Unterstützung eines mechanischen oder elektrisch angetriebenen Lüfters, zurückgekühlt.

[0031] Kühlmedien im Sinne der Erfindung sind gasförmige oder flüssige Stoffe oder Stoffgemische, die zum Abtransport von Wärme eingesetzt werden. Ein Kühlmedium im Sinne der Erfindung ist sowohl Wärmeträger als auch Kälte-träger. In der Regel dient als Kühlmedium Wasser, Luft oder Öl, vorzugsweise Thermalöl.

[0032] Durch die Integration eines Kühlkreislaufs für den ersten elektromechanischen Energiewandler in den Kühlkreislauf der Verbrennungskraftmaschine können zusätzliche Komponenten für einen zweiten Kühlkreislauf eingespart werden. So genügt vorzugsweise eine Pumpe für das Kühlmedium und ein Sammelbehälter für das Kühlmedium, es genügt vorzugsweise ein Wärmetauscher zur Kühlung des Kühlmediums und auch die Regelung des Drucks im Kühlkreislauf muss vorzugsweise nur einmal ausgeführt werden.

[0033] Ein solches System ist des Weiteren von besonderem Vorteil, da der Range-Extender als in sich abgeschlossenes System ausgeführt werden kann. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn der Range-Extender als entfernbares Modul in ein Elektrokraftfahrzeug integriert werden soll. Des Weiteren wird durch die Einbeziehung des ersten elektromechanischen Energiewandlers in den Kühlkreislauf der Verbrennungskraftmaschine das Kühlmedium beim Starten des Range-Extenders durch die zwei vorhandenen Wärmequellen schneller erwärmt und die Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine wesentlich schneller erreicht. Dadurch kann der Kraftstoffverbrauch und die HC- und CO-Emission stark reduziert werden. Ferner wird die Geräuscentwicklung durch den elektromechanischen Energiewandler beim Start der Verbrennungskraftmaschine durch die schall- und vibrationsdämpfende Eigenschaft des Kühlmittels verringert.

[0034] Die Erfindung ist bei allen Arten von Range-Extendern anwendbar, welche eine Verbrennungskraftmaschine, bei welcher sich ein Kolben in einem Arbeitsraum bewegt, und einen elektromechanischen Energiewandler, welcher sowohl als elektrischer Motor als auch elektrischer Generator einsetzbar ist, aufweisen.

[0035] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Verbrennungskraftmaschine eine Rotationskolbenmaschine.

[0036] Unter einer Rotationskolbenmaschine im Sinne der Erfindung ist bevorzugt eine Einrichtung zu verstehen, bei welcher ein vorzugsweise im Wesentlichen dreieckiger Kolben bzw. Rotor während des Betriebs der Brennkraftmaschine in deren Gehäuse eine Rotation um eine Hauptachse ausführt, wobei sich der Kolben um seine eigene Achse dreht, welche sich aber auch zusätzlich auf einer bevorzugt eigenen Kreisbahn bewegt. Anders ausgedrückt führt der Kolben eine planetenartige Bewegung um die Hauptachse aus. In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine solche Rotationskolbenmaschine ein Wankelmotor. Die Erfindung kann auch bei Rotationskolbenmaschinen mit zwei, drei oder mehr nebeneinander angeordneten Kolben eingesetzt werden. Ferner kann die Erfindung auch mit jeder anderen Art von Verbrennungskraftmaschinen, wie vorzugsweise einer Hubkolbenmaschine, verwendet werden.

[0037] Die Rotationskolbenmaschine weist in besonders vorteilhafter Weise im Betrieb eine hohe Laufruhe auf, so dass die Insassen eines Kraftfahrzeugs nicht durch Vibrationen gestört werden. Ferner weist die Rotationskolbenmaschine gegenüber einem herkömmlichen Otto- oder Dieselmotor eine wesentliche geringere Geräuscentwicklung auf. Schließlich können wesentlich höhere Drehzahlen als mit einem Hubkolbenmotor erreicht werden.

[0038] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist als Kühlmedium Öl einsetzbar.

[0039] Unter Öl sind im Sinne der Erfindung Flüssigkeiten zu verstehen, die sich nicht mit Wasser mischen lassen. Dies sind insbesondere Schmieröle und Thermalöle. Schmieröle verhindern die Geräuscentwicklung und besonders den Materialverschleiß, da sie technische Schmierstoffe sind. Darüber hinaus ermöglicht die Verwendung von Schmieröl auch die Wärmeabfuhr. Schmieröl bildet zwischen bewegten Flächen einen Leitfilm. Dabei kommen vorzugsweise mineralische, synthetische und/oder biogene Öle in Frage, insbesondere sind auch Mehrbereichsöle in Betracht zu ziehen, die ihre Viskosität bei unterschiedlichen Temperaturen nur im geringen Ausmaß ändern.

[0040] Der Einsatz von Öl als Kühlmedium hat insbesondere den Vorteil, dass Öle hervorragende Isoliereigenschaften sowie einen höheren Siedepunkt als Wasser aufweisen. Dies ist insbesondere beim Durchfluss des Kühlmediums durch den ersten elektromechanischen Energiewandler wichtig, da das Öl in der Regel an manchen Stellen in Kontakt mit Bauteilen mit

verschiedenem Potential ist, die mit einem leitenden Kühlmedium kurzgeschlossen werden könnten. Ferner kann der Kühlkreislauf durch den höheren Siedepunkt mit einer höheren Temperatur gefahren werden.

[0041] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Schmiersystem der Verbrennungskraftmaschine in den Kühlkreislauf eingebunden.

[0042] Ein Schmiersystem im Sinne der Erfindung ist dient zum Schmieren der bewegten Teile des Motors. Vorzugsweise ist dies ein Ölkreislauf.

[0043] Durch das Einbinden des Ölkreislaufs in den Kühlkreislauf kann auf einen separaten Kreislauf zur Schmierung verzichtet werden. Ferner kann auf diese Weise auch der Ölkreislauf der Verbrennungskraftmaschine effizienter zum Kühlen derselbigen eingesetzt werden. Ferner wird gewährleistet, dass das Öl der Schmierung ausreichend gekühlt wird.

[0044] Durch das Einbinden des Ölkreislaufs der Verbrennungskraftmaschine wird ferner eine ständige Schmierung der Maschine, auch beim Stillstand erreicht. Hierdurch ist der Motor beim Starten schon geschmiert und Reibungsverluste werden somit vermieden.

[0045] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zusätzlich eine Energiespeichereinrichtung des Kraftfahrzeugs über den Kühlkreislauf kühlbar.

[0046] Unter Energiespeichereinrichtung im Sinne der Erfindung ist eine Einrichtung zum Speichern von Energie, insbesondere elektrischer Energie, zu verstehen, insbesondere ein elektromechanischer Energiespeicher bzw. ein Akkumulator.

[0047] Durch den Innenwiderstand der Energiespeichereinrichtung sowie die hohen Ströme beim Laden und der Entnahme von Energie entwickelt die Energiespeichereinrichtung Abwärme. Durch die Einbindung der Kühlung der Energiespeichereinrichtung in den Kühlkreislauf wird eine sehr effiziente Kühlung der Batterie erreicht. Insbesondere die große Menge an Kühlflüssigkeit in dem gemeinsamen Kühlkreislauf ermöglicht ein effizientes Abkühlen der Energiespeichereinrichtung. Ferner wird durch die von dem Kühlmedium abtransportierte Abwärme die Brennkraftmaschine, welche an denselben Kühlkreislauf angeschlossen ist, auf eine gewisse Temperatur erwärmt. Somit erreicht diese beim Start wesentlich schneller ihre Betriebstemperatur, wodurch der Kraftstoffverbrauch und die HC- und CO-Emission wesentlich reduziert werden können.

[0048] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zusätzlich ein zweiter elektromechanischer Energiewandler zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs über den gemeinsamen Kühlkreislauf kühlbar.

[0049] Auch durch diese Einbindung des zweiten elektromechanischen Energiewandlers wird eine Erhöhung der Anzahl an Kühlsystemen durch einen weiteren Kühlkreislauf im Kraftfahrzeug vermieden. Ferner wird auch der zweite elektromechanische Energiewandler während dessen Stillstand über die Abwärme des Energiespeichers auf Betriebstemperatur gehalten. Dies ist z. B. der Fall während eines Aufladeprozesses am Stromnetz bei sehr niedrigen Außentemperaturen im Freien. Schließlich dient auch die Abwärme des zweiten elektromechanischen Energiewandlers dazu, die Betriebstemperatur der Verbrennungskraftmaschine bei deren Stillstand aufrecht zu erhalten.

[0050] Um die Erwärmung des elektromechanischen Energiewandlers zu begrenzen, werden vorzugsweise Stator und Rotor gekühlt.

[0051] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Leistungselektronik des ersten elektromechanischen Energiewandlers, die Leistungselektronik des zweiten elektromechanischen Energiewandlers und/oder die Leistungselektronik der Energiespeichereinrichtung über den Kühlkreislauf kühlbar.

[0052] Eine effektive Kühlung der Leistungselektronik ist für deren Funktion unabdingbar. Besonders vorteilhaft bei der Kühlung über den gemeinsamen Kühlkreislauf ist auch hier die große Menge an Kühlmedium, welche sich in dem Kühlkreislauf befindet und daher effizient zurückgekühlt werden kann.

[0053] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in dem Kühlkreislauf ein Wärmetauscher in der Weise angeordnet, dass die Luft für den Innenraum eines Kraftfahrzeugs erwärmbar ist.

[0054] Dies hat den Vorteil, dass die Luft für den Innenraum des Kraftfahrzeugs erhitzt werden kann, ohne dass dafür ein zusätzlicher elektrischer Heizer zugeschaltet werden muss. Dies stellt eine Energieersparnis dar und bewirkt, dass die Reichweite eines Elektrokraftfahrzeugs bei kalter Witterung um ein Vielfaches erhöht wird. Eine Reichweitenerhöhung stellt eine wesentliche Voraussetzung für die Durchsetzung der Elektromobilität gegenüber anderen Antriebsformen voraus. Auch eine Zuschaltung der Verbrennungskraftmaschine ist für die Erwärmung der Luft nicht unbedingt notwendig, da die Abwärme der anderen Komponenten des Kühlkreislaufes ausreicht. Es handelt sich hierbei um eine Art der Kraftwärmekopplung bzw. Abwärmenutzung.

[0055] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in dem Kühlkreislauf des Weiteren eine Kraftwärmemaschine in der Weise angeordnet, dass Abwärme in mechanische Energie und/oder elektrische Energie umwandelbar ist.

[0056] Hierdurch kann der Wirkungsgrad des Range-Extender-Systems bzw. Elektrokraftfahrzeugs gesteigert werden. Durch Abwärme verlorengegangene Energie wird mit der Kraftwärmemaschine aufgefangen und entweder zum Antrieb des Kraftfahrzeugs, zum Antrieb von Nebenaggregaten oder zur Erzeugung elektrischer Energie, welche wiederum in den Gleichstromzwischenkreis eingespeist wird, eingesetzt.

[0057] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Steuerung des ersten elektromechanischen Energiewandlers und/oder des zweiten elektromechanischen Energiewandlers und die Steuerung der Verbrennungskraftmaschine in einer gemeinsamen Steuervorrichtung integriert. Auch durch diese Maßnahme wird eine Reduzierung der Komponenten eines Elektrokraftfahrzeugs erreicht. Insbesondere entfällt eine sicherheitskritische Kommunikation zwischen beiden Steuergeräten. Somit wird die Störungsanfälligkeit reduziert. Signale, welche steuerelektronische Parameter darstellen, brauchen ferner nur noch einmal ausgewertet zu werden. Beispiele sind Drehzahl, Geschwindigkeit, etc..

[0058] Obige sowie weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen. Darin zeigen:

[0059] Figur 1 eine schematische Darstellung eines Range-Extender-Systems einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0060] Figur 2 eine schematische Darstellung eines Range-Extender-Systems gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0061] Figur 3 eine schematische Darstellung eines Range-Extender-Systems gemäß einer dritten und vierten Ausführungsform der Erfindung;

[0062] Figur 4 eine schematische Darstellung eines Kühlkreislaufs eines erfindungsgemäßen Range-Extender-Systems gemäß einer fünften, sechsten und siebten Ausführungsform,

[0063] Figur 5 eine schematische Darstellung eines Range-Extenders gemäß einer achten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Range-Extender-Systems.

[0064] Bezug nehmend auf Figur 1 wird eine erste Ausführungsform der Erfindung näher erläutert. Die Erfindung wird dabei am Beispiel eines Range-Extender-Systems 1 mit Rotationskolbenmaschine mit einem im Wesentlichen dreieckigen Rotationskolben bzw. Rotor 10 als Verbrennungskraftmaschine 3 beschrieben. Die Rotationskolbenmaschine 3 ist dabei in der Weise dargestellt, dass ihre Scheibe in die Bildebene gedreht ist, wodurch sowohl die Dreiecksform der Rotoren 6, 7, wie auch die Trochoidenform der Scheibe sichtbar wird.

[0065] Das Range-Extender-System 1 weist eine Rotationskolbenmaschine 3 und einen elektromechanischen Energiewandler 2 auf, der mit der Welle 14 der Rotationskolbenmaschine 3

koppelbar ist. Die Kopplung ist in jeder geeigneten Weise ausgeführt, um ein Drehmoment der Welle 14 der Rotationskolbenmaschine 3 auf den Rotor 15 des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2 zu übertragen. Vorzugsweise wird eine mechanische Verbindung eingesetzt, insbesondere eine starre Verlängerung der Welle 14, wobei dann der Rotor 15 des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2 und der Exzenter der Rotationskolbenmaschine 3 auf derselben Welle 14 liegen.

[0066] Der elektromechanische Energiewandler 2 kann als reiner Generator und/oder als Generator/Motor ausgebildet sein. Im Generatormodus erzeugt dieser elektrische Energie durch ein Drehmoment, welches diesem über die Welle 14 der Rotationskolbenmaschine 3 bereitgestellt wird. Die elektrische Energie entsteht dabei durch elektromagnetische Induktion, die der Rotor 15 in dem Stator 16a, 16b des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2 erzeugt. Diese Energie wird über eine Leistungselektronik 18a in ein Stromnetz eingespeist. Dieses ist vorzugsweise ein Gleichstromzwischenkreis eines Elektrokraftfahrzeugs.

[0067] Bevorzugt sind an der Welle 14 der Rotationskolbenmaschine 3 Massenausgleiche 12, 13 angebracht, um die Unwucht der Rotationskolbenmaschine 3 durch die Bewegung des Exzentrums und des Rotors 10 der Rotationskolbenmaschine 3 auszugleichen.

[0068] Die Rotationskolbenmaschine 3 und der erste elektromechanische Energiewandler 2 werden von einem gemeinsamen Kühlkreislauf 5 gekühlt, in dem Kühlkreislauf 5 kommt ein Kühlmedium zum Einsatz, bevorzugt Kühlwasser, welches vorzugsweise mit einem Frostschutzmittel versetzt sein kann, noch bevorzugter Alkohol und besonders bevorzugt Öl. Das Kühlmedium in dem Kühlkreislauf 5 durchfließt zunächst die Rotationskolbenmaschine 3 und dann den elektromechanischen Energiewandler 2. Hierbei durchfließt das Medium Kühlkanäle 9a, 9b, welche im Motorblock der Rotationskolbenmaschine 3 und/oder im Stator 16a, 16b eingebracht sind. Vorzugsweise ist auch vorgesehen, dass das Kühlmedium sich bewegende Teile wie den Rotor 10 der Rotationskolbenmaschine und/oder den Rotor 15 des elektromechanischen Energiewandlers 3 und/oder die Welle 14 durchströmt.

[0069] Der Kühlkreislauf 5 bildet dabei bevorzugt ein geschlossenes System. Dieser kann jedoch auch in Unterkreisläufe aufgeteilt sein, die abgehend von dem Kühlkreislauf 5 nur einzelne Komponenten durchfließen, um dann wieder in den Kühlkreislauf 5 einzumünden. Ferner kann die in Figur 1 dargestellte Leitung des Kühlmitteleinkreislaufs, welche das Kühlmedium transportiert, sowohl einadrig als auch mehradrig ausgeführt sein, beispielsweise, um das Kühlmedium zu einer Komponente hin- und wieder abzuführen.

[0070] Beim Durchströmen der jeweiligen Bauteile findet ein Wärmeaustausch zwischen den Bauteilen und dem Kühlmedium statt. Dabei geben die Bauteile Wärmeenergie an die Kühlflüssigkeit ab. Hierbei ist es wichtig, dass die Kühlkanäle in der Weise angeordnet sind, dass die Wärmeenergie optimal zwischen den einzelnen Bauteilen und dem Kühlmedium austauschbar sind. Um einen verbesserten Wärmeaustausch zu gewährleisten, können die einzelnen Bauteile der Rotationskolbenmaschine 3 und/oder des elektromechanischen Energiewandlers 2 Wärmeaustauschelemente aufweisen, welche bevorzugt aus einem stark wärmeleitenden Material wie Kupfer oder Zinn bestehen, um den Wärmeaustausch noch effektiver zu gestalten.

[0071] Selbstverständlich kann der Kühlkreislauf 5 das Range-Extender-System 1 auch in entgegengesetzter Richtung durchströmen, d.h. zunächst wird der elektromechanische Energiewandler 2 und danach die Rotationskolbenmaschine 3 durchströmt.

[0072] Das Kühlmedium wird dabei von einer Pumpe 22 befördert, welche in dem Kühlkreislauf 5 angeordnet ist. Bei der Pumpe 22 kann es sich um eine elektrisch betriebene Pumpe oder um eine mechanisch betriebene Pumpe handeln. Im Falle einer mechanisch betriebenen Pumpe 22 ist diese bevorzugt mit der Welle 14 gekoppelt, um von dieser betrieben zu werden.

[0073] Die Kühlung des Kühlmittels in dem Kühlkreislauf 5 erfolgt über einen Kühler 21. In diesem wird das Kühlmedium über einen Wärmetauscher gekühlt, bevorzugt mit einem Luftstrom, noch bevorzugter mit Wasser.

[0074] Bevorzugterweise ist ein solches beschriebenes Range-Extender-System 1 in einem Kraftfahrzeug 8 einsetzbar, besonders bevorzugt in einem Elektrokraftfahrzeug. Eine Energiespeichereinrichtung des Kraftfahrzeugs kann mit dem Range-Extender-System 1 aufgeladen werden, wenn kein Netzstrom zur Verfügung steht. Das Kraftfahrzeug 8 weist in diesem Fall bevorzugterweise einen Tank für fossile Brennstoffe auf, um die Rotationskolbenmaschine 3 des Range-Extender-Systems 1 mit Brennstoff zu versorgen.

[0075] Bezug nehmend auf Figur 2 wird nunmehr eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Range-Extender-Systems 1 beschrieben.

[0076] Diese zweite Ausführungsform ist in vorteilhafter Weise mit der vorhergehenden erläuterten ersten Ausführungsform der Figur 1 kombinierbar.

[0077] Die zweite Ausführungsform unterscheidet von der ersten Ausführungsform dadurch, dass auch das Schmiersystem 6 der Rotationskolbenmaschine 3 in den Kühlkreislauf 5 mit eingebunden ist. Das heißt, das Kühlmedium durchströmt nicht nur Teile des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2 und der Rotationskolbenmaschine 3 in Kühlkanälen oder Wärmetauschelementen, sondern wird auch zur Schmierung der beweglichen Teile der Rotationskolbenmaschine 3 eingesetzt.

[0078] Die Schmierung hat die Aufgabe, Reibung zwischen zwei Oberflächen zu verringern. Reibung ist der Widerstand einer Oberfläche, sich gegen eine andere zu bewegen; die Richtung der Kraft, die zur Bewegung eines Körpers aufgewendet werden muss, ist der dabei entstehenden Reibung entgegengerichtet. Reibung führt also stets zu einem Energieverlust.

[0079] Die Trennung sich gegeneinander bewegenden Metallflächen ist die Hauptaufgabe eines Schmiermittels, vorliegend insbesondere die Schmierung des Rotors 10 der Verbrennungskraftmaschine 3 und der Welle 14. Gleichzeitig kühlt das Kühl- bzw. Schmiermittel die Rotationskolbenmaschine 3 von innen. Das Schmiersystem ist dabei vorzugsweise als Ölkreislauf ausgeführt.

[0080] In bevorzugter Weise eignet sich an dieser Ausführungsform Öl als Kühl- und damit auch als Schmiermittel, da dieses besonders vorteilhafte Schmiereigenschaften aufweist.

[0081] Bezug nehmend auf Figur 3 werden eine dritte und eine vierte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Range-Extender-Systems 1 beschrieben.

[0082] Die dritte und die vierte Ausführungsform sind in vorteilhafter Weise mit den vorhergehenden ersten und zweiten Ausführungsform der Figuren 1 und 2 kombinierbar.

[0083] Zusätzlich zu dem ersten elektromechanischen Energiewandler 2 und der Rotationskolbenmaschine 3 durchströmt das Kühlmedium in der dritten Ausführungsform auch die Energiespeichereinrichtung 7. Bevorzugt ist diese Energiespeichereinrichtung 7 ein elektrochemischer Energiespeicher bzw. ein Akkumulator. Die Energiespeichereinrichtung 7 stellt die elektrische Energie für den zur Versorgung eines Gleichstromzwischenkreises 23 bereit, an welchem sämtliche Verbraucher, wie Elektromotoren, Klimaanlage, etc. und Versorger wie Range-Extender, Solarzellen, Netzstrom, etc. über entsprechende Leistungselektroniken 18a, 18b angeschlossen sind. Auch die Energiespeichereinrichtung 7 weist vorteilhafterweise Kühlkanäle 9c auf.

[0084] Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich zu den vorhergehenden Ausführungsformen dadurch, dass auch der zweite elektromechanische Energiewandler 4 über den gemeinsamen Kühlkreislauf 5 kühlbar ist.

[0085] Der zweite elektromechanische Energiewandler 4 dient einem Kraftfahrzeug 8, vorzugsweise einem Elektrokraftfahrzeug, zum Antrieb. Das Drehmoment des zweiten elektromechanischen Energiewandlers 4 wird dabei über ein Differenzial 26 und eine Achse 25 zu den Rädern 11a und 11b übertragen. Der zweite elektromechanische Energiewandler 4 bezieht seine Energie aus dem Gleichstromzwischenkreis 23, welcher von der Energiespeichereinrichtung 7 gespeist wird. Auch der zweite elektromechanische Energiewandler 4 weist einen Stator 17a, 17b sowie einen Rotor 19 auf. Die Kühlung der einzelnen Bauteile des zweiten elektromechanischen Energiewandlers 4 erfolgt in gleicher Weise wie bei dem ersten elektromechanischen

Energiewandler 2.

[0086] Sowohl im ersten und/oder zweiten elektromechanischen Energiewandler 2, 4 kann das Kühlmedium gemäß dieser Ausführungsform oder einer der vorhergehenden Ausführungsformen auch zum Schmieren beweglicher Bauteile eingesetzt werden.

[0087] In bevorzugter Weise können auch alle vier Räder, 11a, 11b, 11c, 11d betrieben werden.

[0088] Der zweite elektromechanische Energiewandler 4 zum Antrieb des Kraftfahrzeugs kann auch als dezentraler elektromechanischer Energiewandler an jedem einzelnen Rad 11a, 11b, 11c, 11d eines Kraftfahrzeugs ausgeführt sein, in bevorzugter Weise als Motor oder gekrümmte elektrische Linearmaschine, der oder die direkt am oder im Rad angeordnet ist.

[0089] Bezug nehmend auf die Figuren 4 und 5 werden weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Range-Extender-Systems 1 beschrieben.

[0090] Diese Ausführungsformen sind in vorteilhafter Weise mit einer der vorhergehenden Ausführungsformen kombinierbar.

[0091] Eine fünfte Ausführungsform unterscheidet sich von den vorhergehenden Ausführungsformen dadurch, dass die Leistungselektronik 18a des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2, die Leistungselektronik 18b des zweiten elektromechanischen Energiewandlers 4 und/oder der Leistungselektronik der Energiespeichereinrichtung 7 über den gemeinsamen Kühlkreislauf 5 kühlbar sind. Hierfür weist auch die Leistungselektronik 18a, 18b Kühlkanäle 9d auf. In Bezug auf den ersten elektromechanischen Energiewandler ist dies in Figur 5 dargestellt.

[0092] Eine sechste Ausführungsform unterscheidet sich von den vorhergehenden Ausführungsformen dadurch, dass diese zusätzlich einen Wärmetauscher 27 aufweist, welcher in den gemeinsamen Kühlkreislauf 5 in der Weise angeordnet ist, dass die Luft für den Innenraum eines Kraftfahrzeugs 8 erwärmbar ist.

[0093] Der Wärmetauscher 27 wird daher einerseits von dem Kühlmedium durchströmt, andererseits wird Luft, welche für den Innenraum vorgesehen ist, durch diesen geströmt. Der Wärmetauscher 27 kann dabei an jeder beliebigen Stelle des Kühlkreislaufes 5 angeordnet sein, in bevorzugter Weise kann der Kühlkreislauf 5 mehrmals durch den Wärmetauscher 27 führen, um je nach Wärmeentwicklung der einzelnen Komponenten 2, 18a, 3, 4, 18b, 7, welche bevorzugterweise an den Kühlkreislauf 5 angeschlossen sind, die Innenraumluft optimal aufzuwärmen.

[0094] Wie in Figur 4 gezeigt, durchströmt der Kühlkreislauf 5 bevorzugt alle Komponenten. Die Reihenfolge ist hier jedoch rein beispielhaft und könnte in jeder beliebigen Weise geändert werden. Auch die Durchströmungsrichtung könnte sowohl im Uhrzeigersinn, als auch im Gegenuhrzeigersinn erfolgen. Schließlich sind bevorzugterweise, wie in den vorhergehenden Ausführungsformen beschrieben, nur einzelne Komponenten durchströmt. Andere Komponenten sind nicht durchströmt oder werden von einem Unterkühlkreislauf durchströmt, der abgehend vom Kühlkreislauf 5 nur einzelne Komponenten durchströmt, um dann wieder in den Kühlkreislauf 5 einzumünden.

[0095] In einer siebten Ausführungsform weist der Kühlkreislauf 5 des Weiteren eine Kraftwärmemaschine 20 auf. Abwärme aus den einzelnen Komponenten, welche an den Kühlkreislauf 5 angeschlossen sind, kann so in mechanische Energie und/oder elektrische Energie umgewandelt werden. Vorzugsweise handelt es sich dabei um eine Stirlingmaschine oder einen thermoelektrischen Generator.

[0096] Wie in Fig. 5 dargestellt, sind in einer achten Ausführungsform die Steuerung des ersten elektromechanischen Energiewandlers 2 sowie die Steuerung 31 der Verbrennungskraftmaschine 3 in einer gemeinsamen Steuervorrichtung integriert. Die Steuerungen umfassen dabei jeweils die Steuerelektronik und die Leistungselektronik 18a. Die Steuerung der Rotationskolbenmaschine 3 steuert vorzugsweise das Auslassventil, die Drossel 30, Kraftstoffeinspritzung 29 und/oder Zündkerze 28 sowie andere zu steuernde Elemente der Rotationskolbenmaschine 3.

[0097] In allen Ausführungsformen der Erfindung kann das Kühlmedium des Kühlkreislaufes 5 auch zum Schmieren anderer beweglicher Teile eines Kraftfahrzeugs 8 eingesetzt werden.

[0098] Ferner können die elektromechanischen Energiewandler 2, 4 bevorzugt Polmaschinen, bevorzugter Außenpolmaschinen, noch bevorzugter Asynchronmaschinen, besonders bevorzugt selbsterregte Asynchronmaschinen oder am bevorzugtesten Reluktanzmaschinen sein.

BEZUGSZEICHENLISTE:

Range-Extender-System	1
Erster elektromechanischer Energiewandler	2
Verbrennungskraftmaschine	3
Zweiter elektromechanischen Energiewandler	4
Kühlkreislauf	5
Schmiersystem der Rotationskolbenmaschine	6
Energiespeichereinrichtung	7
Kraftfahrzeug	8
Kühlkanäle	9a, 9b, 9c, 9d
Rotor der Rotationskolbenmaschine	10
Räder	11a, 11b, 11c, 11d
Massenausgleich	12
Massenausgleich	13
Welle	14
Rotor des ersten elektromechanischen Energiewandlers	15
Stator des ersten elektromechanischen Energiewandlers	16a, 16b
Stator des zweiten elektromechanischen Energiewandlers	17a, 17b
Leistungselektronik	18a, 18b
Rotor des zweiten elektromechanischen Energiewandlers	19
Kraftwärmemaschine	20
Kühler	21
Pumpe	22
Gleichstromzwischenkreis	23
Antriebsstrang	4, 24, 25, 26
Antriebswelle	24
Achse	25
Differential	26
Wärmetauscher	27
Zündkerze	28
Kraftstoffeinspritzung	29
Drossel	30
Steuerung der Verbrennungskraftmaschine	31

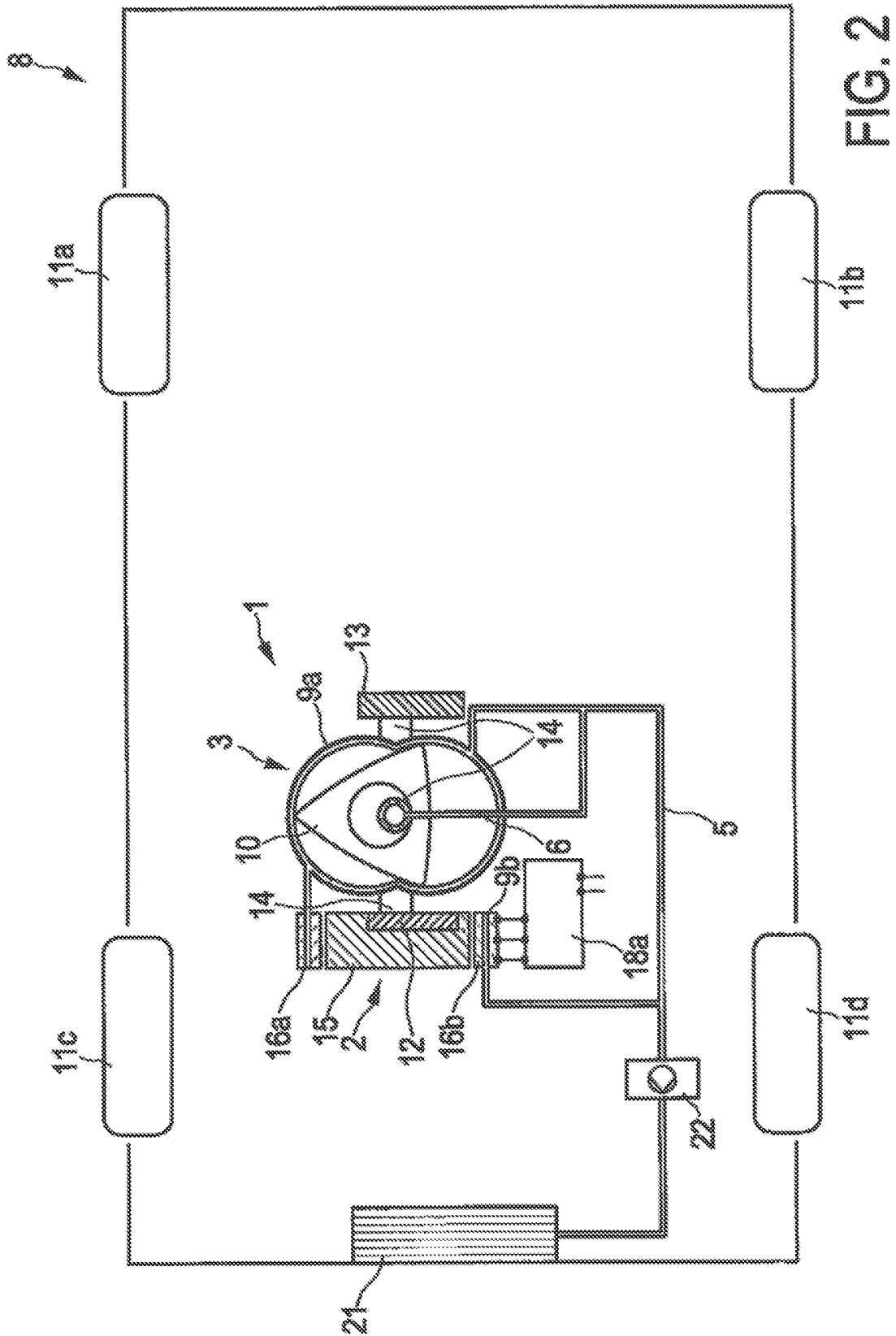
Patentansprüche

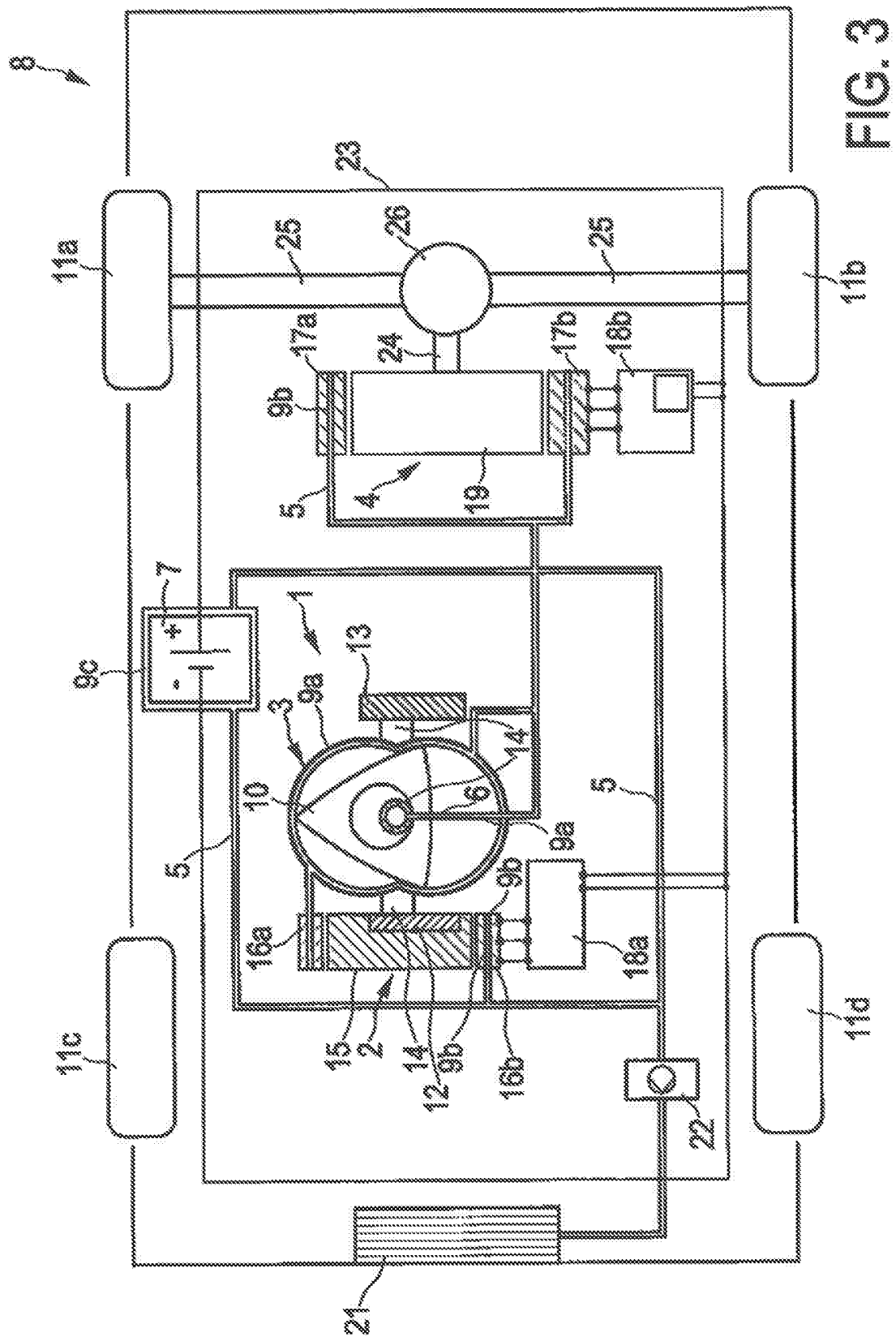
1. Range-Extender-System (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug (8), vorzugsweise ein Elektrofahrzeug, aufweisend:
einen ersten elektromechanischen Energiewandler (2); und
eine Verbrennungskraftmaschine (3), die mit dem ersten elektromechanischen Energiewandler (2) koppelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste elektromechanische Energiewandler (2) und die Verbrennungskraftmaschine (3) einen gemeinsamen Kühlkreislauf (5) mit einem Kühlmedium aufweisen.
2. Range-Extender-System (1) nach Anspruch 1, wobei die Verbrennungskraftmaschine (3) eine Rotationskolbenmaschine ist.
3. Range-Extender-System (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei Öl als Kühlmedium einsetzbar ist.
4. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schmiersystem (6) der Verbrennungskraftmaschine (3) wenigstens teilweise in den Kühlkreislauf (5) eingebunden ist.
5. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zusätzlich eine Energiespeichereinrichtung (7) des Kraftfahrzeugs über den gemeinsamen Kühlkreislauf (5) kühlbar ist.
6. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zusätzlich ein zweiter elektromechanischer Energiewandler (4) zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs über den gemeinsamen Kühlkreislauf (5) kühlbar ist.
7. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zusätzlich die Leistungselektronik (18a) des ersten elektromechanischen Energiewandlers (2), die Leistungselektronik (18b) des zweiten elektromechanischen Energiewandlers (4) und/oder die Leistungselektronik der Energiespeichereinrichtung (7) über den gemeinsamen Kühlkreislauf (5) kühlbar ist.
8. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die von dem Kühlkreislauf (5) durchströmten Bauteile Kühlkanäle (9a, 9b) und/oder Wärmetauschelemente aufweisen.
9. Range-Extender-System (1) nach Anspruch 8, wobei die Kühlkanäle (9a, 9b, 9c) in der Weise angeordnet sind, dass Wärmeenergie zwischen dem Stator (16a, 16b; 17a, 17b) des jeweiligen elektromechanischen Energiewandlers (2, 4), dem Motorblock der Verbrennungskraftmaschine (3) und/oder den Speicherelementen der Energiespeichereinrichtung (7) und den Kühlkanälen (9a, 9b, 9c) und/oder den Wärmetauschelementen austauschbar ist.
10. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kühlmedium des Kühlkreislaufes zum Schmieren der beweglichen Elemente des ersten elektromechanischen Energiewandlers (2) und/oder des zweiten elektromechanischen Energiewandlers (4) einsetzbar ist.
11. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kühlmedium des Kühlkreislaufes (5) zum Schmieren beweglicher Teile eines Kraftfahrzeugs (8) einsetzbar ist.
12. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Kühlkreislauf ein Wärmetauscher (27) in der Weise angeordnet ist, dass die Luft für den Innenraum eines Kraftfahrzeugs erwärmbar ist.
13. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Kühlkreislauf (5) eine Kraftwärmemaschine (13) in der Weise angeordnet ist, dass Abwärme in mechanische Energie und/oder elektrische Energie umwandelbar ist.

14. Range-Extender-System (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Steuerung (18a) des ersten elektromechanischen Energiewandlers (2) und/oder die Steuerung (18b) des zweiten elektromechanischen Energiewandlers (4) und die Steuerung (31) der Verbrennungskraftmaschine (3) in einer gemeinsamen Steuervorrichtung integriert sind.
15. Kraftfahrzeug (8), insbesondere ein Elektrofahrzeug, mit einem Range-Extender-System (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen







30

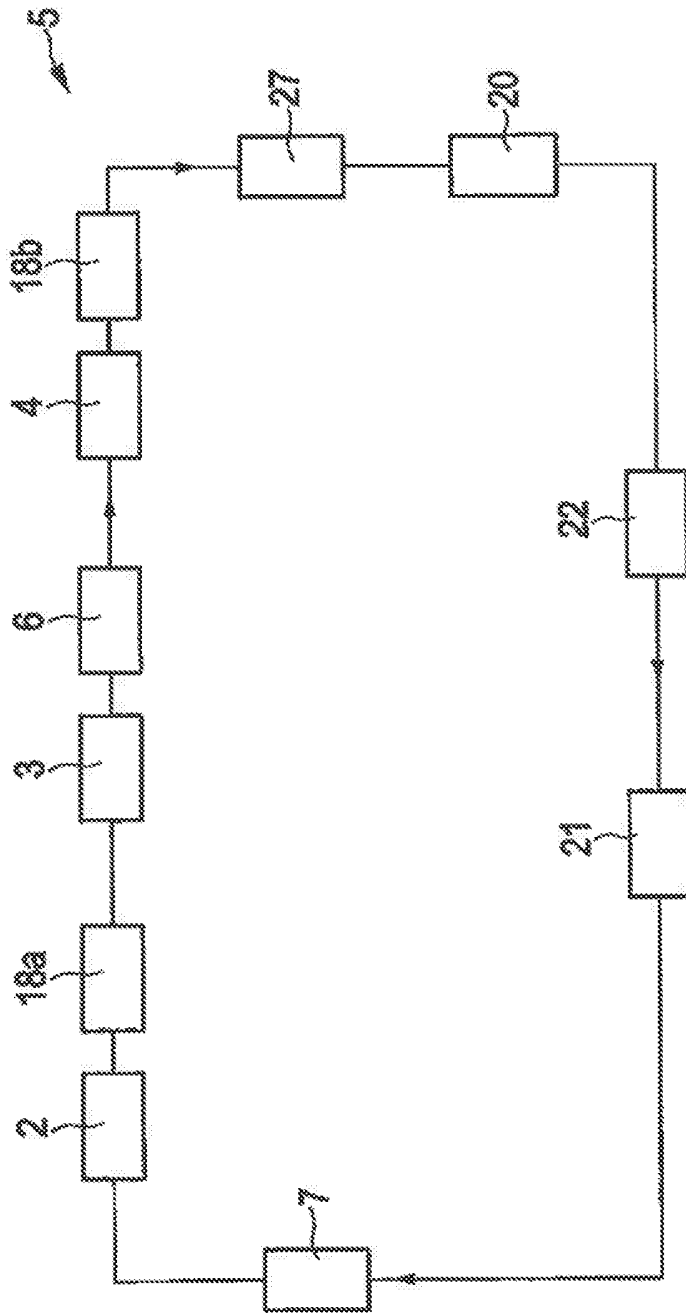


FIG. 4

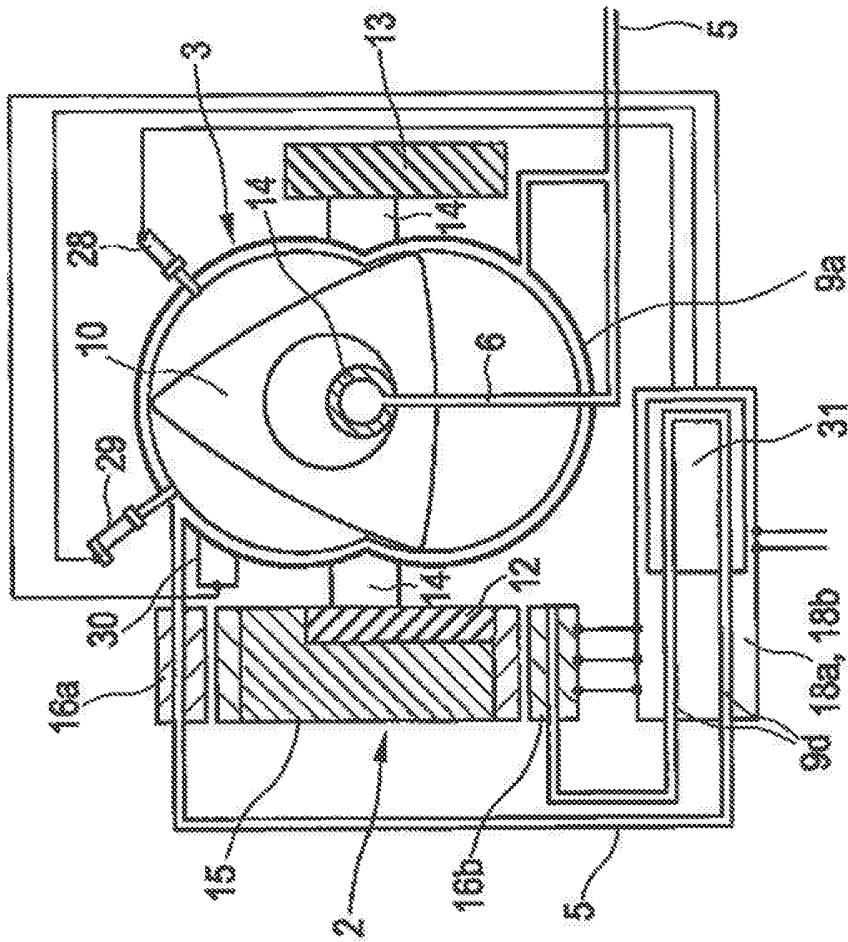


FIG. 5