



(10) **DE 10 2015 201 549 A1** 2016.07.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 201 549.1**

(22) Anmeldetag: **29.01.2015**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2016**

(51) Int Cl.: **B60W 20/30 (2016.01)**

**B60W 10/04 (2006.01)**

**B60W 10/10 (2006.01)**

**B60W 30/18 (2006.01)**

**B60W 20/00 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

**10 2015 200 566.6 15.01.2015**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:

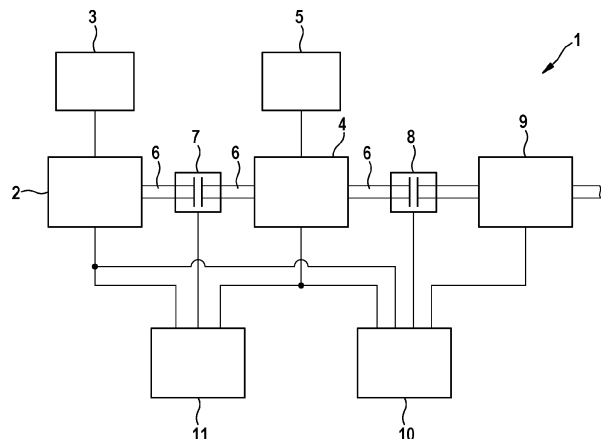
**Huber, Alexander, 71282 Hemmingen, DE;  
Naumann, Marc, 70469 Stuttgart, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines Hybridantriebssystems in einem Kraftfahrzeug mit optimierter Wahl der Fahrstufe**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridantriebssystems (1) mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit (2, 4), wobei ein datenbasiertes Modell sowohl in einem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von den Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomenten als auch in einem Getriebesteuergerät (10) zur Steuerung eines Schaltgetriebes (9) zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Fahrstufe für das Schaltgetriebe (9) und die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen der Betriebszustandsgrößen an das Hybridsteuergerät (11) und das Getriebesteuergerät (10);
- Ansteuern der Antriebseinheiten (2, 4) durch das Hybridsteuergerät (11) und des Schaltgetriebes (9) durch das Getriebesteuergerät (10), so dass diese mithilfe des jeweils gleichen datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten (2, 4) entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung bzw. eine Vorgabe der Fahrstufe an das Schaltgetriebe (9) vornehmen.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft Kraftfahrzeuge mit einem Hybridantriebssystem. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung Verfahren zur automatischen Wahl der Fahrstufe bei Hybridantriebssystemen.

## Technischer Hintergrund

**[0002]** Bei Hybridantriebssystemen für Kraftfahrzeuge findet in der Regel die Steuerung des Antriebsstrangs und die Fahrstufenauswahl separat, insbesondere in getrennten Steuergeräten, statt. So werden für die Betriebsstrategien des Antriebsstrangs insbesondere die Bestimmung der Lastverteilung zwischen der Antriebseinheit prädiktiv oder nichtprädiktiv basierend auf Zustandsgrößen und einer Drehzahl bzw. Momentenanforderung ermittelt und die Wahl der Fahrstufen separat davon basierend auf Zustandsgrößen des Antriebsstrangs und der Momentenanforderung bestimmt. Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass ein Einsparpotenzial von Kraftstoff unter Einbeziehung der Wahl der Fahrstufe, der Größe der Teilmomente, der einzelnen Antriebseinheiten sowie der Lastverteilung ein Einsparpotenzial von 5% ergeben kann.

**[0003]** Die Druckschrift DE 10 2011 121 398 A1 beschreibt eine Gangauswahlvorrichtung für ein Kraftfahrzeug, mit einer Logikeinheit, die eingerichtet ist, einen in einem Getriebe des Kraftfahrzeugs einzulegenden Gang anhand wenigstens einer mit der Last eines Motors des Kraftfahrzeugs zusammenhängenden Größe festzulegen, wobei die Gangauswahlvorrichtung ferner einen Umgebungssensor umfasst und eingerichtet ist, von dem Umgebungssensor gelieferte, eine vor dem Fahrzeug liegende Fahrbahn betreffende Informationen bei der Ausgabe eines Auswahlsignals, das einen neu festgelegten Gang spezifiziert, zu berücksichtigen. Ein Fahrzeugnavigationssystem kann Daten über Kurvenverläufe und vorausliegende Steigungen und Gefälle liefern, welche dazu genutzt werden können, die Motorlast des Fahrzeugs zu prädizieren, so dass eine Schaltempfehlung unter Berücksichtigung künftiger Motorlasten berechnet werden kann.

**[0004]** Die Druckschrift DE 10 2009 045 089 A1 offenbart ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln eines automatisierten Getriebes eines Fahrzeuges, bei dem ein Getriebesteuergerät verwendet wird, in dem mehrere Steuerdatensätze zum Ausführen vorbestimmter Schalt- und/oder Ansteuerstrategien abgespeichert werden. Durch das Getriebesteuergerät wird eine dynamische und/oder statische Umschaltung zwischen verschiedenen Steuerdatensätzen anhand der gegenwärtigen Position und/oder der Art des Fahrzeugs durchgeführt, wobei auch zukünftige

ge Streckendaten erfasst und ausgewertet werden, so dass die erfassten, zukünftigen Streckendaten im Rahmen der Auswertung bestimmten Steuerdatensätzen zugeordnet werden, um eine vorausschauende Ansteuerung des Fahrzeugs zu realisieren.

**[0005]** Die Druckschrift WO2013/020760A1 offenbart ein Verfahren zur Beeinflussung einer Getriebeschaltstrategie eines Kraftfahrzeugs, wobei mit Hilfe von Fahrzustandsdaten und/oder Fahrerwunschedaten der Betrieb des Getriebes gesteuert wird, bei dem für eine vorausschauende Fahrstrategie, die auf Topographiedaten einer aktuellen Position des Kraftfahrzeugs und/oder auf Topographiedaten einer in einer bestimmten Entfernung vor der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs liegenden Position basiert, eine Schaltreaktion bestimmt wird. Straßenklassenbezogene Informationen und/oder zeitliche straßenverkehrsregelnde Informationen und/oder als wahrscheinlich angenommene routenbezogene Informationen werden erfasst, wobei die so erfassten Informationen oder daraus abgeleitete schaltstrategie-relevante Informationen für die Bestimmung einer Schaltreaktion bei einer Auswertung der Topographiedaten berücksichtigt werden.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Erfindungsgemäß sind ein Verfahren zum kraftstoffoptimierten Betreiben eines Kraftfahrzeugs mit einem Hybridantriebssystem und einem Schaltgetriebe gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren und ein Kraftfahrzeug gemäß den nebengeordneten Ansprüchen vorgesehen.

**[0007]** Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Gemäß einem ersten Aspekt ist ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridantriebssystems mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit vorgesehen, wobei ein datenbasiertes Modell sowohl in einem Hybridsteuergerät zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von den Antriebseinheiten bereitgestellten Teilmomente als auch in einem Getriebesteuergerät zur Steuerung eines Schaltgetriebes zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Fahrstufe für das Schaltgetriebe und die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen von Betriebszustandsgrößen an das Hybridsteuergerät und das Getriebesteuergerät;
- Ansteuern der Antriebseinheiten durch das Hybridsteuergerät und des Schaltgetriebes durch das Getriebesteuergerät, so dass diese mithilfe des jeweils gleichen datenbasierten Modells die

Ansteuerung der Antriebseinheiten entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung bzw. eine Vorgabe der Fahrstufe an das Schaltgetriebe vornehmen.

**[0009]** Es wurde erkannt, dass für eine optimale Kraftstoffeinsparung die Wahl der Fahrstufe und die Bestimmung der Lastverteilung zwischen verschiedenen Antriebseinheiten eines Hybridantriebsystems gemeinsam erfolgen muss, um das mögliche Einsparpotenzial bestmöglich auszuschöpfen. Bislang werden jedoch die Wahl der Fahrstufe und die Steuerung des Hybridantriebssystems, insbesondere die Bestimmung der Lastverteilung, auf getrennten Steuergeräten durchgeführt und können aufgrund der Komplexität der Berechnung nicht ohne Weiteres auf ein einzelnes Steuergerät übertragen werden, da die zur Verfügung stehende Rechenleistung deutlich erhöht werden müsste.

**[0010]** Das obige Verfahren sieht daher vor, eine bestmögliche Kraftstoffeinsparung bei der Wahl der Fahrstufe und der vorzusehenden Lastverteilung einzulernen und diese dann in den Steuergeräten für das Hybridantriebssystem und das Getriebesteuergerät zu implementieren, so dass die Wahl der Fahrstufe und die Wahl der geeigneten Lastverteilung abhängig voneinander erfolgen kann. Während bisher die Wahl der Fahrstufe basierend auf der bereitzustellenden Gesamtlast und der Drehzahl des Antriebsstrangs erfolgte, werden nun bei der Steuerung des Hybridantriebssystems auch die möglichen wählbaren Fahrstufen bei der Optimierung des Kraftstoffverbrauchs berücksichtigt. Dadurch ist es möglich, abhängig von möglichen Lastanforderungen, Fahrzeuggeschwindigkeiten, wählbaren Fahrstufen, Lastverteilung zwischen Antriebseinheiten des Hybridantriebssystems und ggfs. anderen Parametern optimierte Trajektorien für repräsentative Fahrsituationen zu bestimmen und daraus ein datenbasiertes Modell zu erstellen. Das datenbasierte Modell ordnet den Eingangsgrößen auf geeignete Weise die Ausgangsgrößen auszuwählende Fahrstufe und Lastverteilung und dergleichen zu.

**[0011]** Das datenbasierte Modell wird sowohl in dem Hybridantriebssteuergerät als auch in dem Getriebesteuergerät implementiert, so dass bei der Vorgabe von gleichen Eingangsgrößen, wie beispielsweise der Drehzahl, der Momentenanforderung die Ermittlung bzw. die Wahl der entsprechenden Betriebszustände, d.h. die Wahl der Lastverteilung und die Wahl der Fahrstufe, koordiniert zueinander durchgeführt wird. Auf diese Weise ist es möglich, eine zuvor offline, d.h. außerhalb des Kraftfahrzeugs ermittelte optimierte Betriebsstrategie zur Nutzung einer bestmöglichen Kraftstoffeinsparung in ein Antriebssystem mit getrennten Steuergeräten zu übertragen. Die Betriebsstrategie entspricht einer Zuordnung von jeweils einen Betriebspunkt bestimmenden Eingangs-

größen zu entsprechenden Betriebszuständen (definiert durch Betriebszustandsgrößen). Die Realisierung in verschiedenen Steuergeräten mit datenbasierten Modellen benötigt keinen wesentlich erhöhten Rechenbedarf, so dass das obige Verfahren in bestehenden Steuersystemen verwendet werden kann.

**[0012]** Weiterhin können die Betriebszustandsgrößen eine oder mehrere der folgenden Größen umfassen: eine Drehmomentenanforderung, ein momentanes Antriebsmoment, eine momentane Drehzahl des Hybridantriebssystems, eine momentan ausgewählte Fahrstufe, eine momentane Fahrzeuggeschwindigkeit, prädizierte Fahrzeuggeschwindigkeit und ein prädiziertes Antriebsmoment.

**[0013]** Es kann vorgesehen sein, dass das datenbasierte Modell in einer separaten Recheneinrichtung außerhalb des Hybridantriebssystems erstellt wird, indem anhand eines Optimierungsverfahrens mit einer vorgegebenen Kostenfunktion basierend auf Betriebszustandsgrößen Stellgrößen, die zumindest eine Lastverteilung und eine in dem Schaltgetriebe zu wählende Fahrstufe umfassen, ermittelt werden und indem eine Zuordnung der Betriebszustandsgrößen zu den Stellgrößen mithilfe eines datenbasierten Verfahrens ausgeführt wird.

**[0014]** Gemäß einer Ausführungsform kann die Kostenfunktion den Kraftstoffverbrauch einer als Verbrennungsmotor ausgebildeten Antriebseinheit berücksichtigen.

**[0015]** Weiterhin kann das datenbasierte Modell ein Regressionsmodell, insbesondere ein Gauß-Prozess-Modell umfassen.

**[0016]** Insbesondere kann das datenbasierte Verfahren ein Klassifikationsverfahren, insbesondere ein k-means-Clustering-Verfahren, umfassen, wobei eine Klassifikation basierend auf den Betriebszustandsgrößen und den Stellgrößen durchgeführt wird.

**[0017]** Es kann vorgesehen sein, dass die vorgegebene Fahrstufe einem Fahrer signalisiert wird oder dass das Getriebesteuergerät das Schaltgetriebe anweist, die Fahrstufe gemäß der Vorgabe der Fahrstufe automatisch einzustellen.

**[0018]** Weiterhin kann das datenbasierte Modell ein erstes Teilmodell zum Ermitteln der Lastverteilung und ein zweites Teilmodell zum Ermitteln der zu wählenden Fahrstufe umfassen, wobei das erste Teilmodell in dem Hybridsteuergerät und das zweite Teilmodell in dem Getriebesteuergerät ausgeführt werden.

**[0019]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridsteuergeräts zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung

von von Antriebseinheiten bereitgestellten Teilmomenten vorgesehen, wobei in dem Hybridsteuergerät ein datenbasiertes Modell zur Steuerung der Lastverteilung ausgeführt wird, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, wobei das datenbasierte Modell eine von den Betriebszustandsgrößen abhängige Wahl der Fahrstufe in einem separaten Getriebesteuergerät berücksichtigt.

**[0020]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Hybridsteuergerät zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von Antriebseinheiten bereitgestellten Teilmomenten vorgesehen, wobei ein datenbasiertes Modell in dem Hybridsteuergerät zur Steuerung der Lastverteilung implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, wobei das datenbasierte Modell eine von den Betriebszustandsgrößen abhängige Wahl der Fahrstufe in einem separaten Getriebesteuergerät berücksichtigt.

**[0021]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Hybridantriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit vorgesehen, wobei ein datenbasiertes Modell sowohl in einem Hybridsteuergerät zur Steuerung der Lastverteilung zwischen den Antriebseinheiten als auch in einem Getriebesteuergerät zur Steuerung des Schaltgetriebes zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Fahrstufe für ein Schaltgetriebe und eine Lastverteilung für eine Aufteilung der von den Antriebseinheiten bereitgestellten Teilmomente abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen. Die Betriebszustandsgrößen werden dem Hybridsteuergerät und dem Getriebesteuergerät bereitgestellt, so dass diese mithilfe des jeweils gleichen datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung bzw. eine Vorgabe der Fahrstufe vornehmen.

**[0022]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Hybridantriebssystem für ein Kraftfahrzeug mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit, einem Hybridsteuergerät und einem Getriebesteuergerät vorgesehen, wobei ein datenbasiertes Modell ausgebildet ist, um eine Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen basierend auf einem Fahrstufenmodell zur von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen abhängigen Bestimmung einer Fahrstufe anzugeben. Das datenbasierte Modell ist in dem Hybridsteuergerät zur Steuerung der Lastverteilung zwischen den Antriebseinheiten implementiert; und das vorgegebene Fahrstufenmodell ist in dem Getriebesteuergerät zur Steuerung des Schaltgetriebes zum Auswählen der Fahrstufe implementiert. Die Betriebszustandsgrößen werden dem Hybridsteuerge-

rät und dem Getriebesteuergerät bereitgestellt, so dass das Hybridsteuergerät mithilfe des datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung und das Getriebesteuergerät die Wahl der Fahrstufe mithilfe des Fahrstufenmodells vornehmen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0023]** Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0024]** Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Hybridantriebssystems mit Antriebseinheiten sowie einer Hybridsteuereinheit und eine Getriebesteuereinheit; und

**[0025]** Fig. 2 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Implementieren einer Steuerungsstrategie für das Antriebssystem der Fig. 1.

#### Beschreibung von Ausführungsformen

**[0026]** Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Antriebssystems, das als Hybridantriebssystem 1 ausgebildet ist. Das Hybridantriebssystem 1 weist eine erste Antriebseinheit auf, die beispielsweise als ein Verbrennungsmotor 2 ausgebildet sein kann. Dem Verbrennungsmotor 2 wird chemische Energie in Form von Kraftstoff bereitgestellt, der in einem Kraftstofftank 3 gespeichert ist.

**[0027]** Es ist eine zweite Antriebseinheit vorgesehen, die als Elektroantrieb 4 ausgebildet sein kann. Dem Elektroantrieb 4 wird zum Betreiben elektrische Energie aus einem elektrischen Energiespeicher 5 bereitgestellt.

**[0028]** Der Verbrennungsmotor 2 und der Elektroantrieb 4 sind über eine gemeinsame Antriebswelle 6 miteinander koppelbar. Mit Hilfe einer ersten steuerbaren Kupplung 7, die zwischen dem Verbrennungsmotor 2 und dem Elektroantrieb 4 angeordnet ist, ist es möglich, die Kopplung zwischen dem Verbrennungsmotor 2 und dem Elektroantrieb 4 herzustellen oder zu lösen, je nachdem ob der Verbrennungsmotor 2 einen Beitrag für das Bereitstellen des Antriebsmoments leisten soll oder nicht. Der Antriebsstrang 6 ist weiterhin über eine zweite steuerbare Kupplung 8 mit einem Schaltgetriebe 9 koppelbar. Dazu ist die zweite Kupplung 8 zwischen dem Elektroantrieb 4 und dem Schaltgetriebe 9 angeordnet. Ausgangsseitig des Schaltgetriebes 9 ist der Antriebsstrang 6 mit Antriebsrädern (nicht gezeigt) des anzutreibenden Kraftfahrzeugs verbunden.

**[0029]** Das Schaltgetriebe 9 ist ausgebildet, um gesteuert von einem Schaltsignal eine entsprechende

Fahrstufe einzustellen. Dazu sind die zweite Kupplung **8** und das Schaltgetriebe **9** mit einem Getriebe-steuergerät **10** verbunden, das zum Durchführen eines Schaltvorgangs die zweite Kupplung **8** auskoppelt und die Fahrstufe entsprechend einer vorgegebenen Fahrstufe einstellt, um anschließend die zweite Kupplung **8** wieder einzukoppeln. Alternativ kann das Schaltsignal nicht zum unmittelbaren Schalten des Schaltgetriebes **9** sondern zum Signalisieren einer Schaltempfehlung an einen Fahrer des Kraftfahrzeugs verwendet werden.

**[0030]** Weiterhin ist ein Hybridsteuergerät **11** vorgesehen, das basierend auf Zustandsgrößen des Antriebsstrangs **6** bzw. des Verbrennungsmotors **2** und/oder des Elektroantriebs **4** eine Lastverteilung bzw. einen Einschaltzustand (Start/Stopp-Betrieb) des Verbrennungsmotors **2** steuert, so dass ein angefordertes Antriebsmoment durch entsprechende durch die Lastverteilung angegebene Teilmomente des Verbrennungsmotors **2** und des Elektroantriebs **4** bereitgestellt wird. Zudem kann das Antriebssteuergerät **11** eine geeignete Strategie zur Wiederaufladung des elektrischen Energiespeichers **5** in einem Rekuperationsbetrieb bzw. in einem generatorischen Betrieb des Elektroantriebs **4** steuern.

**[0031]** In den bisherigen Realisierungen der Steuerungsverfahren für das Antriebssteuergerät **11** und das Getriebe-steuergerät **10** erfolgen die Optimierungen der optimalen Lastverteilung zwischen den Antriebseinheiten und die Optimierung und Wahl der optimalen Fahrstufe separat voneinander. Jedoch lässt sich so das vollständige Potenzial zur Einsparung von Kraftstoff bzw. Energie nicht vollständig ausschöpfen, und es ist wünschenswert, die Wahl der Fahrstufe so durchzuführen, dass diese auf die Wahl der Lastverteilung bzw. eines Start/Stopp-Zustands angepasst durchgeführt wird.

**[0032]** Es ist daher vorgesehen, zunächst in einem Offline-Verfahren, zum Beispiel in einer separaten Recheneinrichtung, optimierte Trajektorien für die Wahl der Fahrstufe, für die Wahl eines Start/Stopp-Zustands und für die Wahl einer Lastverteilung des Hybridantriebssystems **1** zu berechnen. Dies erfolgt für repräsentative Fahrsituationen, die durch Betriebszustandsgrößen bestimmt sind. Die Betriebszustandsgrößen können eine oder mehrere der folgenden Größen umfassen: eine Drehmomentenanforderung, ein momentanes Antriebsmoment, eine momentane Drehzahl des Antriebsstrangs **6** und eine momentan ausgewählte Fahrstufe. In einer erweiterten Betrachtung können die Betriebszustandsgrößen auch eine prädizierte Fahrzeuggeschwindigkeit und ein prädiziertes Antriebsmoment umfassen, die mithilfe herkömmlicher an sich bekannter Prädiktionsverfahren unter Berücksichtigung einer wahrscheinlich befahrenen vorausliegenden Wegstrecke prädiziert werden. Durch das Offline-Verfahren werden

den Betriebszustandsgrößen die Stellgrößen Lastverteilung und Wahl der Fahrstufe entsprechend einer Betriebsstrategie zugeordnet. Das Offline-Verfahren kann ein datenbasiertes Verfahren sein, mit dem ein datenbasiertes Modell ermittelt wird.

**[0033]** Datenbasierte Modelle sind Modelle, die in der Regel durch eine Vermessung oder Simulation eines physikalischen Systems mit Hilfe so genannter Trainingsdaten ermittelt werden. Die Verwendung von datenbasierten Modellen kann z.B. auf einem Bayes-Regressionsverfahren als einem datenbasierten Verfahren basieren. Die Grundlagen der Bayes-Regression sind beispielsweise in C. E. Rasmussen et al., „Gaussian Processes for Machine Learning“, MIT Press 2006, beschrieben.

**[0034]** Fig. 2 verdeutlicht anhand eines Flussdiagramms die Vorgehensweise zum Bereitstellen von Steuerungen für das Hybridantriebssystem **1**.

**[0035]** Die Optimierung in der separaten Recheneinrichtung erfolgt in Schritt S1 gemäß einer vorgegebenen Kostenfunktion, die z.B. vorsehen kann, einen Kraftstoffverbrauch zu minimieren. Zur Offline-Optimierung werden für die Stellgrößen, nämlich die Lastverteilung, die Fahrstufe sowie der Einschaltzustand des Verbrennungsmotors **2**, für jeden der durch die obigen Betriebszustandsgrößen bestimmten Betriebszustände optimale Einstellungen ermittelt.

**[0036]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Optimierung basierend auf einer vorgegebenen Schaltstrategie bzw. Strategie zur Wahl der Fahrstufe erfolgt. Dabei berücksichtigt die Kostenfunktion für die Fahrstufe keinen Freiheitsgrad, sondern nimmt für die verschiedenen Betriebsbereiche (definiert durch die Betriebszustandsgrößen) vorgegebene Fahrstufen an. Insbesondere kann die Wahl der Fahrstufen durch ein Fahrstufenmodell vorgegeben sein.

**[0037]** Die Ergebnisse des Optimierungsverfahrens werden in Schritt S2 als Trainingsdaten in einem maschinellen Lernverfahren verwendet, das ebenfalls in der separaten Recheneinrichtung ausgeführt werden kann. Das maschinelle Lernverfahren kann ein datenbasiertes Verfahren, insbesondere ein Klassifikationsverfahren, wie zum Beispiel k-means-Clustering, oder ein Regressionsverfahren umfassen. Mithilfe des maschinellen Lernverfahrens wird daraus ein datenbasiertes Modell erstellt. Das datenbasierte Modell ordnet den obigen Betriebszustandsgrößen in geeigneter Weise die optimierten Stellgrößen, d.h. die optimierte Fahrstufe, die optimierte Lastverteilung bzw. den entsprechenden Einschaltzustand (Start/Stopp) des Verbrennungsmotors **2** zu. Zumindest für die Ermittlung der Lastverteilung und die Ermittlung der Fahrstufe beinhaltet das datenbasierte Modell ein erstes bzw. ein zweites Teilmodell, die jeweils den

Stellgrößen zugeordnet sind. Im Fall eines vorgegebenen Fahrstufenmodells ist das ermittelte datenbasierte Modell auf das erste Teilmodell beschränkt.

**[0038]** Nun wird in einem Schritt S3 das datenbasierte Modell sowohl in dem Hybridsteuergerät **11** als auch in dem Getriebesteuergerät **10** implementiert. Insbesondere wird das erste Teilmodell in dem Hybridsteuergerät **11** und das zweite Teilmodell bzw. das Fahrstufenmodell in dem Getriebesteuergerät **10** implementiert. Beide Steuergeräte **10**, **11** erhalten jeweils die Betriebszustandsgrößen von extern oder stellen diese selbst oder dem jeweils anderen Steuergerät **11**, **10** bereit, so dass im Betrieb das datenbasierte Modell, das in beiden Steuergeräten **10**, **11** implementiert ist, in beiden Steuergeräten **10**, **11** zum gleichen Ergebnis hinsichtlich der Ausgangsgrößen führt.

**[0039]** Das Hybridsteuergerät **11** stellt nun die von dem Verbrennungsmotor **2** und dem Elektroantrieb **4** bereitzustellenden Teilmomente ein und bestimmt abhängig von dem Einschaltzustand, ob der Verbrennungsmotor **2** abgeschaltet oder eingeschaltet werden soll, mit entsprechender Ein- und Auskupplung der ersten Kupplung **7**. Gleichzeitig bestimmt das Getriebesteuergerät **10** anhand des datenbasierten Modells bzw. anhand des zweiten Teilmodells oder des vorgegebenen Fahrstufenmodells die Wahl der Fahrstufe. Wenn abhängig von der momentan gewählten Fahrstufe dadurch ein Wechsel der Fahrstufe angegeben wird, so wird die zweite Kupplung **8** kurzzeitig ausgekoppelt, um während des ausgekoppelten Zustands den Fahrstufenwechsel in dem Schaltgetriebe **9** vorzunehmen.

**[0040]** Durch das Lernen in der separaten Recheneinrichtung kann eine verbesserte Optimierung der Wahl der Fahrstufe auf den Betrieb des Hybridantriebssystems **1** angepasst werden. Dies wird dadurch erreicht, dass das sehr komplexe Optimierungsverfahren, das in der Regel aus Kapazitätsgründen nicht in Echtzeit in einem Steuergerät eines Kraftfahrzeugs durchgeführt werden kann, offline für eine Menge von Betriebspunkten bzw. Trajektorien von Betriebspunkten ausgeführt wird, um die gemeinsame Optimierung der Fahrstufe und der Drehmomentaufteilung gemäß der vorgegebenen Kostenfunktion z.B. zur Minimierung des Kraftstoffverbrauchs durchzuführen. Dadurch wird eine optimale Wahl der Fahrstufe und der Wahl der Lastverteilung und des Einschaltzustands (Start/Stop) des Verbrennungsmotors **2** ermöglicht. Das datenbasierte Modell ermöglicht es dem Getriebesteuergerät **10**, die Auswahl der Fahrstufe in geeigneter Weise aus dem erfassten offline berechneten optimalen Systemverhalten vorzunehmen und ermöglicht so die Wahl der optimierten Fahrstufe, ohne selbst die Optimierung durchzuführen.

**[0041]** In der alternativen Ausführungsform, bei der Wahl der Fahrstufe durch das Fahrstufenmodell festgelegt ist, kann auf gleiche Weise eine Optimierung des die Lastverteilung betreffenden ersten Teilmodells vorgenommen werden, so dass ein optimierter Betrieb des Hybridantriebssystems **1** durch Implementieren des so optimierten ersten Teilmodells in dem Hybridsteuergerät **11** und des Fahrstufenmodells in dem Getriebesteuergerät **10** möglich ist.

## **ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### **Zitierte Patentliteratur**

- DE 102011121398 A1 [0003]
- DE 102009045089 A1 [0004]
- WO 2013/020760 A1 [0005]

### **Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- C. E. Rasmussen et al., „Gaussian Processes for Machine Learning“, MIT Press 2006 [0033]

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Hybridantriebsystems (1) mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit (2, 4), wobei ein datenbasiertes Modell sowohl in einem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von den Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomenten als auch in einem Getriebesteuergerät (10) zur Steuerung eines Schaltgetriebes (9) zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Fahrstufe für das Schaltgetriebe (9) und die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen der Betriebszustandsgrößen an das Hybridsteuergerät (11) und das Getriebesteuergerät (10);
- Ansteuern der Antriebseinheiten (2, 4) durch das Hybridsteuergerät (11) und des Schaltgetriebes (9) durch das Getriebesteuergerät (10), so dass diese mithilfe des jeweils gleichen datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten (2, 4) entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung bzw. eine Vorgabe der Fahrstufe an das Schaltgetriebe (9) vornehmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Betriebszustandsgrößen eine oder mehrere der folgenden Größen umfassen: eine Drehmomentenanforderung, ein momentanes Antriebsmoment, eine momentane Drehzahl des Hybridantriebssystems (1), eine momentan ausgewählte Fahrstufe, eine momentane Fahrzeuggeschwindigkeit, prädiizierte Fahrzeuggeschwindigkeit und ein prädiiziertes Antriebsmoment.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das datenbasierte Modell in einer separaten Recheneinrichtung außerhalb des Hybridantriebssystems (1) erstellt wird, indem anhand eines Optimierungsverfahrens mit einer vorgegebenen Kostenfunktion basierend auf Betriebszustandsgrößen Stellgrößen, die zumindest eine Lastverteilung und eine in dem Schaltgetriebe zu wählende Fahrstufe umfassen, ermittelt werden und indem eine Zuordnung der Betriebszustandsgrößen zu den Stellgrößen mithilfe eines datenbasierten Verfahrens ausgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Kostenfunktion den Kraftstoffverbrauch einer als Verbrennungsmotor (2) ausgebildeten Antriebseinheit berücksichtigt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das datenbasierte Modell ein Regressionsmodell, insbesondere eine Gauß-Prozess-Modell umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das datenbasierte Verfahren ein Klassifikationsverfahren, insbesondere ein k-means-Clustering-Verfahren, umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die vorgegebene Fahrstufe einem Fahrer signalisiert wird oder wobei das Getriebesteuergerät (11) das Schaltgetriebe (9) anweist, die Fahrstufe gemäß der Vorgabe der Fahrstufe einzustellen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das datenbasierte Modell ein erstes Teilmodell zum Ermitteln der Lastverteilung und ein zweites Teilmodell zum Ermitteln der zu wählenden Fahrstufe umfasst, wobei das erste Teilmodell in dem Hybridsteuergerät (11) und das zweite Teilmodell in dem Getriebesteuergerät (10) ausgeführt wird.

9. Verfahren zum Betreiben eines Hybridantriebsystems (1) mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit (2, 4), wobei ein datenbasiertes Modell in einem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von den Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomenten und ein vorgegebenes Fahrstufenmodell zur von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen abhängigen Bestimmung einer Fahrstufe in einem Getriebesteuergerät (10) zur Steuerung eines Schaltgetriebes (9) zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen basierend auf dem Fahrstufenmodell anzugeben, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen der Betriebszustandsgrößen an das Hybridsteuergerät (11) und das Getriebesteuergerät (10);
- Ansteuern der Antriebseinheiten (2, 4) durch das Hybridsteuergerät (11), so dass die Ansteuerung der Antriebseinheiten (2, 4) entsprechend der sich mithilfe des datenbasierten Modells ergebenden Lastverteilung durchgeführt wird;
- Ansteuern des Schaltgetriebes (9) durch das Getriebesteuergerät (10), so dass die Ansteuerung des Schaltgetriebes (9) entsprechend der sich mithilfe des Fahrstufenmodells ergebenden Fahrstufe durchgeführt wird.

10. Verfahren zum Betreiben eines Hybridsteuergeräts (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomenten, wobei in dem Hybridsteuergerät (11) ein datenbasiertes Modell zur Steuerung der Lastverteilung ausgeführt wird, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, wobei das in dem Hybridsteuergerät (11) ausgeführte datenbasierte Modell eine von den Betriebszustandsgrößen abhängige

ge Wahl der Fahrstufe in einem separaten Getriebe-  
steuergerät (10) berücksichtigt.

rät (10) die Wahl der Fahrstufe mithilfe des Fahrstu-  
fenmodells vornehmen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

11. Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomenten, wobei ein datenbasiertes Modell in dem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung der Lastverteilung implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, wobei das in dem Hybridsteuergerät (11) ausgeführte datenbasierte Modell eine von den Betriebszustandsgrößen abhängige Wahl der Fahrstufe in einem separaten Getriebebesteuergerät (10) berücksichtigt.

12. Hybridantriebssystem (1) für ein Kraftfahrzeug mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit (2, 4), einem Hybridsteuergerät (11) und einem Getriebebesteuergerät (10), wobei ein datenbasiertes Modell sowohl in dem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung einer Lastverteilung für eine Aufteilung von von den Antriebseinheiten (2, 4) bereitgestellten Teilmomente als auch in dem Getriebebesteuergerät (10) zur Steuerung des Schaltgetriebes (9) zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei das datenbasierte Modell ausgebildet ist, um eine Fahrstufe für das Schaltgetriebe (9) und die Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen zu bestimmen, wobei die Betriebszustandsgrößen dem Hybridsteuergerät (11) und dem Getriebebesteuergerät (10) bereitgestellt werden, so dass diese mithilfe des jeweils gleichen datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten (2, 4) entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung bzw. eine Vorgabe der Fahrstufe vornehmen.

13. Hybridantriebssystem (1) für ein Kraftfahrzeug mit einer ersten und einer zweiten Antriebseinheit (2, 4), einem Hybridsteuergerät (11) und einem Getriebebesteuergerät (10), wobei ein datenbasiertes Modell ausgebildet ist, um eine Lastverteilung abhängig von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen basierend auf einem Fahrstufenmodell zur von vorgegebenen Betriebszustandsgrößen abhängigen Bestimmung einer Fahrstufe anzugeben, wobei das datenbasierte Modell in dem Hybridsteuergerät (11) zur Steuerung der Lastverteilung zwischen den Antriebseinheiten (2, 4) implementiert ist und das vorgegebene Fahrstufenmodell in dem Getriebebesteuergerät (10) zur Steuerung des Schaltgetriebes (9) zum Auswählen der Fahrstufe implementiert ist, wobei die Betriebszustandsgrößen dem Hybridsteuergerät (11) und dem Getriebebesteuergerät (10) bereitgestellt werden, so dass das Hybridsteuergerät (11) mithilfe des datenbasierten Modells die Ansteuerung der Antriebseinheiten (2, 4) entsprechend der sich ergebenden Lastverteilung und das Getriebebesteuerge-

Anhängende Zeichnungen

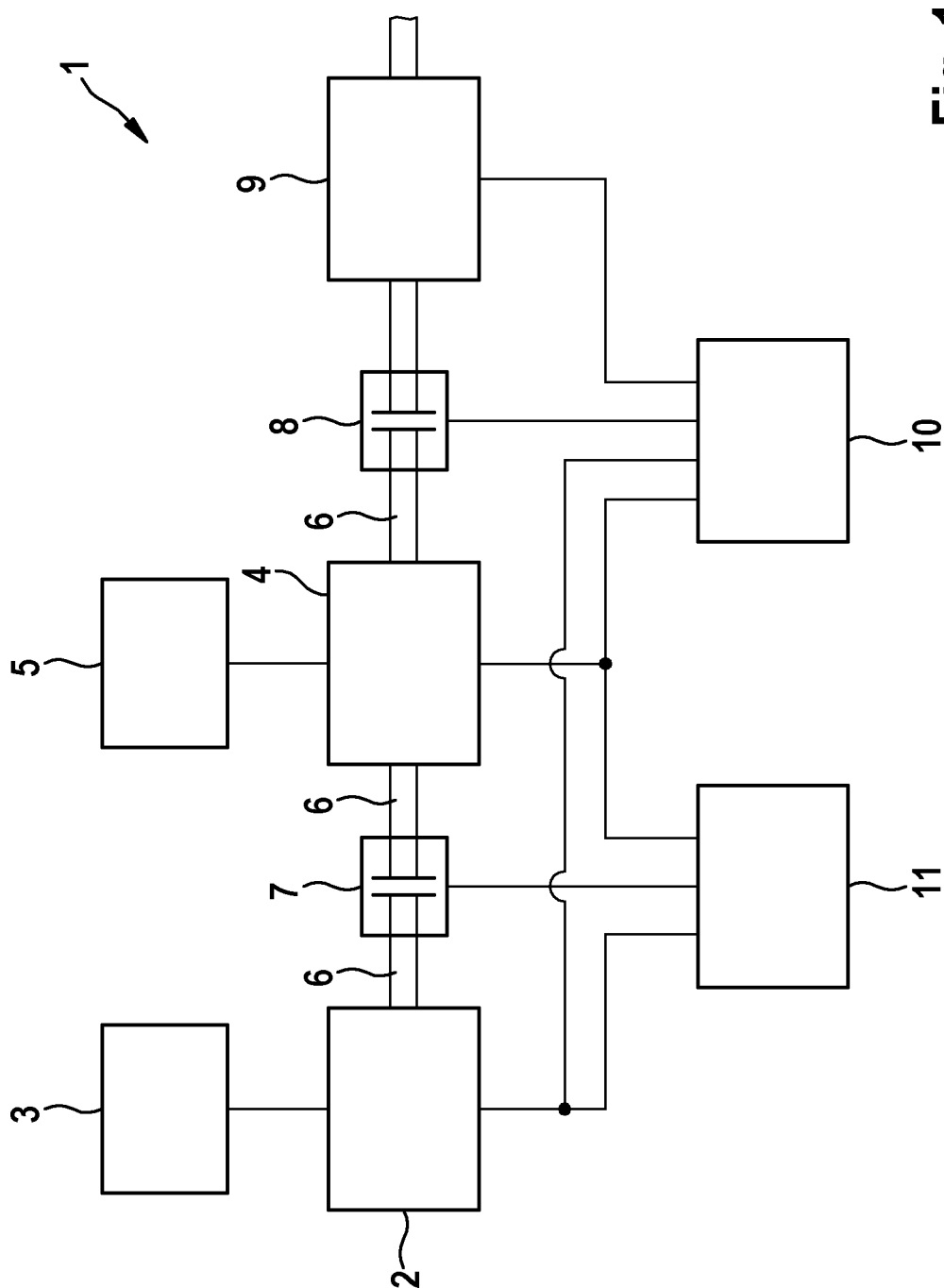
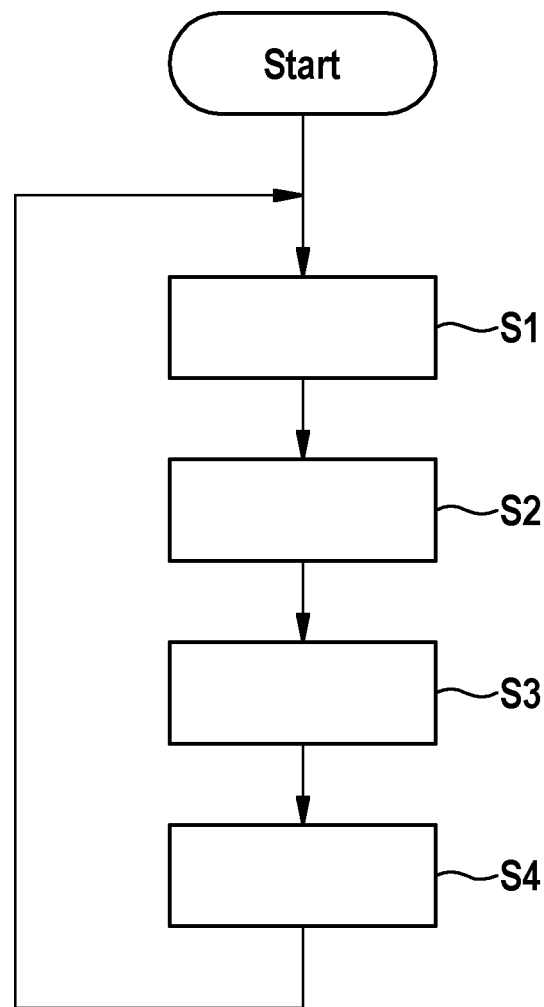


Fig. 1



**Fig. 2**