

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51048/2021 (51) Int. Cl.: **B60L 15/20** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 28.12.2021 **B60L 50/75** (2019.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2023 **B60L 58/40** (2019.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102017213088 A1
US 2021270622 A1
US 2011313647 A1
Zendegan S., Ferrara A., Jakubek S., Hametner C., Predictive Battery State of Charge Reference Generation Using Basic Route Information for Optimal Energy Management of Heavy-Duty Fuel Cell Vehicles, IEEE Transactions on Vehicular Technology 2021-10-19, Vol. 70, No. 12, pages 12517-12528, ISSN 0018-9545

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
(72) Erfinder:
Huber Martin Dr.techn.
4144 Oberkappel (AT)
Pell Johannes Dipl.-Ing.
4400 Steyr (AT)
Bayer Felix MSc
4502 Nöstlbach (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) Optimierungsverfahren für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Optimierungsverfahren für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems (100) mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung (110) und einer Batterievorrichtung (120) sowie einem Brennstoffzellensystem (130) zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung (110) mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:

- Erfassen von wenigstens einem Routenparameter (RP) einer für das Fahrzeug vorgegeben Route (R),
- Vorgeben einer Optimierungsaufgabe (OA) für eine Optimierung von Kontrollparametern (KP) für die Kontrolle des Antriebssystems (100) beim Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route (R),
- Aufteilen der Optimierungsaufgabe (OA) auf wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben (SOA) jeweils für ein Subsystem (102) des Antriebssystems (100),
- Bestimmen einer ersten Sub-Prädiktion (SP) zu einem ersten Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für einen Sub-Prädiktionshorizont (SPH),
- Vorgeben der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100),

- Bestimmen wenigstens einer weiteren Sub-Prädiktion (SP) zu einem weiteren Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für einen weiteren Sub-Prädiktionshorizont (SPH) unter Verwendung wenigstens einer der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Rahmenbedingung,
- Vorgeben der weiteren Sub-Prädiktion (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100).

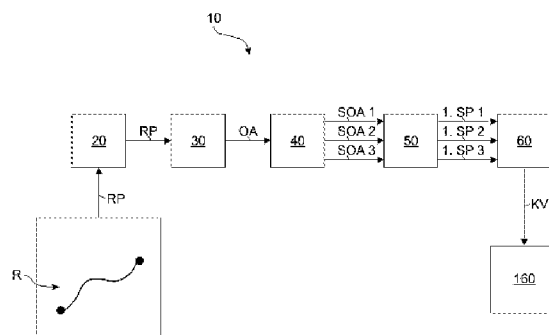


Fig. 1

Beschreibung

OPTIMIERUNGSVERFAHREN FÜR EINE OPTIMIERUNG EINER KONTROLLE EINES ANTRIEBSSYSTEMS

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Optimierungsverfahren für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems, ein Kontrollverfahren für die Kontrolle eines Antriebssystems, ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines Optimierungsverfahrens oder eines Kontrollverfahrens sowie eine Optimierungsvorrichtung zur Durchführung eines Optimierungsverfahrens.

[0002] Es ist bekannt, dass für den Betrieb von Fahrzeugen Antriebssysteme eingesetzt werden, welche eine Kombination unterschiedlicher Energiequellen aufweisen. Ist das Fahrzeug mit einem Antriebssystem mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung, also mit einem oder mehreren Elektromotoren, ausgestattet, so können auch unterschiedliche elektrische Energiequellen vorgesehen sein. Auch ist es bekannt, dass solche Energiequellen eine Kombination aus einer Batterievorrichtung und beispielsweise einem Brennstoffzellensystem aufweisen. Bei den bekannten Vorrichtungen ist es daher notwendig, eine Kontrolle durchzuführen, zu welchem Zeitpunkt wieviel elektrische Energie aus der Batterievorrichtung und wie viel elektrische Energie aus dem Brennstoffzellensystem für die Erfüllung einer Leistungsanforderung der elektrischen Antriebsvorrichtung zur Verfügung gestellt wird. Dabei wird bei bekannten Kontrollverfahren versucht, einen möglichst effizienten Betrieb zu gewährleisten, also einen möglichst hohen Energieanteil in tatsächliche Fahrleistung umzusetzen und die Verluste gering zu halten. Daher ist es ebenfalls bereits bekannt, dass solche Kontrollvorrichtungen prädiktiv optimiert werden, um insbesondere die Betriebsweisen des gesamten Antriebssystems so effizient wie möglich zu gestalten.

[0003] Weitere Optimierungsverfahren für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems sind beispielsweise aus der DE 102017213088 A1, der US 2021270622 A1, der US 2011313647 A1 und dem Dokument Zendegan S., Ferrara A., Jakubek S. Hametner C., Predictive Battery State of Charge Reference Generation Using Basic Route Information for Optimal Energy Management of Heavy-Duty Fuel Cell Vehicles, IEEE Transactions on Vehicular Technology 2021-10-19, Vol. 70, No. 12, pages 12517-12528, ISSN 0018-9545 bekannt.

[0004] Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass die Optimierung aus Effizienzgesichtspunkten sehr rechenintensiv ist. Vor allem aufgrund der Tatsache, dass solche Antriebssysteme für Fahrzeuge sehr komplex sind, insbesondere eine Vielzahl von sich gegenseitig beeinflussenden Parametern aufweisen, ist eine hohe Rechenintensität notwendig. So spielen die Ein- und Ausschaltsituation von Nebenverbrauchern, das Temperiermanagement für die einzelnen Bestandteile des Antriebssystems, die Leistungsdaten der Batterievorrichtung, aber auch die Leistungsdaten des Brennstoffzellensystems, eine wesentliche Rolle, in welcher Weise und wie effizient die Energie vom elektrischen Antriebssystem zur Verfügung gestellt werden kann.

[0005] Bei den bekannten Kontrollverfahren wird daher diese Optimierung entweder vorab am Prüfstand allgemeingültig durchgeführt, sodass im Betrieb des Fahrzeugs nur noch in rechenarmer Weise mit optimierten Kennfeldern gearbeitet werden muss. Dies führt jedoch dazu, dass keine Optimierung auf die tatsächliche Routenplanung des Fahrzeugs, also auf Basis von Informationen über die vor dem Fahrzeug liegende Fahrstrecke, erfolgen kann. Insbesondere dann, wenn entlang der anstehenden Route für das Fahrzeug Besonderheiten wie starke Steigungen oder Gefälle, kurvige Strecken oder Hochgeschwindigkeitsabschnitte liegen, oder aber, wenn es sich um erhöhte Zuladungssituationen eines Fahrzeugs in Form eines Lastkraftwagens handelt, bringt eine solch fehlende Inline-Optimierung große Nachteile für den effizienten Betrieb des Antriebssystems mit sich.

[0006] Eine echte Inline-Optimierung ist bisher durch die dafür benötigte Rechenkapazität für die damit einhergehende benötigte Komplexität für die Optimierung des gesamten Antriebssystems begrenzt. Eine bisherige Optimierung war daher entweder überhaupt nicht möglich oder nur in sehr begrenzten Umfang in Echtzeit durchführbar.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise eine echtzeitfähige Optimierung während des Betriebs des Fahrzeugs entlang einer geplanten Route für das Fahrzeug zur Verfügung zu stellen.

[0008] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst, durch ein Optimierungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Kontrollverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 12 und eine Optimierungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Kontrollverfahren, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt sowie der erfindungsgemäßen Optimierungsvorrichtung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

[0009] Erfindungsgemäß dient ein Optimierungsverfahren einer Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung und einer Batterievorrichtung sowie einem Brennstoffzellensystem zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs. Ein solches Optimierungsverfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Erfassen von wenigstens einem Routenparameter einer für das Fahrzeug vorgegebenen Route,
- Vorgeben einer Optimierungsaufgabe für eine Optimierung von Kontrollparametern für die Kontrolle des Antriebssystems beim Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route,
- Aufteilen der Optimierungsaufgabe auf wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben, jeweils für ein Subsystem des Antriebssystems,
- Bestimmen einer ersten Sub-Prädiktion zu einem ersten Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe für einen Sub-Prädiktionshorizont,
- Vorgeben der ersten Sub-Prädiktionen als Kontrollvorgabe für die Kontrolle des Antriebssystems,
- Bestimmen wenigstens einer weiteren Sub-Prädiktion zu einem weiteren Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe für einen weiteren Sub-Prädiktionshorizont unter Verwendung wenigstens einer der ersten Sub-Prädiktionen als Rahmenbedingung,
- Vorgeben der weiteren Sub-Prädiktion als Kontrollvorgabe für die Kontrolle des Antriebssystems.

[0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient dazu, ein Kontrollverfahren für ein Antriebssystem eines Fahrzeugs zu verbessern und mit optimierten Kontrollvorgaben auszustatten. Das später noch erläuterte Kontrollverfahren dient dazu, ein Leistungsmanagement zwischen den einzelnen Subsystemen des Antriebssystems sicherzustellen und einen möglichst effizienten Gesamtbetrieb des Antriebssystems angepasst an die Route zu gewährleisten. Erfindungsgemäß soll diese Optimierung nun inline in Echtzeit, also während des Betriebs des Fahrzeugs, durchführbar sein.

[0011] Ein Ziel ist es also, das Fahrzeug und seine Antriebsleistung so effizient wie möglich an die Route und die damit definierten und vorgegebenen Routenparameter anzupassen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad beim Antrieb des Fahrzeugs beim Befahren entlang der Route zur Verfügung stellen zu können.

[0012] Der erfindungsgemäße Kerngedanke beginnt mit der Erfassung von Routenparametern für das Fahrzeug und einer vorgegebenen Route. Diese Route kann zum Beispiel aus einem Navigationssystem des Fahrzeugs übernommen werden. Jedoch sind auch andere Routenvorgaben denkbar. Beispielsweise können aus dem Verlauf der Nutzung des Fahrzeugs erwartete

Routen auch ohne Bezug auf ein Navigationssystem eine Route vorgeben. Auch ein flexibles Anpassen der Route während des Betriebs des Fahrzeugs, also eine Extrapolation der bisher befahrenen Strecke auf eine zukünftig erwartete Route, ist grundsätzlich möglich. Sobald eine Route, unabhängig in welcher Weise, vorgegeben ist, so wird erfindungsgemäß nun wenigstens ein Routenparameter für diese Route erfasst. Darunter ist zu verstehen, dass Informationen der Route, welche Einfluss auf die Antriebssituation für das Antriebssystem des Fahrzeugs mit sich bringen, erfasst werden können. Dies können beispielsweise Steigungs- und Gefälleinformationen, Höhenprofile, Kurvenprofile, Fahrbahnbeläge, Geschwindigkeitsbegrenzungen, zu erwartende Beschleunigungsstrecken, wie beispielsweise Beschleunigungsstreifen von Autobahnen, oder Ähnliches sein. Hier ist bereits gut zu erkennen, dass das Erfassen von einer möglichst hohen Anzahl unterschiedlicher Routenparameter das erfindungsgemäße Optimierungsverfahren mit einer verstärkten Informationsbasis versorgt und auf diese Weise die Optimierung deutlich verbessern kann.

[0013] Basierend auf den erfassten Routenparametern erfolgt nun, insbesondere in bekannter Weise, das Vorgeben einer Optimierungsaufgabe für eine Optimierung von Kontrollparametern. Diese Optimierungsaufgabe dient der Optimierung mit explizitem Bezug auf die erfassten Routenparameter, also für eine Optimierung des Antriebssystems auf die explizit vorgegebene Route. Diese Optimierungsaufgabe kann dabei insbesondere ein vorgegebenes Optimierungsziel beinhalten, beispielsweise einen möglichst effizienten Betrieb des Antriebssystems. Selbstverständlich sind auch andere Optimierungsziele grundsätzlich denkbar.

[0014] Der erfindungsgemäße Kerngedanke kommt nun dadurch zum Ausdruck, dass nicht die vorgegebene Optimierungsaufgabe auch tatsächlich hinsichtlich einer Lösung dieser Optimierungsaufgabe einer Bestimmung übergeben wird. Dadurch, dass insbesondere durch komplexe Antriebssysteme mit einer Vielzahl einzelner Subsysteme, wie beispielsweise dem Brennstoffzellensystem, der Batterievorrichtung, einer Temperiervorrichtung oder aber Nebenverbrauchern, aber auch eine entsprechend hohe Anzahl unterschiedlicher Routenparameter, durch die hohe Komplexität einen hohen Rechenaufwand für die Optimierungsaufgabe mitgeben würden, geht ein erfindungsgemäßes Verfahren einen Schritt weiter. Um die Rechenzeit und den benötigten Arbeitsspeicherbedarf für das Zurverfügungstellen von optimierten Kontrollparametern so weit zu reduzieren, dass eine normale verfügbare Rechenkapazität innerhalb des Fahrzeugs ausreicht, um in Echtzeit die gewünschte Optimierung auch tatsächlich durchzuführen, wird die vorgegebene Optimierungsaufgabe in wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben aufgeteilt.

[0015] Dieses Aufteilen erfolgt jedoch nicht willkürlich, sondern mit Bezug auf die Subsysteme des Antriebssystems. Das Antriebssystem kann eine Vielzahl von Subsystemen aufweisen. Solche Subsysteme können, wie bereits erläutert, zum Beispiel die Batterievorrichtung, das Brennstoffzellensystem, eine Temperiervorrichtung oder weitere Nebenverbraucher sein. Bei diesem Aufteilschritt erfolgt nun für wenigstens zwei dieser Subsysteme eine Aufteilung der Optimierungsaufgabe auf Sub-Optimierungsaufgaben. Jede Sub-Optimierungsaufgabe entspricht damit einem Subsystem. Ist also ein Aufteilen beispielsweise auf die Batterievorrichtung als erstes Subsystem und das Brennstoffzellensystem als zweites Subsystem angedacht, so wird entsprechend auf zwei Sub-Optimierungsaufgaben aufgeteilt. Die Aufteilung bringt wesentliche Vorteile mit sich. Durch die Aufteilung wird die Komplexität der gesamten Optimierungsaufgabe reduziert auf die beiden Sub-Optimierungsaufgaben. Nun ist es so, dass durch Steigerung der Komplexität die damit einhergehende Berechnungszeit für das Bestimmen von Lösungen der Optimierungsaufgabe überproportional steigt. In umgekehrter Richtung, also durch die Reduktion der Komplexität einer Optimierungsaufgabe auf die aufgeteilten Sub-Optimierungsaufgaben, sinkt entsprechend der Rechenaufwand, insbesondere die benötigte Rechenzeit und/oder der benötigte Speicherbedarf, in überproportionaler Weise. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass ein Lösen der Sub-Optimierungsaufgaben in Summe weniger Rechenzeit und Rechenaufwand benötigt als die Lösung der kombinierten gesamten Optimierungsaufgabe. Durch diesen Aufteilschritt wird also Rechenzeit gespart und durch Reduktion der Komplexität die Berechnungsgeschwindigkeit erhöht und der Rechenaufwand reduziert.

[0016] Im Rahmen der Erfindung ist unter Rechenaufwand insbesondere eine Rechenzeit und/

oder ein benötigter Speicherbedarf zu verstehen.

[0017] Die Bestimmung erfolgt also in der genannten und beschleunigten Weise für jede Sub-Optimierungsaufgabe, sodass für jede aufgeteilte Sub-Optimierungsaufgabe eine erste Sub-Prädiktion bestimmbar ist. Die Sub-Prädiktion lässt sich darüber hinaus noch variieren hinsichtlich eines Sub-Prädiktionshorizonts. Darunter ist zu verstehen, dass mithilfe eines Sub-Systemmodells eine Prädiktion, also eine Vorhersage modelliert werden kann, wie sich dieses Subsystem über einen definierten Zeithorizont, welcher den Sub-Prädiktionshorizont darstellt, verhalten wird. Auch hier ist gut zu erkennen, dass die Länge des Sub-Prädiktionshorizontes entsprechend Einfluss auf die Rechenzeit für die Bestimmung der jeweiligen Sub-Prädiktion hat. Einerseits nimmt die Genauigkeit des Rechenergebnisses mit der Länge des Sub-Prädiktionshorizontes zu, auf zukünftige Ereignisse kann früher schon Rücksicht genommen werden. Je länger aber der Sub-Prädiktionshorizont ist, je länger also die entsprechende Zeitspanne ist, umso rechenaufwendiger ist aber die Bestimmung der zugehörigen Sub-Prädiktion. Auch hier wächst der Rechenaufwand überproportional mit der Länge des Sub-Prädiktionshorizontes. Wie später noch erläutert wird, kann der Sub-Prädiktionshorizont nun insbesondere für jedes Subsystem spezifisch gewählt werden. Das bedeutet, dass für manche Subsysteme ein sehr kurzer Sub-Prädiktionshorizont ausreichend sein kann, während für einzelne Subsysteme ein längerer Sub-Prädiktionshorizont notwendig ist. Insbesondere durch das auf diese Weise mögliche Verkürzen einzelner Sub-Prädiktionshorizonte wird es dann möglich, die notwendige Rechenzeit noch weiter zu reduzieren, da hier ebenfalls ein überproportionaler Zusammenhang besteht. Beispielsweise kann durch die Reduktion des Sub-Prädiktionshorizontes eine überproportionale Einsparung der notwendigen Rechenzeit und des notwendigen Rechenaufwandes erzielt werden. Während ohne ein Aufteilen die gesamte Optimierungsaufgabe hinsichtlich aller Subsysteme immer für den maximalen Prädiktionshorizont des entsprechenden Subsystems durchgeführt werden musste, kann nun spezifisch für einzelne Subsysteme ein kürzerer Sub-Prädiktionshorizont vorgegeben und damit eine weitere Einsparung von Rechenaufwand erzielbar werden.

[0018] Um nun durch den Aufteilungsschritt auf die einzelnen Sub-Optimierungsaufgaben keine Qualität in der Optimierung zu verlieren, wird erfindungsgemäß die Sub-Prädiktion schrittweise wiederholt. Dies kann, wie dies ebenfalls später noch erläutert wird, zum Beispiel frequenzbehaftet mit einer definierten Taktung als Prädiktionsfrequenz durchgeführt werden. Die Zeit zwischen zwei Updates der Sub-Prädiktion muss dabei nicht zwangsläufig der Horizontlänge entsprechen, sondern kann deutlich kürzer gewählt werden, was zu „überlappenden“ Prädiktionen führt. Während nach dem Bestimmen der ersten Sub-Prädiktion diese Ergebnisse als Sub-Prädiktionen in Form einer Kontrollvorgabe bereits dem Antriebssystem zur Verfügung gestellt werden, kann also das Fahrzeug anhand dieser optimierten Kontrollvorgaben bereits mit dem Befahren der Route beginnen. Während des Betriebsvorgangs, also während des Fahrbetriebs entlang der Route, wird nun im erfindungsgemäßen Verfahren mindestens einmal, vorzugsweise regelmäßig, eine Wiederholung der Bestimmung von weiteren Sub-Prädiktionen durchgeführt. Ein weiterer Kerngedanke der vorliegenden Erfindung beruht darauf, dass diese weiteren Sub-Prädiktionen nun in ähnlicher Weise wie die erste Sub-Prädiktion erstellt werden und entsprechend als Kontrollvorgabe für die Kontrolle des Antriebssystems die bisherigen Sub-Prädiktionen ersetzen. Es wird also eine rollierende Optimierung für die einzelnen Subsysteme durchgeführt und somit eine rollierende Kontrollvorgabe in optimierter und immer wieder neu angepasster Weise für das Antriebssystem gewährleistet. Jedoch wird hier nun zusätzlich für alle weiteren Sub-Prädiktionen noch eine Querreferenzierung eingebaut. Das bedeutet, dass für die Bestimmung aller weiteren Sub-Prädiktionen zu einem späteren Zeitpunkt zur Lösung jeder Sub-Optimierungsaufgabe die jeweils aktuellste Sub-Prädiktion der jeweils anderen Subsysteme als Rahmenbedingung vorgeesehen werden können. Selbstverständlich wird im rollierenden Betrieb immer der zeitlich vorangegangene Prädiktionsschritt entsprechend als Rahmenbedingung für den folgenden Prädiktionsschritt eingesetzt. Durch dieses Vorgehen, d.h. dem rollierenden Betrieb, sowie der Querinteraktion zwischen den Sub Problemen, kann der Genauigkeitsverlust, der durch das Aufsplitten in Subprobleme sowie der Wahl eines individuellen möglichst kurzen Sub-Prädiktionshorizonts entsteht wieder abgefangen werden und der damit einhergehende Rechenzeitgewinn sowie die Reduktion des benötigten Arbeitsspeichers auch ohne Qualitätseinbußen in der Prädiktion ge-

nutzt werden.

[0019] Basierend auf der voranstehenden Erläuterung wird deutlich, dass ein erfindungsgemäßes Optimierungsverfahren drei Kerngedanken mit sich bringt, um den Rechenaufwand und die damit einhergehende Rechenzeit für die Optimierung zu reduzieren. Zum einen ist dies die Aufteilung auf die Sub-Optimierungsaufgaben. Zum Zweiten ist dies Möglichkeit einer spezifischen individuellen Anpassung der Sub-Prädiktionshorizonte an die entsprechenden Subsysteme. Zum Dritten ist dies die Integration von bereits durchgeführten Sub-Prädiktionen in weitere und folgende Sub-Prädiktionen. Durch die genannten Verfahrensschritte wird es nun möglich, den Rechenaufwand und die Rechenzeit soweit zu reduzieren, dass mit gleichbleibend hoher Qualität eine Prädiktion zur Verfügung gestellt werden kann, welche optimierte Kontrollvorgaben ermöglicht, um eine in Echtzeit optimierte Kontrolle für den Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route durchzuführen. Diese Optimierung ist dabei routenspezifisch und insbesondere auch zustandspezifisch auf die einzelnen Subsysteme auslegbar, sodass trotz der Echtzeitanforderung mit begrenztem Rechenbedarf diese Optimierung während des Betriebs des Fahrzeugs nicht nur einmal, sondern wiederkehrend, insbesondere in sich wiederholender Weise, durchgeführt werden kann.

[0020] Es kann von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren bei der Bestimmung der wenigstens einen weiteren Sub-Prädiktion für eine Sub-Optimierungsaufgabe als Rahmenbedingung zumindest die erste Sub-Prädiktion derselben Sub-Optimierungsaufgabe verwendet wird. Damit ist sozusagen ein internes Überlappen der Prädiktionshorizonte zu verstehen. Ist beispielsweise für ein Subsystem, für welches eine Sub-Prädiktion bestimmt werden soll, ein Sub-Prädiktionshorizont von 5 Minuten vorgegeben, so kann die weitere und nachfolgende Sub-Prädiktion je nach Prädiktionsfrequenz beispielsweise bereits nach 10 Sekunden durchgeführt werden. Diese zweite Sub-Prädiktion deckt also einen Großteil der ersten Sub-Prädiktion ab. Erfindungsgemäß ist es nun möglich, dass eine interne Rückkopplung beziehungsweise internes Feedback, zur Verfügung gestellt wird, welches erlaubt, das Ergebnis der ersten Sub-Prädiktion für diesen überlappenden Teil des Sub-Prädiktionshorizonts auf Basis eventuell neuerer verfügbarer Informationen, z.B. aktualisierter Routenparameter oder in der Zwischenzeit bestimmter Sub-Prädiktionen der anderen Sub-Systeme. Ein Verwenden der älteren ersten Prädiktion kann aber auch Vorteile bei der Berechnung der zweiten Prädiktion mit sich bringen. Haben sich die Randbedingungen auf der Überlappung nicht oder nur gering geändert, eignet sich bei der Verwendung iterativen Optimierungsverfahren die erste Prädiktion als Startwert. Die Konvergenz solcher Verfahren wird erhöht und Rechenzeit für die Bestimmung der Sub-Prädiktion gespart.

[0021] Zusätzlich oder alternativ zu dem voranstehenden Absatz ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren bei der Bestimmung der wenigstens einen, weiteren Sub-Prädiktion für eine Sub-Optimierungsaufgabe als Rahmenbedingung zumindest die aktuellste Sub-Prädiktion einer anderen Sub-Optimierungsaufgabe verwendet wird. Damit kann es sich auch um eine Querrückmeldung oder ein Querfeedback handeln, also das Integrieren von Informationen aus einem anderen Subsystem in eine Sub-Prädiktion eines Subsystems. Beispielsweise kann ein Überlappen von Sub-Prädiktionshorizonten auch zwischen unterschiedlichen Subsystemen betrachtet werden, d.h. die Prädiktionsfrequenz wird individuell an das Subsystem angepasst. So kann für ein erstes Subsystem, beispielsweise eine Batterievorrichtung, der Prädiktionshorizont bei 5 Minuten liegen. Für ein anderes Subsystem, beispielsweise eine Temperievorrichtung, kann der Prädiktionshorizont bei 10 Minuten liegen. Somit ist es nun möglich, dass ebenfalls wieder mit einer Prädiktionsfrequenz, welche kleiner als der jeweilige Prädiktionshorizont ist, eine Querinformation zur Verfügung gestellt werden kann. Aus der ersten Sub-Prädiktion für die Temperievorrichtung bestehen nun für diesen zugehörigen Sub-Prädiktionshorizont Informationen für die Temperievorrichtung, welche für den weiteren nachfolgenden Sub-Prädiktionsschritt für die Batterievorrichtung von Relevanz sein können und umgekehrt. Mit anderen Worten werden nun bestimmte Parameter aus der ersten Sub-Prädiktion der Temperievorrichtung als Rahmenbedingung für die folgende weitere Sub-Prädiktion der Batterievorrichtung gesetzt und umgekehrt, sodass trotz der Aufteilung der gesamten komplexen Optimierungsauf-

gabe auf subsystemspezifische Sub-Optimierungsaufgaben eine Querbeziehung zwischen den einzelnen Subsystemen in der Prädiktion berücksichtigt werden kann. Der möglicherweise bestehende Nachteil durch das Aufteilen und die damit einhergehende Isolierung der Sub-Optimierungsaufgaben auf das jeweilige Subsystem kann damit zumindest teilweise behoben werden, sodass die Reduktion des Rechenaufwandes durch diese Querbeeinflussung nicht zwangsläufig in einer Reduktion der qualitativen Aussagekraft der Sub-Prädiktionen resultiert.

[0022] Weiter von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren die Sub-Optimierungsaufgaben auf wenigstens eines der folgenden Subsysteme des Antriebssystems aufgeteilt werden:

- Batterievorrichtung,
- Brennstoffzellensystem,
- Temperiertorrichtung,
- Nebenverbraucher.

[0023] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Als Nebenverbraucher kann ein gesamtes System von Nebenverbrauchern ein solches Subsystem darstellen. Jedoch kann jeder Nebenverbraucher auch für sich alleine ein solches Subsystem darstellen. Hier ist gut zu erkennen, dass im Wesentlichen beliebig komplexe Gesamtsysteme als Antriebssysteme so weit aufgeteilt werden, dass eine Vielzahl einzelner Subsysteme die erfindungsgemäßen Vorteile noch weiter zum Tragen bringt. Für jedes Subsystem wird entsprechend eine zugehörige separate Sub-Optimierung durchgeführt, sodass entsprechend mit der Steigerung der Komplexität des Antriebssystems eine Steigerung der erfindungsgemäßen Vorteile eintritt.

[0024] Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren wenigstens einer der folgenden Routenparameter erfasst wird:

- Steigungsparameter,
- Verkehrsparameter,
- Straßenparameter.

[0025] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Die Steigungsparameter können insbesondere Parameter für den Anstieg und/oder ein Gefälle sein und vorzugsweise ein Höhenprofil ausbilden. Die Verkehrsparameter können aktuelle Verkehrsinformationen beinhalten, um beispielsweise Durchschnittsgeschwindigkeiten oder die Anzahl und Wahrscheinlichkeit von Beschleunigungs- und Bremssituationen vorhersagen zu können. Straßenparameter können Informationen über den Straßenbelag, Kurvenverläufe, Beschleunigungstreifen, Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Ähnliches geben, welche ebenfalls Einfluss auf die zu erwartenden Leistungsanforderungen für den Betrieb entlang der Route mit sich bringen.

[0026] Darüber hinaus kann es von Vorteil sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren der Sub-Prädiktionshorizont für jede Sub-Optimierungsaufgabe in Abhängigkeit von der Art und/oder dem Zustand und/oder der Kontrolllatenz des zugehörigen Subsystems spezifisch gewählt und/oder vorgegeben wird. Darunter ist zu verstehen, dass eine Berücksichtigung der Regelgeschwindigkeit beziehungsweise der Reaktionszeit auf eine Regeländerung möglich ist. Subsysteme, deren Reaktionsgeschwindigkeit sehr hoch ist, bei denen eine Regeländerung also relativ schnell zu einer Änderung in der Betriebsweise des jeweiligen Subsystems führt, benötigen nur einen geringen Prädiktionshorizont, da sehr schnell wirksam Einfluss auf die Betriebsweise dieses Subsystems genommen werden kann. Bei anderen Subsystemen, beispielsweise einer Temperiertorrichtung, ist von einer deutlich längeren Reaktionszeit auszugehen, sodass beispielsweise ein Prädiktionshorizont von mehreren Minuten bis zu 15 Minuten notwendig sein kann. Hier ist nochmals gut zu erkennen, dass nun, beispielsweise auf Basis der Kontrolllatenz, aber auch auf Basis anderer Zustandssituationen, Alterungssituationen, Schädigungssituationen

oder Ähnlichem, eine spezifische Anpassung der Prädiktionshorizonte möglich ist, sodass insbesondere mit Bezug auf die längste Ausbildung des Sub-Prädiktionshorizontes eine deutliche Reduktion des durchschnittlichen Sub-Prädiktionshorizontes für alle Sub-Prädiktionen erzielbar wird.

[0027] Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren der Sub-Prädiktionshorizont für eine Sub-Optimierungsaufgabe für die wenigstens eine weitere Sub-Prädiktion, insbesondere für alle weiteren Sub-Prädiktionen, der ersten Sub-Prädiktion des jeweiligen Subsystems entspricht. Das bedeutet, dass vorzugsweise für jedes Subsystem, insbesondere für eine Betriebssituation entlang einer Route, die Länge des Sub-Prädiktionshorizonts für diesen Routenbetrieb und dieses Subsystem konstant gehalten werden kann. Es ist jedoch grundsätzlich auch möglich, den Sub-Prädiktionshorizont fest vorzudefinieren, sodass er für alle unterschiedlichen Routensituationen für das jeweilige Subsystem konstant bleibt. Konträr dazu ist jedoch, wie ebenfalls bereits erläutert worden ist, auch ein flexibles Anpassen für unterschiedliche Routen möglich, um beispielsweise sich ändernde Zustandswerte, wie Alterungs- oder Schädigungssituationen einzelner Subsysteme, flexibel in einem erfindungsgemäßen Verfahren berücksichtigen zu können.

[0028] Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren die Kontrollvorgabe wenigstens einen der folgenden optimierten Kontrollparameter aufweist:

- Erzeugungsleistung des Brennstoffzellensystems,
- Aufteilung der Erzeugungsleistung des Brennstoffzellensystems zwischen der Batterievorrichtung und der elektrischen Antriebsvorrichtung,
- Abgabeleistung der Batterievorrichtung,
- Temperaturvorgabe für die Batterievorrichtung,
- Temperaturvorgabe für das Brennstoffzellensystem,
- Schaltzustand für wenigstens einen Nebenverbraucher.

[0029] Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Neben den jeweiligen Subsystemen im Gesamten können die einzelnen Kontrollvorgaben sich selbstverständlich auch auf einzelne Teilmodule oder Teilbestandteile des jeweiligen Subsystems beziehen. So kann bei dem Brennstoffzellensystem beispielsweise eine Teilkontrollvorgabe für einzelne Gasleitungen, Leistungsanforderungen oder Drücke erfolgen. Für das Batteriesystem können Grenzwerte für den Ladezustand, Speicherleistungen oder Abgabeleistungen vorgesehen sein. Auch die Temperaturvorgaben können für einzelne Bauteile der einzelnen Subsysteme spezifisch ausgebildet sein.

[0030] Weiter von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren die Zeitpunkte zur Bestimmung der Sub-Prädiktionen für wenigstens ein Subsystem in regelmäßiger Weise in Form einer Prädiktionsfrequenz erfolgen. Während, wie bereits erläutert worden ist, die Sub-Prädiktionshorizonte für jedes Subsystem vorzugsweise während eines Routenbetriebs konstant sind, erfolgt auch die Durchführung der Bestimmung vorzugsweise in einer konstanten Taktung. Die Taktung ist dabei insbesondere für jedes Subsystem kürzer als der jeweilige Sub-Prädiktionshorizont, um die bereits mehrfach erläuterte interne Überlappung gewährleisten zu können. Die Prädiktionsfrequenz kann dabei zum Beispiel so gewählt werden, dass durch einen Vergleich der Prädiktionsfrequenz mit Prädiktionsfrequenzen anderer Subsysteme ein sequenzielles oder zumindest teilweise sequenzielles Nutzen von Rechenzeit auf einem Rechenmodul innerhalb des Fahrzeugs möglich wird. Mit anderen Worten wird die notwendige Rechenzeit so mit der Taktung der Prädiktionsfrequenz korreliert, dass immer nur für ein Subsystem gleichzeitig eine Bestimmung der jeweils anstehenden Sub-Prädiktion durchgeführt wird.

[0031] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren, sich die Prädiktionsfrequenz für die unterschiedlichen Subsysteme und damit für die unterschiedlichen Sub-Optimierungsaufgaben unterscheidet. Wie bereits im voranstehenden Absatz erläutert, kann dies zu einer verbesserten Auslastung der jeweiligen Recheneinheit führen, und insbe-

sondere eine vergleichmäßigte Aufteilung auf unterschiedliche Rechenzeiten mit sich bringen. Damit kann die Überlappung der Rechenzeit auf der Recheneinheit reduziert werden, sodass insbesondere kleinere und kompaktere Recheneinheiten möglich sind, um den gleichen Leistungsbedarf für die Durchführung des Optimierungsverfahrens zur Verfügung zu stellen.

[0032] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Kontrollverfahren für eine Kontrolle eines Antriebssystems mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung und einer Batterievorrichtung sowie einem Brennstoffzellensystem zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb des Fahrzeugs. Ein solches Kontrollverfahren weist den folgenden Schritt auf:

- Verwenden von optimierten Kontrollvorgaben aus einem erfindungsgemäßen Optimierungsverfahren.

[0033] Durch das Einbeziehen eines erfindungsgemäßen Optimierungsverfahrens bringt ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Optimierungsverfahren erläutert worden sind.

[0034] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, welche bei der Ausführung des Programms auf einem Computer, diesen veranlassen, ein erfindungsgemäßes Optimierungsverfahren oder ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren durchzuführen. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Optimierungsverfahren und mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Kontrollverfahren erläutert worden sind.

[0035] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Optimierungsvorrichtung für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung und einer Batterievorrichtung sowie einem Brennstoffzellensystem zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs. Eine solche Optimierungsvorrichtung weist ein Erfassungsmodul für ein Erfassen von wenigstens einem Routenparameter einer für das Fahrzeug vorgegebenen Route auf. Weiter ist ein Vorgabemodul vorgesehen für ein Vorgeben einer Optimierungsaufgabe für eine Optimierung von Kontrollparametern für die Kontrolle des Antriebs beim Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route. Ein Aufteilmodul ist vorgesehen für ein Aufteilen der Optimierungsaufgabe auf wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben jeweils für ein Subsystem des Antriebssystems. Darüber hinaus ist die Optimierungsvorgabe mit einem Bestimmungsmodul für ein Bestimmen einer ersten Sub-Prädiktion zu einem ersten Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe für einen Sub-Prädiktionshorizont ausgestattet. Dieses Bestimmungsmodul dient weiter einem Bestimmen wenigstens einer weiteren Sub-Prädiktion zu einem weiteren Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe für einen weiteren Sub-Prädiktionshorizont unter Verwendung wenigstens einer der ersten Sub-Prädiktionen als Rahmenbedingung. Weiter weist die Optimisierungsvorrichtung ein Kontrollvorgabemodul für ein Vorgeben der ersten Sub-Prädiktion als Kontrollvorgabe für die Kontrolle des Antriebssystems und für ein Vorgeben der weiteren Sub-Prädiktionen als Kontrollvorgabe für die Kontrolle des Antriebssystems auf. Das Erfassungsmodul, das Vorgabemodul, das Aufteilmodul, das Bestimmungsmodul und/oder das Kontrollvorgabemodul sind dabei für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Optimierungsverfahrens ausgebildet. Damit bringt eine erfindungsgemäße Optimierungsvorrichtung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Optimierungsverfahren erläutert worden sind. Die einzelnen Module können dabei physisch auch miteinander kombiniert sein oder in Form einer einzelnen Recheneinheit ausgebildet sein.

[0036] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen schematisch:

[0037] Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Optimierungsvorrichtung,

[0038] Fig. 2 die Ausführungsform der Figur 2 bei der Durchführung der zweiten Sub-Prädiktion,

[0039] Fig. 3 eine schematische Darstellung von drei Subsystemen mit unterschiedlichen Sub-Prädiktionshorizonten,

[0040] Fig. 4 die Darstellung der Figur 3 mit einer internen Überlappung,

[0041] Fig. 5 die Darstellung der Figur 3 mit einer Querüberlappung zwischen unterschiedlichen Subsystemen,

[0042] Fig. 6 eine Kombination der Ausführungsform der Figuren 4 und 5,

[0043] Fig. 7 eine Darstellung in einem Fahrzeug mit einem Antriebssystem.

[0044] Figur 1 zeigt schematisch, wie eine Optimierungsvorrichtung 10 ausgestaltet sein kann. Diese ist hier mit einer Vielzahl einzelner Module ausgebildet, deren Funktionsweise nachfolgend mit Bezug auf ein Optimierungsverfahren näher erläutert wird.

[0045] Im ersten Schritt wird eine Route R vorgegeben, welche hier als Strecke zwischen einem Startpunkt und einem Zielpunkt definiert ist. Basierend auf dieser Routeninformation können nun Routenparameter RP vorgegeben werden und werden erfasst mithilfe eines Erfassungsmoduls 20. Die Routenparameter RP werden nach der Erfassung weitergegeben an ein Vorgabemodul 30, welches nun in der Lage ist, explizit für die erfassten Routenparameter RP und damit für die zu erwartende Route R eine Optimierungsaufgabe OA vorzugeben. Dies erfolgt zum Beispiel durch ein routenspezifisches Parametrisieren eines Gleichungssatzes. Nun tritt die erfindungsgemäße Aufteilung in Kraft, indem mithilfe des Aufteilmoduls 40 eine Aufteilung, hier als Beispiel auf drei unterschiedliche Sub-Optimierungsaufgaben SOA (durchnummeriert 1 bis 3), erfolgt. Auch eine Kombination des Vorgabemoduls 30 und des Aufteilmoduls 40 ist denkbar. Diese aufgeteilten Sub-Optimierungsaufgaben SOA1 bis SOA3 werden weitergegeben an ein Bestimmungsmodul 50, welches nun für jede dieser Sub-Optimierungsaufgaben SOA1 bis SOA3 eine Bestimmung der jeweiligen Sub-Prädiktion SP1 bis SP3 durchführt. Dabei handelt es sich um die Lösungen der jeweiligen Sub-Optimierungsaufgabe SOA1 bis SOA3. Zusammenfassend führt dies dazu, dass für die erste Sub-Optimierungsaufgabe SOA1 eine erste Sub-Prädiktion 1. SP1 bestimmt wird. Für die zweite Sub-Optimierungsaufgabe SOA2 erfolgt die Bestimmung einer ersten Sub-Prädiktion 1. SP2. In gleichem Maße erfolgt für die dritte Sub-Optimierungsaufgabe SOA3 die Bestimmung einer ersten Sub-Prädiktion 1. SP3. Diese drei ersten Sub-Prädiktionen 1. SP1 bis 1. SP3 werden nun dem Kontrollvorgabemodul 60 übergeben, welches dann weiters eine Kontrollvorgabe KV an die Kontrollvorrichtung 160 übergibt.

[0046] In der Figur 2 ist nun der weitere Durchlauf beziehungsweise der anschließende weitere Bestimmungsschritt eines erfindungsgemäßen Optimierungsverfahrens dargestellt. Hier erfolgt nun eine Iteration innerhalb des Bestimmungsmoduls 50. Es erfolgt nun eine Bestimmung einer zweiten Sub-Prädiktion 2. SP1 bis 2.SP3. Wie später noch in den Figuren 3 bis 6 dargestellt kann über die Dauer des Verfahrens auch eine Verzerrung oder ein Versatz der einzelnen Sub-Prädiktionen SP1, SP2, SP3 entstehen. Dies erfolgt jedoch zusätzlich zur Lösung der jeweiligen Sub-Optimierungsaufgabe SOA1 bis SOA3 unter Nutzung der für das jeweilige Subsystem 102, sie auch Figuren 3 bis 6, bereits im ersten Schritt bestimmten ersten Sub-Prädiktion 1. SP1 bis 1. SP3. Diese Rahmenbedingungen führen zu den bereits erläuterten Reduktionen im Rechenaufwand und der Rechenzeit. Im Ergebnis werden nun wieder die neu optimierten Kontrollvorgaben KV an die Kontrollvorrichtung 160 übergeben.

[0047] Die Figur 3 zeigt schematisch, wie die einzelnen Submodule 102 entsprechend in dem Optimierungsverfahren berücksichtigt werden können. Hier sind drei Subsysteme 102 dargestellt. Von oben nach unten sind dies im Beispiel eine Batterievorrichtung 120, ein Brennstoffzellensystem 130 und eine Temperiervorrichtung 140. Für das oberste Subsystem 102 sind relativ kurze Sub-Prädiktionshorizonte SPH vorgesehen, welche mit kurzer Taktung, dargestellt hier durch die Prädiktionsfrequenz PF, hintereinander durchgeführt werden. Hier wird in relativ kurzer Zeit ein fünffacher Durchlauf des Bestimmungsschrittes durchgeführt, sodass hier nach kurzer Zeit fünf aufeinanderfolgende und über die Prädiktionsfrequenz PF getaktete Sub-Prädiktionen SP1 bestimmt werden. Hinsichtlich des mittleren Subsystems 102 ist ein längerer Sub-Prädiktionshorizont SPH und eine langsamere Prädiktionsfrequenz PF gegeben. Das unterste Subsystem 102

schaft in der gleichen Zeit nur zwei Sub-Prädiktionshorizonte SPH, die entsprechend lang ausgebildet sind, und bringt auch eine noch weiter verlangsamte Prädiktionsfrequenz PF mit sich.

[0048] In der Figur 4 ist nun dargestellt, wie eine interne Rückkopplung innerhalb des jeweiligen Subsystems 102 vorgesehen sein kann. Für jede nachfolgende Sub-Prädiktion SP kann hier über die Überlappung eine Rahmenbedingung aus der voranstehenden Sub-Prädiktion SP mitgenommen werden. Am Beispiel der Batterievorrichtung 120 führt dies dazu, dass zu Beginn, bzw. zum ersten Zeitpunkt der Prädiktionsfrequenz PF für den dargestellten Sub-Prädiktionshorizont SPH die erste Sub-Prädiktion 1. SP1 gemäß der Figur 3 bestimmt wird. Bei der Taktung gemäß dem nächsten Schritt der Prädiktionsfrequenz PF soll nun die Bestimmung der zweiten Sub-Prädiktion 2. SP1 erfolgen. Hier ist gut zu erkennen, dass noch eine Überlappung und damit ein Vorliegen von Ergebnissen aus der ersten Sub-Prädiktion 1. SP1 besteht. Diese Überlappung wird nun in Form der Rahmenbedingungen der nächsten Bestimmung zugrunde gelegt, sodass eine deutliche Qualitätssteigerung durch Berücksichtigung der zusätzlichen Informationen möglich wird. Dies erfolgt regelmäßig auch für alle weiter folgenden Sub-Prädiktionen SP, insbesondere in gleicher Weise auch für die anderen Subsysteme 102. Dabei handelt es sich um die erläuterte interne Rückkopplung innerhalb jedes Subsystems 102.

[0049] Die Figur 5 zeigt die externe Rückkopplung zwischen einzelnen Subsystemen 102. Zum gleichen Zeitpunkt, wie am Beispiel zu Figur 4 beschrieben, soll nun wieder für das erste Subsystem 102 im oberen Abschnitt, also hier für die Batterievorrichtung 120, die zweite Sub-Prädiktion 2. SP1 bestimmt werden. Zu diesem Zeitpunkt liegen Informationen aus der ersten Sub-Prädiktion 1. SP2 für das Brennstoffzellensystem 130 sowie aus der ersten Sub-Prädiktion 1. SP3 aus der Temperiervorrichtung 140 vor. Die beiden fett dargestellten Pfeile zeigen, dass diese Informationen nun als Rahmenbedingung in die Bestimmung der zweiten Sub-Prädiktion 2. SP1 für die Batterievorrichtung 120 verwendet werden, um entsprechend eine verbesserte Genauigkeit durch diese Querbbeeinflussung mit sich zu bringen. Im Weiteren wird diese Querbbeeinflussung auch für den nachfolgenden zweiten Durchlauf für die Bestimmung der zweiten Sub-Prädiktion 2. SP2 des Brennstoffzellensystems 130, wie auch für zweite Sub-Prädiktion 2. SP3 der Temperiervorrichtung 140 angewendet.

[0050] In der Figur 6 ist eine Kombination der Varianten der Figuren 4 und 5 dargestellt, sodass eine interne und eine externe Querbbeeinflussung zwischen den Subsystemen 102 möglich ist. Die entsprechenden Vorteile verstärken sich damit.

[0051] In der Figur 7 ist schematisch dargestellt, wie eine Optimierungsvorrichtung 10 beispielsweise in eine Kontrollvorrichtung 160 in einem Fahrzeug integriert sein kann. Das Antriebssystem 100 ist hier mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung 110 in Form eines Elektromotors vorgesehen. Um die Leistungsanforderung dieser elektrischen Antriebsvorrichtung 110 zu erfüllen, kann elektrische Leistung vom Brennstoffzellensystem 130 erzeugt und der elektrischen Antriebsvorrichtung 110 zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich oder alternativ kann die Leistungsanforderung auch aus der Batterievorrichtung 120 erfüllt werden. Das Brennstoffzellensystem 130 kann darüber hinaus auch noch Nebenverbraucher 150 versorgen, welche jedoch auch aus der Batterievorrichtung 120 versorgt werden können. Nicht zuletzt ist ein Aufladen der Batterievorrichtung 120 durch das Brennstoffzellensystem 130 möglich. Mit einer oder mehreren Temperiervorrichtungen 140 ist darüber hinaus eine Temperaturkontrolle der wesentlichen Komponenten dieses Antriebssystems 100 möglich.

[0052] Die voranstehende Erläuterung beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Optimierungsvorrichtung
20	Erfassungsmodul
30	Vorgabemodul
40	Aufteilmodul
50	Bestimmungsmodul
60	Kontrollvorgabemodul
100	Antriebssystem
102	Subsystem
110	elektrische Antriebsvorrichtung
120	Batterievorrichtung
130	Brennstoffzellensystem
140	Temperiervorrichtung
150	Nebenverbraucher
160	Kontrollvorrichtung
R	Route
RP	Routenparameter
OA	Optimierungsaufgabe
SOA	Sub-Optimierungsaufgabe
PF	Prädiktionsfrequenz
SP	Sub-Prädiktion
SPH	Sub-Prädiktionshorizont
KV	Kontrollvorgabe
KP	Kontrollparameter

Patentansprüche

1. Optimierungsverfahren für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems (100) mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung (110) und einer Batterievorrichtung (120) sowie einem Brennstoffzellensystem (130) zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung (110) mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:
 - Erfassen von wenigstens einem Routenparameter (RP) einer für das Fahrzeug vorgegeben Route (R),
 - Vorgeben einer Optimierungsaufgabe (OA) für eine Optimierung von Kontrollparametern (KP) für die Kontrolle des Antriebssystems (100) beim Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route (R),

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

 - Aufteilen der Optimierungsaufgabe (OA) auf wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben (SOA) jeweils für ein Subsystem (102) des Antriebssystems (100),
 - Bestimmen einer ersten Sub-Prädiktion (SP) zu einem ersten Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für einen Sub-Prädiktionshorizont (SPH),
 - Vorgeben der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100),
 - Bestimmen wenigstens einer weiteren Sub-Prädiktion (SP) zu einem weiteren Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für einen weiteren Sub-Prädiktionshorizont (SPH) unter Verwendung wenigster einer der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Rahmenbedingung,
 - Vorgeben der weiteren Sub-Prädiktion (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100).
2. Optimierungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Bestimmung der wenigstens einen weiteren Sub-Prädiktion (SP) für eine Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) als Rahmenbedingung zumindest die erste Sub-Prädiktion (SP) derselben Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) verwendet wird.
3. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei der Bestimmung der wenigstens einen weiteren Sub-Prädiktion (SP) für eine Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) als Rahmenbedingung zumindest die aktuellste Sub-Prädiktion (SP) einer anderen Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) verwendet wird.
4. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sub-Optimierungsaufgaben (SOA) auf wenigstens eines der folgenden Subsysteme (102) des Antriebssystems (100) aufgeteilt werden:
 - Batterievorrichtung (120)
 - Brennstoffzellensystem (130)
 - Temperiervorrichtung (140)
 - Nebenverbraucher (150)
5. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der folgenden Routenparameter (RP) erfasst wird:
 - Steigungsparameter
 - Verkehrsparameter
 - Straßenparameter

6. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sub-Prädiktionshorizont (SPH) für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) in Abhängigkeit von der Art und/oder dem Zustand und/oder der Kontrolllatenz des zugehörigen Subsystems (102) spezifisch gewählt und/oder vorgegeben wird.
7. Optimierungsverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sub-Prädiktionshorizont (SPH) für eine Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für die wenigstens eine weitere Sub-Prädiktion (SP), insbesondere für alle weiteren Sub-Prädiktionen (SP), der ersten Sub-Prädiktion (SP) des jeweiligen Subsystems (102) entspricht.
8. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontrollvorgabe (KV) wenigstens einen der folgenden optimierten Kontrollparameter (KP) aufweist:
 - Erzeugungsleistung des Brennstoffzellensystems (130)
 - Aufteilung der Erzeugungsleistung des Brennstoffzellensystems (130) zwischen der Batterievorrichtung (120) und der elektrischen Antriebsvorrichtung (110)
 - Abgabeleistung der Batterievorrichtung (120)
 - Temperaturvorgabe für die Batterievorrichtung (120)
 - Temperaturvorgabe für das Brennstoffzellensystems (130)
 - Schaltzustand für wenigstens einen Nebenverbraucher (150)
9. Optimierungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitpunkte zur Bestimmung der Sub-Prädiktionen (SP) für wenigstens ein Subsystem (102) in regelmäßiger Weise in Form einer Prädiktionsfrequenz (PF) erfolgen.
10. Optimierungsverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Prädiktionsfrequenz (PF) für die unterschiedlichen Subsysteme (102) und damit für die unterschiedlichen Sub-Optimierungsaufgaben (SOA) unterscheidet.
11. Kontrollverfahren für eine Kontrolle eines Antriebssystems (100) mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung (110) und einer Batterievorrichtung (120) sowie einem Brennstoffzellensystem (130) zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung (110) mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt:
 - Verwenden von optimierten Kontrollvorgaben (KV) aus einem Optimierungsverfahren mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10.
12. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, welche bei der Ausführung des Programms auf einem Computer diesen veranlassen ein Optimierungsverfahren mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 oder ein Kontrollverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11 auszuführen.
13. Optimierungsvorrichtung (10) für eine Optimierung einer Kontrolle eines Antriebssystems (100) mit einer elektrischen Antriebsvorrichtung (110) und einer Batterievorrichtung (120) sowie einem Brennstoffzellensystem (130) zur Versorgung der elektrischen Antriebsvorrichtung (110) mit elektrischer Antriebsleistung zum Antrieb eines Fahrzeugs, wobei ein Erfassungsmodul (20) für ein Erfassen von wenigstens einem Routenparameter (RP) einer für das Fahrzeug vorgegebene Route (R), ein Vorgabemodul (30) für ein Vorgeben einer Optimierungsaufgabe (OA) für eine Optimierung von Kontrollparametern (KP) für die Kontrolle des Antriebssystems (100) beim Antrieb des Fahrzeugs entlang der Route (R) vorgesehen sind, **gekennzeichnet durch** ein Aufteilmodul (40) für ein Aufteilen der Optimierungsaufgabe (OA) auf wenigstens zwei Sub-Optimierungsaufgaben (SOA) jeweils für ein Subsystem (102) des Antriebssystems (100), ein Bestimmungsmodul (50) für ein Bestimmen einer ersten Sub-Prädiktion (SP) zu einem ersten Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Optimierungsaufgabe (SOA) für einen Sub-Prädiktionshorizont (SPH) und ein Bestimmen wenigstens einer weiteren Sub-Prädiktion (SP) zu einem weiteren Zeitpunkt als Lösung für jede Sub-Op-

timierungsaufgabe (SOA) für einen weiteren Sub-Prädiktionshorizont (SPH) unter Verwendung wenigstens einer der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Rahmenbedingung, weiter aufweisend ein Kontrollvorgabemodul (60) für ein Vorgeben der ersten Sub-Prädiktionen (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100) und ein Vorgeben der weiteren Sub-Prädiktionen (SP) als Kontrollvorgabe (KV) für die Kontrolle des Antriebssystems (100), wobei das Erfassungsmodul (20), das Vorgabemodul (30), das Aufteilmodul (40), das Bestimmungsmodul (50) und/oder das Kontrollvorgabemodul (60) für eine Ausführung eines Optimierungsverfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

1/7

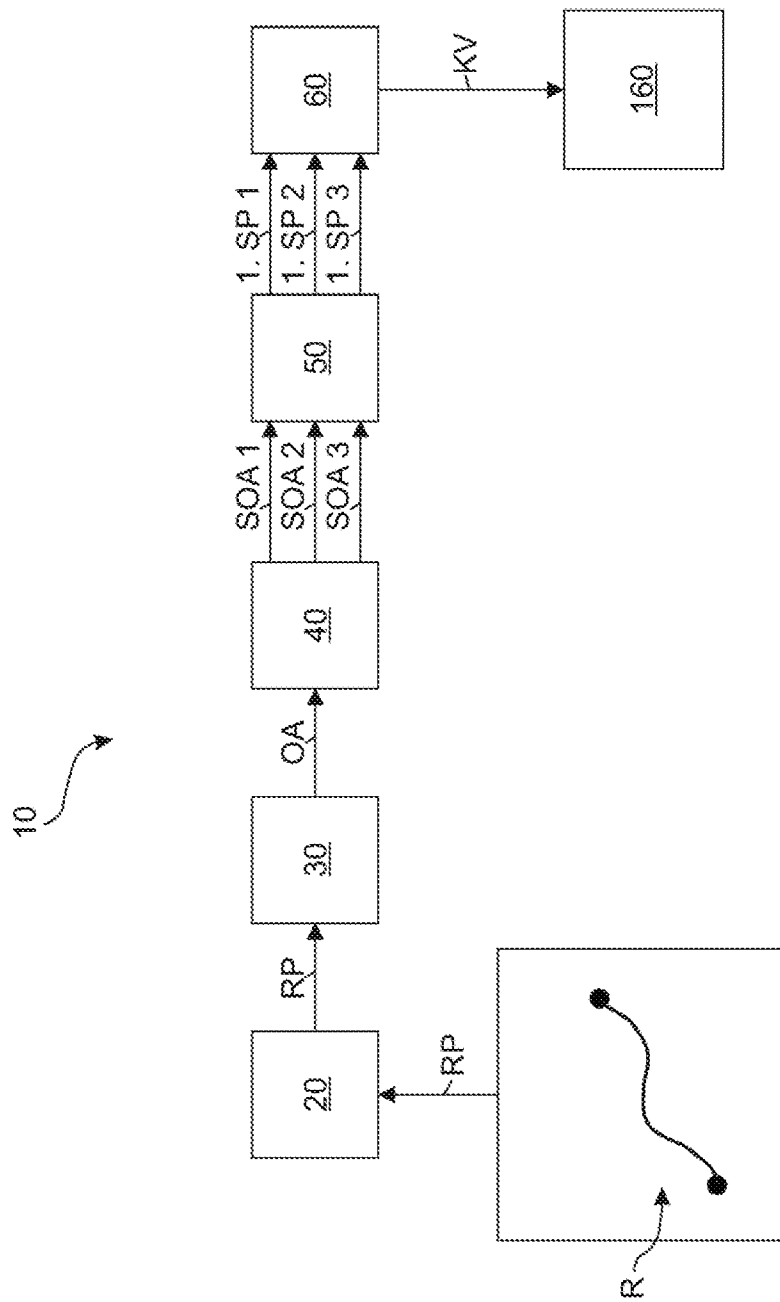


Fig. 1

2/7

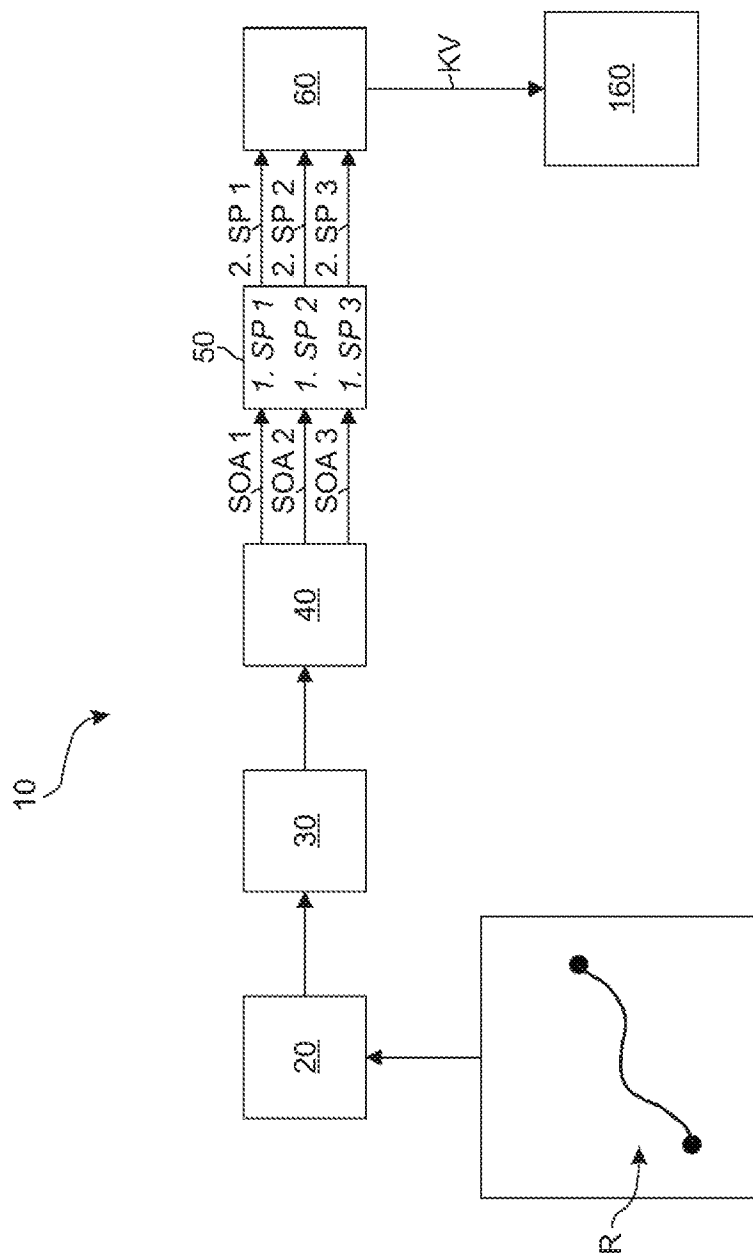


Fig. 2

3/7

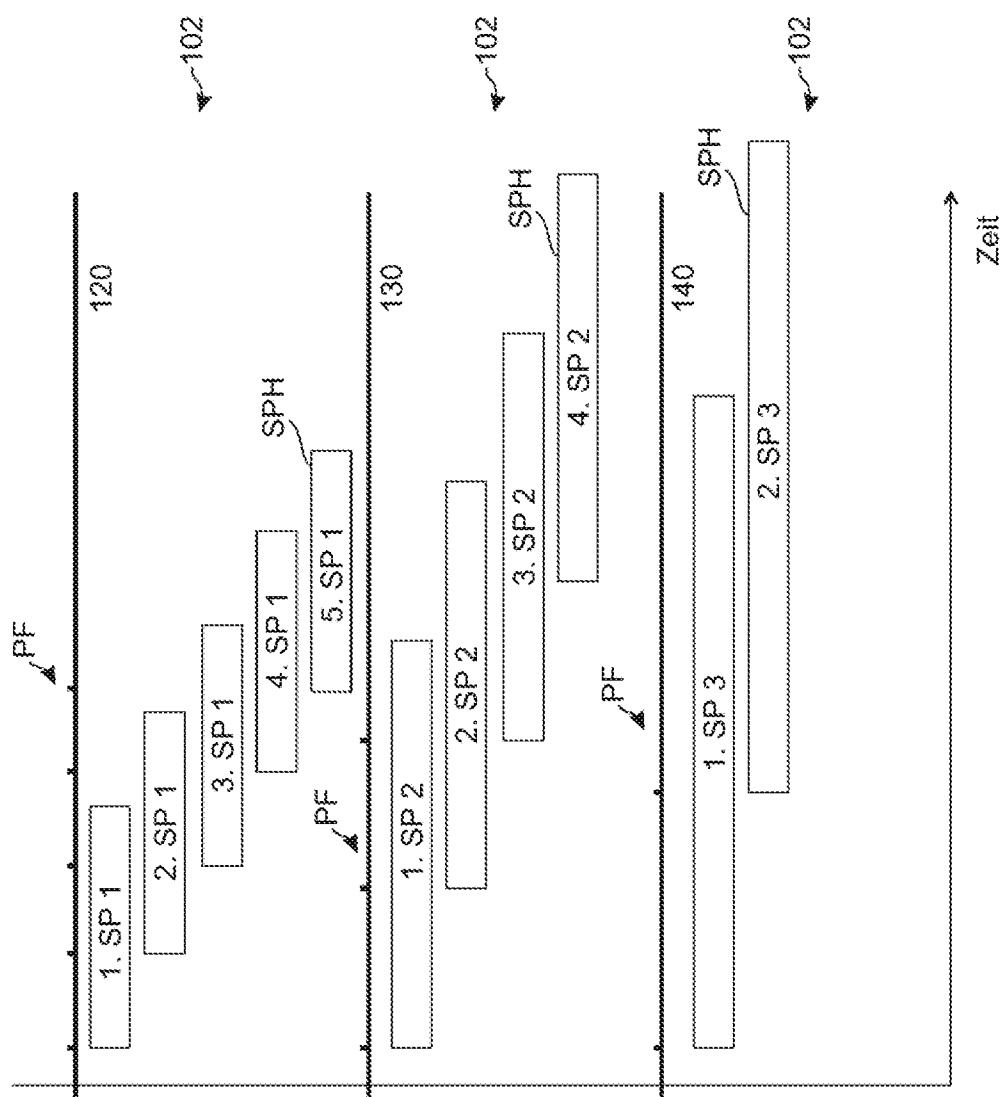


Fig. 3

4/7

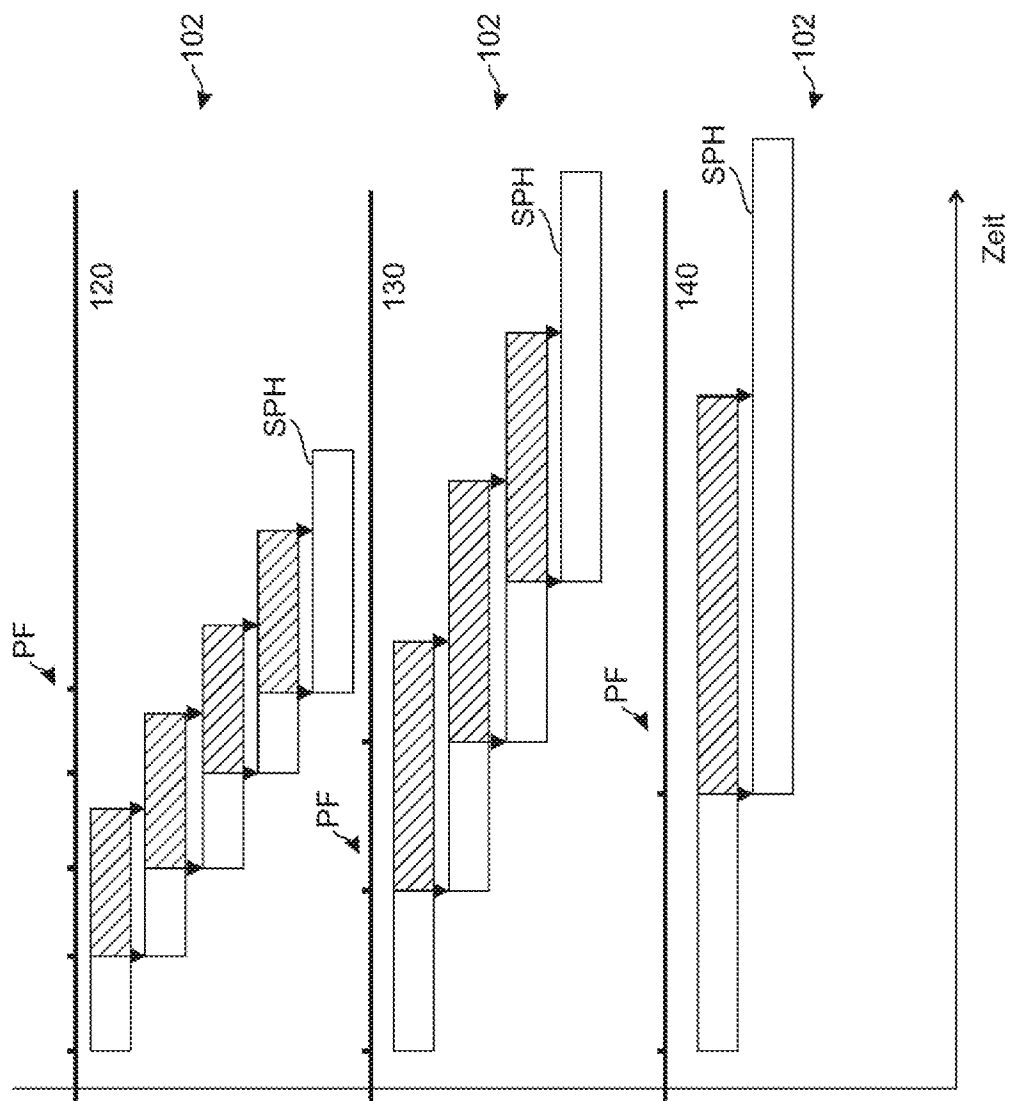


Fig. 4

5/7

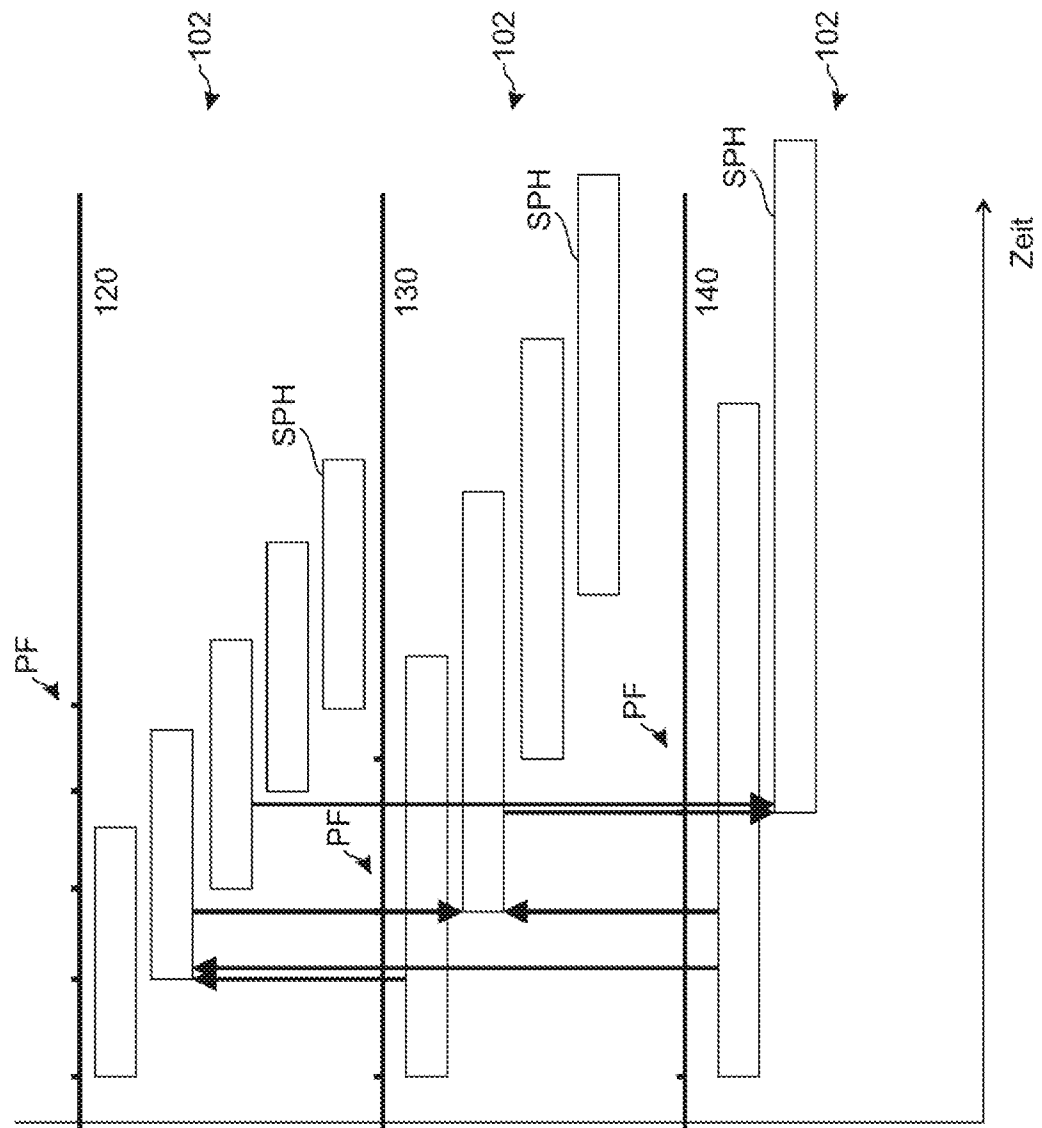


Fig. 5

6/7

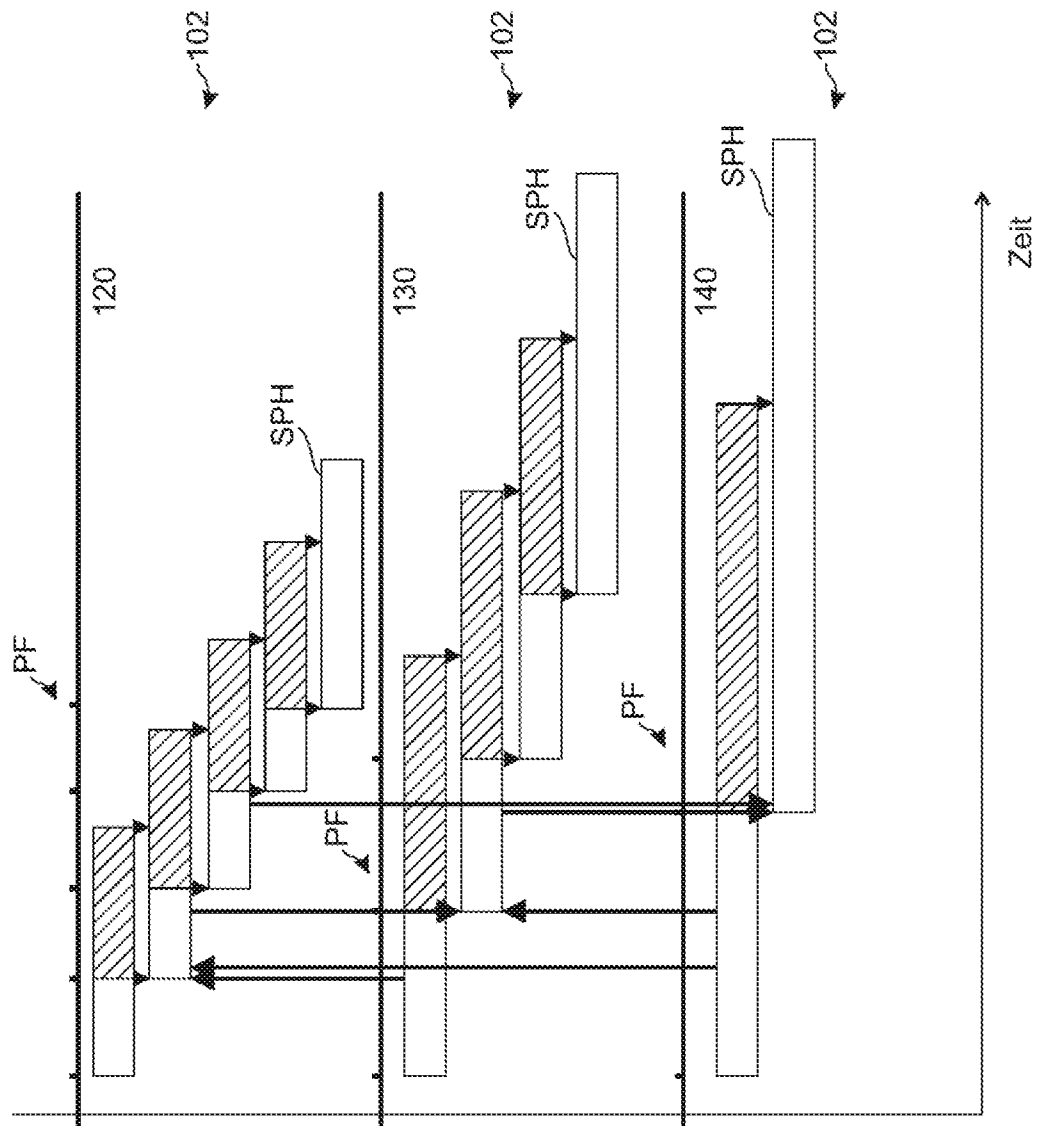


Fig. 6

7/7

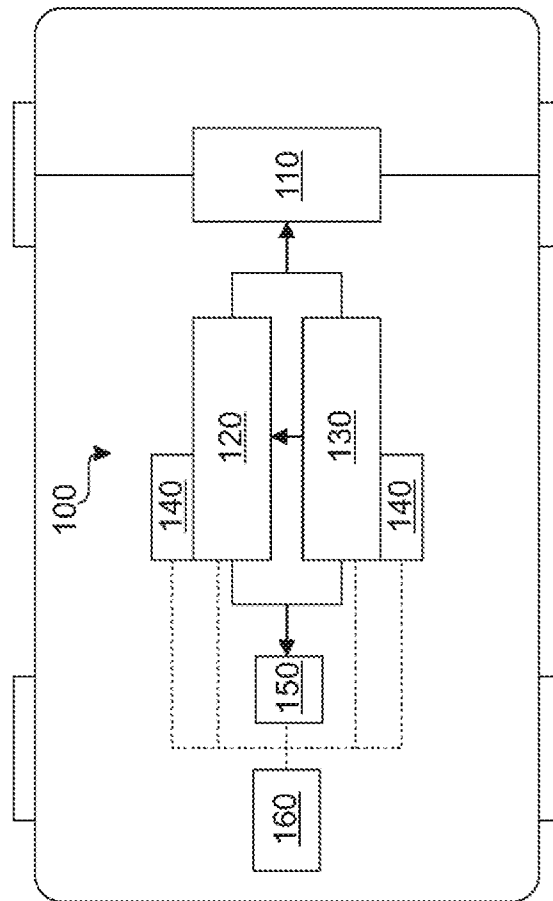


Fig. 7